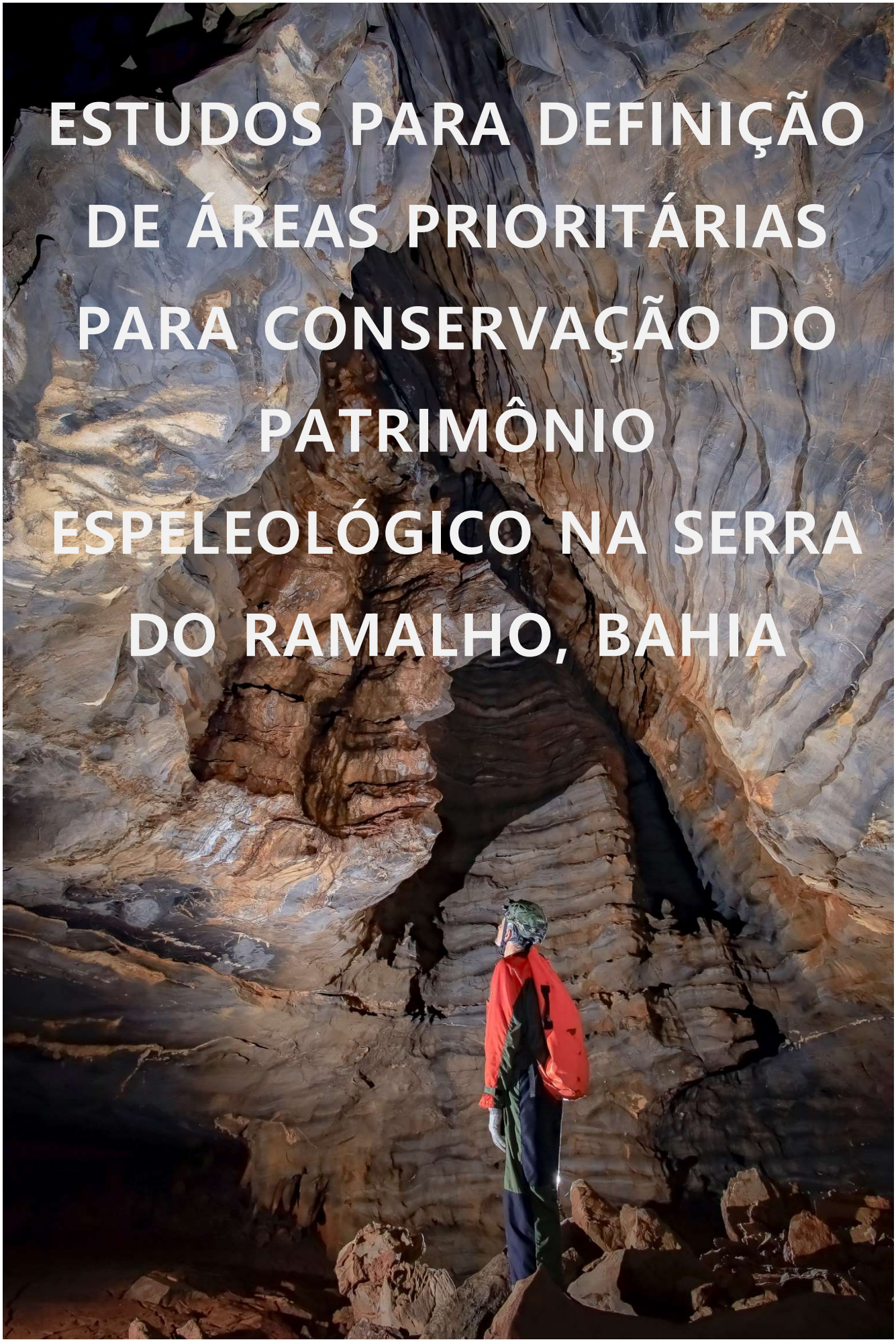
ESTUDOS PARA DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO NA SERRA DO RAMALHO, BAHIA



ESTUDOS PARA DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO NA SERRA DO RAMALHO, BAHIA



BELO HORIZONTE

DEZEMBRO DE 2023

FICHA TÉCNICA

RESPONSÁVEIS PELO PROJETO

Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas
CNPJ: 21.945.100/0001-60
Av. Nossa Senhora do Carmo 221, salas 307/308
Belo Horizonte, Minas Gerais
CEP: 30310-000

AUTORIA DESTE RELATÓRIO

Ezio Luiz Rubbioli
Augusto Sarreiro Auler
Maria Elina Bichuette
André Gomide Vasconcelos

EQUIPE TÉCNICA DO PROJETO EM CAMPO

Alex Hubbe
Alex Lopes Silva
Alexandre Liparini Campos
Alexandre Lobo
André Gomide Vasconcelos
Augusto Auler
Ezio Luiz Rubbioli
Flávio Chaimowicz
Gabriela Pessoa
Ivo Paris
Jessica S. Gallo
Jonas E. Gallão
Lília Horta
Luciano Vilaboim Santos
Maria Elina Bichuette
Paulo Fernando Pessoa
Pierre-Louis Graça
Roberto Brandi
Tamires Zepon
Valdemir Aparecido Ferreira

EQUIPE TÉCNICA DE APOIO A ESTE RELATÓRIO

André Gomide Vasconcelos
Augusto Auler
Eliana Santos
Ezio Rubbioli
Lígia Saback Dornellas
Lília Horta
Ricardo Albernaz
Suelen Reis

Este projeto é fruto do Termo de Compromisso de Compensação Espeleológica No 1/2018, firmado entre o Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio) e a Vale S.A. relacionado à impactos ambientais em cavidades naturais subterrâneas.

Fotos das páginas iniciais e da abertura de capítulos: Alexandre Lobo.
Demais fotografias pertencem aos autores deste relatório e também a sócios atuais e passados do Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas.

RESUMO EXECUTIVO

O projeto "Delimitação de Áreas Prioritárias para Conservação do Patrimônio Espeleológico na Serra do Ramalho, Bahia" faz parte do Termo de Compromisso de Compensação Espeleológica No. 1/2018 acordado entre o Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio) e a empresa Vale S.A., devido ao impacto negativo irreversível em cavidades naturais subterrânea. O projeto foi desenvolvido entre 2019 e 2023 pelo Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, com alguns longos períodos de inatividade devido à impossibilidade de se executar viagens a campo durante a pandemia de COVID-19. A Serra do Ramalho constitui uma das mais importantes regiões cársticas do Brasil estando, no presente momento, sem qualquer medida legal de proteção. O objetivo do projeto foi reunir e avaliar o vasto acervo de informações levantado pelo Grupo Bambuí ao longo de três décadas. Este material compreende um amplo conjunto de informações cartográficas abrangendo principalmente mapas de cavernas, além de registros gerais compreendendo tópicos diversos como bioespeleologia, geoespeleologia, paleontologia e arqueologia.

O projeto compreendeu várias etapas de campo nas quais foram revisitadas algumas das cavernas mais significativas, além de terem sido descobertas e mapeadas cavernas adicionais, até então não identificadas. No total, o projeto resultou no registro de 212 cavernas, representando mais de 130 km de galerias mapeadas e incluindo algumas das mais importantes e extensas cavernas registradas em território nacional. A avaliação da distribuição das cavernas, das bacias hidrográficas, formas de relevo, possíveis bacias hidrogeológicas, além de outros atributos, levaram à proposição de cinco setores espeleológicos: Serra do Ramalho Sul, Agrovilas, Descoberto, Morro Furado e Ramalho. Em cada um destes setores foram realizadas incursões científicas nas áreas de bioespeleologia, geoespeleologia e paleontologia, buscando verticalizar o conhecimento temático, algo que não havia sido realizado durantes as expedições espeleológicas anteriores.

O Setor Serra do Ramalho Sul apresenta cavidades associadas à ressurgências e sumidouros, pertencendo à Bacia do Rio Carinhanha. Suas principais cavernas são a Boca da Lapa, Gruna do Boca e a Gruna do Engrunado. Um total de 44 cavernas foi investigado neste setor, somando cerca de 15,6 km de galerias mapeadas. O Setor das Agrovilas possui cavidades associadas à ressurgências. Este setor apresenta extensões paredões calcários e importantes campos de lapiás. Um total de 67 cavernas foi estudado, somando 61,5 km de galerias topografadas. Trata-se do setor com maior extensão de cavernas conhecidas. As principais cavidades são o Boqueirão (mais extensa caverna conhecida da Serra do Ramalho), Gruna da Água Clara e Gruna dos Peixes. O Setor Descoberto pertence à bacia do Rio Corrente. A região situa-se na parte alta da Serra do Ramalho, coberta majoritariamente por litologias não calcárias e apresenta muitas dolinas e sumidouros, sendo relativamente raros os afloramentos calcários. Um total de 31 cavernas foi registrado, somando 10,1 km de galerias mapeadas. A principal cavidade deste setor é a Gruna da Lagoa do Meio. O Setor Morro Furado apresenta 28 cavernas conhecidas em um total de 19,9 km de galerias topografadas. Este setor pertence à bacia hidrográfica do Rio Corrente, apresentando belo modelado cárstico, com cânions, dolinas e paredões bem marcados, altos e abruptos. As principais cavernas são a Gruna do Enfurnado, Gruna do Anjo e Gruna Boqueirão do Riacho de fora. Por fim, o Setor Ramalho possui 42 cavernas registradas em um total de 24,8 km de galerias mapeadas. Este setor drena para o Rio São Francisco estando as cavernas principalmente associadas à ressurgências. Ocorrem também maciços isolados. As cavernas mais importantes são a Gruna das Três Cobras e as grunas Serra Solta I e II.

Após ter sido realizado o diagnóstico espeleológico nos principais temas pertinentes ao projeto, foi efetuado o ranqueamento dos atributos mais significativos em todas as áreas estudadas, tendo-se definido quais seriam as áreas prioritárias. Neste sentido, considerou-se que a ordem de prioridade abrange, em ordem decrescente (de maior para menor prioridade) os setores: (1) Setor das Agrovilas; (2) Setor Serra do Ramalho Sul; (3) Setor Morro Furado; (4) Setor Ramalho e (5) Setor Descoberto. O projeto, que ora se encerra, pretende ser uma contribuição inicial para o desenvolvimento sustentável de uma região cárstica bastante carente do ponto de vista social, buscando aliar a preservação ambiental e uma melhoria nas condições de vida da população local.

AGRADECIMENTOS

As pesquisas na Serra do Ramalho já atravessam mais de três décadas de atividades. Mas seria injusto atribuir os resultados alcançado somente aos espeleólogos que dedicaram vários dias das suas vidas a um trabalho sistemático e minucioso. A maioria das cavidades aqui apresentadas é fruto das informações de moradores locais. Não foram raras as vezes que estes deixaram até mesmo suas atividades e compromissos para nos guiar até uma nova "gruna". Além disso, a hospitalidade e tolerância com os nossos hábitos inusitados nos motivou a retornarmos inúmeras vezes à região. Receber um hóspede que chega da gruta de madrugada, sujo e cansado, com um copo de cerveja gelada e um prato de comida caseira é algo que não tem preço... A eles, as dezenas de moradores e trabalhadores rurais que abriram as nossas trilhas ou as garrafas de cerveja, fica o nosso mais sincero agradecimento. Seria arriscado e até impossível listar, neste momento, todos que de alguma forma participaram desta jornada. Mas dois casais representam bem essa parceria: o Deon e a Tetica de Descoberto e o Zé de Tim e a Maria na Agrovila 23.

Augusto Auler gostaria de agradecer os vários companheiros de jornadas de campo, tanto colaboradores científicos quanto mateiros. Valdemir Ferreira e Alex Silva foram essenciais em algumas etapas do projeto, assim como o apoio dos diversos moradores locais, que sempre nos receberam de forma cordial e colaborativa. Decerto aprendemos muito mais com eles do que o oposto. Eliana Santos, Ricardo Albernaz e Suelen Reis prestaram apoio importante durante a etapa de produção de mapas e formatação deste relatório. Paulo e Gabriela Pessoal, além de Pierre-Louis Graça prestaram ajuda adicional em temas ligados à água.

André Gomide agradece a Alexandre Liparini e Luciano Vilaboim por toda a ajuda prestada durante os trabalhos paleontológicos desenvolvidos nas cavernas da Serra do Ramalho.

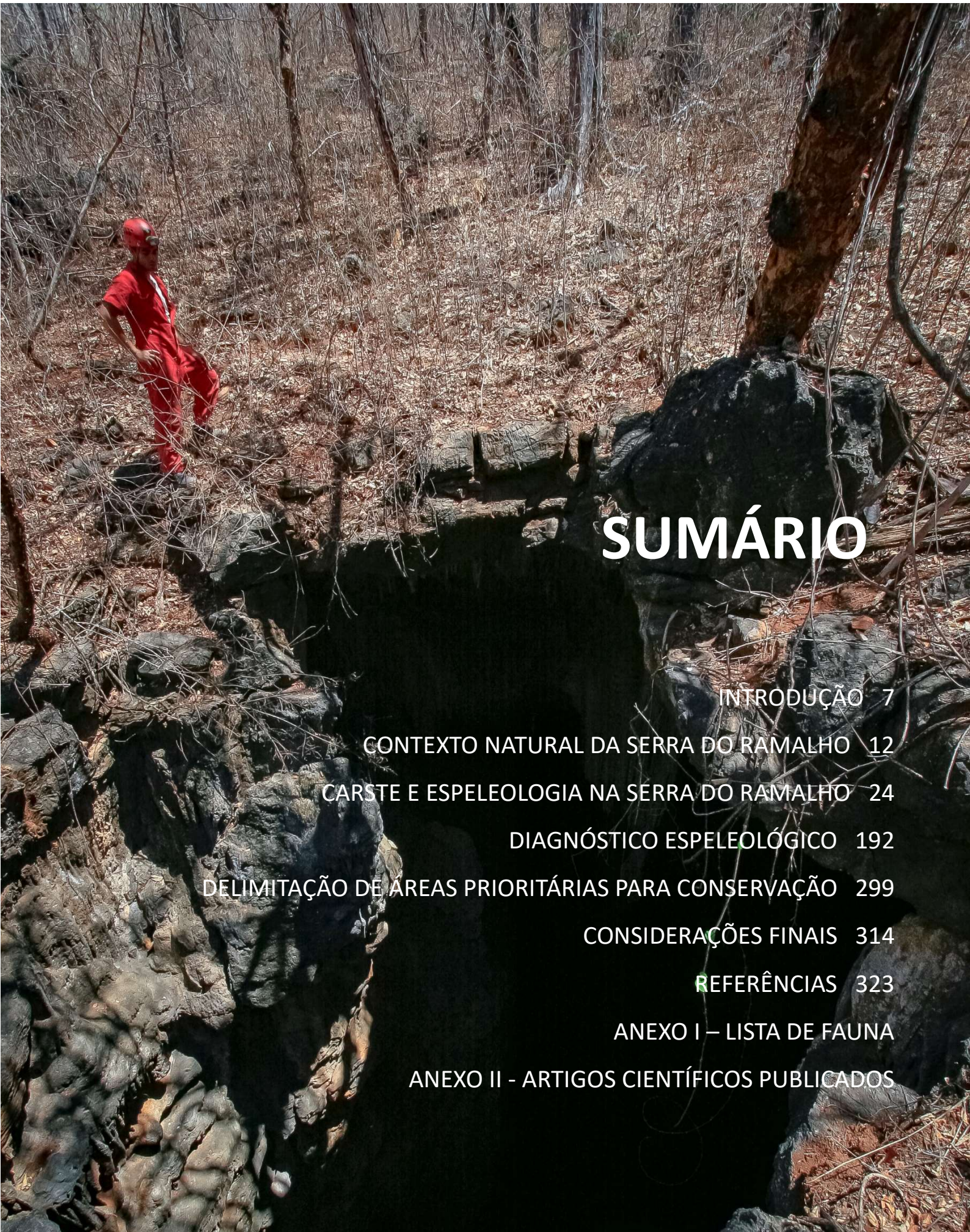
Maria Elina Bichuette agradece especialmente ao Bruno D. Lenhare pela confecção do mapa geral das cavernas inventariadas pelo LES/UFSCar; à equipe LES/UFSCar, a qual auxiliou nas triagens e organização do material coletado (Marcus V. S. A. Duarte, Emilly L. da Silva, Maria Fernanda C. Zancheta; Bianca Claro, Laura F. dos Santos, Dayana F. Torres, Nozomi Hattori, Rafael Sotana), à equipe de campo, que auxiliou nas coletas em campo (Maria José Rosendo, Nozomi Hattori, Dayana F. Torres, Camile S. Fernandes, Diego M. von Schimonsky) e aos autores de algumas das imagens utilizadas (Alexandre O. Lobo, Adriano Gambarini).

É importante lembrar aqui a colaboração e parceria dos colegas franceses do Groupe Spéléo Bagnols Marcoule (GSBM). A participação deles em várias expedições foi fundamental para a descoberta, exploração e topografia de diversas cavidades.

Gostaríamos também de lembrar a participação de Luís Beethoven Piló nas primeiras reuniões relativas ao projeto. Infelizmente não foi possível contar com sua colaboração quando do início efetivo das atividades em campo. Nosso obrigado às equipes do CECAV/ICMBio e IABS pelo gerenciamento administrativo do projeto.

O Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas é o verdadeiro autor deste trabalho, que deriva de 30 anos de dedicação, não remunerada, às pesquisas na Serra do Ramalho. Este relatório constitui apenas uma versão escrita, muito resumida, de milhares de horas dispendidas em campo por mais de uma centena de espeleólogos. Um trabalho colaborativo que revelou ao mundo uma das mais fantásticas regiões cársticas do Brasil.





SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 7

CONTEXTO NATURAL DA SERRA DO RAMALHO 12

CARSTE E ESPELEOLOGIA NA SERRA DO RAMALHO 24

DIAGNÓSTICO ESPELEOLÓGICO 192

DELIMITAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO 299

CONSIDERAÇÕES FINAIS 314

REFERÊNCIAS 323

ANEXO I – LISTA DE FAUNA

ANEXO II - ARTIGOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS



01

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta os resultados finais do projeto “Estudos Para Definição De Áreas Prioritárias Para A Conservação Do Patrimônio Espeleológico Da Serra Do Ramalho, Bahia”, executado entre 2019 e dezembro de 2023, como parte de Termo de Compromisso de Compensação Espeleológica (TCCE) celebrando entre a empresa Vale S.A. e o Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio), tendo como beneficiário e executor o Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas.

O documento busca apresentar os resultados alcançados no âmbito do referido projeto. Inicialmente apresenta-se o contexto natural da área, abrangendo suas características fisiográficas, como clima, vegetação, geologia e geomorfologia. Em seguida passa-se descrever o histórico das pesquisas na Serra do Ramalho. Uma descrição das principais características das mais de duas centenas de cavernas é apresentada, seguida pela compartimentalização da área em setores. Segue-se um diagnóstico mais aprofundado nos temas de geoespeleologia, bioespeleologia e paleontologia. E por fim, a partir da setorização, é apresentado um ranqueamento de quais seriam os setores prioritários para conservação.

1.1. AÇÕES E ETAPAS REALIZADAS

O objetivo precípuo foi orientar os estudos e demais ações necessárias à criação de unidade(s) de conservação federal de proteção integral na região denominada Serra do Ramalho, estado da Bahia. Para tanto, englobou diversas ações:

- Revisão bibliográfica e organização de acervo de mapas topográficos das cavernas.
- Visitas a campo para checagem e complementação dos dados.
- Caracterização geológica, biológica e paleontológica de cavernas selecionadas, além de elaboração de acervo fotográfico.
- Compartimentalização da Serra do Ramalho em setores.
- Definição dos setores que devem ser priorizados quando de ações de criação de Unidades de Conservação.

As etapas do projeto podem ser visualizadas esquematicamente na Figura 1.1.



Figura 1.1. Diagrama esquemático das principais etapas do projeto.

Apresentamos a seguir maior detalhamento sobre os trabalhos realizados:

Revisão bibliográfica

- ✓ Elaboração de fichas cadastrais para padronização dos dados disponíveis.
- ✓ Levantamento das cavidades conhecidas e dados disponíveis (coordenadas, topografia, descrição física, aspectos relevantes ligados a arqueologia, paleontologia, bioespeleologia, dentre outras áreas).
- ✓ Levantamento das cavidades mapeadas.
- ✓ Levantamento dos estudos específicos realizados na área, publicados ou em andamento: arqueologia, paleontologia, geoespeleologia, bioespeleologia etc.

Padronização das informações

- ✓ Lançamento dos dados cartográficos (coordenadas de entradas, feições notáveis, estradas, caminhamentos de prospecção) em base única.
- ✓ Padronização dos mapas espeleológicos disponíveis quanto a representação, escala e simbologia.

Elaboração do diagnóstico espeleológico

- ✓ Devido ao fato das informações anteriormente coligidas referirem-se principalmente à etapas anteriormente realizadas de prospecção espeleológica, exploração e mapeamento de cavernas, existia uma carência acentuada quanto ao conhecimento científico. Assim



sendo procedeu-se a visitas a campo de modo a coletar informações adicionais do ponto de vista científico.

- ✓ Visitas de campo com fins de coleta bioespeleológica, envolvendo caracterização do ecossistema e descrição de novas espécies.
- ✓ Visitas a campo relacionadas à geoespeleologia, buscando compreender a gênese e evolução das cavernas e seus principais atributos do ponto de vista físico.
- ✓ Visitas a campo relacionadas à paleontologia, objetivando identificar e descrever jazigos paleontológicos.
- ✓ Realizar registro fotográfico, coleta de pontos georreferenciados e de dados em campo com objetivo de complementar as informações levantadas em todos os itens descritos anteriormente.

Compartimentalização da área em setores

- ✓ Devido à ampla área coberta pelos estudos e absoluta impossibilidade de se propor a preservação da totalidade da Serra do Ramalho, procedeu-se à divisão da área em setores.
- ✓ Critérios geográficos, hidrológicos, geológicos e humanos (localização de centros urbanos) foram levados em consideração nesta etapa.
- ✓ Realizada delimitação e caracterização de cinco setores representativos da Serra do Ramalho.

Determinação de áreas prioritárias para conservação

- ✓ Determinação de critérios, baseados nas áreas de geoespeleologia, bioespeleologia e paleontologia, que permitissem o ranqueamento dos setores e determinação das prioridades.
- ✓ Identificação e principais impactos e pressões ambientais que comprometem a preservação das cavidades naturais e o ambiente cavernícola.
- ✓ Identificação dos limites das áreas de maior relevância e representatividade do patrimônio espeleológico para aprofundamento dos estudos em uma possível fase executiva do projeto.



1.2. DIFICULDADES ENCONTRADAS

Um projeto desta envergadura envolve uma série de situações que podem resultar em imprevistos, afetando o rendimento do projeto. Dentre as principais dificuldades enfrentadas pelas equipes podemos elencar:

(i) Impossibilidade de executar trabalhos de campo durante a pandemia de COVID-19. Infelizmente a linha de tempo do projeto foi afetada pela pandemia de COVID-19, que limitou sobremaneira a possibilidade de execução de trabalhos em campo nos anos de 2020 e 2021. Ainda assim foi possível realizar algumas poucas atividades de campo, embora não no mesmo número e intensidade que havia sido planejado inicialmente.

(ii) Negativa de permissão de entrada em áreas privadas. A cordialidade e hospitalidade dos moradores da Serra do Ramalho é, decerto, uma das características que torna prazeroso qualquer trabalho na área. Em apenas uma caverna enfrentou-se problemas de acesso, a Gruna da Lagoa do Meio. Ainda assim, as equipes de geoespeleologia e paleontologia conseguiram adentrar a mesma e efetuar a caracterização científica almejada.

(iii) Ausência de informantes ou de informações referente a acesso a propriedades. Em alguns locais não foi possível encontrar proprietário ou qualquer pessoa que pudesse fornecer dados fidedignos. Nestes casos foi considerado imprudente adentrar em terras privadas, tendo sido abortada a visita.

(iv) Dificuldades de acesso. A região padece de forte evasão, com muitos dos moradores locais tendo se mudado para cidades em busca de melhores condições de vida. Isto resulta em fazendas e estradas abandonadas. Alguns acessos, mapeados anteriormente, não mais permitem a passagem de veículo, forçando um caminhamento muito mais longo do que era necessário anteriormente.

(v) Condições climáticas. Em algumas situações foi necessário abortar a visita, devido à má qualidade da estrada, com atoleiros ou trechos alagados. Devido à forte sazonalidade do padrão climático, a Serra do Ramalho continua sendo uma região complexa de ser acessada durante o período chuvoso, devido a alagamentos ou trechos com atoleiros.

02

CONTEXTO NATURAL DA SERRA DO RAMALHO

2. CONTEXTO NATURAL DA SERRA DO RAMALHO

2.1. INTRODUÇÃO

A feição geomorfológica Serra do Ramalho é um extenso maciço de rochas predominantemente calcárias aflorantes na região centro-sul da Bahia, próxima à divisa com Minas Gerais, ocorrendo nos municípios de Feira da Mata, Coribe, Carinhanha, Serra do Ramalho e São Félix do Coribe (Figura 2.1).

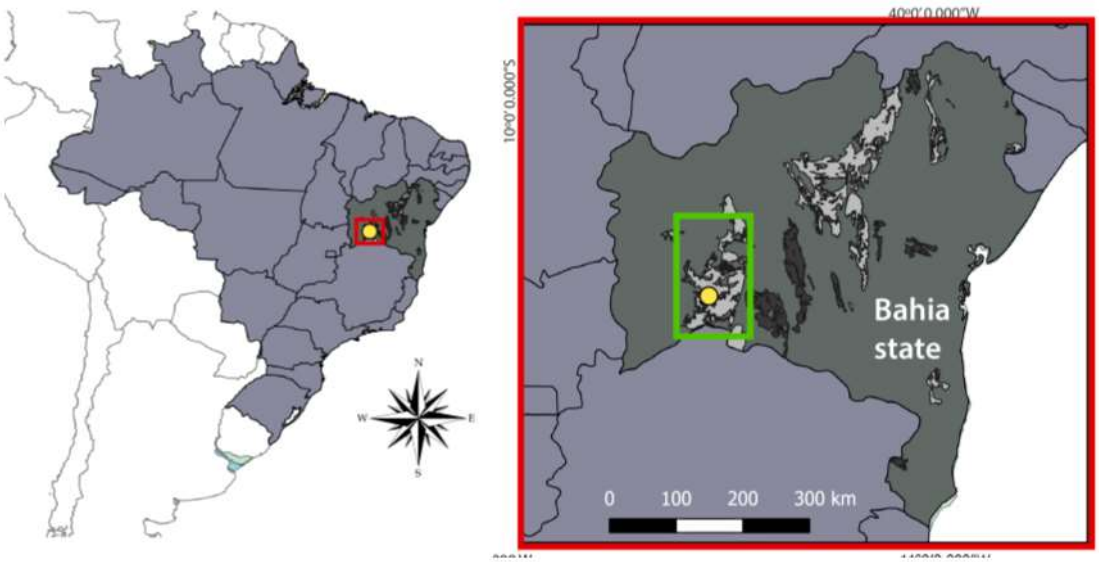


Figura 2.1. Localização da Serra do Ramalho. Adaptado de Cordeiro et al. (2023).

Ocupando uma área de mais de 2.000 km^2 é, sem dúvida, uma das regiões de maior potencial, em termos espeleológicos, do Brasil. Desde as quilométricas cavernas que funcionam como ressurgências do sistema cárstico, como o Boqueirão, a Água Clara, a Boca da Lapa e a Baiana até o imponente cânion do Morro Furado, atualmente são 212 cavernas conhecidas, sendo que duas delas superam os 10 km de projeção horizontal (Boqueirão - 15.640 m e Água Clara - 13.880 m), além de várias cavernas com mais de 1 km de desenvolvimento (Tabela 2.1). A Serra do Ramalho tem se revelado, nos últimos anos, como um local de especial interesse para os espeleólogos. Várias cavidades de importância



regional e nacional foram descobertas, outras estão sendo exploradas e um potencial enorme ainda aguarda ser revelado, já que boa parte do maciço continua inexplorada.

	CAVERNA	METRAGEM MAPEADA (M)	POSIÇÃO BRASIL
1	Boqueirão	15.670	7
2	Gruna da Água Clara	13.880	10
3	Lapa dos Peixes	9.320	14
4	Gruna do Enfurnado	8.400	19
5	Gruna das Três Cobras	5.620	27
6	Gruna da Lagoa do Meio	4.740	34
7	Gruna do Engrunado	3.980	43
8	Gruna da Boca	3.620	>50
9	Boca da Lapa	3.050	>50
10	Gruna da Serra Solta II	3.010	>50
11	Gruna do Pedro Cassiano	2.660	>50
12	Gruna da Serra Solta III	2.560	>50
13	Gruna Baiana	2.260	>50
14	Gruna Baixão da Canoa	2.190	>50
15	Gruna dos Peixes II	2.100	>50
16	Gruna do João Gravata	1.780	>50
17	Gruna da Serra Verde	1.730	>50
18	Gruna da Figueira	1.510	>50
19	Boqueirão do Riacho de Fora	1.460	>50
20	Gruna da Água Branca II	1.420	>50
21	Sumidouro do Morro Furado	1.390	>50
22	Gruna do Salão do Morro Furado	1.330	>50
23	Gruna do Google	1.230	>50
24	Gruna da Vila Nova	1.210	>50
25	Gruta do Otaviano	1.100	>50
26	Gruna do Chico Pernambuco	1.070	>50
27	Gruna do Ventilador	1.030	>50

Tabela 2.1. Lista das mais extensas cavernas da Serra do Ramalho. A coluna à direita mostra a posição das cavernas em relação às 50 maiores cavernas do Brasil. Os setores, discutidos nos capítulos seguintes, são demarcados por cores. Vermelho – Setor das Agrovilas; Azul – Setor Serra do Ramalho Sul; Verde – Setor Morro Furado; Marrom – Setor Ramalho; Cinza – Setor Descoberto.

O conjunto de cavernas da Serra do Ramalho reúne um grupo de atributos que o coloca como um dos mais importantes sítios espeleológicos e geomorfológicos do Brasil. As cavernas estão inseridas em um ambiente cárstico de grande importância para conservação da geodiversidade, onde a dissolução da rocha carbonática e os processos de abatimento elaboraram vales cegos, escarpamentos na forma

de cânions, torres calcárias, depressões fechadas (dolinas e uvalas) e diversas microformas esculpidas sobre a rocha solúvel. Além disso, inúmeros abrigos e entradas de cavernas apresentam registros de uma ocupação humana pré-histórica, inicialmente feita por grupos caçadores-coletores e mais recentemente por agricultores. São oficinas, espaços-rituais, habitações, silos para guardar alimentos, cerâmica etc.

Estudos também apontam a Serra do Ramalho como local de destacada importância para conservação da ictiofauna da bacia do Rio São Francisco. Mattox et al. (2008), registraram 44 espécies de peixes na região. Além destas, três espécies com olhos e pigmentação normais (não-troglomórficas) e duas espécies troglóbias foram encontradas apenas em cavernas, perfazendo um total de 49 espécies na Serra do Ramalho, o que representa pouco mais de um quarto do total registrado na literatura em toda a bacia do Rio São Francisco.

De forma preliminar, pode-se inferir que muitas das cavidades naturais subterrâneas existentes na região cárstica da Serra do Ramalho, apresentam atributos condizentes com a classificação em grau de relevância máximo, conforme Decreto nº 99.556/90 (alterado pelo Decreto nº 6.640/2008).

Em contraste com a riqueza do patrimônio cárstico, os moradores da Serra do Ramalho se incluem, em sua maior parte, abaixo da linha de pobreza. Nesse sentido, o desenvolvimento econômico desta região prescinde de ampliação dos sistemas de abastecimento hídrico, saneamento básico, fornecimento de insumos, adequação da rede de distribuição elétrica, implantação e melhoramento de vias de acesso rodoviário e ferroviário. Estas atividades exercem potencialmente ainda mais pressão sobre os recursos naturais e implicam diretamente na degradação ambiental, com destaque ao aumento da fragmentação da vegetação, a destruição de habitats, a exposição dos solos, a degradação das terras e a destruição do sistema cárstico que contribui com a dinâmica hídrica da área, prejudicando a qualidade, quantidade e regularidade do fluxo hídrico dos cursos d'água que vertem ao Rio São Francisco. Situação que sublinha a necessidade e urgência de que sejam adotadas medidas que garantam à preservação dessas áreas. A conciliação do desenvolvimento do nível de vida dos habitantes da Serra do Ramalho com a preservação ambiental é um desafio que se impõe. A valorização e utilização do patrimônio cárstico de forma sustentável, com manejo turístico adequado e que gere empregos para a região, é uma alternativa que deve ser alvo de atenção por parte do poder público.

2.2. GEOLOGIA

A Serra do Ramalho insere-se nos domínios do Cráton do São Francisco, unidade estabilizada tectonicamente desde o final do Proterozóico. Trata-se de um extenso platô compreendendo

litologias do Grupo Bambuí. O mapeamento mais detalhado foi realizado pela CBPM (2003) e é apresentado na Figura 2.2. No mapeamento pode-se observar que o topo da Serra do Ramalho apresenta arenitos, siltitos e arenitos conglomeráticos da Formação Urucuia, de idade Cretácea. Material oriundo da decomposição dos arenitos Urucuia também ocorrem. Estas formações são frequentes nas partes mais altas da serra, nos arredores de Descoberto, em regiões em que há baixa ocorrência de cavernas. Estas litologias recobrem os carbonatos e podem servir de horizontes de infiltração difusa nas rochas solúveis subjacentes.

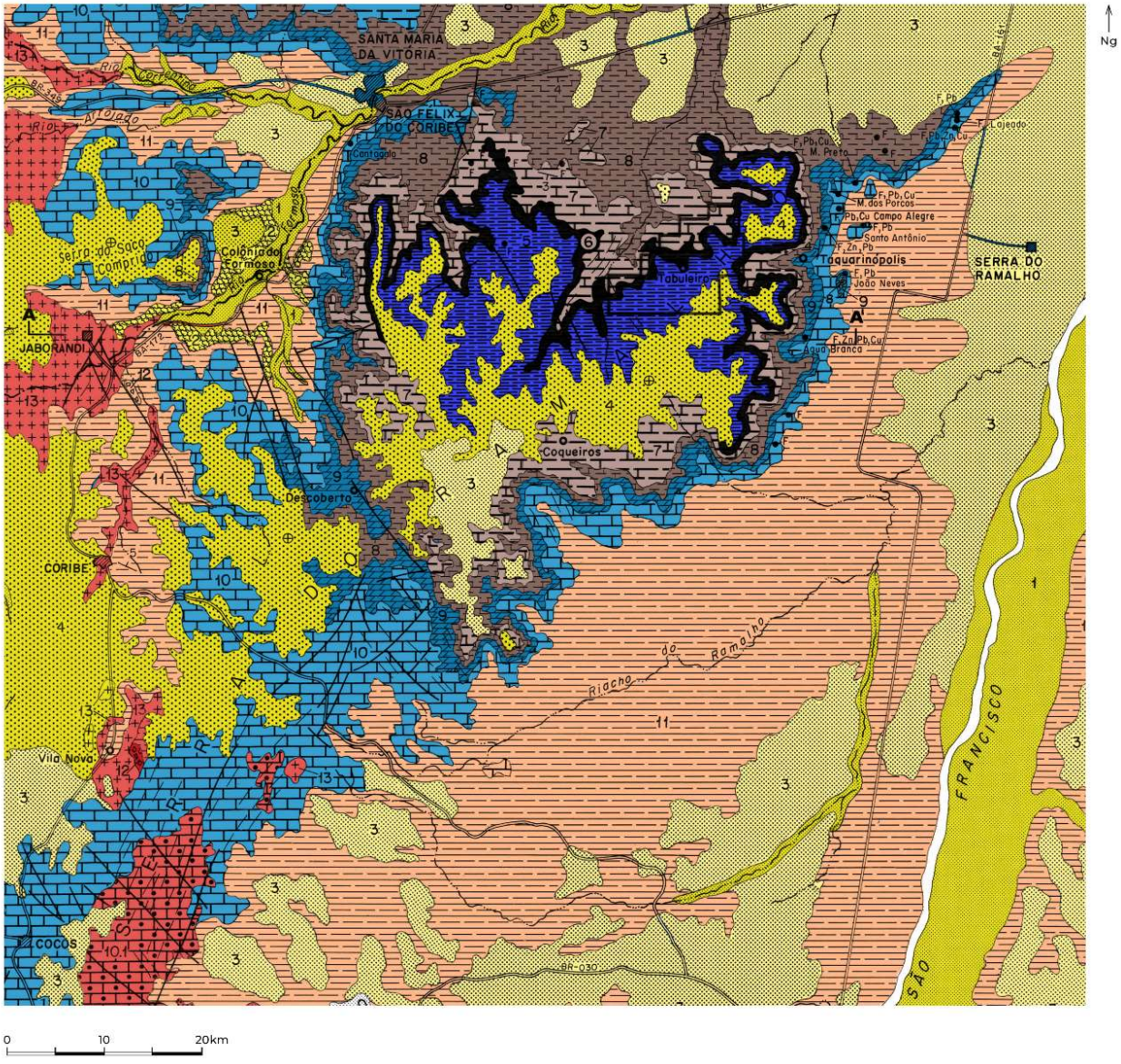


Figura 2.2. Mapa geológico da Serra do Ramalho segundo CBPM (2003). Legenda das unidades geológicas: 1 – Aluviões do Quaternário; 3 – Coberturas colúvio-eluvionares do Quaternário/Terciário; 4 – Arenitos da Formação Urucuia, do Cretáceo; 5 – Metapelitos da Formação Serra da Saudade, Grupo Bambuí, do Proterozóico Superior; 6 – Calcários do Membro Superior da Formação Lagoa do Jacaré, Grupo Bambuí, Proterozóico Superior; 7 – Metapelitos do Membro Inferior da Formação Lagoa do Jacaré, Grupo Bambuí, Proterozóico Superior; 8 – Metapelitos da Formação Serra de Santa Helena, Grupo Bambuí, Proterozóico Superior; 9 – Dolomitos do

Membro Superior da Formação Sete Lagoas, Grupo Bambuí, Proterozóico Superior; 10 – Calcários do Membro Médio da Formação Sete Lagoas, Grupo Bambuí, Proterozóico Superior; 11 – Metapelitos do Membro Inferior da Formação Sete Lagoas, Grupo Bambuí, Proterozóico Superior; 12 – Metatilitos da Formação Jequitaí, Proterozóico Superior; 13 – Gnaisses e migmatitos do Arqueano. Notar as mineralizações na borda leste da serra, imediatamente a oeste do município de Serra do Ramalho. Falhamentos e a seção da Figura 2.3 também estão representadas.

A maior parte da Serra do Ramalho apresenta litologias do Grupo Bambuí, de idade Proterozóica Superior. Do topo para a base, temos inicialmente os folhelhos, siltitos, margas com intercalação de calcários da Formação Serra da Saudade. Esta unidade possui ampla distribuição na vertente norte da serra, estando ausente nos outros setores. A primeira unidade majoritariamente carbonática do Grupo Bambuí, a Formação Lagoa do Jacaré, encontra-se representada como calcários formando a borda norte e leste da Serra do Ramalho. A Formação Lagoa do Jacaré é representada por dois membros. O Membro Superior, que ocorre sob forma de uma estreita faixa, apresenta calcarenito oolítico com níveis subordinados de folhelho. Já o Membro Inferior se mostra menos carbonático, com folhelhos e siltitos com intercalações de calcarenito cinza-escuro e calcarenito oolítico na base. A Formação Serra de Santa Helena foi identificada notadamente no setor norte, compreendendo partes mais baixas da serra. Ela se apresenta representada por siltitos, folhelhos, arenitos finos, argilosos e intercalações de margas e de calcarenitos cinza-escuros. Por fim, a unidade carbonática mais basal, a Formação Sete Lagoas, pode ser dividida em três membros. O Membro Inferior possui dolomitos estromatolíticos, dololutitos e doloarenitos finos, silicosos, no topo, além de brecha dolomítica intraformacional e doloarenitos da parte intermediária à base. O Membro Médio apresenta calcários dolomíticos, calcarenitos oolíticos, calcarenitos e calciruditos, do topo à parte intermediária, além de laminitos algais e calcários laminados na base. Por fim, o Membro Inferior é composto predominantemente por rochas pelíticas, calcários laminados e margas. A Formação Sete Lagoas ocorre por toda a serra, mas predomina, em termos de área, no setor sul, nas proximidades de Côcos. As unidades glaciogências da formação basal do Grupo Bambuí, a Formação Jequitaí, está limitada a pequenas ocorrências nos arredores de Jaborandi e no trecho sul, ao norte de Vila Nova. Coberturas mais recentes, correspondendo à material eluvionar ou coluvionar, ou aluviões, ocorrem nas partes baixas que bordejam a Serra do Ramalho, ou associadas à calha de rios. Uma seção geológica da Serra do Ramalho, formulada por CBPM (2003) é apresentada na Figura 2.3. As cavidades da Serra do Ramalho desenvolvem-se predominantemente nos calcários da Formação Lagoa do Jacaré e Formação Sete Lagoas.

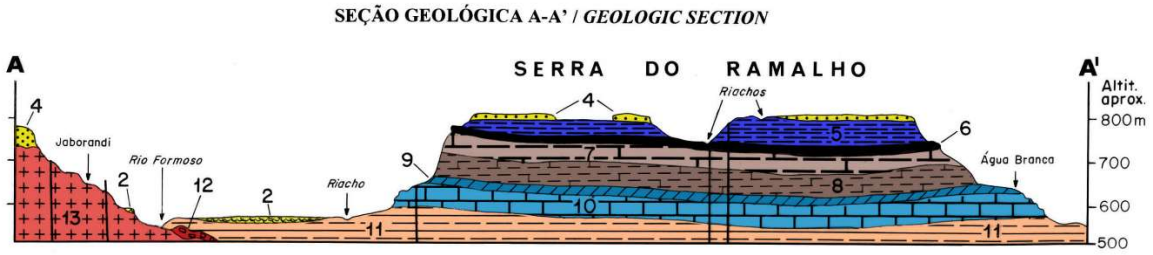


Figura 2.3. Seção geológica na direção oeste-leste, da porção central da Serra do Ramalho segundo CBPM (2003). O posicionamento da seção e a correspondência de cores e unidades geológicas encontra-se na Figura 2.2.

As rochas da Serra do Ramalho apresentam rede de faturamento associada à tectônica Brasiliana. Algumas falhas foram também mapeadas e encontram-se representadas no mapa geológico da Figura 2.2. Na Serra do Ramalho foram identificadas algumas mineralizações de interesse econômico. A maior parte encontra-se localizada na borda nordeste da Serra, nos arredores de Taquarinópolis e estão encaixadas em litofácies no topo da Formação Sete Lagoas, em falhas regionais de direção N40-45W (Gomes, 2005), estando também representadas no mapa da Figura 2.2.

Segundo Conceição Filho et al. (2003), as mineralizações de sulfetos (Pb-Zn-Ag) e fluorita, em Serra do Ramalho, são controladas por falhas de direção NW-SE e encontram-se encaixadas em dolarenitos silicificados, as vezes oolíticos e calcários oolíticos alternados com calcilutitos dolomíticos, ocorrendo predominantemente de modo disseminado, em lentes, bolsões, veios e cimentando brechas. De acordo com estes mesmos autores, os locais de maior atividade na extração mineral foram os garimpos conhecidos como Campo Alegre, Morro dos Porcos, Morro Preto, Santo Antonio, João Neves, Água Branca e Lajeado. As mineralizações de sulfetos de metais-base da região da serra do Ramalho não passam de fracas disseminações em pequenos bolsões de fluorita e calcita. Os bolsões, cujas espessuras variam de poucos centímetros a poucos metros, são semiconcordantes com os calcários dolomíticos encaixantes. As disseminações, por vezes, estendem-se à rocha encaixante, onde acompanham a estratificação ou a laminação primária. Em nenhum dos casos as dimensões chegam a configurar jazida. Manchas de malaquita também ocorrem, mas com incidência ainda menor. A região também apresenta extração de rochas industriais como calcários e dolomitos e também rochas ornamentais, como os próprios calcários e dolomitos além de ardósias e mesmo a fluorita e a calcita. Todas estas extrações são, no entanto, incipientes.

2.3. GEOMORFOLOGIA

Uma descrição mais detalhada sobre os aspectos geomorfológicos da Serra do Ramalho será apresentada nos capítulos subsequentes, principalmente enfocada em aspectos da geomorfologia cárstica. A Serra do Ramalho corresponde a um platô de formato muito irregular, ligeiramente alongado no sentido norte-sul que apresenta elevações entre 800 m (porção mais alta) e 450 m (porção da superfície aplainada na base da serra). Trata-se muito mais de um platô dissecado do que uma serra propriamente dita. A serra é drenada por afluentes dos rios Corrente, como o Rio Formoso, e Carinhanha, mas praticamente todos as drenagens na parte cimeira da serra são intermitentes. Ocorrem, no entanto, nascentes cársticas perenes nas bordas da Serra do Ramalho.

A Serra do Ramalho é mais claramente individualizada em relação ao relevo circundante em suas porções sul, leste e norte, onde existem escarpas ou degraus calcários que chegam a atingir mais de 200 m de elevação a partir da base. Já a oeste, trata-se muito mais de uma elevação que gradualmente vai ganhando altitude, sem que apresente uma mudança geomorfológica perceptível. Conforme mencionado no item 2.2, a geologia apresenta tanto rochas carbonáticas quanto rochas siliciclásticas. Os arenitos da Formação Urucuia formam os relevos mais elevados, muito embora sem apresentar a estrutura tabular tão característica dos mesmos. Já as rochas metapelíticas, principalmente da Formação Serra da Saudade, são responsáveis pelos amplos setores sem feições cársticas aparentes, em que as águas pluviais formam redes de drenagem que eventualmente se tornam subterrâneas ao adentrar os calcários (Figura 2.4).



Figura 2.4. Área próxima à Descoberto, recoberta por material residual (solo) derivado da Formação Serra da Saudade.

Os relevos calcários formam o compartimento mais espetacular da Serra do Ramalho. As rochas metapelíticas sobrejacentes estão sendo erodidas e carreadas para a porção mais baixa da serra, deixando extensas áreas com calcário desnudo, formando extensos e belos campos de lapiás. Na zona calcária ocorrem, em sua plenitude, todas as feições cársticas típicas, como dolinas (de dissolução e colapso), cânions, sumidouros, ressurgências e muitas cavernas, o objeto alvo deste relatório.

Os solos dominantes nessa unidade são os Cambissolos Háplicos Eutróficos típicos, textura argilosa cascalhenta, ocorrendo localmente Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos, textura argilosa e média e afloramentos de rocha (Sá et al., 2011).

2.4. CLIMA

O clima na Serra do Ramalho apresenta o típico padrão climático do nordeste brasileiro, com a estação chuvosa concentrada nos meses de verão. Dados coligidos por Gonçalves (2014) mostram o padrão das precipitações na região (Figura 2.5). O clima na Serra do Ramalho varia entre subúmido e

semiárido, cujas temperaturas mínima, máxima e média anual são 21,2°C, 26,4°C e 24,4°C, nesta ordem. A precipitação média anual é de 949,0 mm, concentrada entre novembro e abril, com estiagem entre maio e setembro. Os valores médios da evapotranspiração potencial e real e o armazenamento é de 1.237,0 mm, 833,0 mm e 468,0 mm, respectivamente. O déficit hídrico médio atinge 454,0 mm, ocorrendo na estação de Correntina entre os meses de abril e novembro, e na estação de Carinhanha, durante todo o ano.

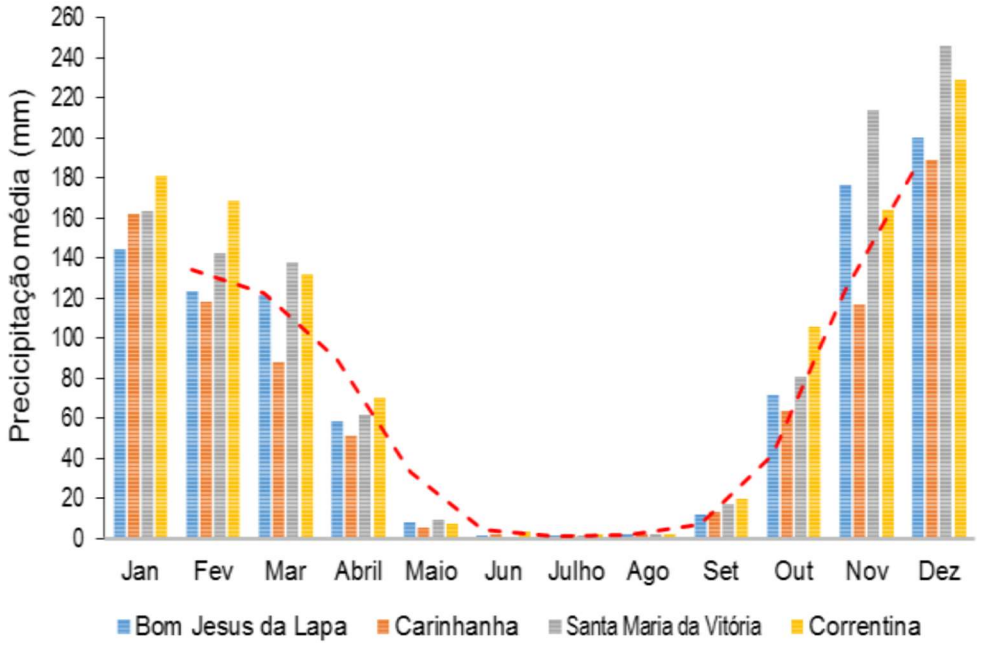


Figura 2.5. Padrão climático das precipitações em algumas das cidades nos arredores. Dentre estas, a de Santa Maria da Vitória é a mais próxima. Extraído de Gonçalves (2014).

2.5. VEGETAÇÃO

A descrição a seguir é baseada na publicação de Brina (2001) no boletim "O Carste" do Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas.

No mapa da vegetação brasileira do IBGE, a vegetação da Serra do Ramalho corresponde à floresta estacional decidual, mata caracterizada pela perda da maior parte das folhas durante a estação seca. Esta formação florestal pode ocorrer sobre solos litólicos com substrato de calcário ou ardósia, ou cobrir solos podzólicos, latossolos vermelho-escuros eutróficos e cambissolos eutróficos (Embrapa, 1976).

No primeiro caso tem-se, por exemplo, as matas que ocorrem associadas aos paredões de calcário, circundando ou cobrindo os afloramentos. São matas abertas, com árvores de porte médio e tronco fino, com raras epífitas e poucas lianas (trepadeiras). A composição em espécies dessas "matas secas"

tem semelhança com a floresta atlântica, embora empobrecida. Em virtude das condições desfavoráveis do substrato, raso e muito permeável, não armazenando água, sobrevivem aí apenas as espécies mais adaptadas à economia hídrica, algumas típicas da caatinga.

A segunda forma de mata seca apresenta maior porte, árvores de troncos grossos, muitas trepadeiras e raras epífitas. A composição em espécies é bastante diversificada, agregando elementos próprios da mata atlântica e da caatinga, em função da disponibilidade local de umidade para as plantas. Ocorre no centro-sul da Bahia e no norte de Minas Gerais (como na região do vale do rio Peruaçu e de Jaíba) e é caracterizada pela presença da barriguda ou embaré (*Cavanillesia arborea)*. Nessa região, a pluviosidade é de cerca de 850 a 1000 mm anuais, enquanto a nebulosidade na maior parte do tempo é baixa. A maioria ou até mesmo todas as árvores deixam cair suas folhas durante o período seco, apresentando-as de novo somente com o retorno das chuvas, cinco a seis meses mais tarde. Assim, a mata seca com barrigudas é também aceita como uma caatinga arbórea alta (Lima, 1991).

Essas matas são bastante densas, com até 25 a 30 m de altura e pelo menos três estratos. No estrato arbóreo, além da barriguda há barriguda-de-espinho (*Ceiba ventricosa*), braúna (*Schinopsis brasiliensis*), aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha*), angico (*Anadenanthera macrocarpa*), garapa (*Apuleia molaris*), imburana (*Commiphora leptophloeos*), peroba (*Aspidosperma pyrifolium*), pau-d'arco-roxo (*Tabebuia avellanedae*), pau-pintado (*Andira stipulacea*). Além dessas, são frequentes o mandacaru (*Cereus jamacaru*) e o amendoim-bravo (*Pterogyne nitens*). Há ainda trepadeiras como cipó-escada (*Bauhinia splendens*) e primavera (*Bougaivillea spectabilis*).

A *Cavanillesia arborea*, com seu imenso tronco em forma de barril, é encontrada também em comunidades típicas de caatinga do médio Rio de Contas, em áreas baixas entre Jequié e Contendas do Sincorá, na Bahia, além de matas que não são de caatingas do norte do Espírito Santo. Em Minas Gerais, foi incluída na lista de espécies ameaçadas como vulnerável à extinção, pois, com a retirada das árvores que a cercam nas matas, torna-se mais vulnerável aos ventos, tombando facilmente.

Além das matas secas, a Serra do Ramalho ostenta sobre os afloramentos de calcário um conjunto de espécies típico, de pequeno porte, dominado por várias espécies altamente adaptadas à economia de água: cactus com seus tecidos suculentos; plantas que reduzem a transpiração pela ausência de folhas ou folhas reduzidas a espinhos; bromélias, cuja arquitetura propicia a conservação e absorção de umidade na base das folhas. Trata-se da caatinga hiperxerófila.

Esse conjunto vegetacional complexo, com seus ecossistemas interligados (matas secas ou caatingas arbóreas, caatinga hiperxerófila sobre afloramentos calcários, ambientes úmidos nas proximidades de



alguns cursos d'água) favorece a existência de alta riqueza de fauna e flora, com várias espécies ameaçadas ou raras e alguns endemismos. Porém, se a riqueza da paisagem chama a atenção de quem a conhece, a acelerada e visível degradação também preocupa. Nas proximidades da Gruna do Boqueirão tem sido constante a retirada de árvores que fornecem madeira-de-lei como braúna, aroeira e pau-pintado.

A utilização da vegetação na região da Serra do Ramalho, assim como no norte de Minas Gerais, inclui processos extrativistas para obtenção de madeira, frutas, mel e plantas medicinais. Nas últimas décadas, tem-se intensificado a pressão sobre esses recursos, em consequência da demanda de novas áreas agricultáveis e do aumento da população local com consequente expansão urbana. A exploração agrícola resulta em práticas de queimadas e desmatamentos por vezes de grandes extensões para a implantação de projetos de irrigação. Da cobertura original exuberante restam apenas fragmentos, cujo manejo excessivo e sem planejamento provoca a perda de um potencial genético pouco estudado. A caça, associada à perda de hábitats, contribui para o empobrecimento da fauna da região. Assim, fica patente a necessidade de criação de unidades de conservação para preservar esse patrimônio único.



03

CARSTE E ESPELEOLOGIA NA SERRA DO RAMALHO

3. CARSTE E ESPELEOLOGIA NA SERRA DO RAMALHO

3.1. HISTÓRICO DOS TRABALHOS

Em um país com dimensões continentais como o Brasil, onde a espeleologia é praticada de forma sistemática há quase um século, não restam muitas áreas com excepcional potencial espeleológico. Contudo, algumas regiões permaneceram intocadas até épocas bem recentes. Esse é o caso da Serra do Ramalho, que pode ser considerada um dos últimos desses redutos, que ainda se encontra em sua maior parte inexplorado. Grande parte disso se deve ao fato da completa falta de acesso à região até meados da década de 1970.

Os primeiros desbravadores da região foram os bandeirantes, seguindo-se o Ciclo do Couro e da mineração. Existem amplos vestígios da presença indígena, embora não haja estudos mais detalhados sobre os grupos indígenas que habitavam o local. Acredita-se que seriam do tronco linguístico macro-jê. A área do município pertencia anteriormente ao município de Bom Jesus da Lapa. Era habitada sobretudo pelas populações ribeirinhas, em sua maioria remanescentes de quilombos (quilombolas). Até os anos 1970, a região consistia em mata complexa e virgem, classificada como Caatinga, Cerrado e Vegetação Hidrófila. Havia ocorrência abundante de espécies como o ipê, o cedro, a aroeira, a baraúna etc. Devido aos rios intermitentes e riachos na encosta da Serra do Ramalho, além de rios perenes como o Rio São Francisco e o Rio Carinhanha, a região era famosa pela fertilidade de suas terras em meio ao semiárido do entorno e para lá se dirigiram muitos flagelados da seca.

Em 1973, a região do Médio São Francisco foi decretada prioritária para desapropriação pelo governo federal, em vista da construção da represa de Sobradinho e da necessidade de reassentar os moradores desalojados pela obra. A partir de março de 1976, o povoamento da região foi intensificado pelo assentamento das populações desalojadas. O projeto de assentamento, intitulado “Projeto Especial de Colonização de Serra do Ramalho”, contemplava a criação de zonas urbanas denominadas “agrovilas”, tendo sido implementado por engenheiros civis e agrônomos da empresa paulista Hidroservice. A maioria das mil famílias que foram instaladas em Serra do Ramalho era dos povoados de Pau-a-Pique, Bem-Bom, Intãs e Barra da Cruz, todos situados no município de Casa Nova ao norte da Bahia. As famílias eram compostas

de camponeses *beraderos*, ou seja, indivíduos que tiravam do rio, diretamente ou indiretamente, o seu sustento. Estas famílias foram assentadas em um casebre e um lote de vinte hectares em um sistema de agrovilas. O sistema de agrovilas separava os lotes a serem cultivados do local de moradia, ambos distantes do Rio São Francisco. Segundo o projeto original, as agrovilas concentrariam as casas dos colonos (aproximadamente 250 por agrovila), os serviços públicos, comunitários e religiosos, e o comércio. A Agrovila 9 abrigaria a administração do projeto e a cooperativa. A partir de 1989 a Agrovila 9 se tornaria a sede do município conhecido como Serra do Ramalho ocupando uma área de 2.677 km^2 e uma população de 31.472 habitantes (censo 2019).

Deslocados em relação ao seu ambiente de vida anterior, muitos colonos não se adaptaram ao sistema das agrovilas e emigraram. Isto fez com que o INCRA assentasse nas agrovilas famílias de sem-terra originárias de diferentes pontos da Bahia, do Nordeste e do Centro-Sul do país. Novas agrovilas foram criadas para atender a esta demanda e o projeto original foi descaracterizado. Aos poucos, os pequenos lotes foram se agrupando em lotes maiores. Hoje predomina a agricultura de sequeiro com grande ociosidade das terras. (http://pt.wikipedia.org/wiki/Serra_do_Ramalho_(Bahia).

A primeira vez em que as cavernas da Serra do Ramalho foram alvo de atividades espeleológicas se deu durante uma expedição do Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas em Montalvânia, no norte de Minas Gerais. Era dezembro de 1990, chovia muito, as estradas estavam intransitáveis e não existiam pretensões do Grupo em seguir até a Bahia. Na ocasião, um morador do povoado de Ramalho (município de Feira da Mata) comentou sobre uma ressurgência que não nunca secava. “Podia colocar quantos bois quisessem tomar a água que o rio não abaixava”. Também havia um relato sobre um padre que entrou nesta gruta e nunca mais foi visto. Esses argumentos foram suficientes para alterar o cronograma da viagem e uma pequena equipe seguiu mais para o norte. E no dia 4 de janeiro de 1991 foi realizada a primeira exploração espeleológica na Serra do Ramalho, mais precisamente na cavidade conhecida como Boca da Lapa. Essa magnífica ressurgência é formada por uma galeria única, ampla (8 m de largura e 10 m de largura), com dimensões constantes que se desenvolve praticamente em linha reta por mais de 3 km.

Foi uma viagem curta, limitada a uma pequena área e com o objetivo de fazer um reconhecimento preliminar deste grande afloramento de calcário que marca uma extensa área da margem esquerda do Rio São Francisco. Mesmo assim foi possível chegar a algumas conclusões. Havia uma forte ligação da população local com o ambiente subterrâneo. Seja pela

curiosidade, pelas lendas, recreação e até mesmo o contexto religioso, mas, principalmente, pela busca de água. Em uma região árida e carente de recursos financeiros, o acesso aos recursos hídricos disponíveis dentro de algumas cavernas constituía um forte motivo para impulsionar as explorações. E mesmo sem conhecimento e equipamento, alguns moradores chegaram a percorrer quilômetros dentro das cavernas para obter água. E esse conhecimento das comunidades seria um forte aliado a favor dos espeleólogos na busca por novas cavidades. Vale a pena ressaltar que nesta época não existia GPS ou imagem do Google na internet. A única ferramenta disponível eram as cartas do IBGE e os mapas geológicos, ambos em escalas pouco compatíveis com a precisão necessária para que fosse possível avaliar a existência (ou não) de cavidades.

Embora o potencial da região fosse evidente, uma nova expedição ocorreu somente em agosto de 1992. Nesta segunda empreitada e com uma equipe pouco numerosa (2 pessoas) o objetivo foi ampliar a área de conhecimento, renunciando a explorações e topografias que ficariam em segundo plano. Seguiu-se mais para o norte buscando as áreas mais altas do maciço até o povoado de Descoberto, já no município de Coribe e depois o Morro Furado, no extremo norte da região. Foram descobertas dezenas de grutas destacando-se a Gruna do Engrunado, Gruna do Boca, Gruna do Anjo entre outras. Embora a maioria das grutas tenha sido exploradas parcialmente, o Engrunado destaca-se neste contexto. Formada por uma galeria praticamente única, seca e meandrante, a cavidade atravessa um longo trecho do maciço. No terço final, o conduto principal encontra-se entupido por sedimento sendo a continuação feita a partir de uma passagem estreita, baixa e que reencontra o conduto principal depois de 400 m.

O Morro Furado novamente foi alvo de atividades de campo nos anos de 1995 – 96. Incialmente por uma equipe do Grupo Bambuí que descobre e explora as primeiras galerias da Gruna do Enfurnado; o grande sumidouro temporário da principal drenagem desta região. Nesta investida as explorações foram interrompidas no teto baixo alagado que bloqueia parcialmente a galeria a 1 km da entrada. Essa gruta seria alvo de novas explorações anos mais tarde se tornando um dos destaques da Serra do Ramalho, mas nesse momento só foi realizado um reconhecimento. No mesmo ano, outra equipe desenvolvia atividades focadas nos estudos da evolução morfológica. São formuladas teorias sobre a evolução do carste e identificadas as etapas de aprofundamento e abertura lateral do cânion. Apesar de atuarem de forma independentes, as peças que formam esse complexo mosaico deste sistema subterrâneo começavam a ser melhor conhecidas (Bitencourt e Rodet, 2002).

Outro longo intervalo interrompeu as atividades na Serra do Ramalho. Embora fosse notório o potencial da região e as inúmeras informações de cavidades inexploradas, nesta época o Grupo Bambuí estava envolvido nas expedições em São Domingos (GO) e Campo Formoso (BA) que limitavam o tempo para novas atividades. Em abril de 1998 a terceira expedição se dedicou documentar as principais descobertas, uma vez que, até então, nada havia sido topografado. Ainda com uma equipe pouco numerosa (somente 3 pessoas) foi mapeada a Boca da Lapa (3.050 m) e o Enfurnado (3.980 m), cavidades descobertas nos anos 1991 e 1992, respectivamente. Já no final da viagem, a equipe chegou ao povoado conhecido como Agrovila 23 no município de Carinhanha. Um aglomerado de poucas casas, mas com muitas informações sobre cavernas. Parecia que todos os habitantes tinham alguma informação e acreditavam a que a sua caverna era a mais importante. Já havia sido explorada a Gruna do João Gravatá, importante ressurgência que abastece algumas fazendas próximas da serra. Mas sem tempo de investigar tudo, ou mesmo iniciar um novo mapeamento, optou-se em verificar uma única cavidade no último meio-dia de viagem disponível. A escolhida foi a Gruna da Água Clara. Marcada por um ressurgência temporária, a gruta é formada, em seus primeiros quilômetros, por um conduto elíptico e meandrante. A quantidade e tamanho dos galhos espalhados ao longo desse caminho atestam a força da correnteza que invade essas passagens na época das chuvas. Após 3 km uma nova entrada marca o local onde a drenagem superficial principal invade a caverna. Mas a poucos metros desta nova entrada, uma galeria lateral a esquerda (aparentemente um afluente do rio principal), seria a continuação do sistema. O conduto, com o piso coberto por sedimento argiloso, passa a ter dimensões cada vez maiores. Nesta primeira investida foram percorridos aproximadamente 5 km sendo as explorações interrompidas pela simples falta de tempo. A facilidade de deslocamento no interior da caverna neste dia de exploração é difícil encontrar paralelo em outras cavidades brasileiras, pois foram percorridos 10 km no trecho de ida e volta em menos de 3 horas.

A chegada a Agrovila 23 pode ser considerada, literalmente, um “divisor de águas” nas explorações da Serra do Ramalho. O afloramento calcário passa a ter novas proporções, marcado por extensos afloramentos com campos de lapiás a perder de vista. As ressurgências (na maior parte das vezes drenagens temporárias) são bem-marcadas e conhecidas pela população que faz uso da água para os animais, plantações e até mesmo consumo humano. Os sítios arqueológicos passam a ser mais visíveis e associados às entradas das cavidades. A partir de então as expedições passam a ocorrer em intervalos mais curtos e envolvendo equipes mais numerosas. No mesmo ano (agosto/1998) é iniciada a topografia da Água Clara que passa a ser a maior cavidade da região.



Em 1999 foi realizada a primeira expedição franco brasileira na Serra do Ramalho com a participação do Grupo Bambuí e o GSBM (Groupe Spéléo Bagnol-Marcoule). Baseada na Agrovila 23 as equipes (26 espeleólogos) se dedicaram a finalizar o mapa da Água Clara e expandindo as explorações para áreas próximas descobrindo a Gruna dos Peixes, Pedro Cassiano, Água do Quinca e, finalmente o Boqueirão. Todas estas cavidades têm em comum o fato de serem ressurgências temporárias, sendo o acesso principal feito para a partir da entrada a jusante. Também são pontos de captação de água que normalmente é feita através de mangueiras (que chegam a mais de 1 km) instaladas no interior das cavernas (Moura, 2001).

Dentre todas as cavidades o Boqueirão se destacou desde as primeiras explorações. O acesso é feito em uma trilha que acompanha o leito seco e pedregoso de um rio temporário. A entrada principal fica na margem oeste, podendo ser considerada um afluente desta drenagem externa. É uma gruta complexa sob o ponto de vista morfológico, sendo formada por várias drenagens (normalmente secas boa parte do ano) que se cruzam em níveis diferentes. Até mesmo algumas galerias estão situadas em nível inferior, abaixo da drenagem externa (o leito do rio seco), deixando muitas dúvidas com relação a hidrologia do sistema. De qualquer forma, o Boqueirão não é uma caverna simples de se explorar ou mesmo pesquisar. Os obstáculos aparecem desde os primeiros metros e a cavidade não se revela sem considerável esforço.

A partir desse momento, dois grandes sistemas (Água Clara/Peixes e Boqueirão) passam a dividir a atenção dos espeleólogos e confirmando as possibilidades a serem exploradas. Por outro lado, as cavidades também são notáveis sob o ponto de vista científico. Fósseis em grande quantidade e bem preservados são encontrados em cavidades como a Gruna dos Peixes. Vestígios arqueológicos são abundantes e os sistemas hídricos desafiam a compreensão dos pesquisadores. A continuidade dos trabalhos de exploração e topografia dos sistemas Água Clara – Peixes e o Boqueirão atravessa o ano 2000 com expedições realizadas em abril e julho. O Boqueirão torna-se a maior gruta da Serra do Ramalho com mais de 13 km de projeção horizontal. Nesta época começam de forma sistemáticas os levantamentos bioespeleológicos coordenados pela pesquisadora Eleonora Trajano e equipe da USP.

A Serra do Ramalho polariza as atenções do Grupo Bambuí e duas certezas são estabelecidas: (1) o potencial da região atravessaria décadas para ser conhecido e (2) o meio mais eficiente para novas descobertas passa pelas informações da população. Embora esse conhecimento seja uma contribuição inestimável a nossas atividades, logo percebemos que cada comunidade conhecia somente as cavidades mais próximas. Era fundamental ampliar a área de atuação para chegar a novas cavidades. Outra ferramenta que literalmente mudaria a forma de “ver” a Serra

do Ramalho, seriam as imagens aéreas. Nesta época não existia o *Google Earth* e todo conhecimento cartográfico disponível se limitava aos mapas do IBGE, com escala incompatível com os objetivos espeleológicos. A obtenção de acesso as fotos aéreas (produzidas na escala 1:25.000) mudou o padrão de conhecimento e finalmente foi possível entender a morfologia da região de uma forma mais ampla.

Em 2001 uma nova expedição conjunta do Grupo Bambuí e dos franceses do Groupe Spéléo Bagnols-Marcoule reuniu 26 espeleólogos durante 3 semanas na Agrovila 23 e Descoberto. Pela primeira vez tínhamos acesso a imagens aéreas da região o que permitia uma visão mais abrangente do potencial espeleológico da Serra do Ramalho. Além da continuação das explorações e topografia das grutas conhecidas, o maior objetivo era ampliar as áreas de atuação. A maior descoberta neste sentido foi o sistema da Baiana. Um longo cânion que começa como um vale raso na parte alta da serra, mas à medida que desce, ganha profundidade mantendo-se estreito e talhando paredões verticais que chegam a mais de 50 m de altura. Quando os paredões finalmente se "fecham" começa a principal caverna do sistema, a Gruna da Baiana com 2,2 km de projeção horizontal.

Outra cavidade que polarizou a atenção das equipes foi a Gruna do Enfurnado. O teto baixo que havia barrado as explorações iniciais em 1995, foi superado e a gruta ganhou em volume e extensão. A galeria principal é percorrida por uma drenagem perene que, embora tenha uma vazão pequena, abriga uma grande comunidade de peixes troglóbios.

Ainda esse ano, uma nova expedição menos numerosa, retorna ao Morro Furado dedicando vários dias ao mapeamento de várias cavidades conhecidas: Anjo, Sumidouro do Morro Furado e o Boqueirão do Riacho de Fora. Finalmente o Sistema do Moro Furado, que marca os limites norte do Ramalho e já vinha recebendo a atenção dos espeleólogos desde 1992, recebe uma cartografia subterrânea adequada. A relação hidrológica entre as cavidades passa a ser mais evidente, sendo o Enfurnado a drenagem principal que recebe contribuições importantes provindas do Sul, notadamente do sistema do Riacho de Fora. Essa drenagem ainda pode ser observada nas grutas do Anjo II, Anjo I, Salão do Morro Furado, Gruna d'Água para, finalmente encontrar a drenagem principal no Sumidouro do Morro Furado, quase junto na ressurgência (Gruna da Mamona).

Em 2002 é a vez da Gruna do Enfurnado. A expedição conjunta com os franceses havia deixado sem exploração continuações importantes e era preciso desvendar o mistério do rio perene que provavelmente seria o mesmo que ressurge na Gruna da Mamona. As equipes exploraram sem muita dificuldade a galeria ativa por mais 600 m até serem barrados por um sifão. Também foi

mapeada uma sequência de condutos fosseis superiores ao conduto principal, suficientes para ampliar para quase 6 km a extensão da caverna.

Nos anos seguintes, foram realizadas duas expedições em 2003, uma em 2005 e duas em 2006 com objetivos focados em rever áreas e grutas já prospectadas próximas as agrovilas para confirmar se algo importante havia passado desapercebido. Além disso, também existia o interesse de prosseguir o mapeamento do Enfurnado que, depois do Boqueirão e da Água Clara, prometia ser a "nova" grande caverna do Ramalho. Em uma destas cavidades já conhecidas foi feita uma das maiores descobertas desta época: a Gruna do Boca. Sua exploração inicial aconteceu em 1992, na segunda expedição a região. Na época foi percorrido somente o trecho inicial formado por galeria baixa e parcialmente alagada. A nova investida superou esses limites, revelando condutos amplos, retilíneos que seguem na direção da Boca da Lapa, contribuindo com a hipótese de que as duas cavidades fazem parte do mesmo sistema hidrológico. Essa premissa é compartilhada com os moradores locais que desde a primeira investida já alertavam sobre essa possibilidade. Uma drenagem ativa percorre as galerias finais sendo as explorações interrompidas em um sifão. Ainda existe um trecho de 5 km inexplorados separando as duas cavidades, o que deixa muitas possibilidades para novas descobertas.

Mas o grande achado aconteceu próximo a Descoberto. Uma equipe sem muito conhecimento da região e com pouco tempo disponível revolveu tentar a sorte próximo a área urbana. Seguindo sem muitas pretensões a estrada que vai para Coribe, resolveram checar a primeira drenagem temporária que atravessa a estrada de terra, ainda próximo do povoado. E contrariando todas as expectativas, foi descoberta a Gruna da Lagoa do Meio. Descoberto já havia sido palco de vária expedições do Bambuí e, até então, ninguém havia comentado sobre a existência desta caverna tão próxima.

A entrada consiste em um sumidouro que permanece seco boa parte do ano, mas logo nos primeiros metros a gruta ganha complexidade e volume apresentando condutos e drenagens ativas em vários níveis. Destacam-se os condutos próximos ao Salão do Ar Invertido, que alcançam mais de 50 m de largura e altura sendo percorrido por uma drenagem relativamente volumosa. Mas o excesso de CO_2 nas galerias mais baixas impediu a continuidade das explorações. Não se sabe ainda os fatores que possam favorecer tal fenômeno atmosférico. Em outras cavidades, normalmente está associado a depósitos de matéria orgânica (como restos de vegetação, animais etc.) que entram em decomposição. Certamente não é o caso da Lagoa do Meio. Esse gás pode estar associado a outros processos, mas nenhum estudo neste sentido foi

realizado e a galeria principal continua parcialmente conhecida e com um potencial de grandes continuações.

Em 2007 e 2008 foram realizadas duas expedições conjuntas do Bambuí com os franceses do GSBM. Desta vez, a base das atividades foi compartilhada entre o povoado de Descoberto e a Agrovila 15, situada no setor nordeste da Serra do Ramalho. Assim como a Agrovila 23, palco de várias expedições, esse povoado havia sido implantado na década de 1970 como o local de assentamento dos agricultores que colonizaram a região. Já havia recebido visitas pontuais, mas sempre de equipes que estavam alojadas em outros locais. A permanência na Agrovila 15 permitiria um contato mais próximo com moradores e certamente a troca de informações seriam mais eficientes. Além disso, existiam locais de difícil acesso, onde os deslocamentos acabavam sendo um dos fatores limitantes.

Nestas duas expedições foram descobertas grutas importantes, sendo a maior delas a Gruna das Três Cobras. Inserida em um maciço isolado do corpo principal da serra, a cavidade se caracteriza pelo padrão labiríntico com galerias condicionadas principalmente na direção sudeste – noroeste. Abriga um grande potencial não só na extensão (com mais de 5,6 km) mas também com grandes depósitos de fósseis, encontrados em diversas galerias. Também foram descobertas e mapeadas as grutas da Serra Solta II e III, ambas caracterizadas como ressurgências temporárias e formadas por galerias meandrantes e associadas a drenagens de pequena vazão.

O setor nordeste da Serra do Ramalho guarda características bem distintas das outras áreas. O calcário encontra-se mais coberto e os afloramentos se localizam predominantemente nas bordas dos maciços. Feições como vales cegos ou dolinas são mais discretas e a maior parte das cavidades é conhecida somente pelos moradores mais próximos. Por outro lado, os acessos são precários e qualquer deslocamento curto envolve um tempo acima do normal. Em 2010 uma nova expedição seguiu direto para a parte alta da serra, seguindo informações a respeito de algumas grutas percorridas por rios. Nesta investida foi descoberto o Sistema Bem-Bom, formado por várias cavidades tendo como ponto comum a pequena drenagem temporária que percorre a maior parte das galerias. Os condutos são muito superficiais favorecendo a existência de várias entradas sendo que algumas dividem o sistema em cavidades distintas. O maior segmento é a Gruna da Água Branca II com 1,4 km.

Nesta época o acesso às imagens do *Google Earth* era cada vez mais fácil e com melhor resolução. O que no início dos anos 1990 parecia impossível, passou a ser uma etapa essencial e preliminar de qualquer atividade de campo. As imagens eram dinâmicas e não era raro

perceber feições que antes não eram visíveis. Em 2011, uma fenda que "rasgava" a parte alta da Serra do Ramalho chamava a atenção nas imagens do Google. Contudo, era um local bem próximo de outras cavidades e seria difícil ninguém ter comentado nada com alguma das equipes que atuaram na região. Mas a dolina estreita e longa era muita evidente para deixar passar sem uma verificação.

Assim foi descoberta a Gruna da Figueira. Embora a sua extensão não seja nada fora do comum para os padrões da Serra do Ramalho, as dimensões da galeria inicial (acessível a partir de um lance vertical de 80 m) eram surpreendentes chegando a impressionantes 110 m de altura. Nesta mesma viagem foram encontradas várias entradas, mas como a expedição estava focada na identificação do potencial da região, pouca coisa realmente foi explorada.

A descoberta da Figueira despertou o interesse para uma nova expedição franco-brasileira e em setembro 2011 o Bambuí estava novamente com o GSBM na Serra do Ramalho. As explorações se concentraram nas grutas anteriormente descobertas, sendo a maioria delas relacionadas ao Sistema da Figueira. A Gruna Chico Pernambuco foi a grande surpresa da viagem. A entrada consiste em um sumidouro de uma modesta drenagem temporária. Depois de uma sequência de pequenos abismos a galeria atinge o Conduto Pamukkale, uma maravilhosa sequência de travertinos que se destacam pela cor branca dos espeleotemas que contrasta com o tom azulado da água que enche suas represas. Neste cenário ainda podem ser vistos dezenas de bagres albinos que sobem com dificuldade os trechos de correnteza entre as barragens naturais. Mais ao fundo foi encontrado um rio que corre de oeste para leste sendo limitado por sifões de ambos os lados. A ressurgência desta drenagem continua sendo um mistério, mas provavelmente deve estar associada aos afloramentos que antecedem o cânion do Boqueirão.

Em 2012 uma equipe da CPRM faz uma rápida investida na região focando esforços em avaliações geoespeleológicas e paleontológicas. Nesta ocasião é descoberta a Gruta da Estrada da Mamona, situada a poucos quilômetros do Morro Furado. Trata-se de gruta labiríntica formada por um paleocanal com segmentos marginais anastomosados e reticulados, com desmoronamentos bloqueando a passagem. Esse canal pode ter funcionado como um tributário do antigo sistema do Morro Furado.

Em maio de 2017 uma nova expedição investe em prospecções no setor norte, nas proximidades do Morro Furado. As estradas de acesso a esta área estão extremamente precárias e o foco passa a ser locais mais ao sul. É descoberta a Gruna do Otaviano e da Gruna da Serra Verde. A primeira é formada por uma galeria única ampla seca e ricamente ornamentada. A Serra Verde,

localizada próxima ao povoado conhecido como Lagartixa, também tem um padrão retilíneo, embora com várias passagens laterais que formam áreas labirínticas.

A partir de 2019 surge, em conjunto com o CECAV, a proposta do projeto para definição de áreas prioritárias para a Conservação de Proteção Espeleológico na Serra do Ramalho – BA. Os objetivos principais seriam a padronização das informações e evoluir no conhecimento de áreas específicas como a bioespeleologia, geoespeleologia, entre outras. Considerando a importância da ambiental da região, torna-se iminente estudos no sentido de criar unidades proteção em um futuro próximo.

A região de Côcos, no limite sul da Serra do Ramalho, quase na divisa dos estados de Minas e Bahia é marcada por afloramentos isolados que pontuam a paisagem. Algumas dessas manchas possuem dimensões quilométricas apesar de não serem observadas feições notáveis como dolinas, sumidouros ou ressurgências. Apesar da facilidade de acesso, por ficar no trajeto de todas as expedições que seguiram para Descoberto, até o início de 2020 nunca havia sido objeto de prospecções mais detalhadas. Com a perspectiva de descobertas, em outubro de 2020 uma equipe do Bambuí direcionou suas atividades para essa região. Durante uma semana foram vistoriados diversos maciços, que formam um conjunto notável em termos de relevo cárstico, mas as descobertas ficaram limitadas e cavidade de pequeno porte. Aparentemente a região está inserida em uma cota mais baixa, restringindo o potencial espeleológico em uma faixa estreita de calcário que se eleva acima do lençol freático. A maior descoberta foi a Gruna do Joaquim de Tineco.

Nos anos de 2020 a 2023 uma intensa movimentação foi motivada pelas incursões do projeto para definição de áreas prioritárias para a Conservação de Proteção Espeleológico na Serra do Ramalho – BA. Atividades de campo com equipes atuando nas áreas de bioespeleologia, geoespeleologia e paleontologia percorreram todos os setores revisitando as principais cavidades com um olhar mais focados em temas específicos. Essas atividades desenvolvidas em um período relativamente curto e realizadas pelos mesmos especialistas permitiu uma visão mais uniforme e padronizada das informações.

Mesmo não sendo o objetivo principal do projeto, algumas cavidades foram mapeadas destacando-se a Gruna da Piaba (460 m) e Piabão (330 m) situadas próximas e Lapa dos Peixes (abril de 2022) e a Gruna Baixão da Canoa com 2.190 m de projeção horizontal (agosto de 2023). No Boqueirão também foram mapeados mais 430 m de novas galerias que ampliaram a cavidade para 15.670 m.



Na Serra do Ramalho quanto mais se conhece mais se torna evidente o potencial que permanece inexplorado. Ainda existem extensas áreas intocadas e um longo caminho a ser percorrido para que se tenha um amplo conhecimento espeleológico da região. Decerto os locais mais evidentes já foram alvo de explorações, mas entradas menores ou verticais, pouco visíveis, podem revelar grandes surpresas. Mistérios a serem desvendados como a continuação do conduto principal da Lagoa do Meio (onde as explorações foram interrompidas pelo excesso de CO_2), o trecho desconhecido do rio (5 km) entre a Boca da Lapa e Gruna do Boca e até mesmo os prosseguimentos do sistema do Morro Furado, em especial o Enfurnado, fazem parte da sequência natural das futuras possíveis atividades. Além disso, pesquisas na área de paleontologia e arqueologia foram até o momento realizadas de forma bastante pontual e superficial. O potencial nestes temas é também considerável e está somente no início. Com certeza a Serra do Ramalho ainda será foco de muitas novidades e a garantia da preservação deste rico patrimônio deve estar entre as prioridades em termos de unidade de conservação no Brasil. A seguir apresenta-se uma síntese estruturada das expedições do Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas à Serra do Ramalho, enfocando as expedições entre 1991 e 2023 cujo foco foi exploração e mapeamento.

3 a 7 de janeiro de 1991 – 3 participantes

Parte da equipe que participava de uma expedição em Montalvânia/MG segue para o sul da Bahia em busca de alguns locais promissores identificados nos mapas topográficos e posteriormente confirmados por alguns moradores. No município de Feira da Mata foi descoberto um grande sistema hidrológico cuja ressurgência é conhecida como Boca da Lapa, com mais de 3 km de extensão. Além dessa, outras de menor expressão foram exploradas, tais como: Gruta das Cinco entradas, das Avencas, do Tombo, da Fenda, Pedra Escrita, do Túnel, Olho d'Água e Pau Cantador.

1 a 13 agosto de 1992 – 2 participantes

Viagem ao sul da Bahia com o objetivo de avaliar novas áreas cársticas e continuar as prospecções na Serra do Ramalho, em especial o sistema da Boca da Lapa. Foram descobertas 31 cavernas destacando-se o Engrunado, Boca e a Gruna do Anjo.

1 a 13 agosto de 1992 – 2 participantes



Viagem ao sul da Bahia com o objetivo de avaliar novas áreas cársticas e continuar as prospecções na Serra do Ramalho, em especial o sistema da Boca da Lapa. Foram descobertas 31 cavernas destacando-se o Engrunado, Boca e a Gruna do Anjo.

5 a 18 julho de 1995 – 3 participantes

Prospecção no setor norte com descoberta das grutas do Enfurnado I e II e Córrego do Buracão em Coribe.

16 a 26 de abril/1998 – 3 participantes

Topografia da Boca da Lapa (3.050 m de projeção horizontal e da Gruna do Engrunado (3.980 m de projeção horizontal). Descoberta da Gruna Grande, Gruna Grande Pequena e Gruna da Onça no município de Ramalho; Gruna do Domingão, Gruna do João Gravatá e Gruna da Água Clara, no município de Carinhanha. Destaca-se a exploração de mais de 3 km na Gruna da Água Clara. Topografia da Gruna do Domingão: 400 m.

29 julho a 03 de agosto/1998 – 8 participantes

Topografia de 8.500 m da Gruna da Água Clara, sendo cerca de 5 km em galerias virgens. Descoberta e topografia da Gruna do Índio (570 m).

9 a 23 de junho/1999 – 25 participantes

Expedição franco-brasileira Bahia '99. Exploração, topografia, observações biológicas, arqueológicas e paleontológicas na Serra do Ramalho, no sul da Bahia. Descoberta de várias grutas, destacando-se o Boqueirão (8,0 km) e a Lapa do Peixe (2,5 km). Foram descobertas as seguintes cavernas: Gruna do Pedro Cassiano, Abrigo do Pedro Cassiano, Gruna da Água Escura I e II, Águas do Quinca I e II, Abrigo Pingueira do Corrêa, Gruna da Água Fina, Abrigo da Água Fina, Gruna do Pé de Serra, Gruna dos Índios, Gruna do Zoológico, Gruna do Antônio Mineiro, Grunas de Macunã, Abrigo Dois Irmãos e Gruna dos Peixes. A Gruna da Água Clara teve sua extensão ampliada para 13,5 km e a Gruna do João



Gravatá (descoberta e parcialmente explorada em 1998) para 2 km. Ao todo foram topografados 23.745 m.

15 a 23 de abril/2000 – 19 participantes

Prosseguimento da topografia das grutas: Boqueirão (3.751 m - totalizando 11,5 km), Quinca (150 m) Peixes (900 m - totalizando 3 km); descoberta da Gruta dos Peixes II (1.536 m) e realização de 3.900 m de topografia externa.

7 a 16 de julho/2000 – 12 participantes

Continuidade dos trabalhos de exploração e topografia das grutas: Boqueirão (2.250 m – totalizando 13,5 km) Lapa dos Peixes (700 m - totalizando 3,7 km), Lapa dos Peixes II (578 m - totalizando 2,1km), Gruna da Água Clara (160 m – totalizando 13,9 km). Topografia da Gruna Grande (800 m). Descoberta das grutas: Túnel dos Ventos, Gruna da Raiz e do Morro da Espera.

04 a 21 de junho/2001- 26 participantes

Expedição Bahia 2001. Carinhanha e Coribe/BA. Continuação da topografia da Lapa dos Peixes (3.300 m) e do Boqueirão (1.800 m) que passam a ter 7.000 e 15.170 m, respectivamente. Descoberta e topografia das seguintes cavidades: Gruna do Desenfurnado (770 m), Gruna do Leandro (440 m), Gruna da Mamona (590 m) e Gruna da Mamoninha (60 m), Gruna do Cacimbão (350 m), Gruna do Pote Preto (30 m), Gruta Baiana (2.260 m) Gruta Baianinha (724 m), Gruna Grande da Baiana I, II (47 m) e III (87 m), Gruna do Fazendeiro (616 m), Gruna do Fazendeiro Superior (182 m), Gruna José Bonfim (135 m), Gruna do Atalho (412 m), Gruta do Bugio (200 m), Gruta da Pratina (30 m). Gruna do Enfurnado (3.500 m) e Túnel dos Ventos (270 m). Visita à Gruna do Anjo e Gruna do Morro Furado. Topografia externa de 1,2 km do cânion da Baiana.

Descoberta das cavidades: Gruna Deus-me-livre, Ressurgência da Ponta d'Água, Gruna dos Mosquitos I, II e III e Buraco da Água. Total topografado: 15.803 m.



1 a 9 de setembro/2001- 7 participantes

Coribe/BA. Expedição no povoado de Descoberto. Topografia da Gruna do Anjo I (920 m) e II (400 m). Topografia de várias cavidades no Cânion do Morro Furado que já haviam sido parcialmente exploradas (e numeradas de 1 a 7) por Joël Rodet: Gruta do Morro Furado (160 m), Gruna d'Água – nº 1 (91 m), Sumidouro do Morro Furado – nº 2 (1.090 m), Salão do Morro Furado – nº 3 (1.330 m), Mocós – nº 4 (140 m), Ponte do Morro Furado – nº 5 (380 m). Descoberta e topografia do Boqueirão do Riacho de Fora (1.460 m) da Gruna do Barrigudalo (86 m).

20 a 28 de julho/2002 – 7 participantes

Coribe, Santa Maria da Vitória e Côcos/BA. Gruta do Morro Furado, Lapa d'Água, Salão do Morro Furado, Ponte do Morro Furado, Gruna do Anjo, Boqueirão do Riacho de Fora e Bananeira. Continuação das explorações e topografia no Sumidouro do Morro Furado (330 m, totalizando 1.390 m), Gruna do Enfurnado (2.790 m, totalizando 5.840 m) e Gruna da Cacimbinha (300 m). Descoberta das grutas: Abrigo do Cinzeiro, Abismo Fazenda Cachoeira Riacho do Meio e Gruta Vargem do Curral I a VI; todas em Côcos e Olho D'água do Cumbra em Santa Maria da Vitória.

13 a 21 de abril/2003 – 6 participantes

Carinhanha e Coribe/BA. Continuação da topografia da Lapa dos Peixes (1.865 m que elevam a projeção horizontal da gruta para 8.800 m). Topografia da Gruta do Govi (770 m). Descoberta e topografia da Gruta do Moradô (200 m) e Abismo da Boa Esperança (desnível: 70 m). Continuação das explorações na Gruna do Boca e descoberta das Grutas do Moradô II e III.

2 a 9 setembro/2003 – 6 participantes

Coribe e Carinhanha/BA. Topografia das grutas: Gruna do Boca (1.300 m), Gruna do Enfurnado (1.720 m – prosseguimento da topografia que totaliza 7.560 m). Descoberta e topografia das grutas: Gruna Parada do Vaqueiro (100 m) e Buraco do Homem Morto. Descoberta das grutas:

Sumidouro do Enfurnado I e II, Sumidouro da Fazenda Vantagem I e II, Lapa do Morro Redondo e Gruta Cacimba. Visita à Lapa dos Peixes e Gruna da Água Clara.

8 a 16 - outubro/2005 – 8 participantes

Coribe/BA. Expedição à Serra do Ramalho, nas proximidades de Descoberto. Topografia da Lapa do Boca (2.200 m) e da Gruna do Enfurnado (840 m) que somam atualmente 3.620 e 8.400 m. Descoberta e topografia das grutas: Anta Magra (260 m), Tapuís (75 m), Odonata (120 m) e Lagoa do Meio (1.575 m). Descoberta da Gruna do Zeferini, Abrigo do Boca e Ressurgência da Ponta d'Água.

26 de fevereiro a 5 de março/2006 – 5 participantes

Coribe/BA. Expedição a Serra do Ramalho. Continuação da topografia da Gruna da Lagoa do Meio (1.575 m). Descoberta de uma depressão com vários sumidouros e com grande potencial para descoberta de novas grutas.

7 a 12 de setembro/2006 – 6 participantes

Coribe/BA. Expedição à Serra do Ramalho, Descoberto. Continuação da topografia do Gruna do Boca (580 m) e Lagoa do Meio (1.080 m) – somam atualmente 4.200 e 4.230 m respectivamente. Descoberta e topografia da Gruna do Canto da Siriemal (120 m) e Gruna do Ventilador (1.150 m). Descoberta das grutas Canto da Siriema II, das Quatro Cabras e Desmatada.

4 a 17 de junho/2007 – 14 participantes

Coribe/BA e Ramalho/BA. Expedição franco-brasileira Descoberto 2007. Descoberta e topografia (7.750 m) de várias cavidades na Serra do Ramalho. Continuação da exploração e topografia da Gruna da Lagoa do Meio (860 m ampliando a projeção horizontal para -/+ 5 km). Descoberta e topografia das grutas: Pingueira do João Nogueira (780 m), Abismo da Pingueira (100 m), Gruna da Pingueira (220 m), Gruna do Jogo de Damas (66 m), Gruna do Bomba (770 m), Gruna Très Jolie (180 m), Gruna Dolina



do Pau Pintado (20), Gruna do Veio Chico (60 m), Abismo do Edson (370 m), Abismo da Raiz (50 m desnível), Gruna Riacho do Floriano (850 m), Gruna das Três Cobras (2.350 m) e Gruna do Google (1.230 m). Descobertas: Sumidouro da Pingueira, Sumidouro I (30 m), Gruna Taimbé, Abismo Tanque da Gameleira, Abrigo do Edson (50 m) e Gruna do Edson (30 m), Gruna da Onça II e III, Gruna das Três Cobras II (300 m) e Gruna do Cocho (100 m).

7 a 16 de setembro de 2008. – 16 participantes

Expedição franco-brasileira à Serra do Ramalho. Municípios de São Félix do Coribe e Ramalho/BA. Foram descobertas 25 cavidades (além da continuação das explorações da Gruna das Três Cobras), sendo que 11 delas foram alvo de visadas. Ao todo, foram mapeados 11.800 m destacando-se a descoberta das grutas da Serra Solta II (3.000 m) e Serra Solta III (2.700 metros).

31 de julho a 8 de agosto 2010 – 4 participantes

Municípios de São Félix do Coribe e Santa Maria da Vitória/BA. Exploração e topografia das cavidades do sistema Bem-Bom (Gruna do Bem Bom II, Água Branca I e II). Descoberta das grutas Sumidouro da Serra Pintada, Ressurgência da Serra Pintada, Abrigo da Serra Pintada, Fazenda Serra Preta I, II e III, Pedra Escrita e Lagoinha.

13 a 18 de maio de 2011 – 4 participantes

Município de Coribe/BA- Prospecção na Serra do Ramalho, na área da Fazenda Figueira, com a descoberta e topografia das cavidades Gruna da Figueira e Abismo da Figueira. Descoberta das grutas: Gruna do Chico Pernambuco, Gruna da Correição, Gruna do Belô, Gruna do Meia Noite, Gruna da Marmota e Abismo do Açude.

3 a 11 de setembro de 2011 – 13 participantes

Município de Coribe/BA. Expedição franco-brasileira 2011. Topografia da Gruna do Chico Pernambuco. Continuação das explorações e

mapeamento da Gruna e do Abismo da Figueira e do Boqueirão. Descoberta do Sumidouro Olho d'Água e da Gruna da Jaguatirica.

27 de abril a 02 de maio de 2017 - 5 participantes

Município de Coribe/BA. Prospecção na região sudoeste do Morro Furado. Descoberta de várias cavidades, destacando-se a Gruna do Otaviano e Serra Verde. Ambas topografadas.

10 a 17 de outubro de 2020 – 9 participantes

Município de Côcos/BA. Prospecção no setor sul da Serra do Ramalho na divisa dos estados de Minas e Bahia. Região marcada por afloramentos isolados e torres de calcário. Atividades de prospecção, mapeamento e biologia. Descoberta várias cavidades de pouca extensão, destacando a Gruna do Joaquim de Tineco.

21 a 28 abril de 2022 – 6 participantes

Expedição na região da Agrovila 23. Prospecção na região da Lapa dos Peixes com a descoberta da Gruna da Piaba e Piabão. A primeira, devido à proximidade e semelhança morfológica das galerias, apresenta boas chances de vir a se conectar com a Lapa dos Peixes. Visita ao Boqueirão como o objetivo de levantamentos bioespeleológicos e topografia de novas galerias.

29 de julho a 3 de agosto de 2023 – 3 participantes

Município de Coribe/BA. Topografia da Gruna Baixão da Canoa (2.190 m) e prospecção nas áreas de entorno do Baixão e na região do Pouso Alto. Descobertas de diversas cavidades sem muita expressão embora existam informações a respeito de mais cavidades inexploradas.

3.2. RELEVO CÁRSTICO

A Serra do Ramalho exibe um típico modelado cárstico, representando um bom exemplo de um carste tropical em zona semi-árida. Trata-se, talvez, de uma das maiores exposições contínuas de calcários no Brasil e, ao contrário de outras regiões, que se mostram como serras alongadas,

ou afloramentos descontínuos, compreende um platô extenso que contém um significativo conjunto de feições cársticas.

O arcabouço geológico da Serra do Ramalho compreende três tipos de rocha de interesse para a evolução cárstica (vide mapa e seção geólogicas na Figuras 2.2 e 2.3). De uma forma geral, a base da serra é composta por calcários e dolomitos das duas formações carbonáticas do Grupo Bambuí, a Formação Sete Lagoas (basal) e a Formação Lagoa do Jacaré. Estas são as rochas predominantes, notadamente a última, nas qual se desenvolve o relevo cárstico. Igualmente importante são as duas unidades metapelítica, a Formação Serra de Santa Helena (intercalada entre as referidas formações carbonáticas) e a Formação Serra da Saudade, recobrindo ambas (Figura 3.1). Muito embora não haja desenvolvimento cárstico por sobre os metapelitos, eles são extremamente importantes como horizontes impermeáveis que permitem que as drenagens fluam na superfície sem se infiltrarem nos calcários. Eventualmente, no entanto, a jusante há tendência a haver sumidouros. Sem estas formações metapelíticas, haveria infiltração difusa ao longo de toda a serra, impedindo a concentração de drenagem e formação de cavernas extensas. A infiltração pontual, que leva volumes maiores de água para o ambiente subterrâneo, constitui uma característica importante do contexto cárstico da Serra do Ramalho. Por fim, a última unidade geológica significativa compreende arenitos da Formação Urucuia, que estão preservados nas porções mais altas da serra. O papel espeleológico destes arenitos é incerto. Muito embora haja possibilidade de representarem horizontes difusos de infiltração no calcário, desconhece-se a existência de cavidades associadas ao contato calcário/arenito.



Figura 3.1. Afloramento de metapelitos da Formação Serra da Saudade nos arredores da Gruna do Boqueirão do Riacho de Fora. Notar bota na porção inferior central como escala.

A Serra do Ramalho é um platô bastante irregular, com bordas muito recortadas e variações de altitude em sua porção central. Trata-se, em sua configuração atual, de um carste inteiramente autogênico, já que não recebe contribuições hídricas provindas de áreas não-cársticas. Assim sendo, sua modelagem está sendo realizada internamente. Nas porções mais altas afloram principalmente metapelitos e arenitos. Estas rochas, ao serem desnudadas, liberam material impermeável que é carregado para as drenagens e, eventualmente, adentram o meio subterrâneo até serem desconectadas do sistema cárstico da Serra do Ramalho após serem transportadas pelas ressurgências. Há um progressivo rebaixamento da serra, de forma bastante irregular, gerando recortes no relevo. Já nas bordas, a situação é um pouco distinta, já que neste compartimento há, predominantemente, calcários. A denudação se dá quase em sua totalidade por processos químicos (dissolução) e há, nas porções desnudas do calcário, um rebaixamento uniforme no sentido vertical. Já no sentido horizontal, perpendicular às escarpas, o cenário é diferente, já que há outros elementos controladores. Neste contexto notamos que alguns dos recortes, ou seja, setores em que a escarpa recua para além do nível de base, está ligada a existência de feições fluviais, sejam ressurgências atuais ou pretéritas, ou drenagens superficiais. É possível que o principal elemento controlador de todos estes processos sejam os níveis de

base regionais. No caso da Serra do Ramalho, há duas bacias de drenagem distintas: a norte/oeste o Rio Formoso/Corrente e a leste/sul o Rio Carinhanha/São Francisco. Por ser um rio de maior porte relativamente próximo à sua foz no Rio São Francisco, o Rio Carinhanha apresenta um perfil maduro, com amplas planícies de inundação. Já o Rio Formoso/Corrente possui gradiente mais acentuado e aparenta ser, em termos evolutivos, mais jovem. Devido a isto, há mais forte controle da paisagem por parte do Rio Carinhanha, fazendo com que a Serra do Ramalho apresente pendentes mais elevados, escarpas mais altas e relevo cárstico mais desenvolvido em seu setor leste.

Outro ponto que é importante frisar diz respeito ao desmantelamento geomorfológico da Serra do Ramalho. Com o passar do tempo a serra irá diminuir em elevação e área, já que a desnudação tenderá a carrear para o nível de base o material removido. Devido à trama tectônica e geomorfológica, com a existência de importante *set* de fraturas alargadas por dissolução, há tendência à individualização de maciços. Isto é observado claramente no Setor Serra do Ramalho Sul, onde ocorrem alguns importantes maciços calcários que hoje encontram-se totalmente isolados, alguns há centenas de metros do corpo principal da serra (Figura 3.2). Também no Setor das Agrovilas, em sua porção norte, há importantes maciços isolados, como o Maciço do Coração (Figura 3.3) ou o maciço que contém a Gruna das Três Cobras.



Figura 3.2. Exemplo de morro testemunho (Morro da Cambota) que atualmente encontra-se isolado da Serra do Ramalho (ao fundo). Setor Serra do Ramalho Sul. Fonte: Google Earth.



Figura 3.3. Vista aérea do Maciço do Coração. Setor Ramalho.

A partir de seus estudos no Cânion do Morro Furado, Bittencourt e Rodet (2001) elaboraram um esquema evolutivo para a Serra do Ramalho que se encontra sintetizado na Figura 3.4. Neste modelo há distintas superfícies de aplainamento que, de certa forma, controlam o nível de base da região e, por consequência, o desenvolvimento das cavernas.

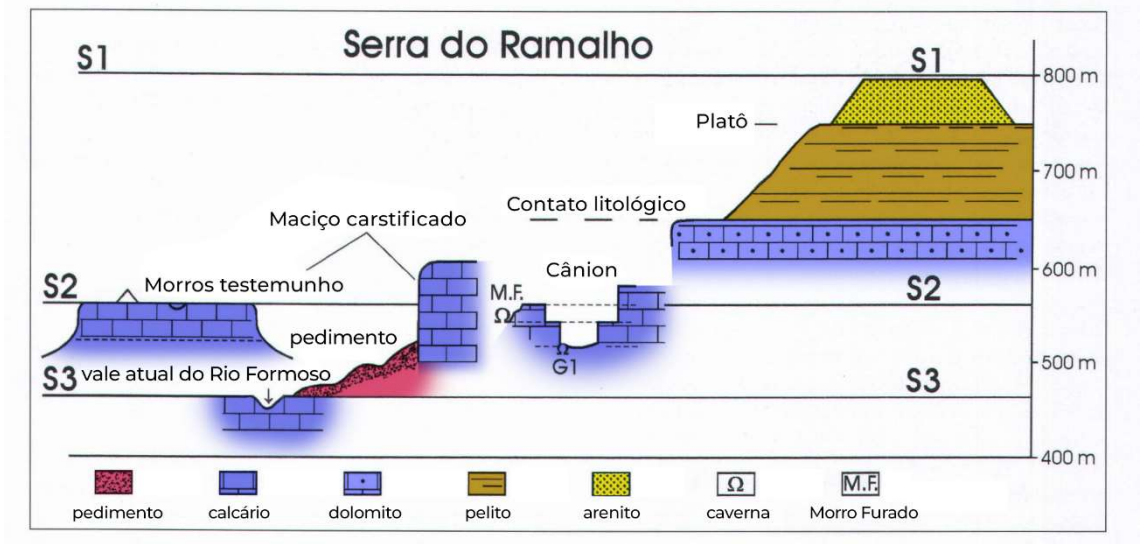


Figura 3.4. Modelo esquemático de Bittencourt e Rodet (2001) mostrando três superfícies de aplainamento. A mais antiga (S1) recobre os arenitos. A superfície intermediária (S2) controla o topo de alguns maciços, incluindo morros testemunhos, marcando o topo do cânion do Morro Furado. Já a

superfície mais recente (S3) demarca o nível de base regional. Notar o papel desempenhado pelos níveis impermeáveis de metapelitos.

Conforme mencionado, a Serra do Ramalho apresenta um excepcional conjunto de feições cársticas. Os principais tipos de feições serão descritos a seguir em maior detalhe. As feições subterrâneas serão tratadas separadamente, no Capítulo 4.

Campos de lapiás

Os extensos campos de lapiás (Figura 3.5) representam uma das feições cársticas mais espetaculares da Serra do Ramalho. Podem se estender por quilômetros, sendo mais marcantes na porção leste da serra. Nos arredores do Boqueirão apresenta-se particularmente extenso, assim como em várias porções nos arredores da Boca da Lapa. Os campos de lapiás ocorrem sempre que a cobertura impermeável representada pelos metapelitos da Formação Serra da Saudade, tiver sido removida. Não havendo fontes potenciais para a geração de solo, o carbonato permanece exposto. Este processo deve estar ativo durante larga escala de tempo haja visto o grau de desenvolvimento dos lapiás. Dentre os tipos de lapiás destaca-se rillenkarren, spitzkarren, lapiás de junta, kamenitza, torres, pináculos, dentre outros.



Figura 3.5. Vista aérea de campo de lapiás no topo do Maciço do Coração. Setor Ramalho.

Escarpas e Torres

Embora não seja uma feição estritamente cárstica, as escarpas calcárias são marcantes (Figura 3.6) e geomorfologicamente muito importantes na Serra do Ramalho. São elas que demarcam os limites da Serra do Ramalho com as planícies circundantes. As escarpas são mais bem marcadas no setor leste, apresentando um escalonamento de até 200 m de diferença altimétrica. Constituem feições de difícil caminhamento, visto que estão frequentemente recortadas por fraturas alargadas, cânions e lapiás pontiagudos. As escarpas apresentam tanto evolução remontante, crescendo para o interior da serra devido à remoção da cobertura de solo, quanto em sua borda, quando são solapadas e por vezes individualizadas como maciços. Além de escarpas, são frequentes torres calcárias, muitas vezes isoladas, se destacando no relevo.

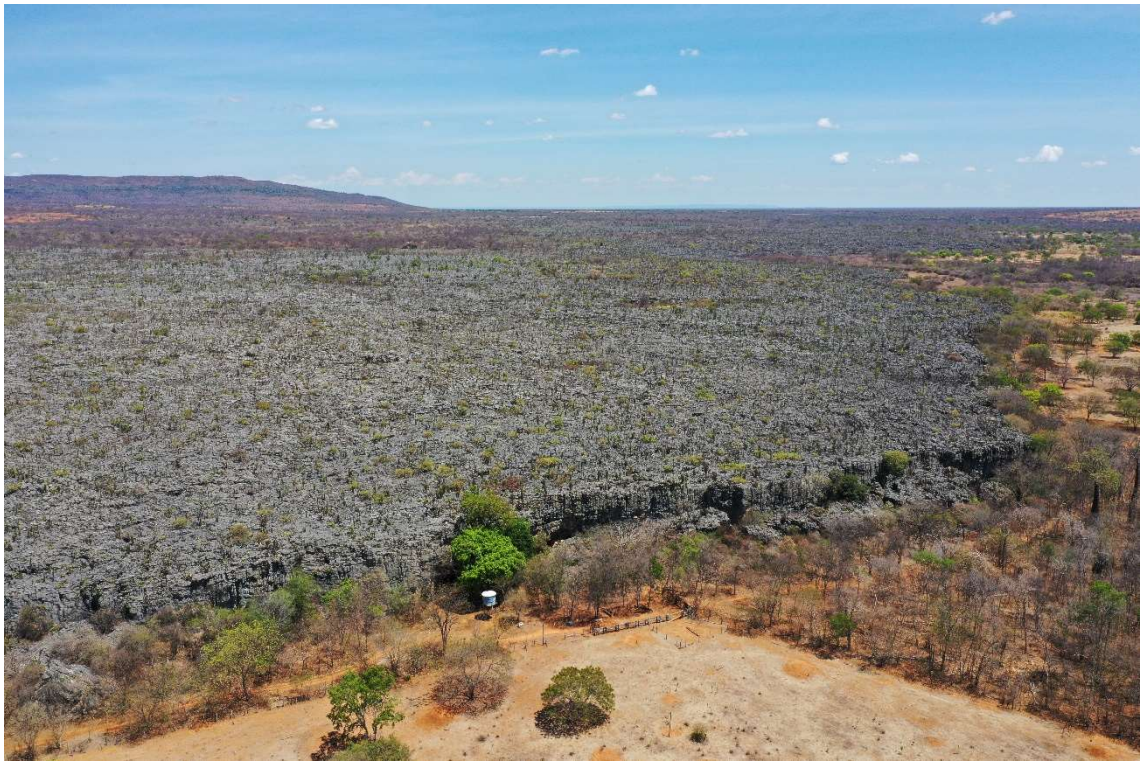


Figura 3.6. Exemplo de escarpa calcária que demarca o limite entre a planície aluvial e o compartimento cimeiro da Serra do Ramalho nos arredores das grunas da Serra Solta, Setor Ramalho.

Dolinas

Dolinas estão entre as feições cársticas mais comuns, ditas diagnósticas de um relevo cárstico. Na Serra do Ramalho ocorrem de forma abundante, se mostrando com uma grande gama dimensional e genéticas. Dolinas de grande porte, por vezes chamadas de depressões, ocorrem em alguns locais. Um exemplo, nos arredores da Boca da Lapa (Setor Serra do Ramalho Sul) é a depressão do Triunfo. Dolinas de dissolução são muito frequentes em todos os setores. As dolinas de colapso são também, muito expressivas (Figura 3.7). Um dos melhores exemplos é a grande dolina onde se insere a Gruna do Anjo, que chega a ter quase 100 m de profundidade

em sua borda mais profunda (onde se abre a entrada da caverna). Outro exemplo interessante é a dolina que se abriu em 1999 por sobre galerias da Gruna Boqueirão do Riacho de Fora. Esta dolina representa uma clássica dolina de colapso com paredes abruptas.



Figura 3.7. Imagem aérea de dolina nos arredores de Côcos.

Cânions

Na Serra do Ramalho ocorrem belos cânions cársticos. Em sua maior parte, são interpretados como oriundos do colapso de cavidades. Este é o caso do Cânion do Morro Furado (Figura 3.8). Existem também cânions associados às cavernas da Baiana, à ressurgência da Mamona além de vários outros menores, muitas vezes demarcando uma zona de ressurgência, como no caso da Ressurgência da Ponta d'Água no Setor Descoberto.



Figura 3.8. Imagem aérea mostrando o setor jusante do cânion do Morro Furado, Setor Morro Furado.

Sumidouros

Constituem feições muito comuns na Serra do Ramalho. Conforme frisado, as drenagens no topo da serra tendem a fluir por sobre rochas impermeáveis e há, portanto, formação de uma rede de drenagem com afluentes confluindo para um rio principal. Este tipo de situação é muito comum no Setor Morro Furado, mas também no Setor das Agrovilas. No primeiro setor, os sumidouros do Riacho de Fora (Figura 3.9) e da Gruna do Enfurnado são exemplos típicos. Já no Setor das Agrovilas, os sumidouros relacionados à Lapa dos Peixes também são bem ilustrativos.



Figura 3.9. Imagem aérea do sumidouro de drenagem intermitente que adentra a Gruna Boqueirão do Riacho de Fora no Setor Morro Furado.

Ressurgências

Ressurgências ou nascentes serão tratadas em maior detalhe no tópico 3.3 a seguir. Existem várias nascentes cársticas na Serra do Ramalho (Figura 3.10), mas poucas são perenes. Dentre as ressurgências perenes, as mais importantes são a Boca da Lapa, no Setor Serra do Ramalho Sul e a Gruna da Mamona no Setor Morro Furado. Decerto existem dezenas de outras nascentes cársticas que não foram ainda registradas, pois exigiria uma demanda de tempo muito superior à disponível durante este projeto.



Figura 3.10. Ressurgência perene da Gruna da Pratina, Setor Descoberto.

3.3. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

A hidrogeologia da região da Serra do Ramalho é ainda muito pouco conhecida. Os restritos trabalhos sobre este tema realizados até então (Gonçalves, 2014; Gonçalves et al., 2018) lidam com questões específicas em áreas relativamente restritas, como no caso destes autores, que discutem a presença de concentrações anômalas de flúor na porção sul da Serra do Ramalho. O que se sabe atualmente sobre o fluxo de águas no carste da Serra do Ramalho deriva das explorações espeleológicas realizadas pelo Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas.

Durante a execução deste projeto houve intenção de proceder a um levantamento hidrogeológico básico, utilizando técnicas com traçadores corantes, dentre outras. Estas atividades foram iniciadas, tendo sido realizadas algumas campanhas para inventariamento de nascentes, medição de vazão e análises de valores de background. No entanto, estes estudos hidrogeológicos foram abortados, pois tornou-se claro que seriam inexequíveis dentro dos prazos vigentes para apresentação deste relatório. Importante salientar que estudos hidrogeológicos não estavam contemplados no escopo original do projeto. O objetivo seria realiza-los a título de complemento, de modo a melhor caracterizar as bacias de drenagem

subterrâneas e por consequência trazer mais informações para a delimitação dos setores prioritários para preservação.

Conforme frisado anteriormente, os dois níveis de base principais são representados pelo Rio Formoso (formador do Rio Corrente) a oeste, Rio Carinhanha a sul e Rio São Francisco a leste. Os dois primeiros rios são afluentes do Rio São Francisco. Estes rios não só representam o nível de base em termos de evolução das cavernas e do relevo como também demarcam o limite entre a Serra do Ramalho e a planície circundante, visto que as planícies de inundação destas drenagens atingem até a base das escarpas calcárias. De um modo geral a Serra do Ramalho possui baixo gradiente hidráulico. Em poucos locais há mais de 300 m de diferença em elevação entre os pontos mais altos da serra e a área aplainada que circunda a Serra do Ramalho. Observações no interior de várias cavernas mostram que, uma vez que a drenagem adentra os carbonatos, o gradiente hidráulico é muito baixo. Os condutos são, em sua maioria, planos e sem desníveis marcantes. Os sifões que marcam o final das drenagens em muitas cavernas são trechos alagados que também apresentam restrita diferença de nível até os pontos interpretados como ressurgências.

A geologia da Serra do Ramalho aponta a existência de níveis de rochas essencialmente impermeáveis, da Formação Serra de Santa Helena, intercaladas aos calcários. Isto faz com que haja a geração de um aquífero suspenso (*perched aquifer*) acima do aquífero principal controlado pelos já referidos níveis de base. Nota-se o desenvolvimento de cavernas acima deste contato, algumas de grande porte, como a Gruna do Engrunado ou muitas das cavernas existentes no Setor Descoberto. É possível, inclusive, que sistemas cársticos de grande porte totalmente inseridos neste setor, como no caso da Gruna Lagoa do Meio – Pratina/Ponta d'Água, representem fluxo controlado pela existência deste nível impermeável. Salienta-se, no entanto, que no estágio atual de conhecimento hidrogeológico, estas possibilidades não passam de conjecturas, a serem checadas com um trabalho futuro mais detalhado. Não há registro da existência de cavernas no contato entre os calcários da Formação Lagoa do Jacaré e a Formação Serra de Santa Helena, muito embora tal contato, caso exista, poderia estar camuflado pela cobertura sedimentar no piso que comumente ocorre nas cavernas.

Ao longo de todo o perímetro da Serra do Ramalho há inúmeras ressurgências, em sua quase totalidade ainda não devidamente registradas ou cadastradas. Quase todas são ressurgências temporárias que são ativadas, em diferentes níveis de intensidade e frequência, durante o período úmido de novembro a abril. São poucas as ressurgências permanentes de caráter "regional", ou seja, que drenam de forma significativa setores específicos da Serra do Ramalho.

Neste documento iremos detalhar quatro destas ressurgências, três delas permanentes. Há outras ressurgências permanentes sobre as quais se conhece muito pouco, não estando claramente relacionadas à nenhuma caverna, como no caso da Ressurgência do Triunfo, no Setor Serra do Ramalho Sul.

Sistema Boca da Lapa

A Boca da Lapa é mais conhecida caverna no Setor Serra do Ramalho Sul. Trata-se de uma caverna com cerca de 3,0 km de extensão, que finaliza em um sifão. O fluxo permanente é inferior a 1 m^3/s durante a estação seca, não tendo sido mensurado durante estação chuvosa. Embora não tenham sido realizados estudo em nível de detalhe, acredita-se que a drenagem que corre na Gruna do Boca alimenta a Boca da Lapa.

Sistema Mamona – Morro Furado

A Gruna da Mamona é uma importante ressurgência perene no Setor Morro Furado (Figura 3.74). Trata-se de uma caverna que se prolonga por poucas centenas de metros até atingir um sifão. O fluxo é de baixa vazão, tendo sido estimado em cerca de 0,5 m^3/s durante a estação seca, o que provavelmente é multiplicado várias vezes durante a estação chuvosa. O mapeamento de cavernas nos arredores mostra que o sistema provavelmente abrange uma série de cavidades. Parece razoável supor que a Ressurgência da Mamona é alimentada pelas cavernas Sumidouro do Morro Furado (apenas poucos metros entre os sifões que separam as cavernas), Gruna da Água e Gruna do Salão do Morro Furado. Mais a montante temos a drenagem subterrânea que pode ser acessada a partir das cavernas associadas à Gruna do Anjo e também à Gruna do Boqueirão do Riacho de Fora. Ainda mais a montante, temos drenagens relacionadas à Gruna do Enfurnado. Apesar da distância até o sifão desta e a drenagem da Gruna do Anjo ser superior a 2 km, nos parece bastante provável que a Gruna do Enfurnado faça parte, hidrologicamente, do mesmo sistema.

Sistema Peixes – Água Clara

Este importante sistema de cavernas ocorre no Setor das Agrovilas. Dentre os sistemas descritos nesta seção, este é o único que não apresenta uma ressurgência perene. A configuração do sistema é relativamente simples (Figura 3.29). A Gruna da Água Clara faz parte do sistema a montante, e alimenta a Lapa dos Peixes a jusante. Todas estas cavernas apresentam drenagem intermitente. A zona de saída da drenagem da Lapa dos Peixes possui aspecto de delta, com múltiplos pontos de ressurgência. Outras cavernas que podem ser associadas ao sistema é a Gruna da Água Escura I e II. Outro aspecto curioso deste sistema é a existência da Gruna dos

Peixes (Figura 3.49), uma fenda a céu aberto, afastada dos maciços calcários, que apresenta um lago ao fundo. Esta feição não possui fluxo durante a estação seca. No entanto, durante a estação chuvosa o lago extravasa, gerando uma drenagem relativamente importante para os padrões da Serra do Ramalho. Supõe-se que tal drenagem seja relacionada a perdas em algum ponto das cavidades que compõe o sistema.

Sistema Descoberto - Lagoa do Meio

Este sistema localiza-se no Setor Descoberto, na parte alta da Serra do Ramalho (Figura 3.63). Supõe-se que o principal sumidouro do sistema esteja associado às grunas de Descoberto, localizadas próximas à zona urbana do povoado. Este sumidouro alimenta uma das drenagens da Gruna da Lagoa do Meio. Há mais de uma drenagem nesta caverna em níveis distintos, aparentemente não conectadas. O ponto final do sistema não é conhecido, mas poderia estar associado à duas ressurgências bem próximas, a Gruna da Ponta d'Água ou a Gruna da Pratina (ver descrição de ambas no item 3.4.3).

3.4. CONTEXTO ESPELEOLÓGICO E SETORIZAÇÃO DA SERRA DO RAMALHO

Os trabalhos na Serra do Ramalho levaram, ao longo dos anos, à descoberta de cerca de 212 cavernas, totalizando mais de 130 km de galerias mapeadas. As cavernas identificadas encontram-se distribuídas ao longo de toda a serra, guardando similaridades e distinções dependendo do contexto geomorfológico em que se inserem. A distribuição das cavernas conhecidas na Serra do Ramalho (Figura 3.11) mostra que as cavernas identificadas representam feições pontuais, estando o restante da serra ainda sem cavernas conhecidas. Isto demonstra que ainda há um enorme potencial para a descoberta de novas cavernas, visto que áreas extensas ainda não foram prospectadas do ponto de vista espeleológico. Além do mais, o foco das expedições espeleológicas foi sempre no sentido de descobrir cavernas extensas, ficando as cavernas menores negligenciadas. É bem sabido através de análises estatísticas que, em qualquer população de cavernas, a grande maioria das cavidades serão de pequenas dimensões. Desta forma, tendo em vista o estágio atual de conhecimento espeleológico, qualquer análise sobre as cavernas pressupõe um viés oriundo de dois fatores: (i) a não completicidade do registro espeleológico e (ii) o foco dos espeleólogos em privilegiar cavernas extensas.

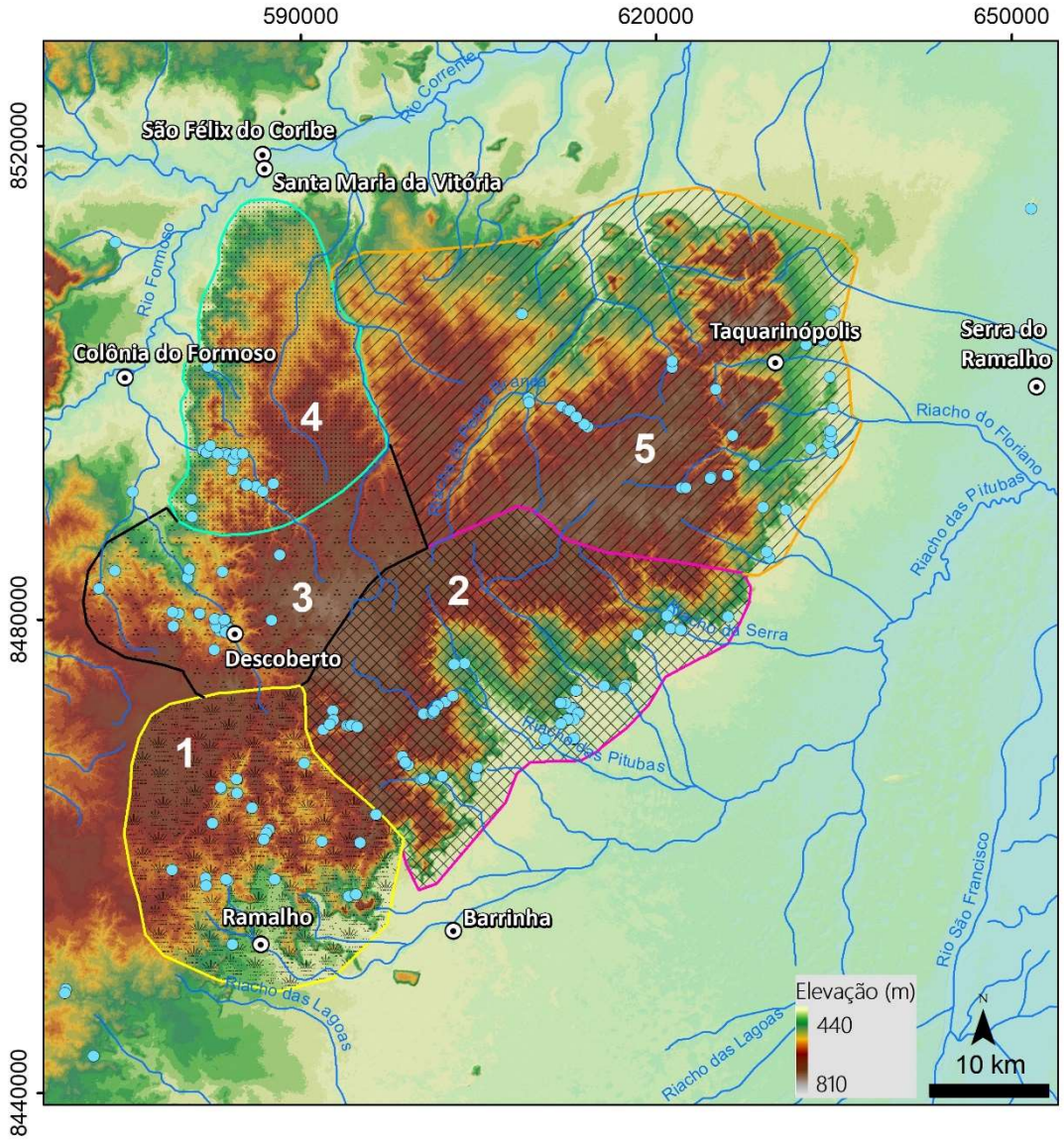


Figura 3.11. Hipsometria e localização das cavernas (pontos azuis) identificadas na Serra do Ramalho. Os setores descritos nas sessões a seguir encontram-se delineados. 1 – Setor Serra do Ramalho Sul; 2 – Setor das Agrovilas; 3 – Setor Descoberto; 4 – Setor Morro Furado; 5 – Setor Ramalho.

A Serra do Ramalho é uma extensa formação de rochas calcárias que afloram na região centro-sul da Bahia, próxima à divisa com Minas Gerais, e que engloba parte dos municípios de Feira da Mata, Coribe, Carinhanha, Serra do Ramalho e São Félix do Coribe. Ocupando uma área de aproximadamente 2.800 km^2, a região é limitada por três grandes rios. Ao Sul o rio Carinhanha, divisa natural entre os estados de Minas Gerais e Bahia e, ao Norte, o rio Corrente. Os dois são importantes tributários Rio São Francisco neste trecho sul da Bahia que, por sua vez, forma o limite leste da região. A área abrange variações geomorfológicas, hidrogeológicas e espeleológicas que justificam uma divisão em setores. Esta divisão é também conveniente por facilitar a caracterização da região e, para o propósito final deste projeto, torna-se até mesmo



essencial, pois é inviável e indesejável que toda a região se transforme em unidade de conservação. A setorização aqui proposta permite que as cavernas sejam analisadas entre si dentro de um mesmo setor, buscando características comuns e diferenciais e, também, que os distintos setores sejam avaliados à luz de atributos paramétricos, que permitem que sejam comparados, podendo-se auferir setores com graus de priorização distintos. Desta forma, o órgão ambiental que vir a utilizar este documento como referencial, terá a sua disposição critérios que venham facilitar decisões relativas a quais áreas na Serra do Ramalho devem ser alvo de iniciativas de preservação.

Critérios utilizados para se efetuar a setorização da Serra do Ramalho

Quando foi proposto esse projeto - Estudos para definição de áreas prioritárias para a Conservação de Proteção Espeleológico na Serra do Ramalho – BA – a primeira divisão de áreas que foi suscitada seria baseada nas bacias do rio Carinhanha e São Francisco, do lado leste da Serra, e a do rio Corrente incluindo as drenagens de oeste e norte. Por outro lado, também ficou evidente que a criação de qualquer área de conservação na região acabaria esbarrando nos entraves socioeconômicos, uma vez que a região possui uma ocupação urbana considerável e distribuída ao logo de todo território. Com isso, a divisão preliminar foi modificada, criando subdivisões que seriam objeto de avaliações independentes.

Mesmo elencando cinco setores distintos, foi considerada a possibilidade futura de propor mais de uma Unidade de Conservação ou Unidades de diferentes categorias, ou ainda, unificar duas ou mais áreas. Ainda assim, os setores foram definidos levando em conta alguns critérios principais em macro escala:

1. Estarem totalmente inseridos em uma das duas bacias, ou seja, dos rios Carinhanha e São Francisco, do lado leste da Serra, e a do Rio Formoso/Corrente, englobando as drenagens de oeste e norte.
2. Haver predominância de controle ou associação com alguma feição cárstica, como ressurgências, sumidouros, dolinas etc.
3. As características do exocarste: paredões bem-marcados, cânions, afloramentos isolados, etc.
4. Existência de ocupação humana (apesar deste tema não ter sido foco do presente estudo) marcada por algum tipo de povoado, cidade, aglomerações, áreas rurais, etc.

Em linhas gerais, os cinco setores poderiam ser definidos como:

Setor Serra do Ramalho Sul: Pertence a bacia do Rio Carinhanha, apresentando cavidades associadas a ressurgências e sumidouros. Possui paredões verticalizados e extensos e a principal área urbana é o Povoado de Ramalho (município de Feira da Mata). As demais ocupações são representadas por áreas rurais e pequenos aglomerações de casas dispersas sobretudo ao logo da estrada Ramalho – Descoberto.

Setor das Agrovilas: Pertence a bacia do Rio São Francisco, possuindo as principais cavidades associadas a ressurgências. Os paredões são bastante extensos (prosseguimento do Setor Serra do Ramalho Sul) e marcados por extensos campos de lapiás. A Agrovila 23 é o maior aglomerado urbano da região que ainda possui pequenas vilas e fazendas distribuídas de forma esparsa.

Setor Descoberto: Pertencente a bacia do Rio Corrente, a região se caracteriza pelas cotas mais elevadas e espessa cobertura de solo. As grutas estão, em sua maioria, associadas a sumidouros e dolinas. São raros os afloramentos, normalmente visíveis nas bordas das dolinas. A principal ocupação urbana é o Povoado de Descoberto (município de Coribe).

Setor Morro Furado: Pertencente a bacia do Rio Corrente. Os paredões são bem marcados, altos e abruptos. As grutas ocorrem associadas e ressurgência, sumidouros e dolinas. A ocupação urbana da região é dispersa e as fazendas estão espalhadas, sendo perceptível grandes áreas desocupadas ou abandonadas.

Setor Ramalho: Pertence a bacia do Rio São Francisco, apresentando as principais cavidades associadas a ressurgências. Ocorrem vários maciços calcários isolados e os afloramentos são baixos e intercalados com áreas cobertas de solo. Existem várias agrovilas próximas sendo a Agrovila 9 a sede do município de Serra do Ramalho.

Os cinco setores nos quais a Serra do Ramalho encontra-se dividida (Tabela 3.1) estão delimitados na Figura 3.11. Os limites dos setores devem ser considerados como aproximados, pois não foram definidos tendo como base limites de bacias hidrogeológicas (subterrâneas) ou divisores de bacias superficiais. Tampouco levam em considerações os habitats e mobilidade de espécies troglóbias. Tais estudos, em geral complexos e de longa duração, demandariam meios, verba e tempo não disponíveis no âmbito deste projeto.

SETOR	ÁREA APROX. (KM^2)	NÚMERO DE CAVERNAS	METRAGEM MAPEADA (KM)	PRINCIPAIS CAVERNAS
Serra do Ramalho Sul	447	44	15,6	Boca da Lapa, Boca, Engrunado
Agrovilas	640	67	61,5	Boqueirão, Água Clara, Peixes

Descoberto	321	31	10,1	Lagoa do Meio
Morro Furado	348	28	19,9	Enfurnado, Anjo, Riacho de Fora
Ramalho	1068	42	24,8	Três Cobras, Serra Solta II e III

Tabela 3.1. Setores da Serra do Ramalho e suas principais características.

3.4.1. Setor Serra do Ramalho Sul

Corresponde à Área sul e sudeste da Serra do Ramalho, que engloba os municípios de Feira da Mata e Carinhanha (Figura 3.12). A área caracteriza-se pelo contato dos afloramentos com a planície do Rio São Francisco (cota 480-500 m asl). Podem ser observados extensos maciços calcários (além de morros isolados) com paredões verticalizados de dezenas de metros de altura. Outra marca da região (que se repete ao logo de todo o escarpamento leste) são as reentrâncias nos paredões, que normalmente estão associadas à ressurgências, chegando a quilômetros de extensão e tendo larguras desde centenas de metros até cânions estreitos e bem-marcados. A medida que se afasta dos afloramentos para o interior da serra, o relevo ganha altitude e o calcário passa a apresentar uma cobertura de solo, estando exposto somente em maciços isolados ou nas bordas das dolinas. No limite norte estão as áreas mais altas - cota de 800 m – que coincidem com o divisor de águas da bacia hidrológica de Descoberto. As principais grutas do Setor Serra do Ramalho Sul são: Boca da Lapa, Gruna do Govi, Gruna do Engrunado, Gruna do Boca e Gruna do Baixão da Canoa. A listagem das cavernas identificadas é apresentada na Tabela 3.2.

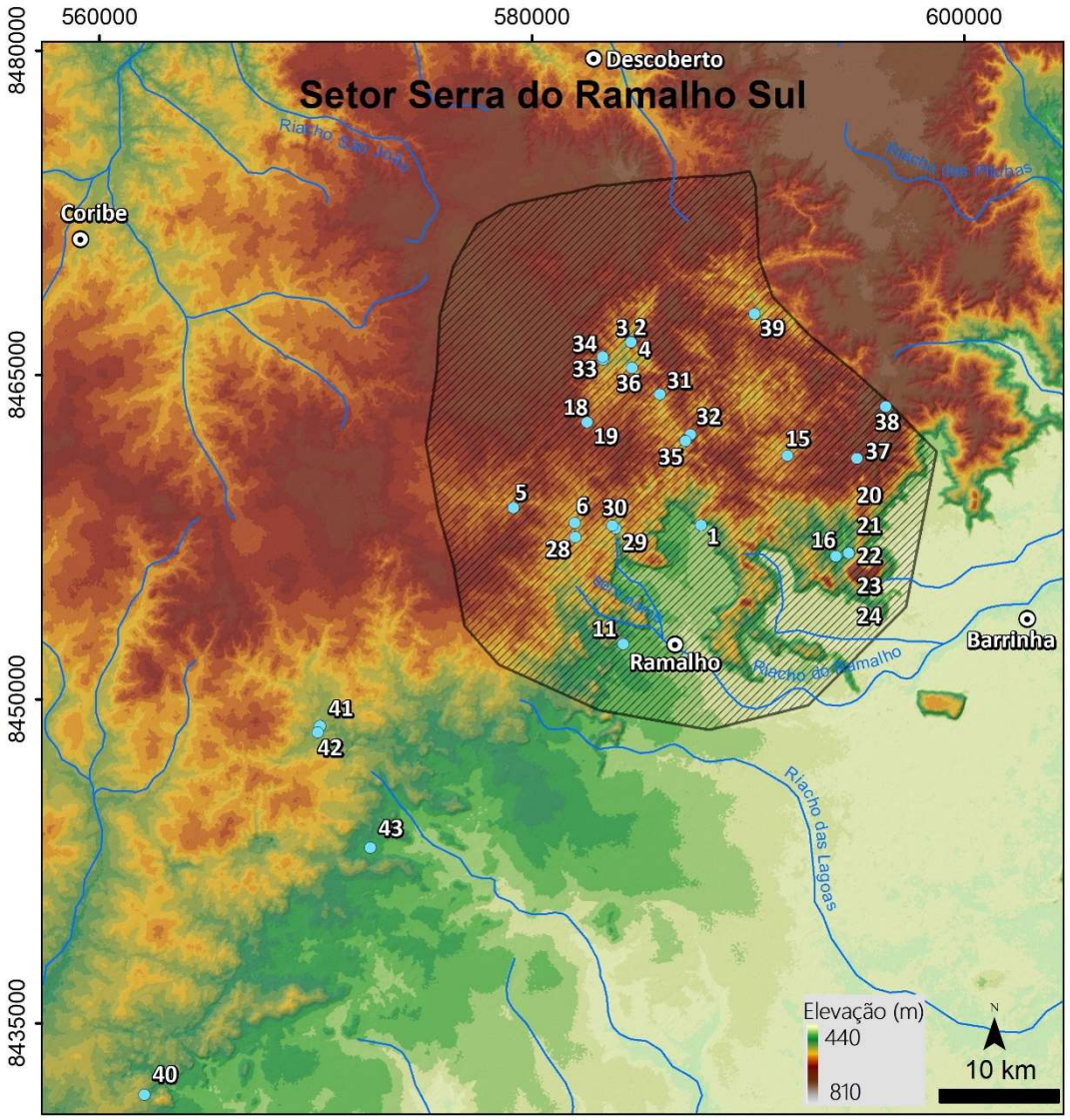


Figura 3.12. Hipsometria e distribuição de cavernas no Setor Serra do Ramalho Sul. A numeração refere-se a Tabela 3.2. Algumas cavernas, ao sul, encontram-se além dos limites estabelecidos para o setor, estando localizadas nas áreas limítrofes da Serra do Ramalho.



#	CAVIDADE	PH (m)	TOP.	MUNICÍPIO	COORDENADAS	
1	Boca da Lapa	3.050	T	FM	587.880	8.458.081
2	Gruna da Boca	3.620	T	CO	584.639	8.466.560
3	Gruna da Boca II	20	E	CO	584.639	8.466.552
4	Gruna da Boca III	30	E	CO	584.639	8.466.552
5	Gruna do Engrunado	3.980	T	CO	579.197	8.458.888
6	Gruna do Govi	770	T	CO	582.036	8.458.185
7	Gruta das Cinco Entradas			FM		
8	Gruta das Avencas			FM		
9	Gruta do Tombo			FM		
10	Gruta da Fenda			FM		
11	Gruta da Pedra Escrita			FM	584.283	8.452.582
12	Gruta do Túnel			FM		
13	Gruta do Olho d'Água			FM		
14	Gruta do Pau Cantador			FM		
15	Gruna do Veio Felipe	500	E	CO	591.868	8.461.305
16	Gruna da Estrelinha	100	E	CO	594.108	8.456.650
17	Toca da Onça	40	E	FM		
18	Sumido da Cacimba I	20	E	CO	582.601	8.462.835
19	Sumido da Cacimba II	20	E	CO	582.601	8.462.835
20	Gruna do Triunfo	50	E	CO	594.710	8.456.802
21	Gruna do Triunfo II	20	E	CO	594.710	8.456.802
22	Gruna do Triunfo III	20	E	CO	594.710	8.456.802
23	Gruna do Triunfo IV	20	E	CO	594.710	8.456.802
24	Abrigo do Triunfo	5		CO	594.710	8.456.802
25	Água Ingrunada I	20	E	FM		
26	Água Ingrunada II	20	E	FM		
27	Gruna do João Renovado	15	E	FM		
28	Gruta do Moradô	200	T	FM	582.059	8.457.531
29	Gruta do Moradô III	100	E	FM	583.918	8.457.940
30	Gruta do Moradô II	50	E	FM	583.772	8.458.058
31	Abismo da Boa Esperança	10	T	CO	585.963	8.464.130
32	Gruna Parada do Vaqueiro	100	T	CO	587.382	8.462.282
33	Gruta da Cacimba	60	E	CO	583.350	8.465.751
34	Lapa do Morro Redondo	15	E	CO	583.320	8.465.862
35	Buraco do Homem Morto	30	T	CO	587.151	8.461.968
36	Abrigo do Boca	20	E	CO	584.678	8.465.372
37	Gruna Taimbé	20	E	CO	595.084	8.461.182
38	Gruna do Pouso Alto	100	T	FM	596.426	8.463.561
39	Gruna Baixão da Canoa	2190	T	CO	590.344	8.467.872
40	Gruna Fazenda Campo Belo	50	E	FM	562.115	8.431.735
41	Gruna da Lagoa do Luca	5	E	FM	570.248	8.448.799
42	Gruna da Lagoa do Luca II e III	30	E	FM	570.142	8.448.502

43	Gruna Joaquim de Tineco	260	T	FM	572.570	8.443.163
44	Gruna dos Tapuís	75	T	CO	586.947	8.461.438

Tabela 3.2. Cavernas identificadas no Setor Serra do Ramalho Sul. Municípios: (CO) Coribe, (RA) Ramalho, (FM) Feira da Mata, (CA) Carinhanha, (SF) São Felix do Coribe e (CC) Côcos. T - Caverna topografada. E-Caverna com dimensões estimadas.

A região se destaca pela maior e mais conhecida ressurgência da região: a Boca da Lapa. Situada próxima ao povoado de Ramalho, o local serve para lazer, recurso hídrico para o gado e outros animais e irrigação para diversas propriedades rurais. O curso d'água perene que ressurge desta entrada, conhecido como Riacho do Ramalho, percorre um longo e sinuoso caminho (inicialmente para sul, depois leste e finalmente nordeste), passando por diversas comunidades, até desaguar no Rio São Francisco. É o principal coletor hídrico da região, recebendo contribuições de todas as drenagens (superficiais ou proveniente das grutas) que desaguam na vertente leste da serra. Já os córregos ao sul da Boca da Lapa são afluentes do Rio Carinhanha.

O sistema hidrológico da Boca da Lapa (altitude de 580 m), provavelmente recebe contribuições da Gruna do Boca (altitude 680 m) que fica na parte alta da serra e possui uma drenagem ativa no seu interior. A Gruna do Baixão da Canoa também pode ser um tributário da Boca da Lapa, mas a distância entre as duas e a ausência de estudos que comprovem esta hipótese, não permite confirmar esta possibilidade. Outra drenagem ativa importante, embora não esteja relacionada a nenhuma cavidade conhecida no momento, fica na região do Triunfo. Uma drenagem perene de pequena vazão e água cristalina pode ser observada surgindo apenas no interior de uma ampla dolina e não se tem atualmente maiores detalhes do traçado deste sistema.

São três os compartimentos mais marcantes em termos de contexto espeleológico. O primeiro e mais visível compreende as bases dos paredões que marcam a quebra do relevo separando a planície do Rio São Francisco do platô da Serra do Ramalho. Diversas ressurgências, a maioria drenagens temporárias, pontuam o contorno destes afloramentos que chegam a dezenas de metros de altura. A Boca da Lapa, como já citado, é a referência mais notável dessas feições. O segundo local das ocorrências espeleológicas é a parte alta da serra que atinge cotas entre 650 a 800 m e, na maioria das vezes, possui uma cobertura de solo ou de outras litologias acima do calcário. O relevo é marcado por sumidouros e dolinas e a maioria das cavidades está associada a uma destas feições. Destaca-se neste contexto a Gruna do Boca e o Gruna do Engrunado, além de alguns abismos que chegam a mais de 50 m de profundidade (como Boa Esperança). A maioria das grutas conhecidas atualmente está localizada na base dos paredões ou ao longo da estrada que liga Ramalho a Descoberto.

O terceiro local com potencial - e menos conhecido sob o ponto de vista espeleológico - é a área situada entre o platô e as encostas dos paredões. São locais de difícil acesso, com relevo marcado por extensos campos de lapiás onde são encontrados diversos vales, dolinas e sumidouros. Nem sempre essas feições são muito evidentes (mesmo com auxílio das imagens do *Google Earth*) exigindo que sejam feitas prospecções mais detalhadas. A região a oeste da comunidade conhecida como Pouso Alto é a referência mais notável neste sentido. Acredita-se que ainda possam ser encontradas várias cavidades e não pode ser descartada a possibilidade de que sistemas hidrológicos importantes como o da Boca da Lapa e do Triunfo tenham trechos ainda desconhecidos nesta região

A ocupação urbana se concentra preferencialmente na planície, sendo representada por dezenas de propriedades rurais e pequenos povoados. O maior deles é o distrito de Ramalho (município de Feira da Mata) situado no sul da região. A parte mais alta apresenta uma ocupação mais difusa e concentrada ao longo da estrada de terra que liga Ramalho a Descoberto, destacando-se o povoado de Govi. As principais cavernas do Setor Serra do Ramalho Sul são alvo de descrição a seguir.

Boca da Lapa (Feira da Mata/BA): UTM 23L 587.880 – 8.458.081

Principal e mais conhecida ressurgência da Serra do Ramalho. Juntamente com a Gruna da Mamona (no Morro Furado) a Boca da Lapa é uma das poucas ressurgências perenes da região. A gruta é formada por uma galeria praticamente única (Figura 3.14), com dimensões aproximadamente uniformes do começo ao fim e com poucas variações de direção. Desenvolve-se predominantemente na direção de sul para norte, sendo possível nos primeiros 300 m caminhar nas margens laterais do rio. Depois disso a drenagem ocupa a largura total do conduto e o percurso passa a se dar dentro da água, alternando trechos rasos com lagos profundos que chagam a mais de 800 m de extensão (Figura 3.13). Depois de 3 km onde poucas mudanças morfológicas podem ser observadas, uma dobra nas camadas do calcário cria um desnível abrupto no teto da caverna, que mergulha em direção ao nível da água, criando um sifão e impedindo o avanço das explorações.



Figura 3.13 Galeria nos trechos iniciais da Boca da Lapa.

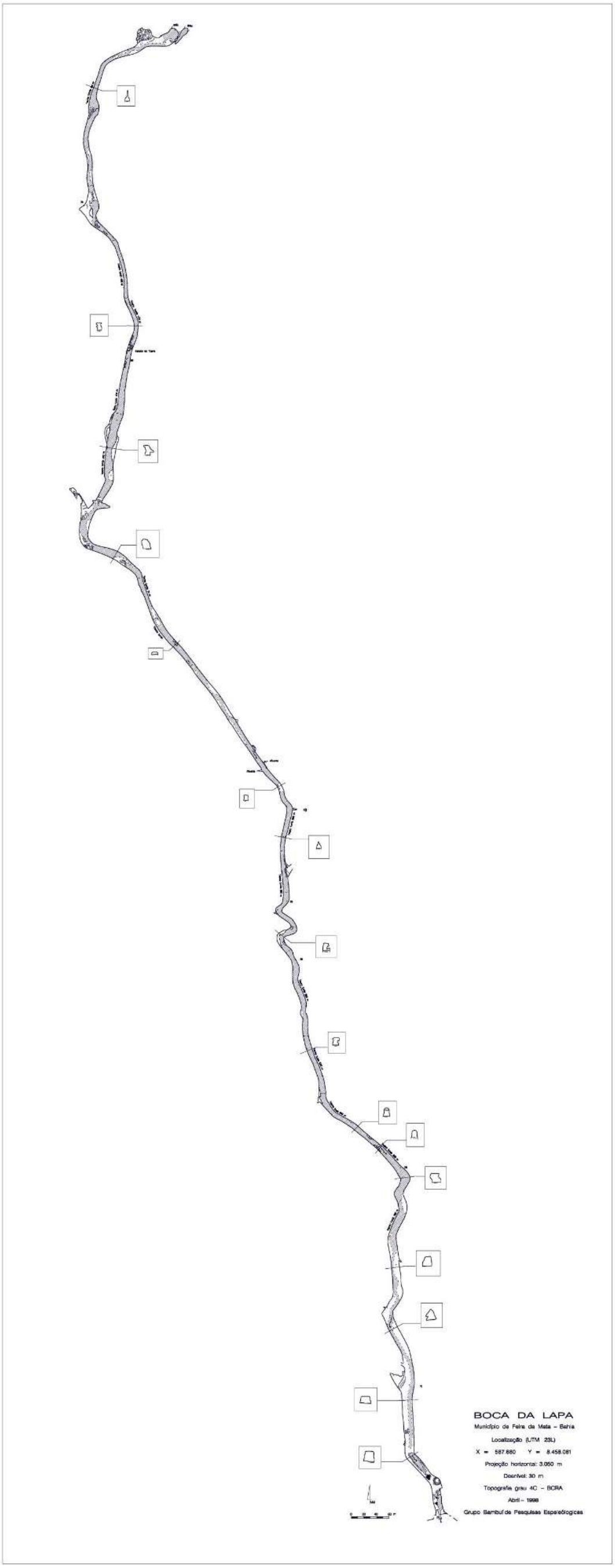


Figura 3.14. Planta baixa da Boca da Lapa.

Gruna do Govi (Coribe/BA): UTM 23L 582.060 – 8.458.195

Situada na fazenda do mesmo nome, possui como entrada principal ampla que possui prosseguimentos de dimensões menores nos flancos (Figura 3.16). No prosseguimento da esquerda, a poucos metros da entrada, estão as bombas d'água que abastecem a região (Figura 3.15). Esta galeria intercala trechos do rio sifonados por espeleotemas ou sedimento com passagens superiores menores e de difícil acesso. Depois do primeiro sifão existe uma nova entrada (claraboia). À direita, galerias secas formam um pequeno labirinto com algumas saídas. Projeção Horizontal: 770 m.



Figura 3.15. Aspecto de bombas de água no interior da Gruna do Govi.

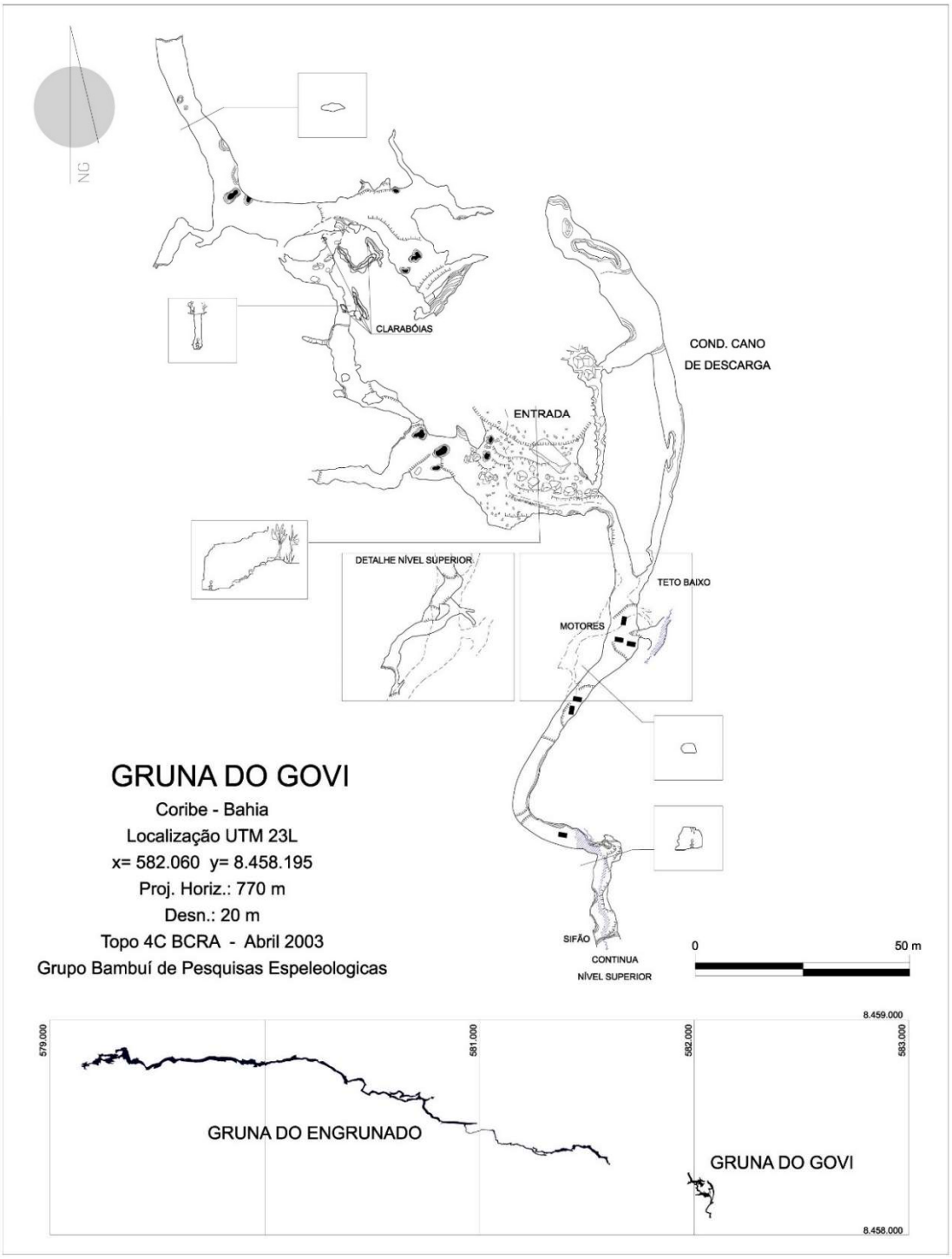


Figura 3.16. Planta baixa da Gruna do Govi e sua posição em relação à Gruna do Engrunado.

Sumidô da Cacimba I e II (Coribe/BA): UTM 23L 582.601 – 8.462.835

Pequenas cavidades perto da estrada que liga Ramalho ao Morrão, com gênese associada a drenagens perenes. As galerias são superficiais e intercaladas com várias entradas.

Gruna do Boca (Coribe/BA): UTM 23L 584.639 – 8.466.552

Localizada na fazenda de mesmo nome. Entrada principal marcada por um sumidouro que acessa uma galeria baixa, larga e parcialmente alagada. Depois de um longo trecho de teto baixo, aos poucos a galeria começa a ganhar volume com alturas próximas de 2 m e 5 a 7 m de largura (Figura 3.17). Cerca de 500 m à frente o conduto se divide formando duas passagens que seguem na mesma direção se encontrando em diversos pontos. O conduto torna-se bem maior, relativamente plano e com o piso coberto por areia ou cascalho fino. Já no segmento final, surge uma pequena drenagem ativa fragmentada em trechos sifonados. A drenagem cai em uma cachoeira de 10 m e sifona poucos metros à frente. Provavelmente trata-se da mesma drenagem que ressurge na Boca da Lapa, embora mais de 5 km ainda separem as duas cavidades. Salões amplos que chegam a 40 m de altura são outra característica deste local, muito embora não tenham sido foram observadas possíveis continuações. A caverna apresenta vestígios paleontológicos (Figura 3.18). O local também tem uma elevada concentração de CO_2 o que dificulta as explorações. Ainda há um conduto lateral no trecho inicial formado por galerias altas e secas, com ramificações e outra saída. Descoberta em 1992, mas topografada somente nos anos de 2003 a 2006, atinge 3.620 m de projeção horizontal (Figura 3.19).



Figura 3.17. Aspecto da galeria principal da Gruna do Boca.



Figura 3.18. Esqueleto de onça na Gruna do Boca.

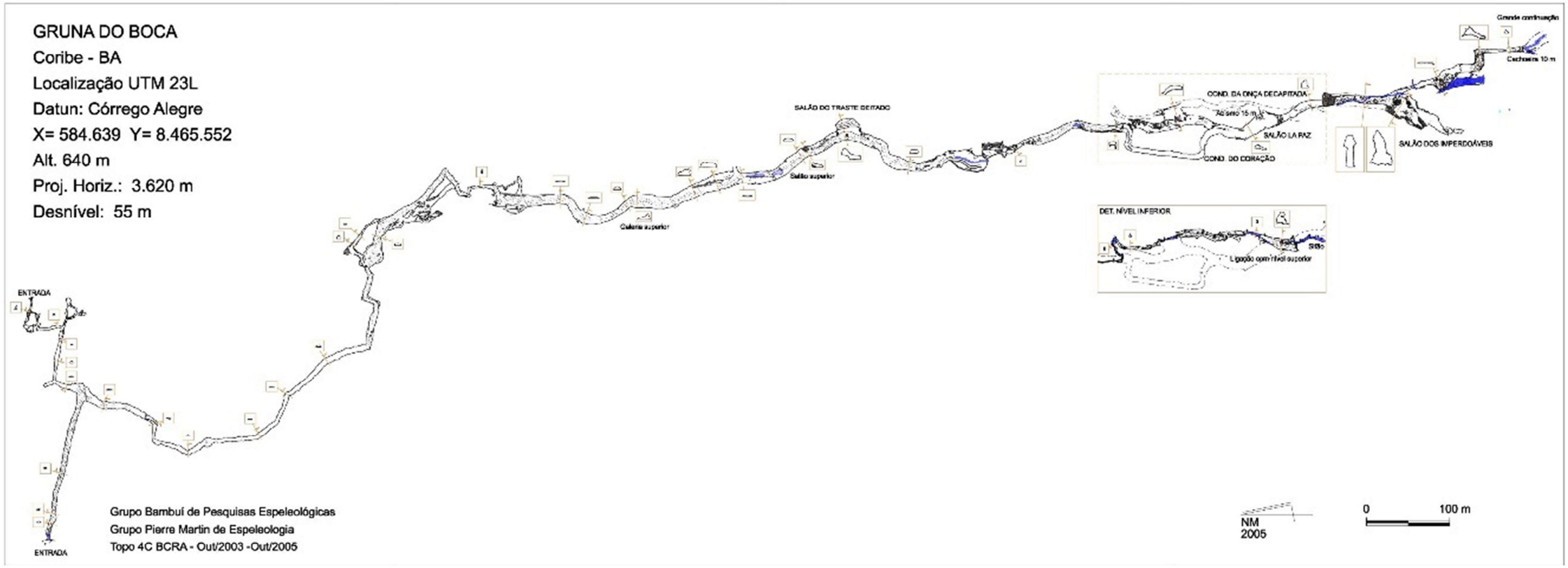


Figura 3.19. Planta baixa da Gruna do Boca.

Gruna do Boca II e III (Coribe/BA): UTM 23L 584.639 – 8.466.552

Pequenas cavidades próximas da entrada seca da Gruna do Boca. Extensão de 20 e 30 m, respectivamente.

Abrigo do Boca (Coribe/BA): UTM 23L 584.678 – 8.466.372

Abrigo situado a cerca de 500 m do lado direito do sumidouro principal da Gruna do Boca. Possui gravações em pinturas rupestres em bom estado de conservação.

Gruna do Engrunado (Coribe/BA): UTM 23L 579.197 – 8.458.888

A maior descoberta da expedição de 1992, com cerca de 4 km de projeção horizontal (Figura 3.20). Consiste em uma grande galeria vadosa, além de outras galerias menores paralelas (Figura 3.21). Apresenta condutos amplos, secos na maior parte do ano e com o traçado meandrante. Possui três entradas: uma no local denominado Jonas (entrada principal) e duas no Govi (sendo uma de cada lado da estrada). Entre as duas últimas entradas, um espeleotema obstrui totalmente a galeria principal que pode ser novamente encontrada depois de uma sequência de condutos estreitos em nível inferior parcialmente alagado. Possui locais bem ornamentados, destacando-se travertinos, jangadas, escorrimentos e um tipo de helictite que aparece no piso e paredes de uma única galeria como se fossem raízes ou fungos calcificados, formando um emaranhado de pequenos canudos (distinto de flores de calcita). Outra particularidade são as pinturas encontradas em uma galeria próxima da entrada, mas na zona afótica. A gruta também abastece de água a região através de bombas instaladas no seu interior.

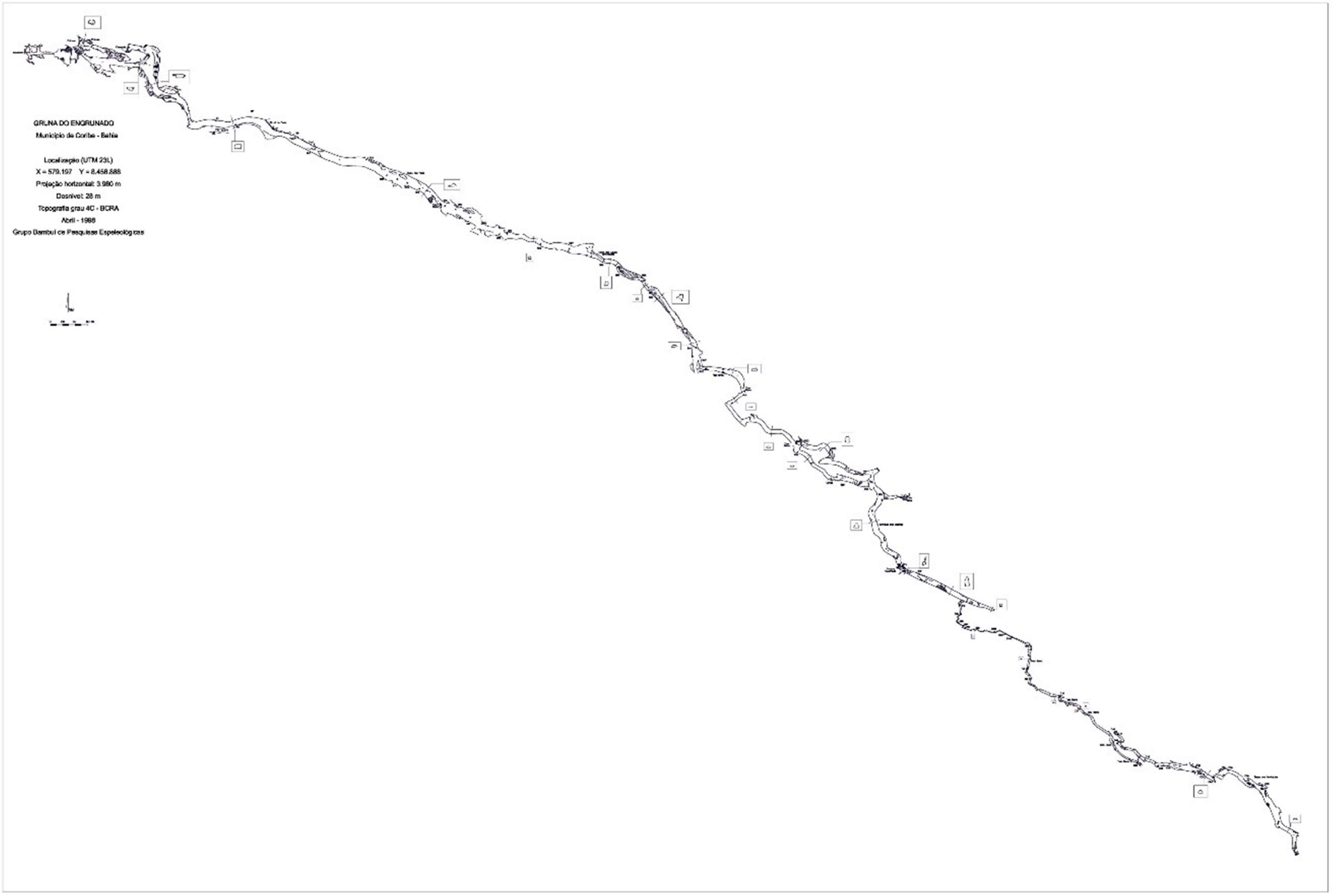


Figura 3.20. Planta baixa da Gruna do Engrunado.



Figura 3.21. Aspecto da galeria principal da Gruna do Engrunado.

Gruna da Estrelinha (Coribe/BA): UTM 23L 594.108 – 8.456.650

Situada em local conhecido como Triunfo – uma grande depressão de dimensões quilométricas. Possui uma entrada abrupta prosseguindo por aproximadamente 100 m até sua obstrução total com sedimento.

Gruna do Triunfo I (Coribe/BA): UTM 23L 594.710 – 8.456.802

Ressurgência de águas cristalinas ao fundo da depressão do Triunfo. Apesar da pequena extensão (50 m) e difícil acesso, pode ser considerada um ótimo local para futuras explorações utilizando espeleomergulho. A água proveniente da caverna forma uma sequência de travertinos antes de infiltrar no próprio leito do rio.

Gruna do Triunfo II, III e IV (Coribe/BA): UTM 23L 594.710 – 8.456.802

Pequenas cavidades na encosta próxima à ressurgência de mesmo nome.

Abrigo do Triunfo (Coribe/BA): UTM 23L 594.710 – 8.456.802

Sítio arqueológico com pinturas rupestres, principalmente zoomorfos e desenhos geométricos.

Água Ingrunada I e II (Feira da Mata/BA)

Pequenas ressurgências localizadas no local denominado Plácido onde o elevado nível d'água impediu uma maior penetração, que é possível na seca, segundo moradores locais.

Gruna do João Renovado (Feira da Mata/BA)

Abismo a poucos metros da sede da fazenda que se encontra coberto por um estrado de madeira e intercepta o lençol freático a 15 m de profundidade. Em 1992 um morador faleceu ao cair neste abismo.

Toca da Onça (Feira da Mata/BA)

Formada por uma pequena drenagem próxima de Ramalho em região plana e longe dos afloramentos calcários. Possui 40 m de extensão aproximadamente.

Gruna do Véio Felipe (Coribe/BA): UTM 23L UTM 23L 591.868 – 8.461.305

Localizada na parte superior do maciço da Boca da Lapa. Caverna labiríntica e seca durante maior época do ano, embora possua várias canaletas de madeira para captação de água proveniente do teto. Possui algumas fendas que chegam a mais de 10 m de profundidade e formam um nível inferior independente. Projeção estimada em 500 m.

Gruta do Moradô (Coribe/BA): UTM 23L 584.059 - 8.457.531

Situada do lado oeste, no final do cânion de mesmo nome (Figura 3.23). A gruta consiste basicamente em uma galeria que atravessa o paredão tendo as duas entradas parcialmente obstruídas por blocos abatidos (Figura 3.22). Em alguns trechos existem dois níveis de condutos sobrepostos. Projeção horizontal: 200 m.

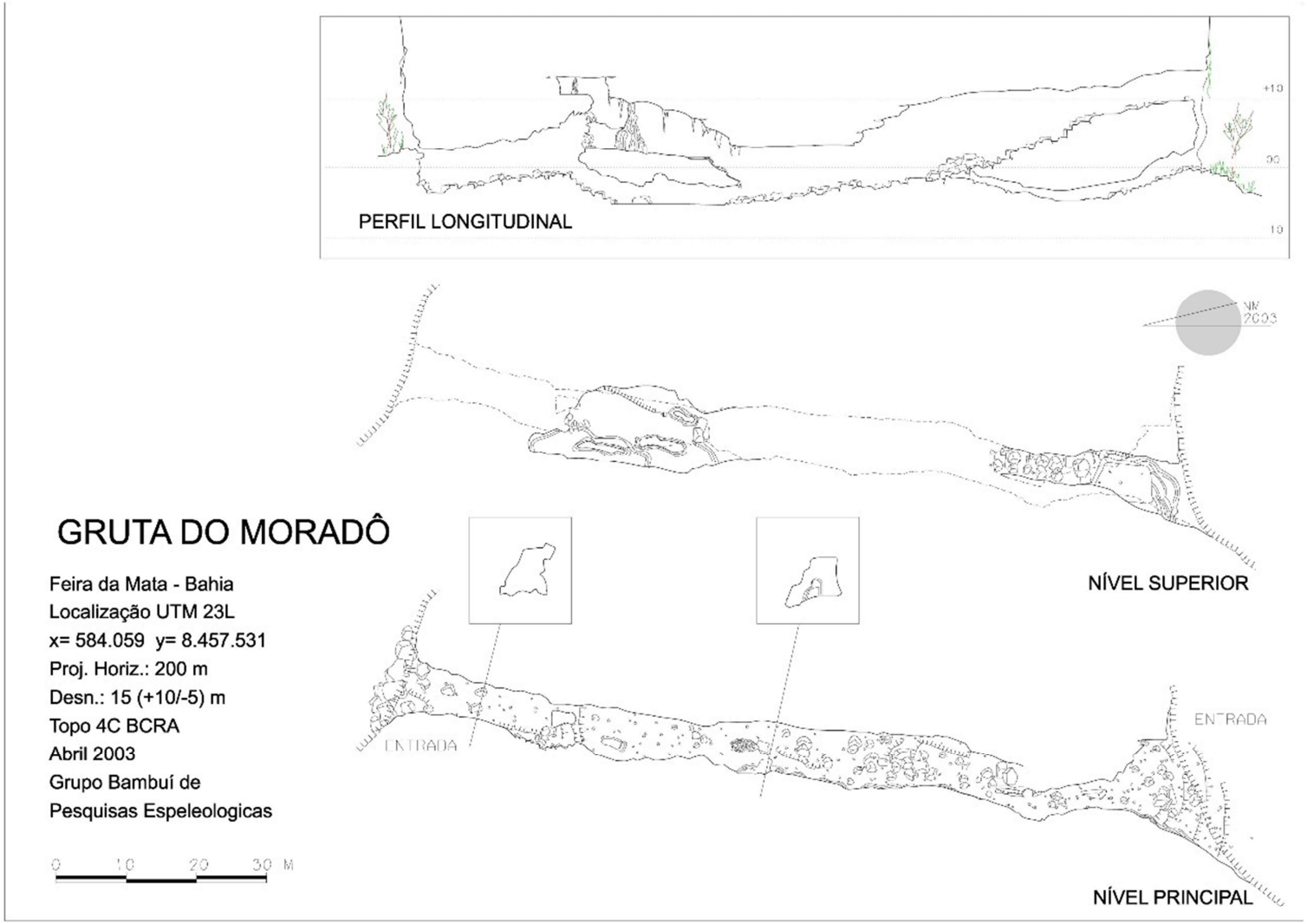


Figura 3.22. Planta baixa e perfil da Gruta do Moradô.



Figura 3.23. Ao fundo o maciço e cânion do Moradô

Gruta do Moradô II (Coribe/BA): UTM 23L 584.059 - 8.457.531

Situada próxima à Gruta do Moradô, do lado oposto do cânion. Galeria seca e única que possui passagens estreitas em meio a espeleotemas ou blocos abatidos. Explorados cerca de 100 m, embora exista uma leve brisa que sugere a possibilidade da existência de prosseguimentos.

Gruta do Moradô III (Coribe/BA): UTM 23L 583.942 - 8.457.950

Situada ao norte das anteriores, já na parte alta do cânion. A entrada principal abre-se no alto de uma torre calcária e dá acesso a uma galeria ampla e com muitas concreções. Possui cerca de 100 m de extensão.

Abismo da Boa Esperança (Coribe/BA): UTM 23L 585.963 - 8.464.130

Abismo perfeitamente vertical e obstruído ao fundo (Figura 3.24). Desnível: 70 m.



Figura 3.24. Perfil do Abismo da Boa Esperança.

Gruna Parada do Vaqueiro (Coribe/BA): UTM 23L 587.382/8.462.282

Gruta formada por um salão com várias entradas e duas claraboias. No centro do salão uma galeria vertical atinge a profundidade de 50 m. Projeção horizontal: 100 m.

Buraco do Homem Morto (Coribe/BA): UTM 23L 587.151 - 8.461.968

Abismo com morfologia de fenda com profundidade de 25 m. Cavidade muito conhecida na região devido ao acidente fatal ocorrido no passado, quando um vaqueiro e seu cavalo caíram pela fenda.

Lapa do Morro Redondo (Coribe/BA): UTM 23L 583.320 - 8.465.882

Pequeno abrigo com 15 m de extensão situada na Fazenda Cacimba.

Gruta Cacimba (Coribe/BA). UTM 23L 583.350- 8.465.751. Alt. 675m

Situada na Fazenda Cacimba. Pequena galeria que atravessa uma torre de calcário. Projeção horizontal estimada: 60 m.

Gruna Taimbé (Coribe/BA): 23L 595.084 - 8.461.182

Situada na Fazenda do René, em Pouso Alto. Trata-se de uma pequena ressurgência temporária que apresenta algumas galerias labirínticas que não se prolongam. As galerias se distribuem ao longo de um trecho de 20 a 30 m do paredão e possuem uma característica de chaminés devido a entradas superiores. A cavidade poderia ser mais bem definida como um abrigo com algumas galerias no fundo. Não foi topografada.

Gruna do Pouso Alto (Feira da Mata/BA): UTM 23L 596.426– 8.463.561

Pequena cavidade localizada no fundo de uma grande depressão próxima ao povoado de Pouso Alto. Logo após a entrada, um lance vertical de 14 m dá acesso a uma galeria entupida de sedimento, embora marcas de enchentes antigas confirmem o volume de água que penetra na gruta na época das chuvas. Projeção horizonta: 100 m.

Gruna Joaquim de Tineco (Feira da Mata/BA): UTM 23L 572.570 – 8.443.163

Cavidade localizada a meia encosta de uma dolina. Quase totalmente seca, com galerias amplas e retilíneas (Figura 3.25). Em sua porção final possui uma galeria alagada com poucos metros de extensão.

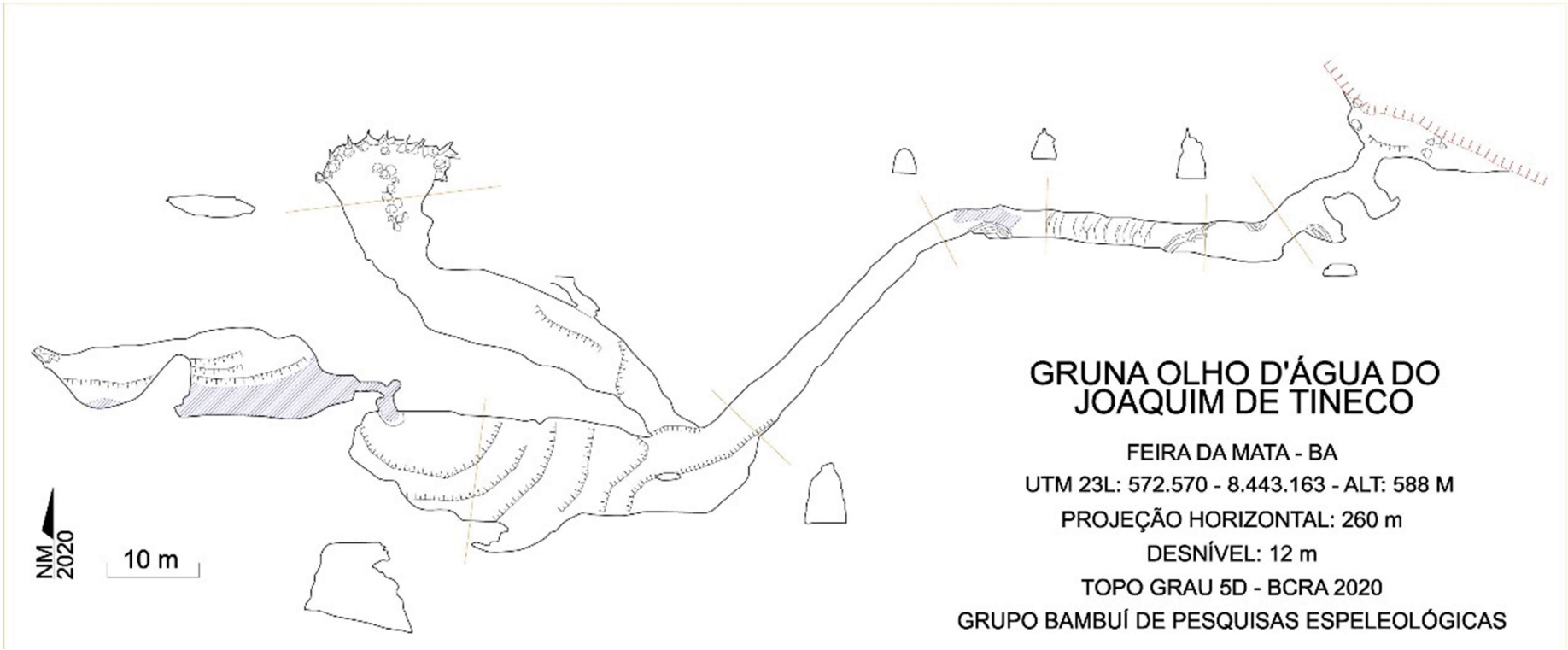


Figura 3.25. Planta baixa da Gruta Joaquim de Tineco.

Gruna Baixão da Canoa (Coribe/BA): UTM 23L 590.344 – 8.467.872

Gruta formada por uma galeria principal que se desenvolve no sentido norte sul, sendo marcada por um traçado meandrante e passagens amplas e com dimensões médias de 10 m de largura e 6 m de altura (Figura 3.26). Lateralmente a esse conduto, na margem leste, surgem várias entradas que acompanham alinhamento do afloramento onde a cavidade está inserida. Destacam-se os belos exemplares dos depósitos de calcita branca que cobrem extensas área da galeria principal (Figura 3.27), sejam travertinos ou mesmo escorrimentos no leito do rio. A cavidade é percorrida por uma drenagem temporária, embora possam ser encontrados condutos ativos nos níveis inferiores. Topografada: 2.190 m de projeção horizontal.

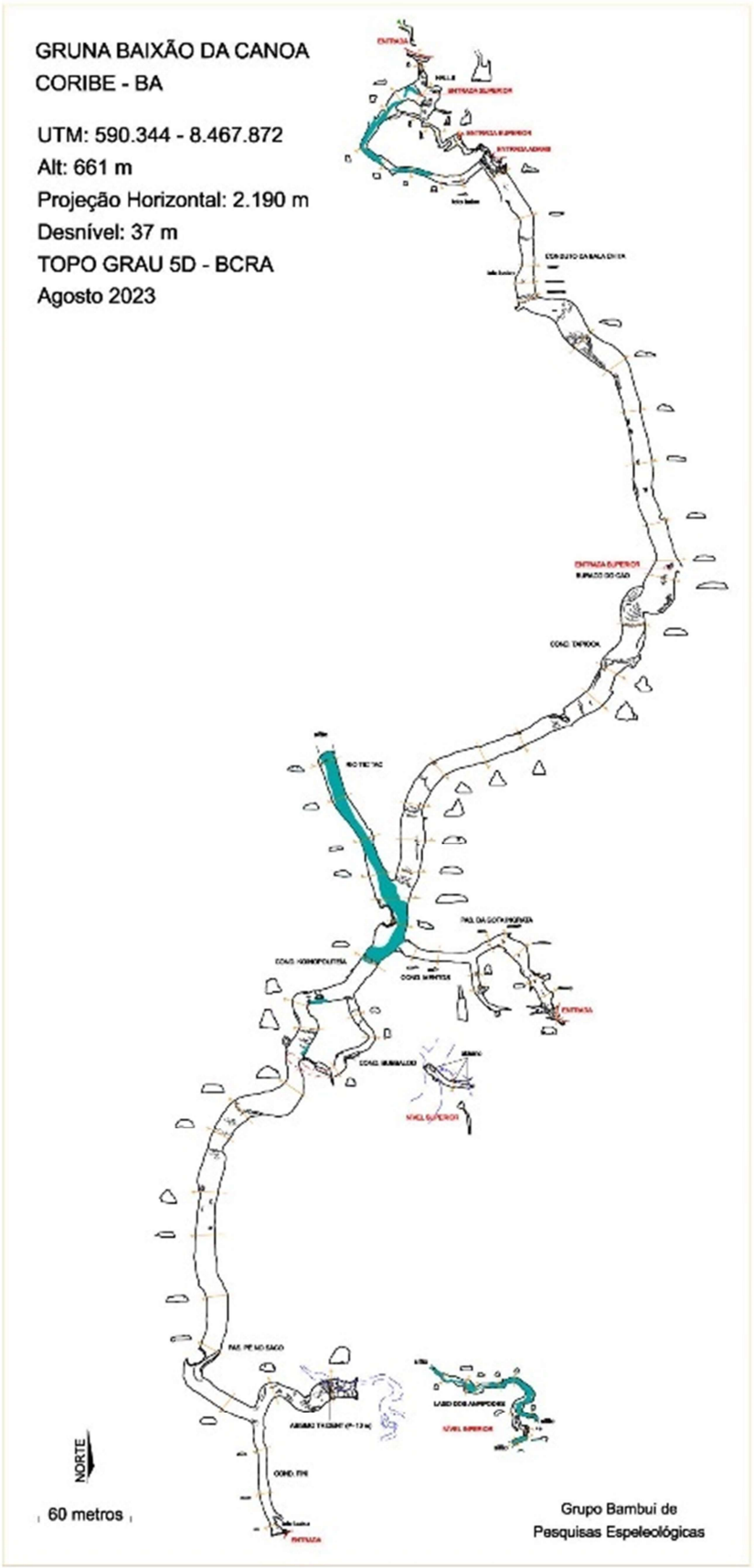


Figura 3.26. Planta baixa da Gruna Baixão da Canoa.



Figura 3.27. Conduto da drenagem da Gruna do Baixão da Canoa.

3.4.2. Setor Região das Agrovilas

Área próxima à Agrovila 23, pertencente ao município de Carinhanha, que representa a continuidade da vertente leste da Serra do Ramalho. Assim como na região sul, é marcada pelo contato entre a planície do Rio São Francisco e os afloramentos de calcário que, nesta área, são menos verticalizados. Os maciços se elevam de forma suave a partir da planície (cota 470 m asl) até 650 m de altitude e são bastante recortados com várias reentrâncias, cânions e inúmeras ressurgências, sendo a maior parte perene. Os afloramentos são bem visíveis e formam extensos campos de lapiás (Figura 3.30), notáveis pelas suas formações cársticas e vegetação típica. Esses paredões representam o prosseguimento dos afloramentos que começam antes da Boca da Lapa e seguem de forma contínua até o setor Serra do Ramalho (nordeste), próximo da Agrovila 12. São 210 km de afloramentos contínuos, formando uma das maiores sequencias de escarpas cársticas de se tem notícia no território brasileiro.

A grande maioria das cavidades conhecidas está localizada na base desses afloramentos e representam ressurgências temporárias (Figura 3.28). Destacam-se neste contexto o sistema da Baiana, Água do Quinca, Boqueirão, Peixes, Água Clara, João Gravatá, Pedro Cassiano e Domingão (listadas de sul para norte). Assim como na área anterior, existem também grutas

localizadas no platô, normalmente associadas a sumidouros e dolinas. Destaca-se o sistema da Figueira, formado pela gruna e abismo de mesmo nome, além da Gruna do Chico Pernambuco. Dentre as grutas deste setor estão as três maiores da Serra do Ramalho: Boqueirão (15,7 km), Gruna da Água Clara (13,9 km) e Lapa dos Peixes (9,3 km). Além destas, temos várias outras notáveis, como Sistema Baiana, Pedro Cassiano, além de outras.

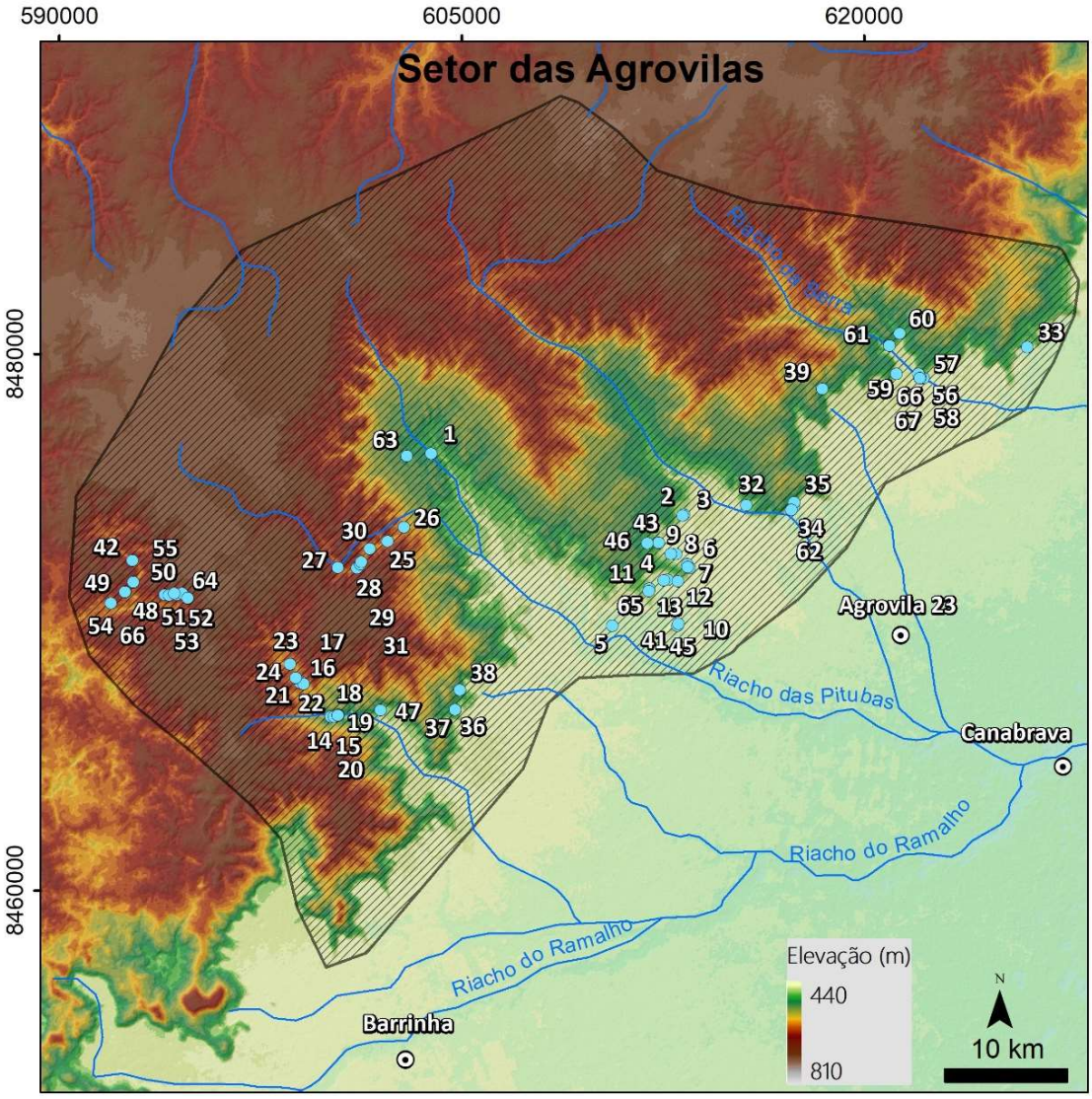


Figura 3.28. Hipsometria e cavernas do Setor das Agrovilas. Os números das cavernas referem-se à Tabela 3.3.

Os principais sistemas hídricos da região estão associados a Baiana, a Água Clara (Figura 3.29) e ao Boqueirão. Todos são secos durante a maior parte do ano e são afluentes do Riacho do Ramalho que coleta as drenagens desta área da serra antes de desaguar no Rio São Francisco. Uma particularidade desta área é o represamento das drenagens devido à baixa declividade entre as ressurgências e a planície do Rio São Francisco. Segundo relatos da população local, na época das chuvas mais fortes, toda a área baixa, incluindo várias cavidades, fica inundada

durante um longo período. Esse barramento permite que peixes dos rios maiores tenham acesso aos sistemas subterrâneos. Quando o nível da água abaixa, muitos ficam presos em lagos dentro das cavernas ou nas áreas adjacentes. Sem espaço e alimento necessários para a sobrevivência, acabam morrendo antes da próxima cheia.

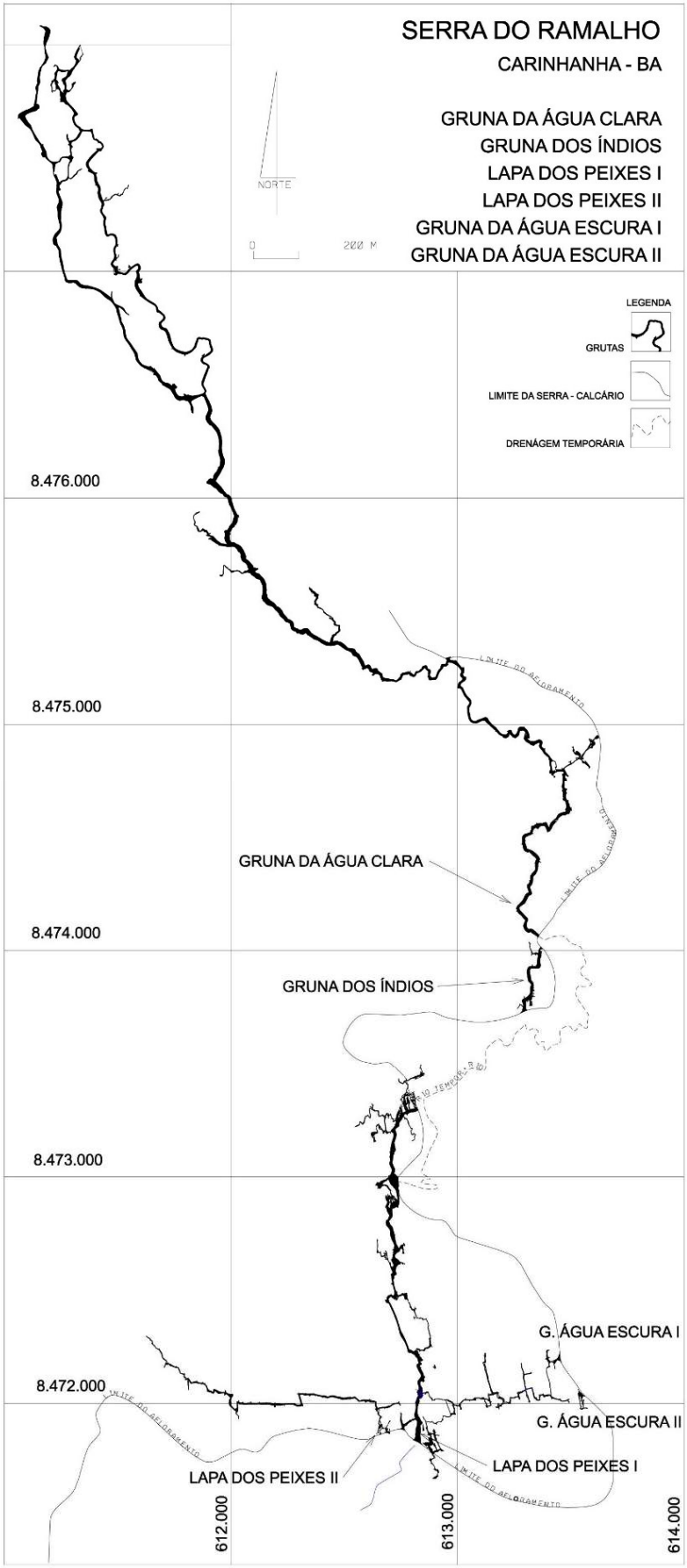


Figura 3.29. Relação planimétrica entre as cavernas do Sistema Peixes – Água Clara.

A região também apresenta significativas ocorrências de sítios arqueológicos e paleontológicos. Foram encontrados fósseis em excelente estado de conservação em diversas cavidades e os painéis de pinturas rupestres estão espalhados em praticamente toda a região.

A ocupação urbana se concentra preferencialmente na planície, sendo representada por pequenos povoados conhecidos como Agrovilas – assentamentos rurais criados na década de 1970 e responsáveis pela primeira tentativa de ocupação ordenada da região. A Tabela 3.3 apresenta uma compilação das cavernas do Setor Região das Agrovilas.



Figura 3.30. Afloramento na região do Sistema Água Clara. Abaixo ao centro o sumidouro da drenagem temporária que invade a cavidade.



#	CAVIDADE	PH (m)	TOP.	MUNICÍPIO	COORDENADAS	
1	Boqueirão	15.670	T	CA	603.909	8.476.319
2	Gruna da Água Clara	13.880	T	CA	613.350	8.474.058
3	Gruna do Índio	570	T	CA	613.294	8.474.010
4	Lapa dos Peixes	9.320	T	CA	612.726	8.471.625
5	Gruna dos Peixes	20	E	CA	610.666	8.469.908
6	Gruna da Água Escura I	377	T	CA	613.469	8.472.197
7	Gruna da Água Escura II	200	T	CA	613.554	8.472.057
8	Gruna da Água Escura III	150	E	CA	613.044	8.472.581
9	Gruna da Água Escura IV	300	E	CA	612.856	8.472.580
10	Gruna da Água Escura V	30	E	CA	613.484	8.472.086
11	Gruna da Piaba	460	T	CA	612.045	8.471.286
12	Gruna da Piabão	330	T	CA	613.117	8.471.567
13	Gruna dos Peixes II	2.100	T	CA	612.598	8.471.603
14	Gruna Baiana	2.260	T	CA	600.182	8.466.514
15	Gruna Baianinha	724	T	CA	600.305	8.466.517
16	Gruna dos Fazendeiros	616	T	CA	599.045	8.467.804
17	Gruna dos Fazendeiros Superior	182	T	CA	599.072	8.467.803
18	Gruna Grande da Baiana	5	T	CA	600.449	8.466.591
19	Gruna Grande da Baiana I	87	T	CA	600.461	8.466.572
20	Gruna Grande da Baiana II	47	T	CA	600.437	8.466.571
21	Gruna José Bonfim	135	T	CA	599.037	8.467.766
22	Gruna do Atalho	412	T	CA	599.154	8.467.742
23	Gruna do Barrigudalo	86	T	CA	598.647	8.468.467
24	Gruna da Europa	20	T	CA	598.860	8.467.956
25	Gruna da Figueira	1.510	T	CA	602.297	8.473.052
26	Abismo da Figuera	200	T	CA	602.905	8.473.569
27	Gruna do Chico Pernambuco	1.070	T	CA	600.445	8.472.081
28	Gruna do Belô	20	E	CA	601.158	8.472.056
29	Gruna da Meia Noite	20	E	CA	601.279	8.472.197
30	Abismo do Açude	20	E	CA	601.622	8.472.771
31	Gruna da Marmota	20	E	CA	601.311	8.472.285
32	Gruna do João Gravata	1.780	T	CA	615.661	8.474.392
33	Gruna do Domingão	340	T	CA	626.144	8.480.290
34	Gruna do Pedro Cassiano	2.660	T	CA	617.427	8.474.330
35	Gruna do Pedro Casiano II	160	T	CA	617.447	8.474.498
36	Gruna da Água do Quinca I	580	T	CA	604.801	8.466.782
37	Gruna da Água do Quinca II	70	T	CA	604.801	8.466.782
38	Abrigo Pingueira do Corrêa	20	E	CA	604.975	8.467.504
39	Gruna Macunã	20	E	CA	618.508	8.478.743
40	Abrigo Dois Irmãos	20	E	CA		
41	Gruna da Raiz	600	E	CA	613.094	8.469.903
42	Gruna do Leandro	440	T	CO	592.785	8.472.334

43	Gruna do Cacimbão	320	T	CA	612.404	8.472.998
44	Gruna do Morro da Espera	300	E	CA		
45	Túnel dos Ventos	100	T	CA	613.128	8.469.980
46	Gruna do Pote	35	T	CA	611.976	8.472.990
47	Gruna dos Mosquitos I, II e III		E	CO	602.020	8.466.758
48	Abismo do Edson	324	T	CO	593.979	8.471.063
49	Gruna da Pingueira	220	T	CO	592.514	8.471.182
50	Abismo da Pingueira	100	T	CO	592.811	8.471.536
51	Abrigo do Edson	50	E	CO	594.143	8.471.046
52	Gruna do Edson	30	E	CO	594.435	8.471.057
53	Gruna do Sumidouro I	30	E	CO	594.633	8.471.111
54	Sumidouro da Pingueira	10	E	CO	591.977	8.470.736
55	Abismo do Raiz	20	T	CO	594.328	8.471.118
56	Gruna 1	20	E	RA	622.279	8.479.135
57	Gruna da Promissão	20	E	RA	622.156	8.479.182
58	Abrigo do Arqueiro	20	E	RA	622.090	8.479.292
59	Abrigo dos Peixes	20	E	RA	621.258	8.479.292
60	Abrigo da Capivara	20	E	RA	621.393	8.480.795
61	Gruna do Sal Caré	20	E	RA	621.008	8.480.340
62	Abrigo Pedro Cassiano	30	E	CA	617.342	8.474.220
63	Gruna da Jaguatirica	310	T	CA	603.003	8.476.237
64	Gruna Pingueira João Nogueira	1.000	T	CO	594.848	8.470.941
65	Gruna da Pegada de Onça	15	T	CA	612.035	8.471.205
66	Gruna dos Dois Irmãos	930	T	RA	622.134	8.479.146
67	Gruna Pingueira II		E		592.490	8.471.172

Tabela 3.3. Cavernas no Setor das Agrovilas. Municípios: (CO) Coribe, (RA) Ramalho e (CA) Carinhanha. T - Caverna topografada. E- Caverna com dimensões estimadas.

Gruna do Domingão (Carinhanha/BA): UTM 23L. 626.144 – 8.480.290

Situada entre as Agrovila 23 e 15, na Fazenda do Domingão. Ressurgência temporária com trechos iniciais meandrantes e um trecho sifonado ao final (Figura 3.31). Topografados 400 m.

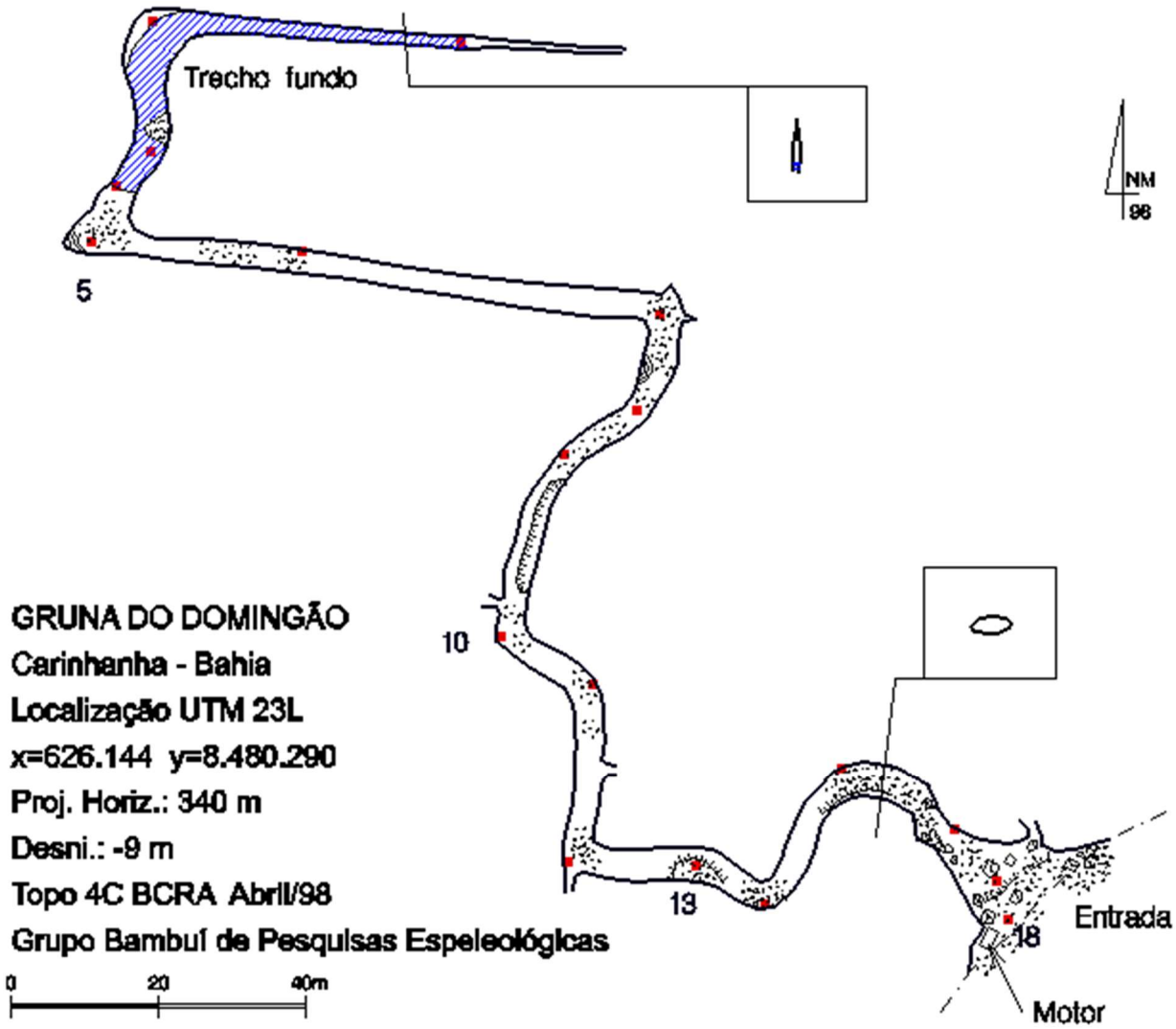


Figura 3.31. Planta baixa da Gruna do Domingão.

Gruna da Água Clara (Carinhanha/BA): UTM 23L. 613.350 – 8.474.058

Situada próxima a Agrovila 23. Ressurgência temporária tendo como peculiaridade as dimensões das galerias (Figura 3.32), que atingem mais de 10 m de largura e altura, e a quantidade de troncos (Figura 3.34) em seu interior (marcas evidentes da força da água na época das chuvas). Descoberta em 1998 e explorada nos três anos subsequentes, atinge a marca de 13.880 m, sendo a segunda maior na Serra do Ramalho. Possuiu duas entradas principais, sendo a primeira a ressurgência do sistema (Figura 3.33). A segunda é o sumidouro da drenagem temporária que invade parte da cavidade durante as chuvas mais fortes. A gruta se desenvolve tendo como espinha dorsal um conduto com traçado meandrante, com dimensões que atingem mais de 15 m de largura e altura e completamente seco boa parte do ano. Várias ramificações partem deste conduto principal, algumas representando contribuições de tributários, enquanto outras são, provavelmente, rotas alternativas da drenagem principal.

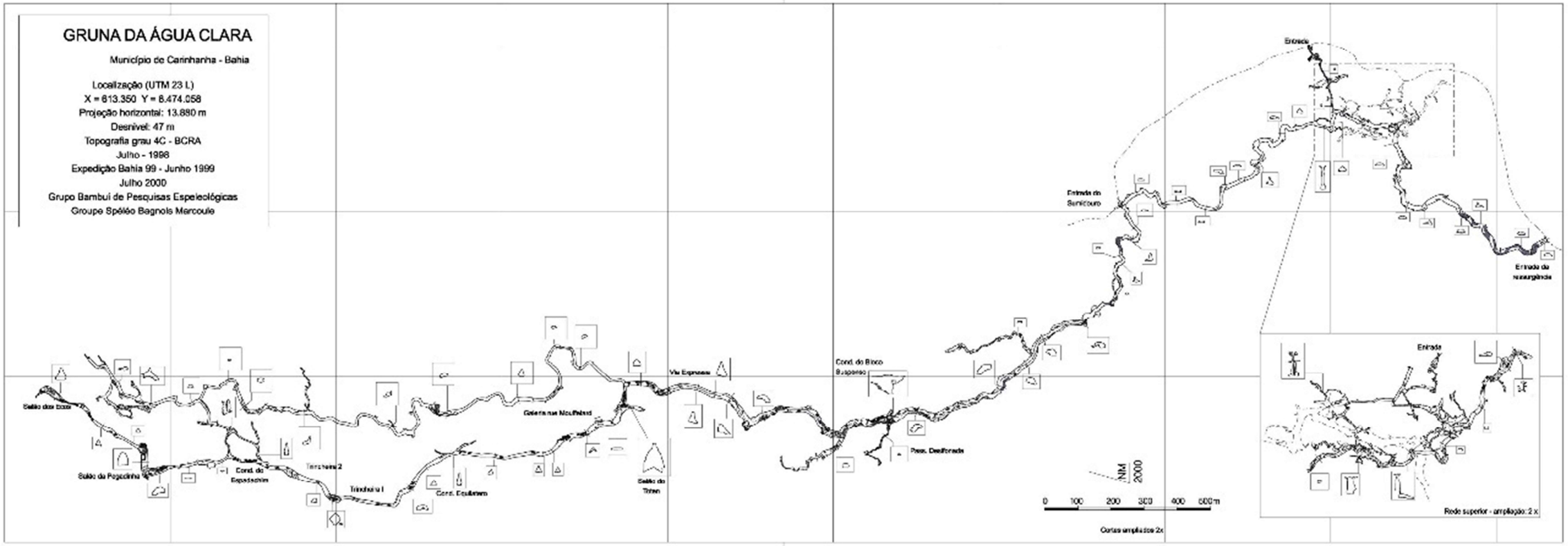


Figura 3.32. Planta baixa da Gruna da Água Clara.



Figura 3.33. Uma das entradas da Gruna da Água Clara.



Figura 3.34. Galeria da Gruna da Água Clara e os troncos carregados na época das chuvas.

Gruna do João Gravatá (Carinhanha/BA): UTM 23L. 615.661 – 8.474.392

Situada próxima a Agrovila 23. Ressurgência temporária com galerias parcialmente alagadas (Figura 3.35). Foi descoberta em abril de 1998 e topografada em julho de 99. Possui 1.780 m de projeção horizontal.



Figura 3.35. Planta baixa da Gruna do João Gravatá.

Gruta do Índio (Carinhanha/BA): UTM 23L. 613.368 – 8.474.010

Situada próxima a ressurgência da Gruna da Água Clara. Consiste em um fragmento da galeria principal desta última, separada a poucos metros de distância em uma galeria entupida por sedimento (Figura 3.36). A topografia somou 500 m de galerias.

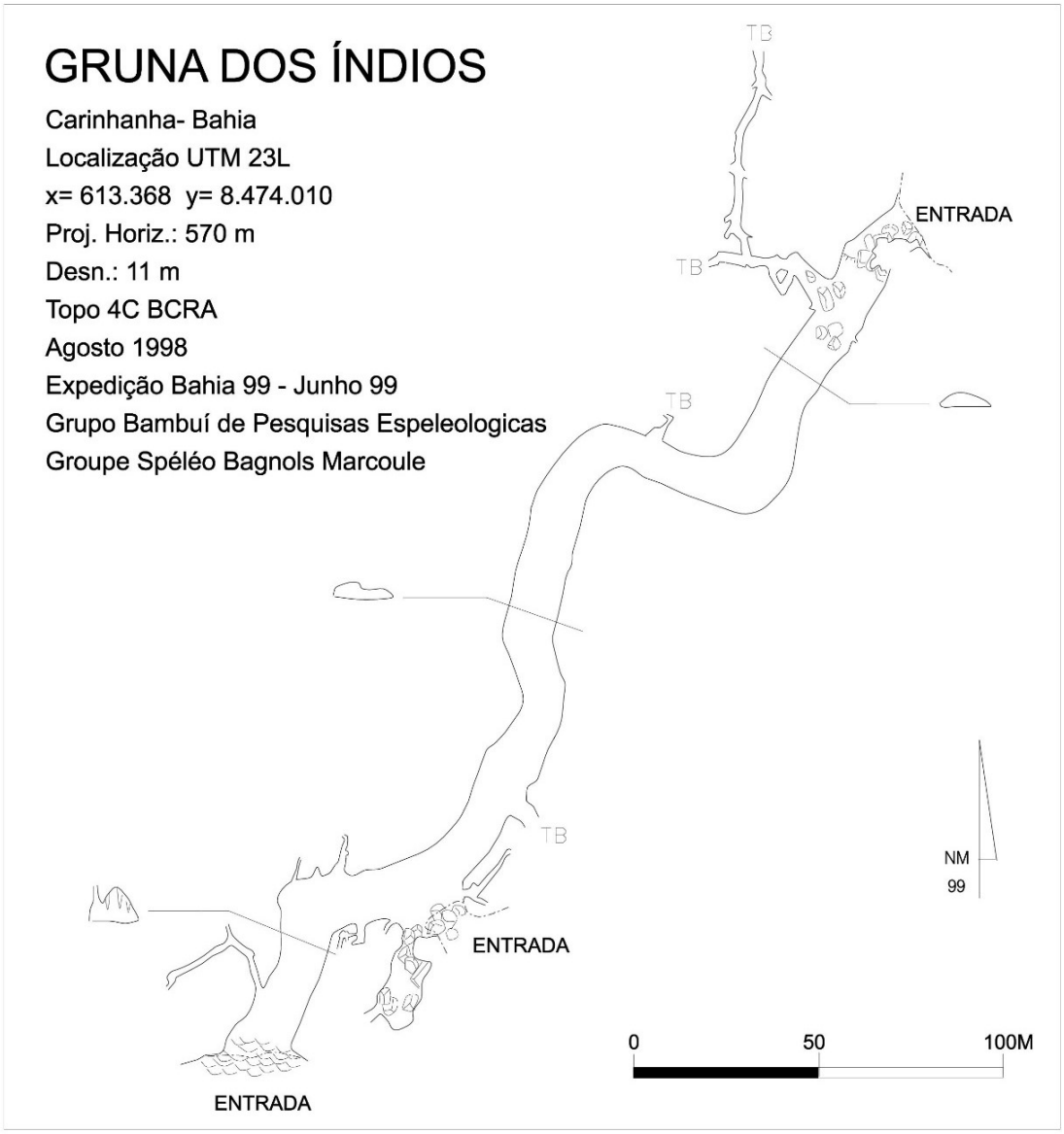


Figura 3.36. Planta baixa da Gruna dos Índios.

Boqueirão (Carinhanha/BA)**.** UTM 23L: 603.909 – 8.476.319

A maior gruta da Serra do Ramalho, com mais de 15 km mapeados (Figura 3.37), é formada por uma rede de galerias vadosas, sendo a sua entrada principal uma ressurgência temporária de grandes proporções (Figura 3.38). A característica marcante do sistema são as galerias fósseis, situadas em pelo menos 3 níveis independentes que se cruzam formando um sistema complexo. Os condutos mais baixos são percorridos por uma drenagem ativa (Figura 3.39, 3.40), fragmentada por diversos sifões. Por outro lado, o nível mais alto é formado por uma sequência de salões que chegam a mais de 50 m de largura. O sistema ainda possui outras entradas sendo que duas representam pontos de captação de drenagens temporárias.

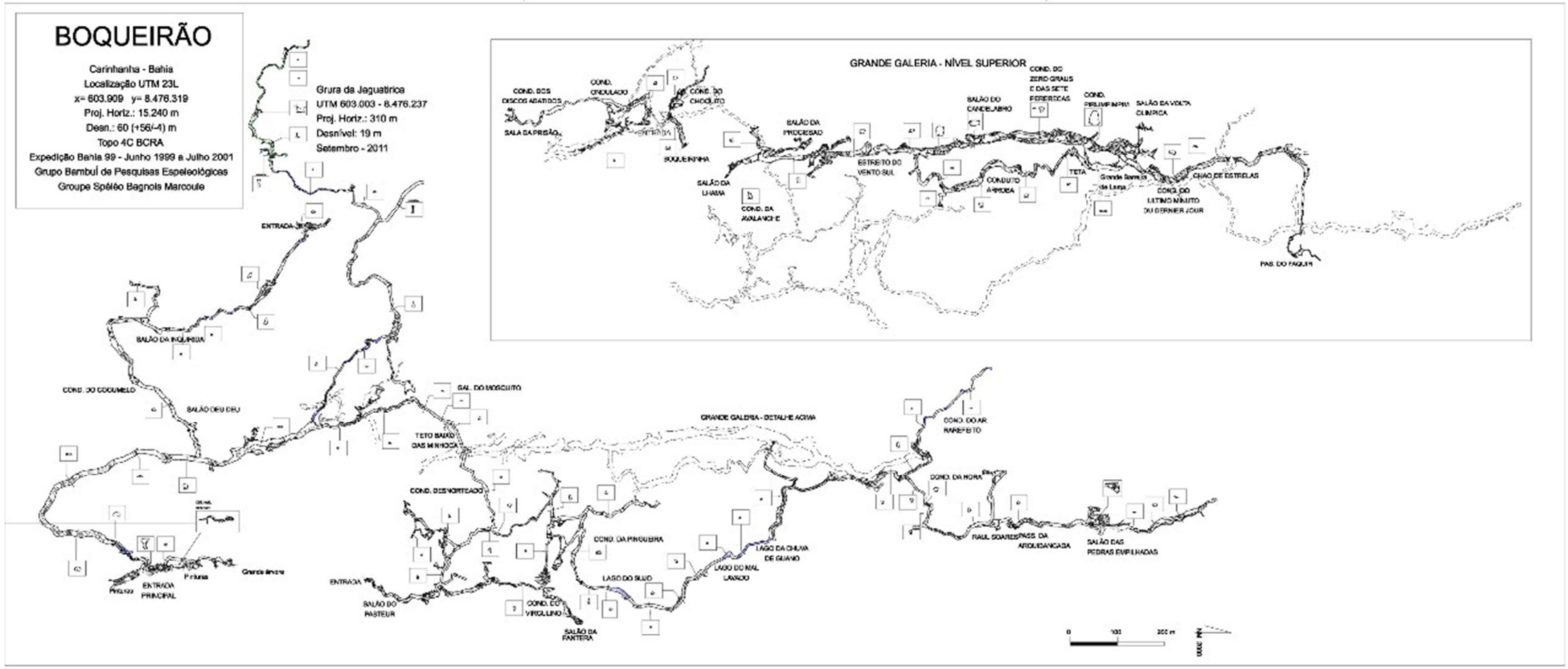


Figura 3.37. Planta baixa do Boqueirão.



Figura 3.38. Entrada principal do Boqueirão



Figura 3.39. Galeria principal do Boqueirão

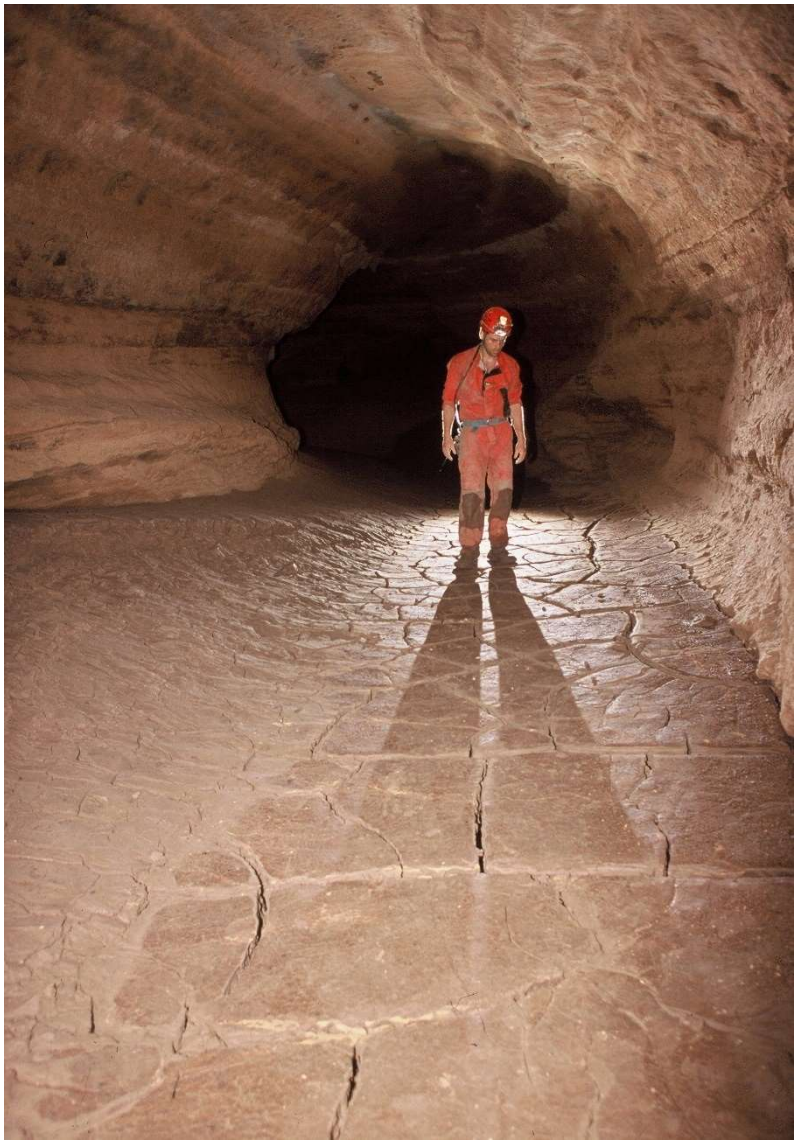


Figura 3.40. Aspecto de uma das galerias do Boqueirão

Gruna da Jaguatirica (Carinhanha/BA): UTM 23L 603.003 – 8.476.237

Cavidade situada próxima a uma das entradas superiores do Boqueirão e separada deste por um vale. Sua entrada serve como sumidouro de uma drenagem temporária que também invade as galerias do Boqueirão nas épocas de maior vazão. Formada por uma galeria única, sinuosa e baixa, que se desenvolve preferencialmente no sentido oeste. As explorações e topografia foram interrompidas depois de 310 m em uma galeria baixa e com pouca circulação de ar.

Lapa dos Peixes (Carinhanha/BA): UTM 23L: 612.726 – 8.471.625

A drenagem temporária, que percorre boa parte da Gruna da Água Clara e Gruna dos Índios, também é responsável pela formação da Lapa dos Peixes (Figura 3.41). A gruta pode ser dividida em duas áreas distintas, representadas por uma galeria principal de grande dimensão (10 m de largura e altura) e suas várias ramificações (Figura 3.42). Entre elas existe uma entrada que serve

de sumidouro para a atual drenagem, que é conhecida localmente como Gruna da Água Escura. As duas áreas são conectadas por uma galeria secundária e o trecho a montante se encontra livre do atual curso d'água que percorre a gruta nos meses de chuva. Foram encontrados nessa cavidade vários exemplares da megafauna, em especial fósseis de preguiça gigante que se encontram em excelente estado de conservação. Foram mapeados 9.320 m nos anos de 1999 a 2003.

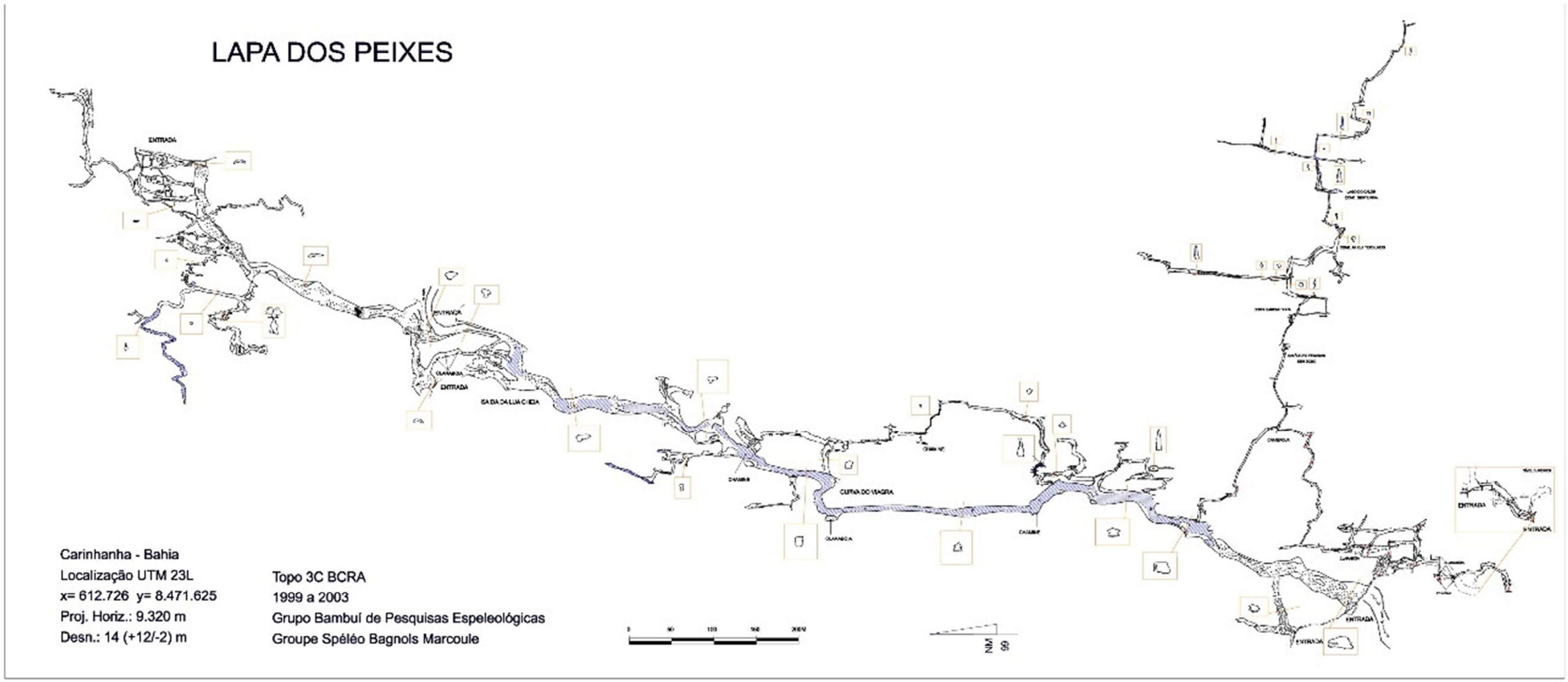


Figura 3.41. Planta baixa da Lapa dos Peixes.



Figura 3.42. Entrada montante da Lapa dos Peixes.

Gruna dos Peixes II (Carinhanha/BA): UTM 23L 612.598 – 8.471.603

Situada poucos metros à esquerda da Lapa dos Peixes. Formada por uma galeria principal com poucas passagens laterais e largura média de 6 m (Figura 3.43). Possui alguns trechos alagados e uma forte corrente de ar, sugerindo a existência de outras entradas. Parcialmente topografada, atingindo 1.536 m de projeção horizontal.

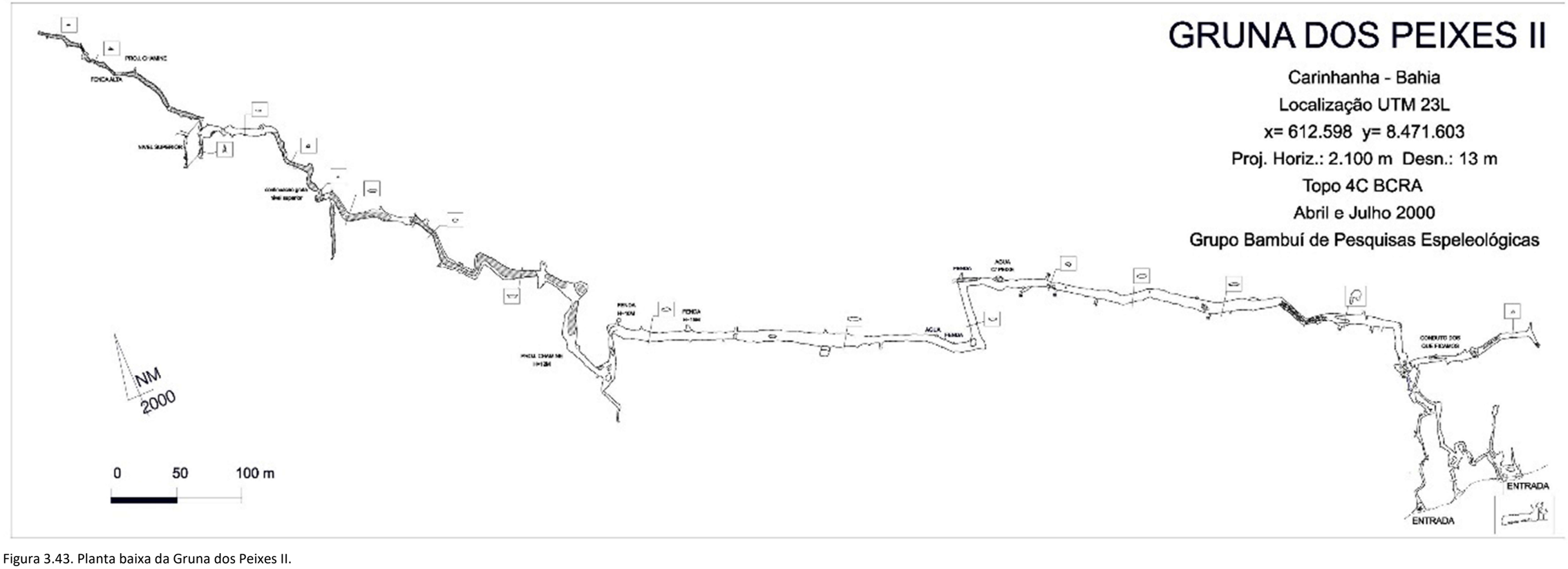


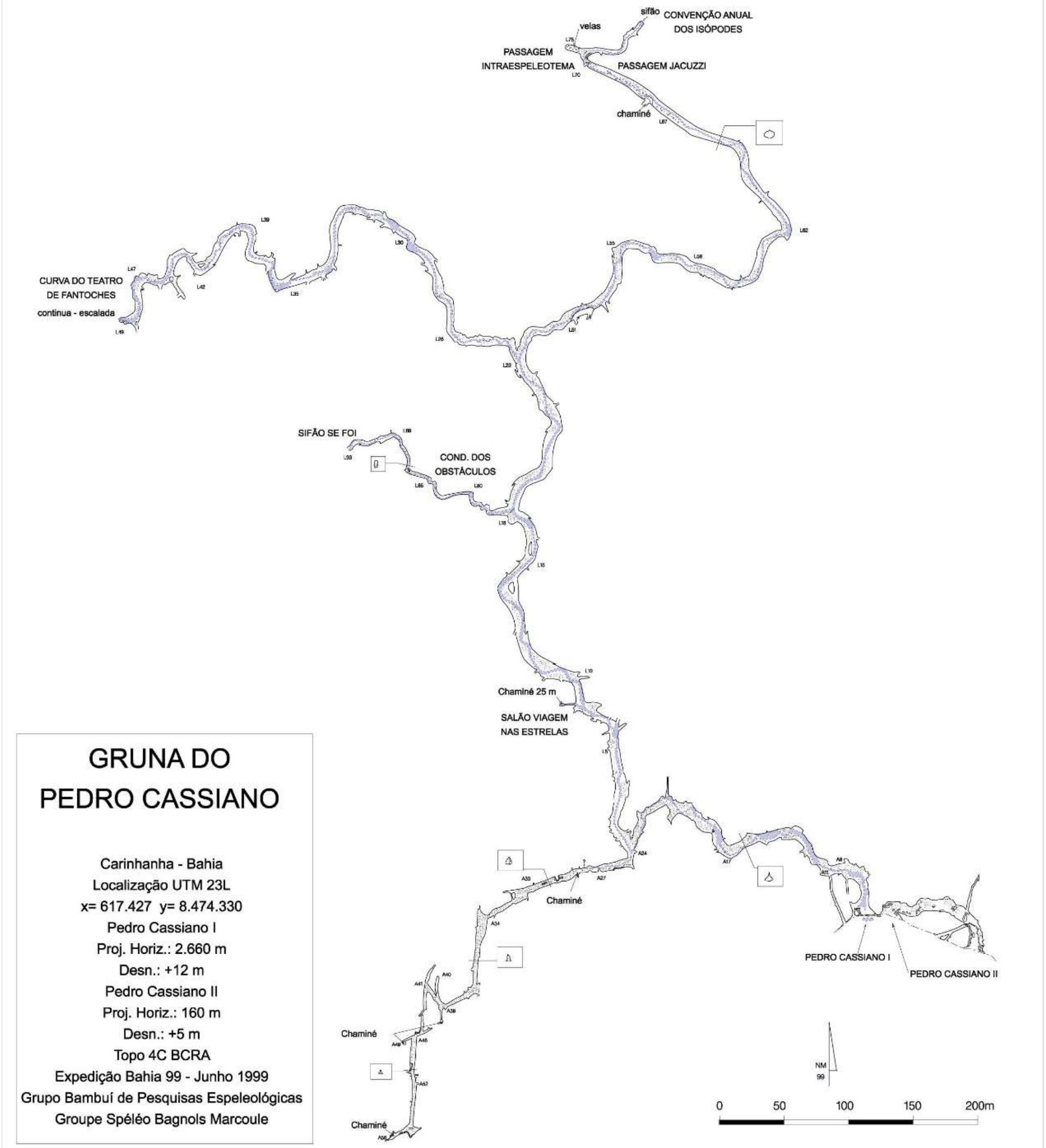
Figura 3.43. Planta baixa da Gruna dos Peixes II.

Gruna do Pote (Carinhanha/BA): UTM 23L 611.976– 8.472.990

Situada próximo à Lapa dos Peixes. Pequena cavidade com entrada vertical. Topografada: 30 m.

Gruna do Pedro Cassiano I e II (Carinhanha/BA): UTM 23L: 617.427 – 8.474.330

Sistema de córregos anastomosados permanentes (Figura 3.44). Foram encontrados, até o momento, três córregos que foram explorados e mapeados até os seus sifões. A gruta é utilizada pela população local para retirar água (Figura 3.45). Podem existir galerias superiores inexploradas. A topografia somou 2.660 m.



GRUNA DO PEDRO CASSIANO

Carinhanha - Bahia
Localização UTM 23L
x= 617.427 y= 8.474.330
Pedro Cassiano I
Proj. Horiz.: 2.660 m
Desn.: +12 m
Pedro Cassiano II
Proj. Horiz.: 160 m
Desn.: +5 m
Topo 4C BCRA
Expedição Bahia 99 - Junho 1999
Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas
Groupe Spéléo Bagnols Marcoule

Figura 3.44. Planta baixa da Gruna do Pedro Cassiano I e II.



Figura 3.45. Entrada da Gruna do Pedro Cassiano notando-se estrutura (cocho) para retenção de água (a direita do espeleólogo).

Abrigo do Pedro Cassiano (Carinhanha/BA): UTM 23L: 617.342 – 8.474.220

Situada a aproximadamente 100 m da gruta de mesmo nome, possui teto e as paredes pintadas com registros rupestres em bom estado de conservação.

Gruna da Água Escura I (Carinhanha/BA): UTM 23L: 613.469 – 8.472.197

Pequena cavidade localizada no mesmo maciço da Lapa dos Peixes. É formada por galerias retilíneas que seguem um padrão labiríntico (Figura 3.45). Topografia atingiu 190 m.

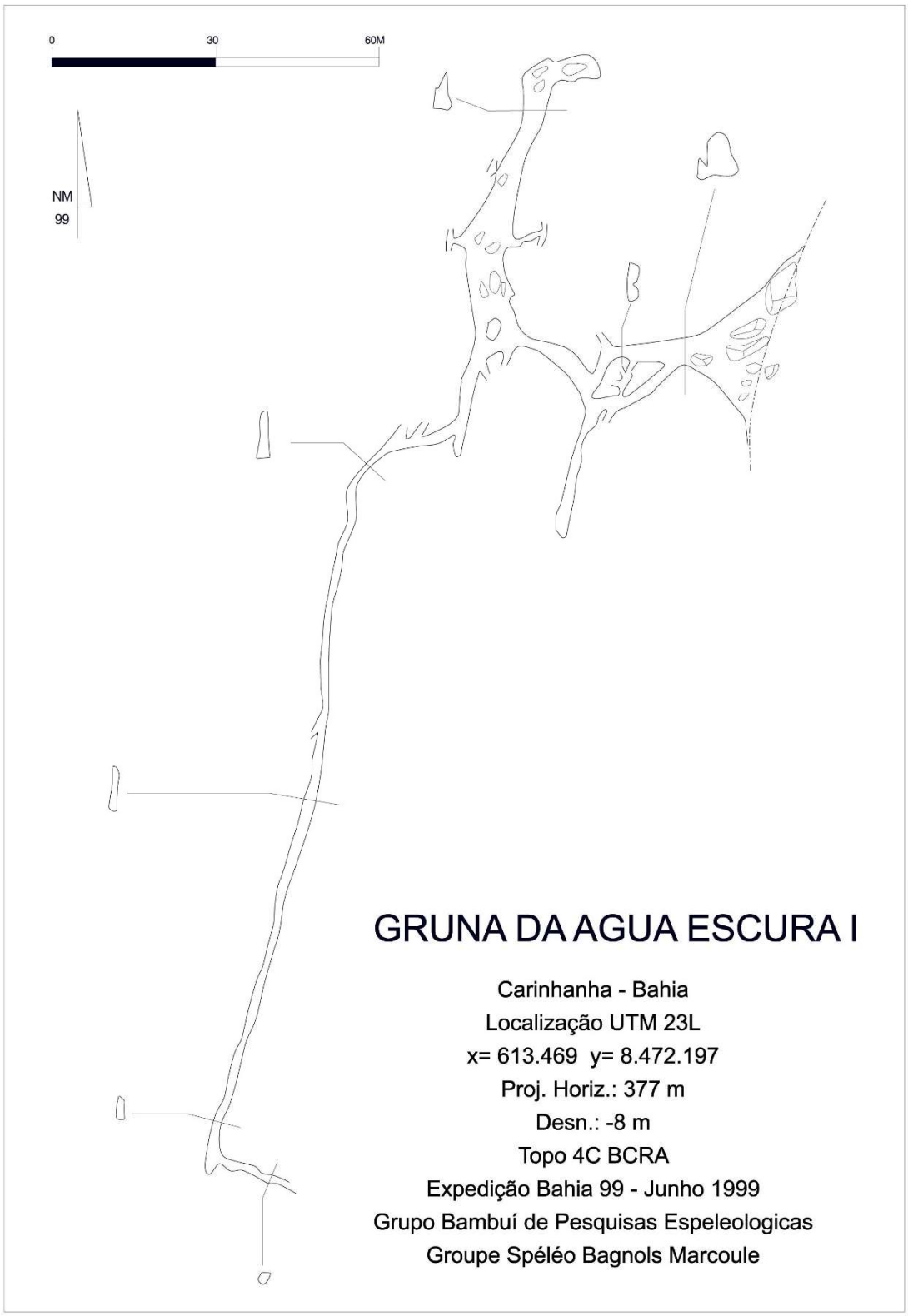


Figura 3.45. Planta baixa da Gruna da Água Escura I.

Gruna da Água Escura II (Carinhanha/BA): UTM 23L: 613.554 – 8.472.057

Mesmo local e padrão morfológico do que a anterior (Figura 3.46). Topografia atingiu 350 m de projeção horizontal.

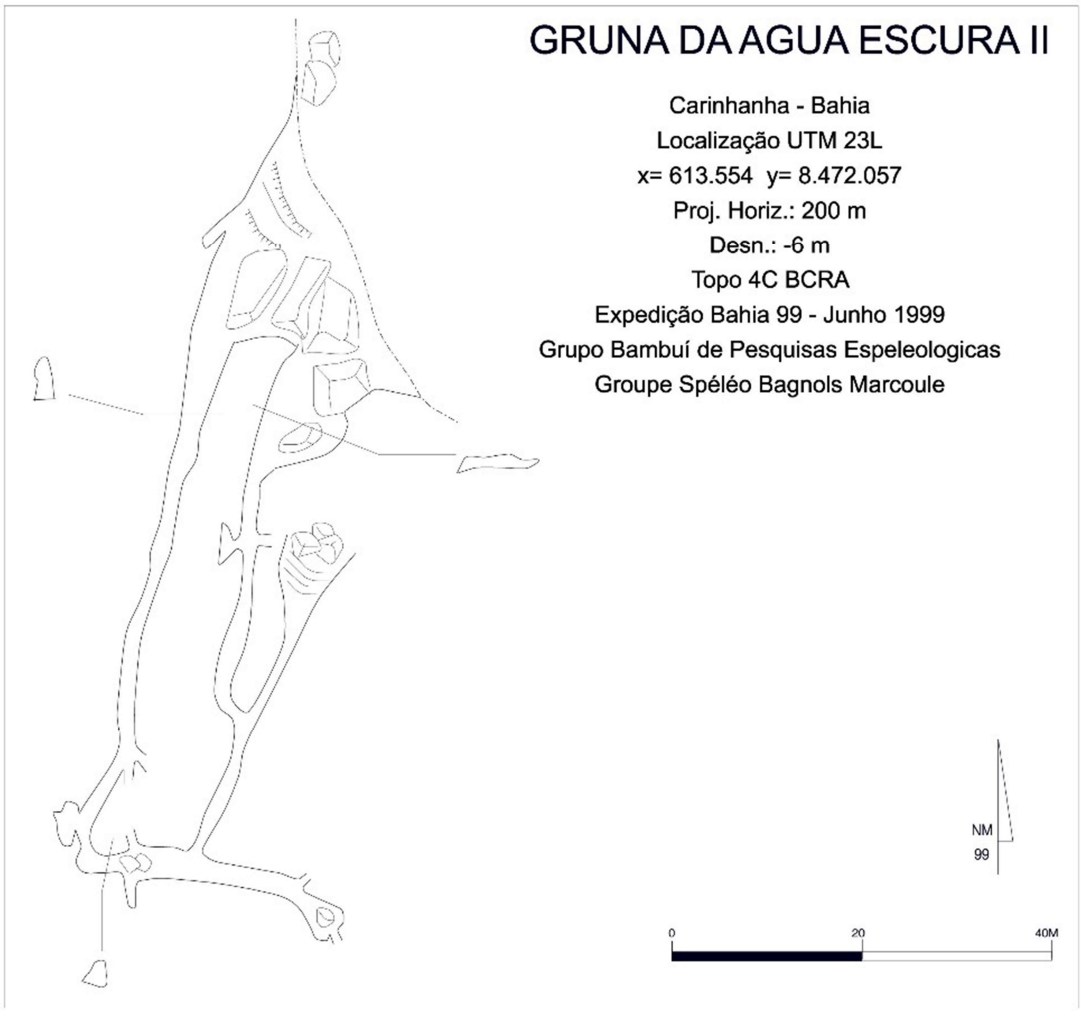


Figura 3.46. Planta baixa da Gruna da Água Escura II.

Gruna da Piaba (Carinhanha/BA): UTM 23L: 612.045– 8.471.286

Situada a esquerda da Lapa dos Peixes próxima a uma ressurgência temporária impenetrável. Padrão labiríntico com galerias predominantemente altas. Topografia em andamento: 460 m de projeção horizontal.

Gruna da Piabão (Carinhanha/BA): UTM 23L: 613.117 – 8.471.567

Situada no maciço da Lapa dos Peixes, possui padrão labiríntico marcada por galerias altas (Figura 3.47) e estreitas (tipo fenda). Considerando o padrão morfológico e proximidade espacial, acredita-se que a Gruna do Piabão deva se conectar com a Lapa dos Peixes. Topografia em andamento: 330 m de projeção horizontal.

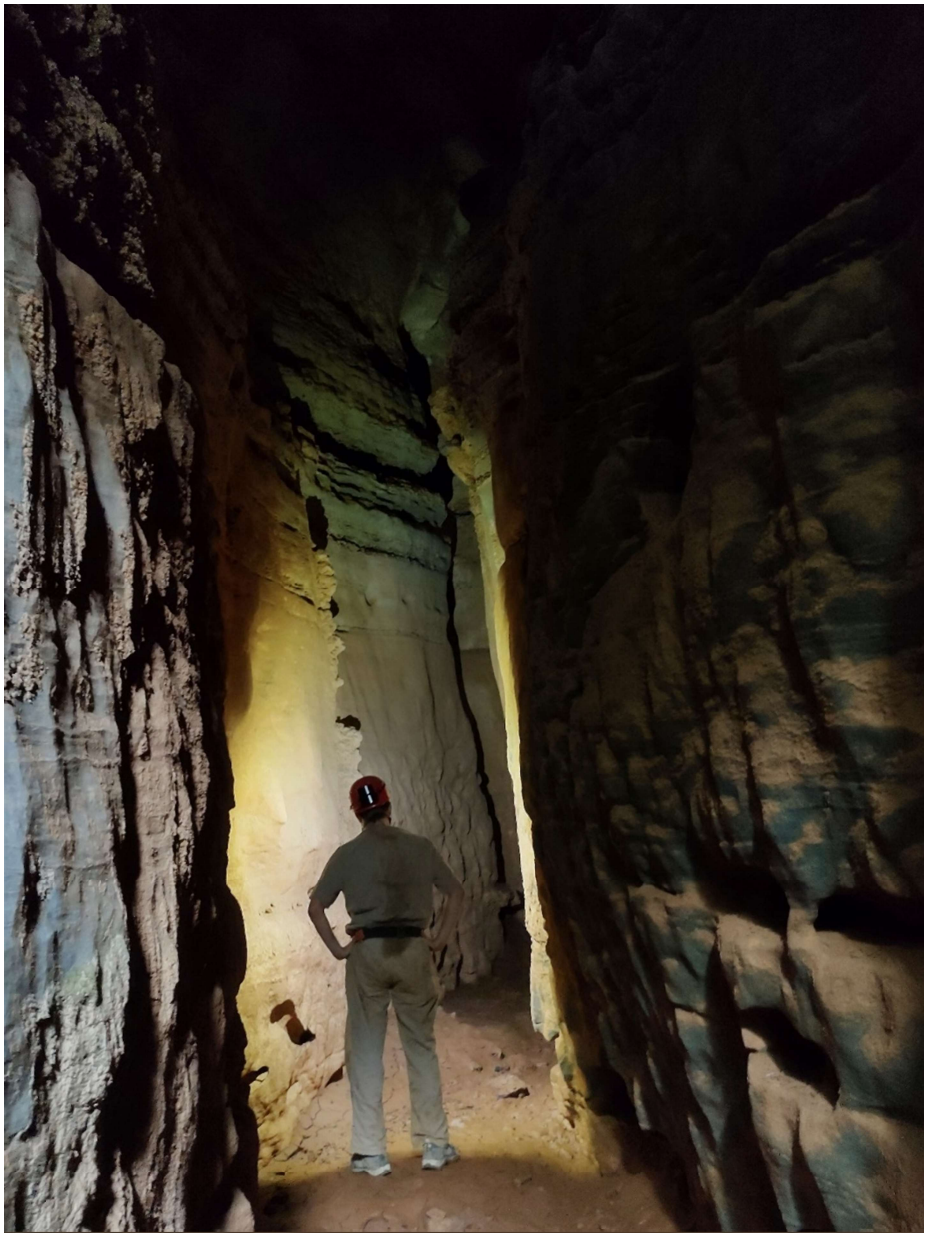


Figura 3.47. Galeria da Gruna do Piabão

Gruna Águas do Quinca I e II (Carinhanha/BA): UTM 23L: 604.801 – 8.466.782

Sua entrada (1,5 x 1,5 m) situa-se a meia altura do paredão, sendo o acesso feito com auxílio de uma escada. O local é utilizado para retirada de água, existindo uma tubulação que percorre boa parte das galerias da gruta. O primeiro trecho (Quincas I) não é muito extenso, sendo constituído por grandes galerias onde praticamente não existe zona afótica. Uma claraboia com cerca de 60 m de comprimento separa as duas cavidades. A Gruna Águas do Quinca II possui duas galerias. A galeria da esquerda tem cerca de 150 m e não prossegue. A galeria da direita abriga uma pequena drenagem e ainda apresenta prosseguimentos inexplorados. Foram mapeados cerca de 500 m (Figura 3.48).

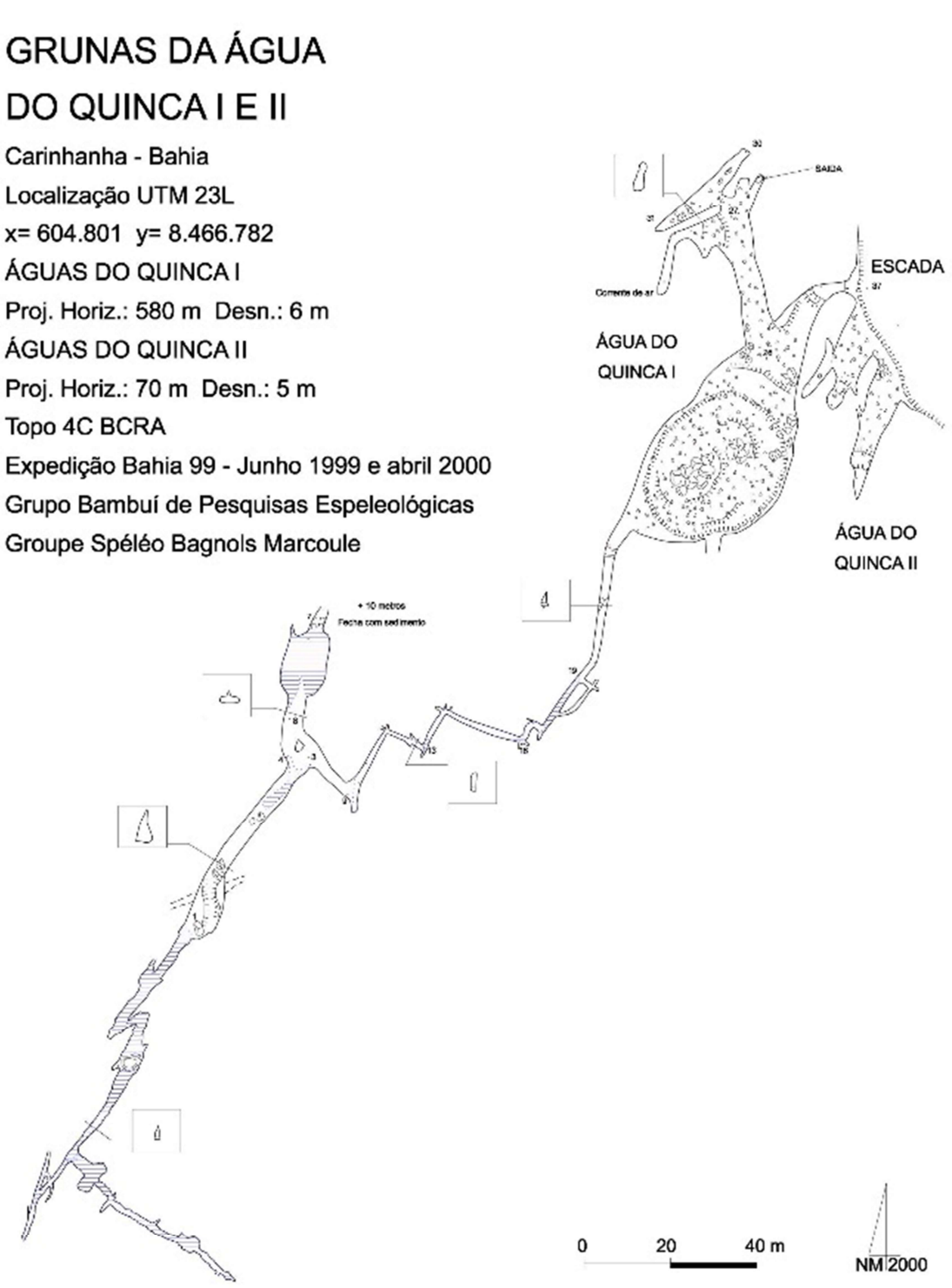


Figura 3.48. Planta baixa da Gruna Águas do Quinca I e II.

Abrigo Pingueira do Corrêa (Carinhanha/BA): UTM 23L: 604.974 – 8.467.504

Abrigo com pinturas rupestres em bom estado de conservação. Situado próximo a Gruna Águas do Quinca.

Gruna dos Peixes (Carinhanha/BA): UTM 23L: 610.666 – 8.469.908

Fenda vertical com 10 m de comprimento e 2 m de largura que intercepta o lençol freático, a poucos metros da superfície (Figura 3.49). O lago, que surge no seu interior, abriga milhares de peixes (cascudos), formando um exótico aquário natural em plena caatinga. Na época das chuvas, esse lago transborda, tornando-se uma grande ressurgência, provavelmente relacionada à drenagem que percorre uma parte da Gruna da Água Clara e da Lapa dos Peixes.



Figura 3.49. Aspecto da Gruna dos Peixes com o lago ao fundo.

Grunas de Macunã (Carinhanha/BA): UTM 23L: 618.508 – 8.478.743

Compreende várias fendas no meio do lapiezamento que dá acesso a salões alagados.

Abrigo dos Dois Irmãos (Carinhanha/BA).

Grande abrigo em meandro de drenagem temporária, situado na fazenda de mesmo nome. Ao longo do leito desta drenagem existem várias pequenas cavidades.

Túnel dos Ventos (Carinhanha/BA): UTM 23L: 613.128 - 8.469.980

Abrigo com pinturas rupestres que atravessa o paredão. As entradas estão a meia altura da escarpa.

Gruna da Raiz (Carinhanha/BA): UTM 23L: 613.094 - 8.469.903

Situada em maciço calcário residual, próximo a Lapa dos Peixes. Desenvolve-se paralelamente ao paredão, formando uma rede labiríntica com galerias altas (tipo fendas). Possui várias entradas e uma raiz de gameleira que percorre várias galerias. Extensão estimada em 600 m.

Gruna do Morro da Espera (Carinhanha/BA).

Situada próxima a caixa d'água associada à Lapa do Peixe. Possui várias entradas formando uma rede labiríntica que soma cerca de 300 m. Sítio arqueológico com muitas pinturas rupestres.

Gruna Grande da Baiana (Carinhanha/BA): UTM 23L 600.449– 8.466.591

Grande e imponente abrigo com significativo desenvolvimento (Figura 3.50). Localizada na fazenda de mesmo nome, servindo como ponto de captação de água.

Gruna Grande da Baiana II (Carinhanha/BA): UTM 23L 600.437 – 8.466.571

Pequena cavidade localizada ao lado esquerdo da Gruna Grande da Baiana, cerca de 20 m acima (Figura 3.50). Topografia atingiu 47 m.

Gruna Grande da Baiana I (Carinhanha/BA): UTM 23L 600.461 – 8.466.572

Similar à Gruna Grande da Baiana II, porém à direita (Figura 3.50). Topografada: 87 m.

Gruta Baiana (Carinhanha/BA): UTM 23L 600.182 – 8.466.514

Principal gruta do sistema Baiana. Formada por uma galeria meandrante, com largura e altura em torno de 10 a 15 m (Figura 3.50) onde se destaca uma magnífica sequência de travertinos que chegam a mais de 10 m de altura. Topografada: 2.260 m.

Gruta Baianinha (Carinhanha/BA): UTM 23L 600.305 – 8.466.517

Situada próximo à Gruta Baiana, provavelmente foi formada por uma drenagem secundária do sistema (Figura 3.50). Possui as mesmas características da Gruta Baiana, ou seja, galerias com traçado sinuoso e parcialmente alagadas. Topografada: 724 m.

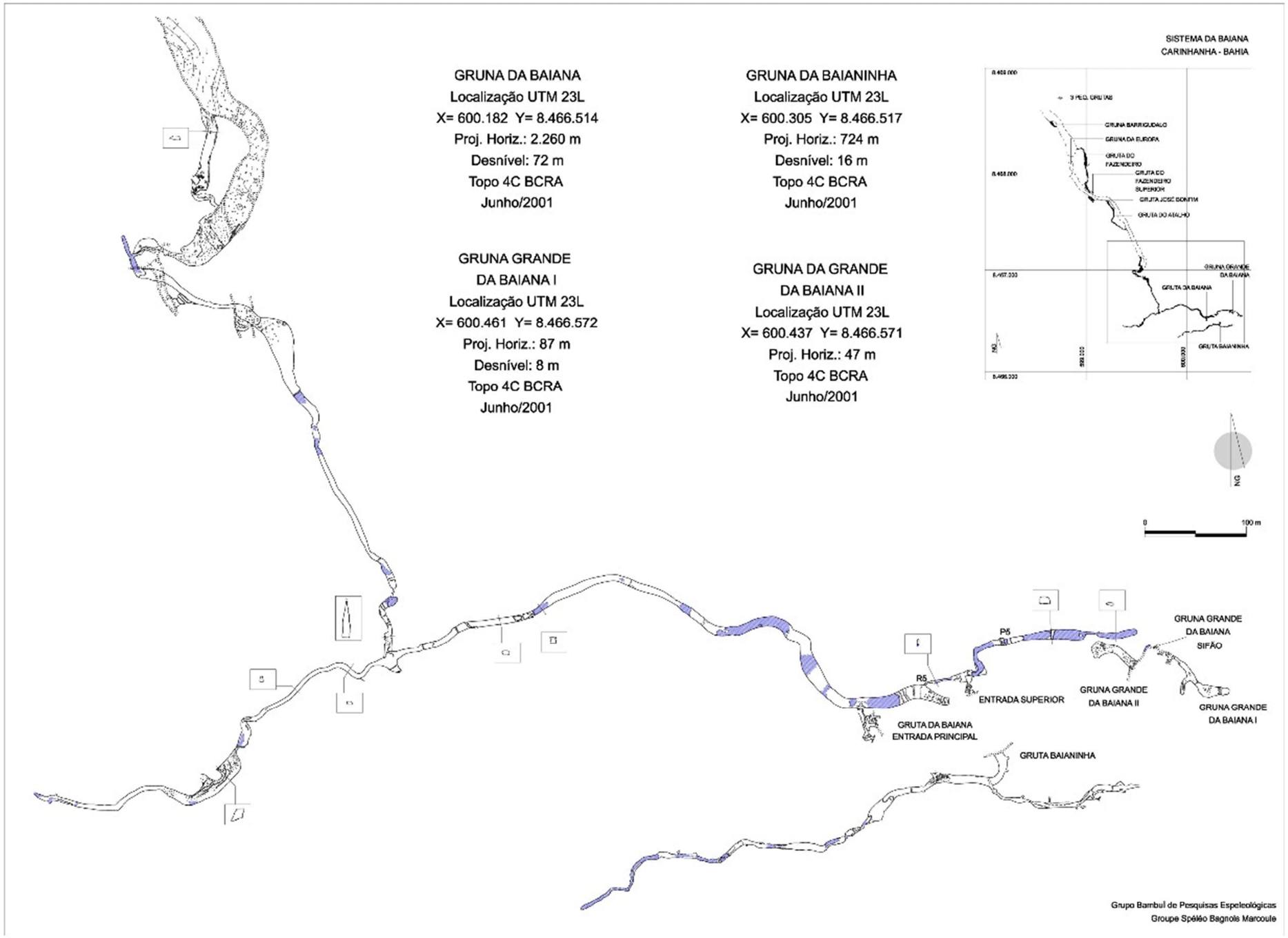


Figura 3.50. Planta baixa das cavernas que compõe o Sistema da Baiana.

Gruna do Atalho (Carinhanha/BA): UTM 23L 599.154 – 8.467.742

Situada no trecho intermediário, na parede esquerda (na direção montante) do cânion. Pode ser utilizada como passagem alternativa ao caminho acidentado que possui uma densa vegetação (Figura 3.51). Quando da exploração possuía uma pequena drenagem ativa abrigando dezenas de peixes troglóbios. Topografada: 412 m.

Gruna José Bonfim (Carinhanha/BA): UTM 23L 599.037 – 8.467.766

Pequena cavidade na lateral esquerda do cânion. Possui galeria alagada com possibilidades de continuação (Figura 3.51). Topografada: 135 m.

Gruna do Fazendeiro (Carinhanha/BA): UTM 23L 599.045 – 8.467.804

Situada na lateral direita do cânion. Sua entrada é parcialmente obstruída por um desmoronamento, mas logo nos primeiros metros a galeria adquire grandes proporções (com alturas variando de 10 a 25 m e largura em torno de 10 m) prosseguindo assim por algumas centenas de metros (Figura 3.51) até atingir uma nova saída (entrada superior). Topografada: 616 m.

Gruna do Fazendeiro Superior (Carinhanha/BA): UTM 23L 599.072 – 8.467.803

Pequena cavidade localizada ao lado da entrada inferior da Gruta do Fazendeiro (Figura 3.51). Topografada: 182 m.

Gruna do Barrigudalo (Carinhanha/BA): UTM 23L 598.647 – 8.468.467

Gruta localizada no trecho a montante, sendo a última cavidade do Cânion da Baiana. Formada por uma galeria única (Figura 3.51), seca e com cerca de 20 m de largura e 6 m de altura. Topografada: 86 m.

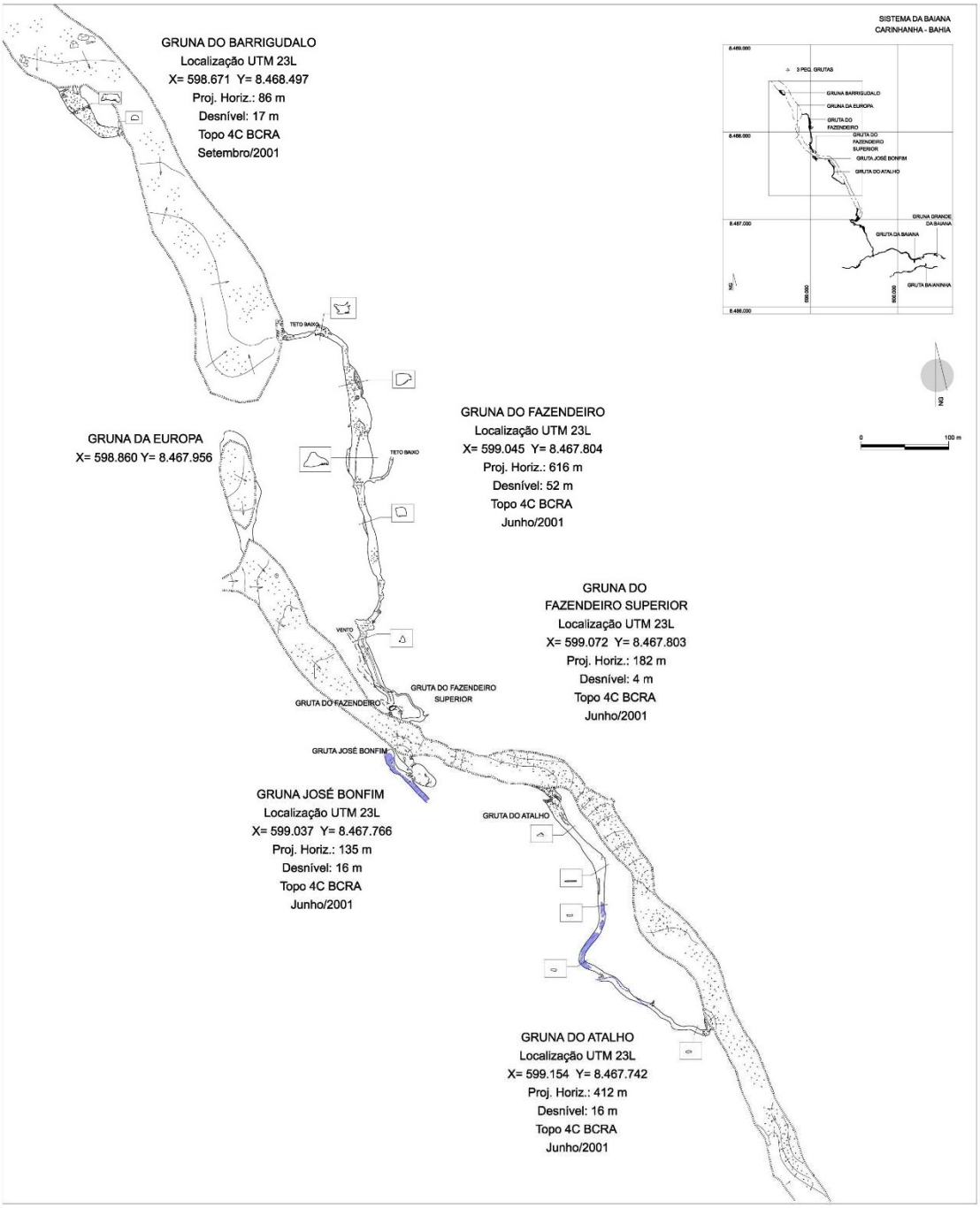


Figura 3.51. Planta baixa das cavernas associadas ao Cânion da Baiana.

Gruna do Cacimbão (Carinhanha/BA): UTM 23L 612.403 – 8.472.998

Situada próximo à Lapa dos Peixes, na parte superior do escarpamento. Consiste num sumidouro que se inicia em uma galeria baixa e com um traçado sinuoso (Figura 3.52). Depois de 200 m a galeria abre-se numa grande passagem descendente que, um pouco mais à frente, encontra-se obstruída por sedimento. Topografada: 350 m.

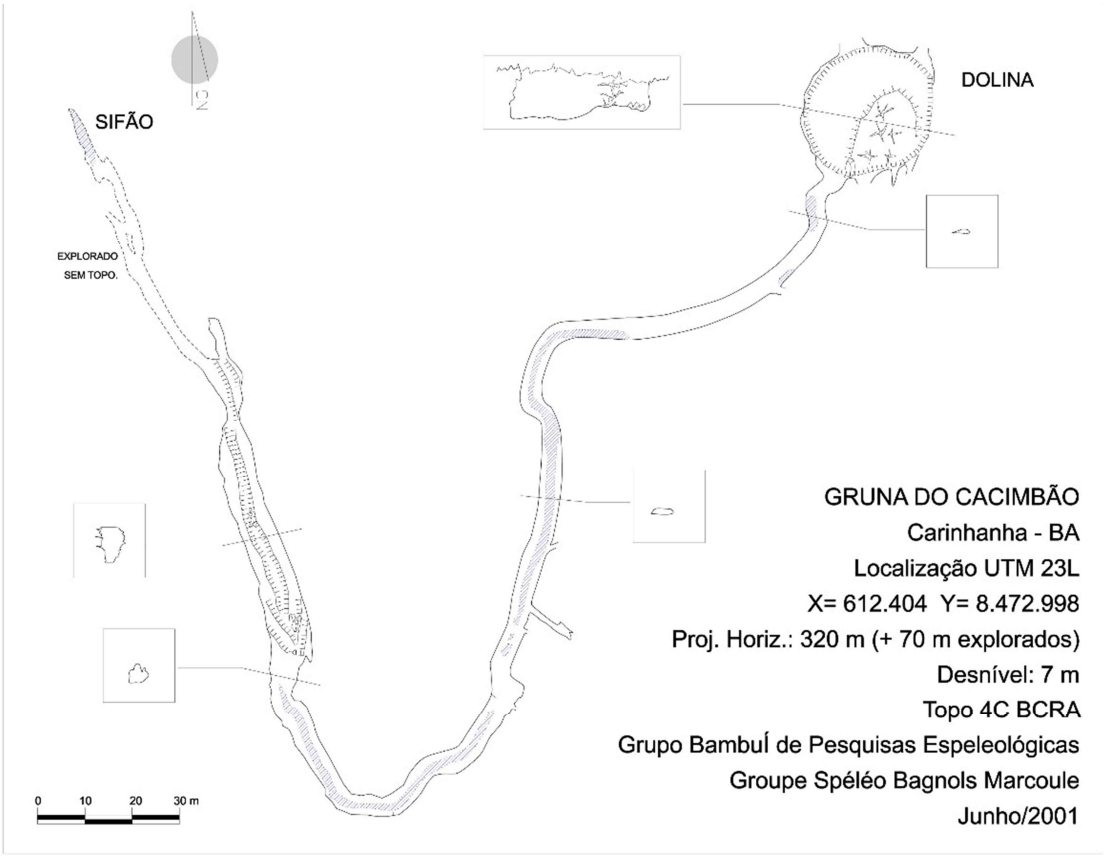


Figura 3.52. Planta baixa da Gruna do Cacimbão.

Gruna dos Mosquitos I, II e III (Coribe/BA): UTM 23L 602.020 – 8.466.758.

Pequenas cavidades localizadas ao pé da escarpa entre a Gruna Baiana e a Gruna Grande da Baiana. Próximas de uma pequena ressurgência.

Gruna da Figueira (Coribe/BA): UTM 23L 602.297 – 8.473.052

Formada por um magnífico conduto com mais de 100 m de altura (Figura 3.53), tendo na base cerca de 40 m de largura. As paredes sobem praticamente verticais até o teto, onde uma clarabóia com pouco mais de 10 m de largura e 200 m de extensão deixa penetrar uma luz difusa que ilumina uma vegetação baixa formada principalmente por samambaias que crescem em acumulações de areia. Ao fundo, um conduto com uma drenagem ativa que percorre quase 1 km em uma galeria meandrante limitada em ambas as extremidades por sifões (Figura 3.55). Topografada - Projeção horizontal: 1.510 m. Desnível: 139 m.

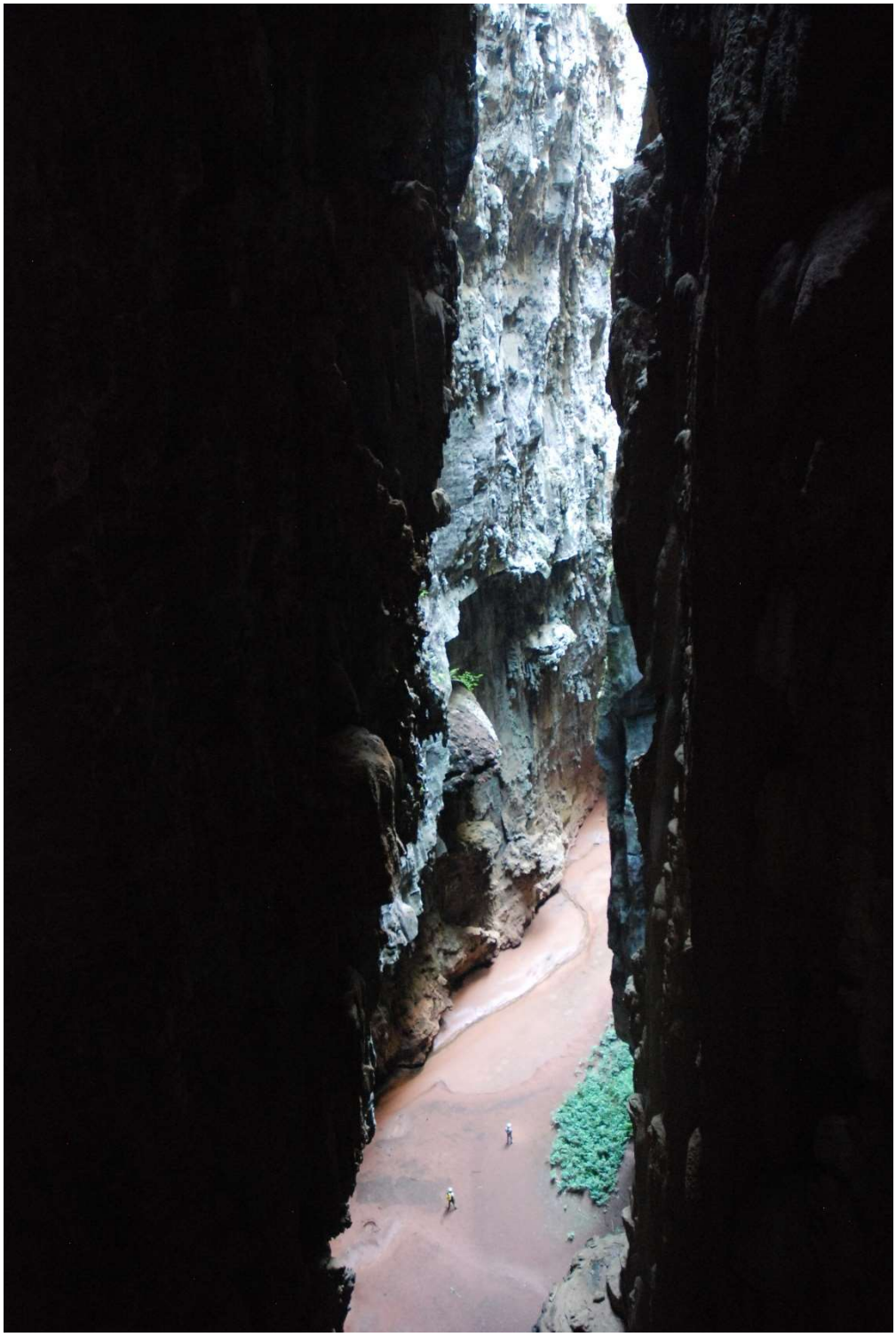


Figura 3.53. Galeria com mais de 100 m de altura na Gruna da Figueira.

Abismo da Figueira (Coribe/BA): UTM 23L 602.905 – 8.473.569

Situado um pouco mais a leste e na parte mais alta do maciço. Sua entrada vertical, com 80 m de profundidade, conduz a um gigantesco salão onde escorrimentos e cortinas atingem mais de 50 m de altura e são tingidos por tonalidades que variam do branco ao vermelho terra (Figura 3.54). Vários ninhos de delicadas pérolas brancas contrastam com a grandiosidade do local.

Possibilidades de prosseguimento em níveis superiores são uma característica das duas cavidades (a gruna e o abismo da Figueira) e deixam até mesmo a perspectiva de uma ligação entre elas (Figura 3.55). Projeção horizontal: 250 m. Desnível: 110 m.



Figura 3.54. Entrada do Abismo da Figueira

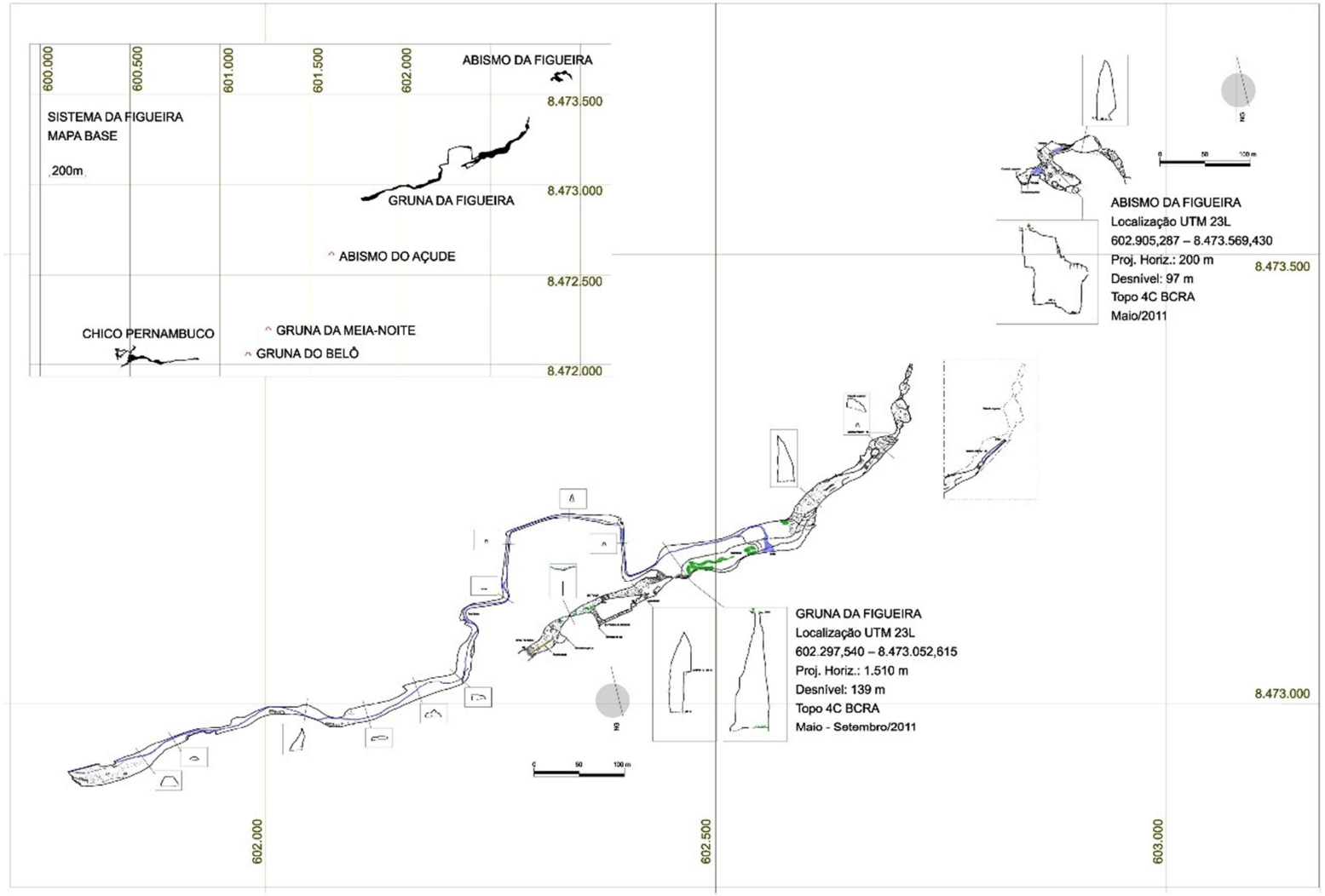


Figura 3.55. Planta baixa do Abismo e Gruna da Figueira

Gruna do Chico Pernambuco (Coribe/BA): UTM 23L 600.445– 8.472.081

Sumidouro de uma drenagem temporária que provavelmente é a mesma drenagem encontrada no interior da Gruna da Figueira. O rio forma vários lagos (associados a represas de travertino) e cachoeiras em condutos muitas vezes paralelos. Possui galerias com dimensões modestas e vários lances verticais (Figura 3.56). Destaca-se o Conduto Pamukkale que possui uma magnífica sequência de travertinos brancos que contrasta com as águas azuladas represadas (Figura 3.57). Topografia somou 1.070 m.

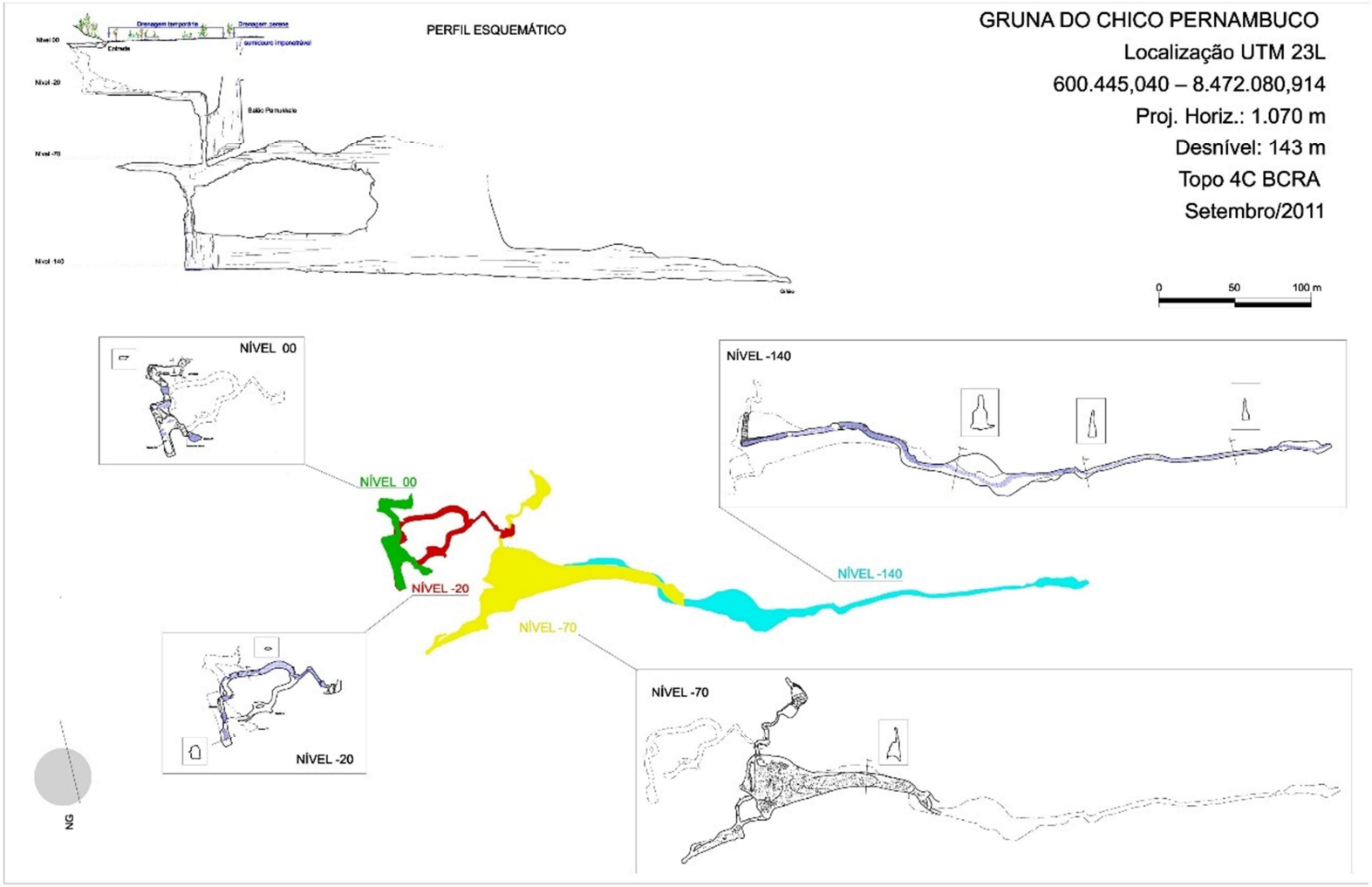


Figura 3.56. Planta baixa da Gruna do Chico Pernambuco.

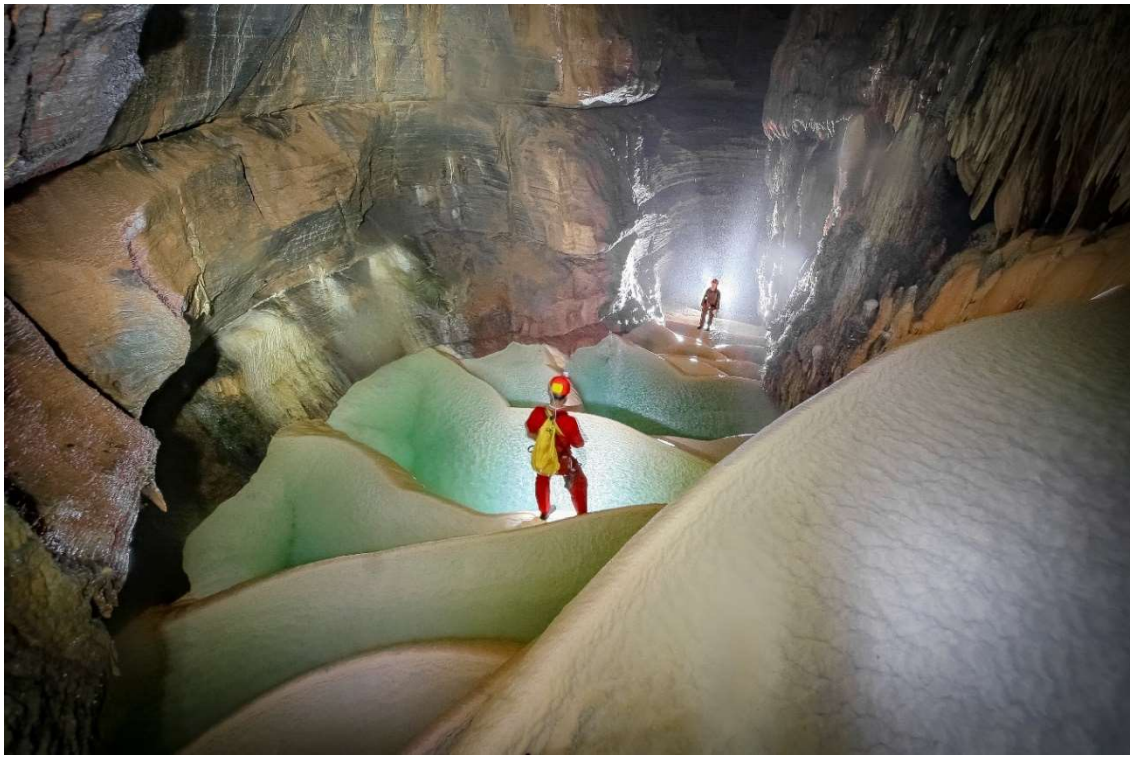


Figura 3.57. Galeria Pamukkale na Gruna do Chico Pernambuco

Gruna da Correição (Coribe/BA): UTM 23L 600.858,176 – 8.471.937,677

Sua entrada situa-se no fundo de uma depressão rasa e está totalmente entupida por sedimento. Extensão: 10 m.

Gruna do Belô (Coribe/BA): UTM 23L 601.158 – 8.472.056

Situada na meia encosta de um vale, possui entrada ampla (com cerca de 5 m de altura e 10 m de largura) e uma galeria única que segue descendente até interceptar um abismo que acessa um grande salão cerca de 50 m abaixo (Figura 3.58). Extensão: cerca de 500 m.



Figura 3.58. Salão situado no nível inferior na Gruna do Belô.

Gruna do Meia Noite (Coribe/BA): UTM 23L 601.279 – 8.472.197

Cavidade que possui uma entrada pequena situada na meia encosta de uma dolina. As explorações foram interrompidas em um abismo. Extensão: cerca de 50 m e prossegue.

Gruna da Marmota (Coribe/BA): UTM 23L 601.311 – 8.472.285

Cavidade que possui uma entrada muito baixa que acessa uma galeria pequena e estreita. Extensão: cerca de 10 m.

Abismo do Açude (Coribe/BA): UTM 23L 601.622 – 8.472.771

Abismo não explorado representando o ponto terminal (sumidouro) de uma drenagem temporária. Desnível com profundidade estimada em 10 m. Situado aproximadamente acima da galeria final da Gruna da Figueira.

Gruna do Leandro (Coribe/BA): UTM 23L 592.785 – 8.472.334

Ponto terminal de um sumidouro temporário. A grande entrada (12 x 8 m) dá acesso a um salão coberto por blocos abatidos. No meio destes, surge um nível inferior que não possui maiores continuações. Topografia em andamento: 440 m.

Abismo do Edson (Coribe/BA): 23L 593.979 - 8.471.063

Possui uma entrada vertical formada por uma sequência de belos e amplos abismos, sendo o maior lance com 50 m (Figura 3.59). O trecho inferior é marcado por um conduto alto, sinuoso e percorrido por uma pequena drenagem (Figura 3.60). Topografada: 370 m.

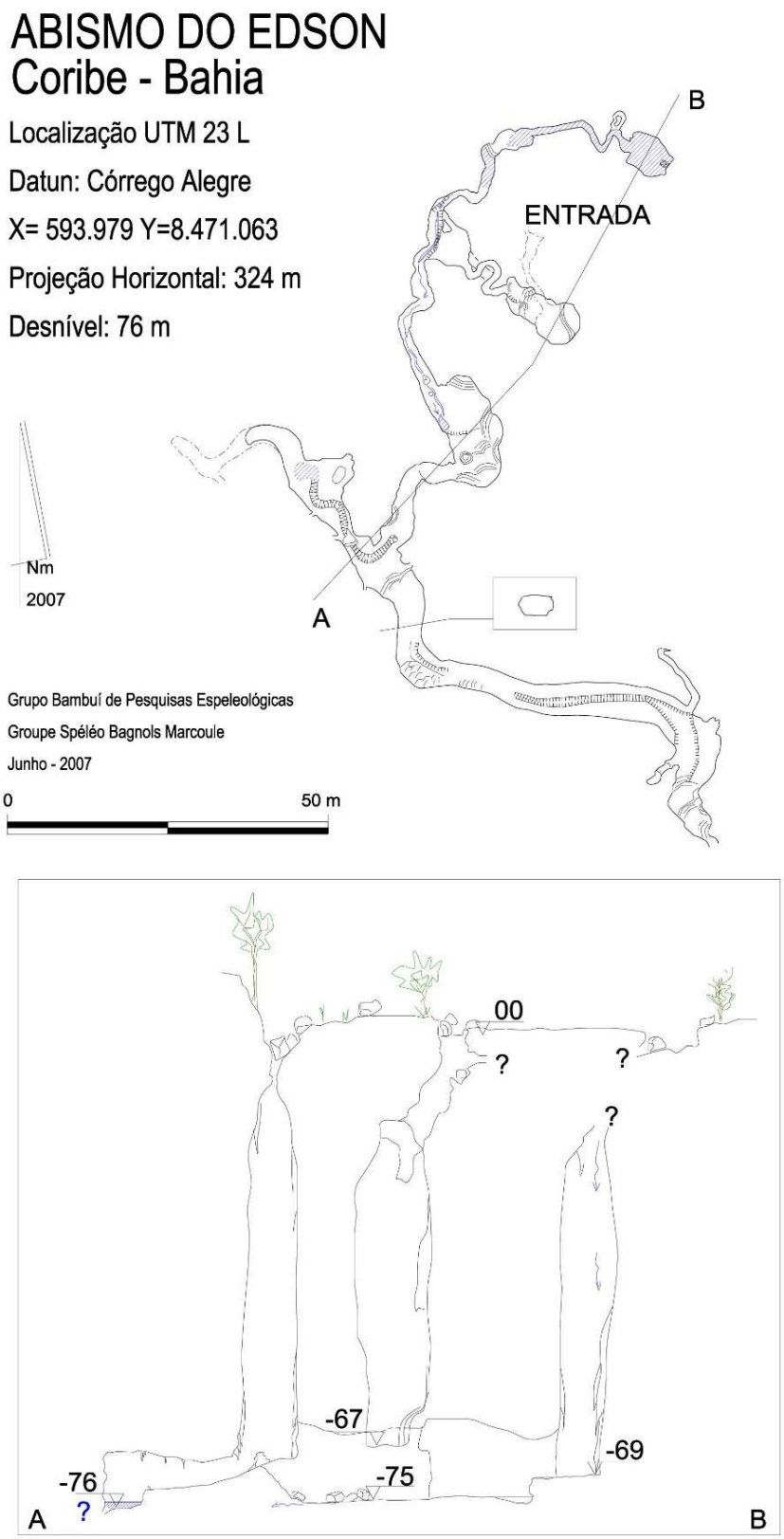


Figura 3.59. Planta baixa e perfil do Abismo do Edson.



Figura 3.60. Galeria vertical no Abismo do Edson.

Abrigo do Edson (Coribe/BA): 23L 594.143 - 8.471.046

Grande abrigo situado na base do paredão, próximo ao Abismo do Edson. Apesar da sua abertura, que possui quase uma centena de metros de largura, as poucas galerias encontradas não penetram muito no maciço. Possui também uma galeria descendente que funciona como um sumidouro de uma pequena drenagem temporária. Possui pinturas e gravações rupestres. Extensão estimada: 50 m.

Gruna do Edson (Coribe/BA): 23L 594.435 - 8.471.057

Situada próxima ao Abismo da Raiz. Sumidouro de uma pequena drenagem temporária. Galeria única e descendente que fecha com cerca de 30 m de extensão.

Abismo da Raiz (Coribe/BA): 23L 594.328- 8.471.118

Gruta vertical formada por um lance único com 50 m desnível. As raízes de uma gameleira que se equilibra na borda do abismo descem pelas paredes até o fundo da cavidade à procura de um local mais úmido. Situada próxima do Abismo e do Abrigo do Edson.

Abismo da Pingueira (Coribe/BA): 23L 592.811/8.471.536

Cavidade com entrada vertical formada por um amplo abismo de 25 m de profundidade. No fundo existem dois prosseguimentos, sendo o maior deles descendente e terminando em uma passagem com teto baixo. Topografada: 100 m.

Gruna da Pingueira (Coribe/BA): 23L 592.514/8.471.182

A gruta consiste, em seu primeiro trecho, em uma galeria única interceptada por diversos colapsos do teto, os quais geraram uma série de belas clarabóias. Ao término do trecho das clarabóias abre-se um salão com alguns abatimentos e uma fenda de desnível abruto junto à parede esquerda. Ao final do salão é possível acessar uma série de galerias que acabam formando um pequeno meandro. O meandro termina em um poço no qual, junto ao fundo, desenvolve-se uma estreita fissura horizontal que não permite o avanço. O trecho das clarabóias não foi topografado e ficou parcialmente inexplorado. O restante do trecho descrito foi topografado e não apresenta maiores possibilidades para continuações. A topografia atingiu 220 m.

Sumidouro da Pingueira (Coribe/BA): 23L 591.977/8.470.736

A gruta está localizada no leito seco do rio que lhe empresta o nome. Consiste em uma estreita e única galeria, com aproximadamente 80 m de extensão e desprovida de espeleotemas (Figura 3.30). Ao final da galeria, após um breve trecho sinuoso, existe um obstáculo vertical em desnível de 3 a 5 m. A gruta não se apresenta totalmente fechada, mas aparentemente, frente à falta de circulação de ar e ao contínuo estreitamento das laterais e do teto da galeria, provavelmente não aparenta ter condições de prosseguimento.

Gruna do Sal Caré (Ramalho/BA): UTM 23L 621.008 – 8.480.340

Cavidade com bomba para captação de água.

Gruna Pingueira do João Nogueira (Coribe/BA): 23L 594.848/8.470.941

Gruta descoberta e parcialmente explorada em fevereiro de 2006. Possui uma ampla entrada localizada na encosta de uma grande depressão. Ainda na zona de penumbra encontra-se uma galeria percorrida por uma drenagem temporária com prosseguimentos a jusante e montante. A primeira parte leva a um conduto meândrico que se torna cada vez mais estreito. Descendo a drenagem foi atingida uma área com grandes abatimentos e abismos que levam ao nível inferior da caverna, também marcado por uma galeria sinuosa, alta e que termina em um sifão (Figura 3.61). Topografada: 1.000 m.

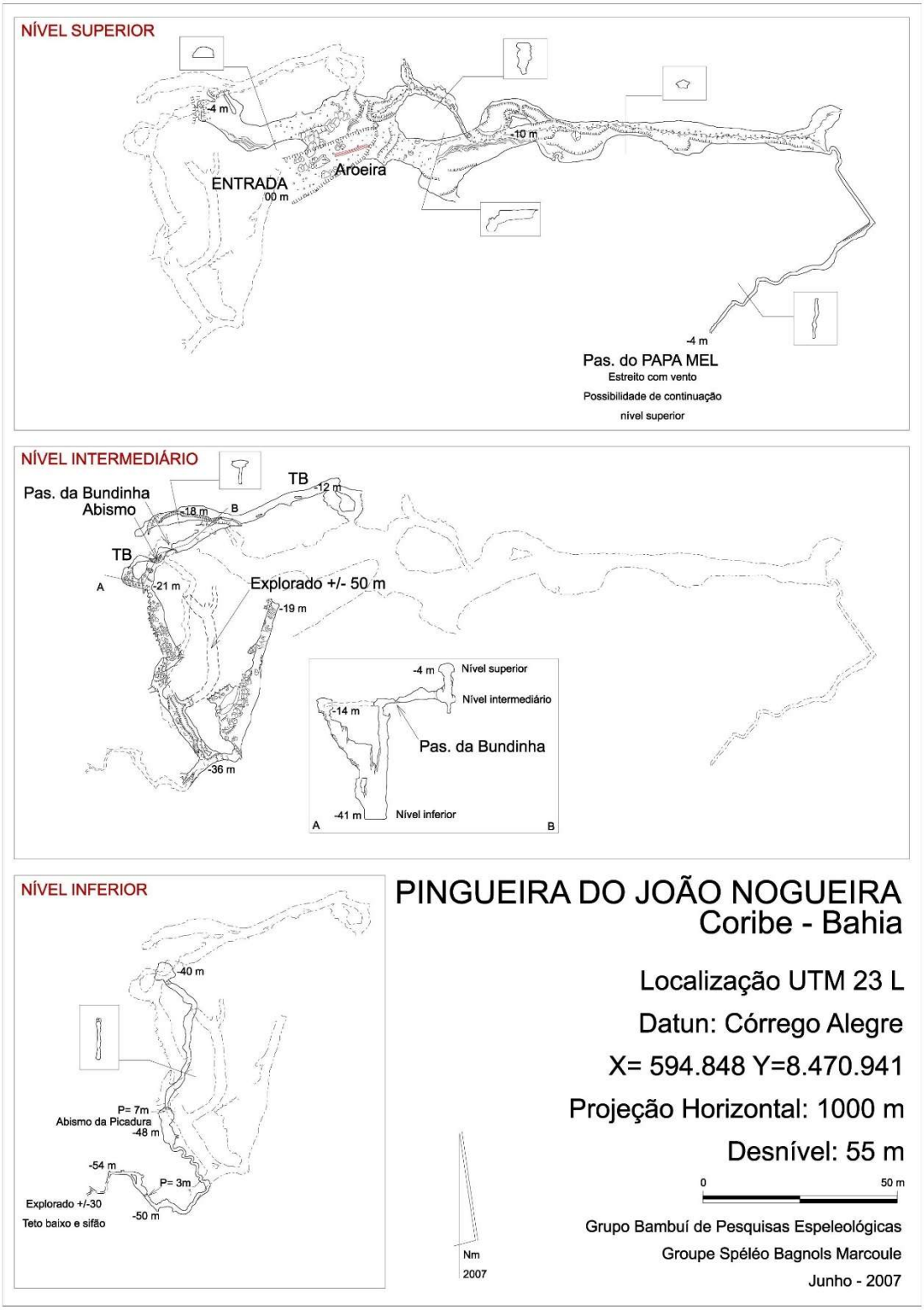


Figura 3.61. Planta baixa da Gruna Pingueira do João Nogueira.

Gruna do Sumidouro I (Coribe/BA): 23L 594.633/8.471.111

Pequena cavidade (30 m) localizada próxima à Pingueira do João Nogueira. Sumidouro temporário formado por uma galeria única e descendente que está obstruída por espeleotemas.

3.4.3. Setor Descoberto

A parte central da Serra do Ramalho é caracterizada por um amplo platô que chega a cotas acima dos 800 m na borda sul, leste e nordeste. A região não possui grandes afloramentos, mas é marcada por inúmeras dolinas e sumidouros. Esta porção da Serra do Ramalho é formada por uma grande depressão não muito profunda, com vertentes suaves que convergem para o povoado de Descoberto (Figura 3.62). Várias drenagens temporárias descem para essa área e ficam represadas por barragem que mantem uma pequena lagoa ativa durante a maior parte do ano. Esse córrego temporário alimenta a principal cavidade da região: a Gruna da Lago do Meio.

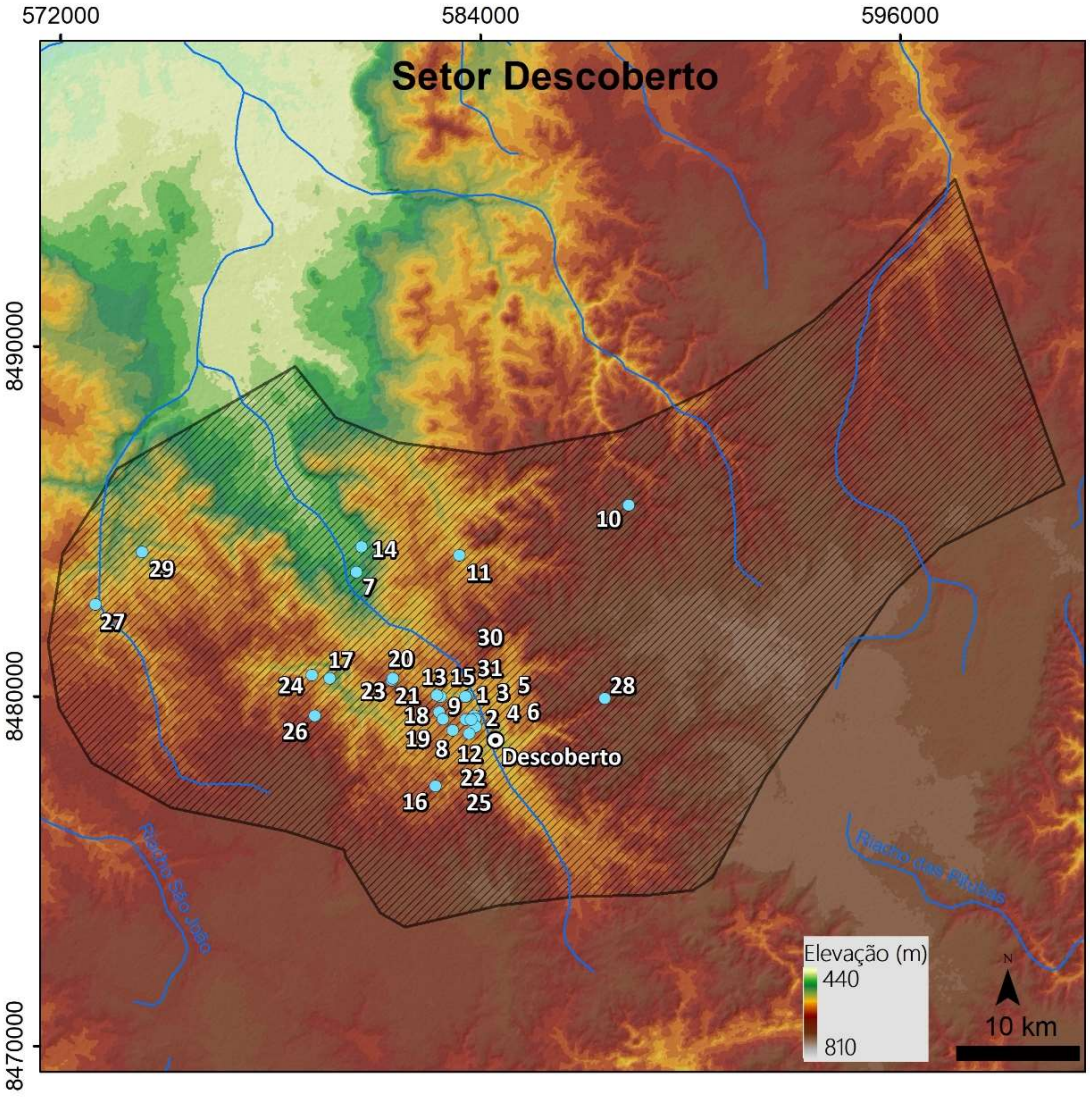


Figura 3.62. Hipsometria e localização de cavernas do Setor Descoberto. A numeração das cavernas refere-se à Tabela 3.4.

O trajeto subterrâneo da drenagem começa próximo as ruas do povoado em um local conhecido como Gruna de Descoberto; uma sequência de pequenas grutas separadas por um cânion estreito e cheio de curvas. A última cavidade (Gruna de Descoberto III) possui diversos travertinos que represam a água além de todo os demais resíduos provenientes do povoado. Muitas garrafas pet, sacos plástico, latas e garrafas cobrem toda a superfície dos lagos antes que um sifão impeça a progressão. A drenagem volta a ser encontrada alguns metros depois, já na gruta conhecida como Lagoa do Meio, percorrendo uma longa e sinuosa galeria, ainda não foi totalmente explorada devido ao excesso de CO_2. Os prováveis locais candidatos a ressurgência do sistema são a Ponta Água e a Gruna da Pratina, ambas situadas a 5 km das últimas galerias conhecidas (Figura 3.63). Já do outro lado as Serra do Ramalho, na vertente oeste, a drenagem temporária (agora correndo superficialmente) forma um longo vale que segue na direção norte até encontrar o Rio Formoso, afluente da margem direita do Rio Corrente.

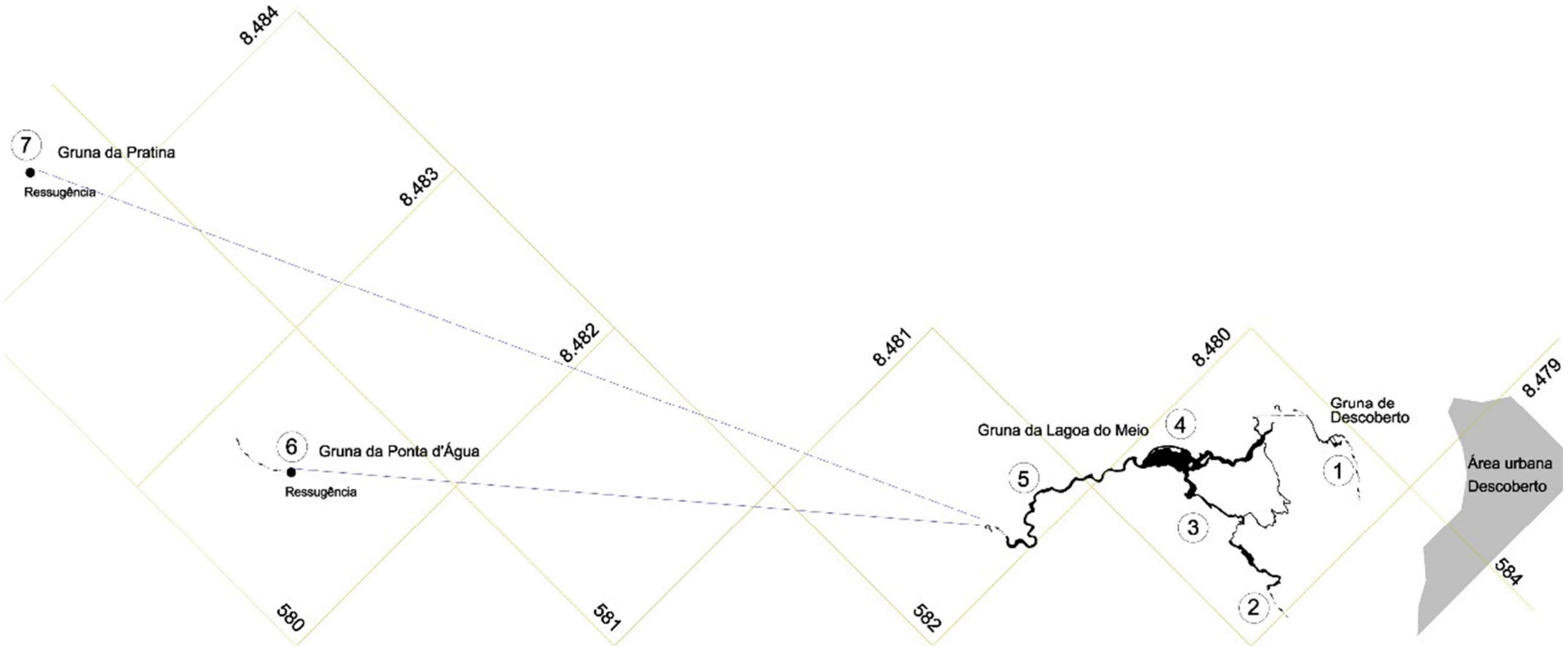


Figura 3.63. Grutas de Descoberto, Gruna da Lagoa do Meio e possíveis ponto de ressurgência (Pratina e Ponta d'Água).



Além do sistema da Lagoa do Meio, a região é marcada por diversas grutas menores, que podem ser encontradas distribuídas em praticamente todos os locais. São cavidades secas e não é raro encontrar condutos entupidos por sedimento.

Ainda podem ser observados maciços menores que não são ligados diretamente ao afloramento principal. É o caso da região e povoado conhecidos como Lagartixa. São elevações com encostas suaves onde os calcários são visíveis somente em paredões isolados. As cavidades mais importantes conhecidas nesta região estão associadas a sumidouros, destacando-se a Gruna da Serra Verde.

Pertencente ao município de Coribe, a região tem o povoado de Descoberto como o principal núcleo urbano. Além disso, o relevo mais aplainado e sem grandes acidentes geográficos favorece uma distribuição uniforme das vias de acesso e as propriedades rurais. A Tabela 3.4 apresenta as cavernas conhecidas na região, que são descritas a seguir.

#	CAVIDADE	PH (m)	TOP.	MUNICÍPIO	COORDENADAS	
1	Gruna de Descoberto I	10	E	CO	583.900	8.479.400
2	Gruna de Descoberto II	100	T	CO	583.900	8.479.400
3	Gruna de Descoberto III	160	T	CO	583.880	8.479.484
4	Gruna de Descoberto IV	20	E	CO	583.900	8.479.400
5	Gruna de Descoberto V	20	E	CO	583.900	8.479.400
6	Gruna de Descoberto VI	20	E	CO	583.900	8.479.400
7	Ressurgência da Ponta D'Água	10	E	CO	580.503	8.483.587
8	Gruna da Lagoa do Meio	4.740	T	CO	583.263	8.479.062
9	Gruna do Izupério Marcelo	300	E	CO	583.640	8.479.371
10	Gruna da Pedra Azul	100	E	CO	588.292	8.485.494
11	Gruna da Cacimbinha	100	T	CO	583.443	8.484.064
12	Buraco d'Água	20	E	CO	583.916	8.479.176
13	Gruna do Recanto	100	E	CO	582.910	8.480.024
14	Gruta da Pratina	30	T	CO	580.653	8.484.307
15	Buraco da Água II	20	E	CO	583.680	8.480.056
16	Gruna do Zeferini	200	E	CO	582.763	8.477.475
17	Gruna do Ventilador	1.030	T	CO	579.748	8.480.547
18	Gruna Canto da Siriema I	120	T	CO	582.876	8.479.590
19	Gruna Canto da Siriema II	30	E	CO	582.976	8.479.390
20	Gruna Desmatada	30	E	CO	581.514	8.480.498
21	Gruna das 4 Cabras	400	E	CO	582.804	8.480.064
22	Gruna Très Joie	180	T	CO	583.785	8.479.376
23	Gruna do Veio Chico	60	T	CO	581.549	8.480.554
24	Gruna do Jogo de Damas	60	T	CO	579.231	8.480.640
25	Gruna Dolina do Pau Pintado	20	T	CO	583.724	8.478.970
26	Abismo Tanque da Gameleira	50	E	CO	579.319	8.479.478

27	Gruna da Serra Verde	1.730	T	CO	573.042	8.482.662
28	Sumidouro do Olho d'Água	300	T	CO	587.600	8.479.973
29	Gruna da Lagartixa		E	CO	574.376	8.484.158
30	Gruna Água Limpa I		E		583.630	8.480.021
31	Gruna Água Limpa II		E		583.627	8.480.020

Tabela 3.4. Cavernas no Setor Descoberto. Municípios: (CO) Coribe. T - Caverna topografada. E- Caverna com dimensões estimadas.

Gruna do Izupérico Marcelo (Coribe/BA): UTM 23L 583.640 – 8.479.371

Batizada em homenagem ao proprietário das terras próximas ao povoado de Descoberto que nos guiou até a entrada da gruta. Localizada na parte alta de uma encosta com uma pequena entrada, surpreendeu pelas amplas e ornamentadas galerias. Destacam-se grandes escorrimentos, estalagmites e cortinas. Totalmente seca e com aproximadamente 300 m de extensão.

Buraco d'Água (Coribe/BA): UTM 23L 583.916 – 8.479.176

Localizada próxima a anterior, sendo um curso d'água subterrâneo interceptado por uma fratura. Sifona a jusante e com poucos metros torna-se muito estreita do lado oposto.

Gruna da Pedra Azul (Coribe/BA): UTM 23L UTM 23L 588.292 – 8.485.494

Situada em uma das inúmeras depressões da Serra do Ramalho, geralmente de grandes proporções, pouco profundas e com vários pontos de drenagem. Serve também para retirada de água que aparece em pequena quantidade no seu interior. Possui 100 m de extensão aproximadamente.

Gruna de Descoberto I a VI (Coribe/BA): UTM 23L 583.900 – 8.479.400

Sumidouro do rio que passa pelo povoado de Descoberto, desaparecendo a poucos metros da rua principal. Este primeiro e curto trecho (10 m) onde o rio sifona, foi batizado de Gruna de Descoberto I. As cavidades II e a III podem ser atingidas depois de percorrer alguns metros em um cânion seco até encontrar novamente o rio (Figura 3.64). À jusante está o maior e mais interessante prosseguimento, onde as galerias atingem mais de 10 m de altura com trechos fundos e cachoeiras até atingir o sifão final a 300 m da entrada. A Gruna de Descoberto II possui um conduto baixo e mais curto (cerca de 80 m). As grunas IV, V e VI são secas e localizadas à margem esquerda do rio. A planta baixa destas cavernas e sua relação com ao Gruna da Lagoa do Meio podem ser observadas na Figura 3.63.



Figura 3.64. Cânion que segmenta as grunas de Descoberto.

Gruna da Cacimbinha (Coribe/BA): UTM 23L 583.443 – 8.484.064

Ressurgência a 6 km de Descoberto que se desenvolve abaixo da estrada, onde a espessura do teto é em torno de 50 cm de rocha. Uma barragem artificial represa o rio que escoa lentamente do seu interior. Possui, a poucos metros da entrada, um trecho fundo que prossegue alguns metros antes de ser interrompido por um sifão (Figura 3.65). Em uma visita mais recente (2023) a galeria estava totalmente preenchida por sedimentos, provavelmente devido a assoreamento relacionado à erosão de solo.

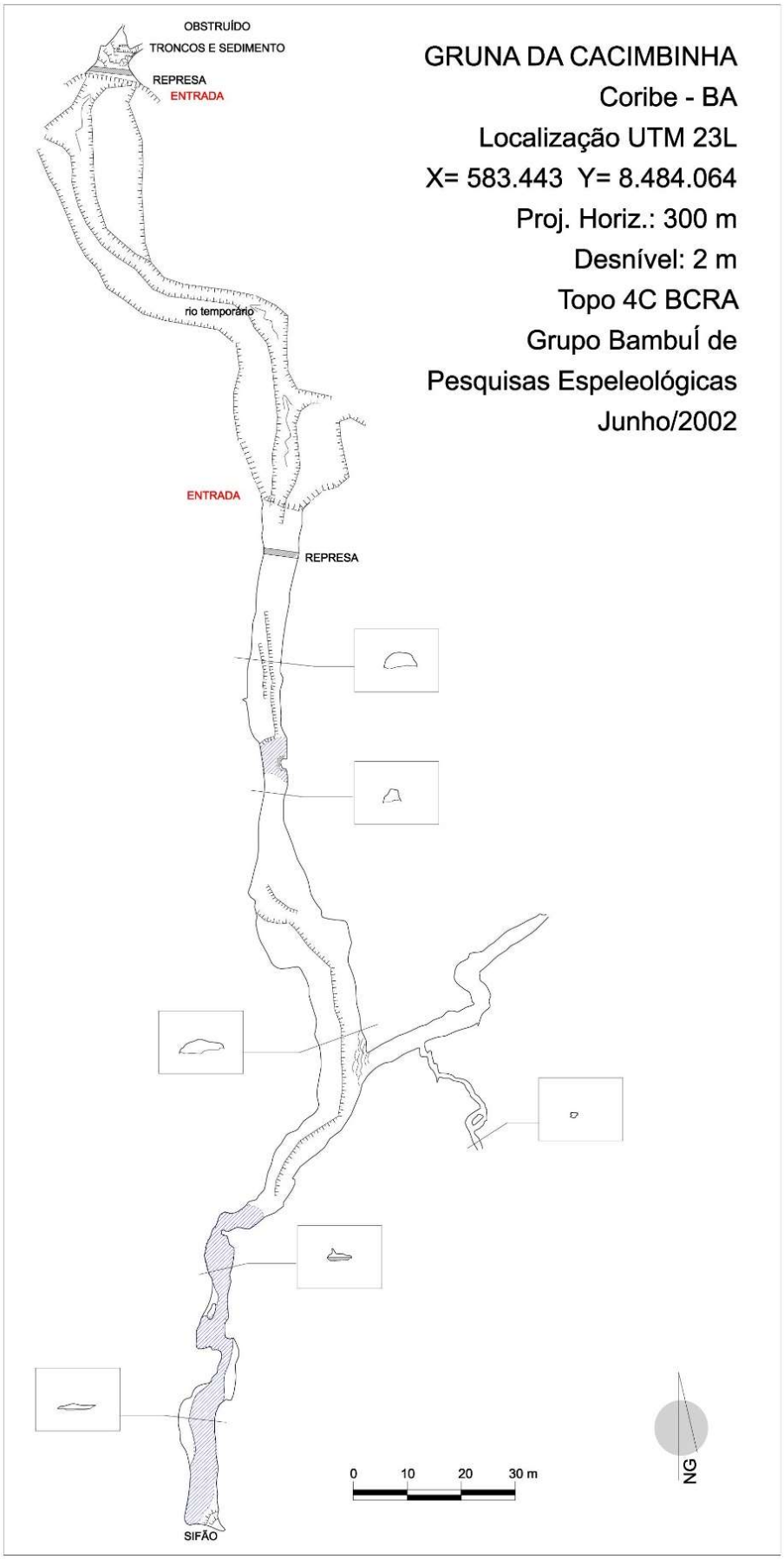


Figura 3.65. Planta baixa da Gruna da Cacimbinha.

Gruta da Pratina (Coribe/BA): UTM 23L 580.653 – 8.484.307

Ressurgência perene que dá acesso a conduto único de dimensões médias com cerca de 30 m de extensão (Figura 3.66). Ao final o rio surge de um sifão. Gruta mapeada.



Figura 3.66. Aspecto da galeria da Gruna da Pratina.

Gruna da Lagoa do Meio (Coribe/BA): 23L 583.263 – 8.479.062

Situada a 1,5 km do povoado de Descoberto, próxima a estrada que segue para Coribe. Sumidouro de uma drenagem temporária. A entrada modesta esconde as reais dimensões desta cavidade que, logo nos primeiros metros, assume grandes proporções chegando a mais de 20 m de largura e 10 m de altura (Figura 3.67). A galeria segue ampla alternando trechos desmoronados com outros setores bem ornamentados. Depois de 400 m, o conduto se divide, sendo que a drenagem ativa segue por um conduto meândrico, baixo e parcialmente alagado.

Esta morfologia continua praticamente constante por mais de 1 km, até que a galeria se torna estreita e vertical. Retornando a parte inicial da gruta, temos acesso ao nível superior, marcado por um conduto amplo e que segue em um traçado igualmente meandrante. Depois de algumas centenas de metros, esta passagem intercepta a parte superior de um salão de grandes dimensões (Figura 3.68). No fundo uma galeria percorrida por uma drenagem ativa segue nas duas direções. A montante, depois de quase 1 km, um sifão impede a continuação. Descendo o rio o conduto continua com dimensões confortáveis e foi explorado cerca de 800 m sem obstáculos visíveis. A dificuldade fica por conta do excesso de CO_2 que impede uma progressão segura. Topografados 4.740 m nos anos de 2005 a 2007.

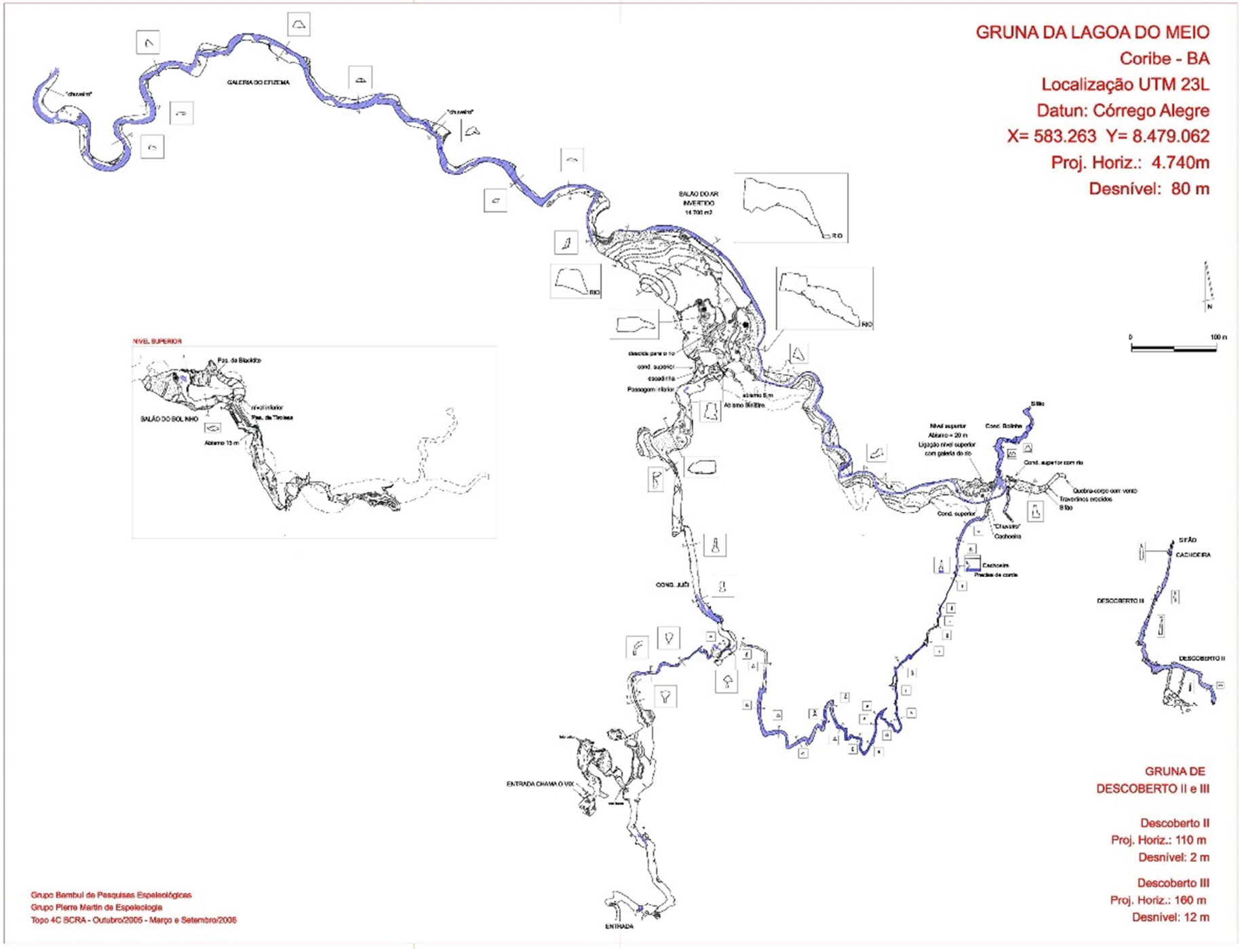


Figura 3.67. Planta baixa da Gruna da Lagoa do Meio e grunas de Descoberto.



Figura 68. Galeria de grandes dimensões na Gruna da Lagoa do Meio.

Ressurgência da Ponta d'Água (Coribe/BA): 23L 580.503 – 8.482.587

O local já havia sido visitado pela expedição Franco-brasileira em 2001. Contudo, a primeira investida chegou apenas até o local onde ocorre a ressurgência propriamente dita, que é perene, porém impenetrável. Mas continuando a seguir o leito seco do rio mais 1 km a montante é possível alcançar o local de onde a drenagem principal de fato ressurge em épocas de chuva (Figura 3.69). A cavidade possui uma galeria única, parcialmente alagada (na época da seca a água não possuia circulação visível) e que termina, depois de 150 m, em um sifão.



Figura 3.69. Entrada da Gruna da Ponta d´Água, onde há ressurgência de água durante períodos chuvosos.

Gruna do Ventilador (Coribe/BA): UTM 23L 579.748 – 8.480.547

Localizada a cerca de 1 km do lado esquerdo de uma estrada secundária que serve de acesso a Gruna da Lagoa do Meio. Gruta seca com a entrada principal localizada na parte alta de um maciço. O seu trecho inicial é marcado por um sistema labiríntico com galerias altas (Figura 3.70), amplas e distribuídas como uma malha regular com várias entradas e claraboias. A segunda parte da gruta é marcada por uma galeria praticamente única, com larguras variando de 5 a 15 m e alturas que chegam a mais de 10 m. Ricamente ornamentada, destacando-se os grandes conjuntos de escorrimentos e travertinos. Em seu trecho final a gruta apresenta um desmoronamento que ao mesmo tempo obstrui as continuações dos condutos e serve de acesso a uma nova saída - localizada no lateral de um grande paredão. Topografada: projeção horizontal: 1.155 m.

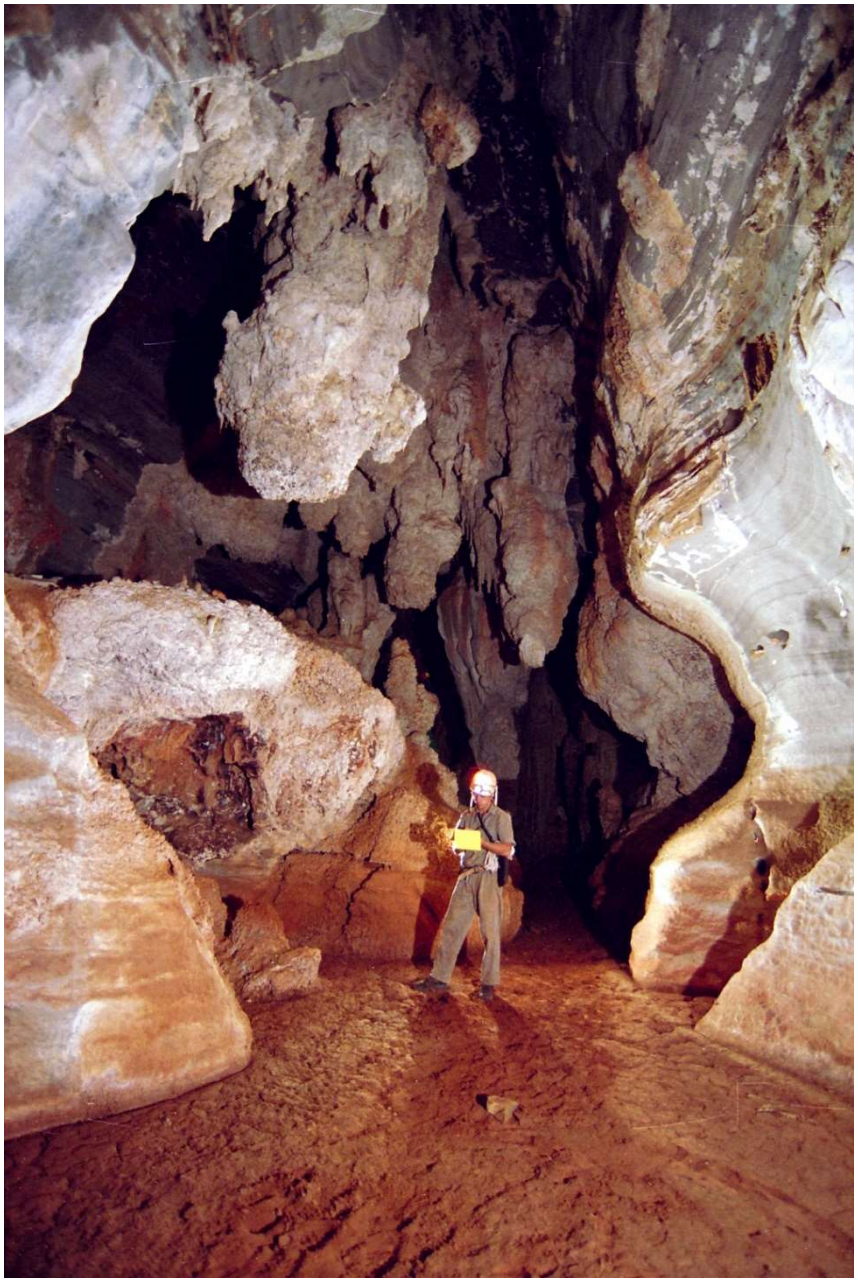


Figura 3.70. Galeria da Gruna do Ventilador.

Gruna Canto da Siriema I (Coribe/BA): UTM 23L 582.876 – 8.479.59

Situada próxima a Gruna da Lagoa do Meio. Possui uma grande entrada no fundo de uma dolina que serve de sumidouro para uma drenagem temporária. Possui uma galeria única que segue paralela a entrada e encontra-se parcialmente obstruída por desmoronamentos. Coordenada estimada a partir da sua posição em relação a Gruna da Lagoa do Meio. Topografada: 120 m.

Gruna Canto da Siriema II (Coribe/BA): UTM 23L 582.976 – 8.479.390

Situada próxima a Gruna da Lagoa do Meio. Coordenada estimada a partir da sua posição em relação a Gruna da Lagoa do Meio.



Gruna Desmatada (Coribe/BA): UTM 23L 581.514 – 8.480.498

Situada em um pequeno afloramento, possui uma entrada larga (cerca de 8 m) e bem superficial. Gruta seca e com vários espeleotemas. Foram explorados somente os trechos iniciais (30 m).

Gruna das Quatro Cabras (Coribe/BA): UTM 23L 582.804 – 8.480.064

Sua modesta entrada, situada na base de um grande afloramento, fica protegida por uma grade de madeira que impede que os animais entrem na caverna. Os moradores locais contam que 4 cabras que ali entraram nunca mais foram encontradas. O trecho inicial é marcado por galerias secas, baixas e bem quentes. Depois de um desnível vertical (cerca de 10 m) as passagens se ampliam e gruta passa a se desenvolver de forma labiríntica e com muitos espeleotemas. As explorações foram interrompidas em um grande salão embora com poucos prosseguimentos evidentes. Foram explorados cerca de 400 m. Não foi topografada.

Gruna do Zeferini (Coribe/BA): UTM 23L 582.763 – 8.477.475

Situada abaixo da estrada que liga Descoberto ao Morrão. Possui uma entrada pequena e uma galeria única que segue por cerca de 200 m. Não foi topografada.

Gruna Dolina do Pau Pintado (Coribe/BA): UTM 23L 583.724 – 8.478.970

Esta cavidade está localizada na periferia da cidade de Descoberto, dentro de uma dolina, do lado esquerdo da estrada que leva ao Pau Pintado. A cavidade serve como sumidouro de uma drenagem temporária sendo formada por uma galeria única, tendo como acesso uma larga entrada que ilumina toda a cavidade. Topografado nível 2B. Projeção horizontal: 20 m Desnível: 2 m.

Gruna do Véio Chico (Coribe/BA): UTM 23L 581.549 - 8.480.554

Localizada na Fazenda Véio Chico. Esta pequena cavidade está localizada muito próximo à superfície. Entre o final do vão da entrada e a superfície não há mais do que meio metro de rocha. Junto à entrada abre-se um salão bem ornamentado de onde se desenvolvem duas pequenas galerias. A principal desenvolve-se por 50 m e termina em um teto baixo onde se encontra uma grande quantidade de conchas calcificadas. A segunda galeria está localizada ao lado esquerdo do salão da entrada. Inicialmente alta, o teto longo se abaixa e, após 25 m, une-se à galeria principal. Topografado nível 2B. Projeção horizontal: 60 m Desnível: 1 m.

Gruna do Jogo de Damas (Coribe/BA): UTM 23L 579.231 - 8.480.640

Situada próxima à saída da Gruna do Ventilador. A sua entrada possui vestígios de ocupação humana, sendo que o seu nome é uma alusão a uma pintura rupestre. Gruta seca, formada por uma galeria única, ampla e com cerca de 60 m de projeção horizontal. Topografada.

Gruna Très Jolie (Coribe/BA): UTM 23L 583.785 – 8.479.376

A gruta apresenta uma boca desenvolvida a partir do colapso de uma dolina. A galeria inicial possui 26 m de extensão com diversas colunas ao longo de seu desenvolvimento. Junto à parede esquerda um pequeno conduto leva a uma grande galeria muito ornamentada. Apesar de possuir 130 m de extensão, largura máxima de 6m e altura variável de 3 a 20 m, não foi possível encontrar prosseguimento. O ar é bastante abafado e as temperaturas internas são elevadas. A gruta possui pouca profundidade e está alinhada ao longo de uma série de dolinas externas. Topografado nível 2B Projeção horizontal: 180 m Desnível: 10 m.

Abismo Tanque da Gameleira (Coribe/BA): UTM 23L 579.319 - 8.479.478

Trata-se de um abismo com 20 m de desnível e 30 m de projeção. A entrada encontra-se no meio de lapiás e o acesso à cavidade se dá por meio do alargamento de uma fratura em formato elíptico. O abismo não oferece oportunidades de prosseguimentos, visto que o piso é formado por resíduos externos que obstruem todo o fundo da cavidade. Não foi topografada.

Sumidouro do Olho d'Água (Coribe/BA): UTM 23L 587.600 – 8.479.973

Cavidade situada próximo ao povoado de Descoberto, sendo caracterizada por uma galeria única percorrida por uma drenagem temporária. Parcialmente explorada. Existem informações de que a cavidade possui outra entrada, que seria a ressurgência do sistema. Topografada - cerca de 300 m.

Gruna da Serra Verde (Coribe/BA): UTM 23L 573.042 – 8.482.662

Interessante cavidade que se inicia em uma entrada que dá acesso a um desnível após trecho abatido. Há alguns trechos de teto baixo até que a caverna se abre em uma galeria de dimensões médias (Figura 3.72) que dá acesso a algumas alças de meandro e níveis superiores Figura 3.71). O trecho final é caracterizado por galerias labirínticas. A topografia atingiu 1.730 m.

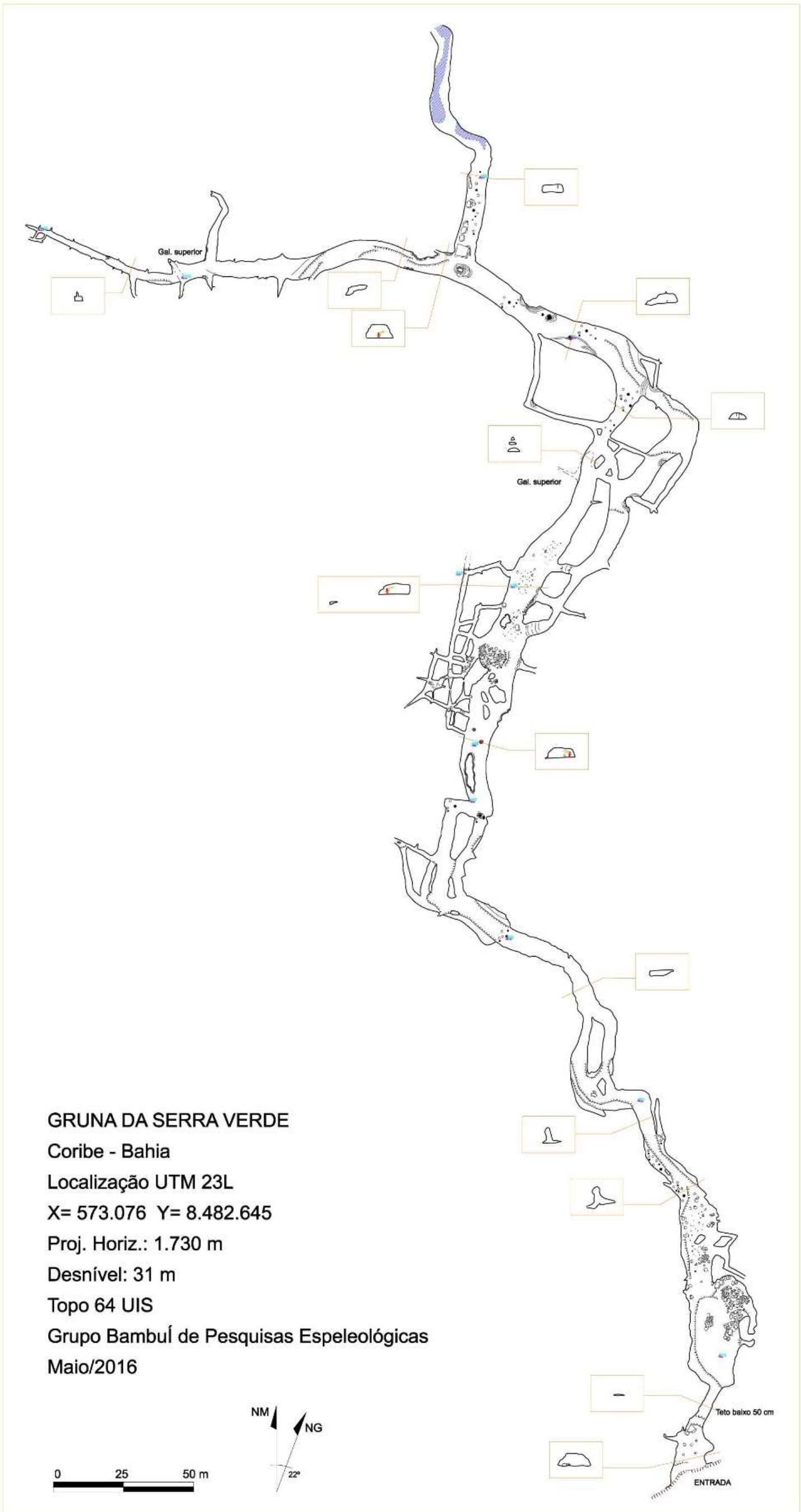


Figura 3.71. Planta baixa da Gruna da Serra Verde.



Figura 3.72. Aspecto da galeria da Gruna da Serra Verde.

3.4.4. Setor Morro Furado

Setor norte da Serra do Ramalho (Figura 3.73) abriga um dos mais importantes sistemas espeleológicos da região: o Morro Furado. Formado por três drenagens (Enfurnado, Riacho de Fora e Morro Furado), o sistema como um todo possui várias cavidades notáveis e converge para a cênica ressurgência da Mamona. Destacam-se a entrada da Gruna do Anjo com seu pórtico de 70 m de altura (Figura 3.75), o dolinamento recente (1999) na Gruna do Riacho de Fora, além das galerias de grandes dimensões do Enfurnado.

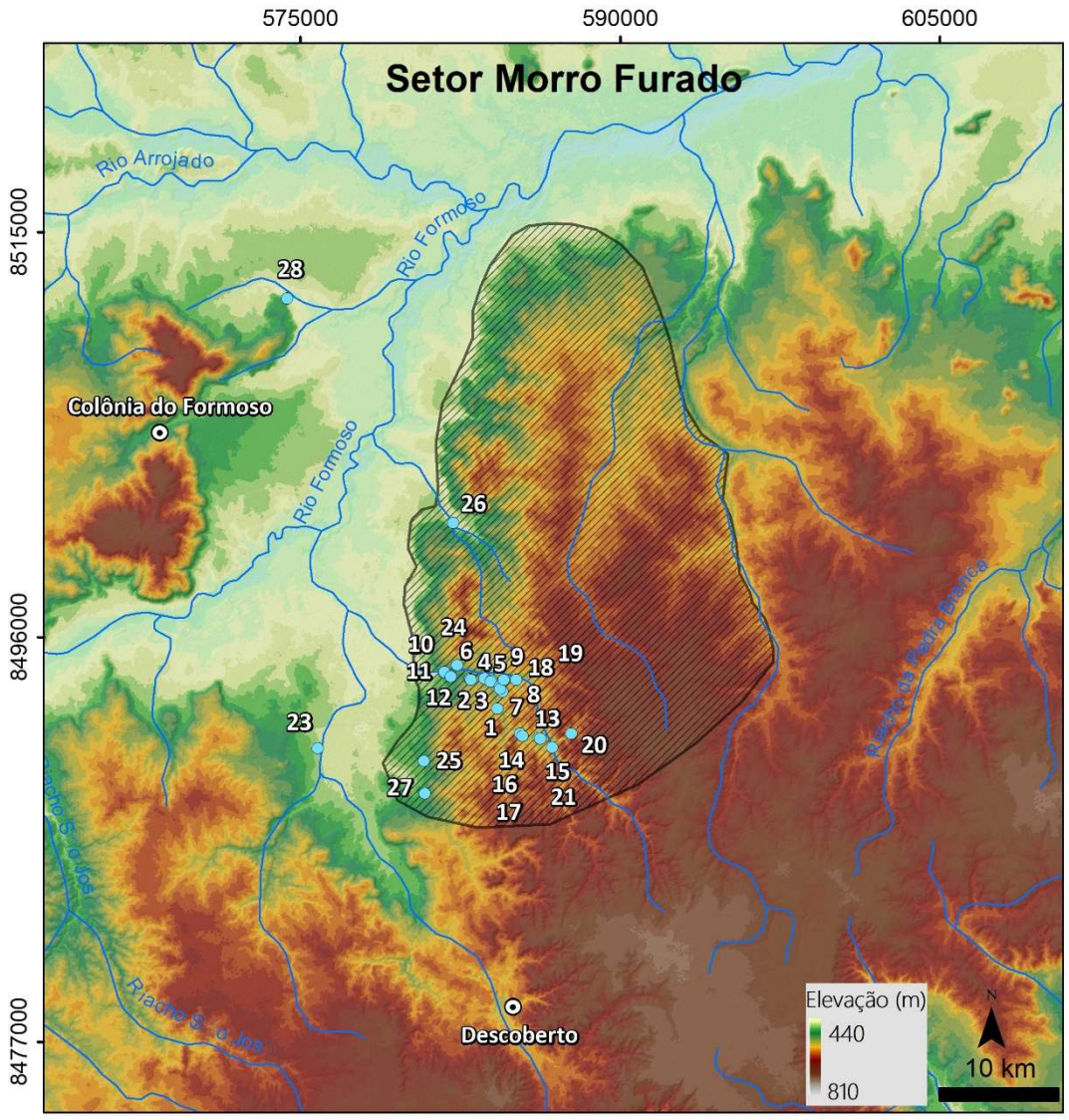


Figura 3.73. Hipsometria e cavernas do Setor Morro Furado. A numeração das cavernas refere-se à Tabela 3.5. Algumas cavidades fora da área do setor situam-se em regiões limítrofes da Serra do Ramalho.

A parte alta do maciço (cota de 650 - 700 m) apresenta calcário com cobertura de solo e são nítidas feições como dolinas (Gruna do Anjo sendo a mais representativa), cânions e sumidouros. As drenagens, embora perenes, são bem-marcadas e encaixadas em vales profundos e com declividade acentuada. Os limites oeste e norte são formados por afloramentos que descem de forma suave até a cota 450 m asl. Várias ressurgências são encontradas neste setor e todas alimentam a bacia do Rio Corrente (afluente do Rio São Francisco).

O sistema que dá nome a esse setor tem início no sumidouro conhecido como Gruna do Riacho de Fora (Figura 3.74). A cavidade captura a drenagem temporária que vem do Sul, interrompendo o vale que marca o relevo nos últimos quilômetros. A seguir, a Gruna do Anjo marca o prosseguimento da drenagem que corre nas galerias menores, laterais ao conduto



principal. A partir deste ponto o córrego, que possui uma discreta vazão mesmo na época das secas, pode ser encontrado em seguimentos separados por sifões nas grutas Salão do Morro Furado, D'Água, Sumidouro do Morro Furado e, finalmente, na ressurgência da Mamona. Completando o sistema, ainda existem cavidades fósseis ao longo da calha principal do cânion como a Ponte do Morro Furado e a Gruna do Morro Furado.

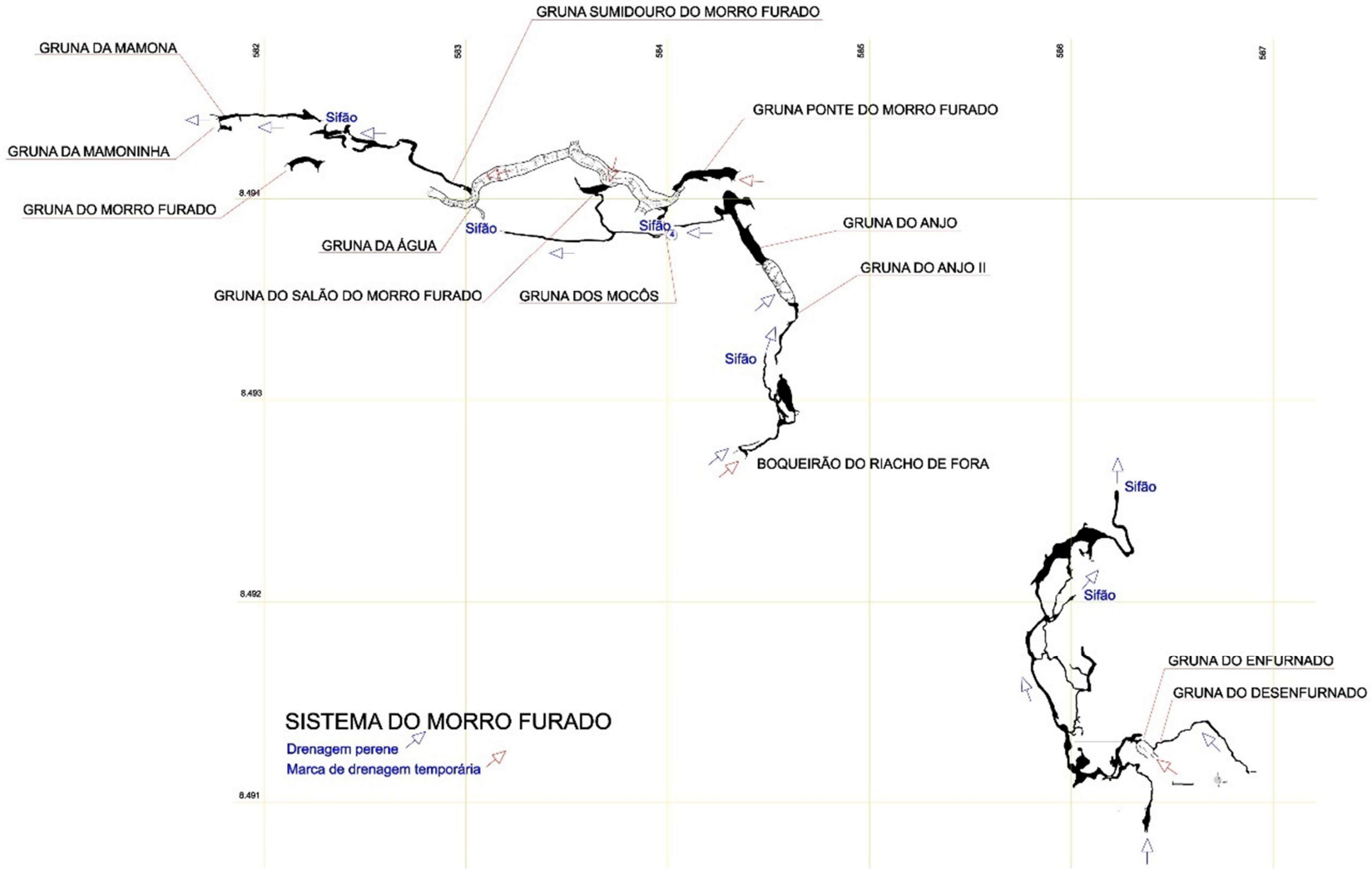


Figura 3.74. Cavernas associadas ao Sistema Morro Furado.

Paralelamente a esse sistema existe outra drenagem importante que também vêm do Sul: a Gruna do Enfurnado. A cavidade é alimentada por um córrego perene que deve ser abastecido por grandes volumes durante as chuvas. O leito, seco durante a maior parte do ano, deixa visível marcas de forte correnteza, seja na forma dos trocos ou blocos carregados pelas chuvas. O rio que penetra no Enfurnado recebe a contribuição de alguns pequenos afluentes passando a ser perene logo no primeiro quilômetro. E continua assim durante aproximadamente 3 km antes de ser bloqueado por um sifão que impede a continuação das explorações. Não é evidente o local exato onde estas duas drenagens se juntam, mas certamente isso ocorre antes da ressurgência na Gruna da Mamona.

Este setor é dividido por um vale raso que é percorrido por uma drenagem temporária, que corre de sul para norte e passa em nos povoados conhecidos como Monte Alegre e Mozondó. A área situada a leste deste córrego compreende uma vasta região até o momento pouco conhecida sob o ponto de vista espeleológico. Nas imagens aéreas não é possível identificar feições notáveis e boa parte do terreno se encontra com cobertura de solo e vegetação. Já foram realizadas prospecções na região, mas as descobertas ficaram limitadas a cavidades de pequeno porte.

A parte noroeste é marcada por extensos afloramentos que seguem paralelos ao Rio Formoso e a estrada BA-172 que segue para São Felix do Coribe. Embora a região já tenha sido foco de prospecções, poucas cavidades foram encontradas. A região possui pouca ocupação urbana, concentrada em pequenos povoados como citado anteriormente (Monte Alegre e Mozondó) ou fazendas e pequenas propriedades rurais. A Tabela 3.5 apresenta uma síntese das cavernas deste setor, que serão descritas a seguir.

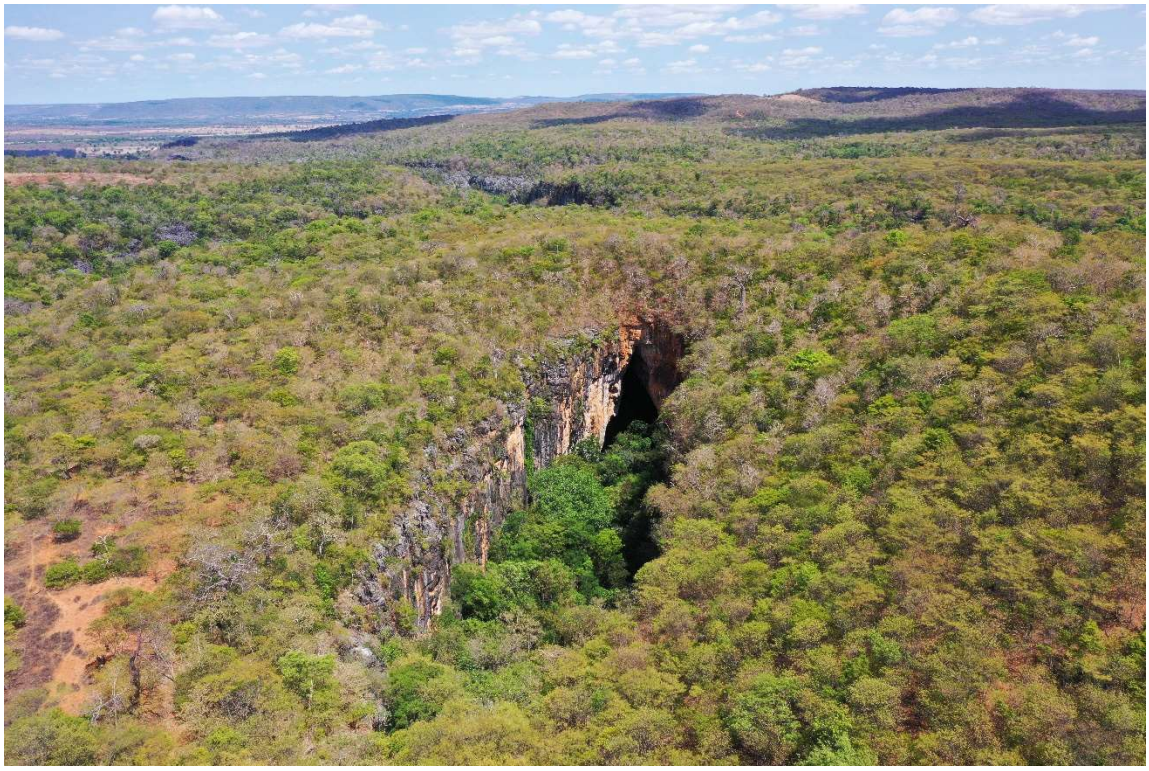


Figura 3.75. Dolina e entrada da Gruna do Anjo. Ao fundo o cânion do Morro Furado.

#	CAVIDADE	PH (m)	TOP.	MUNICÍPIO	COORDENADAS	
1	Boqueirão do Riacho de Fora	1.460	T	CO	584.299	8.492.689
2	Sumidouro do Morro Furado	1.390	T	CO	583.024	8.494.073
3	Gruna do Salão do Morro Furado	1.330	T	CO	583.691	8.494.081
4	Gruna da Ponte do Morro Furado	380	T	CO	584.015	8.494.012
5	Gruna dos Mocos	140	T	CO	583.966	8.493.952
6	Gruna d' Água	91	T	CO	583.052	8.494.031
7	Gruna do Anjo	920	T	CO	584.410	8.493.699
8	Gruna do Anjo II	400	T	CO	584.540	8.493.463
9	Gruna do Anjo III	20	E	CO	584.418	8.493.600
10	Gruna da Mamoninha	60	T	CO	581.816	8.494.338
11	Gruna da Mamona	590	T	CO	581.806	8.494.389
12	Gruna do Morro Furado	160	T	CO	582.105	8.494.169
13	Gruna do Enfurnado	8.400	T	CO	586.240	8.491.308
14	Gruna da Estrada da Mamona	100	E	CO	582.274	8.493.295
15	Gruna do Desenfurnado	780	T	CO	586.310	8.491.276
16	Sumidouro do Enfurnado I	200	E	CO	585.373	8.491.506
17	Sumidouro do Enfurnado II	10	E	CO	585.482	8.491.402
18	Sumidouro da Faz. Vantagem I		E	CO	584.600	8.494.033
19	Sumidouro da Faz. Vantagem II	150	E	CO	585.176	8.494.032
20	Gruna da Anta Magra	260	T	CO	587.768	8.491.509
21	Gruna Odonata	120	T	CO	586.873	8.490.863
22	Gruta Córrego do Buracão	200	E	CO		

23	Gruna Deus me Livre	10	E	CO	575.873	8.490.818
24	Lapa do Cinzeiro	200	E	CO	582.416	8.494.716
25	Gruna do Bomba	770	T	CO	580.853	8.490.209
26	Gruta do U	50	E	SF	582.225	8.501.384
27	Gruta do Otaviano	1.100	T	CO	580.893	8.488.701
28	Gruna da Lagoinha	200	E	SF	574.422	8.511.919

Tabela 3.5. Cavernas no Setor Morro Furado. Municípios: (CO) Coribe, (RA) Ramalho, (FM) Feira da Mata, (CA) Carinhanha, (SF) São Felix do Coribe e (CC) Côcos. T - Caverna topografada. E- Caverna com dimensões estimadas.

Gruna do Anjo I (Coribe/BA): UTM 23L 584.410 – 8.493.699

Belíssima cavidade localizada no flanco de uma dolina de abatimento. A dificuldade de acesso ao interior da dolina – que deve ser realizada com auxílio de uma corda – e a distância de qualquer povoado, fazem com que esta gruta seja pouco conhecida na região. Sua entrada supera os 70 m de altura, tendo o seu primeiro salão dimensões comparáveis à Gruta do Janelão: cerca de 70 m de altura e largura (Figura 3.76). No interior, a grandiosidade surpreende ainda mais, notadamente um salão com 100 m de largura onde imponentes estalagmites com mais de 25 m de altura e 3 m de diâmetro são totalmente cobertas por enormes “pétalas” (Figura 3.77). Sem dúvida um dos maiores exemplares do Brasil. Apesar da curta extensão (920 m de projeção horizontal) a Gruna do Anjo I merece destaque pela concentração a avantajado tamanho de galerias e espeleotemas.

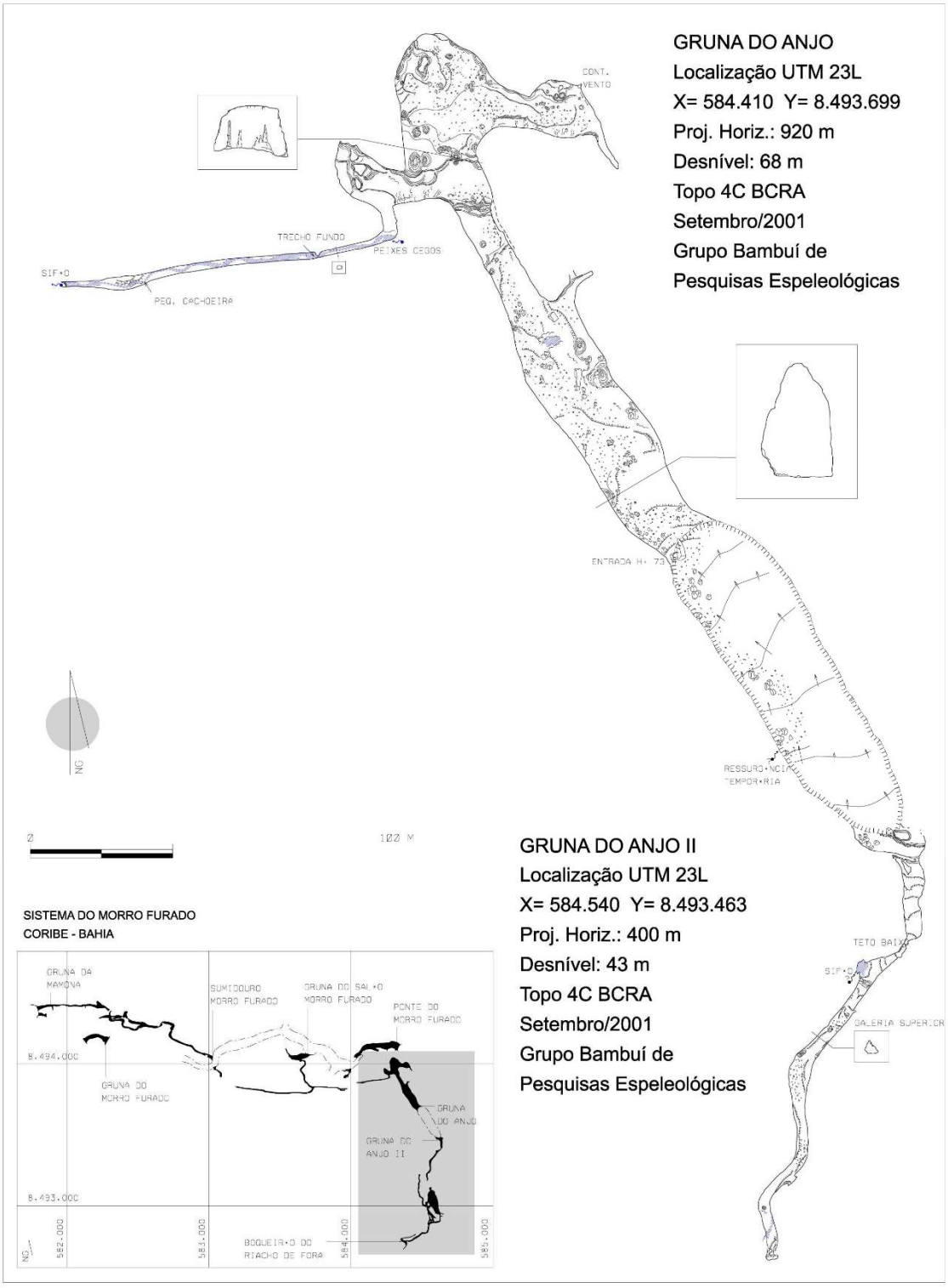


Figura 3.76. Planta baixa da Gruna do Anjo I.



Figura 3.77. Estalagmites na Gruna do Anjo I.

Gruna do Anjo II e III (Coribe/BA): UTM 23L 584.540 – 8.493.463

Na mesma dolina são encontradas duas outras cavidades secundárias. A Gruna do Anjo III situa-se no extremo oposto da dolina e está longe de ser comparada com a sua homônima, possuindo somente 400 m de extensão. A gruna do Anjo II, entre as duas, possui um desmoronamento em sua entrada e atinge o lençol freático, onde foram observados peixes troglomórficos.

Boqueirão do Riacho de Fora (Coribe/BA): UTM 23L 584.299 – 8.492.689

Encontra-se localizada próxima à Gruna do Anjo e, provavelmente, associada ao mesmo sistema hidrológico. Sua modesta entrada, à primeira vista, oculta as suas verdadeiras dimensões. Sua galeria principal atinge mais de 20 m de altura (Figura 3.78) e possui um traçado sinuoso até ser interceptada por um grande salão, com 175 x 60 m (Figura 3.79). O teto deste entrou em colapso no ano 1999 (fenômeno testemunhado pelos moradores locais), formando uma clarabóia de impressionante beleza. Possui ainda um nível inferior com uma drenagem ativa. Topografada: 1.460 m.



Figura 3.78. Galeria principal apresentando desnível em escorrimento no Boqueirão do Riacho de Fora.

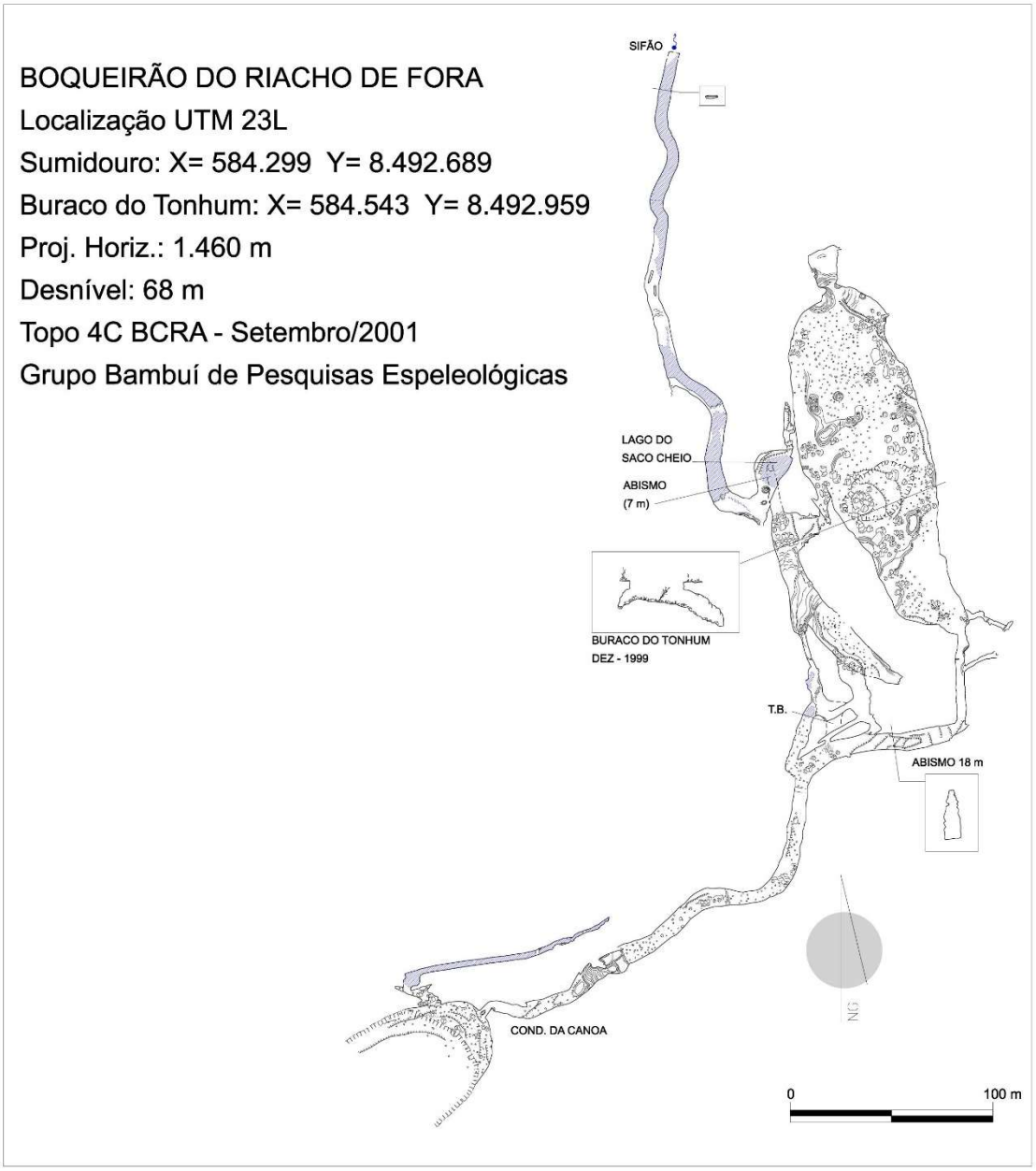


Figura 3.79. Planta baixa do Boqueirão do Riacho de Fora.

Sumidouro do Morro Furado (Coribe/BA): UTM 23L 583.024 – 8.494.073

Situada no setor oeste do Cânion do Morro Furado, é o ponto final de drenagem temporária que percorre o cânion. A galeria inicial é formada por uma passagem ampla (Figura 3.80), retilínea e direção oeste (Figura 3.81). Depois de 500 m, um pequeno desnível na borda de um travertino, acessa a parte alagada da gruta. A partir deste ponto o conduto alterna trechos inundados e galerias secas em meio e muitos espeleotemas. Na parte final um novo abismo de 25 m atinge um lago profundo onde todas as passagens estão submersas. Topografada: 1.390 m de projeção horizontal.

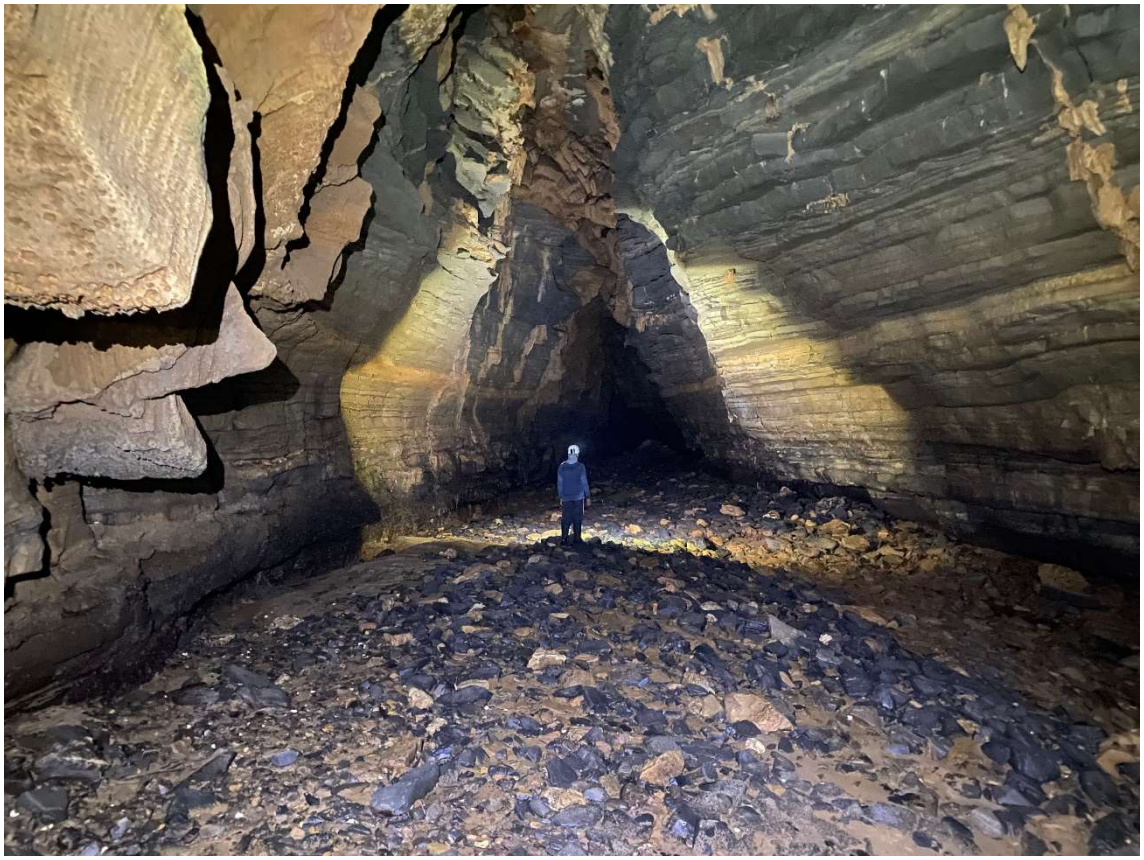


Figura 3.80. Galeria do Sumidouro do Morro Furado.

Gruna d'Água (Coribe/BA): UTM 23L 583.052 – 8.494.031

Galeria parcialmente inundada (Figura 3.81). Ressurgência da drenagem de pequena vazão que percorre as grutas do Anjo e Salão do Morro Furado (situadas a montante). Topografada: 91 m de projeção horizontal.

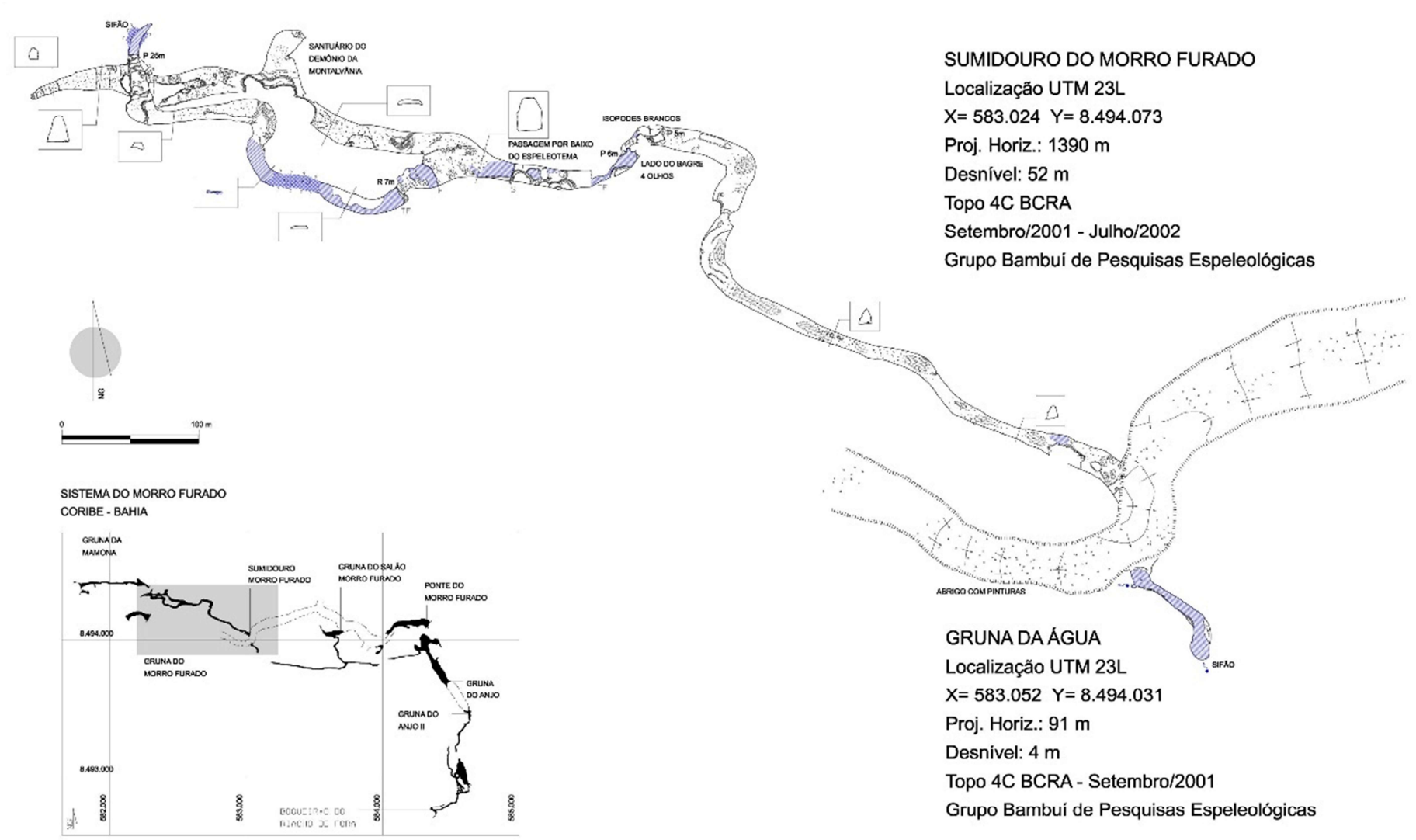


Figura 3.81. Planta baixa e posição relativa entre a Gruna d'Água e o Sumidouro do Morro Furado.

Gruna do Salão do Morro Furado (Coribe/BA): UTM 23L 583.691 – 8.494.081

A única entrada desta cavidade está localizada na borda sul do setor intermediário do Cânion do Morro Furado. A primeira parte é marcada por um amplo salão com o piso inclinado para o interior. Uma estalagmite com 15 m de altura, denominada “sorvetão” se destaca isolada (Figura 3.82). No lado direito, a parte mais baixa da galeria intercepta um conduto menor alagado que segue inicialmente na direção sul. Mais à frente, intercepta um novo conduto leste oeste percorrido por uma pequena drenagem, provavelmente a mesma encontrada na Gruna do Anjo. Topografada: 1.330 m de projeção horizontal (Figura 3.84).



Figura 3.82. Galeria do Salão do Morro Furado.

Gruna da Ponte do Morro Furado (Coribe/BA): UTM 23L 584.015 – 8.494.012

Primeira cavidade a montante do Morro Furado. Galeria seca única, ampla (que atinge quase 50 m de largura) e com vários blocos abatidos (Figura 3.83). As entradas leste e oeste (Figura 3.84) são caracterizadas pelo sumidouro e ressurgência da drenagem temporária que atravessa a gruta. Existe ainda uma abertura lateral junto a entrada montante. Topografada: 380 m de projeção horizontal.



Figura 3.83. Entrada a jusante da Gruna da Ponte do Morro Furado.

Gruna dos Mocós (Coribe/BA): UTM 23L 583.966 – 8.493.952

Localizada na borda sul do setor intermediário do cânion, entre a Ponte e o Salão do Morro Furado. Cavidade pequena, seca e com pinturas rupestres junto a entrada (Figura 3.84). Topografada: 140 m de projeção horizontal.

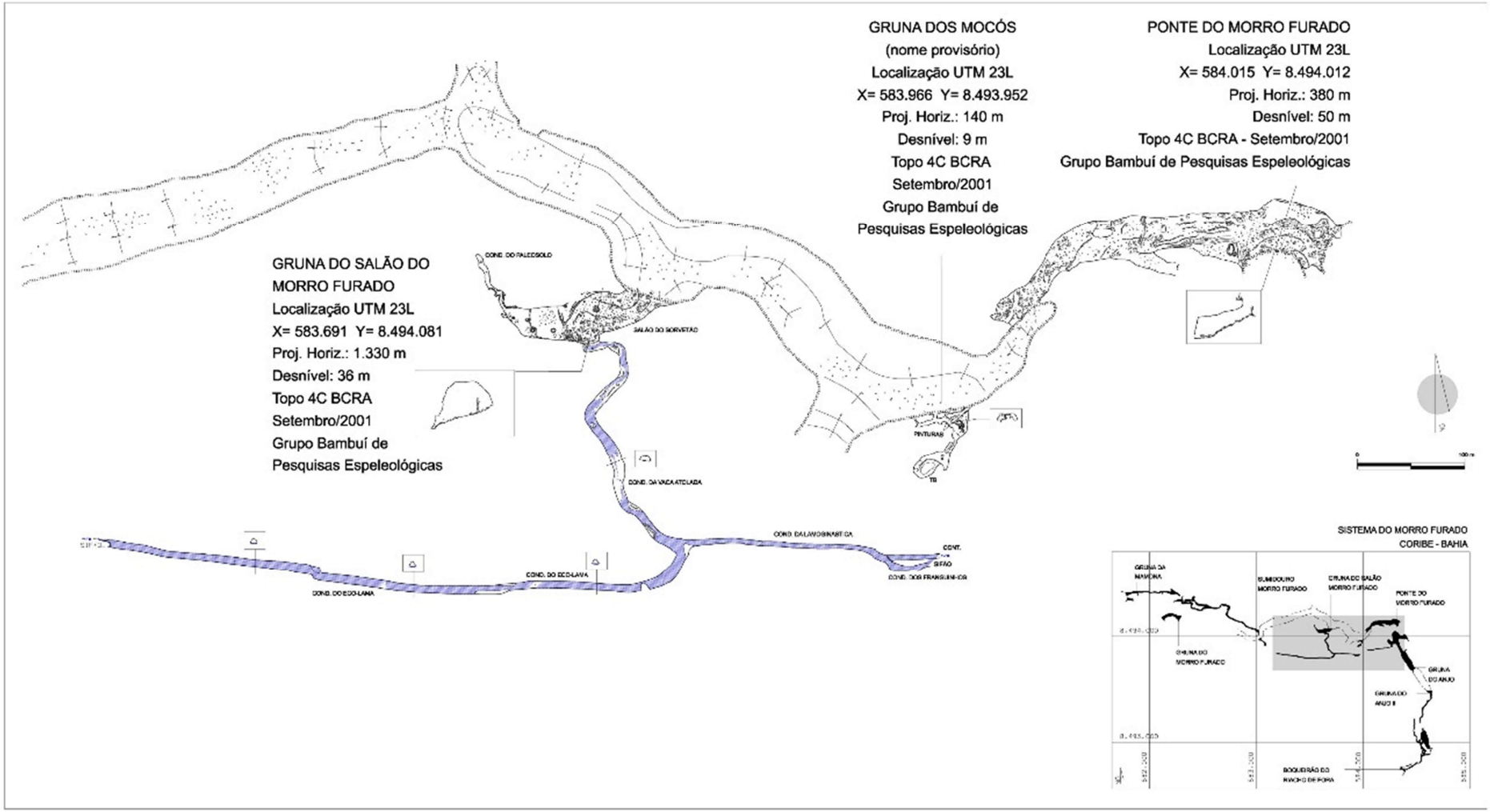


Figura 3.84. Planta baixa e posição relativa das grutas Salão do Morro Furado, Ponte do Morro Furado e Mocós

Gruna do Morro Furado (Coribe/BA): UTM 23L 582.105 – 8.494.169

Conduto fóssil situado na porção final do cânion (Figura 3.88, 3.89). A estrada original de acesso à região passava dentro desta cavidade. Amplas dimensões (Figura 3.85) e pinturas rupestres na entrada a montante. Possui 160 m de projeção horizontal.



Figura 3.85. Galeria de grande porte na Gruna do Morro Furado.

Gruna da Mamona (Coribe/BA): UTM 23L 581.806 – 8.494.389

É a gruta mais a jusante do Sistema do Morro Furado. Com 590 m de extensão, é formada por uma galeria única (Figura 3.88), ampla e quase toda inundada (Figura 3.86, 3.89). Topografada: 590 m de projeção horizontal.



Figura 3.86. Entrada única da ressurgência conhecida como Gruna da Mamona.

Gruna da Mamoninha (Coribe/BA): UTM 23L 581.816 – 8.494.3338

Gruta fóssil, seca e localizada em nível superior a Gruna da Mamona (Figura 3.87). Possui salão descendente ao final sendo também um sítio arqueológico. Topografada: 60 m de projeção horizontal (Figura 3.88).



Figura 3.87. Entrada ornamentada da Gruna da Mamoninha.

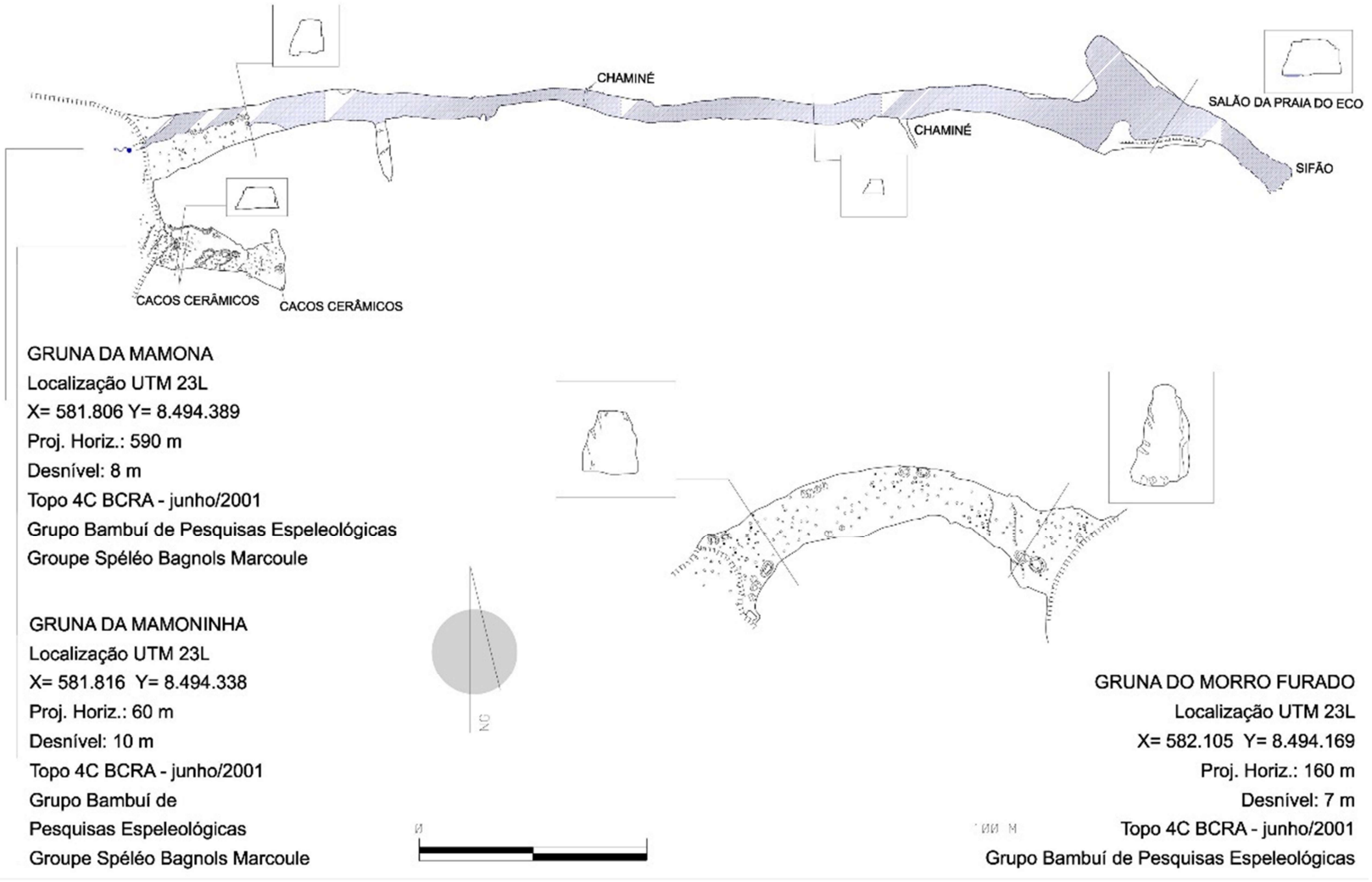


Figura 3.88. Planta baixa e posição relativa entre a Gruna do Morro Furado, a Gruna da Mamona e Gruna da Mamoninha.



Figura 3.89. Ressurgência da Mamona e a entrada da Gruna do Morro Furado.

Gruna da Estrada da Mamona (Coribe/BA): UTM 23L 582.274 – 8.493.295

Situada a cerca de 800 m do cânion do Morro Furado. Gruta labiríntica formada por um paleocanal com segmentos marginais anastomosados e reticulados, com desmoronamentos bloqueando a passagem. Esse canal pode ter funcionado como um tributário do antigo sistema do Morro Furado.

Abrigo do Cinzeiro (Coribe/BA): UTM 23L 582.416 – 8.494.716

Sítio arqueológico em excelente estado de conservação. Formado por um grande abrigo com mais de 100 m de extensão situado na parte alta da serra, próximo ao Morro Furado. A parede direita apresenta inúmeras pinturas e gravações. Do lado esquerdo uma galeria baixa se desenvolve por cerca de 200 m até ser totalmente obstruída por espeleotemas.

Gruna do Enfurnado (Coribe/BA): UTM 23L 586.240 – 8.491.308

Grande sumidouro temporário situado na parte norte da Serra do Ramalho. Uma das mais importantes cavernas da Serra do Ramalho. Este sumidouro tem como galeria principal um conduto que atinge dezenas de metros de altura (Figura 3.90) em vários locais e é percorrido por uma pequena drenagem ativa desde os primeiros metros até o sifão final situado a mais de 3 km (Figura 3.92). Abriga uma grande e variada comunidade de peixes troglóbios. Possui também uma rede de condutos no nível superior que amplia consideravelmente a sua extensão. Descoberta em 1995 e topografada de 2001 a 2005. Projeção Horizontal: 8.400 m.



Figura 3.90. Cúpula de abatimento em salão na Gruna do Enfurnado.

Gruna do Desenfurnado (Coribe/BA): UTM 23L 586.310 – 8.491.276

Situada nas proximidades da Gruna do Enfurnado, na margem lateral do cânion seco que antecede a entrada, consiste em uma ressurgência temporária do sistema principal (Figura 3.91). A galeria, com traçado meandrante, alterna trechos alagados com passagens estreitas até encontrar uma saída superior na parte alta do maciço. Possui boas possibilidades de prosseguimento (Figura 3.92). Topografada: 780 m.



Figura 3.91. Galeria inicial próxima a entrada inferior da Gruna do Desenfurnado.

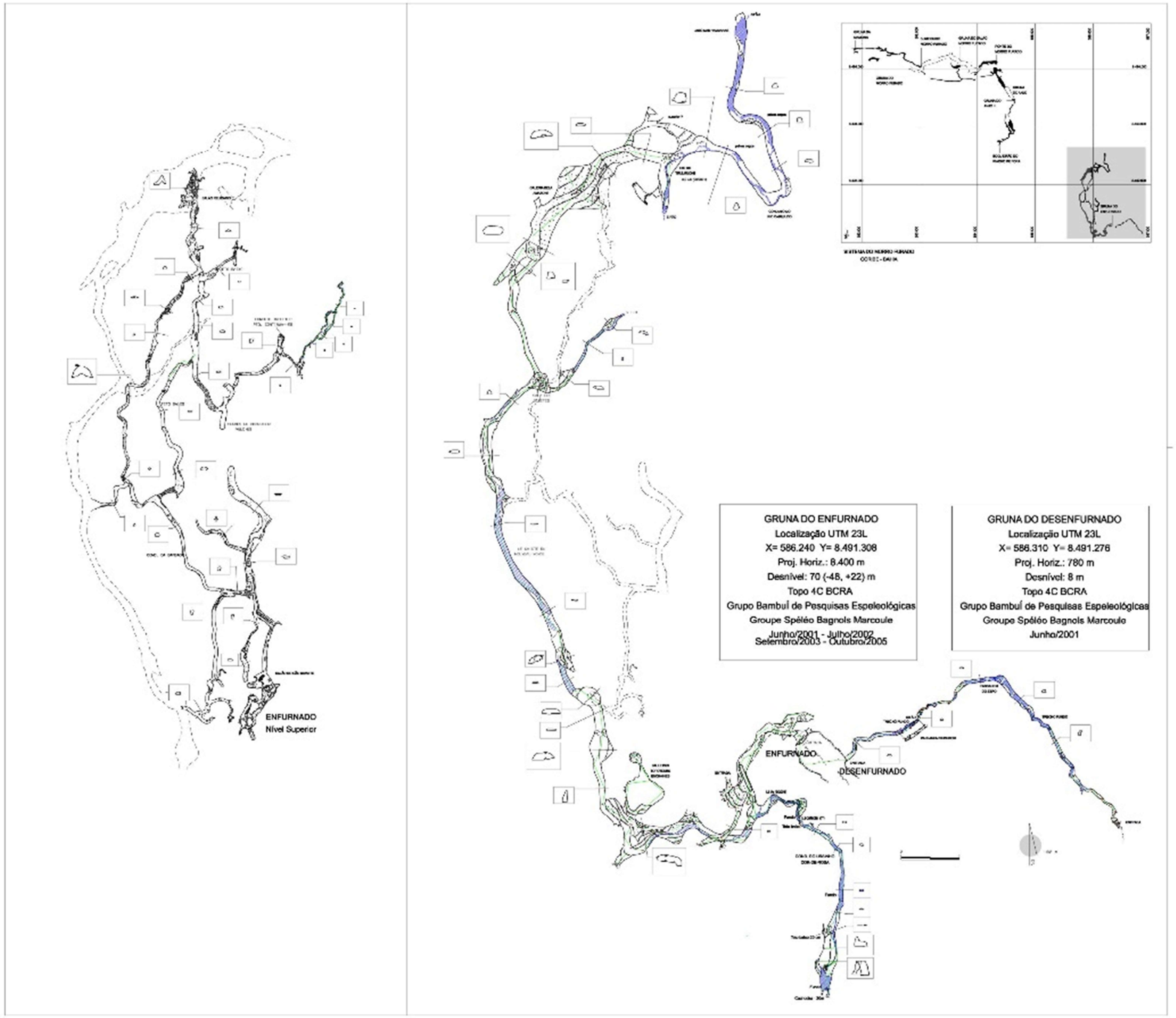


Figura 3.92. Planta baixa e posição relativa das grutas Enfurnado e Desenfurnado.



Gruna Córrego do Buracão. (Coribe/BA)

Sumidouro do Riacho que aparece na Gruna do Enfurnado, com 200 m de desenvolvimento.

Gruna Deus-me-livre (Coribe/BA): UTM 23L 575.873 – 8.490.818

Situada na fazenda de mesmo nome. Compreende uma fenda descendente que atinge o lençol freático após cerca de 15 m verticais, não existindo prosseguimentos. Os moradores extraem água desta caverna com o auxílio de bombas.

Sumidouro do Enfurnado I (Coribe/BA): UTM 23L 585.373/8.491.506

Município de Coribe/BA. Cavidade situada próxima à entrada da Gruna do Enfurnado. Sumidouro temporário com desnível vertical na entrada (cerca de 6 m) e uma galeria meandrante no fundo. Explorados cerca de 200 m sem finalizar os trabalhos.

Sumidouro do Enfurnado II (Coribe/BA): UTM 23L 585.482/8.491.402

Município de Coribe/BA. Cavidade situada próxima à entrada da Gruna do Enfurnado. Sumidouro de menor porte que o anterior. Possui entrada pequena e uma galeria descendente que fecha depois de 10 m.

Sumidouro da Fazenda Vantagem I (Coribe/BA): UTM 23L 584.600/8.494.033

Município de Coribe/BA. Sumidouro localizado no leito do rio temporário que alimenta o sistema do Morro Furado. Galeria vertical com 15 m de desnível.

Sumidouro da Fazenda Vantagem II (Coribe/BA): UTM 23L 585.176/8.494.032

Município de Coribe/BA. Sumidouro localizado na margem esquerda do rio temporário que alimenta o sistema do Morro Furado. Próximo à entrada a galeria possui um desnível de 20 m que atinge uma galeria baixa (altura de 30 a 80 cm) e sinuosa. Explorados cerca de 150 m sem finalizar os trabalhos.

Gruna da Anta Magra (Coribe/BA): UTM 23L 587.768 – 8.491.509

Cavidade situada próxima a Gruna do Enfurnado. Gruta percorrida por uma pequena drenagem. O trecho à montante possui duas entradas e algumas galerias laterais que formam uma rede labiríntica. Depois a gruta passa a ter um conduto único até a ressurgência que demarca uma nova entrada com cerca de 10 m de largura. Topografada: 260 m.

Gruna dos Tapuís (Coribe/BA): UTM 23L 586.947 – 8.461.438

Situada próxima a Gruna do Enfurnado. Possui uma estrada ampla (10 m) que acessa uma galeria única e ascendente, finalizando em um teto baixo. Topografada: 75 m.

Gruna da Odonata (Coribe/BA): UTM 23L 586.873 – 8.490.863

Sumidouro temporário formado por uma galeria única. Próximo à entrada a galeria alcança 7 m, mas o teto se torna mais baixo estabilizando em cerca de 2 m de altura no restante da cavidade. O nome é uma menção às libélulas encontrada no interior da gruta. Topografada: 120 m.

Gruna do Bomba (Coribe/BA): UTM 23L 580.853 – 8.490.209
Situada na estrada que liga Descoberto a Santa Maria da Vitória. Ressurgência temporária. Gruta formada por galeria única, meandrante e seção elipsoidal. Possui vários lagos em seu interior, tendo o seu final marcado por um sifão. Topografada: 770 m.

Gruna da Lagoinha (São Félix do Coribe/BA): UTM 23L 574.422 – 8.511.919
Situada em um maciço isolado a sudoeste de São Félix do Coribe, próxima a região do Morro Furado, mas fora das áreas consideradas neste relatório. Ressurgência temporária utilizada para captar água. A bomba havia sido roubada na época da visita, mas havia canos de PVC percorrendo toda a cavidade até o sifão, a cerca de 200 m da entrada.

Gruna do Otaviano (Coribe/BA): UTM 23L 580.893 – 8.488.701
Caverna que compreende um túnel que percorre o maciço. As galerias da galeria principal são de grande porte (Figura 3.94) e, em alguns trechos, bastante ornamentadas (Figura 3.93). Há uma claraboia próxima a entrada Sul. A caverna também se destaca por apresentar um conduto ativo, percorrido por drenagem de baixa vazão que se apresentava estagnada quando da visita. Este conduto é de pequenas dimensões. Topografada: 1.100 m.

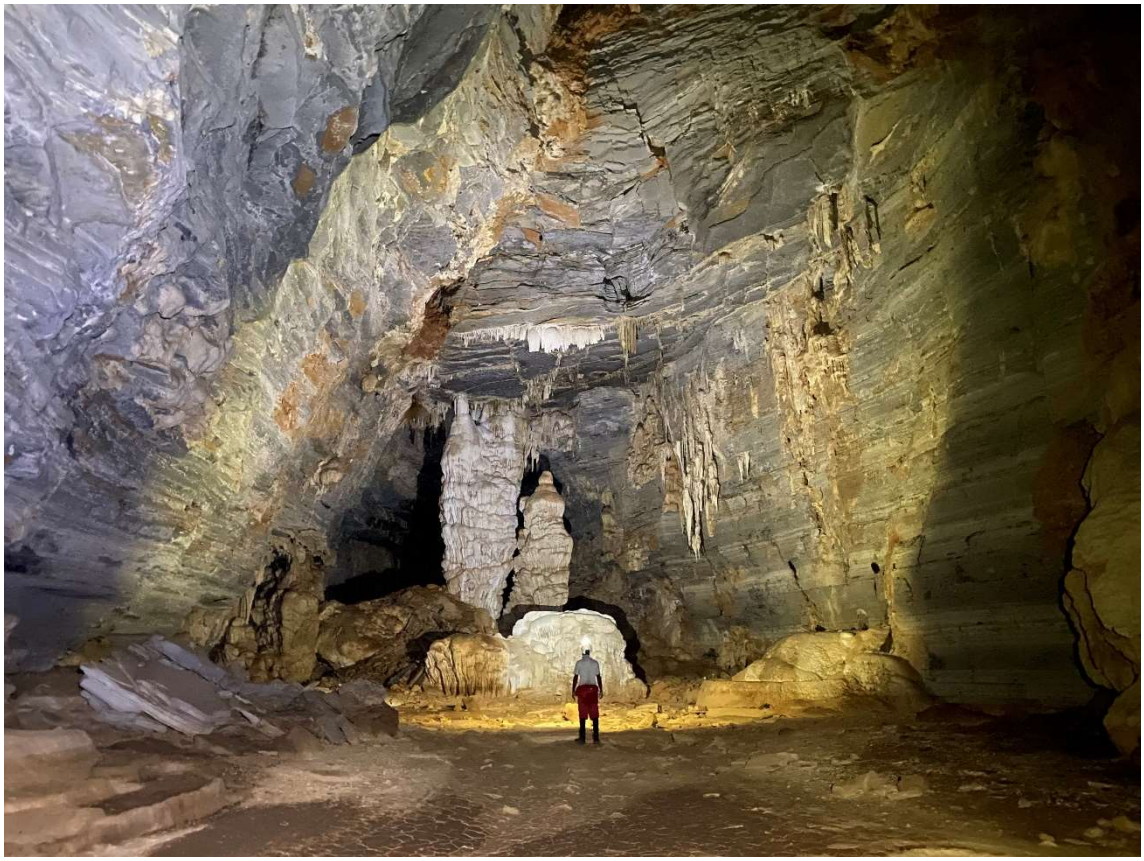


Figura 3.93. Aspecto de uma das galerias da Gruna do Otaviano.

Gruta do Otaviano

Serra do Ramalho - Bahia

Mapa: Abril de 2017

Latitude:
Longitude:
Datum:
Projeção Horizontal:
Desnível:

Topo grau: 4C BRCA

GBPE - Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas

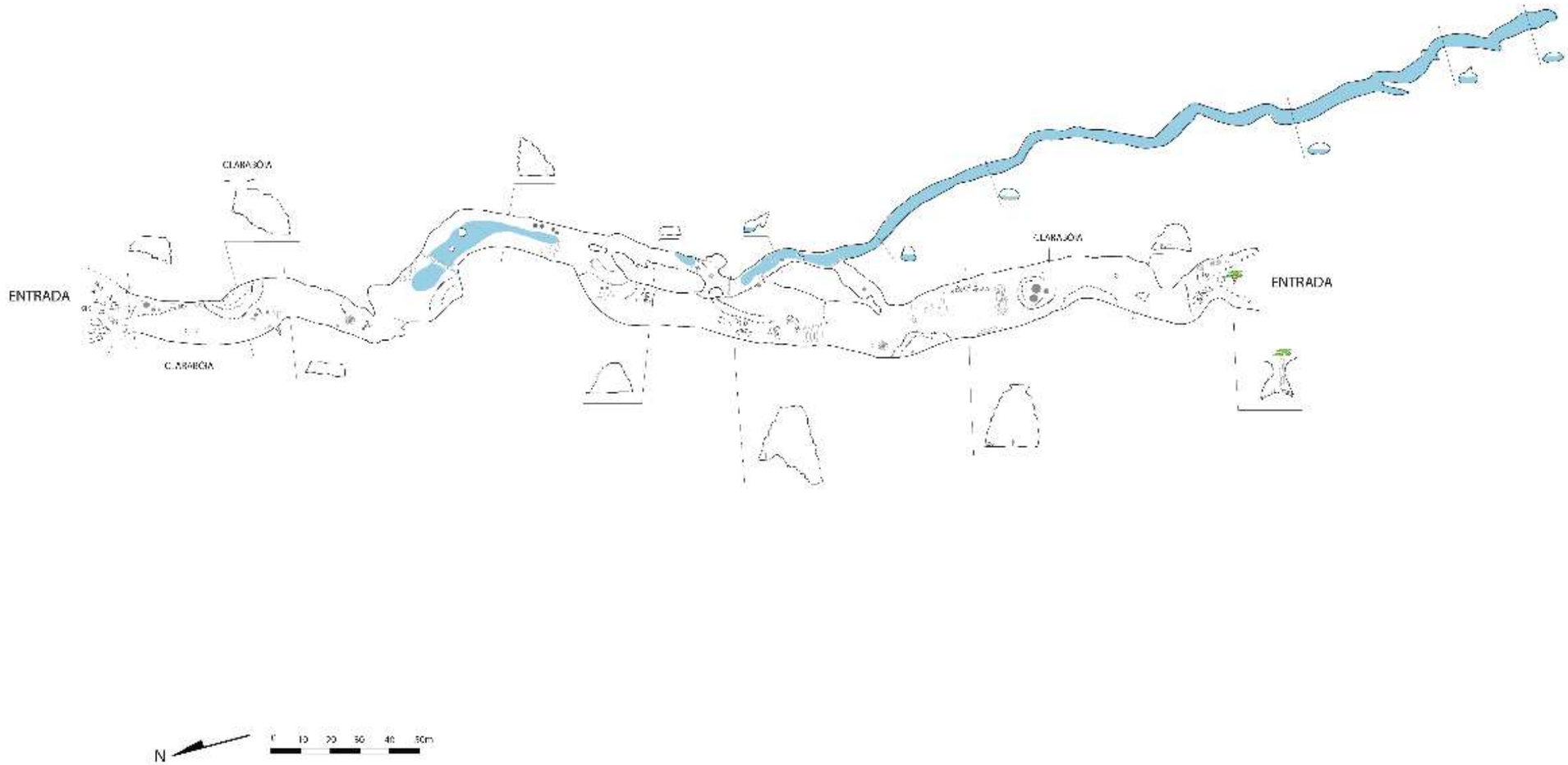


Figura 3.94. Planta baixa da Gruna do Otaviano.

3.4.5. Setor Ramalho

A região nordeste da Serra do Ramalho, próxima a Agrovila 15, município de Ramalho, apresenta dois compartimentos geomorfológicos bem distintos: a planície do São Francisco (cota 500 m) e os afloramentos formados por morros residuais e o platô da serra (cotas entre 650 a 820 m). Na primeira área estão a maior parte (e as principais) grutas do setor (Figura 3.95). São afloramentos isolados no maciço principal com cavernas que atingem dimensões entre 500 e 4.500 m de extensão. A maioria das cavidades associadas a estas feições possuem padrão labiríntico destacando-se as grutas Serra Solta II, Serra Solta III e Três Cobras.

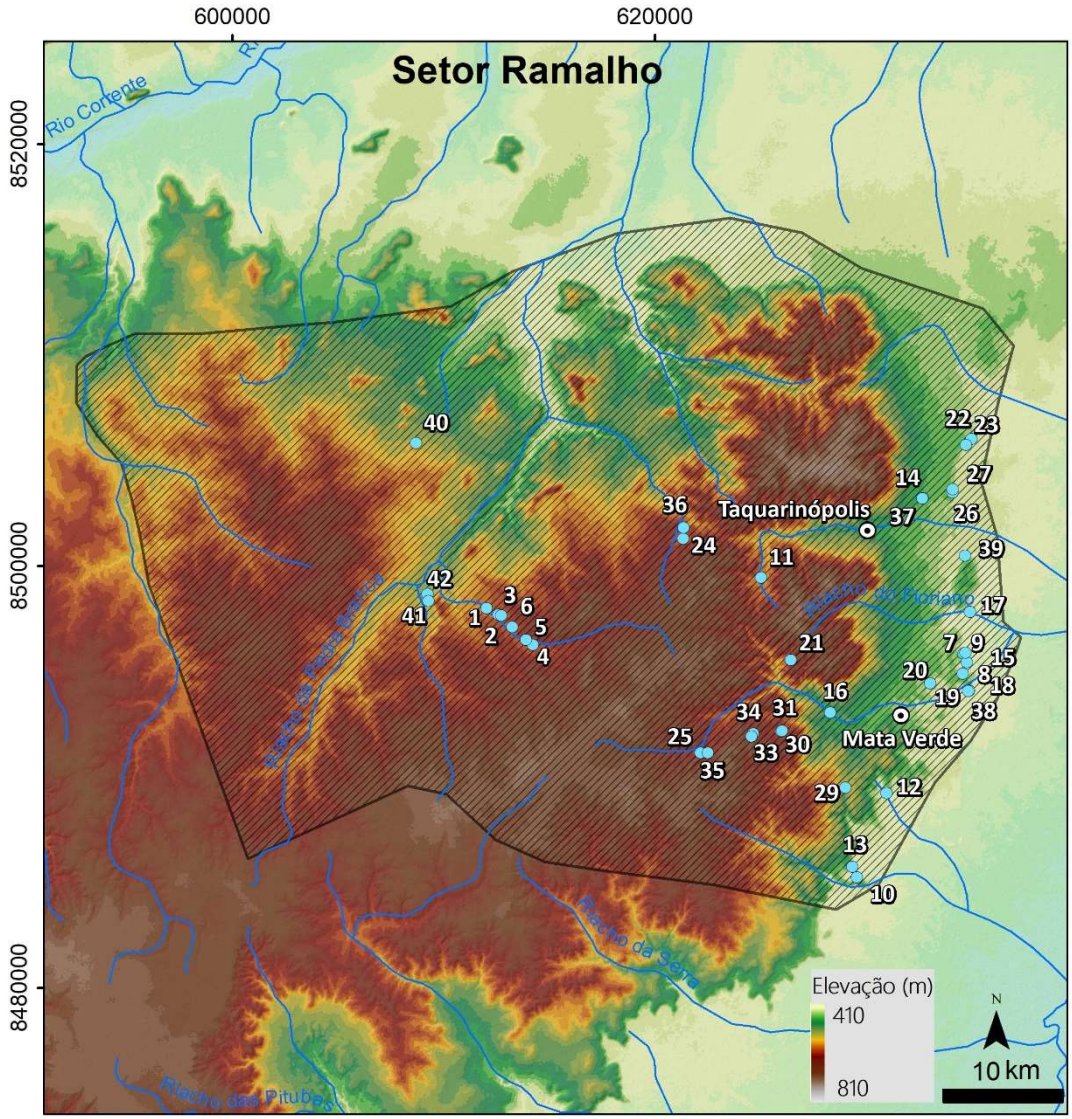


Figura 3.95. Hipsometria e localização das cavernas do Setor Ramalho. A numeração das cavernas refere-se à Tabela 3.6.



A parte alta da região praticamente não apresenta afloramentos e normalmente as cavidades estão relacionadas a drenagens temporárias como no caso da Gruna do Bem Bom, Google, dentre outras.

A ocupação urbana se concentra na área da planície nas agrovilas 12, 13, 14 e 15, sendo esta última a sede do município de Ramalho. No restante da área são encontradas propriedades rurais espalhadas de forma espaçada. As cavernas do Setor Ramalho encontram-se listadas na Tabela 3.6 e serão descritas a seguir.

#	CAVIDADE	PH (m)	TOP.	MUNICÍPIO	COORDENADAS	
1	Ressurgência do Bem Bom	50	E	RA	612.082	8.498.025
2	Gruna do Bem Bom I	180	T	RA	612.643	8.497.718
3	Gruna do Bem Bom II	980	T	RA	612.792	8.497.680
4	Gruna da Água Branca I	320	T	RA	614.286	8.496.285
5	Gruna da Água Branca II	1.420	T	RA	613.958	8.496.528
6	Gruna da Água Branca III	40	T	RA	613.312	8.497.148
7	Gruna Grande	774	T	RA	634.704	8.495.903
8	Gruna da Onça	100	E	RA	634.630	8.494.929
9	Gruna Grande Pequena	50	E	RA	634.680	8.495.893
10	Gruna da Água Fina	460	T	CA	629.628	8.485.267
11	Gruna do Zoológico	400	E	CA	625.094	8.499.478
12	Gruna do Pé de Serra	300	T	CA	631.036	8.489.265
13	Abrigo da Água Fina	30	E	CA	629.394	8.485.766
14	Gruna do Antônio Mineiro	20	E	CA	632.738	8.503.260
15	Gruna das Três Cobras	5.620	T	RA	634.945	8.494.128
16	Gruna do Google	1.230	T	RA	628.353	8.493.076
17	Gruna Riacho do Floriano	850	T	RA	634.970	8.497.855
18	Gruna da Onça II	30	E	RA	634.836	8.495.480
19	Gruna da Onça III	100	E	RA	634.774	8.495.937
20	Gruna do Cocho	100	E	RA	633.090	8.494.475
21	Gruna da Roindoinha	836	T	RA	626.497	8.495.572
22	Gruna da Serra Solta II	3.010	T	RA	635.053	8.506.054
23	Gruna da Serra Solta III	2.560	T	RA	634.788	8.505.773
24	Gruna da Vila Nova	1.210	T	RA	621.405	8.501.324
25	Gruna das Tocas II	272	T	RA	622.229	8.491.168
26	Gruna do Mandiaçu I	261	T	RA	634.148	8.503.524
27	Gruna do Mandiaçu II	280	T	RA	634.167	8.503.666
28	Gruta da Rapunzel	150	E	RA	651.711	8.514.742
29	Gruna Bomba da Água Fria	50	E	RA	629.071	8.489.518
30	Gruna do Vandercir I	150	E	RA	626.048	8.492.189
31	Gruna do Vandercir II	300	E	RA	626.080	8.492.216

32	Gruna do Basílio	150	E	RA	624.723	8.492.085
33	Gruna do Basílio II	150	E	RA	624.640	8.491.949
34	Gruna do Basílio III	500	E	RA	624.640	8.491.949
35	Gruna das Tocas	300	E	RA	622.573	8.491.174
36	Gruna da Viração	200	E	RA	621.408	8.501.853
37	Antônio Mineiro	20	E	RA	632.714	8.503.250
38	Gruna Três Cobras II	300	E	RA	634.896	8.494.099
39	Gruna Altina	100	E	RA	634.733	8.500.526
40	Abrigo da Serra Pintada	10	E	SF	608.737	8.505.861
41	Ressurgência da Serra Pintada	300	E	SF	609.297	8.498.707
42	Sumidouro da Serra Pintada	10	E	SF	609.336	8.498.378

Tabela 3.6. Cavernas no Setor Ramalho. Municípios: (CO) Coribe, (RA) Ramalho, (FM) Feira da Mata, (CA) Carinhanha, (SF) São Felix do Coribe e (CC) Côcos (CO). T - Caverna topografada. E- Caverna com dimensões estimadas.

Gruna Grande (Ramalho/BA): UTM 23L 634.704 – 8.495.903

Situada próximo a Agrovila 15, nas Fazenda do Sr. Wilson. Ressurgência temporária formada por conduto meandrante que termina em um sifão. Explorados cerca de 800 m (Figura 3.96).

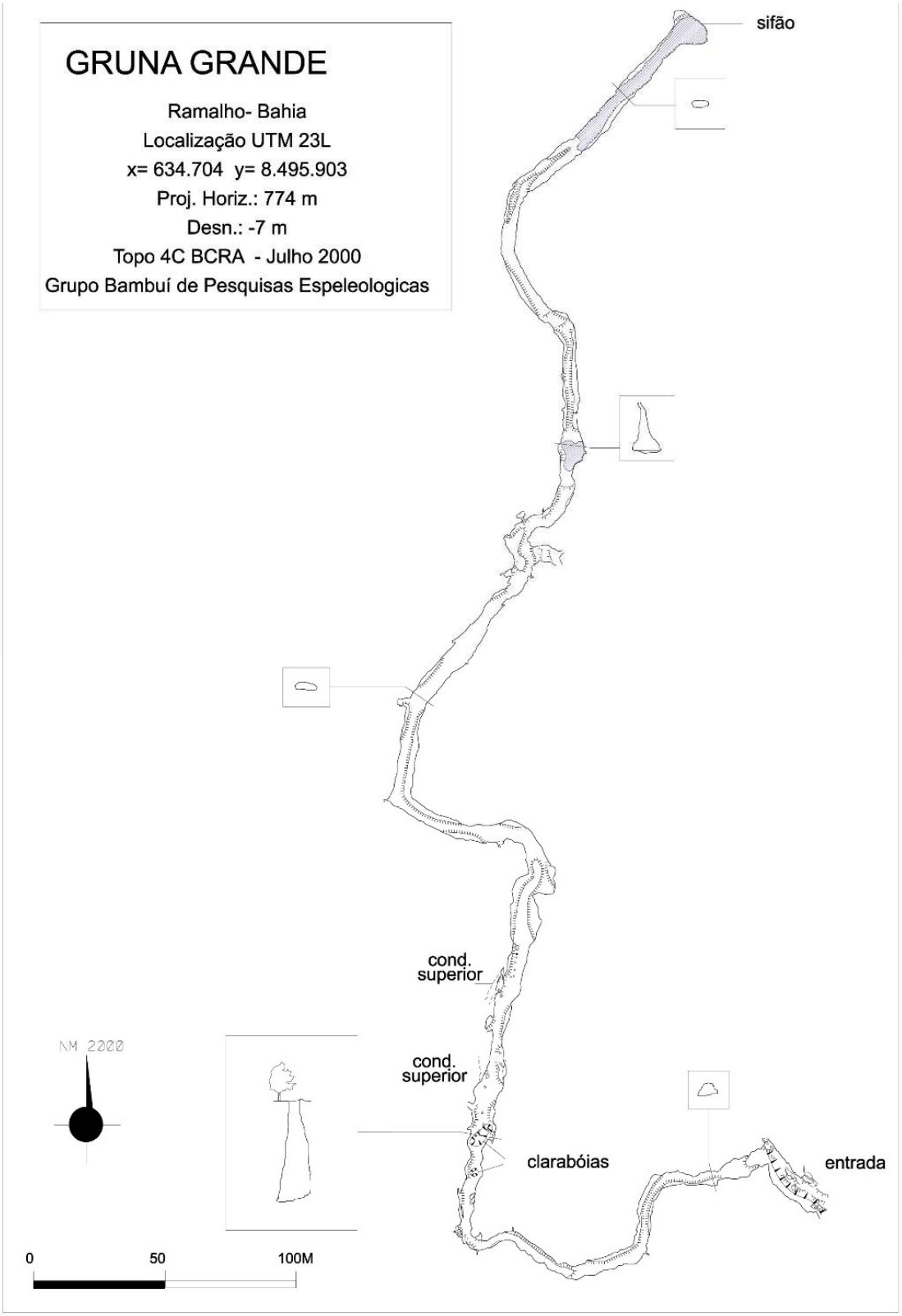


Figura 3.96. Planta baixa da Gruna Grande.

Gruna Grande Pequena (Ramalho/BA): UTM 23L 634.680 – 8.495.893

Prosseguimento da cavidade anteriormente mencionada. Consiste em um conduto paralelo ao paredão que possui cerca de 50 m de extensão.

Gruna da Onça (Ramalho/BA): UTM 23L 634.630 – 8.494.929

Pequena cavidade (cerca de 100 m) situada nas terras do Sr. Wilson. Entrada na encosta de um paredão em meio a blocos abatidos. A galeria, que em sua maior parte encontra-se obstruída por blocos e sedimento, desenvolve-se segundo uma drenagem perene.

Gruna da Água Fina (Ramalho/BA): UTM 23L 629.628 – 8.485.267

Situada na Agrovila 16. Gruta com seções triangulares com desenvolvimento retilíneo seguindo a direção do fraturamento, totalizando 435 m (Figura 3.97). A exploração e topografia foram interrompidas em um sifão.



Figura 3.97. Planta baixa da Gruna da Água Fina.

Abrigo da Água Fina (Ramalho/BA): UTM 23L: 629.394 – 8.485.766

Abrigo com caverna associada, onde podem ser observadas algumas pinturas rupestres. O estado de preservação é bom, embora a vegetação próxima tenha sido retirada. Extensão estimada: 30 m. Não topografada.

Gruna do Pé de Serra (Ramalho/BA): UTM 23L: 631.053 – 8.489.379

Situada na Agrovila 14, na fazenda do Sr. Arnaldo. Os condutos formam uma rede labiríntica que atravessa o paredão e possui diversas saídas, muitas delas associadas a abrigos com pinturas rupestres. Galerias com altura aproximada de 1,5 m e largura de 1 m. Parcialmente topografada (230 m), mas apresenta potencial estimado em mais de 500 m.

Gruna do Zoológico (Ramalho/BA): UTM 23L: 625.094 – 8.499.478

Situada na Agrovila 12. A gruta é um sumidouro com bastante matéria orgânica, possuindo um pseudo-sifão a 100 m da entrada. A partir desse ponto a exploração é dificultada pelo excesso de gás carbônico, tendo sida reconhecida até um novo sifão terminal. A gruta totalizou 400 m, tendo ainda algumas galerias inexploradas. Possui uma fauna diversificada. Não topografada.

Gruna do Antônio Mineiro (Ramalho/BA): UTM 23L: 632.738 – 8.503.260

Fenda vertical, em meio os lapiás, que armazena água no seu interior. Os moradores da região a utilizam para abastecimento local. Na parte superior existe um magnífico sítio arqueológico, com pinturas no teto.

Gruna das Três Cobras (Ramalho/BA): UTM 23L 634.945 - 8.494.128

Situada próxima à Agrovila 13. Gruta labiríntica com galerias condicionadas pelo fraturamento do calcário e com direção norte – sul predominante. A maioria dos condutos possui larguras variando de 1 a 10 m (Figura 3.98) e alturas que podem chegar a mais de 20 m (Figura 3.99). Embora seca na época da visita existem sinais de inundações periódicas. Possui ricos e importantes depósitos fossilíferos e inúmeros vestígios arqueológicos. Topografada em 2007 e 2008 tendo atingido 5.620 m (Figura 3.100). Trata-se da quinta maior gruta da Serra do Ramalho, ficando atrás somente das grutas Boqueirão, Água Clara, Peixes e Enfurnado.



Figura 3.98. Aspecto de galeria na Gruna das Três Cobras.

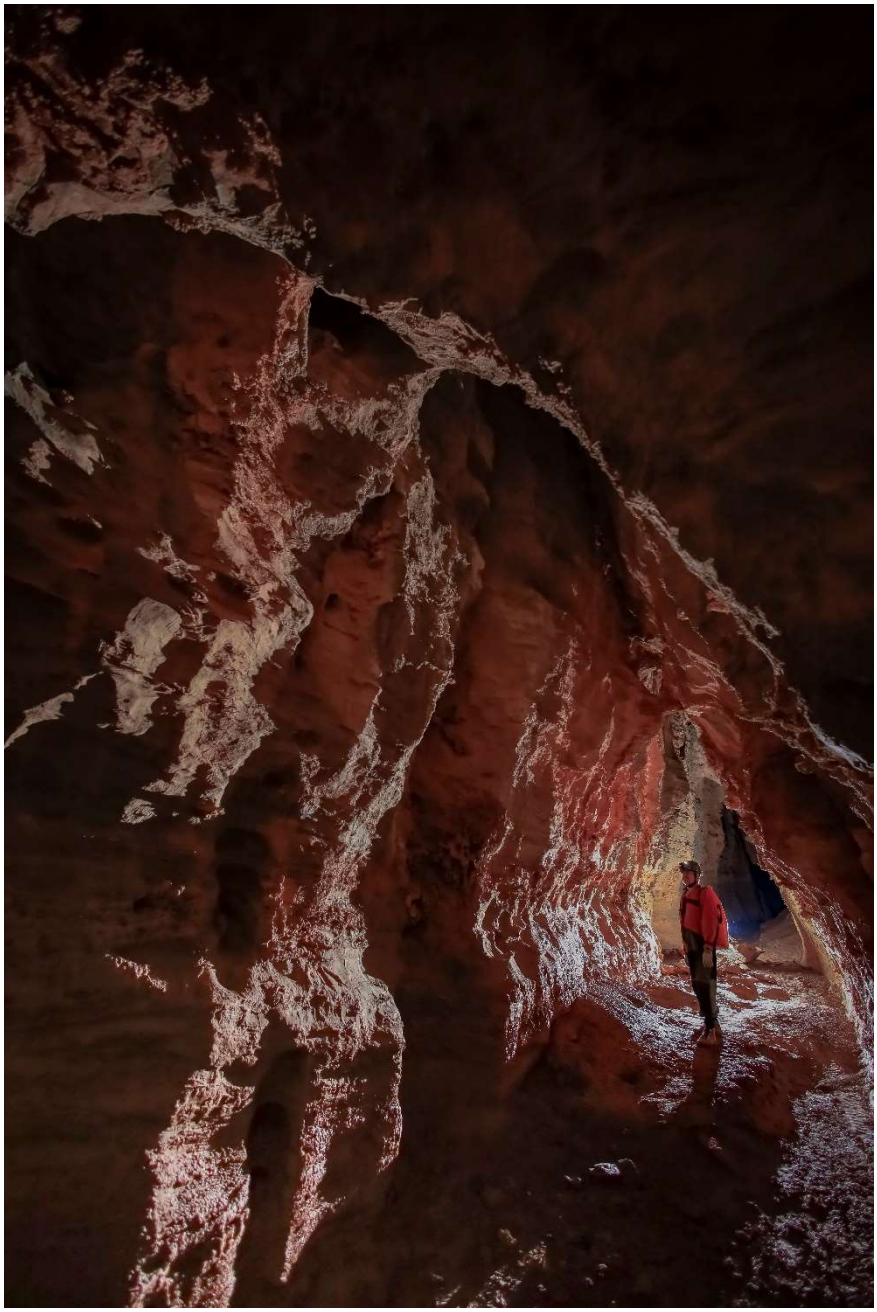


Figura 3.99. Aspecto de galeria na Gruna das Três Cobras.

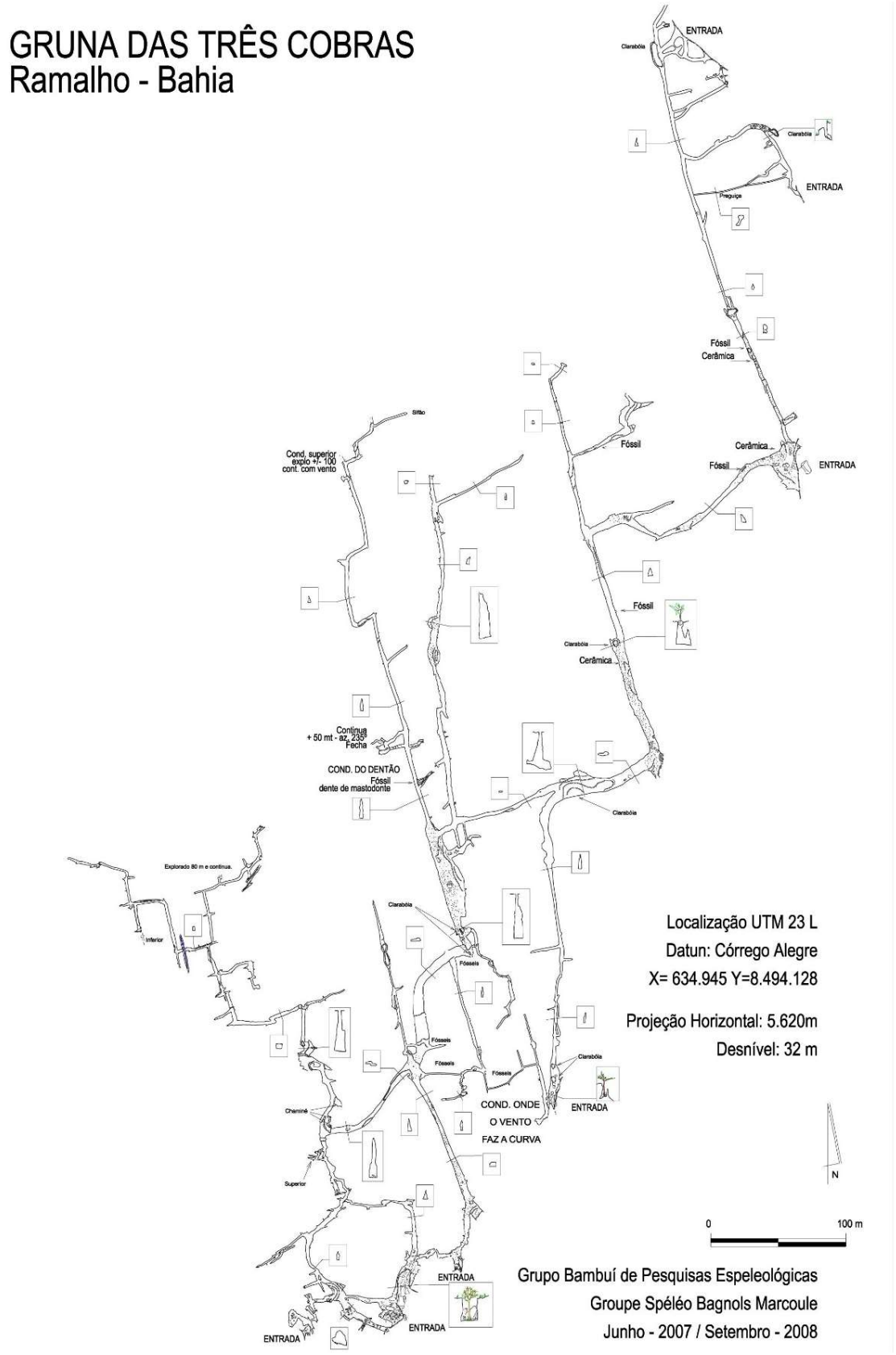


Figura 3.100. Planta baixa da Gruna das Três Cobras.

Gruna das Três Cobras II (Ramalho/BA): UTM 23L 634.896/8.494.099

Situada a poucos metros da Gruna das Três Cobras, possuindo as mesmas características da sua vizinha. Existe grande possibilidade de que as duas sejam conectadas através das inúmeras passagens inexploradas em ambos os lados. Possui cerca de 300 m de extensão.

Gruna do Google (Ramalho/BA): UTM 23L 628.353/8.493.076

Situada próxima à Agrovila 13. A entrada desta gruta foi descoberta através das imagens disponibilizadas pelo *Google Earth*. Felizmente este trecho da Serra do Ramalho encontra-se em alta resolução, permitindo ver com detalhes as principais feições cársticas. Sumidouro de uma imponente drenagem temporária (seca na época da exploração). A gruta é formada por uma galeria praticamente única, com largura média de 10 m e alturas variando de 1 a 5 m (Figura 3.101). O piso possui uma inclinação constante e é coberto por travertinos na sua porção mais a jusante. Termina em um sifão com poucas possibilidades de prosseguimento. Topografada: 1.230 m.

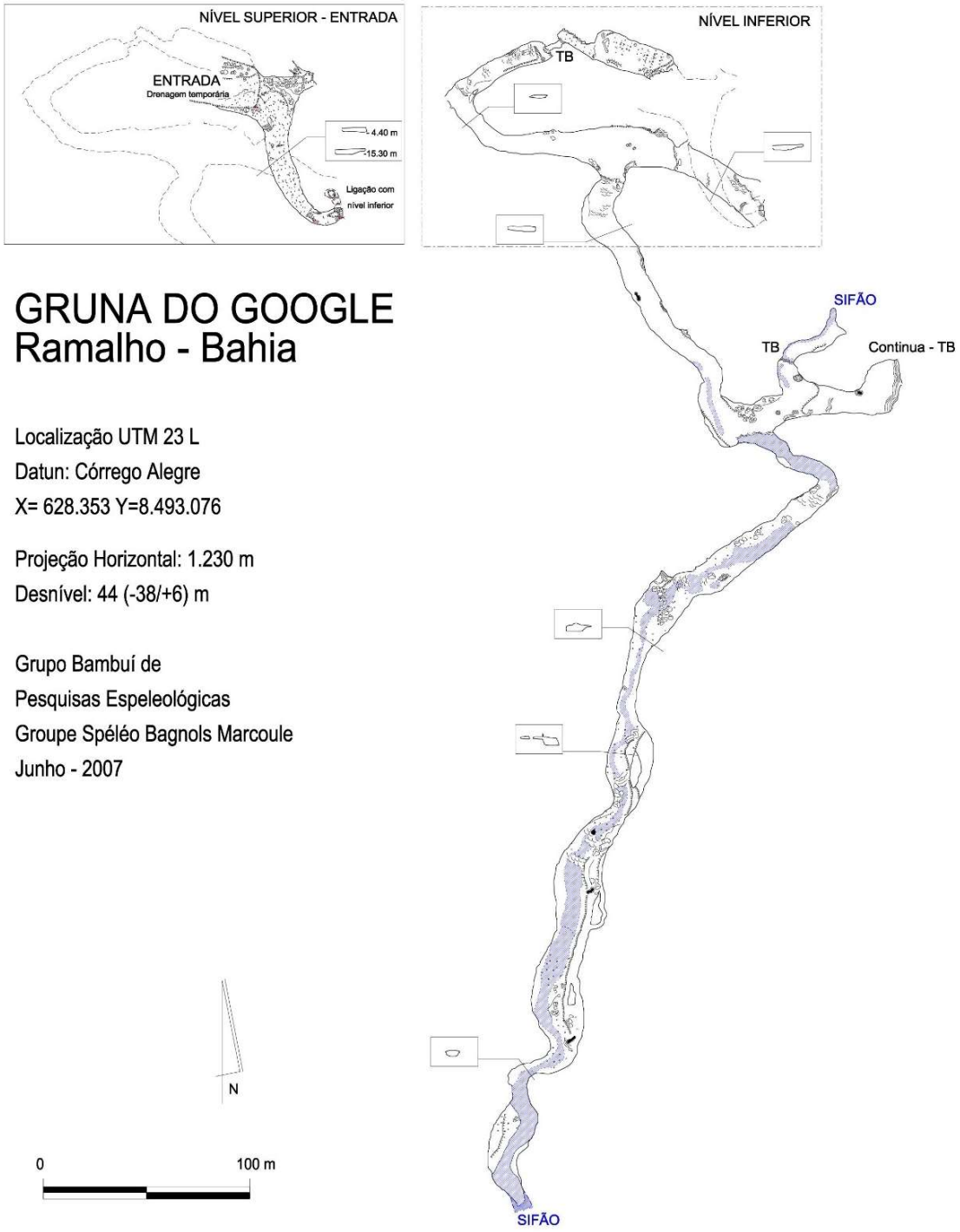


Figura 3.101. Planta baixa da Gruna do Google.

Gruna da Serra Solta II ou do Cesário (Ramalho/BA): UTM 23L 635. 053 – 8.506.054

Uma importante descoberta, trata-se de uma cavidade utilizada para captação de água. Na sua entrada, foi construído um grande reservatório de água e uma estrada chega até a entrada do conduto inicial. Formada por galerias meândricas e com poucas ramificações (Figura 3.103), possui uma drenagem ativa percorrendo boa parte dos seus condutos (Figura 3.102). A topografia somou 3 km de galerias.

Gruna da Serra Solta III (Ramalho/BA): UTM 23L 634.787 – 8.505.772.

Gruta bastante labiríntica formada por galerias amplas (Figura 3.102), onde o piso encontra-se, na maioria dos casos, coberto por espessas camadas de sedimento. Embora esteja inserida em um maciço isolado que lhe empresta o nome, seu desenvolvimento acompanha a vertente leste do afloramento, onde se abrem dezenas de entradas. Seguindo na direção oposta, os condutos não chegam a cruzar o maciço, terminando em locais estreitos ou entupidos. A projeção horizontal somou 2.700 m.

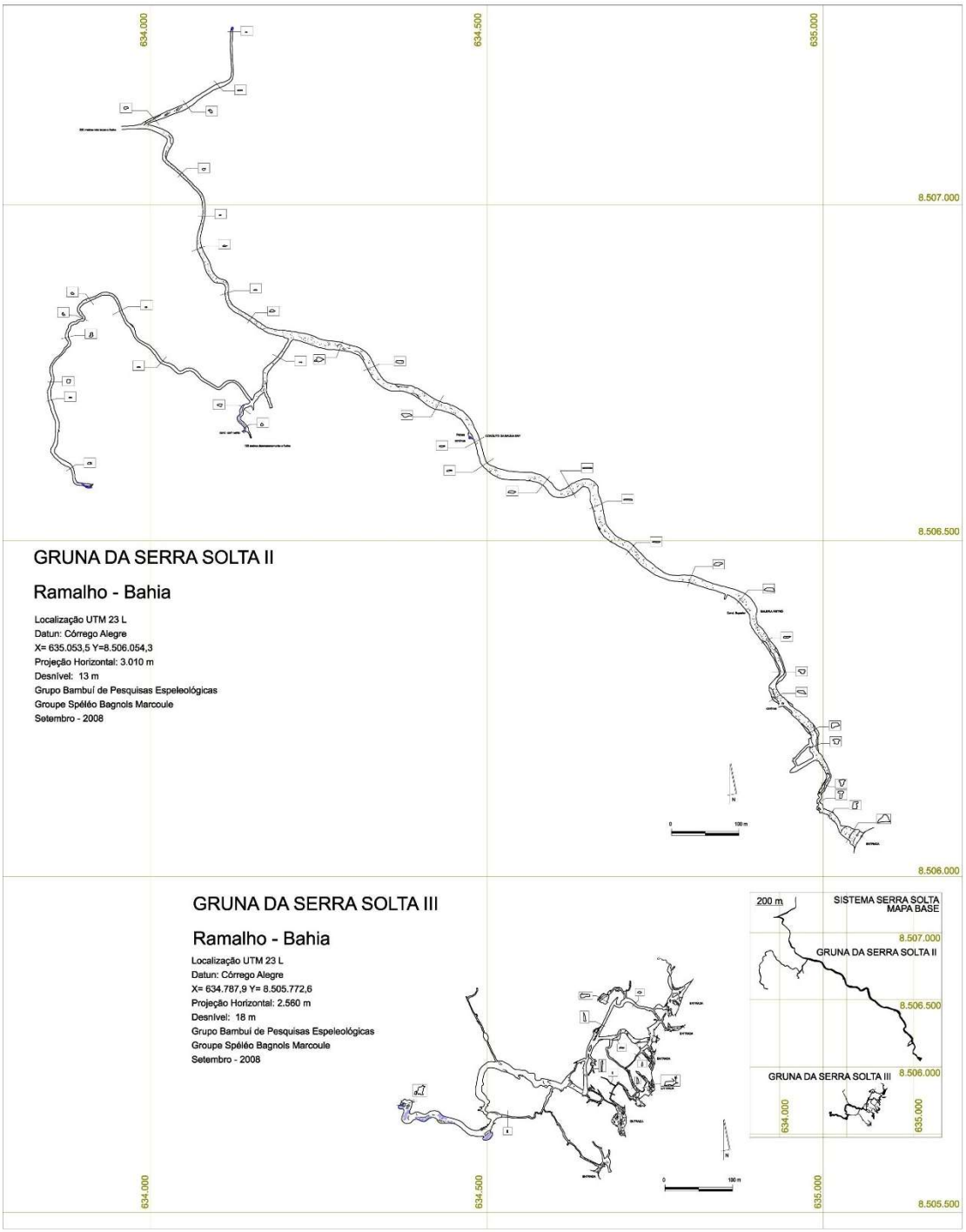


Figura 3.102. Planta baixa das grunas da Serra Solta II e III.



Figura 3.103. Aspecto de galeria na Gruna da Serra Solta II.

Gruna da Vila Nova (Ramalho/BA): UTM 23L 621.405 – 8.501.324

Ressurgência temporária situada na parte alta da Serra do Ramalho. As galerias iniciais, baixas e alagadas, tornam-se maiores e secas na direção montante, até interceptar uma saída no meio de um campo de lapiás. Topografada: 1.200 m.

Gruna da Viração (Ramalho/BA): UTM 23L 621.408 – 8.501.835

Cavidade situada próxima à Gruna da Vila Nova e parcialmente explorada (200 m) apresentando prosseguimentos.

Ressurgência do Bem-Bom (São Félix do Coribe/BA): UTM 23L 612.082 – 8.498.025

Pequena ressurgência perene, situada próxima à estrada do Bem-Bom. Galeria única, larga e baixa, onde foi possível avançar 50 m. O Sistema Bem-Bom é formado por uma drenagem temporária que percorre galerias pouco profundas e com dimensões modestas, sendo de 3 km a distância entre o sumidouro e a ressurgência. Sua descoberta ocorreu durante a expedição franco-brasileira de 2008, sendo explorada na época somente a Gruna do Bem-Bom I (ressurgência do sistema que sifonou depois de 200 m) e as galerias iniciais da Gruna do Bem-Bom II e da Água Branca; cavidade intermediária acessível por uma dolina e sumidouro, respectivamente (Figura 3.104).

Gruna do Bem-Bom I (São Félix do Coribe/BA): UTM 23L 612.643 – 8.497.718

Pequena ressurgência perene que se abre na base de um pequeno afloramento a montante da Ressurgência do Bem-Bom. Cavidade formada por uma galeria única, baixa e totalmente alagada (Figura 3.104). Possui continuação em um teto baixo. Foram explorados e topografados 180 m.

Gruna do Bem-Bom II (São Félix do Coribe/BA): UTM 23L 612.792 - 8.497.680

Caverna formada por galerias meândricas, parcialmente alagadas e que possuem várias passagens paralelas e saídas laterais na forma de dolinas (Figura 3.105). A extensão mapeada somou cerca de 1 km (Figura 3.104).

Gruna da Água Branca I (São Félix do Coribe/BA): UTM 23L 613.286 – 8.496.285

Sumidouro do Sistema Bem Bom, formada por uma galeria única, com 320 m de extensão, de traçado sinuoso (Figura 3.106) e seca na época das explorações. Possui entradas em ambas as extremidades (Figura 3.107). Topografada.

Gruna da Água Branca II (São Félix do Coribe/BA): UTM 23L 613.958 – 8.496.528

Cavidade intermediária do sistema acessível pelas entradas a jusante e a montante - localizada próxima da Gruna da Água Branca I – e por duas pequenas aberturas intermediárias (Figura 3.106). Formada por uma galeria única com aproximadamente 2 m de largura e altura e que possui vários trechos parcialmente alagados. A topografia somou 1,5 km de extensão.

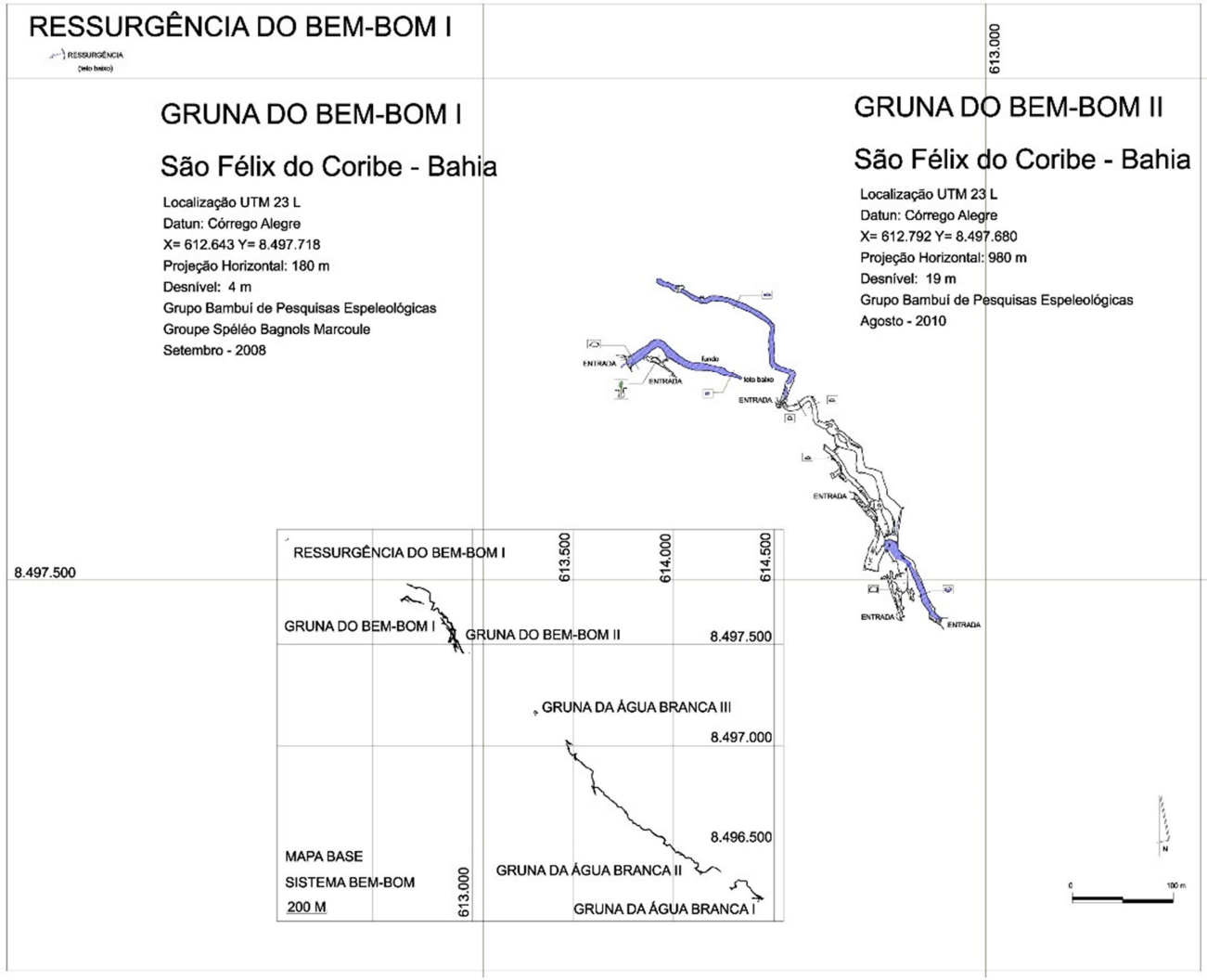


Figura 3.104. Planta baixa e posição relativa das grunas do Bem-Bom I e II.



Figura 3.105. Aspecto de galeria na Gruna do Bem-Bom II.

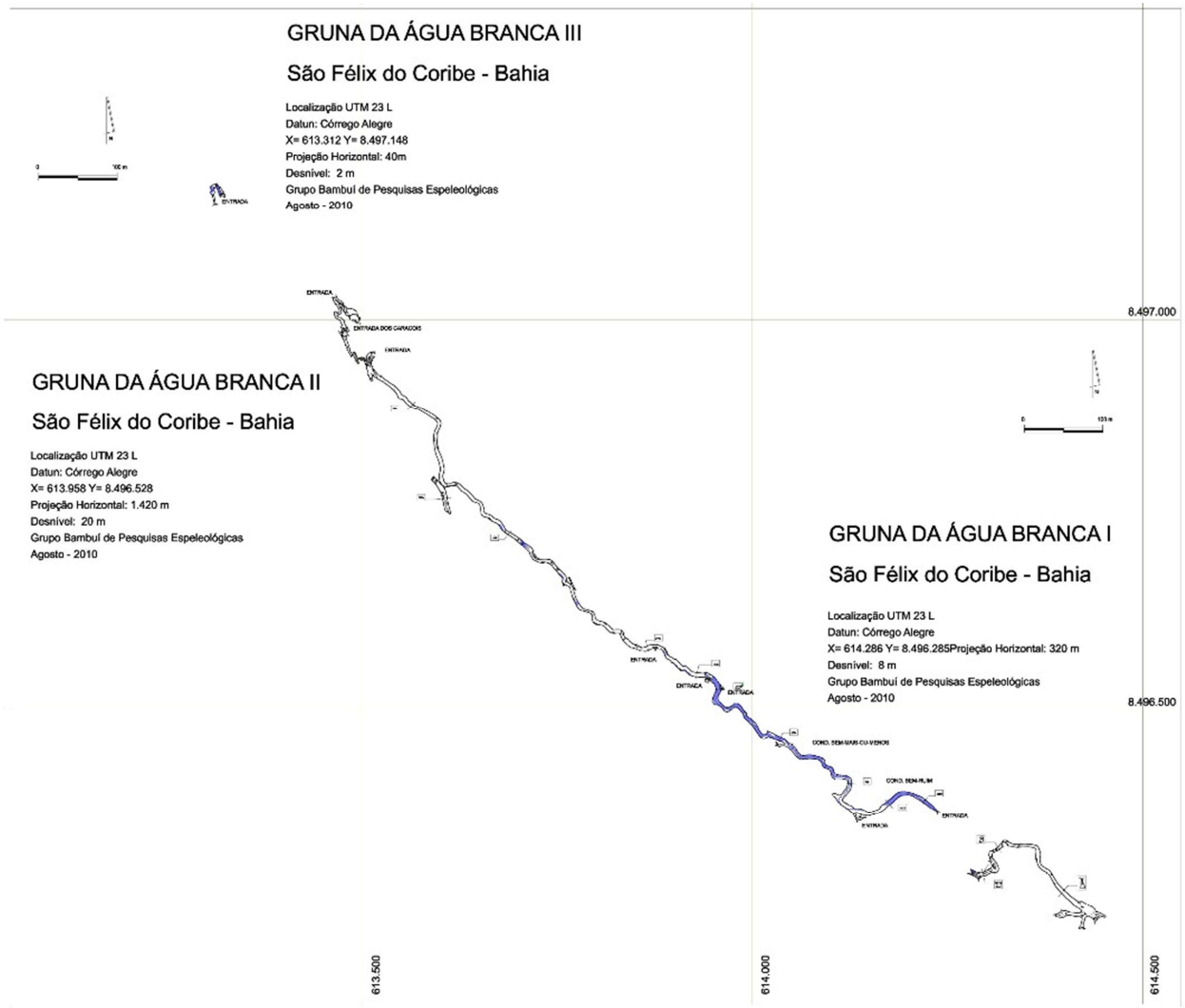


Figura 3.106. Planta baixa e posição relativa das grunas Água Branca I e II.



Figura 3.107. Aspecto de galeria na Gruna da Água Branca I.

Gruna da Onça II (Ramalho/BA): UTM 23L 634.836 - 8.495.489

Pequena cavidade localizada próxima à Agrovila 13. Seca, retilínea e com cerca de 30 m de extensão.

Gruna da Onça III (Ramalho/BA): UTM 23L 634.798 - 8.495.937

Situada próxima à Agrovila 13. Área de inundação da ressurgência temporária da Gruna da Onça (descoberta em abril de 1998 e que já foi ponto de captação de água). Várias entradas e claraboias interligadas por galerias pequenas. Possui aproximadamente 100 m de extensão.

Gruna do Cocho (Ramalho/BA): UTM 23L 633.090 - 8.494.475

Situada próxima à Agrovila 13. Local utilizado como bebedouro para o gado da região. A cavidade se resume a um grande abrigo onde foi cavado um pequeno poço de onde a água é retirada através de uma bomba. Possui aproximadamente 100 m de extensão.

Gruna Riacho do Floriano (Ramalho/BA): UTM 23L 634.970 - 8.497.855

Ressurgência temporária localizada na borda nordeste da Serra do Ramalho – Agrovila 13. Formada por galerias retilíneas, de seção elíptica e com várias ramificações. O primeiro e curto segmento atravessa o maciço, dando acesso a uma nova entrada de onde parte a galeria principal da gruta. Neste local existe uma pequena barragem indicado que a cavidade já havia sido utilizada como local de captação de água. Topografada: 850 m.



Gruna da Toca II (Ramalho/BA): UTM 23L 622.229 -8.491.168

Cavidade formada por galeria única, ampla e com saídas nas duas extremidades. Topografada: 270 m.

Gruna do Mandiaçu I (Ramalho/BA): UTM 23L 634.148 – 8.503.524

Gruta com entrada ampla e galeria retilínea que termina em um sifão. Topografada: 260 m.

Gruna do Mandiaçu II (Ramalho/BA): UTM 23L 634.167 – 8.503.666

Gruta seca, com galerias amplas e retilíneas. Topografada: 280 m.

Gruna da Rondoinha (Ramalho/BA): UTM 23L 626.497 – 8.495.572

Gruta localizada no alto da serra, em local de difícil acesso (cerca de 2 horas de caminhada). Formada por galerias amplas, secas, ricamente ornamentadas e com um padrão de direcionamento bem definido (leste-oeste e norte-sul). O mapeamento revelou uma cavidade com 830 m de projeção horizontal.

Sumidouro da Serra Pintada (São Félix do Coribe/BA): UTM 23L 609.336-8.498.378

Sumidouro de drenagem temporária que se encontra entupida após cerca de 10 m.

Ressurgência da Serra Pintada (São Félix do Coribe/BA): UTM 23L 609.297-8.498.707

Ressurgência da mesma drenagem que acessa uma rede de galerias secas, inicialmente pequenas. Após 100 m a galeria torna-se mais ampla e com um traçado meandrante, atingindo 6 m de largura e 2 m de altura. Explorados cerca de 300 m havendo ainda prosseguimentos.

Abrigo da Serra Pintada (São Félix do Coribe/BA): UTM 23L 608.737-8.505.861

Abrigo situado próximo ao povoado da Serra Pintada, na meia encosta de um grande afloramento calcário. O local também é conhecido como fonte de água (“pingueira”). O abrigo possui quase uma centena de metros de largura, mas não chega a possuir zona afótica. Belos exemplares de pinturas rupestres ornam principalmente o teto.

Gruna das Tocas (Ramalho/BA): UTM 23L 622.612 – 8.491.218

Localizada próxima a agrovila 15, possui 300 m de galerias exploradas e prossegue.

Gruna da Rapunzel (Ramalho/BA): UTM 23L 651.711 – 8.514.742

Situada na Agrovila 6, em um maciço isolado e fora das áreas consideradas neste relatório. Possui cerca de 150 m de extensão.

Gruna Dois Irmãos (Ramalho/BA) UTM 23L 622.134 – 8.479.146

Gruta formada por uma galeria única e com traçado meandrante. Topografia em andamento: 930 m.

04

DIAGNÓSTICO ESPELEOLÓGICO



4. DIAGNÓSTICO ESPELEOLÓGICO

4.1. CARACTERIZAÇÃO GEOESPELEOLÓGICA

4.1.1. Introdução

Neste tópico buscamos apresentar uma caracterização geral dos aspectos físicos (geoespeleológicos) das cavernas da Serra do Ramalho. A síntese ora delineada deriva de mais de três décadas de experiência espeleológica na região, desde as primeiras expedições no início dos anos 1990. Durante estas explorações iniciais, conforme relatado no item 3.1, o foco foi centrado na prospecção espeleológica, exploração e mapeamento das cavernas. Este tipo de atividade, muito intensa quanto à demanda física e de tempo deixa, em geral, poucas oportunidades para observações detalhadas sobre aspectos geológicos em cavernas. No entanto, observações de caráter geral foram realizadas e estão disponíveis nos diversos cadernos de campo da época. Estas informações, resgatadas a partir de arquivos pessoais e também de publicações na revista "O Carste" do Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, foram importantes para poder compor um quadro geral sobre os principais aspectos geoespeleológicos da Serra do Ramalho. Portanto, a síntese que se segue vai muito além das 29 cavernas revisitadas (ou visitadas pela primeira vez) no âmbito deste projeto, que serão alvo de descrição mais detalhada a seguir. Engloba, pois, um conjunto muito maior de cavernas, mais próximo do número total de 212 cavidades registradas na área até o momento de finalização deste documento.

É importante registrar que o recorte amostral de 212 cavernas (registradas na Serra do Ramalho e alvo de investigação sumária no tocante a geoespeleologia) ou o recorte bem menor de 29 cavernas, alvo de incursão mais detalhada durante a execução do projeto, apresentam inevitavelmente alguns vieses que devem ser pontuados. O primeiro deles refere-se à ausência de cavernas menores na amostra. O foco das explorações do Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológica sempre foram as maiores cavernas, os grandes sistemas espeleológicos. As cavernas de pequeno porte sempre foram negligenciadas. Qualquer distribuição estatística de cavernas mostra que cavernas menores representam a maior parte da amostra. Assim sendo, há forte ausência de representatividade neste quesito dimensional. O outro viés considerado importante guarda relação com os acessos. Há extensas áreas na Serra do Ramalho que não apresentam estradas ou trilhas que permitam percurso, o que resulta em ausência

de explorações nestas áreas. Este é o caso dos extensos campos de lapiás, de progressão extremamente difícil. Desta forma, o conhecimento espeleológico resulta ser muito desigual. Aceitas tais limitações, a síntese aqui apresentada é representativa dos grandes sistemas espeleológicos, relacionados à ressurgências e pontos com água, locais visitados pelos moradores locais. Em que pese a possibilidade de descoberta de outras cavernas importantes, algumas destas extensas, acreditamos que a maior parte dos grandes sistemas já tenha sido identificado. Nestes, a informação é necessariamente ainda fragmentária, já que se encontram segmentados por sifões, abatimentos ou espeleotemas. A síntese que ora se apresenta reflete o estado da arte atual, é está sujeita a atualizações à medida que os trabalhos espeleológicos na Serra do Ramalho evoluírem.

4.1.2. Descrição das cavidades

Nesta seção é apresentada a descrição geoespeleológica sucinta de 29 cavidades analisadas em detalhe. Estas cavernas estão distribuídas ao longo dos cinco setores da Serra do Ramalho.

SETOR MORRO FURADO

No Setor Morro Furado foram inspecionadas 12 cavidades: Gruna da Mamona, Gruna da Mamoninha, Gruna dos Mocós, Gruna do Morro Furado, Gruna Ponte do Morro Furado, Gruna Salão do Morro Furado, Sumidouro do Morro Furado, Gruna do Enfurnado, Boqueirão do Riacho de Fora, Gruna do Desenfurnado, Gruna do Otaviano e Gruna d'Água.

Gruna da Mamona

Ressurgência provável de um dos principais sistemas espeleológicos da região. Apresentava vazão reduzida (estimada em 0,1 - 0,3 m^3/s) quando da visita na estação seca, mas que provavelmente é multiplicada várias vezes durante a estação chuvosa. Sua entrada marca o final de um curto trecho de cânion com cerca de 100 m de altura, denotando evolução remontante do mesmo. O teto da caverna não é muito alto e chega a poucos centímetros do nível da água. Controle por planos de acamamento. Baixo gradiente hidráulico, resultando em trechos alagados com poucas áreas secas (Figura 4.1), as quais estão recobertas por sedimentos de granulometria fina. Não há presença de *scallops*. O sifão final é um poço profundo e situa-se em uma curva da galeria em conduto de menores dimensões. Não há ornamentação marcante de espeleotemas. Trata-se de uma caverna epigênica clássica que não apresenta tributários ativos. A drenagem que ressurge nesta caverna precipita tufas calcárias a jusante.

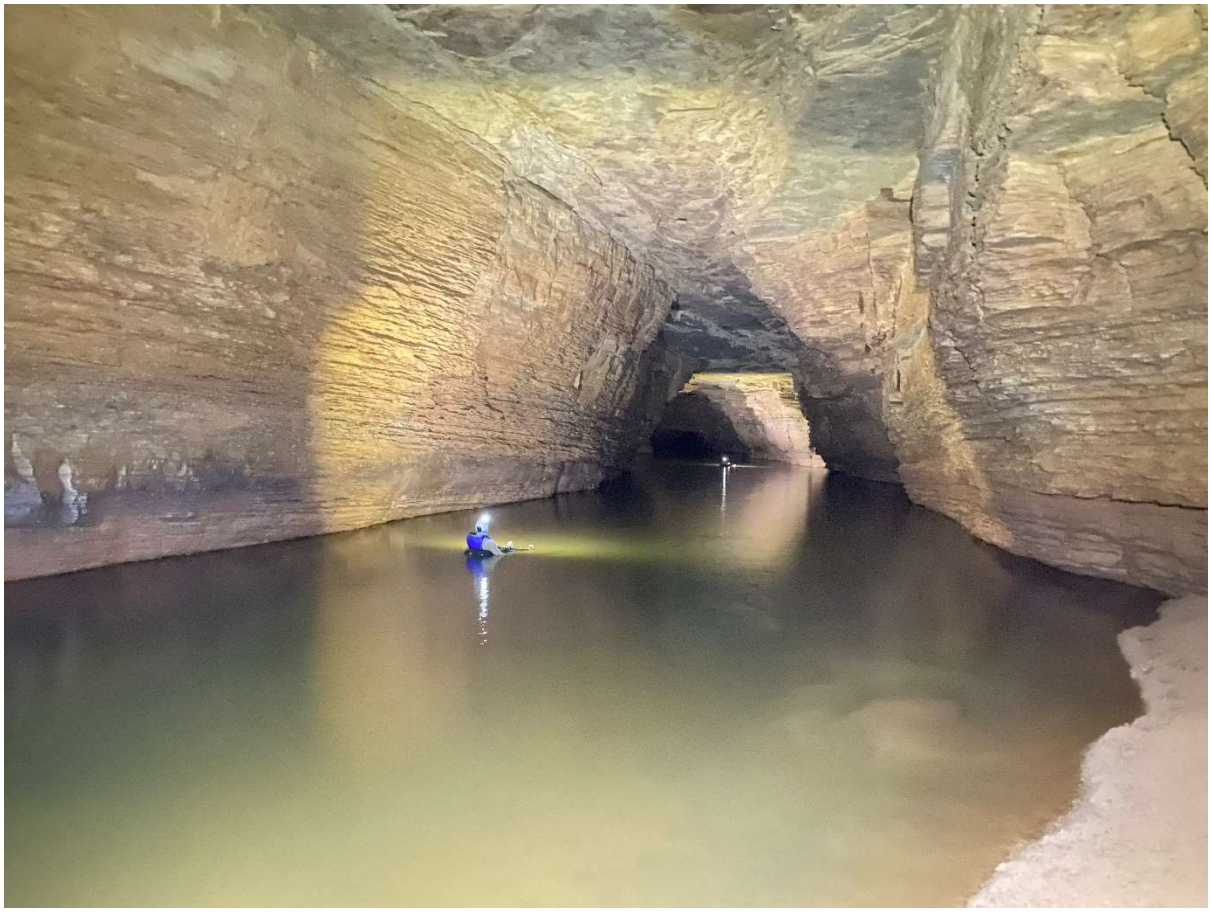


Figura 4.1. Galeria alagada da Gruna da Mamona.

Gruna da Mamoninha

Caverna totalmente seca, situada próxima e acima do nível da Gruna da Mamona. Sua entrada forma um degrau em relação ao piso da encosta, necessitando do uso de apoio (no caso alguns troncos) para que seja acessada. No interior apresenta uma única galeria que é, no entanto, dividida em dois setores. O setor inicial, da entrada, é amplo e apresenta espeleotemas clássicos, como estalagmites e escorrimentos (Figura 4.2). A parte mais profunda, na zona de penumbra, apresenta uma galeria descendente desenvolvida em calcário distinto, muito laminado, descamando facilmente. A caverna foi, muito provavelmente, uma antiga ressurgência de médio porte, atualmente totalmente desconectada do sistema hídrico. Como não apresenta marcas de fluxo e sua galeria se fecha abruptamente na rocha, é possível que tenha evoluído ascendentemente por abatimento (*stoping*) até atingir a condição atual.



Figura 4.2. Galeria de entrada e espeleotemas na Gruna da Mamoninha.

Gruna dos Mocós

Esta caverna é a menor cavidade investigada no Cânion do Morro Furado. Situa-se na borda do cânion e, por ser de pequeno porte e dimensões, não aparenta estar relacionada à drenagem principal que gerou as outras cavernas de grande porte descritas a seguir. Apresenta alguns belos exemplos de sedimentos clásticos, de coloração vermelho tijolo, formando uma brecha na zona abrigada. Nesta mesma zona há também interessantes pinturas rupestres. O teto é em geral plano, denotando controle por planos de acamamento. Provavelmente representa uma antiga ressurgência de pequeno porte (hoje acima das rotas hidrogeológicas ativas) que alimentava o cânion. A caverna apresenta um prosseguimento em teto baixo perpendicular ao maciço e uma galeria lateral onde observa-se algumas estruturas em madeira, evidência de ocupação em tempos recentes (Figura 4.3).



Figura 4.3. Estruturas de madeira e conduto controlado por acamamento na Gruna dos Mocós.

Gruna do Morro Furado

Esta caverna é a mais bem conhecida caverna do setor, pois era utilizada como ponto de acesso à parte interna do cânion. Havia uma estrada carroçável e um considerável trabalho de retificação foi realizado para adequar a inclinação tanto no aclive para a boca jusante quanto no declive para o interior da caverna. Uma série de blocos de grande porte foram colocados aparentemente propositalmente de modo a bloquear acesso por esta via (Figura 4.37B). A caverna é um túnel de grandes proporções (Figura 4.4), com seção ogival e espeleotemas de grande porte ao teto e nas paredes. O piso é majoritariamente composto por material de granulometria fina, derivado da erosão nas zonas de entrada jusante. Trata-se da única saída do cânion, tendo a caverna certamente funcionado como uma antiga caverna atravessada pela drenagem que formou o cânion e que agora encontra-se nas galerias subterrâneas das cavernas. Há considerável fluxo de ar ao longo da caverna, resultando em estalagmites estromatolíticas na entrada jusante. Desta forma, é uma cavidade antiga, que não preserva marcas de fluxo hídrico ou outras evidências de seu período ativo, sendo largamente modificada por processos de abatimento e deposição de espeleotemas. Ocorrência de belas pinturas rupestres na entrada montante.



Figura 4.4. Galeria da entrada montante com parede recoberta por espeleotemas na Gruna do Morro Furado.

Gruna Ponte do Morro Furado

Do lado oposto (montante) à Gruna do Morro Furado, esta imponente caverna demarca a outra conexão do cânion com áreas limítrofes fora da depressão. Apresenta forte desnível, marcado por zonas abatidas, declives e piso muito irregular ao longo de seu curto, porém amplo conduto único. A entrada superior desta caverna é bastante cênica, marcada por um pilar que a divide em duas partes (Figura 4.5). Apresenta alguns depósitos sedimentares preservados em alcovas da grande galeria, mas a maior parte do piso é constituído por material de granulometria grosseira. Sua entrada inferior é bastante ampla, em local em que o cânion possui muitos blocos abatidos, mas se estreita rapidamente nas primeiras dezenas de metros até abrir novamente no conduto de grandes dimensões que a caracteriza. Certamente apresenta drenagem durante época úmida, alimentando o cânion a jusante.



Figura 4.5. Entrada montante da Gruna da Ponte do Morro Furado com grande pilar dividindo a boca.

Gruna Salão do Morro Furado

Conforme sugerido pelo nome, a caverna se caracteriza por um amplo salão na entrada, belo domo de colapso, iluminado por luz natural, onde se destaca uma grande estalagmite nomeada como “sorvetão” (Figura 4.6). Mas a cavidade prossegue ao fundo, com uma sala mais estreita com alguns estreitamentos, sedimento avermelhado de granulometria fina provindo de aberturas ao fundo, mas que não apresenta continuidade. Neste prosseguimento há ocorrência de paleopisos. Na lateral esquerda do salão há um desnível que leva ao nível ativo, preenchido por lago e percorrido por drenagem. Suspeita-se que se trate do rio que alimenta a ressurgência da Mamona. Apresenta alguns depósitos reliquiares de sedimentos nas paredes, mas é, ao menos no setor do salão, inteiramente dominada por processos de abatimento. Piso preenchido por grandes blocos abatidos. Atualmente a caverna funciona como um sumidouro intermitente. No passado, possivelmente representava um trecho em que a drenagem subterrânea ressurgia, estando atualmente abortado de suas funções hidrológicas devido a evolução ascendente por abatimento. Caverna muito modificada por processos tardios nos trechos visitados.



Figura 4.6. Ampla sala de entrada da Gruna Salão do Morro Furado, com o “sorvetão” e galeria ao fundo.

Sumidouro do Morro Furado

Caverna ativa (portando drenagem) mais a jusante do cânion. Muito embora as galerias com rio não tenham sido visitadas devido à existência de trechos verticais, o mapeamento mostra galerias ativas que prosseguem até muito próximas ao sifão da Gruna da Mamona. A caverna compreende um sumidouro intermitente que deve receber água provinda da Gruna d’Água e do leito do cânion durante eventos pluviais. Possui um conduto praticamente único (com exceção de curto lateral perto da entrada) de médio porte e seção triangular com piso repleto de seixos e calhaus, mas também alguns trechos com lagos (Figura 4.7). A caverna aparenta receber grandes volumes de água durante cheias. Há poucos espeleotemas, provavelmente devido a estes intensos eventos de fluxo hídrico.

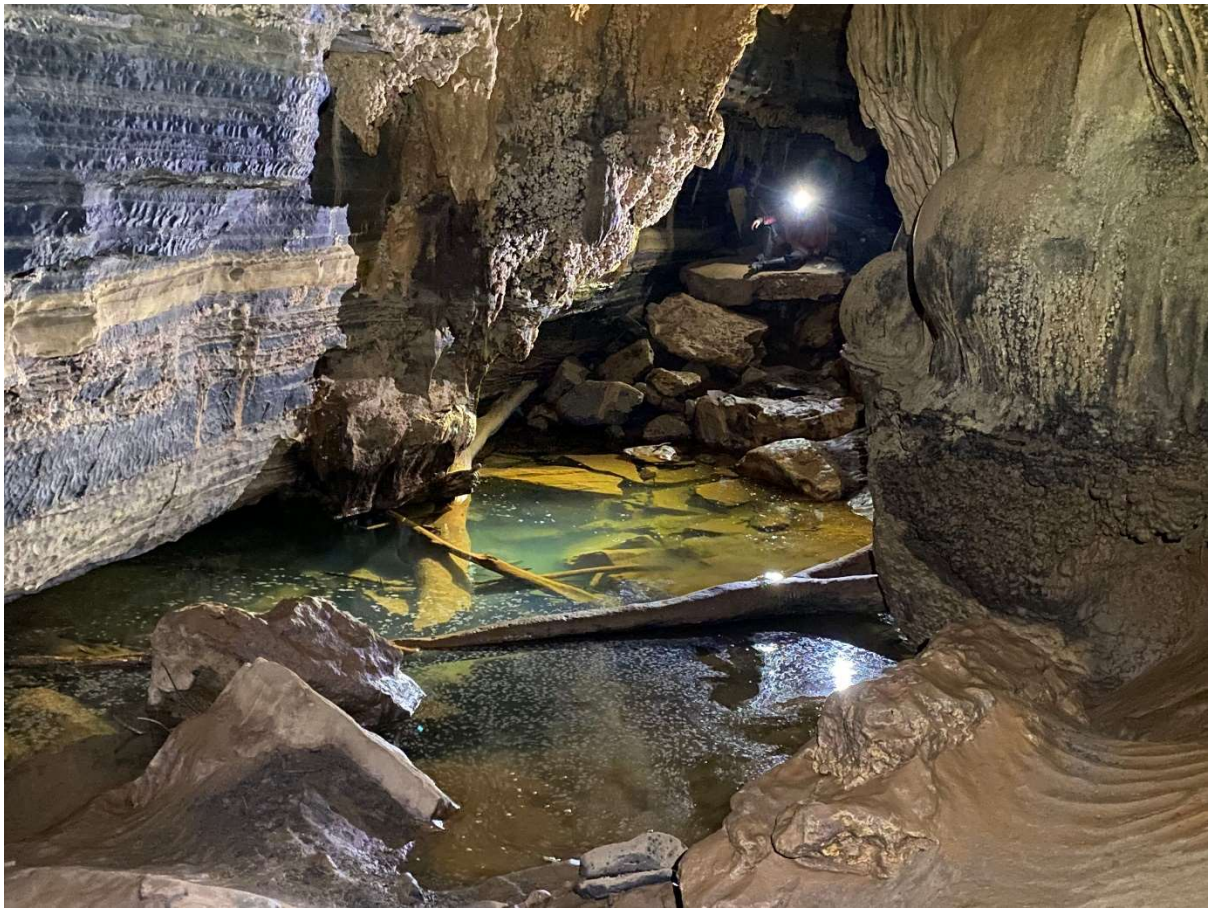


Figura 4.7. Aspecto da galeria do Sumidouro do Morro Furado.

Gruna do Enfurnado

Sem dúvida uma das principais cavernas da Serra do Ramalho. Representa o sumidouro de uma drenagem de grande porte, embora intermitente, cuja bacia de captação é bastante extensa. Apresenta níveis superiores de curta extensão junto à entrada. O conduto principal é de grande porte e apresenta desnível em espeleotemas junto à entrada, antes de atingir grandes dimensões e prolongar de forma predominantemente plana até o sifão. Possui dois afluentes, ambos se originando de condutos de menor porte, um logo próximo à entrada e outro junto ao trecho final, responsável pelo maior aporte hídrico. Neste, as características da água e dos sedimentos transportados são completamente distintas, sugerindo outra área fonte. Esta caverna se destaca pelos grandes salões laterais, de grande volume, um deles apresentando fantástico domo de colapso (Figura 3.90). Outra característica são trechos em teto baixo (contendo lagos) alguns dos quais podem ser ultrapassados por condutos laterais. Em seu terço final o conduto principal adquire grandes dimensões (talvez devido a abatimentos), antes de novamente gradar para dimensões medianas até o sifão final (Figura 4.8). Possui extensa rede de galerias superiores, de dimensão menor e padrão entrelaçado. Estas galerias ainda apresentam potencial para novas descobertas. Nestas, o componente paragenético é

bastante evidente. Bancos de sedimento são frequentes em toda a caverna. A caverna deve apresentar grandes transformações durante época de chuvas dado o grande volume de água denunciado pelo porte do vale seco na entrada e dimensões da sedimentação.



Figura 4.8. Galeria da Gruna do Enfurnado próxima ao sifão final.

Boqueirão do Riacho de Fora

Trata-se de outro dos grandes sumidouros do Setor Morro Furado. Uma drenagem bem marcada (embora intermitente) passa a correr em um pequeno cânion antes de adentrar esta caverna. As galerias são de grande porte, principalmente em relação à altura (com gradações abruptas), mas muito irregulares, com piso marcado por desníveis em escorrimentos, aclives, zonas estreitas. Há trechos de teto baixo, como na entrada, devido ao preenchimento por espeleotemas. Há conexão com dolina de colapso em zona muito instável. A caverna também dá acesso a trecho com drenagem ativa que, presume-se, esteja relacionada ao sistema do Morro Furado. Ocorrem níveis laterais com caráter labiríntico, possivelmente gerados durante enchentes. A caverna é, desde o sumidouro (Figura 4.9) marcada por blocos e seixos de grande porte, denotando fluxo de grande vazão quando das cheias. Logo após a entrada há estreitamente com lago antes de atingir o conduto de maior porte.



Figura 4.9. A entrada do Boqueirão do Riacho de Fora é de pequeno porte, camuflada em meio a grandes blocos.

Gruna do Desenfurnado

Esta cavidade, de pequeno porte, situa-se na parede direita do cânion da Gruna do Enfurnado, há poucos metros desta. Trata-se da ressurgência (aparentemente perene) do pequeno curso d'água (poucos litros por segundo de vazão) que alimenta o Enfurnado (Figura 4.10). Galerias de dimensões modestas, como riacho correndo entre seixos até um ponto onde há um aclive por sobre espeleotemas. Clássico tributário epigênico que tem como nível de base o vale seco do cânion. Sua drenagem precipita calcita (tufas calcárias) a jusante. A caverna aparenta estar assoreada, com muito material de granulometria fina. Há presença de algumas cúpulas ao teto.



Figura 4.10. Entrada da ressurgência da Gruna do Desenfurnado.

Gruna do Otaviano

Caverna totalmente seca que está relacionada à uma drenagem pretérita. Localiza-se abaixo de um campo de lapiás. A caverna encontra-se ajustada geomorfologicamente a este vale seco, podendo ser caracterizada como um túnel de dimensões medianas/grande (Figura 4.11)) com o piso preenchido por sedimentos clásticos e, em alguns setores, blocos abatidos. Apresenta claraboia próxima à sua entrada jusante. Possui uma alça representada por conduto em nível superior, com muitos abatimentos e salas de dimensão mais avantajada. Neste local há bela ocorrência de sedimentos brechados colados à parede, atestando que houve preenchimento sedimentar mais abrangente. Apresenta marquises calcíticas no topo de pequenos pilares em um ambiente de represa de travertino. O outro setor desta caverna é completamente distinto, apresentando um conduto com seção tubular, de pequeno porte, preenchido por água. A evolução da caverna procedeu de oeste para leste, com o fluxo migrando das galerias maiores para o duto meandrante ativo em nível inferior. Uma típica cavidade epigênica modificada por processos de abatimento e que provavelmente experimentou fases paragenéticas.



Figura 4.11. Galeria fóssil superior da Gruna do Otaviano, observando-se lascas abatidas e sedimentos reliquiares a esquerda.

Gruna d'Água

A Gruna d'Água situa-se próxima ao Sumidouro do Morro Furado e representa a cavidade que permite acesso mais fácil à drenagem ativa. A caverna em si é de pequeno porte, compreendendo uma entrada descendente que dá acesso a uma drenagem que provém de um sifão a montante e flui até outro a jusante. A maior parte da galeria é inundada e não há feições morfológicas de destaque. Durante períodos de cheia esta cavidade funciona como uma ressurgência, alimentando o Sumidouro do Morro Furado.

SETOR DESCOBERTO

No Setor Descoberto foram investigadas 7 cavidades: Gruna da Cacimbinha, Gruna Ponta D'Água, Gruna da Pratina, Gruna da Lagoa do Meio, Gruna da Serra Verde, Gruna de Descoberto I e II.

Gruna da Cacimbinha

Caverna de fácil acesso, por sob a estrada e muito rasa em relação à superfície. Trata-se de uma ressurgência de vazão reduzida (estimada em 7 l/s) que foi bloqueada por uma barragem construída

logo na entrada. O conduto é de dimensão restrita, com muito sedimento de granulometria fina (Figura 4.12) e após poucas dezenas de metros atinge um trecho estreito que dificulta a progressão. Presença de *scallops* e outras feições de fluxo hídrico. Durante a visita no ano de 2023 notou-se profundas mudanças em relação à época em que foi mapeada há mais de 20 anos. A caverna encontra-se assoreada e houve bloqueio de acesso aos trechos distais. Isto fez com que a parte acessível da caverna tenha sido reduzida à metade.



Figura 4.12. Conduto principal com lama em direção à entrada, Gruna da Cacimbinha.

Gruna Ponta D'Água

Esta cavidade abrange a saída, em época de chuvas, de uma drenagem, estando a montante de um cânion cárstico. Uma ressurgência perene de mesmo nome, com fluxo estimado em 1 m^3/s, ocorre poucas centenas de metros a jusante. A caverna é de pequeno porte e apresentava um lago estático quando da visita. Sedimentação de granulometria fina. A partir da entrada descendente atinge-se uma galeria de pequeno porte (Figura 4.13) que gradualmente se torna alagada, impedindo progressão. Uma típica ressurgência temporária ativa durante situações de alta vazão. Pode vir a ser um dos pontos de saída do sistema que abrange as grunas de Descoberto e da Lagoa do Meio.



Figura 4.13. A galeria da Gruna da Ponta d'Água apresenta água estagnada e muita lama.

Gruna da Pratina

Localiza-se na mesma região da Ponta d'Água e constitui uma ressurgência perene de pequena vazão (estimada em 0,5 m^3/s). A pequena caverna possui um conduto único de poucos metros de extensão até atingir um sifão. Há presença de alguns espeleotemas de pouca expressão. Sedimentação abundante nas margens da drenagem (Figura 4.14) compreendendo material de granulometria cascalho a silte. É possível que represente o trecho distal do sistema hidrológico que compreende as grunas de Descoberto e Lagoa do Meio. Caverna epigênica de importância hidrológica.



Figura 4.14. Aspecto da drenagem, espeleotemas e sedimento cascalhento da Gruna da Pratina.

Gruna de Descoberto I e II

Muito embora sejam cavernas distintas do ponto de vista físico e difiram muito quanto à morfologia, são aqui tratadas em conjunto devido à sua proximidade e conexão genética. Estas duas cavidades encontram-se separadas por um trecho de cânion alto e estreito de algumas dezenas de metros de extensão. A importância destas cavernas deve-se ao fato de representarem o sumidouro da drenagem que passa por Descoberto. A vazão é de cerca de 0,7 m^3/s e, devido a obstruções, tem havido inundações a montante, afetando o povoado de Descoberto. A caverna mais jusante é alta e estreita, controlada por fraturas, refletindo a morfologia do cânion imediatamente a jusante. Já a caverna a jusante, Descoberto II (Figura 4.15) corresponde à uma caverna de teto baixo, controlada por planos de acamamento. Apresenta um afluente de pequena vazão. Boa parte das galerias acessíveis em ambas as cavernas se encontram com drenagem. Presença de marcas de fluxo denotando regime hídrico sazonal. Hidrologicamente, estas cavernas representam o trecho inicial do sistema hidrológico associado a Gruna da Lagoa do Meio e às duas ressurgências anteriormente mencionadas, Ponta d'Água e Pratina.



Figura 4.15. Conduto controlado por planos de acamamento na Gruna de Descoberto II.

Gruna da Lagoa do Meio

Esta cavidade é uma das mais importantes e complexas cavernas da Serra do Ramalho não tendo sido, até o momento, devidamente explorada devido a limitações de acesso por parte do proprietário das terras e excesso de CO_2 nas galerias distais. Apresenta uma entrada única de pequeno porte em sumidouro intermitente. Apresenta mais de uma drenagem em nível distinto, que se cruzam, denotando possivelmente a existência de unidades litológicas que condicionam o regime hidrológico. A galeria em nível inferior é ativa e de porte médio a pequeno. No entanto, ocorrem galerias superiores de grande dimensão (Figura 4.16) que dão acesso a amplos salões e galerias ativas. Em termos evolutivos, é única na Serra do Ramalho a apresentar tal complexidade e mais de uma drenagem. É possível que esta caverna se localize em um divisor de bacia hidrológicas subterrâneas, tendo experimentado transições alternadas para distintos níveis de base. Apresenta um rico conjunto de sedimentos clásticos, alguns com bom potencial paleoambiental e também de espeleotemas, abrangendo morfologias e granulometria variada. Em termos de geologia esta caverna certamente se posiciona como uma das mais importantes e interessantes da Serra do Ramalho.



Figura 4.16. Galeria de grande porte em nível superior na Gruna da Lagoa do Meio.

Gruna da Serra Verde

Gruna localizada em zona deprimida do relevo, isolada em relação à outras ocorrências espeleológicas. Sua entrada de médio/pequeno porte dá acesso a um desnível representado por empilhamento de blocos. A caverna se desenvolve na base deste declive, consistindo em um conjunto de galerias entrelaçadas, ora controladas por planos de acamamento, ora por tramas de fraturas. As galerias são de médio porte, apenas alguns metros de altura e largura. Mas ainda assim há níveis superiores. Apresenta também alças de meandros e alguns trechos labirínticos nas laterais, provavelmente devido à *diversions* causados por entupimentos das galerias. As galerias ao final possuem seção em fenda. *Scallops* estão presentes na maior parte das galerias (Figura 4.17), sendo de pequena dimensão, denotando fluxo rápido. Há também depósitos sedimentares ao piso e depósitos reliquiares nas paredes e teto, em geral de granulometria fina, denotando preenchimento quase total com possível geração de feições paragenéticas. Alguns espeleotemas foram totalmente recobertos por sedimento. Em épocas chuvosas é possível que apresente drenagem ativa em suas galerias principais.



Figura 4.17. Conduto lenticular da Gruna da Serra Verde apresentando *scallops* nas paredes e teto.

SETOR SERRA DO RAMALHO SUL

No Setor Serra do Ramalho Sul foram inspecionadas quatro cavidades: Boca da Lapa, Gruna do Engrunado, Gruna Baixão da Canoa e Gruna do Govi.

Boca da Lapa

Uma das principais ressurgências da Serra do Ramalho, com fluxo estimado em 0,5 m^3/s durante a época de seca. Conduto de grandes dimensões que apresenta longos trechos retilíneos intercalados com meandros abruptos, denotando mudança de fratura controladora. A caverna se desenvolve em um calcário laminado de coloração amarela, aparentemente de caráter mais margoso. Possui muitos trechos fundos (Figura 4.18) intercalados com alguns bancos sedimentares de material de granulometria cascalho a silte. A medida que se avança para montante o gradiente aumenta, chegando a haver algumas quedas d'água. Em seu trecho inicial é possível observar que foi parcialmente entupida por depósitos sedimentares. Há bancos reliquiares fossilíferos nesta zona inicial da caverna, além de interessantes depósitos de conglomerados cimentados por manganês. Níveis superiores são observados ao longo do percurso e há dois afluentes, um deles apresentando potencial para exploração. O trecho final apresenta um grande salão abatido e com evidências de

entupimento antes de se atingir o sifão. Não é uma caverna que se destaca pela presença de espeleotemas embora haja belos escorrimentos de calcita de grande porte às margens do rio. Foram observadas estalactites submersas, denotando alagamento de alguns trechos da caverna.



Figura 4.18. Aspecto da galeria inundada da Boca da Lapa.

Gruna do Engrunado

Esta caverna encontra-se em estágio final de evolução em seu nível superior seco, sendo interceptada em vários pontos pelo rebaixamento da paisagem cárstica. Tanto seu trecho inicial a NW quanto seu trecho final a SE foram removidos pela denudação cárstica. A caverna compreende uma longa galeria predominantemente seca (Figura 4.19) que mostra claros sinais de entupimento. Há alças laterais, algumas ainda totalmente entupidas, com placas calcíticas, provavelmente geradas como alternativas (*by-pass*) à trechos do conduto principal que foram preenchidos. A caverna apresenta muitos *scallops* apontando fluxo para SE. Parece ter experimentado episódios de alagamento, haja vista a presença de muitos espeleotemas subaquosos, com destaque para uma helictite de morfologia única (Figura 4.39). Próximo a seu terço final, após uma entrada lateral, há entupimento da galeria principal e prossegue-se via um nível inferior alagado que, algumas centenas de metros depois, volta a reencontrar a galeria principal superior. Este nível inferior faz parte de uma fase mais tardia de

evolução, pois comporta uma drenagem ativa de pequeno porte. Caverna apresenta sedimentação variada abrangendo toda a gama de classes granulométricas. Em seu trecho final a SE há abatimentos e por fim a caverna é interceptada por uma depressão no terreno.



Figura 4.19. Aspecto da galeria principal da Gruna do Engrunado.

Gruna do Govi

Esta caverna de fácil acesso é visitada regularmente por moradores, havendo bombas para extração de água em seu interior e muito lixo/pichações. Compreende basicamente um grande salão na zona iluminada e algumas galerias laterais. Neste salão há evidência de preenchimento sedimentar, havendo interessante ocorrência de brechas sedimentares preservadas nas paredes. O nível a esquerda dá acesso a uma pequena drenagem (Figura 4.20) na qual há bombeamento. Ocorrem meandros e nível superior de pequeno porte até trecho em que requer escalada. Caverna de curta extensão que, no entanto, possui variedade morfológica.



Figura 4.20. Galeria com drenagem ativa na Gruna do Govi.

Gruna do Baixão da Canoa

Trata-se de caverna identificada recentemente. Inicia-se como uma entrada discreta na base de maciço calcário em trecho com várias fendas orientadas segundo fraturas. Há desnível abrupto na entrada, acessando-se um trecho em teto baixo controlado por planos de acamamento. Este trecho se prolonga até atingir um conduto ativo de direção perpendicular. A montante a galeria se divide e o ramo com o rio sifona rapidamente. O outro prosseguimento é o que confere extensão à caverna, sendo uma galeria de médio porte (Figura 4.21), ora controlada por planos de acamamento, ora por fraturas, intercalando trechos altos e baixos. Em sua porção final há várias entradas na borda de maciços calcários. A jusante, a partir do encontro com o rio, o conduto segue com dimensões médias e a drenagem desaparece. Atinge-se um desnível que novamente permite acesso ao rio, antes de se fechar definitivamente. O destaque em termos de sedimentação química são as represas de travertino e trechos do piso cobertos por calcita, formando “rio de calcita”. A relação entre esta caverna e os demais sistemas da Serra do Ramalho é difícil de estabelecer. A caverna encontra-se, em seu trecho montante, sendo interceptada pela denudação cárstica. Recebe aporte hídrico durante época de chuvas.

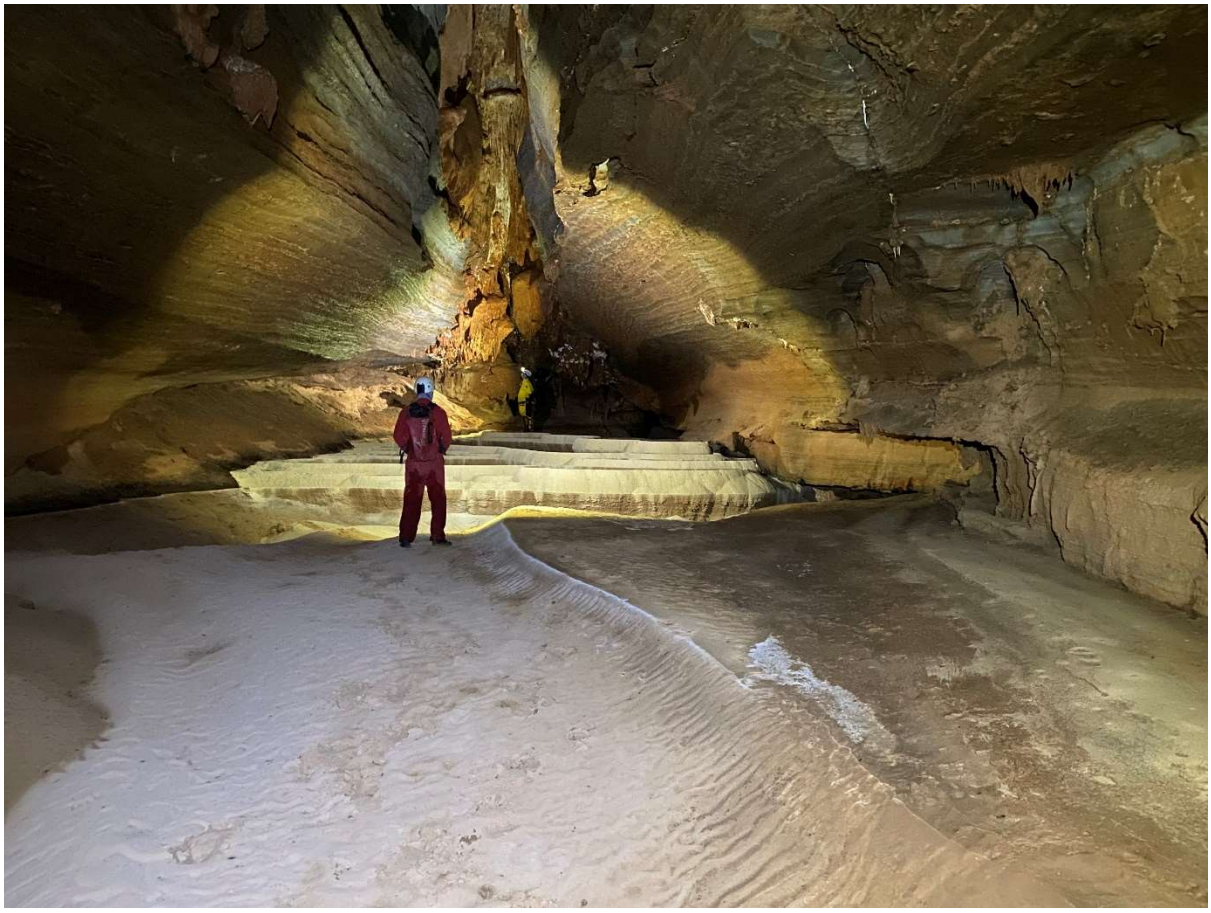


Figura 4.21. Galeria a montante da Gruna do Baixão da Canoa, controlada por fraturas e apresentando travertinos.

SETOR RAMALHO

No Setor Ramalho apenas uma caverna, a Gruna das Três Cobras, foi examinada.

Gruna das Três Cobras

Caverna labiríntica localizada na base de um morrote residual desnudo (campo de lapiás). Possui mais de uma entrada (e muitas claraboias) e um padrão reticulado clássico, com galerias predominantemente triangulares (Figura 4.22), controladas pela rede de faturamento. Apresenta evidências de ter sido significativamente entupida por sedimentos em níveis mais elevados que o atual, tendo ocorrido fases de remoção do pacote sedimentar. É possível que parte de sua evolução tenha sido controlada por corrosão de mistura devido ao contato de águas provindas do topo do maciço e o lençol freático. Presença de cúpulas talvez denotem este mecanismo. A coalescência de cúpulas em alguns locais causa a expansão vertical e favorece o contato com a superfície do terreno. A caverna atualmente recebe aporte hídrico e alaga parcialmente. Muita diversidade de sedimentos clásticos, a maior parte de granulometria fina a média. No entanto, há matacões derivados de colapsos do teto.



Figura 4.22. Aspecto da junção de galerias na Gruna das Três Cobras, podendo-se observar a seção triangular.

SETOR DAS AGROVILAS

No Setor das Agrovilas foram inspecionadas cinco cavidades: Gruna da Água Clara, Gruna do Pedro Cassiano I e II, Gruna dos Peixes e Lapa dos Peixes.

Gruna da Água Clara

Esta caverna é uma das mais importantes da Serra do Ramalho. Pode ser caracterizada como um amplo e longo conduto de grande porte, ora controlado por fraturas, ora por planos de acamamento. Como destaque apresenta algumas alças em seus trechos mais distais, mostrando que houve variações de rota hídrica, provavelmente devido ao fator sazonal de fluxo hídrico devido ao clima. A caverna possui diversos tributários, a maior parte de caráter intermitente. Sua rede de galerias superiores está sendo interceptada pela superfície (Figura 4.23), apresentando galerias de menor porte quando comparado com o sistema principal, da mesma forma que em outras grutas da região. Localiza-se próxima à borda de paredão em seu trecho jusante. A sedimentação é muito variada e atualmente nota-se sedimentos recentes de granulometria silte, sugerindo estar havendo assoreamento provavelmente devido ao desmatamento. Troncos de grande porte aparentemente

tem sua origem a jusante, sugerindo forte influência de *backflooding*. Observadas ocorrências de gipsita nos níveis superiores, mas em geral, a caverna não apresenta destaque quanto a espeleotemas



Figura 4.23. Galeria com abertura para o exterior no nível superior da Gruna da Água Clara.

Gruna do Pedro Cassiano I e II

Estas duas cavidades são aqui tratadas em conjunto. Fazem parte do mesmo sistema, uma ressurgência cárstica que apresenta condutos dispostos sob forma de delta ao atingir o maciço. Embora sejam secas na entrada, a Gruna do Pedro Cassiano I apresenta drenagem logo na entrada, denotando que a mesma não chega a ressurgi, sendo incorporada antes disso ao aquífero. A caverna apresenta clássico padrão dendrítico, com vários afluentes. Galerias de médio/pequeno porte. Moradores locais extraem água e fizerem pequenas obras de retificação no leito sedimentar, de modo a facilitar o fluxo de água. Observados cúpulas de considerável dimensão, do tipo “garrafão”. Na entrada há deposição de tufas calcárias. Nota-se um desnível de poucos metros entre o nível de desenvolvimento da caverna e a planície em frente (Figura 4.24), o que indica um desajuste no tocante

à evolução geomorfológica. O padrão “delta” da ressurgência se prolonga no paredão, com existência de outras grutas não investigadas. A Gruna do Pedro Cassiano II representa uma alça deste “delta” com condutos meandrantes que se entrelaçam. Apresentam potencial arqueológico e paleontológico.



Figura 4.24. Entrada da Gruna do Pedro Cassiano, observando-se desnível com travertinos.

Gruna dos Peixes

Esta interessante cavidade não permite sua completa exploração devido à ser uma fenda isolada, distante do corpo principal dos afloramentos da Serra do Ramalho, preenchida por um profundo lago (Figura 4.25). Apenas com técnicas de espeleomergulho será possível auferir suas reais características. Durante período chuvoso o local se transforma completamente, passando a funcionar como uma ressurgência que alimenta um curso d’água. As conexões hidrogeológicas deste local aguardam estudos mais aprofundados de hidrogeologia.



Figura 4.25. Entrada da Gruna dos Peixes, notando-se estrutura para bombeamento de água na fenda.

Lapa dos Peixes

Trata-se de uma importante caverna que, em conjunto com a vizinha Gruna da Água Clara, compõe um dos mais importantes sistemas cársticos da Serra do Ramalho. Situa-se a jusante da Água Clara e recebe aporte hídrico da mesma, após a drenagem atravessar curto espaço a céu aberto. Sua galeria principal é ampla e apresenta trechos secos intercalados com setores alagados (Figura 4.26). Há muitas alças laterais, algumas apresentando significativos depósitos fossilíferos. Embora seja majoritariamente controlada por planos e acamamento, há trechos (como a jusante) com nítido padrão reticulado, denotando a influência de faturamento. Essas galerias laterais constituem, provavelmente, labirintos de inundação. Seu conduto principal apresenta em alguns locais aprofundamento na base a partir de um meandro inicial ao teto. Como um todo, a caverna apresenta variada gama de depósitos sedimentares com amplo espectro granulométrico. Em geral não

apresenta espeleotemas notáveis, provavelmente devido ao frequente alagamento devido às grandes variações de vazão.



Figura 4.26. Trecho próximo à entrada montante da Lapa dos Peixes.

4.1.2. Sínteses Finais Geoespeleologia

Controle geológico, hidrológico e estrutural

A Serra do Ramalho localiza-se em uma zona de baixa deformação do cráton do São Francisco. A região é composta por um conjunto variado de rochas, formadas desde o Arqueano até períodos mais recentes do Quaternário (seção 2.2). Muito embora haja grande variedade litológica, todas as cavernas conhecidas estão alojadas em carbonatos (calcários e dolomitos). Não há cavernas identificadas nos arenitos Cretáceos da Formação Urucuia, que formam a porção cimeira da serra, ou nas rochas metapelíticas do Grupo Bambuí. Os carbonatos encontram-se essencialmente horizontalizados e apenas raramente são observados dobramentos. Devido a isto, as cavernas são, também, essencialmente horizontais, apresentando poucos desníveis, salvo exceções que serão descritas posteriormente. A trama estrutural é representada por falhas e padrão de fraturamento

herdados do evento Brasiliano, ocorrido há 600 milhões de anos. Para maiores informações sobre aspectos geológicos e estruturais o leitor deve recorrer à seção 2.2, estando as informações sintetizadas no detalhado mapa geológico apresentado na Figura 2. 2. Na Serra do Ramalho, pelo fato das camadas calcárias e dolomíticas estarem dispostas horizontalmente e a região apresentar desníveis pouco acentuados, há uma concordância entre os planos de acamamento e o gradiente hidráulico, fazendo com que estes planos, de extensão quilométrica, sejam os elementos geológicos mais favoráveis ao desenvolvimento das cavernas.

A extensão das cavernas deve-se primordialmente à exploração, pela água, de planos de acamamento. Estes são essenciais na maior parte das cavernas da região, sendo observados controlando o posicionamento das galerias. Controle por parte da rede de fraturas é também observado. Algumas cavernas são totalmente controladas por esta trama, especialmente no Setor Ramalho, como a Lapa das Três Cobras (Figura 3.100). Um número pequeno de cavernas apresenta controle tanto por planos de acamamento quanto por fraturas, um bom exemplo sendo a Lapa dos Peixes (Figura 3.41).

Conforme destacado no item 2.2, a Serra do Ramalho apresenta duas formações geológicas favoráveis à espeleogênese. São elas a Formação Lagoa do Jacaré (superior) e a Formação Sete Lagoas (inferior). A primeira apresenta, em seu membro superior, calcários. A segunda formação (Sete Lagoas), situada na base, apresenta dolomitos em seu membro superior e calcários em sua unidade média. Durante os trabalhos de campo não foram efetuados estudos em detalhe sobre a estratigrafia das cavernas, mas aparentemente, de acordo com as características dos carbonatos no interior das cavernas, a maior parte das cavidades se desenvolvem nos calcários da Formação Sete Lagoas. A franja (limites da borda carbonáticas) da Serra do Ramalho é representada pelos calcários da Formação Sete Lagoas. É nestes que ocorrem a maior parte das cavernas. Um maior aprofundamento careceria de um cotejamento entre as informações de campo e dados geológicos oriundos dos mapeamentos disponíveis (CBPM, 2003). Na Boca da Lapa é possível observar um calcário menos puro, com lentes terrígenas e coloração mais clara, muito semelhante ao membro Lagoa Santa (basal) da Formação Sete Lagoas na região de Lagoa Santa (MG). Calcários de coloração escura (mais característicos da Formação Lagoa do Jacaré) aparentemente ocorrem em alguns setores, mas sem as características marcantes que são observadas nos níveis superiores da Gruta do Padre, nos municípios vizinhos de Santa Maria da Vitória e Santana (BA). Um aspecto importante relativo à configuração geológica das cavernas da área diz respeito à existência de unidades geológicas impermeáveis, intercaladas ou sobrepostas aos carbonatos. Por sobre os carbonatos temos os metapelitos da Formação Serra de Santa Helena. Estas rochas impedem a infiltração da água meteórica e concentram o fluxo em direção a drenagens superficiais. Entre as formações carbonáticas da Formação Lagoa do Jacaré e Formação Sete Lagoas tem-se o membro inferior da primeira, também composta por metapelitos. Esta unidade geológica pode, em teoria,



desempenhar o papel de individualizar horizontes favoráveis à espeleogênese, funcionando como uma barreira a impedir a infiltração de água, gerando um aquífero suspenso sobre o qual cavernas. Na Serra do Ramalho é possível, no Setor Descoberto, observar sistemas hidrológicos (e cavernas) compreendendo desde sumidouro até ressurgência, em nível altimétrico superior, desconectados dos sistemas hidrológicos mais próximos à borda da serra. É o caso do sistema que engloba as grunas de Descoberto, Lagoa do Meio e as possíveis ressurgências da Ponta d'Água e Pratina (Figura 3.63). Na Gruna da Lagoa do Meio há drenagens ativas que se cruzam sem se comunicarem. Não foi observado, até o momento, fluxo interformacional que atravesse as unidades metapelíticas, conectando os carbonatos da Formação Lagoa do Jacaré e Sete Lagoas. Salienta-se que a formação basal do Grupo Bambuí, representada por metadiamictitos da Formação Jequitaí não parece exercer nenhum controle no desenvolvimento das cavernas e não foi observada durante os trabalhos espeleológicos. O mesmo ocorre com as rochas mais antigas da área, os granitos e gnaisses do Arqueano.

Em relação ao controle hidrológico, ele é exercido tanto em escala local quanto regional. No interior da Serra do Ramalho há diversas drenagens intermitentes que controlam o desenvolvimento de algumas cavernas. A maior caverna da região, o Boqueirão, tem seu nível de base controlado por uma drenagem temporária situada em vale à frente da entrada principal. O mesmo ocorre em várias cavernas menores encaixadas lateralmente em outros vales, como a Gruna do Desenfurnado. Já o controle de nível de base exercido em cavernas já majoritariamente desconectadas dos sistemas hidrológicos (relictas) é menos claro. Este é o caso de cavernas importantes, como Engrunado, Otaviano, Serra Verde, dentre muitas outras. Mas o principal controle hidrológico de caráter regional é exercido pelos rios que circundam a Serra do Ramalho, os rios Formoso/Corrente ao lado oeste e norte e rios Carinhanha e São Francisco na borda leste e sul. Estas drenagens maiores, ao controlar o fluxo subterrâneo e suas zonas de descarga, influenciam também na evolução geomorfológica da Serra do Ramalho, visto que é para elas que conflui porção significativa do material oriundo da dissolução do calcário que sai da zona cárstica e adentra o domínio fluvial da Bacia do Rio São Francisco.

Padrões planimétricos

Dentre os principais padrões espeleológicos reconhecidos na literatura internacional (Palmer, 2007) alguns não foram identificados na Serra do Ramalho. Não há cavernas que apresentam padrão ramiforme, característico de cavernas de origem hipogênica. Tampouco há cavernas com padrão espongiforme, típico de carbonatos com alta porosidade primária ou uma vez mais de sistemas hipogênicos. Cavernas com padrão planimétrico anastomótico não foram observadas quando se considera a totalidade da configuração das galerias. Há, no entanto, trechos de algumas cavernas que



apresentam “alças”, com a galeria se dividindo e voltando a se unir. Isto ocorre na Gruna Serra Verde (Figura 3.71), Gruna do Engrunado (Figura 3.20) e também na Gruna do Boca (Figura 3.19) além de outras. A maior parte das cavernas apresenta padrão *branchwork*, dendrítico, típico de cavernas meteóricas, epigênicas, percorridas por drenagens com tributários. Este é o padrão de algumas das mais extensas cavernas da área, como Gruna da Água Clara (Figura 3.32), Gruna do Enfurnado (Figura 3.92), mas também de cavernas de médio porte, como a Gruna do Pedro Cassiano (Figura 3.44). Muitas cavernas, embora sejam controladas e percorridas por drenagens e sigam planos de acamamento, muitas vezes apresentam galerias que seguem fraturas, alternando um padrão meandrante com trechos retilíneos. Isto ocorre no prosseguimento leste da Lapa dos Peixes (Figura 3.41), na Gruna dos Peixes II (Figura 3.42), no trecho final da Gruna do Domingão (Figura 3.31) e na Gruna do João Gravatá (Figura 3.35), dentre muitas outras. Outra feição morfológica típica de sistemas fluviais, observada em algumas cavernas da Serra do Ramalho é a formação de “deltas” no trecho jusante, onde as galerias atingem a planície. Um bom exemplo é a Gruna dos Peixes II (Figura 3.42) e a Gruna do Pedro Cassiano (Figura 3.44) ambas apresentando uma série de entradas próximas no paredão. A Gruna da Serra Solta III (Figura 3.102) representa um excelente exemplo, com ao menos seis entradas junto ao paredão.

O padrão *network* (reticulado) está presente em algumas cavernas da Serra do Ramalho. É mais evidente no Setor Ramalho, principalmente na Lapa das Três Cobras (Figura 3.100). Perfaz parte de algumas outras cavernas, como Gruna da Serra Verde (Figura 3.71). Este padrão parece estar associado a cavernas situadas sob maciços residuais, em bordas de maciço, ou sob campos de lapiás. Pode ser também gerado durante eventos de inundação.

Devido ao caráter eminentemente epigenético das cavernas da Serra do Ramalho é de se esperar que haja evolução singenética, com aprofundamento das galerias fluviais e geração de cânions subterrâneos. Isto de fato ocorrem em várias cavernas, como no Boqueirão do Riacho de Fora (Figura 3.78 e 3.79) e muitas outras das maiores cavidades do Setor Serra do Ramalho Sul. No entanto, o processo de incisão fluvial é, de certa forma, atenuado pela intensa deposição de material clástico no piso (ver item sobre Sedimentos Clásticos). São muito poucas as cavernas em que se pode caminhar sobre o calcário, estando o piso quase sempre coberto por uma espessura desconhecida de sedimentos. Isto deve-se ao baixo gradiente da área e sazonalidade do clima, que cria disparidade entre intensidade de eventos hídricos, com poucos eventos intensos intercalados por longos períodos com ausência ou baixa intensidade.

Muito embora cânions sejam comuns em muitas das cavernas, a divisão em níveis distintos é mais rara. Níveis superiores são observados principalmente em algumas das grandes cavernas, como

Boqueirão (Figura 3.37), Gruna da Lagoa do Meio (Figura 3.67), Gruna da Água Clara (Figura 3.32) ou Gruna do Enfurnado (Figura 3.92). Uma característica chama a atenção: o fato destes níveis nem sempre acompanharem a galeria principal situada abaixo, sugerindo serem controlados por outros níveis de base mais proeminentes no passado. Esta possibilidade ainda não foi explorada, mas pode fornecer importantes subsídios para a melhor compreensão da evolução cárstica na área. Tanto na Gruna da Água Clara quanto na Gruna do Enfurnado, situadas em setores distintos e distantes entre si, os níveis superiores são de dimensões muito inferiores, o que denota uma menor dinâmica hídrica no passado. O mesmo não ocorre no Boqueirão e na Gruna da Lagoa do Meio, onde há galerias superiores de grande porte, com larguras que podem atingir 50 m no Boqueirão. Aparentemente as cavernas da Serra do Ramalho vivenciaram épocas pretéritas sob um regime e controle hidrológico distinto.

Os grandes sistemas espeleológicos da Serra do Ramalho aparentam estarem em estágios dissimilares de evolução no tocante à sua relação com o rebaixamento da paisagem cárstica. No Setor Morro Furado ocorrem abatimento de tetos de cavernas e parte das cavernas destes sistemas, como Gruna do Anjo, Ponte do Morro Furado e Gruna do Morro Furado, já foram segmentadas. O próprio Cânion do Morro Furado foi, sem dúvida, gerado pelo abatimento de cavernas. O sistema Água Clara- Peixes também foi parcialmente segmentado, mas em escala muito menor. Já o sistema cuja ressurgência é a Boca da Lapa e que compreende muito provavelmente a Gruna do Boca não apresenta feições de abatimento, estando integralmente inserido no domínio subterrâneo.

A maior caverna da Serra do Ramalho, o Boqueirão, merece destaque pela grande complexidade de seu padrão planimétrico (Figura 3.37). As galerias que estão atualmente ativas mostram um padrão dendrítico, porém com algumas alças, conferindo um layout confuso à galeria. Por outro lado, o nível superior é muito mais retilíneo e de direção norte-sul, não estando sobreposto às galerias mais recentes situadas em nível inferior. A Gruna da Lagoa do Meio e também extremamente complexa, apresentando drenagens em níveis distintos e grande variação morfológica, embora esteja ainda em fase inicial de exploração. Estas cavernas apresentam uma mescla de padrões morfológicos, fruto de distintas fases espeleogenéticas que merecem atenção e guardam potencial para a melhor compreensão da evolução cárstica da Serra do Ramalho.

Feições morfológicas

Neste item trataremos de feições morfológicas em menor escala, da ordem de centímetros ou metros, normalmente diagnósticas e intimamente ligadas a processos espeleogenéticos. Estas feições são por vezes referidas na literatura como *speleogens*, por guardar relação com a gênese da caverna. Trataremos também do formato de condutos, sua geometria em seção, que também são indicadores

bastante úteis de etapas de evolução morfológica. As feições morfológicas mais frequentes nas cavernas da Serra do Ramalho serão descritas a seguir.

Em uma área cárstica tão vasta, não é surpreendente constatar que há grande variedade de padrões morfológicos de galerias. Foi mencionado anteriormente que a maior parte das cavernas apresenta padrão dendrítico, sendo condicionadas por planos de acamamento. Devido a isto, galerias planas em nível de teto (controladas por planos de acamamento ou por paragênese) são comuns em muitas cavernas, como na Gruna da Serra Solta II (Figura 4.27A). Em algumas situações pode ocorrer incisão fluvial (processos singenéticos), dando origem a cânions escavados no piso. Várias cavernas apresentam tais feições e bons exemplos podem ser observados na Lapa dos Peixes (Figura 4.27B). Condutos com seção verticalizada podem ser devido à controle predominantemente por fraturas. Algumas cavernas, conforme já mencionado, apresentam padrão *network* (reticulado). Exemplos deste tipo de galeria podem ser observados na Gruna das Três Cobras (Figura 4.28A) e Gruna do Ventilador (Figura 4.28B). Em algumas situações estas galerias verticais podem demarcar a entrada da caverna, sendo assim uma feição do tipo abismo. Estes são extremamente comuns em toda a Serra do Ramalho e a maior parte destes ainda não se encontra devidamente explorada (Figura 4.29).



Figura 4.27. A – Galeria com teto plano controlado pelos planos de acamamento na Gruna da Serra Solta II. B – Incisão no piso na Lapa dos Peixes, gerando cânion incipiente.



Figura 4.28. Condutos controlados por fraturas verticalizadas. A – Gruna das Três Cobras; B – Gruna do Ventilador.



Figura 4.29. Abismo em fenda sendo explorado durante prospecção no Setor Descoberto.



Processos dissolutivos ao longo da história evolutiva da caverna geram feições esculpidas na rocha calcária. Meandros em galerias percorridas (e geradas) por rios subterrâneos são bastante frequentes em várias cavernas, sendo claramente observados em muitos dos mapas apresentados no Capítulo 3. Outro tipo de meandro, normalmente presente no teto, correspondem aos meandros paragenéticos, gerados por drenagem acima do nível de sedimento. Neste caso, a caverna se expande para cima, gerando um meandro ao teto que muitas vezes é mais estreito que a galeria a partir da qual se origina sendo, desta forma, mais recente que a mesma. Bons exemplos são observados na Gruna da Serra Verde e na Gruna do Engrunado (Figura 4.30). Outra feição observada em boa parte das cavernas são os *scallops* (marcas de fluxo) que indicam a direção e velocidade da água que percorreu as galerias (Figura 4.31A). Em algumas poucas cavernas foram observados orifícios de condensação, nos quais a gotícula de água aderida ao teto, por conter água ácida, dissolve o mesmo criando vários pequenos buracos (Figura 4.31B). Dentre outras feições observadas em muitas cavernas cita-se entalhes (*notches*), cúpolas dissolutivas (*bell holes*), além de feições paragenéticas como *wall grooves*, além de várias outras.



Figura 4.30. Meandro paragenético na Gruna do Engrunado.



Figura 4.31. A – Marcas de fluxo (*scallops*) na Gruna da Serra Verde. B – Orifícios criados por gotículas de condensação na Gruna da Serra Verde.

Feições de colapso também são importantes nas cavernas da Serra do Ramalho, sendo fruto de fases de solapamento e evolução vertical rumo à superfície. Algumas cúpulas de colapso são espetaculares, como na Gruna do Enfurnado (Figura 3.90). Em muitas situações tais cúpulas resultam em claraboias como observado na Gruna do Ventilador e Gruna do Otaviano (Figura 4.32A). A sequência de colapsos pode criar galerias com segmentos a céu aberto, como observado nos níveis superiores da Gruna da Água Clara. Nestes locais foi observado pequenos pináculos centímetros relacionados a "fitocarste", derivados de ação microbiológica na base dos trechos pontiagudos (Figura 4.32B).

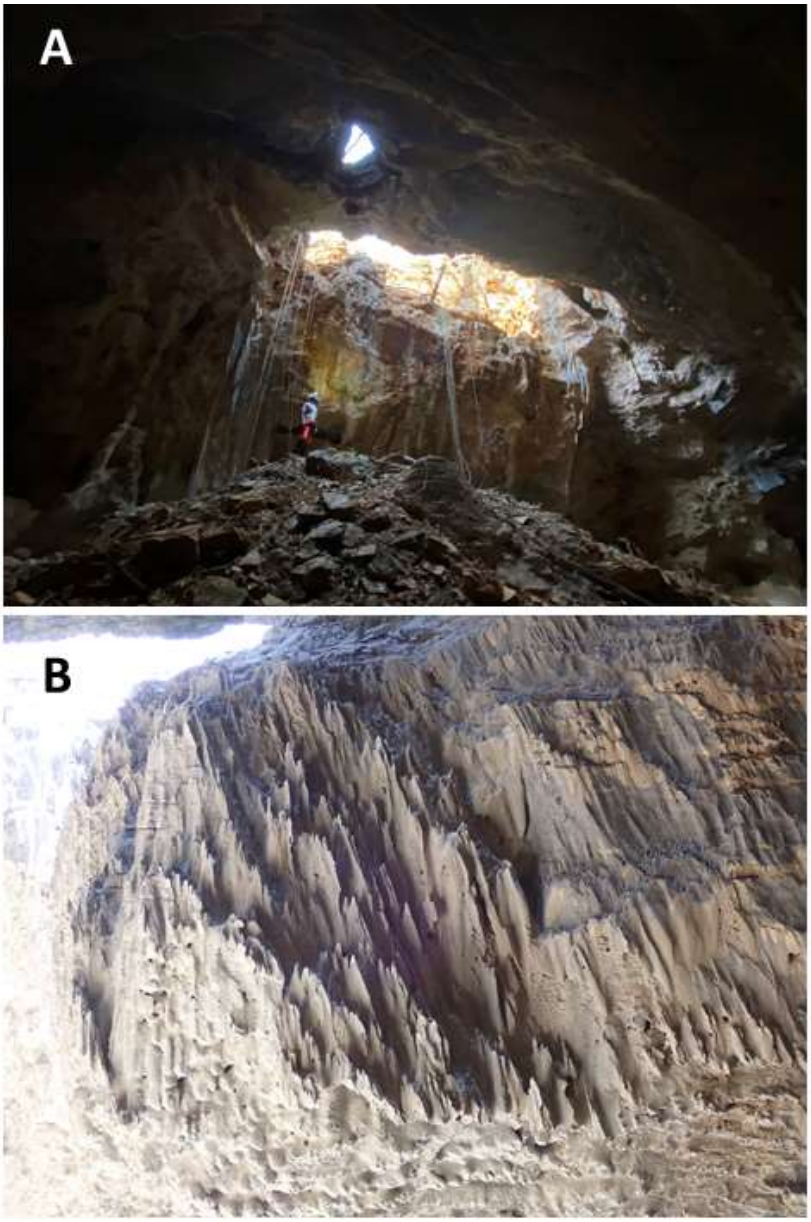


Figura 4.32. A – Clarabóia na Gruna do Otaviano. B – Fitocarste (pináculos) no nível superior da Gruna da Água Clara.

Sedimentos clásticos

Da mesma forma que ocorre em boa parte das cavernas brasileiras, há abundante sedimentação clástica na Serra do Ramalho. Isto decorre de três fatores preponderantes: (i) existência de unidades geológicas sobrepostas aos calcários, que são propícias à geração de solo. No caso da Serra do Ramalho, há várias unidades geológicas que podem funcionar como áreas-fonte de sedimentos clásticos. São elas a Formação Urucuia, a Formação Serra da Saudade e a Formação Serra de Santa Helena. Também as duas formações carbonáticas, Lagoa do Jacaré e Sete Lagoas, apresentam níveis pelíticos que podem vir a ser pedogenizados. (ii) Clima tropical com altas temperaturas propício à

pedogênese, fazendo com que estas unidades geológicas supracitadas sejam geoquimicamente alteradas e transformadas em solo. (iii) Baixo gradiente hidráulico no ambiente subterrâneo, fazendo com que os sedimentos introduzidos nos sistemas de cavernas fiquem retidos nos mesmos, causando agradação (e potencial paragênese) das galerias. No conjunto de cavernas da Serra do Ramalho, são muito raras as galerias em que se caminha por sobre o calcário desnudo. Praticamente todos os condutos nas cavernas apresentam-se recobertos por camadas sedimentares. A espessura destes depósitos é desconhecida e provavelmente muito variável. Em algumas situações, como na Gruna da Água Clara, erosão da camada sedimentar permite auferir espessura mínima de alguns metros para o depósito (Figura 4.33).



Figura 4.33. Remoção de parte do pacote sedimentar na Gruna da Água Clara permite estimar espessura mínima do mesmo.

Toda a gama granulométrica de sedimentos se faz presente nas cavernas da Serra do Ramalho. Material de granulometria fina, da classe silte e argila, é muito comum em todas as cavernas, estando muitas vezes associada a drenagens de baixa vazão e baixo gradiente (Figura 4.34A). Alguns destes depósitos sedimentares estão associados a jazigos fossilíferos, conforme salientado no tópico sobre paleontologia. Sedimentos de granulometria grosseira, da classe cascalho e matacão, também

ocorrem em muitas cavernas, notadamente naquelas percorridas por rios que podem vir a experimentar significativas variações em vazão (Figura 4.34B). Conglomerados são encontrados sob forma de terraços fluviais, conforme observado nas cavernas Boca da Lapa e Engrunado (Figura 4.35). Ademais, conforme mencionado anteriormente, o baixo gradiente nas cavernas tende a causar agradação (preenchimento) nas mesmas. Muitas vezes este preenchimento pode vir a recobrir a maior parte (ou mesmo a totalidade) da galeria, favorecendo processos paragenéticos. Posteriormente pode haver remoção total ou, normalmente, parcial dos sedimentos, deixando remanescentes vestigiais ao longo do teto e das galerias conforme observado em muitas cavernas, como na Gruna dos Mocós e na Gruna do Otaviano (Figura 4.36). Estes sedimentos reliquiares muitas vezes possuem granulometria diversa podendo constituir brechas com proporção variável de matriz.

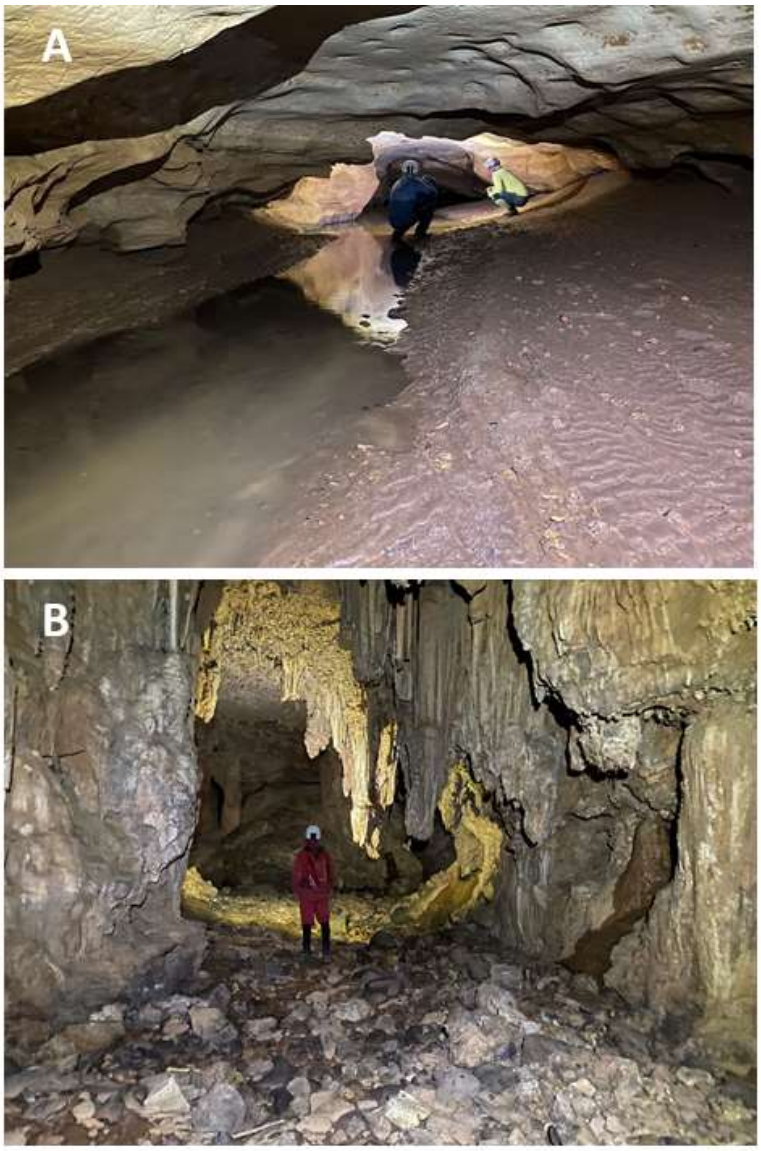


Figura 4.34. A – Galeria de baixa vazão apresentando sedimentação de granulometria fina na Gruna da Cacimbinha. B – Sedimentos fluviais de granulometria grosseira na Gruna da Lagoa do Meio.



Figura 4.35. Brecha com clastos e pouca matriz na Gruna do Engrunado.



Figura 4.36. Vestígio de nível sedimentar que preencheu boa parte do nível superior da Gruna do Otaviano. Nota-se intercalação com espeleotemas.

Por fim, processos mecânicos também geram sedimentos. Estes sedimentos têm sua origem em processos de colapso do teto e parede de galerias. As quedas de blocos causam acumulações ao piso de material em geral de granulometria grosseira, da classe calhau ou matacão. Queda de blocos e acumulação dos mesmos são processos muito frequentes, estando exemplificado por uma acumulação na Gruna do Otaviano e na Gruna do Morro Furado (Figura 4.37). Em suma, a grande variedade e volume da sedimentação clástica nas cavernas da Serra do Ramalho guardam excelente potencial para estudos não só paleontológicos, conforme pontuado neste capítulo, como também de cunho paleoambiental, muito embora não haja, até o momento, qualquer referencial cronológico relativo à deposição das camadas sedimentares.



Figura 4.37. A – Galeria superior da Gruna do Otaviano apresentando abatimento devido ao desplacamento do calcário. B – Blocos abatidos interrompendo o conduto principal da Gruna do Morro Furado. Aparentemente foram colocados de forma proposital de modo a interromper o fluxo de veículos na estrada que utilizava a caverna para acessar o cânion.

Sedimentos químicos

As cavernas da Serra do Ramalho não são conhecidas pela abundância, grandiosidade ou variedade de depósitos químicos. A maior parte das cavernas apresenta as paredes majoritariamente desnudas,

com ocorrência pontual de espeleotemas. Acreditamos que esta carência seja devida a três fatores principais. O primeiro deles diz respeito à cobertura dos calcários por unidades geológicas impermeáveis. Isto ocorre tanto na superfície quanto em profundidade, com unidades metapelíticas intercaladas às carbonáticas. Estas unidades funcionam como "selos hidráulicos" impedindo a infiltração vertical de água em direção aos calcários. Em regiões em que tal cobertura já foi removida, como nos campos de lapiás, não há cobertura de solo que possa incrementar os níveis de CO_2 na água infiltrante e, por conseguinte aumentar seu poder dissolutivo e a capacidade de precipitar espeleotemas.

O segundo fator diz respeito à cobertura sedimentar que preenche significativa parte das galerias subterrâneas. Isto restringe a superfície de paredes e teto disponível para receber a água infiltrante e permitir a deposição de espeleotemas. O último fator diz respeito à forte sazonalidade do clima. Muitas das cavernas percorridas por rios recebem significativos incrementos de fluxo, chegando a ocupar a totalidade das galerias, o que vem a impedir a precipitação de espeleotemas ou mesmo remove-los pela ação hídrica.

Ainda que os precipitados químicos não sejam destaque, eles chamam a atenção em algumas cavernas. No Abismo da Figueira há grandes escorrimentos de calcita (Figura 3.54) e belíssimos depósitos de pérolas de caverna (Figura 4.38A). Na vizinha Gruna do Chico Pernambuco ocorrem fantásticos travertinos no Conduto Pamukkale (Figura 3.57). Outro destaque, na Gruna do Baixão da Canoa, são as extensas áreas recobertas por camadas de calcita, formando um "rio calcificado" (Figura 4.38B). Em termos de grandiosidade, nada supera as gigantescas estalagmites de algumas cavernas do Setor Morro Furado. Além da Gruna do Salão do Morro Furado (Figura 3.82), o conjunto de estalagmites da Gruna do Anjo (Figura 4.39A) com mais de 20 m de altura, constitui um acervo de importância internacional. Por fim, vale mencionar espeleotemas raros, sobre os quais pouco se sabe a respeito de sua gênese, como helictites formando um entremeado de "raízes" provavelmente de origem subaquosa, encontrado na Gruna do Engrunado (Figura 4.39B).

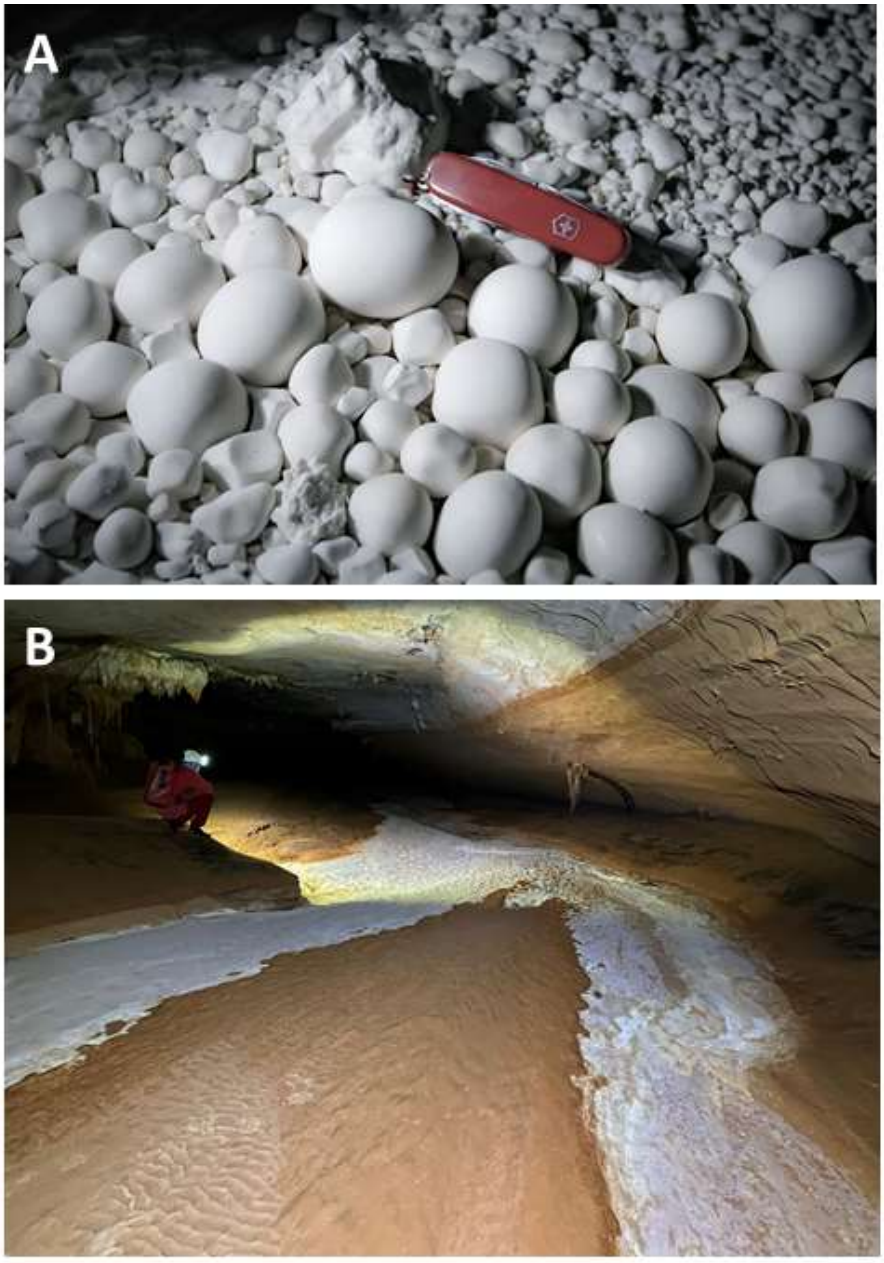


Figura 4.38. A – Pérolas de caverna no Abismo da Figueira. B – Deposição de calcita no piso, criando um “rio de calcita” na Gruna do Baixão da Canoa.

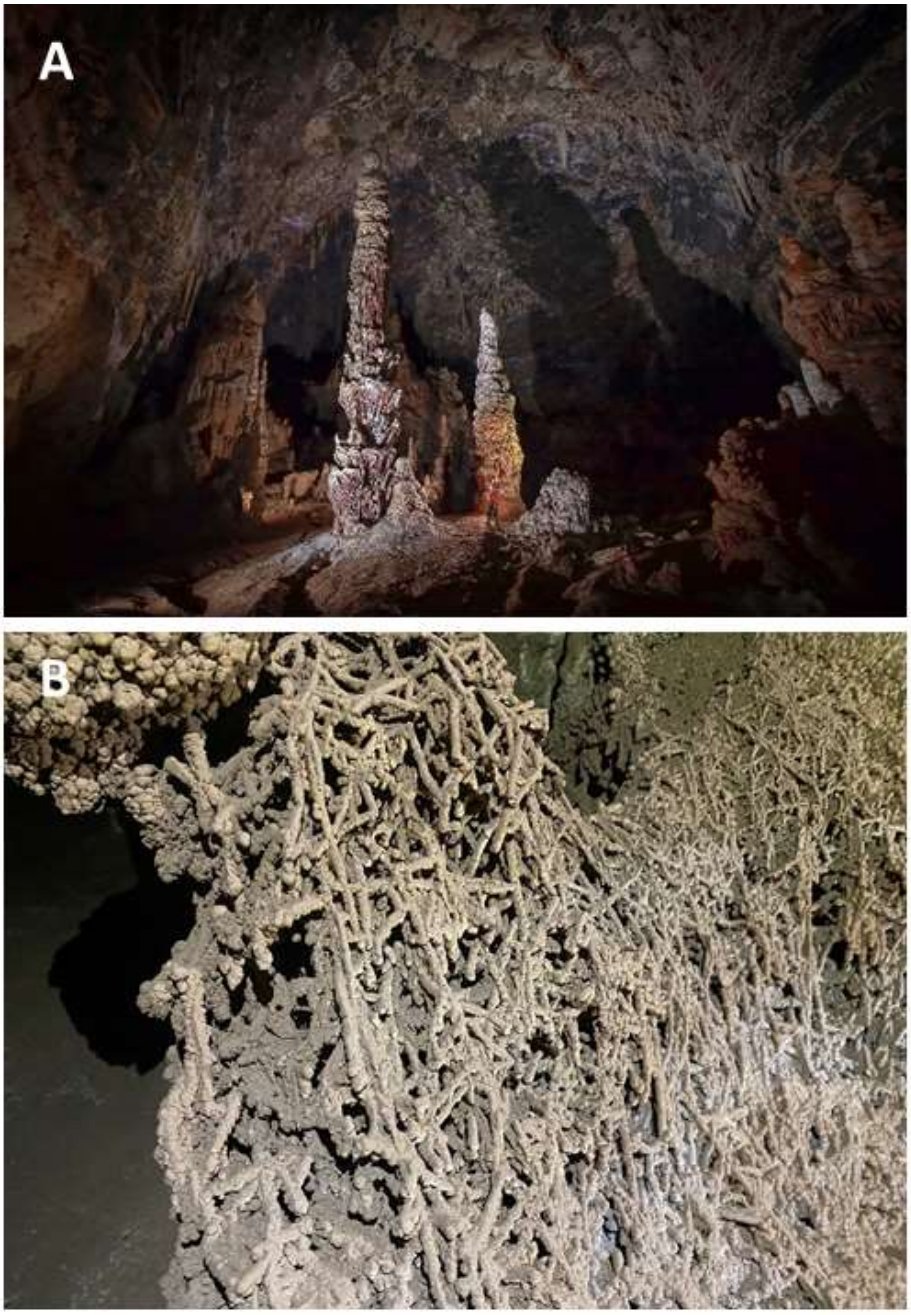


Figura 4.39. A – Estalagmites de grande porte na Gruna do Anjo. B – Helictites de provável origem subaquosa na Gruna do Engrunado.

Não foram efetuadas análises mineralógicas nos espeleotemas. Pela aparência, a maior parte destes é constituída de $CaCO_3$, predominantemente calcita. Espeleotemas de gipsita ou de outros minerais não foram identificados, a não ser nos níveis superiores da Gruna da Água Clara. Não há, até o momento, balizamento cronológico dos espeleotemas da área, já que não houve qualquer tipo de coleta ou datação.



Evolução do carste e das cavernas

A Serra do Ramalho representa uma região cárstica autogênica, que não recebe drenagens oriundas de outras litologias situadas além dos limites da serra. Todo o potencial dissolutivo é gerado no interior da mesma. A região é uma zona mais elevada, limitada em todos os flancos por zonas essencialmente aplainadas. A Serra do Ramalho está sujeita à desnudação tanto no sentido vertical, diminuindo sua elevação em relação às planícies circundantes, como lateral, recortando suas bordas e fazendo decrescer sua área. A ausência de datações não permite auferir taxas de desnudação para a Serra do Ramalho. No entanto, estimativas entre 20-40 m/Ma, obtidas por magnetoestratigrafia na vizinha Gruta do Padre (Auler et al., 2002) ou em caráter mais regional através de traço de fissão de apatita (Harman et al., 1998) podem ser extrapoladas para a área. Com o passar do tempo as unidades não carbonáticas sobrejacentes, notadamente as formações Urucuia e Serra da Saudade, serão desmanteladas e transportadas para o interior das cavernas, até que sejam removidas dos sistemas cársticos em direção aos níveis de base.

Em relação à desnudação horizontal, ao longo dos flancos da serra, esta é controlada tanto pelos níveis de base quanto pela existência de feições fluviais (superficiais e subterrâneas). É visível a importância da mesma, que leva à individualização de maciços calcários como o Morro da Cambota (Figura 3.2) ou alguns dos vários morrotes isolados no Setor Ramalho (Figura 3.3). Embora não tenhamos realizado uma quantificação, nos parece que os setores voltados para drenagens (ou níveis de base) mais significativos experimentam um maior recorte em seus flancos. Muitos destes recortes estão relacionados a ressurgências, como a Boca da Lapa, ou a cânions ou vales que ocorrem na porção leste da Serra do Ramalho. Em termos gerais é possível observar uma sequência evolutiva: remoção de unidades geológicas não carbonáticas superiores, geração de campos de lapiás e individualização sob forma de morrotes residuais. Esta sequência evolutiva é melhor observada no Setor Ramalho.

No ambiente subterrâneo, conforme já destacado, a evolução segue uma clássica sequência epigenética, não havendo qualquer evidência de fluxo profundo ou hipogênese. As sequências não carbonáticas funcionam como horizontes impermeáveis, fazendo com que a água meteórica não se infiltre. Isso resulta em concentração de fluxo que alimenta as drenagens e adentram os sistemas subterrâneos sob forma de sumidouros. Há também drenagens que não se tornam subterrâneas e drenam para fora da serra via vales fluviais. Os sumidouros formam cavernas epigênicas com padrão dendrítico e, com o rebaixamento do nível da serra, podem ser removidas da paisagem gerando cânions (*unroofing*) conforme observado no Setor Morro Furado, ou gerarem níveis superiores de galerias que serão gradativamente abandonadas, conforme observado na Gruna do Engrunado, Lapa dos Peixes ou no Boqueirão.

A existência de níveis impermeáveis intercalados às sequências carbonáticas permite a geração de sistemas carstico em elevações distintas, hidrologicamente desconectados. Correspondem a "aquíferos suspensos". Um bom exemplo já discutido é o sistema representado pelas grunas de Descoberto, Lagoa do Meio e possíveis ressurgências da Pratina ou Ponta d'Água, na porção mais alta da Serra do Ramalho, o Setor Descoberto. Conforme já ressaltado neste documento, não há evidência de fluxo interformacional, que conecte as unidades calcárias.

Os significativos aportes de sedimentos nos sistemas subterrâneos favoreceram processos paragenéticos. Estes podem ser pontuais, restritos a algumas galerias de cavernas maiores ou serem operativos ao longo de toda a cavidade. A Gruna do Engrunado apresenta evidências de ter sido gerada primordialmente por paragênese. Nesta cavidade o processo paragenético é aparente mesmo em escala centimétrica, conforme observado em canalículos nas paredes (Figura 4.40). Fases de preenchimento sedimentar e posterior remoção podem vir a gerar represamento e inundação, originando labirintos reticulados ao lado de condutos de padrão dendrítico.



Figura 4.40. Condutos paragenéticos abortados, de dimensão centimétrica, na Gruna do Engrunado.

A sazonalidade do regime climático é também muito importante em relação à evolução das cavernas. O súbito aporte hídrico traz grandes alterações de vazão para o interior das cavernas, preenchendo por vezes toda a galeria. Este fluxo massivo de água sub-saturada, sob forte pressão hidráulica, é capaz de produzir acelerada dissolução das galerias. Ademais, possui competência para mover os sedimentos, fazendo com que também possa haver erosão devido à abrasão. O desenvolvimento das cavidades se dá, portanto, em pulsos, associados às fases mais úmidas atuais (verão austral) ou pretéritas.

Em qualquer região cárstica é normal que haja variações nas taxas de evolução do relevo, tanto na superfície quanto no domínio subterrâneo. Na Serra do Ramalho observamos em alguns locais um descompasso quanto à evolução de algumas cavernas e o relevo circundante. Estas cavernas, como o Boqueirão ou a Gruna do Pedro Cassiano (Figura 4.24) apresentam suas galerias suspensas alguns metros acima do nível de base, mostrando que sua evolução vertical (incisão das drenagens subterrâneas) não se encontra geomorfologicamente acoplada à evolução da paisagem circundante.

A Serra do Ramalho apresenta muitas das feições diagnósticas presentes no extenso carste desenvolvido em rochas carbonáticas do Grupo Bambuí. Trata-se de uma região autogênica do ponto de vista hidrológico, que não recebe influencias de parâmetros externos ao carste. Assim sendo, guarda potencial para servir de representativo laboratório para a melhor compreensão da evolução da mais ampla e uma das mais importantes regiões cársticas do Brasil desenvolvidas sobre rochas carbonáticas do Grupo Bambuí.

4.2. CARACTERIZAÇÃO PALEONTOLÓGICA

Nesta seção são apresentados os resultados do diagnóstico paleontológico de cavidades naturais distribuídas na região da Serra do Ramalho. Aqui, são descritas as características de interesse paleontológico de quarenta cavidades que estão distribuídas nos municípios de Carinhanha, Coribe, Feira da Mata. Para fins deste tópico, a região de estudo foi dividida em seis setores: Serra do Ramalho Sul, Setor Ramalho, Setor das Agrovilas, Setor Descoberto e Setor Morro Furado.

4.2.1. Introdução

A Paleontologia é fundamental para compreender, tanto o passado quanto o futuro da Terra (Barnosky et al., 2017). Por exemplo, a partir de dados paleontológicos, se conhece muito sobre grande parte da diversidade de animais de grande porte que habitaram o Brasil até o final do Pleistoceno/início do Holoceno (Paula Couto, 1979).



As cavernas brasileiras apresentam papel de destaque na Paleontologia Quaternária brasileira, justamente por preservarem uma riquíssima diversidade de restos fósseis desses animais (Bergqvist and Almeida, 2004; Cartelle, 2012; Kellner and Campos, 1999). As cavernas da Serra do Ramalho não são exceção, havendo interessantes achados da fauna quaternária extinta em seu interior (Auler et al., 2001; Rubbioli et al., 2019; Scherer et al., 2016; Silva et al., 2019), embora ainda careça de estudos mais detalhados para sabermos sua real relevância.

Em função disso, as pesquisas paleontológicas nessa região são de grande importância, até porque muito pouco se foi explorado nessas cavernas. Seus depósitos sedimentares, praticamente intocados, possibilitam um melhor controle estratigráfico e cronológico durante o resgate dos esqueletos, assim como os estudos tafonômicos, tanto acerca dos depósitos, quanto do material ali preservado (Silva et al., 2019; Trifilio et al., 2022).

As principais cavernas da Serra do Ramalho foram cadastradas e mapeadas a partir dos anos 1990, pelo Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas. Desde esses trabalhos, são conhecidos depósitos fossilíferos em algumas dessas cavernas (Auler et al., 2001; Rubbioli et al., 2019). A pedido do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (ICMBio/Cecav), em 2019, iniciou-se um trabalho de descrição delas, e desde então, novas cavernas, com potencial paleontológico, vêm sendo descobertas e descritas.

4.2.2. Objetivos

Objetivo geral

Prospectar e avaliar novos sítios paleontológicos na região da Serra do Ramalho.

Objetivos específicos

- ✓ Prospectar novas cavidades;
- ✓ Descrever o potencial paleontológico das cavidades já conhecidas e das novas cavernas encontradas na região da Serra do Ramalho.

4.2.3. Material e Métodos

O estudo foi dividido em duas etapas de pesquisa (escritório / laboratório e trabalhos de campo). Na etapa de escritório e laboratório foram realizados, os relatórios do trabalho, assim como a identificação do material de interesse paleontológico encontrado nas cavernas. Já nos trabalhos de campo, foram executadas a prospecção de novas cavidades e o diagnóstico paleontológico dessas cavernas.



4.2.4. Resultados e Discussão

Em cinco cavidades há restos de mamíferos extintos quaternários, em doze há ossos fossilizados e em dezessete há conchas fossilizadas e em uma há vegetal fossilizado, respectivamente. Todos os restos de invertebrados pertencem à Classe Gastropoda. Tratam-se de conchas de gastrópodes terrestres (Tabela 4.1). Toda a identificação taxonômica foi feita *in situ* ou a partir da comparação de fotografias com material depositado em coleções científicas. O estado de preservação do material impossibilitou, para aqueles citados como "ossos fossilizados", que a maioria fosse identificada em nível específico (Tabela).

Todas as cavidades que apresentaram restos de fauna extinta e material orgânico fossilizado foram classificadas como possuidoras de valor paleontológico e científico/didático. Já as cavidades onde não foram observados esses restos, mas que preservam um grande volume de sedimentos alóctones, também foram classificadas com valor paleontológico (Tabela).

CARACTERÍSTICA/ ATRIBUTO	CAVIDADES
Fauna Extinta	Gruna Très Jolie, Boca da Lapa, Gruna das Três Cobras, Gruna do Pedro Cassiano II e Lapa dos Peixes
Osso(s) Fossilizado(s)	Gruna do Pedro Cassiano II, Gruna da Mamoninha, Gruna Ponte do Morro Furado, Gruna da Água Clara, Gruna da Serra Verde, Gruna do Ventilador, Gruna do Engrunado, Gruna Très Jolie, Gruna do Otaviano, Gruna Salão do Morro Furado, Gruna do Pedro Cassiano III e Lapa dos Peixes
Concha(s) Fossilizada(s)	Gruna do Morro Furado, Sumidouro do Morro Furado, Gruna do Enfurnado, Boqueirão do Riacho de Fora, Gruna do Desenfurnado, Gruna das Quatro Cabras, Gruna do Govi, Gruna Boqueirão, Gruna do Pedro Cassiano II, Gruna da Mamoninha, Gruna Ponte do Morro Furado, Gruna da Água Clara, Gruna da Serra Verde, Gruna do Ventilador, Gruna do Engrunado, Gruna Très Jolie e Gruna do Recanto
Vegetal fossilizado	Gruna do Recanto
Potencial Paleontológico	Gruna da Mamona, Gruna da Mamoninha, Gruna Ponte do Morro Furado, Gruna Salão do Morro Furado, Sumidouro do Morro Furado, Gruna do Enfurnado, Boqueirão do Riacho de Fora, Gruna do Desenfurnado, Gruna do Otaviano, Gruna d'Água, Gruna da Água Clara, Gruna da Água Limpa I, Gruna da Água Limpa II, Gruna Dolina do Pau Pintado, Gruna da Lagoa do Meio, Gruna das Quatro Cabras, Gruna do Recanto, Gruna da Serra Verde, Gruna do Ventilador, Gruna do Engrunado, Gruna do Govi, Abrigo do Arqueiro, Gruna do Pedro Cassiano I, Gruna do Pedro Cassiano III, Gruna Boqueirão, Gruna

	Wpt_136, Gruna Três Jolie, Boca da Lapa, Gruna das Três Cobras, Gruna do Pedro Cassiano II e Lapa dos Peixes

Tabela 4,1. Características de relevância paleontológica presentes nas cavidades visitadas

Descrição das Cavidades

É apresentada a descrição de quarenta cavidades, que foram visitadas no período entre setembro de 2021 a julho de 2023.

As cavidades estão distribuídas nos municípios de Carinhanha, Coribe, Feira da Mata. Conforme frisado anteriormente, a região de estudo foi dividida em cinco setores: Morro Furado, Descoberto, Sul, Ramalho, Agrovilas e Serra do Ramalho Sul.

SETOR MORRO FURADO

No Setor Morro Furado foram inspecionadas 12 cavidades: Gruna da Mamona, Gruna da Mamoninha, Gruna dos Mocós, Gruna do Morro Furado, Gruna Ponte do Morro Furado, Gruna Salão do Morro Furado, Sumidouro do Morro Furado, Gruna do Enfurnado, Boqueirão do Riacho de Fora, Gruna do Desenfurnado, Gruna do Otaviano e Gruna d'Água.

Gruna da Mamona

Na Gruna da Mamona foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Relacionados aos depósitos orgânicos, há serapilheira e fezes de roedor e de morcego. Todos restritos à entrada da cavidade. Os depósitos químicos não têm importância paleontológica. Não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. Pela grande quantidade de depósitos sedimentares alóctones, a Gruna da Mamona é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático.

Gruna da Mamoninha

Na Gruna da Mamoninha foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Também há uma grande quantidade de seixos, provenientes principalmente da erosão dos espeleotemas, assim como solos carbonatados (brechas) cimentados nas paredes e teto. Travertinos e escorrimentos sobre o piso representam os depósitos químicos de interesse paleontológico. Relacionados aos depósitos orgânicos, há serapilheira e fezes de roedor e de morcego e outros mamíferos de maior porte. Conchas de gastrópodes terrestres e esqueletos de pequenos vertebrados são abundantes, ocorrendo não fossilizados e fossilizados

(Figura 4.41). Ranhuras produzidas por pequeno vertebrado estão presentes em diversos blocos e matacões na porção final da caverna (Figura). Não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. Pela grande quantidade de depósitos sedimentares alóctones, e pelos restos fossilizados de fauna, a Gruna da Mamoninha é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático.



Figura 4.41. Osso longo de pequeno vertebrado fossilizado por incrustação na Gruna da Mamoninha.

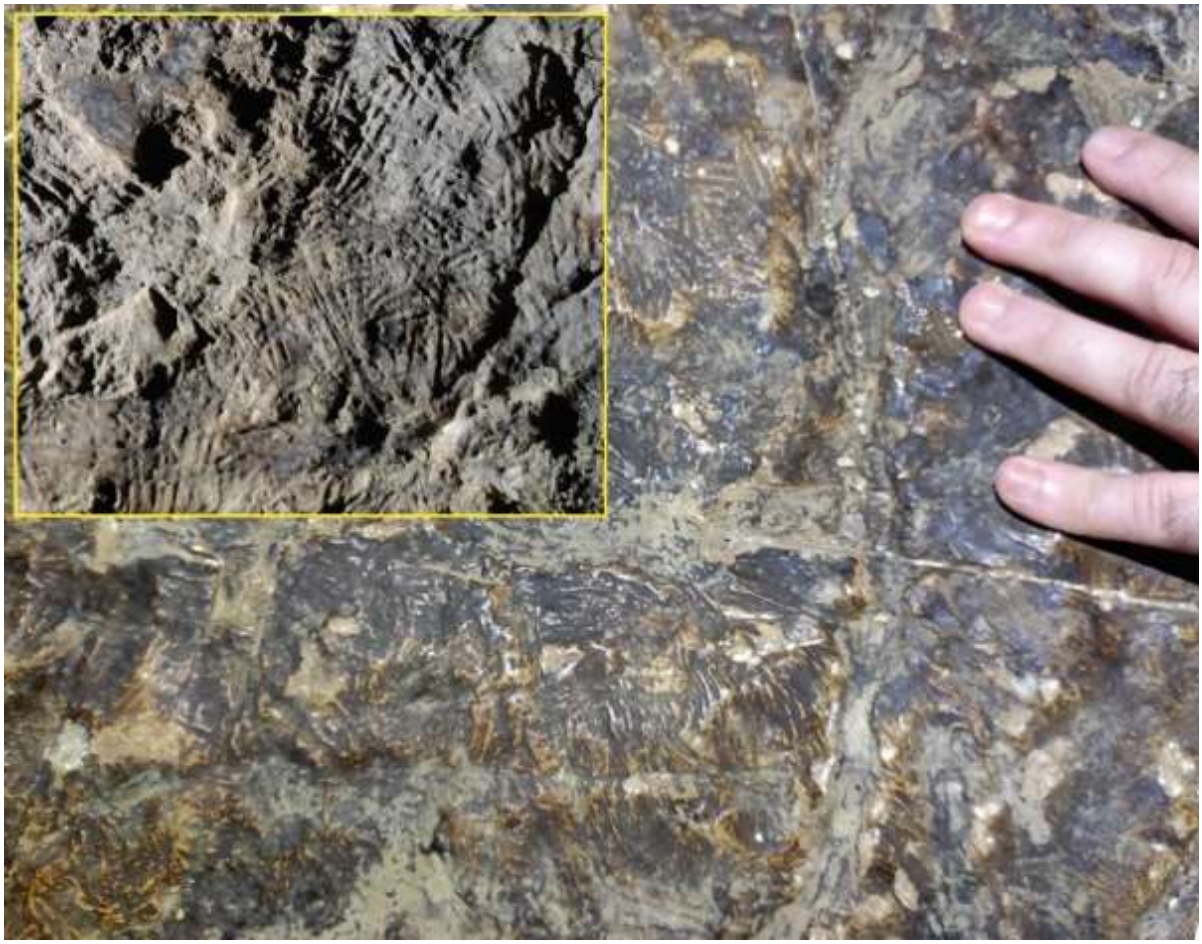


Figura 4.42. Marcas produzidas por pequeno mamífero em blocos e matacões no interior da Gruna Mamoninha.

Gruna dos Mocós

Na Gruna dos Mocós foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Também há uma grande quantidade de seixos, provenientes principalmente da erosão dos espeleotemas, assim como solos carbonatados (brechas) cimentados nas paredes e teto (Figura 4.43). Relacionados aos depósitos orgânicos, há serapilheira, fezes de roedor e conchas de gastrópodes terrestres. Não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. A Gruna dos Mocós tem um desenvolvimento pequeno e com inclinação positiva, impedindo que sedimentos alóctones se acumulem de maneira significativa. Tais características não favorecem que ela tenha potencial paleontológico e valor científico/didático.



Figura 4.43. Depósito de solo carbonatado preservado próximo à entrada da Gruna dos Mocós.

Gruna do Morro Furado

Na Gruna do Morro Furado foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por travertinos. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há fezes de roedor e conchas de gastrópodes terrestres (não fossilizadas e fossilizadas; Figura 4.44). Não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. Tais características dão à Gruna do Morro Furado potencial paleontológico. Porém, quando se refere as análises das superfícies dessa caverna, não é possível afirmar que ela tem um valor científico/didático.



Figura 4.44. Conchas parcialmente incrustadas sobre o piso da Gruna do Morro Furado.

Gruna Ponte do Morro Furado

Na Gruna Ponte do Morro Furado foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Também há uma grande quantidade de seixos, provenientes principalmente da erosão dos espeleotemas, assim como solos carbonatados (brechas) cimentados nas paredes e teto. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por escorrimentos sobre o piso e travertinos. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há carcaça de morcego. Fezes desses animais, assim como de roedores também estão presentes. Ossos de pequenos vertebrados e conchas de gastrópodes terrestre ocorrem de forma não fossilizada e fossilizada (incrustação e cimentadas em brechas). Não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. Por esses achados (fauna incrustada e grande quantidade de sedimentos alóctones), a Gruna Ponte do Morro Furado é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático.

Gruna Salão do Morro Furado

Na Gruna Salão do Morro Furado foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Também há uma grande quantidade de seixos, provenientes principalmente da erosão dos espeleotemas, assim como solos carbonatados (brechas) cimentados nas paredes e teto. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por escorrimentos sobre o piso e travertinos. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há carcaça de ave, fezes de roedor e ossos de pequenos vertebrados distribuídos por diferentes pontos da caverna, sendo que parte deles está fossilizada (Figura 4.45). A erosão de escorrimentos químicos produziu pseudofósseis semelhantes a estromatólitos (Figura). Na caverna não há alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. A cavidade apresenta um abismo que não foi acessado e neste local pode haver acúmulo de ossos. Por essas características, a Gruna Salão do Morro Furado é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático.

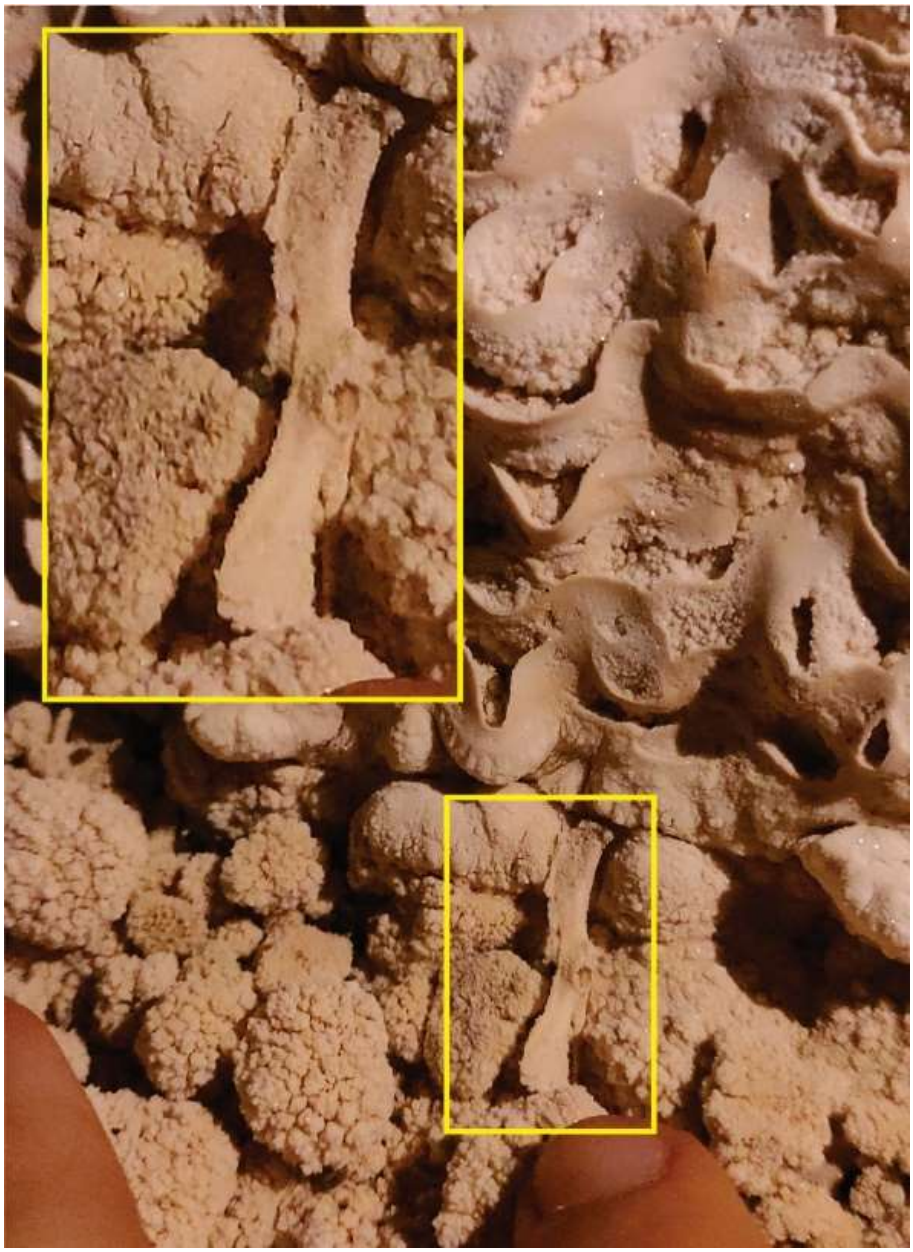


Figura 4.45. Fragmento de cintura pélvica de ave incrustado dentro de microtravertino na Gruna do Salão do Morro Furado.



Figura 4.46. Estrutura semelhante a estromatólito preservada em matacão na Gruna do São do Morro Furado.

Sumidouro do Morro Furado

No Sumidouro do Morro Furado foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Também há uma grande quantidade de seixos, provenientes principalmente da erosão dos espeleotemas, assim como solos carbonatados (brechas) cimentados nas paredes e teto. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por escorrimentos sobre o piso e travertinos. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há fezes de roedor e conchas de gastrópodes terrestres, sendo que parte destas está fossilizada (Figura). A erosão de escorrimentos químicos produziu

pseudofósseis semelhantes a estromatólitos. Marcas concêntricas também são observadas nos calcários. Na caverna não há alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. A cavidade apresenta um abismo que não foi acessado e neste local pode haver acúmulo de ossos. Por esses achados incrustados, pela grande quantidade de sedimentos clásticos alóctones, o Sumidouro do Morro Furado é classificado com potencial paleontológico e valor científico/didático.



Figura 4.47. Concha cimentada em brecha no piso do Sumidouro do Morro Furado.

Gruna do Enfurnado

Na Gruna do Enfurnado foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Também há uma grande quantidade de seixos, provenientes principalmente da erosão dos espeleotemas, assim como solos carbonatados (brechas) cimentados nas paredes e teto. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por escorrimentos sobre o piso e microtravertinos. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há fezes de roedor e de morcego. Ossos inalterados e alterados de bovídeos são observados em diferentes pontos da cavidade, assim como ocorre com conchas de gastrópodes terrestres, sedo que parte destas está cimentada em brechas (Figura). Não há

pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. Por essas conchas cimentadas e pela grande quantidade de sedimentos clásticos alóctones a Gruna do Enfurnado é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático.



Figura 4.48. Fragmento de concha de gastrópode cimentado em brecha sobre o piso da Gruna do Enfurnado.

Boqueirão do Riacho de Fora

No Boqueirão do Riacho de Fora foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso, assim como seixos (autóctones e alóctones). Seixos (autóctones e alóctones), blocos e matacões (autóctones) também compõem este grupo. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por escorrimentos sobre o piso e travertinos. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há fezes de roedor. Ossos de bovídeo estão em diferentes pontos da caverna. Conchas de gastrópodes terrestres cimentadas em brechas foram observadas em porções pontuais (Figura 4.49) A erosão de escorrimentos químicos produziu pseudofósseis semelhantes a estromatólitos. Por essas conchas cimentadas e pela grande quantidade de sedimentos clásticos alóctones o Boqueirão do Riacho de Fora é classificado com potencial paleontológico e valor científico/didático.



Figura 4.49. Fragmentos de conchas cimentadas em depósito sedimentar químico no Boqueirão do Riacho de Fora.

Gruna do Desenfurnado

Na Gruna do Desenfurnado foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Também há uma grande quantidade de seixos, provenientes principalmente da erosão dos espeleotemas, assim como solos carbonatados (brechas) cimentados nas paredes e teto. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por escorrimentos sobre o piso e travertinos. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há fezes de morcego e pegadas de felino estão na porção externa à entrada. Esqueletos de bovídeo também foram observados (Figura 4.50). Conchas de gastrópodes terrestres ocorrem cimentadas em brechas. A erosão de escorrimentos químicos produziu pseudofósseis semelhantes a estromatólitos. Alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas não foram observadas. Por essas conchas cimentadas e pela grande quantidade de sedimentos clásticos alóctones a Gruna do Desenfurnado é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático.



Figura 4.50. Vértebra de bovídeo parcialmente preservada em depósito argiloso na Gruna do Desenfurnado.

Gruna do Otaviano

Na Gruna do Otaviano foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Também há uma grande quantidade de seixos, provenientes principalmente da erosão dos espeleotemas, assim como solos carbonatados (brechas) cimentados nas paredes e teto. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por escorrimentos sobre o piso e travertinos. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há fezes e carcaças de morcego e roedor. Um osso longo de pequeno vertebrado foi observado incrustado no piso. Alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas não foram observadas. Por esses achados, a Gruna do Otaviano é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático.

Gruna d'Água

Na Gruna d'Água foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e

matacões também compõem este grupo. Relacionados aos depósitos orgânicos, há serapilheira e fezes de roedor e de morcego. Os depósitos químicos não têm importância paleontológica. A maior parte da cavidade está submersa, impossibilitando sua total verificação. Não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. Apesar de não ter características evidentes para a preservação de fósseis, a Gruna d'Água é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático, pois se tratar de um sumidouro. Para sua melhor avaliação, sugere-se efetuar mergulho para verificar seu piso.

SETOR DESCOBERTO

No Setor Descoberto (Coribe) foram visitadas 12 cavidades: Gruna da Cacimbinha, Gruna Ponta D'Água, Gruna da Pratina, Gruna da Água Limpa I, Gruna da Água Limpa II, Gruna Dolina do Pau Pintado, Gruna da Lagoa do Meio, Gruna das Quatro Cabras, Gruna do Recanto, Gruna da Serra Verde, Gruna Très Jolie e Gruna do Ventilador.

Gruna da Cacimbinha

Na Gruna da Cacimbinha foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Não há depósitos químicos de interesse paleontológico. Relacionados aos depósitos orgânicos há somente serapilheira na cavidade. Não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. A Gruna da Cacimbinha não apresenta potencial paleontológico e valor científico/didático.

Gruna Ponta D'Água

A maior parte da Gruna Ponta D'Água está alagada, impossibilitando a vistoria do piso. Na porção emersa foram observados sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos (autóctones e alóctones), blocos e matacões (autóctones) também compõem este grupo. Não há espeleotemas de interesse paleontológico. Os depósitos orgânicos se limitam a serapilheira e fezes de roedor e morcego. A Gruna Ponta D'Água não apresenta potencial paleontológico e valor científico/didático. Para sua melhor avaliação, sugere-se efetuar mergulho para verificar seu piso (Figura 4.51).



Figura 4.51. Gruna Ponta d'Água em quase sua totalidade alagada.

Gruna da Pratina

Na Gruna da Pratina foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones), que ocupam uma área restrita da cavidade. Seixos (autóctones e alóctones), blocos e matacões (autóctones) também compõem este grupo. Não há depósitos químicos com relevância paleontológica. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há fezes de roedor. Não foram observados restos/vestígios orgânicos de interesse paleontológico (extintos e fossilizados), assim como pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. A Gruna da Pratina se trata de um ressurgência, tem um desenvolvimento pequeno e com inclinação positiva, impedindo que sedimentos alóctones se acumulem de maneira significativa (Figura 4.52). Tais características não favorecem que ele tenha potencial paleontológico e valor científico/didático.



Figura 4.52. Visão geral da entrada da Gruna da Pratina, onde é possível observar o acúmulo dos sedimentos clásticos aparentemente afossilíferos.

Gruna da Água Limpa I

A Gruna da Água Limpa I trata-se de cavidade associada a uma dolina de abatimento, fazendo com que sua entrada seja verticalizada. Ela é uma cavidade alagada, característica que limitou a área de vistoria. Porém, na porção acessível, há depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Não há depósitos químicos com relevância paleontológica. Porém, foram observados solos carbonatados (brechas) cimentados em porções pontuais nas paredes e teto, porém, sem material orgânico associado (ex. ossos ou conchas).

Relacionados aos depósitos orgânicos, há serrapilheira e fezes de roedor, ambas restritas à entrada da cavidade. Não foram observados restos/vestígios orgânicos de interesse paleontológico (extintos e fossilizados). Foram encontrados apenas fragmentos de conchas de gastrópode terrestre. Também não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. Apesar da cavidade apresentar depósitos clásticos alóctones, que também são representados por brechas, análises preliminares não apontam que tenha potencial paleontológico. Porém, é importante ressaltar que para se confirmar isso, será necessária a realização de uma prospecção subaquática na Gruna da da Água Limpa I. As características de sua entrada favorecem o carreamento de ossos para seu interior.

Assim, pode-se afirmar apenas que a porção vadosa tem um baixo potencial paleontológico, e ausência de valor científico/didático.

Gruna da Água Limpa II

Na Gruna da Água Limpa II foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Não há depósitos químicos com relevância paleontológica. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há fezes de roedor. Não foram observados restos/vestígios orgânicos de interesse paleontológico (extintos e fossilizados), assim como pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. A cavidade aprisiona um grande volume de sedimentos alóctones e também funciona como um sumidouro. Tais características dão à Gruna da Água Limpa II potencial paleontológico. Porém, quando se refere as análises das superfícies dessa caverna, não é possível afirmar que ela tem um valor científico/didático.

Gruna Dolina do Pau Pintado

Na Gruna Dolina do Pau Pintado foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Não há depósitos químicos com relevância paleontológica. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há fezes de roedor. Não foram observados restos/vestígios orgânicos de interesse paleontológico (extintos e fossilizados). Foram encontrados fragmentos de conchas de gastrópode terrestre, ossadas de ave não identificada e de cachorro doméstico (*Canis familiaris* Linnaeus, 1758), além de uma carcaça deste mamífero (Figura 4.53). Um ovo também foi reportado, possivelmente de urubu (*Coragyps atratus*; Bechstein, 1793*).* Não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. As características de sua entrada favorecem o carreamento de ossos para seu interior, fazendo com que ela aprisione um grande volume de sedimentos alóctones. Tais características dão à Gruna do Pau Pintado potencial paleontológico. Porém, quando se refere as análises das superfícies dessa caverna, não é possível afirmar que ela tem um valor científico/didático.



Figura 4.53. Restos de vertebrados viventes encontrados em conduto da Gruna Dolina do Pau Pintado.

Gruna da Lagoa do Meio

Na Gruna Lagoa do Meio foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por escorrimentos sobre o piso e travertinos. Em diversos pontos da caverna há depósitos de brechas. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há fezes de roedor e morcego. Também foi encontrado um esqueleto incompleto de bovídeo, que está impregnado de óxidos, dando-lhe uma aparência de fossilizado. Não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. Pela quantidade expressiva de sedimentos alóctones na caverna, e por ela ser um sumidouro de uma drenagem intermitente, a Gruna Lagoa do Meio apresenta potencial paleontológico. Porém, quando se refere as análises das superfícies dessa caverna, não é possível afirmar que ela tem um valor científico/didático.

Gruna das Quatro Cabras

Na Gruna das Quatro Cabras foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Também há uma grande quantidade de seixos, provenientes principalmente da erosão dos espeleotemas, assim como solos carbonatados (brechas) cimentados nas paredes e teto. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por escorrimentos sobre o piso e microtravertinos. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há carcaça e fezes de roedor. Destes animais, assim

como de outros pequenos vertebrados, há ossos distribuídos por diferentes pontos da caverna. Da mesma forma, ocorre com as conchas de gastrópodes terrestre, não fossilizadas e fossilizadas (Figura 4.54). A erosão de escorrimentos químicos produziu pseudofósseis semelhantes a estromatólitos. Na caverna não há alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. A caverna tem um pequeno abismo que não foi acessado e neste local pode haver acúmulo de ossos. A Gruna das Quatro Cabras é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático (conchas incrustadas).



Figura 4.54. Concha de gastrópode terrestre parcialmente incrustada sobre o piso da Gruna Quatro Bocas.

Gruna do Recanto

Na Gruna do Recanto foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Também há uma grande quantidade de seixos, provenientes principalmente da erosão dos espeleotemas, assim como solos carbonatados (brechas) cimentados nas paredes e teto. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por escorrimentos sobre o piso e microtravertinos. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há fezes de roedor e de morcego. Esqueletos destes animais também ocorrem de maneira espaçada na gruta, juntamente com de outros pequenos vertebrados (ex. anuros). Há conchas de gastrópodes terrestres não fossilizadas e fossilizadas, assim como ocorre com

fragmentos vegetais (Figura 4.55). No caso destes, é incomum o registro da ocorrência em modo fossilizado. Há estromatólitos preservados nos calcários externos que margeiam a entrada da caverna. Não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. Por esses achados (conchas e vegetais incrustados), a Gruna do Recanto é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático.



Figura 4.55. Registro incomum de vegetal incrustado sobre microtravertino na Gruna do Recanto.

Gruna da Serra Verde

Na Gruna da Serra Verde foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Também há uma grande quantidade de seixos, provenientes principalmente da erosão dos espeleotemas, assim como solos carbonatados (brechas) cimentados nas paredes e teto. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por escorrimentos sobre o piso e travertinos. Relacionados aos depósitos orgânicos,

além de serapilheira, há fezes de roedor, conchas de gastrópodes terrestres (Figura 4.56). Restos de porco-do-mato (Tayassuidae indet.), roedor (Caviidae indet.), morcego (Chiroptera indet.), anuros (Anura), lagartos (Lacertidae indet.) e aves (Ave indet.) também foram observados. Há ossos de pequenos animais incrustados (roedores e aves) dentro dos microtravertinos e o mesmo ocorre com conchas de gastrópodes terrestres. Ossos de taiaçuídeos e aves também se encontram incrustados sobre o piso. Não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. Por esses achados, a Gruna da Serra Verde é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático.



Figura 4.56. Grande concentração de conchas de gastrópodes terrestres acumulados na Gruna da Serra Verde.

Gruna Très Jolie

Na Gruna Très Jolie foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Relacionados aos depósitos orgânicos, há serapilheira e fezes de roedor e de tamanduá. Um esqueleto de bode também é reportado para a cavidade, assim como vestígios recentes de mamífero (pegadas de pequeno carnívoro; Procyonidae indet.). Fósseis da megafauna quaternária ocorrem cimentados em brechas e parcialmente soterrados

no sedimento silto-argiloso (Figura 4.57). Preliminarmente, foram identificados restos de preguiça-gigante (*Eremotherium laurillardi;* Lund, 1842), paleolhama (*Palaeolama major* Liais, 1872), porco-do-mato (Tayassuidae indet.), cervídeo (Cervidae indet.), roedor (Caviidae indet.) e outros não identificados. Não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. Por esses achados, a Gruna Três Jolie é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático.



Figura 4.57. Acúmulo de fósseis em sedimento argilo-siltoso no salão da Gruna Três Jolie.

Gruna do Ventilador

Na Gruna do Ventilador foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de

blocos e matacões também compõem este grupo. Também há uma grande quantidade de seixos, provenientes principalmente da erosão dos espeleotemas, assim como solos carbonatados (brechas) cimentados nas paredes e teto. Relacionados aos depósitos orgânicos, há serapilheira e fezes de roedor e de tamanduá (Myrmecophagidae indet.). Conchas de gastrópodes terrestres (Figura 4.58) e esqueletos de pequenos vertebrados são abundantes, ocorrendo não fossilizados e fossilizados. Não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. Por esses achados de restos incrustados, a Gruna do Ventilador é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático.



Figura 4.58. Fragmento de concha de gastrópode terrestre parcialmente cimentado em brecha na Gruna do Ventilador.

SETOR SERRA DO RAMALHO SUL

No Setor Serra do Ramalho Sul foram inspecionadas 3 cavidades: Boca da Lapa, Gruna do Engrunado e Gruna do Govi.

Boca da Lapa

Na Boca da Lapa, apesar do conduto principal permanecer alagado, seus condutos laterais estão secos, possibilitando a observação dos depósitos sedimentares ali preservados. No que diz respeito aos depósitos sedimentares, foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Relacionados aos depósitos orgânicos, há serapilheira e fezes de roedor e de morcego. Os depósitos químicos não têm importância

paleontológica. Restos de preguiça-terrícola (Scelidotheridae indet.; Figura 4.59) estão preservados em um banco de sedimentos argilosos. Foram identificados fragmentos de vértebras e costelas. Não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. Por esses fósseis, além da grande quantidade de sedimentos alóctones, a Boca da Lapa é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático.



Figura 4.59. Depósito fossilífero em conduto lateral na Boca da Lapa com restos de preguiça-terrícola (Scelidotherinae).

Gruna do Engrunado

Na Gruna do Engrunado foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Também há uma grande quantidade de clastos, provenientes principalmente da erosão dos espeleotemas, assim como solos carbonatados (brechas) cimentados nas paredes e teto. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por escorrimentos sobre o piso e travertinos. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serrapilheira, há fezes de roedor, de morcegos e conchas de gastrópodes terrestres. Essas conchas também ocorrem incrustadas, e juntamente com ossos de pequenos vertebrados (Figura

4.60), são observadas cimentadas em brechas. Não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. Por esses achados, a Gruna do Engrunado é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático.



Figura 4.60. Concentração de ossos de pequenos vertebrados provenientes do regurgito de corujas na Gruna do Engrunado.

Gruna do Govi

Na Gruna do Govi foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Também há uma grande quantidade de seixos, provenientes principalmente da erosão dos espeleotemas, assim como solos carbonatados (brechas) cimentados

nas paredes e teto. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por escorrimentos sobre o piso e travertinos. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há fezes de roedor e esqueletos de pequenos vertebrados. Conchas de gastrópodes terrestres não fossilizadas e fossilizadas (cimentadas em brechas e incrustadas; Figura 4.61) foram observadas em porções pontuais. Por esses achados, a Gruna do Govi é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático.



Figura 4.61. Concha de gastrópode terrestre incrustada (centro) em travertino na Gruna do Govi.

SETOR RAMALHO

No Setor Ramalho foram inspecionadas 2 cavidades: Gruna das Três Cobras e Abrigo da Água Fina.

Gruna das Três Cobras

Na Gruna das Três Cobras foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por escorrimentos sobre o piso e travertinos. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há fezes de roedor e morcego. A Gruna das Três Cobras se trata de uma das cavernas da Serra do Ramalho onde foram feitas escavações paleontológicas. Desta cavidade foram coletados esqueletos de diversos animais extintos (ver revisão em Silva et al., 2019). Porém, ainda há esqueletos de outas espécies preservados em seus condutos. Dentre elas há restos de espécies extintas e viventes, como preguiças-terrícolas (Scelidotheridae indet.), liptoterna (Xenorhinothrium sp.; Figura 4.62), mastodonte (Notiomastodon platensis Ameghino, 1888) e porcos-do-mato (Tayassuidae indet.), por exemplo. Também há conchas de gastrópodes terrestres não

fossilizadas e incrustadas. Por esses achados, a Gruna das Três Cobras é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático.



Figura 4.62. Fragmento distal de metapodial de *Xenorhinotheium* sp. preservado sobre o piso da Gruna Três Cobras.

Abrigo da Água Fina

No Abrigo Água Fina foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenosos insipientes (autóctones e alóctones; Figura 4.63). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Não há depósitos químicos com relevância paleontológica. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há fezes de roedor. Não foram observados restos/vestígios orgânicos de interesse paleontológico (extintos e fossilizados). Foram encontrados apenas fragmentos de conchas de gastrópode terrestre. Também não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. O Abrigo Água Fina tem um pequeno desenvolvimento com uma inclinação concordante com o exterior, impedindo com que sedimentos alóctones se acumulem de maneira significativa. Tais características não favorecem que ele tenha potencial paleontológico e valor científico/didático.

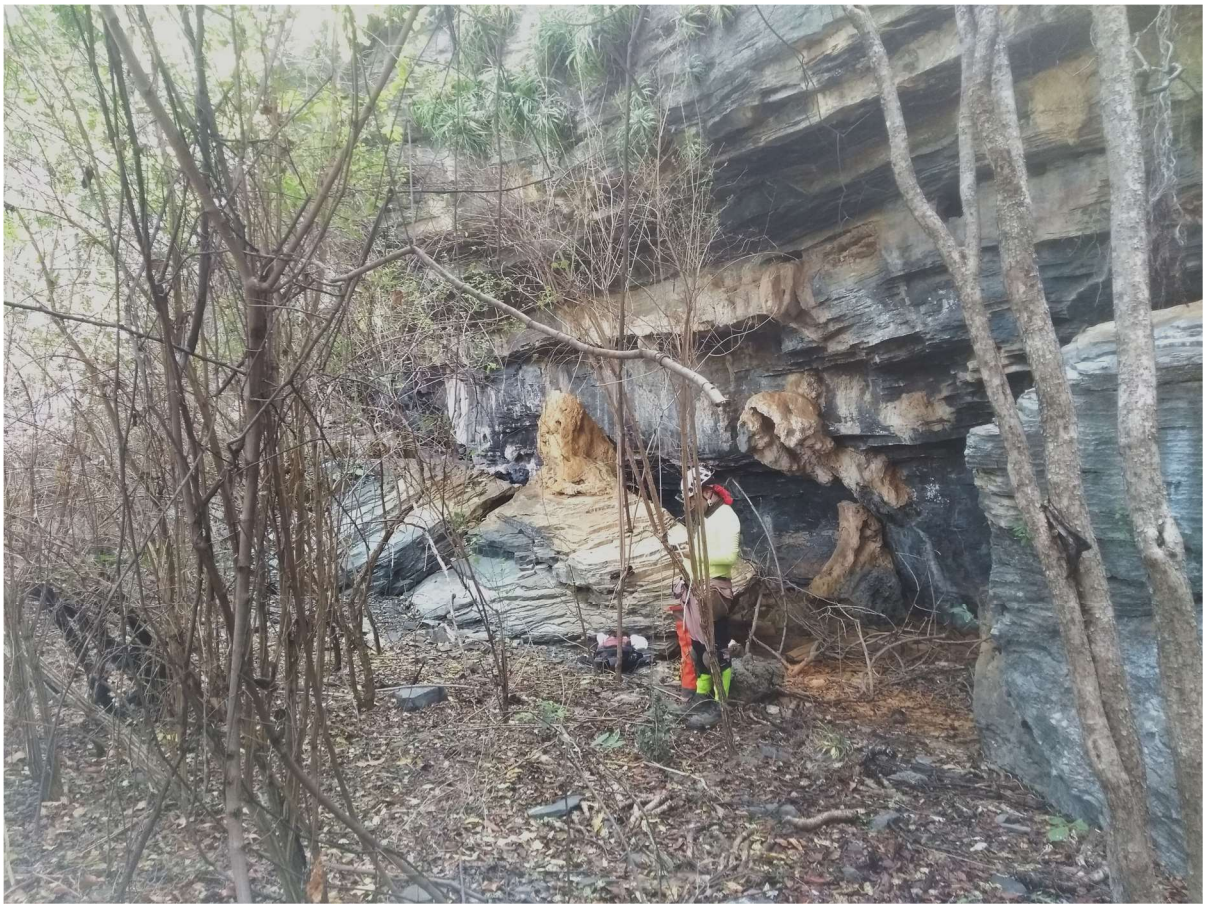


Figura 4.63. Visão geral evidenciando a quantidade insipiente de sedimentos alóctones no Abrigo Água Fina.

SETOR DAS AGROVILAS

No Setor das Agrovilas foram inspecionadas 11 cavidades: Abrigo do Arqueiro, Gruna do Domingão, Abrigo dos Peixes, Gruna do Pedro Cassiano I, Gruna do Pedro Cassiano II, Gruna do Pedro Cassiano III, Gruna da Água Clara, Gruna dos Peixes, Lapa dos Peixes, Boqueirão e Wpt_136.

Abrigo do Arqueiro

No Abrigo do Arqueiro foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones; Figura 4.64). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Não há depósitos químicos com relevância paleontológica na cavidade.

Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serrapilheira, há fezes de roedor. Não foram observados restos/vestígios orgânicos de interesse paleontológico (extintos e fossilizados). Foram encontrados apenas fragmentos de conchas de gastrópode terrestre. Também não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. A cavidade aprisiona um grande volume de sedimentos alóctones e também funciona como um sumidouro. Tais características dão ao

Abrigo do Arqueiro um potencial paleontológico. Porém, quando se refere as análises das superfícies dessa caverna, não é possível afirmar que ela tem um valor científico/didático.



Figura 4.64. Piso do conduto encoberto por sedimentos alóctones silto-argilosos no Abrigo do Arqueiro.

Gruna do Domingão

Na Gruna do Domingão foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso, assim como seixos (autóctones e alóctones). Seixos (autóctones e alóctones), blocos e matacões (autóctones) também compõem este grupo. Não há depósitos químicos com relevância paleontológica. Porém, foram observados solos carbonatados (brechas) na porção central do conduto, porém, sem material orgânico associado (ex. ossos ou conchas).

Relacionados aos depósitos orgânicos, há serrapilheira e fezes de roedor, ambas restritas à entrada da cavidade. Não foram observados restos/vestígios orgânicos de interesse paleontológico (extintos e fossilizados). Foram encontrados apenas pegadas recentes de pequeno carnívoro (Procyonidae indet.; Figura 4.65). Também não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. Apesar da cavidade ter depósitos clásticos alóctones, que também são representados por brechas, análises preliminares não apontam que tenha potencial paleontológico. Há um sifão na

porção da cavidade, indicando que ela funciona como uma surgência. Tais características dão à Gruna do Domingão um baixo potencial paleontológico, e ausência de valor científico/didático.



Figura 4.65. Pegadas de Procyonidae indet. preservadas em sedimento argilo-siltoso.

Abrigo dos Peixes

No Abrigo dos Peixes foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones), que ocupam uma área restrita da cavidade. Seixos (autóctones e alóctones), blocos e matacões (autóctones) também compõem este grupo. Não há depósitos químicos com relevância paleontológica.

Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há fezes de roedor. Não foram observados restos/vestígios orgânicos de interesse paleontológico (extintos e fossilizados), assim como pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. O Abrigo dos Peixes tem um desenvolvimento pequeno e com inclinação positiva, impedindo que sedimentos alóctones se acumulem de maneira significativa. Tais características não favorecem que ele tenha potencial paleontológico e valor científico/didático.

Gruna do Pedro Cassiano I

Na Gruna do Pedro Cassiano I foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones; Figura 4.66). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por escorrimentos sobre o piso e travertinos. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há fezes de roedor. Não foram observados restos/vestígios orgânicos de interesse paleontológico (extintos e fossilizados). Foi encontrado apenas um fêmur de mamífero não identificado. Não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. Apesar da cavidade ser uma surgência, ela aprisiona um grande volume de sedimentos alóctones. Somando-se isso aos seus depósitos químicos, dá a Gruna do Pedro Cassiano I um potencial paleontológico e valor científico/didático. Porém, quando se refere as análises das superfícies dessa caverna, não é possível afirmar que ela tem um valor científico/didático.



Figura 4.66. Depósito alóctone silto-argiloso afossilífero preservado na Gruna Pedro Cassiano I .

Gruna do Pedro Cassiano II

Na Gruna do Pedro Cassiano II foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Também há uma grande quantidade de seixos, provenientes principalmente da erosão dos espeleotemas, assim como solos carbonatados (brechas) cimentados nas paredes e teto. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por escorrimentos sobre o piso e travertinos. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há carcaça e fezes de roedor. Destes animais, assim como de outros pequenos vertebrados, há ossos distribuídos por diferentes pontos da caverna. Da mesma forma, ocorre com as conchas de gastrópodes terrestre. Fósseis da megafauna quaternária ocorrem cimentados em brechas e erodidos próximos a esse depósito. Preliminarmente, foram identificados restos de preguiça-terrícola (Scelidotheridae indet.; Figura 4.67), mastodonte (*Notiomastodon platensis*), paleolhama (*Palaeolama major)*, e placas dérmicas de tatu-gigante (Pampatheridae indet.) Não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. Por esses achados, a Gruna do Pedro Cassiano II é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático.



Figura 4.67. Fósseis de preguiça-terrícola preservados em brecha na parede da Gruna do Pedro Cassiano II.

Gruna do Pedro Cassiano III

Na Gruna do Pedro Cassiano III foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Também há uma grande quantidade de seixos, provenientes principalmente da erosão dos espeleotemas, assim como solos carbonatados (brechas) cimentados nas paredes e teto. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por escorrimentos sobre o piso e travertinos. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há fezes de roedor. Nessa caverna há ossos recentes e estão parcialmente incrustados (Figura 4.68). Não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. Por esses achados, a Gruna do Pedro Cassiano III é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático.



Figura 4.68. Vértebras lombares fossilizadas de bovídeo sobre o piso da Gruna do Pedro Cassiano III.

Gruna da Água Clara

Na Gruna da Água Clara foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Também há uma grande quantidade de clastos, provenientes principalmente da erosão dos espeleotemas, assim como solos carbonatados (brechas) cimentados nas paredes e teto. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por escorrimentos sobre o piso e travertinos. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há fezes de roedor. Nessa caverna também há conchas de gastrópodes terrestres e ossos de pequenos mamíferos não fossilizados e incrustados (Figura 4.69). Pegadas de carnívoros também estão preservadas na argila (Procyonidae indet. e Felidae indet.). Fezes de carnívoro fossilizadas também foram observadas (Figura 4.70). Em determinados pontos da cavidade, a erosão do calcário produziu pseudofósseis semelhantes a estromatólitos. As características de sua entrada favorecem o carreamento de ossos para seu interior. Por esses achados fossilizados (conchas, ossos e fezes), a Gruna da Água Clara é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático.

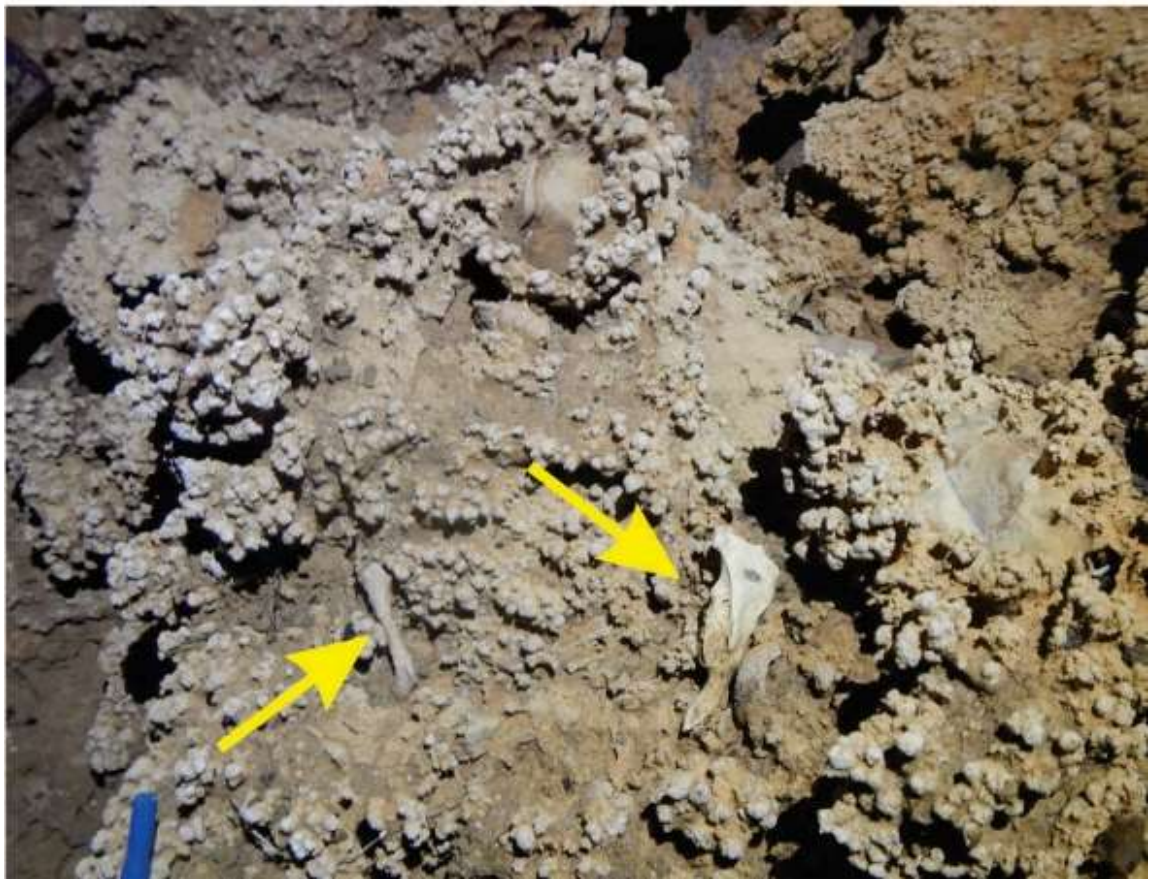


Figura 4.69. Restos fossilizados de pequeno roedor associados a escorrimentos químicos na Gruna da Água Clara.



Figura 4.70. Fezes fossilizadas sobre o piso da Gruna da Água Clara.

Gruna dos Peixes

A Gruna dos Peixes trata-se de cavidade de entrada vertical, tendo seu desenvolvimento praticamente todo submerso. Sua avaliação depende de mergulho (Figura 4.71). A posição da caverna na paisagem favorece o carreamento de material alóctone para seu interior.



Figura 4.71. Gruna dos Peixes completamente alagada, impossibilitando a sua inspeção.

Lapa dos Peixes

Na Lapa dos Peixes foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo, além de brechas. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por escorrimentos sobre o piso e travertinos. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há fezes de roedor, morcego e anuro. Nos sedimentos da caverna também foram observadas pegadas de um pequeno mamífero. A Lapa dos

Peixes se trata de uma das cavernas da Serra do Ramalho onde foram feitas escavações paleontológicas. De lá, foram coletados esqueletos de preguiças-terrícolas (*Valgipes bucklandi* Gervais, 1874). Porém, ainda há esqueletos desta espécie preservados em seus condutos (Figura 4.72). Além dele, há conchas de gastrópodes terrestres incrustados. Por esses achados, a Lapa dos Peixes é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático.



Figura 4.72. Acúmulo de fósseis na Lapa dos Peixes.

Boqueirão

No Boqueirão foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso, assim como seixos (autóctones e alóctones). Seixos (autóctones e alóctones), blocos e matacões (autóctones) também compõem este grupo. Também há uma grande quantidade de seixos, provenientes principalmente da erosão dos espeleotemas, assim como solos carbonatados (brechas) cimentados nas paredes e teto. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por escorrimentos sobre o piso e travertinos. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há ossos não fossilizados de mamíferos de médio e grande porte (bovídeo). Conchas cimentadas em brechas no piso em determinados pontos da cavidade, a erosão do calcário produziu pseudofósseis semelhantes a estromatólitos. Por esses achados, a Gruna Boqueirão é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático.

Gruna Wpt_136

Na Gruna Wpt_136 foram identificados depósitos clásticos, químicos e orgânicos. Os depósitos clásticos consistem em sedimentos argilo-silto-arenoso (autóctones e alóctones; Figura 4.73). Seixos, além de blocos e matacões também compõem este grupo. Também há uma grande quantidade de seixos, provenientes principalmente da erosão dos espeleotemas, assim como solos carbonatados (brechas) cimentados nas paredes e teto. Já os depósitos químicos, que possuem relevância paleontológica, são exemplificados por escorrimentos sobre o piso e travertinos. Relacionados aos depósitos orgânicos, além de serapilheira, há fezes de roedor. Pegadas de carnívoro também estão preservadas na argila (Procyonidae indet.). Também há ossos não fossilizados de mamíferos de médio e grande porte (bovídeo). Não há pseudofósseis e alterações antrópicas associadas a atividades paleontológicas. Por esses achados, a Gruna Wpt_136 é classificada com potencial paleontológico e valor científico/didático.



Figura 4.73. Deposito argiloso aparentemente afossilífero na Gruna Wpt_136.



4.2.5. Considerações Finais

Foram reconhecidas cinco cavernas contendo restos de megafauna quaternária, dezoito com restos e/ou vestígios orgânicos fossilizados, indicando o valor científico/didático para a paleontologia. Mesmo não havendo fósseis aflorados, as cavidades da Serra do Ramalho apresentam um alto potencial paleontológico. A maioria delas tem um grande acúmulo de sedimentos clásticos alóctones, que sugere que em meio a estes possa haver a presença de fósseis.

4.3. DIAGNÓSTICO BIOESPELEOLÓGICO

4.3.1 Introdução e Histórico dos Trabalhos

A região da Serra do Ramalho está localizada no Sudoeste do estado da Bahia e faz parte da Bacia do Médio Rio São Francisco. A região compreende um grande numero de cavidades, algumas delas com vários quilômetros de extensão e, consequentemente, uma riqueza faunística singular.

Entre os anos de 1999 e 2004 os primeiros inventários de fauna subterrânea foram realizados nessa região, conduzidas pelo grupo de Fauna Subterrânea da Universidade de São Paulo (USP), liderada por Eleonora Trajano. Naquela ocasião a elevada riqueza e diversidade faunística começaram a emergir, demonstrando a singularidade e fragilidade das cavernas e sua fauna. A partir de 2007/2008 e até os dias atuais, projetos conduzidos pelo Laboratório de Estudos Subterrâneos da Universidade Federal de São Carlos (LES/UFSCar), liderados por Maria Elina Bichuette e equipe, ampliaram o conhecimento faunístico local e diversos trabalhos de descrição de espécies troglóbias e troglófilas, além de estudos ecológicos, foram publicados. Cabe também destacar projetos recentes conduzidos por outros grupos de pesquisa (UFLA) (entre os anos de 2017 e 2022), estes mais focados em alguns sistemas da região (Água Clara-Peixes).

Com a proposta do presente projeto, coordenado pelo Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas (GBPE) a partir do ano de 2020, foi possível compilar um amplo volume de dados, 70% dele gerado pelo LES/UFSCar, juntamente com aqueles de outros grupos de pesquisa. Para tal, consideramos espécies de invertebrados e vertebrados, sejam estes troglóbios, troglófilos ou trogloxenos, destacando particularidades ecológico-evolutivas, além das fragilidades.

As cavernas da Serra do ramalho destacam-se pela singularidade de micro-habitats nos habitats terrestre e aquático, além de um regime marcado considerando-se a sazonalidade. Tal fato, associado



ao grande desenvolvimento dos afloramentos e espaços associados propiciou uma enorme possibilidade para colonização e diferenciação da fauna subterrânea, já observado por Trajano et al. (2016) e Gallão & Bichuette (2018). No habitat terrestre observam-se diversos substratos/microhabitats (inorgânicos e orgânicos) como paredes, tetos, blocos abatidos, bancos de sedimento, acúmulos de detritos vegetais, guano de morcegos e fezes de outros animais e, na maioria das vezes, substratos mistos, onde parte dos citados fazem parte da composição, tornando-o complexo. O mesmo observa-se para os habitats aquáticos, onde observamos desde o horizonte superior da zona freática que pode se conectar com a superfície por meio de fissuras inacessíveis (zona saturada), onde o lençol freático torna-se acessível pelas ressurgências, sumidouros, poços; uma zona de oscilação sazonal do lençol freático, correspondendo, por exemplo, a riachos que secam durante determinadas épocas do ano (zona insaturada) e tributários superiores alimentados por água de infiltração na rocha (zona insaturada). Esses habitats e micro-habitats foram vistoriados ao longo do projeto.

O principal objetivo do projeto foi definir áreas prioritárias para propostas de proteção na Serra do Ramalho, portanto, para a temática da espeleobiologia determinamos a riqueza mínima e verificamos se as cavernas são diversas taxonomicamente; descrevemos particularidades bióticas e abióticas das cavidades; detectamos as fragilidades em relação à fauna subterrânea, principalmente em relação às espécies troglóbias; propomos cavernas e/ou sistemas prioritários para conservação.

4.3.2. Dados da Literatura, Amostragens e Análises

Dados da Literatura

Dados de trabalhos publicados em revistas científicas (periódicos) foram consultados e o registro faunístico considerado. Além dessa consulta, buscas na base de dados *Web of Science* também foram feitas, considerando-*se as palavras-chave: cave fauna; Serra do Ramalho; Bahia, Brazil, São Francisco River basin; troglobites; troglophiles; cave-dwellers*. Cabe ressaltar que os trabalhos publicados no escopo do projeto e de autoria do LES/UFSCar e colaboradores não foram considerados nesta listagem, pois são produtos gerados.

Como resultados obtivemos poucos trabalhos publicados, de quatro instituições de pesquisa no Brasil (trabalhos do LES/UFSCar não incluídos neste levantamento): USP, UEPG e UFLA.

Os trabalhos encontram-se listados a seguir:



Pinto-da-Rocha R (1995) Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (19071994). *Papéis Avulsos de Zoologia, São Paulo,* 39(6): 61-173

Mahnert V (2001) Cave-dwelling pseudoscorpiones (Arachnida, Pseudoscorpiones) from Brazil. *Revue Suisse de Zoologie*, 108: 95–148.

Bichuette ME, Trajano E (2005) A new cave species of *Rhamdia* (Siluriformes: Heptapteridae) from Serra do Ramalho, northeastern Brazil, with notes on ecology and behavior. *Neotropical Ichthyology*, 3(4):587-595.

Bichuette M E, Rizzato PP (2012) A new species of cave catfish from Brazil, *Trichomycterus rubbioli* sp.n., from Serra do Ramalho karstic area, São Francisco River basin, Bahia State (Silurifomes: Trichomycteridae). *Zootaxa*, 3480: 48-66.

Cardoso GM, Bastos-Pereira R, Souza LA, Ferreira RL (2020) New cave species of *Pectenoniscus* Andersson, 1960 (Isopoda: Oniscidea: Styloniscidae) and an identification key for the genus. Nauplius 28: 1–30. https://doi.org/10.1590/2358-2936e2020039

Monticelli Cardoso G, Bastos-Pereira R, Lopes Ferreira R (2022) A new species of *Chaimowiczia* from the karstic Serra do Ramalho plateau, Brazil (Oniscidea, Synocheta, Styloniscidae). Subterranean Biology 42: 139-149. https://doi.org/10.3897/subtbiol.42.80274

Lamas CJE, Mendes LL, Falaschi RL, Evenhuis NL (2023) A Second New Species of *Tamanduamyia* Rafael and Limeira-de-Oliveira (Diptera, Mythicomyiidae, Mythicomyiinae) from Brazil, with Discussion of the Possible First Cave Dwelling Record of a Micro-bee fly. Neotropical Entomology: 52(4):560-570. doi: https://doi.org/10.1007/s13744-023-01054-0

Cardoso GM, Bastos-Pereira R, Ferreira RL (2023) Cave-dwellers *Diploexochus* (Isopoda, Armadillidae): new species and new records of the genus from Brazil. Nauplius. 31: e2023008., https://doi.org/10.1590/2358-2936e2023008

Ferreira RL, Berbert-Born M, Souza-Silva M (2023) The Água Clara Cave System in Northeastern Brazil: The Richest Hotspot of Subterranean Biodiversity in South America. Diversity. 2023; 15(6):761. https://doi.org/10.3390/d15060761

Prado GC, Ferreira RL (2023) Three new troglobitic species of *Pseudochthonius* Balzan, 1892 (Pseudoscorpiones, Chthoniidae) from northeastern Brazil. Zootaxa 5249 (1): 92-110. https://doi.org/10.11646/Zootaxa.5249.1.5



Coletas

As coletas tiveram início antes do presente projeto, muitas relacionadas a projetos individuais de pesquisa (Coordenação: Maria Elina Bichuette) com financiamento de órgãos de fomento, como FAPESP (2010-2012) e CNPq (2014-2016). Com o início do projeto, em 2020, conduzimos amostragens adicionais e contemplamos áreas não contempladas nos projetos anteriores.

As coletas foram realizadas seguindo a divisão proposta pelo GBPE, além de cavidades já elencadas por nossa equipe como potenciais para fauna troglóbia ou mesmo singulares nas regiões e principais sistemas (Figura 4.74). Além das amostragens conduzidas, consideramos os dados secundários publicados em periódicos, destacados na Tabela 4.2.

SETORES	CAVERNAS	DADOS COLETORES E DATAS DE COLETA
Serra do Ramalho Sul	Gruna Boca da Lapa, Gruna do Govi, Gruna do Engrunado, Gruna da Pingueira II, Gruna Baixão da Canoa	**LES/GBPE (Outubro/2020; Agosto/2023)**
Agrovilas	Gruna Água Clara, Lapa dos Peixes, Gruna dos Índios, Gruna Pedro Cassiano, Gruna Grande, Gruna Água Escura I, Gruna do Chico Pernambuco, Gruna do Domingão	**LES/GBPE; Sec. (Julho/2012; Julho/2013; Dezembro/2015; Setembro/2021)**
Descoberto	Gruna de Descoberto III, Gruna do Zeferini, Gruna da Cacimbinha, Gruna da Serra Verde	**LES/GBPE; Sec. (Julho/2021; Setembro/2021; Outubro/2023)**
Morro Furado	Gruna do Anjo, Gruna da Mamona, Gruna do Enfurnado, Gruna do Otaviano	**LES/GBPE (Maio/2010; Julho/2021; Outubro/2023)**
Ramalho	Gruna da Água Fina, Gruna da Serra Solta II, Gruna da Serra Solta III, Gruna Três Cobras, Gruna do Bem Bom II, Gruna do Vandercir I, Gruna do Vandercir I e II, Gruna Google, Gruna da Viração, Gruna do Cesário, Gruna do Cocho, Gruna da Altina, Gruna do Mandiaçu, Gruna da Vila Nova, Gruna Água Espalhada, Sistema Euzébio (três cavernas), Gruna do Ilbemon	**LES/GBPE (Set/2008; Maio/2010; Maio/2012; Julho/2012; Julho/2013; Dezembro/2015; Out/2020; Julho/2021; Setembro/2021; Abril/2022)**

Tabela 4.2. Cavidades com dados faunísticos coletados na região da Serra do Ramalho, Bahia, considerando-se, quando pertinente, meses e anos das amostragens. LES/GBPE, coletas conduzidas pelo LES/UFSCar e GBPE; Sec., Dados secundários de literatura; Destaque em Azul representam cavernas novas, ainda sem cadastro.

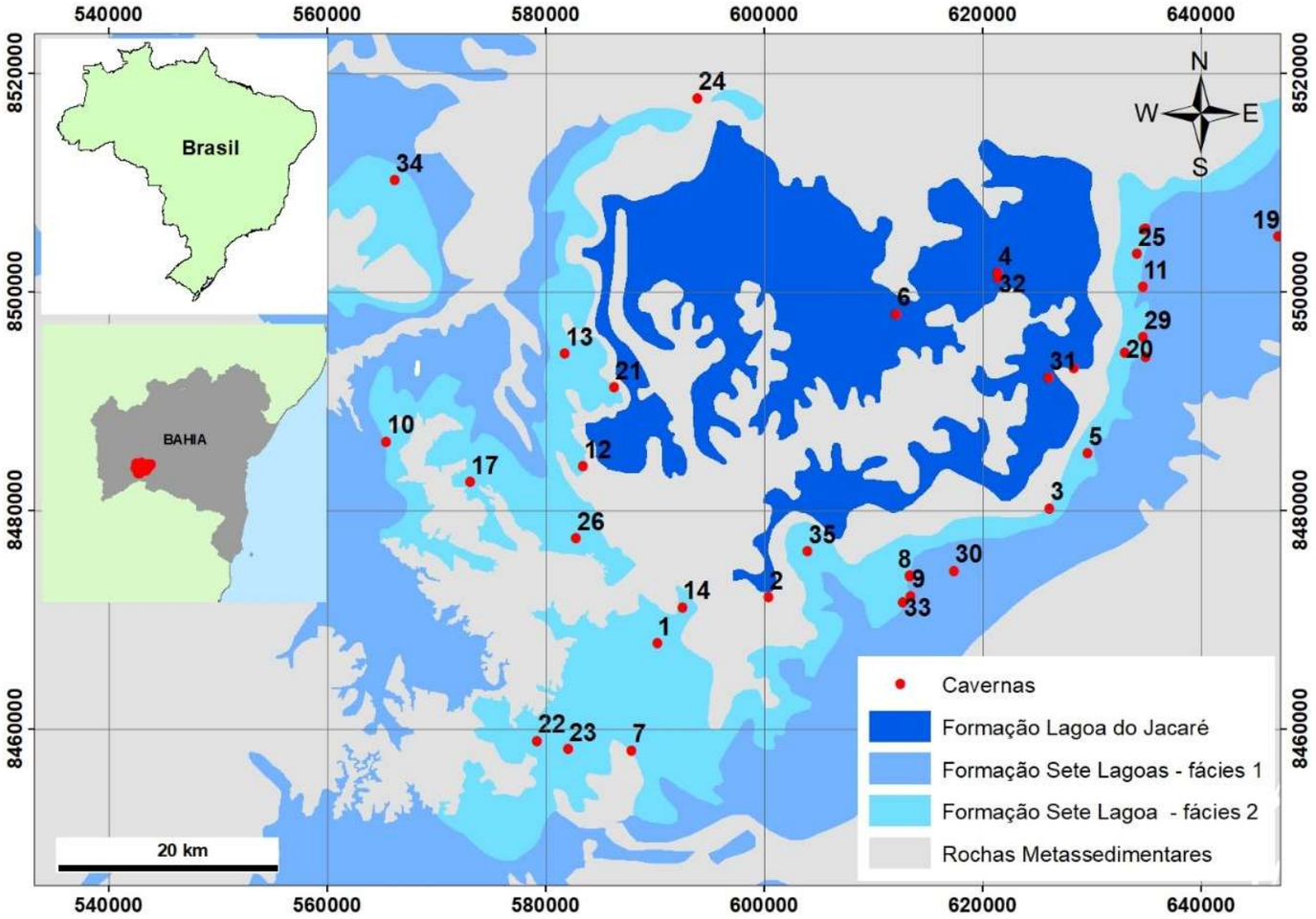


Figura 4.74. Mapa com a distribuição das cavernas estudadas quanto à espeleobiologia na Serra do Ramalho, Bahia (sem Lapa do Boqueirão; Gruna Otaviano e Gruna do Anjo). 1. Gruna Baixão da Canoa; 2. Gruna do Chico Pernambuco; 3. Gruna do Domingão; 4. Gruna Viração; 5. Gruna da Água Fina; 6. Gruna do Bem Bom II; 7. Gruna Boca da Lapa; 8. Gruna da Água Clara; 9. Gruna da Água Escura I; 10. Gruna da Água Espalhada; 11. Gruna da Altina; 12. Gruna da Cacimbinha; 13. Gruna da Mamona; 14. Gruna da Pingueira II; 15. Gruna da Serra Solta II; 16. Gruna da Serra Solta III; 17. Gruna da Serra Verde; 18. Gruna das Três Cobras; 19. Gruna do Cesário; 20. Gruna do Cocho; 21. Gruna do Enfurnado; 22. Gruna do Engrunado; 23. Gruna do Govi; 24. Gruna do Ibelmon; 25. Gruna do Mandiaçu; 26. Gruna do Zeferini; 27. Gruna do Índio; 28. Gruna Google; 29. Gruna Grande; 30. Gruna Pedro Cassiano; 31. Gruna Vandercir I e II (duas cavidades); 32. Gruna Vila Nova; 33. Lapa dos Peixes; 34. Sistema Euzébio (três cavidades). Autor: Bruno D. Lenhare.



Durante as coletas, estabeleceu-se diferentes unidades amostrais nos habitats terrestres e aquáticos, contemplando:

- terrestres: bancos de sedimento inconsolidados, paredes, blocos de rocha abatidos, depósitos de guano, acúmulos de matéria orgânica (folhiço, galhos, troncos, animais mortos, etc);
- aquáticos: riachos, poças freáticas, gotejamentos (epicarste), aquíferos em condutos superiores (epicarste), guano submerso.

As coletas foram manuais, por meio de busca ativa, com uso de pinças, pinceis e coletas de substratos para extratores do tipo *Winkler* (terrestre) ou com uso de redes de mão e puçás (aquático). Os diversos substratos e micro-habitats foram vistoriados ao longo do estudo (Figura 4.75). Não foram utilizadas iscas ou mesmo armadilhas, já que a fauna subterrânea é geralmente frágil e evitamos sobrecoletas.

Coletas no ambiente epígeo (entorno das cavidades) foram conduzidas para fins de comparação e definição acurada do *status* ecológico-evolutivo da fauna subterrânea (troglóbio, troglófilo ou trogloxeno).



Figura 4.75. Coletas nos habitats e micro-habitats nas cavernas contempladas no estudo espeleobiológico na Serra do Ramalho, Bahia. a, coleta em substrato rochoso; b, depósito de guano recente; c, coletas em substrato inconsolidado; d, coletas em corpos d'água freáticos; e, coleta em riacho formado por água de infiltração na rocha; f, travertinos ativos.

Exemplares destinados à identificação foram coletados e fixados *in loco* em álcool 70% (exceto vermes, que devem ser fixados primeiro em formalina) e álcool absoluto 100% para banco de dados de biologia molecular. Esse material foi processado no LES/UFSCar, onde as amostras foram triadas sob estereomicroscópio e os indivíduos identificados até o menor nível taxonômico possível, utilizando-se chaves especializadas e consulta à coleção de referência de fauna subterrânea brasileira do mesmo laboratório. Material também foi compartilhado com especialistas de diversos grupos, para determinação precisa de possíveis espécies novas e estudos taxonômicos. O material encontra-se depositado em coleções científicas fiéis depositárias (LES/UFSCar; Instituto Butantan; Museu de Zoologia da USP). Todas as coletas foram conduzidas com autorização SISBIO/ICMBio (número 28992).

4.3.4. Resultados

Características das cavernas e riqueza faunística

Os principais recursos tróficos observados nas cavidades da Serra do Ramalho foram desde grandes volumes de matéria vegetal (troncos, galhos, acúmulos de folhiço), principalmente nas cavernas em declive ou com rios/riachos temporários, devido às enxurradas no período chuvoso. Em algumas cavidades observaram-se depósitos consideráveis de guano, com colônias de morcegos numerosas, ultrapassando centenas de indivíduos (Gruna da Altina), o que tipifica fragilidade e relevância. Cabe também destacar a presença de matéria orgânica particulada depositada no piso argiloso de diversas cavidades, também representando um recurso trófico importante, além de raízes (Figura 4.76). Notamos que apesar de uma grande diversidade de substratos e micro-habitats, há uma dependência de recursos tróficos alóctones, trazidos por rios e/ou enxurradas. Ainda, os morcegos observados em algumas cavernas possuem hábito frugívoro e insetívoro, com poucas colônias de hematófagos. Tais morcegos dependem de um ambiente preservado no entorno das cavidades para a disponibilidade do alimento. Tais fatos demonstram a fragilidade das cavernas da Serra do Ramalho. Mudanças nos regimes de precipitação também representam uma forte ameaça aos ecossistemas subterrâneos na região.



Figura 4.76. Recursos tróficos. a, colônia numerosa de morcegos Phyllostomus hastatus na Gruna da Altina; b, depósito de guano de morcegos na Gruna da Altina; c, Raízes na Gruna do Vandercir; d, troncos levados por enxurradas.



O **Anexo I** traz a listagem geral da fauna subterrânea na região da Serra do Ramalho, Bahia, considerando-se dados de literatura e coletas conduzidas pelo LES/UFSCar. Os troglóbios estão destacados em fonte vermelha. Também são apresentadas as espécies por cavernas.

No total contabilizamos 642 táxons em 40 cavernas (34 amostradas e 6 de dados de literatura). A riqueza de troglóbios chegou a quase 10%, 61 táxons, representando uma riqueza mínima, visto que alguns táxons estão ainda em estudo taxonômico e morfológico, além da confirmação do *status* cavernícola, o que deve aumentar este número.

Dentre os troglóbios, 29 espécies estão formalmente descritas e outras já estão aceitas em trabalhos submetidos, o que deve ampliar esse número. É interessante também notar a cronologia dos trabalhos de descrição das espécies troglóbias, visto que estes tiveram início recentemente (2001), com o pseudoescorpião *Spelaeochernes bahiensis*. Esse é um caso interessante pois apenas ampliamos sua distribuição, visto que a espécie foi descrita originalmente para a Lapa do Bode e Poço Encantado, na Chapada Diamantina, Bahia. O gênero é considerado troglóbio pelo autor da espécie (Mahnert, 2001) e mantivemos esta categoria. Em 2002 outras espécies foram descritas para a Serra do Ramalho (dois aracnídeos) (Baptista & Giupponi, 2002; Pérez-González & Kury, 2002) e, em 2005, o primeiro peixe troglóbio foi descrito (*Rhamdia enfurnada* para a Gruna do Enfurnado) (Bichuette & Trajano, 2005). Após este início houve muitos artigos com várias espécies descritas (Bichuette & Rizzato, 2012). O ápice das descrições foi a partir de 2018 até hoje, com 20 espécies descritas em apenas cinco anos. Esse fato amplia a possibilidade de proteção de cavidades na Serra do Ramalho, pois troglóbios são geralmente frágeis e ameaçados de extinção e espécies descritas são avaliadas nas oficinas de fauna ameaçada de extinção (Tabela 4.3).



Spelaeochernes	*bahiensis*	Mahnert, 2001	Gruna do Cocho, Gruna Vandercir I e II
Charinus	*troglobius*	Baptista & Giupponi, 2002	Gruna do Domingão, Gruna da Água Clara, Lapa dos Peixes, Gruna Pedro Cassiano
Giupponia	*chagasi*	Pérez & Kury, 2002	Gruna da Água Clara, Lapa dos Peixes, Gruna Pedro Cassiano
Rhamdia	*enfurnada*	Bichuette & Trajano, 2005	Gruna do Enfurnado
Spiripockia	*punctata*	Simone, 2012	Lapa dos Peixes
Trichomycterus	*rubbioli*	Bichuette & Rizzato, 2012	Gruna da Água Clara, Lapa dos Peixes
Habeas	*data*	Simone, 2013	Gruna do Cesário
Habeas	*corpus*	Simone, 2013	Gruna Três Cobras, Gruna Serra Solta III, Gruna Cesário
Xangoniscus	*aganju*	Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2014	Gruna do Chico Pernambuco, Gruna do Domingão, Gruna Mandiaçu, Gruna da Água Clara, Gruna Pedro Cassiano, Lapa dos Peixes
Mesodiplatys	*falcifer*	Kamimura, 2018	Lapa dos Peixes
Pectenoniscus	*liliae*	Campos-Filho, Bichuette & Taiti, 2019	Gruna do Chico Pernambuco, Gruna do Enfurnado
Girardia	*spelaea*	Hellmann & Leal-Zanchet, 2020	Lapa dos Peixes
Pectenoniscus	*carinhanhensis*	Cardoso, Bastos-Pereira, Souza & Ferreira, 2020	Gruna da Água Clara
Spiripockia	*umbraticola*	Simone & Salvador, 2021	Gruna do Domingão
Pseudochthonius	*ramalho*	Assis, von Schimonsky & Bichuette, 2021	Grunas Vandercir I e II
Coarazuphium	*bambui*	Pellegrini & Vieira, 2021	Gruna Boca da Lapa
Idiopyrgus	*minor*	Salvador, SIlva & Bichuette, 2022	Gruna do Engrunado, Gruna da Pingueira II
Troglobentosminthurus	*luridus*	Souza, Medeiros & Bellini, 2022	Gruna da Água Clara, Lapa dos Peixes
Phaneromerium	*troglopterygotum*	Golovacth & Gallo, 2022	Gruna da Serra Verde
Spelaeogammarus	*ginae*	Bueno & Penoni, 2022	Gruna da Serra Verde



Xangoniscus	*loboi*	Campos-Filho, Gallão & Bichuette, 2022	Gruna da Pingueira II
Xangoniscus	*lapaensis*	Campos-Filho, Gallo & Bichuette, 2022	Gruna Boca da Lapa
Chaimowiczia	*obybytyra*	Cardoso, Bastos-Pereira & Ferreira, 2022	Gruna da Serra Verde
Pseudochthonius	*lubueno*	Assis, von Schimonsky, Gallão & Bichuette, 2023	Gruna da Altina
Pseudochthonius	*diamachi*	Prado & Ferreira, 2023	Gruna Três Cobras
Pseudochthonius	*koinopoliteia*	Prado & Ferreira, 2023	Gruna da Água Clara, Lapa dos Peixes, Gruna Pedro Cassiano
Pseudochthonius	*pali*	Prado & Ferreira, 2023	Gruna Google
Spelaeometra	*hypogea*	Cordeiro & Moreira, 2023	Gruna do Enfurnado
Gabunillo	*enfurnado*	Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, 2023	Gruna do Enfurnado

Tabela 4.3. Cronologia da descrição dos troglóbios para a região da Serra do Ramalho, Bahia. Muitas espécies foram descobertas e descritas ao longo do projeto.

É interessante notar que ainda há uma grande insuficiência amostral em muitas cavidades e/ou sistemas da região, as quais devem ser consideradas em monitoramentos futuros e, certamente, o número de troglóbios e/ou espécies novas, deverá aumentar.

Algumas imagens dos troglóbios da Serra do Ramalho são mostradas nas Figuras 4.77 e 4.78.



Figura 4.77. Aracnídeos e Isópodes troglóbios da região da Serra do Ramalho, Bahia. a, *Charinus troglobius* (Amblypygi); b, *Giupponia chagasi* (Opiliones); c, Palpigragi; d, *Pseudochthonius ramalho* (Pseudoscorpiones); e, *Xangoniscus loboi* (Isopoda: Styloniscidae); f, *Xangoniscus lapaensis* (Isopoda: Styloniscidae).



Figura 4.78. Outros invertebrados e peixes troglóbios da Serra do Ramalho, Bahia. a, Planária aquática, Turbellaria (Platyhelminthes); b, Gastropoda Pulmonata (Mollusca); c, *Phaneromerium troglopterygotum* (Dilpopoda: Polydesmida); d, bagrinho da família Trichomycteridade, gênero *Trichomycterus*.

Singularidades faunísticas e cavernas prioritárias para conservação

O que define uma singularidade faunística é a presença de espécies raras, relictas e/ou endêmicas, além de exercerem papel chave em comunidades, o que pode categorizar uma caverna, sistema ou mesmo região como um hot spot de fauna subterrânea (Trajano et al., 2016). Considerando-se as espécies de troglóbios da Serra do Ramalho, observamos uma tendência a serem endêmicas de uma caverna ou mesmo sistema, 19 espécies das 29 descritas (vide Tabela 4.3). As cavernas com maior endemismo são, até o momento, a Gruna da Água Clara, Gruna do Enfurnado e Gruna da Serra Verde. Ou seja, estas três cavidades já são potencialmente importantes para inclusão em medidas de proteção. Caso consideremos a ocorrência de táxons relictos ou mesmo gêneros monotípicos (gênero *Giupponia*), espécies com hábitos únicos (anfíbio por exemplo, para os gêneros *Xangoniscus* e *Chaimowiczia*) outras cavidades devem ser elencadas e as supracitadas corroboradas: Gruna da Serra Verde, Gruna da Pingueira II, Gruna da Água Clara, Lapa dos Peixes, Gruna do Pedro Cassiano, Gruna

do Chico Pernambuco, Gruna das Três Cobras, Gruna do Mandiaçu, Gruna Viração, Gruna Boca da Lapa e Lapa do Boqueirão.

Ainda, caso ampliemos para as não descritas, essa singularidade deve ser ampliada/corroborada para: Gruna do Engrunado e Gruna das Três Cobras (ocorrência de família de aranha nuca registrada no Brasil, família Telemidae); Gruna do Engrunado e Gruna do Govi (nova espécie de peixes, gênero *Rhamdiopsis* e nova espécie de coleóptero do gênero *Coarazuphium*); Gruna da Altina e Gruna do Cocho (nova espécie de Isopoda anfíbio e amblipígeo do gênero *Charinus*); Gruna do Anjo (nova espécie de Polydesmida).

Todos os registros supracitados possuem atributos robustos o suficiente para elencarmos como prioritárias para conservação as seguintes cavidades: Gruna da Água Clara, Gruna do Enfurnado, Gruna da Serra Verde, Gruna da Pingueira II, Lapa dos Peixes, Gruna do Pedro Cassiano, Gruna do Chico Pernambuco, Gruna das Três Cobras, Gruna do Mandiaçu, Gruna Viração, Gruna Boca da Lapa, Lapa do Boqueirão, Gruna da Altina, Gruna do Cocho e Gruna do Anjo. Estas cavernas devem então ser consideradas no desenho da Unidade de Conservação, já que a presença de singularidade faunística, a qual denota especificidades na fauna, significa que quaisquer perturbações cujas consequências ultrapassem o ponto crítico de resiliência do sistema implicarão necessariamente em perda de diversidade e, obviamente, desta singularidade e possível extinção.

Ainda, a elevada riqueza de troglófilos também deve ser considerada para fins de proteção, e, dos mais de 600 táxons registrados, pelo menos 400 devem ser troglófilos, com uma grande representatividade dos aracnídeos, insetos e ácaros. Troglófilos são potencias troglóbios, tem papel fundamental nas cadeias tróficas, pois alguns tem grande biomassa, como os grilos; outros são os predadores de topo nos habitats terrestres, regulando populações, ou seja, são relevantes e devem ser considerados em propostas de proteção (Trajano e Bichuette, 2006). Alguns destaques devem ser feitos:

1. Para a Gruna do Enfurnado houve o registro de 171 espécies, e, destas, mais de 40 tratava-se de ácaros de vida livre, riqueza nunca relatada em estudos espeleofaunísticos. No caso dessa cavidade, os métodos de coleta possibilitaram o registro dessa riqueza (extratores do tipo *Winkler*);

2. O registro e a descrição da espécie de díptero da família Mythicomyiidae, *Tamanduamyia bichuetteae*. A espécie, descrita em 2023, representa o segundo registro para o gênero no Brasil e o primeiro em cavernas, tal fato elenca a Gruna da Água Fina como prioritária para conservação;

3. A descoberta de um ácaro relicto com interação ecológica com amblípíegos (*Trichodamon princeps*); foi proposta uma nova família para a espécie de ácaro, denominada como Reginacharlottiidae. Ainda,

as aranhas-marrom do gênero *Loxosceles* representam um grupo especioso na Serra do Ramalho, com pelo menos quatro diferentes espécies: *Loxosceles cardosoi*, *Loxosceles carinhanha* e *Loxosceles karstica*, todas troglófilas; além de uma nova espécie já aceita para publicação do Boqueirão, troglóbia. A Figura 4.79 traz imagens da grande riqueza dos troglófilos na Serra do Ramalho, Bahia.



Figura 4.79. Troglófilos da Serra do Ramalho, Bahia. a, *Loxosceles cardosoi*; b, Aranha da família Ctenidae; c, Aranha da família Scytodidae; d, Aranha da família Pholcidae; e, Opilião do gênero *Eusarcus* (Gonyleptidae); f, Amblypygi *Trichodamon princeps* e ácaro da família Reginacharlotidae; g, Isopoda *Diploexochus exu*; h, Collembola Entomobryomorpha; i, Grilo da família Phalangopsidae; j, Mariposa da família Tineidae; k, Inseto da ordem Psocoptera; l, Chilopoda da ordem Scutigeromorpha.

Em termos de riqueza de espécies, as cavernas mais ricas foram (corte de 50 espécies, independente do desenvolvimento da caverna): Gruna do Enfurnado (171 espécies); Gruna da Altina (108 espécies); Gruna do Bem Bom II (103 espécies); Grunas do Vandercir I e II (sistema, 67 espécies); Gruna do Engrunado (56 espécies). Essa riqueza não deve ser considerada como principal balizador na proposta de proteção, mas deve nortear monitoramentos detalhados e periódicos nas demais cavidades.

Por fim, utilizando diversos critérios e atributos biológicos, sugerimos as seguintes cavidades como prioritárias para proteção (15 das 40 inventariadas): **Gruna da Água Clara, Gruna do Enfurnado, Gruna da Serra Verde, Gruna da Pingueira II, Lapa dos Peixes, Gruna do Pedro Cassiano, Gruna do Chico Pernambuco, Gruna das Três Cobras, Gruna do Mandiaçu, Gruna Viração, Gruna Boca da Lapa, Lapa do Boqueirão, Gruna da Altina, Gruna do Cocho, Gruna da Água Fina e Gruna do Anjo.** Os sistemas que algumas destas cavernas fazem parte também devem ser considerados na proposta de UCs a serem propostas. Ainda, estes dados são os atuais. Certamente o número de espécies troglóbias e troglófilas deve ser maior, visto que há trabalhos em andamento propondo novos táxons 12 espécies novas em descrição pelo LES/UFSCar). Ainda, um projeto deve ser iniciado em 2024 contemplando o monitoramento da fauna no sistema do Morro Furado e no Boqueirão (LES/UFSCar), o que possibilitará o entendimento da dinâmica nessas comunidades únicas.

Como produtos, ao longo dos anos de 2021 e 2023 descrevemos 15 novas espécies, sendo nove (9) troglóbias e cinco (5) troglófilas (vide Anexo II). Quatro manuscritos estão aceitos com descrição de seis novas espécies e 12 espécies estão em preparação para submissão, o que demonstra o grande avanço na descrição da biodiversidade subterrânea da Serra do Ramalho.

05

DELIMITAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO



5. DELIMITAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO

5.1. Critérios para estabelecer as prioridades

Tentar atribuir valores e, principalmente, conseguir compará-los entre as áreas da Serra do Ramalho não é uma tarefa simples ou que pode ser definida através de parâmetros exatos. Cada sítio espeleológico possui seus atributos, e muitos destes, como valor cênico, abarcam elementos subjetivos. Uma alternativa seria avaliar a relevância do conjunto, da Serra do Ramalho como um todo. Por outro lado, entendemos que a setorização cria possibilidade de definir áreas prioritárias, objetivo maior deste projeto, seja pela importância do acervo subterrâneo, fragilidade do patrimônio espeleológico ou grau de conservação versus possibilidade de impactos. Tendo como base essa premissa, foram delineados alguns aspectos considerados importantes para a avaliação de cada área. Alguns elementos, como as medidas espeleométricas e concentração de cavidades, são mensuráveis. Por outro lado, aspectos como beleza cênica, paisagem cárstica, dentre outros, são mais subjetivos e podem admitir variações dependendo da pessoa a analisar. Os principais critérios utilizados durante esta avaliação de quais setores seriam prioritários encontram-se descritos a seguir. Salienta-se que tais critérios foram adotados para o setor como um todo e não separadamente para as cavernas. Além dos critérios listados a seguir, foram analisados também a ocupação humana, uso da terra e impactos ambientais sobre o carste e as cavernas.

1. Número de cavernas conhecidas

Embora seja consenso que em todas as áreas da Serra do Ramalho ainda haja considerável potencial espeleológico, com muitas cavidades a serem descobertas, os números conhecidos até o presente momento podem ser considerados elementos de valorização. Todas as regiões foram alvo de prospecções sistemáticas ao longo dos últimos 31 anos, e esses parâmetros servem para quantificar o patrimônio espeleológico e o tempo envolvido de prospecção. Sendo as cavernas o alvo principal de preservação no âmbito deste projeto, o maior número de sítios espeleológicos serve como parâmetro útil a balizar a importância dos setores. O número de cavernas conhecidas em cada setor encontra-se

listadas na Tabela 3.1. Ressaltamos ainda que o foco das explorações espeleológicas sempre foi as grutas mais extensas. Grutas menores, feições pontuais ou reentrâncias, que seriam consideradas cavidades naturais em estudos para licenciamento ambiental, não foram cadastradas ao longo destes anos de atividades. Uma avaliação neste sentido levaria a números muito superiores aos atuais.

2. ***Soma e média das projeções horizontais das cavernas conhecidas***

Considerando que cada área a ser analisada possui um número diferente de cavernas conhecidas, a soma simples das projeções horizontais resultaria em distorção numérica. Optou-se em avaliar os números absolutos e a média em cada setor. Importante ressaltar que, ao contrário de trabalhos de consultoria espeleológica, a exploração amadora de cavernas em geral não se preocupa em documentar cavidades de pequeno porte. Assim sendo, os números apresentados certamente estão subestimados.

3. ***Número de cavidades com mais e 1 km de projeção horizontal e a posição no ranking das maiores cavernas do Brasil***

Várias estimativas relacionando o número de cavernas x projeção horizontal indicam uma distribuição exponencial. Ou seja, para cada cavidade com mais de 1 km existe e probabilidade de centenas de outras menores. O gráfico da Figura 5.1 representa um cenário mais amplo (no caso o cadastro nacional - CODEX) onde aproximadamente 95,5% das cavidades são menores que 1 km. Para um corte na ordem de 2 km o percentual sobe para 97,7%. Com isso, fica evidente que a existência de cavidades quilométricas é a ponta de uma pirâmide com uma base infinitamente maior. E a Serra do Ramalho não é uma exceção a essa regra.

Se os números registrados atualmente não espelham essa realidade, o motivo maior foram os critérios adotados pelas equipes de exploração, que dedicaram esforços no registro das grutas mais representativas. Salientamos ainda que essa atividade é normal e usual em qualquer lugar do mundo quando tratamos da prospecção em áreas inéditas realizada pelos grupos de espeleologia. Com essa premissa, podemos considerar que o número de cavidades na Serra do Ramalho, baseado no conhecimento atual, seria superior 600 (652 cavidades considerando que as 15 maiores representam 2,3% ou 600 cavidades considerando que as 27 maiores representam 4,5%). A Tabela 2.1 lista as mais extensas cavernas da Serra do Ramalho e a sua posição no ranking das 50 maiores cavernas do Brasil.

Essas grandezas (número de cavidade maiores que 1 e 2 km e a posição no ranking das maiores cavernas do Brasil) podem ser consideradas bons indicativos da importância e relevância de um setor; uma amostra do que existe de mais representativo.

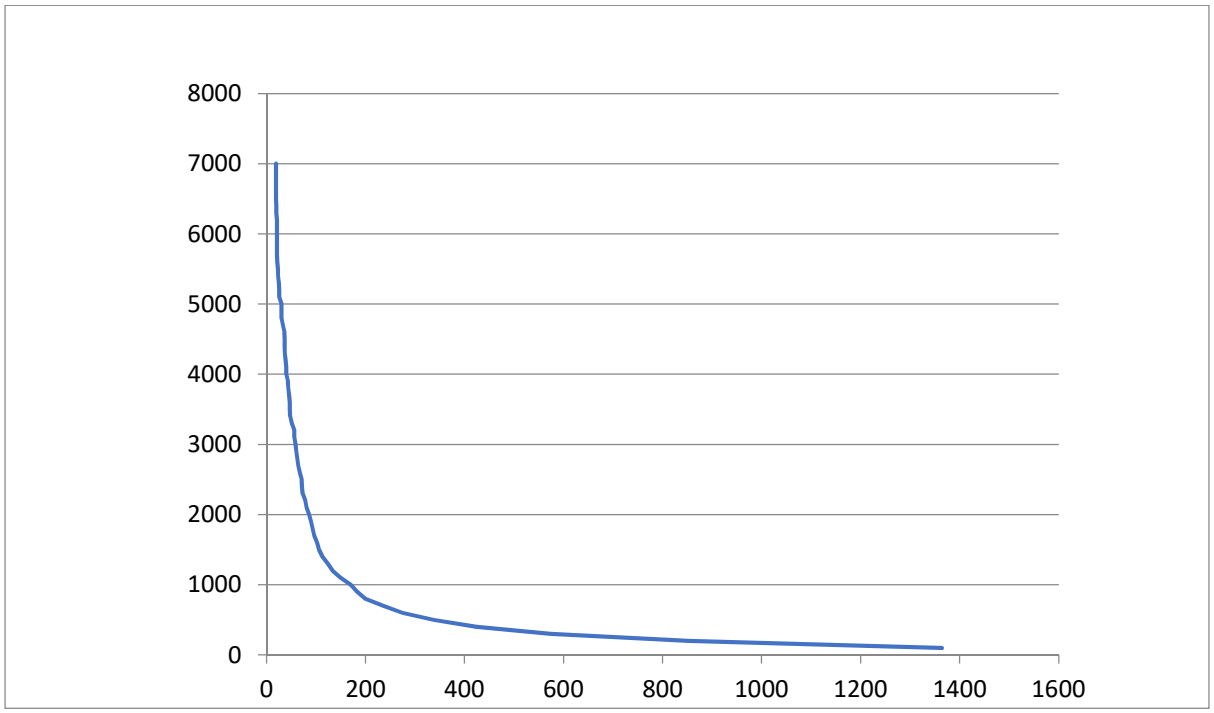


Figura 5.1. Distribuição das CAVERNAS X EXTENSÃO – Fonte: CODEX.

CRITÉRIOS	SERRA DO RAMALHO SUL	AGROVILAS	DESCOBERTO	MORRO FURADO	RAMALHO
Número Cavernas	44	67	31	28	42
Soma PH (metros)	15.635	61.475	10.060	19.891	24.783
Média PH (metros)	355	918	325	709	590
Cavernas > 1000 m	4	9	3	5	6
Cavernas > 2000 m	4	6	1	1	3

Tabela 5.1. Síntese dos resultados espeleométricos dos setores da Serra do Ramalho para fins de priorização de conservação. PH – Projeção Horizontal.

4. Áreas com considerável potencial espeleológico

Extensas áreas de calcário permanecem ainda pouco exploradas na Serra do Ramalho. Normalmente são áreas de difícil acesso, localizadas entre a base dos paredões e os locais mais altos onde existe uma camada de solo que facilita o acesso. Esse critério foi analisado sob o ponto de vista do tamanho das áreas aliado às feições que sugerem um potencial espeleológico como dolinas, afloramentos, sumidouros etc. Áreas com cobertura de solo, plantações etc, embora possam conter cavidades pontuais foram consideradas com baixo potencial.



5. Beleza cênica e feições notáveis

As grutas da Serra do Ramalho são relativamente pouco ornamentadas em termos de espeleotemas. Contudo, existem exceções que se destacam pela raridade ou dimensão das formações. Além disso, várias cavidades apresentam uma morfologia notável sob o ponto de vista do volume das galerias e salões e até mesmo aspectos marcantes como seu padrão morfológico. A análise deste critério é muito subjetiva e se baseia na experiência dos autores, conhecimento do patrimônio espeleológico da Serra do Ramalho e do Brasil.

6. Paisagem cárstica

A Serra do Ramalho tem uma paisagem cárstica que pode ser considerada uma das mais espetaculares do Brasil. Destaca-se neste contexto os extensos campos de lapiás com suas formações e vegetação típicas. Também são encontrados cânions, paredões e dolinas notáveis. A análise deste critério é muito subjetiva e se baseia na experiência dos autores, conhecimento do patrimônio espeleológico da Serra do Ramalho e do Brasil.

7. Biologia subterrânea

Os atributos relacionados à biologia subterrânea foram avaliados e encontram-se descritos no Capítulo 4 (Diagnóstico Espeleológico). Ao contrário de alguns dos atributos listados anteriormente, que podem ser avaliados através de mapas topográficos das cavernas, técnicas de georeferenciamento ou mesmo, no caso de atributos subjetivos (como beleza cênica), através da experiência pessoal dos espeleólogos que lá estiveram, os atributos científicos prescindem de uma análise mais detalhada. Seria logisticamente impossível investigar em escala de detalhe as 212 cavernas identificadas até o momento na Serra do Ramalho. Isto demandaria um esforço em termos de tempo e material humano muito além dos prazos e recursos financeiros deste projeto. Desta forma, a avaliação bioespeleológica, fruto de coletas e descrições, foi realizada em cavernas selecionadas para este fim. Destacam-se a riqueza elevada de troglóbios e troglófilos, além de localidades que representam excelentes modelos para estudos ecológicos e de longo prazo no entendimento de dinâmicas e fragilidades. Ainda, a ocorrência de táxons relictos e uma grande diversidade de Isopoda anfíbios demonstram que a região é um ponto biogeográfico único. Assim, foi realizado o ranqueamento dos pontos de destaque de acordo com essas ocorrências/distribuições.

8. Paleontologia

Assim como no caso da bioespeleologia, os atributos relacionados à paleontologia foram avaliados e encontram-se descritos no Capítulo 4 (Diagnóstico Espeleológico). Ao contrário dos atributos listados

nos itens 1 a 3, que podem ser avaliados através de mapas topográficos das cavernas, técnicas de georeferenciamento ou mesmo, no caso de atributos subjetivos (como beleza cênica), através da experiência pessoal dos espeleólogos que lá estiveram, os atributos científicos prescindem de uma análise mais detalhada. Seria logisticamente impossível investigar em escala de detalhe as 212 cavernas identificadas até o momento na Serra do Ramalho. Isto demandaria um esforço em termos de tempo e material humano muito além dos prazos e recursos financeiros deste projeto. Desta forma, a avaliação paleontológica, fruto de inspeção visual e identificação *in loco* ou através de fotografias, foi realizada em um número menor de cavernas selecionadas. A maioria das cavernas visitadas apresenta potencial paleontológico, visto a expressiva quantidade de sedimentos alóctones preservada em seu interior. Em um número mais restrito de cavidades foram encontrados jazigos fossilíferos de animais extintos. Assim, foi realizado o ranqueamento dos pontos de destaque de acordo com estas ocorrências/distribuições.

9. Geoespeleologia

Assim como no caso da bioespeleologia e da paleontologia, os atributos relacionados à aspectos geológicos foram avaliados e encontram-se descritos no Capítulo 4 (Diagnóstico Espeleológico). Ao contrário dos atributos listados nos itens 1 a 3, que podem ser avaliados através de mapas topográficos das cavernas, técnicas de georeferenciamento ou mesmo, no caso de atributos subjetivos (como beleza cênica), através da experiência pessoal dos espeleólogos que lá estiveram, os atributos científicos prescindem de uma análise mais detalhada. Seria logisticamente impossível investigar em escala de detalhe as 212 cavernas identificadas até o momento na Serra do Ramalho. Isto demandaria um esforço em termos de tempo e material humano muito além dos prazos e recursos financeiros deste projeto. Desta forma, a avaliação geoespeleológica, fruto de inspeção visual e identificação *in loco* ou através de fotografias, foi realizada em um número menor de cavernas selecionadas. As cavernas da Serra do Ramalho apresentam muitos atributos de destaque do ponto de vista geológico. São, no entanto, mais importantes do ponto de vista diagnóstico, para fins de diferenciação de setores do que para conferir importância relativa aos mesmos. O ranqueamento quanto a atributos geoespeleológicos e seus pontos de destaque foram realizados de acordo com suas ocorrências e distribuições.

5.2. Ranqueamento dos setores da Serra do Ramalho

Os setores descritos a seguir encontram-se listados em ordem decrescente de prioridade, ou seja, o setor apresentado em primeiro lugar é aquele que apresenta o maior número de atributos relevantes e, portanto, deve ser priorizado em caso de criação de futuras Unidades de Conservação (UC).



Setor das Agrovilas

A porção central da face leste da Serra do Ramalho é, sem dúvida, o trecho onde o relevo cárstico se manifesta em sua forma mais exuberante. Nele estão as maiores cavernas da região, inseridas em uma paisagem notável com cânions profundos e campos de lapiás que se estendem por quilômetros. Assim como na região sul, os afloramentos apresentam grandes reentrâncias que coincidem com os principais sistemas subterrâneos. São vales bem planos que começam largos e vão afunilando a montante. Muitos locais chegam a formar cânions profundos e com paredes verticalizadas como os que acessam o Boqueirão e o Sistema da Baiana. Embora secos durante a maior parte do ano, na época das chuvas esses leitos rochosos captam grandes volumes de água que são conduzidos diretamente para as cavernas. Cavidades como a Água Clara e Peixes são completamente inundadas, modificando sobremaneira a paisagem.

Os afloramentos, que se destacam desde o setor sul, seguem de forma contínua delimitando todo o flanco leste da Serra do Ramalho. São 210 km de paredões, sem intervalos, formando uma das maiores sequências deste tipo no Brasil. A característica mais marcante destes afloramentos é que, em muitos locais, não existe uma quebra abrupta na paisagem entre os afloramentos e a planície sedimentar. Os campos de lapiás descem até a planície com inclinação suave

O patrimônio espeleológico deste setor é incomparável no contexto da Serra do Ramalho e, sem dúvida, o mais importante dentre os setores selecionados. Cavidades como o Boqueirão, Água Clara, Figueira e Chico Pernambuco possuem relevância nacional, seja pela sua projeção horizontal, beleza cênica ou volume das galerias. Além de abrigar as três maiores cavidades da Serra do Ramalho, alguns locais isolados podem representar exemplos raros e notáveis do mundo subterrâneo. Um exemplo disso a galeria inicial da Gruna da Figueira que atinge a notável marca de 110 m de altura. Sem dúvida um dos maiores pórticos do Brasil descoberto e documentado há pouco mais de 10 anos. Os travertinos da Gruna do Chico Pernambuco podem ser considerados espetaculares; seja pela pureza das concreções que são muito brancas, ou pelo contraste das águas azuladas que inunda as represas naturais ou ainda pelos peixes troglóbios que se esforçam para vencer a correnteza.

Além de ser a maior gruta da Serra do Ramalho e 7ª maior no ranking brasileiro, o Boqueirão é uma gruta relevante em vários aspectos. Sob o ponto de vista morfológico, é um desafio à compreensão, apresentando galerias em diversos níveis que se cruzam formando um complexo tridimensional de galerias amplas. Várias drenagens com características específicas (perenes ou temporárias, que tem a cavidade como sumidouro ou totalmente subterrâneas) atuam neste contexto que alterna passagens volumosas com longas galerias de teto baixo. Apesar de bem explorada, ainda existe possibilidade de prosseguimentos.



O sistema Água Clara – Peixes é também notável sob diversos aspectos. O primeiro deles é a sua extensão. São quase 20 km sendo 75% disso percorrido no interior das cavernas. Outro aspecto interessante é a drenagem superficial que invade parte das galerias da Água Clara (e depois drena a Lapa dos Peixes ressurgindo na Gruna do Peixes). Durante as chuvas as vazões são enormes e grandes quantidades de matéria orgânica é carreada para dentro das cavernas. Troncos de árvores com mais de 10 m de comprimento e toneladas de peso foram transportados pela enorme força das águas. O potencial para novas descobertas ainda é muito grande, destacando-se as galerias laterais da Lapa dos Peixes e o sifão inexplorado entre esta última e a ressurgência na Gruna dos Peixes, situada a 4 km de distância em linha reta. Além disso, existem várias cavidades que possivelmente serão conectadas ao sistema proporcionando um aumento significativo em suas dimensões.

A região situada entre a base dos paredões e o platô do maciço é marcada por um relevo complexo e de difícil acesso. Nas imagens do *Google* são observadas feições promissoras como vales, sumidouros e dolinas. Mas a vegetação fechada e espinhenta, em conjunto com um terreno que intercala trechos com afloramentos, dificulta as prospecções. Com certeza ainda existe um número grande de cavidades desconhecidas e, até mesmo sistemas novos podem fazer parte das futuras descobertas.

A ocupação urbana se concentra na área plana da bacia do Rio São Francisco que neste local chega a mais de 40 km de largura. São vários povoados pequenos, distribuídos de forma dispersa e pertencentes ao município de Carinhanha. O aglomerado urbano que tem maior envolvimento e proximidade com as cavernas é a Agrovila 23. O restante da região é ocupado por propriedades rurais dedicadas à agricultura de pecuária. Nestes últimos 30 anos é observado que os pequenos proprietários têm sido substituídos por latifundiários que estão incorporando várias propriedades e transformando a região em um polo voltado preferencialmente à pecuária. Aparentemente, as novas gerações não estão permanecendo nas terras pertencentes aos seus pais e avós. Atualmente é comum encontrar casas abandonadas e estradas tomadas pelo mato. O patrimônio espeleológico encontra-se bem preservado e são poucos os locais onde é possível encontrar marcas deixadas por visitantes. Não existem ameaças iminentes de mineradoras embora existam relatos de prospecções geológicas focadas em minerais terras raras. O desmatamento continua sendo um problema, é comum encontrar carvoarias que atuam de forma clandestina e predatória.

Pontos de destaque

1. Abriga as três maiores cavernas da Serra do Ramalho: Boqueirão, Água Clara e Lapa dos Peixes.
2. Extensos campos de lapiás que formam uma paisagem única.
3. Riqueza arqueológica e paleontológica.



4. Boqueirão pela complexidade morfológica e amplitude das galerias.
5. Gruna da Água Clara e Lapa dos Peixes pela extensão do sistema.
6. Sequência de travertinos da Gruna do Chico Pernambuco.
7. Galeria inicial da Gruna da Figueira que atinge 110 m de altura.
8. Riqueza de troglóbios e altas taxas de endemismos (Água Clara, Lapa dos Peixes, Chico Pernambuco, Pedro Cassiano).
9. Importantes sítios paleontológicos na Lapa dos Peixes e na Gruna do Pedro Cassiano II.
10. Complexidade hidrogeológica e ressurgência temporária da Gruna dos Peixes.
11. Complexa espeleogênese do Boqueirão.
12. Potencial para estudos paleoambientais e sobre evolução do relevo cárstico nos níveis superiores do Boqueirão.

Setor Serra do Ramalho Sul

O setor Serra do Ramalho Sul é um dos locais onde as feições cársticas se manifestam de forma mais expressiva e exuberante. Os paredões chegam a dezenas de metros de altura e quilômetros de extensão. Com bordas bastante recortadas, o maciço apresenta várias reentrâncias, criando vales largos, planos que normalmente são utilizados como áreas agrícolas. Os campos de lapiás são encontrados muito além da borda dos maciços, criando uma paisagem inusitada e ao mesmo tempo de difícil acesso. Várias torres e depressões marcam essas feições que são intercaladas com trechos de mata. Diferentemente da vegetação nas áreas mais altas (caracterizada por um cerrado mais baixo e espaçado) esses locais chegam a abrigar florestas bem fechadas que ainda conservam espécimes de grande porte.

As ressurgências, representadas aqui pelo seu expoente mais notável, a Boca da Lapa, por si só já seriam suficientes para justificar a criação de uma UC. Além disso, grande parte da população tem algum tipo de dependência dos sistemas hídricos subterrâneos. Seja para a irrigação, para consumo ou até mesmo lazer. O rio que ressurge na Boca da Lapa é a principal drenagem da região e percorre um longo e sinuoso trajeto antes de encontrar o Rio São Francisco. Ao longo desse caminho ficam as terras mais produtivas que, ao contrário da maior parte dos locais áridos do sertão baiano, contam com água abundante durante todo ano. Existem ainda algumas cavidades que servem de ponto de coleta de água. Até bem pouco tempo existiam várias bombas no interior da Gruna do Govi e na Gruna do Engrunado que abasteciam a comunidade e mesmo nome.

Com relação ao patrimônio espeleológico, quatro cavidades se destacam sob o ponto de vista morfológico: Boca da Lapa, Gruna do Boca, Engrunado e Baixão da Canoa. As duas primeiras fazem parte do sistema hidrológico principal que ressurge próximo ao povoado do Ramalho. O início da



drenagem perene pode ser observado inicialmente dentro da Gruna do Boca e depois ao longo de todos os 3 km da Boca da Lapa. Esses locais nunca foram visitados na época das chuvas, mas acreditamos que a vazão deve aumentar consideravelmente nesta época. Ambas as cavidades são amplas destacando-se a galeria da Boca da Lapa que permanece praticamente com dimensões constantes ao longo de quase 3 km e os salões e galerias finais da Gruna do Boca que chegam a mais de 40 m de altura. A Gruna do Engrunado é uma cavidade seca na maior parte do ano, sendo parcialmente inundada periodicamente. Provavelmente essa drenagem temporária é a mesma que pode ser observada no interior da Gruna do Govi e deve ser um tributário do sistema principal da Boca da Lapa. O mesmo se dá também para a Gruna do Baixão da Canoa que possui nas galerias inferiores uma drenagem ativa. A posição geográfica de ambas, sugere uma ligação hidrológica, mas sem comprovação efetiva.

A região como um todo encontra-se bem preservada, em especial as cavidades que são pouco visitadas pela comunidade local. Tampouco se localizam em áreas de risco sob o ponto de vista de mineradoras ou ocupação urbana. As poucas cavidades com visitação regular são usadas para recreação (entrada da Boca da Lapa) ou para captação de água. Neste caso é possível encontrar restos de lixo e algumas pichações. A Gruna do Govi, por exemplo, apresenta bombas de captação de água instaladas no seu interior. Muitas funcionavam com motores a diesel comprometendo (e muito) o ambiente da cavidade. Atualmente, boa parte destas bombas foram retiradas e os vestígios dos impactos já se encontram bastante recuperados. Além disso, os locais visitados não têm grandes atrativos ou aspectos frágeis que podem ser comprometidos. A ocupação urbana se concentra na área baixa marcada pela planície do Rio São Francisco sendo o Povoado de Ramalho (município de Feira da Mata) o maior aglomerado. Estando o povoado situado a jusante dos principais sistemas espeleológicos, não causa impactos sobre as cavernas. Ressalva seja feita ao desmatamento que ainda continua sendo feito de forma clandestina e, muitas vezes ilegal.

Pontos de destaque

1. Ressurgência da Boca da Lapa.
2. Espeleotemas raros na Gruna do Engrunado.
3. Abismo da Boa Esperança com 70 m verticais livre – o maior da Serra do Ramalho.
4. Travertinos e escorrimentos de calcita da Gruna do Baixão da Canoa.
5. Paisagem cárstica, em especial os paredões que acompanham o Rio do Ramalho.
6. Riqueza de troglóbios e altas taxas de endemismos, além de táxons relictos (Engrunado, Govi, Pingueira, Boca da Lapa).
7. Vestígios paleontológicos de preguiça terrícola na Boca da Lapa.



8. Importante sistema hidrogeológico ainda largamente desconhecido.

Setor Morro Furado

O Setor Morro Furado engloba as áreas ao norte e noroeste da Serra do Ramalho. A borda oeste é marcada por afloramentos bem definidos com escarpamentos verticalizados que chegam a dezenas de metros de altura. Ao contrário da porção leste que possui amplas reentrâncias no traçado dos maciços, esse lado é mais retilíneo. Até mesmo ressurgências notáveis, como a Mamona, não formam cânions extensos marcando a paisagem. Esta ressurgência se equipara em vazão e importância com a Boca da Lapa, situada 37 km ao sul, estando entre as poucas ressurgências que mantém uma drenagem ativa durante a maior parte do ano.

O principal sistema espeleológico do setor é o Morro Furado, formado por diversas cavidades notáveis e pelo menos duas drenagens ativas. O sistema se destaca pela complexidade morfológica, em especial na Gruna do Enfurnado. Além disso, cavidades como a Gruna do Anjo se destacam pela beleza das formações e volume das galerias muito além das fronteiras da Serra do Ramalho. Sua entrada atinge 73 m de altura sendo um dos maiores pórticos do Brasil. O salão principal possui estalagmites notáveis que chegam a mais de 20 m de altura e são ornadas com formações tipo “pétalas” na base. O conjunto todo é surpreendente e encontra poucos paralelos na região. Outra feição que pode ser considerada no mínimo curiosa é a claraboia que se formou na Gruna do Boqueirão do Riacho de Fora. Segundo testemunhas, em dezembro de 1999 um grande estrondo rompeu o silêncio de uma noite chuvosa. No dia seguinte os moradores se depararam com uma nova dolina que desabou o teto do salão de uma cavidade, até então desconhecida. Dois anos mais tarde, ao topografar o Riacho de Fora a equipe se deparou com essa abertura, onde as marcas de um abatimento recente ainda eram visíveis. Uma rara oportunidade de “ver” a evolução da paisagem.

A região toda possui inúmeros vestígios da ocupação das populações pré-históricas. Painéis rupestres são encontrados na entrada de várias cavidades, destacando as pinturas antropomórficas, zoomórficas e geométricas. Mesmo assim, as pesquisas nesta área têm sido feitas de forma pontual e isolada

A ocupação urbana nesta região é difusa e dispersa e os principais núcleos urbanos são Monte Alegre e Mozondó. A maior parte da região é ocupada por propriedades rurais dedicadas à agricultura e à pecuária. Mesmo assim existem grandes áreas sem vestígios de ocupação ou marcas de abandono como casas em ruínas ou estradas sem manutenção.



Pontos de destaque

1. Ressurgência da Gruna da Mamona, uma das mais importantes da Serra do Ramalho que, juntamente com a Boca da Lapa, destaca-se por ser uma drenagem ativa durante a maior parte do ano.
2. Dolina e entrada da Gruna do Anjo com 73 m de altura.
3. Conjunto de espeleotemas na Gruna do Anjo, destacando-se as estalagmites que chegam a mais de 20 m de altura.
4. Gruta do Enfurnado, a 4ª maior da Serra do Ramalho com 8.400 m de projeção horizontal e galerias que chegam a 40 m de largura e 20 m de altura.
5. Riqueza de troglóbios, alta taxa de endemismos, táxons relictos e população única de peixes troglóbios (Enfurnado).
6. O Cânion do Morro Furado e seu conjunto cárstico.
7. Potencial para estudos paleoambientais e sobre evolução do relevo cárstico nos níveis superiores da Gruna do Enfurnado.
8. Potencial para estudos sobre abatimentos recentes de cavernas, na dolina da Gruna do Boqueirão do Riacho de Fora.
9. Complexo sistema hidrogeológico com algumas conexões ainda pouco claras.
10. Riqueza arqueológica.

Setor Ramalho

O Setor Ramalho representa a zona situada no limite norte da Serra do Ramalho. Os afloramentos nesta região se apresentam na forma de maciços isolados e paredões descontínuos que, na maioria dos casos, não formam escarpamentos verticalizados. Os afloramentos ganham altitude a partir da bacia sedimentar do Rio São Francisco de forma gradual e pouco inclinada. As cavidades mais importantes estão associadas a ressurgências temporárias que nem sempre estão situadas na base dos afloramentos. Os melhores exemplos estão no sistema Serra Solta formado por duas cavidades que, apesar de próximas, são drenadas por riachos independentes. Ambas são formadas por galerias longas e curvilíneas. Na parte alta do maciço também existem importantes sistemas relacionados a drenagens temporárias de pequena vazão. Embora superficiais, são longas e têm a particularidade de não ter uma relação direta com as ressurgências que ocorrem na base dos afloramentos. O Sistema Bem-Bom e a Gruna da Vila Nova são os exemplos mais relevantes inserido nestas feições

Os maciços isolados são numerosos, ocupam uma extensa área da planície Sanfranciscana e normalmente estão situados próximos à serra principal. Podem ter poucas centenas de metros até mais de 3 km de comprimento e são pouco conhecidos sob o ponto de vista espeleológico (acredita-



se que ainda existe um grande potencial nestes morrotes). As cavidades labirínticas predominam neste contexto, destacando-se a Gruna das Três Cobras. Além de ser a maior cavidade deste setor, com 5.620 m de projeção horizontal, ainda possui uma grande importância associada aos depósitos fossilíferos.

Áreas enormes são pouco acessíveis, especialmente na parte alta deste setor, onde existem poucas estradas ou mesmo ocupação humana. Provavelmente ainda existe um patrimônio considerável a ser revelado.

A região concentra a ocupação urbana nas áreas mais baixas e planas das margens do Rio São Francisco que atingem mais de 30 km de largura. Nesta estão inseridas várias agrovilas tendo a Agrovila 9 sido emancipada e transformada na sede do município de Serra do Ramalho.

Pontos de destaque

1. Os labirintos da Gruna das Três Cobras e os depósitos fossilíferos e vestígios arqueológicos.
2. O Sistema da Serra Solta (Serra Solta II e III)
3. Riqueza de troglóbios, alta taxa de endemismos, táxons relictos e distribuição única de Isopoda anfíbios troglóbios (Serra Solta II e III, Água Fina, Três Cobras, Vandercir, Altina, Cocho, Mandiaçu, Vila Nova).
4. Maciços calcários isolados de interesse geomorfológico para compreensão da evolução do relevo cárstico.

Setor Descoberto

O Setor Descoberto é o único que está situado predominantemente nas áreas altas na Serra do Ramalho. O seu limite oriental é definido pela divisor de água da vertente leste e oeste e engloba uma região com características bem próprias. A primeira delas é que a maioria das cavidades tem a entrada associada a feições como dolinas ou sumidouros. Nos setores Serra do Ramalho Sul, Agrovilas e Serra do Ramalho essa prerrogativa ficava por conta das ressurgências que marcavam o acesso na maioria e mais importantes cavidades. Outra particularidade é que o relevo é formado em sua maior área por trechos cobertos por rochas impermeáveis ou camadas de solo. São poucos os afloramentos e, quando ocorrem são formados por maciços isolados ou trechos nas bordas das dolinas e vales.

Por outro lado, esse é o setor mais preocupante com relação aos impactos aos quais as cavidades vêm sendo submetidas. O exemplo mais notável fica na área urbana do maior aglomerado da região, o povoado de Descoberto, município de Coribe. O local é carente de infraestrutura urbana como coleta de lixo e tratamento de esgoto. Até mesmo o abastecimento de água sofre restrições frequentes na maioria das casas. Com isso, grande parte do lixo é descartado de forma incorreta e acaba sendo



carreado para o sumidouro do sistema Lagoa do Meio que está situado muito próximo à área urbana. A primeira cavidade do sistema (Gruna de Descoberto) represa boa parte deste material dentro dos travertinos que formam um grande sifão na drenagem perene. Acreditamos que, além da poluição e suas consequências, até mesmo o acúmulo de CO_2 que ocorre nas galerias mais baixas da principal gruta da região (Gruna do Lagoa do Meio) pode ser fruto da decomposição dos contaminantes. Mesmo que essa área esteja sendo indicada como a menos prioritária para a implantação de uma unidade de conservação, seria urgente a implantação de sistema de coleta de lixo e tratamento de esgoto, em especial no povoado de Descoberto. Atividades estas que deveriam ser acompanhadas por campanhas de educação ambiental, sobretudo para uma população que vive, literalmente, por sobre as cavernas.

Destaca-se no contexto espeleológico a Gruna da Lagoa do Meio. Atualmente com 4.740 m de projeção horizontal, é a sexta maior caverna da Serra do Ramalho. A cavidade é representada por uma série de drenagens que percorrem trajetos nem sempre muito evidentes, alimentando a drenagem principal que permanece ainda parcialmente explorada devido ao excesso de CO_2. A região possui ainda várias cavidades secas, destacando a Gruna do Ventilador e a Serra Verde.

Pontos de destaque

1. Sistema Lagoa do Meio marcado por diversas drenagens a galerias amplas que chegam a mais de 30 m de altura.
2. Salão do Ar Invertido na Gruna da Lagoa do Meio com 14.700 m^2.
3. Riqueza de troglóbios, alta taxa de endemismos, táxons relictos (Serra Verde).
4. Complexo sistema hidrogeológico, com níveis de drenagem que se cruzam sem se comunicarem e conexões hídricas entre sumidouro e ressurgência ainda não estabelecidas.
5. Complexa espeleogênese da Gruna da Lagoa do Meio.
6. Potencial para estudos paleoambientais e sobre evolução do relevo cárstico nos níveis superiores da Gruna da Lagoa do Meio.

A seguir apresenta-se um quadro resumo (Tabela 5.2) dos setores da Serra do Ramalho em ordem de importância com relação a definição de áreas prioritárias para a conservação do patrimônio espeleológico.



	Setor	Pontos de Destaque
1	Agrovilas	Boqueirão, Água Clara, Lapa dos Peixes, Gruna dos Peixes, Chico Pernambuco, Figueira, Pedro Cassiano, Campos de lapiás, Arqueologia, Riqueza de troglóbios, Espeleogênese, Paleambientes, Sistema hidrogeológico
2	Serra do Ramalho Sul	Boca da Lapa, Engrunado, Abismo Boa Esperança, Baixão da Canoa, Feições cársticas, Riqueza de troglóbios, Sistema hidrogeológico, Campos de lapiás
3	Morro Furado	Cânion do Morro Furado e suas cavernas, Gruna do Anjo e Gruna do Enfurnado, Riqueza de troglóbios, Sistema hidrogeológico, Espeleogênese, Paleoambientes
4	Ramalho	Gruna Três Cobras, Serra Solta I e II, Riqueza de troglóbios, Maciços isolados, Evolução cárstica, Campos de lapiás
5	Descoberto	Gruna Lagoa do Meio, Riqueza de troglóbios, Sistema hidrogeológico, Espeleogênese, Paleoambientes

Tabela 5.2. Ranqueamento dos setores da Serra do Ramalho e síntese de alguns dos atributos mais significativos.

06

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este documento representa a síntese não só do projeto ““Delimitação de Áreas Prioritárias para Conservação do Patrimônio Espeleológico na Serra do Ramalho, Bahia” como também caracteriza, pela primeira vez, a reunião de um vasto acervo de dados referentes a três décadas de pesquisas na Serra do Ramalho por parte do Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas. O projeto foi financiado pelo Termo de Compromisso de Compensação Espeleológica (TCCE) No. 1/2018 celebrado entre a empresa Vale S.A. e o Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio), referente à compensação devido a impactos irreversíveis em cavidades naturais subterrâneas. O objetivo principal do projeto foi elencar áreas que devem ser priorizadas quando da futura criação de Unidades de Conservação, visto ser impossível, notadamente devido à ocupação humana, preservar a totalidade da Serra do Ramalho.

Antes da consecução deste projeto as informações sobre as cavernas da Serra do Ramalho encontravam-se dispersas em publicações que, embora estejam em sua maior parte disponíveis na internet, eram de difícil localização ou não estavam devidamente organizadas. Boa parte do material publicado encontra-se na revista espeleológica editada no passado pelo Grupo Bambuí, “O Carste”. Um montante ainda maior de informações eram ainda inéditas, restritas à mapoteca do Grupo Bambuí (no caso dos mapas das cavernas), em cadernos de campo de participantes das expedições e também, vale lembrar, na memória de alguns participantes das expedições. Assim sendo, o trabalho básico, inicial, sobre o qual se debruçou o projeto, foi reunir este acervo e organiza-lo, habilitando pela primeira vez a consolidação de um acervo integrado que permita uma análise em conjunto de todas as informações e possa auxiliar na construção do estado da arte do conhecimento sobre a Serra do Ramalho.

A Serra do Ramalho faz parte das amplas ocorrências de relevos cársticos desenvolvidas em rochas do Grupo Bambuí. Encontra-se próxima às regiões que já foram alvo de trabalhos há mais tempo ou são mais bem conhecidas, como o Vale do Peruaçu (MG), região de Montalvânia (MG) ou a região no entorno da Gruta do Padre, em Santana/Santa Maria da Vitória (BA). Dentre todas estas áreas a Serra do Ramalho é, talvez, a região que apresenta a mais ampla e contínua exposição de rochas calcárias, já que as demais áreas são segmentadas por drenagens importantes (região da Gruta do Padre e Montalvânia), limitadas a escarpas relativamente estreitas embora contínuas (Vale do Peruaçu) ou são restritas em termos de afloramentos (região do Iuiú, BA). A Serra do Ramalho é um platô carstico com cerca de 2.800 km^2 que possui uma importante variedade morfológica em relação ao modelado



carstico, incluindo as cavernas. Alguns dos sítios espeleológicos lá presentes, como o Sistema Água Clara, o Boqueirão, as cavernas do Cânion do Morro Furado, dentre várias outras, podem ser classificadas entre as mais representativas do Brasil. Algumas destas cavidades, como a Gruna da Água Clara, representam *hotspots* de biodiversidade subterrânea e, como um todo, a região não cessa de nos revelar dezenas de novas espécies troglóbias, algumas das quais restritas a cavernas ou áreas específicas da Serra do Ramalho. O potencial paleontológico das cavernas apenas começa a ser revelado e, durante o projeto, mostrou que há vários sítios ainda por estudar. O mesmo se pode dizer sobre a arqueologia. Embora não tenha sido alvo do projeto, sítios arqueológicos são abundantes na Serra do Ramalho e foram poucos os estudos, até o momento, voltados especificamente para a ocupação humana pré-histórica e colonial. Por fim, devido à sua extensão e número de cavernas, a Serra do Ramalho apresenta potencial para se converter em um importante laboratório para estudos de geomorfologia cárstica e espeleogênese. O controle por distintos níveis de base e horizontes litológicos ali se faz presente, conferindo singularidades a muitos dos sistemas cársticos. Em termos mundiais, pode-se afirmar que os extensos e espetaculares campos de lapiás se inserem entre os mais importantes do mundo e são merecedores de estudos e divulgação compatíveis com sua importância.

Ao final de um exaustivo trabalho de organização de dados, apoiado por uma série de viagens a campo, foi possível reunir um acervo de 212 cavernas com informações básicas devidamente aferidas. O estudo em maior nível de detalhe destas mais de duas centenas de cavernas permitiu, pela primeira vez, a delimitação de padrões espeleogenéticos, sua relação com as unidades geológicas e bacias de drenagem e também como se relacionam com o relevo carstico no qual se encontram inseridas. Desta forma tornou-se possível o reconhecimento de compartimentos específicos, dentro dos quais as feições cársticas superficiais e subterrâneas apresentam similaridades e controles (hidrológicos, geológicos) em comum e que sejam, também, suficientemente distintas de outros compartimentos da Serra do Ramalho de modo a justificar uma individualização.

Foram definidos cinco setores espeleológicos para a Serra do Ramalho. Os critérios utilizados, em escala macro, foram:

- ✓ Estarem totalmente inseridos em uma das duas bacias, ou seja, dos rios Carinhanha e São Francisco, do lado leste da Serra, e a do Rio Formoso/Corrente, englobando as drenagens de oeste e norte.
- ✓ Haver predominância de associação com alguma feição cárstica, como ressurgências, sumidouros, dolinas etc.
- ✓ As características do exocarste: paredões bem-marcados, cânions, afloramentos isolados, etc.



- ✓ Existência de ocupação humana (apesar deste tema não ter sido foco do presente estudo) marcada por povoados, cidades, aglomerações, áreas rurais, etc.

Desta forma chegou-se à delimitação de cinco setores distintos. O Setor Serra do Ramalho Sul apresenta cavidades associadas à ressurgências e sumidouros, pertencendo à Bacia do Rio Carinhanha. Suas principais cavernas são a Boca da Lapa, Gruna do Boca e a Gruna do Engrunado. Um total de 44 cavernas foi investigado neste setor, somando cerca de 15,6 km de galerias mapeadas. O Setor das Agrovilas possui cavidades associadas à ressurgências. Este setor apresenta extensões paredões calcários e importantes campos de lapiás. Um total de 67 cavernas foi estudado, somando 61,5 km de galerias topografadas. Trata-se do setor com maior extensão de cavernas conhecidas. As principais cavidades são o Boqueirão (mais extensa caverna conhecida da Serra do Ramalho), Gruna da Água Clara e Gruna dos Peixes. O Setor Descoberto pertence à bacia do Rio Corrente. A região situa-se na parte alta da Serra do Ramalho, coberta majoritariamente por litologias não calcárias e apresenta muitas dolinas e sumidouros, sendo relativamente raros os afloramentos calcários. Um total de 31 cavernas foi registrado, somando 10,1 km de galerias mapeadas. A principal cavidade deste setor é a Gruna da Lagoa do Meio. O Setor Morro Furado apresenta 28 cavernas conhecidas em um total de 19,9 km de galerias topografadas. Este setor pertence à bacia hidrográfica do Rio Corrente, apresentando belo modelado cárstico, com cânions, dolinas e paredões bem marcados, altos e abruptos. As principais cavernas são a Gruna do Enfurnado, Gruna do Anjo e Gruna Boqueirão do Riacho de fora. Por fim, o Setor Ramalho possui 42 cavernas registradas em um total de 24,8 km de galerias mapeadas. Este setor drena para o Rio São Francisco estando as cavernas principalmente associadas à ressurgências. Ocorrem também maciços isolados. As cavernas mais importantes são a Gruna das Três Cobras e grunas Serra Solta I e II.

Simultaneamente à delimitação dos setores, foram realizados estudos mais aprofundados nos temas de geoespeleologia, bioespeleologia e paleontologia. A estes foi adicionado levantamento fotográfico, incluindo imagens aéreas com utilização de drone. O diagnóstico geoespeleológico permitiu definir os principais padrões das cavernas, seus controles hidrológicos e geológicos, além de sua gênese. As cavernas da Serra do Ramalho são cavernas de origem meteórica, epigênica, sem evidências de agentes dissolutivos profundos. A maior parte apresenta padrão dendrítico (*branchwork*), devido ao fato de terem sido formadas por drenagens subterrâneas. Estas drenagens muitas vezes apresentam mais de um momento de evolução, com algumas cavernas como Boqueirão e Enfurnado apresentando mais de um nível superposto de galerias. No estágio atual, a maior parte das cavernas se desenvolve próxima ao nível de base local ou regional, visto haver poucos desníveis nas galerias percorridas por rios. Salienta-se que, devido à ocorrência de horizontes essencialmente impermeáveis, representados por lentes de pelitos da Formação Serra de Santa Helena, há desenvolvimento de cavernas acima do

atual nível de base regional. As cavernas do Setor Descoberto se encaixam neste critério, com o sistema hidrológico da Gruna Lagoa do Meio e as possíveis ressurgências Ponta d'Água e Pratina estando bem acima do nível de base representado pelas drenagens principais. Cavernas labirínticas (*network*) também ocorrem, mas aparentam estarem restritas às porções desnudas da Serra do Ramalho, notadamente nos morros residuais do Setor Ramalho. Um bom exemplo é a Gruna das Três Cobras. Os demais padrões frequentemente encontrados em cavernas epigênicas, como *spongework* e *anastomotic*, não foram observados.

O diagnóstico paleontológico consistiu em trabalhos de laboratório e em campo. Não houve coleta de material, sendo que a identificação laboratorial se deu, neste primeiro momento, através de identificação visual e fotografias. Cinco cavernas apresentaram remanescentes de ossos que puderam ser identificados como pertencentes à fauna extinta. Um número bem superior de cavernas (12) também apresenta ossos fossilizados, mas há necessidade de trabalhos taxonômicos mais aprofundados a fim de se identificar os espécimes. Vestígios de gastrópodes foram observados em 17 cavernas. Todas estas cavernas foram classificadas como possuidoras de valor paleontológico e científico/didático. Muitas das cavernas da Serra do Ramalho apresentam espessa cobertura sedimentar. Pelo fato de não ter sido realizadas escavações, estas cavernas foram classificadas como possuidoras de valor (potencial) paleontológico. Dentre os fósseis identificados estão preguiça-gigante (*Eremotherium laurillardi;* Lund, 1842), preguiça terrícola Scelidotheridae indet., paleolhama (*Palaeolama major* Liais, 1872), porco-do-mato (Tayassuidae indet.), liptoterna (Xenorhinothrium sp.), mastodonte (Notiomastodon platensis Ameghino, 1888), cervídeo (Cervidae indet.), roedor (Caviidae indet.), placas dérmicas de tatu-gigante (Pampatheridae indet.). A estes somam-se ossos de preguiças-terrícolas (*Valgipes bucklandi* Gervais, 1874) já alvo de trabalhos anteriores publicados.

No tocante ao diagnóstico bioespeleológico, este projeto representou uma continuidade em relação ao trabalho que já vinha sendo executado entre 1999 e 2004 pelas pesquisadoras Eleonora Trajano e Maria Elina Bichuette. Ainda naquele primeiro momento, a elevada riqueza e diversidade faunística começaram a emergir, demonstrando a singularidade e fragilidade das cavernas e sua fauna. As cavernas da Serra do ramalho destacam-se pela singularidade de micro-habitats nos habitats terrestre e aquático, além de um regime marcado considerando-se a sazonalidade. Tal fato, associado ao grande desenvolvimento dos afloramentos e espaços associados propiciou uma enorme possibilidade para colonização e diferenciação da fauna subterrânea. Foram contabilizados 642 táxons em 40 cavernas (34 amostradas e 6 de dados de literatura). A riqueza de troglóbios chega a quase 10%, 61 táxons, representando uma riqueza mínima, visto que alguns táxons estão ainda em estudo taxonômico e morfológico, além da confirmação do *status* cavernícola, o que deve aumentar este número. 29 espécies estão formalmente descritas e outras em fase final de publicação. Considerando-



se as espécies de troglóbios da Serra do Ramalho, observa-se uma tendência a serem endêmicas de uma caverna ou mesmo sistema, 19 espécies das 29 descritas. As cavernas com maior endemismo são, até o momento, a Gruna da Água Clara, Gruna do Enfurnado e Gruna da Serra Verde. Caso sejam consideradas a ocorrência de táxons relictos ou mesmo gêneros monotípicos (gênero *Giupponia*), espécies com hábitos únicos (anfíbio por exemplo, para os gêneros *Xangoniscus* e *Chaimowiczia*) outras cavidades devem ser elencadas e as supracitadas corroboradas: Gruna da Serra Verde, Gruna da Pingueira II, Gruna da Água Clara, Lapa dos Peixes, Gruna do Pedro Cassiano, Gruna do Chico Pernambuco, Gruna das Três Cobras, Gruna do Mandiaçu, Gruna Viração, Gruna Boca da Lapa e Lapa do Boqueirão. Considerando-se espécies ainda não descritas, essa singularidade deve ser ampliada/corroborada para: Gruna do Engrunado e Gruna das Três Cobras (ocorrência de família de aranha nuca registrada no Brasil, família Telemidae); Gruna do Engrunado e Gruna do Govi (nova espécie de peixes, gênero *Rhamdiopsis* e nova espécie de coleóptero do gênero *Coarazuphium*); Gruna da Altina e Gruna do Cocho (nova espécie de Isopoda anfíbio e amblipígeo do gênero *Charinus*); Gruna do Anjo (nova espécie de Polydesmida).

Com a considerável riqueza do patrimônio espeleológico da Serra do Ramalho já confirmada a partir dos diagnósticos temáticos, foram estabelecidas diretrizes a fim de se ranquear quais seriam os setores prioritários para conservação. Além de atributos geoespeleológicos, bioespeleológicos e paleontológicos, foram levados em conta também, no comparativo entre setores: (i) número de cavernas conhecidas; (ii) soma e média das projeções horizontais das cavernas conhecidas; (iii) posição das cavernas no ranking das maiores cavernas da Serra do Ramalho; (iv) áreas com grande potencial espeleológico ainda desconhecido, (v) beleza cênica e feições notáveis e (vi) paisagem cárstica. Após tal análise os seguintes setores foram considerados prioritários, sendo apresentados do mais importante para o de menor grau de prioridade.

1. Setor das Agrovilas – Trata-se do setor em que a exuberância cárstica é mais manifesta, apresentando as maiores cavernas além de cânions profundos e fantásticos campos de lapiás. Os paredões calcários somam 210 km de extensão ininterrupta, um dos mais notáveis exemplo deste tipo de feição. Apresenta também cavernas notáveis, como Boqueirão e Gruna da Água Clara (as duas maiores da Serra do Ramalho) além da Figueira e Chico Pernambuco. Na Gruna da Figueira ocorrem galerias com 110 m de altura. Na Gruna Chico Pernambuco há represas de travertino espetaculares. A fauna troglóbia e os depósitos fossilíferos também são destaque neste setor. Os principais pontos de destaque são:

- ✓ Abriga as três maiores cavernas da Serra do Ramalho: Boqueirão, Água Clara e Lapa dos Peixes.
- ✓ Extensos campos de lapiás que formam uma paisagem única.



- ✓ Riqueza arqueológica e paleontológica.
- ✓ Boqueirão pela complexidade morfológica e amplitude das galerias.
- ✓ Gruna da Água Clara e Lapa dos Peixes pela extensão do sistema.
- ✓ Sequência de travertinos da Gruna do Chico Pernambuco.
- ✓ Galeria inicial da Gruna da Figueira que atinge 110 m de altura.
- ✓ Riqueza de troglóbios e altas taxas de endemismos (Água Clara, Lapa dos Peixes, Chico Pernambuco, Pedro Cassiano).
- ✓ Vestígios paleontológicos nas Gruna Pedro Cassiano II e Lapa dos Peixes.
- ✓ Complexidade hidrogeológica e ressurgência temporária da Gruna dos Peixes.
- ✓ Complexa espeleogênese do Boqueirão.
- ✓ Potencial para estudos paleoambientais e sobre evolução do relevo cárstico nos níveis superiores do Boqueirão.

2. Setor Serra do Ramalho Sul – As feições cársticas neste setor são também exuberantes, com muitas reentrâncias nos maciços desnudos e espetaculares campos de lapiás. Apresenta ressurgências notáveis, como a Boca da Lapa, provavelmente a caverna mais visitada da Serra do Ramalho. Além desta caverna, destaque também para a Gruna do Engrunado, Gruna do Boca e Baixão da Canoa. Estas cavidades aparentemente fazem parte de um mesmo sistema hidrogeológico. As cavernas também apresentam valor bioespeleológico e paleontológico. Entre os pontos de destaque lista-se:

- ✓ Ressurgência da Boca da Lapa.
- ✓ Espeleotemas raros na Gruna do Engrunado.
- ✓ Abismo da Boa Esperança com 70 m verticais – o maior da Serra do Ramalho.
- ✓ Travertinos e escorrimentos de calcita da Gruna do Baixão da Canoa.
- ✓ Paisagem cárstica em especial os paredões que acompanham o Rio do Ramalho.
- ✓ Riqueza de troglóbios e altas taxas de endemismos, além de táxons relictos (Engrunado, Govi, Pingueira, Boca da Lapa).
- ✓ Vestígios paleontológicos na Boca da Lapa.
- ✓ Importante sistema hidrogeológico ainda largamente desconhecido.

3. Setor Morro Furado – Apresenta escarpamentos com dezenas de metros de altura. O maior destaque espeleológico está relacionado às importantes cavernas associadas diretamente, ou hidrologicamente, ao cânion do Morro Furado, como a Gruna do Anjo, Gruna do Morro Furado, Salão do Morro Furado, Ponte do Morro Furado e Boqueirão do Riacho de Fora. Na Gruna do Anjo, o gigantesco pórtico com 73 m de altura e estalagmites que superam 20 m de altura, com textura apresentando pétalas, representam feições notáveis. Embora um pouco afastada, a Gruna do



Enfurnado também faz parte, em termos hidrogeológicos, deste mesmo conjunto, estando entre as maiores cavernas da Serra do Ramalho. Este setor também se destaca pelos representativos sítios arqueológicos. Dentre os pontos de destaque estão:

- ✓ Ressurgência da Mamona, uma das mais importantes da Serra do Ramalho que, juntamente com a Boca da Lapa, destaca-se por ser uma drenagem ativa durante a maior parte do ano.
- ✓ Entrada da Gruna do Anjo com 73 m de altura.
- ✓ Conjunto de espeleotemas na Gruna do Anjo, destacando-se as estalagmites que chegam a mais de 20 m de altura.
- ✓ Gruta do Enfurnado, a 4ª maior da Serra do Ramalho com 8.400 m de projeção horizontal e galerias que chegam a 40 m de largura e 20 m de altura.
- ✓ Riqueza de troglóbios, alta taxa de endemismos, táxons relictos e população única de peixes troglóbios (Enfurnado).
- ✓ O Cânion do Morro Furado e seu conjunto cárstico.
- ✓ Potencial para estudos paleoambientais e sobre evolução do relevo nos níveis superiores da Gruna do Enfurnado.
- ✓ Complexo sistema hidrogeológico com algumas conexões ainda pouco claras.
- ✓ Riqueza arqueológica.

4. Setor Ramalho – O quarto setor em termos de prioridade para conservação caracteriza-se por apresentar maciços isolados. Apresenta algumas importantes cavernas labirínticas como a Gruna Três Cobras, além de ressurgências tanto na base do maciço quanto em elevações superiores. Este setor apresenta vastas áreas ainda não prospectadas devido à dificuldade de acesso. A seguir lista-se os principais atributos de destaque:

- ✓ Os labirintos da Gruna das Três Cobras e os depósitos fossilíferos e vestígios arqueológicos.
- ✓ O Sistema da Serra Solta (Serra Solta II e III).
- ✓ Riqueza de troglóbios, alta taxa de endemismos, táxons relictos e distribuição única de Isopoda anfíbios troglóbios (Serra Solta II e III, Água Fina, Três Cobras, Vandercir, Altina, Cocho, Mandiaçu, Vila Nova).
- ✓ Maciços calcários isolados de interesse geomorfológico para compreensão da evolução do relevo cárstico.

5. Setor Descoberto – Este setor foi considerado como o de menor expressão quanto à ordem de prioridades para conservação. As feições cársticas são menos pronunciadas devido à cobertura por material argiloso. Na região ocorre também o maior aglomerado urbano no interior da Serra do



Ramalho, o distrito de Descoberto. O setor apresenta uma caverna muito importante, a Gruna da Lagoa do Meio, ainda não totalmente explorada. Trata-se, infelizmente, da área que concentra os maiores impactos ambientais, relacionados à urbanização, poluição das águas e remoção da cobertura vegetal original, dentre vários outros. Os pontos de destaque são:

- ✓ Sistema Lagoa do Meio marcado por diversas drenagens a galerias amplas que chegam a mais de 30 m de altura.
- ✓ Salão do Ar Invertido na Gruna da Lagoa do Meio com 14.700 m^2.
- ✓ Riqueza de troglóbios, alta taxa de endemismos, táxons relictos (Serra Verde).
- ✓ Complexo sistema hidrogeológico, com drenagens em níveis distintos que se cruzam sem se comunicarem e conexões hídricas entre sumidouro e ressurgência ainda não estabelecidas.
- ✓ Complexa espeleogênese da Gruna da Lagoa do Meio.
- ✓ Potencial para estudos paleoambientais e sobre evolução do relevo cárstico nos níveis superiores da Gruna da Lagoa do Meio.

O ordenamento de prioridades acima apresentado representa um esforço inicial, à luz dos dados ora disponíveis. Decerto a continuidade dos trabalhos na Serra do Ramalho irá revelar novas cavernas e atributos de destaque. Espera-se que este projeto represente uma contribuição importante para nortear a valorização e a devida preservação desta importante e singular área cárstica brasileira. O conhecimento espeleológico e também carstico sobre a Serra do Ramalho são ainda incipientes, embora suficientes para atestar a relevância de seu patrimônio espeleológico no cenário nacional e internacional.

07

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assis L, von Schimonsky DM, Bichuette ME (2021) The first troglobitic Pseudochthonius Balzan, 1892 (Pseudoscorpiones, Chthoniidae) from the karst area of Serra do Ramalho, Brazil: a threatened species. Subterranean Biology 40: 109-128

Assis L, von Schimonsky DM, Gallão JE, Bichuette ME (2023) Contribution to the knowledge of Brazilian troglobitic Pseudoscorpiones (Arachnida): description of *Pseudochthonius lubueno* sp. nov. (Chthoniidae) from Serra do Ramalho karst area, state of Bahia, Brazil. Zoologia 40: e22048

Auler A, Rubbioli EL, Brandi R (2001) As Grandes Cavernas do Brasil. Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, Belo Horizonte

Auler AS, Smart PL, Tarling DH, Farrant AR (2002) Fluvial incision rates derived from magnetostratigraphy of cave sediments in the cratonic area of Eastern Brazil. Zeitschrift fur Geomorphologie 46:391-403

Baeta AM (2001) Alguns Elementos sobre Arqueologia, Povos Indígenas e Comunidades Afrodescendentes na Serra do Ramalho. O Carste 13: 10–17

Baptista RLC, Giupponi APL (2002) A new troglomorphic Charinus from Brazil (Arachnida: Amblypygi: Charinidae). Revista Iberica de Aracnología 6: 105–110.

Barbosa FHS, Porpino KO, Rothschild BM, Silva RC (2020) First câncer in an extinct Quaternary non-human mammal. Historical Biology. DOI: 10.1080/08912963.2020.1833001

Barnosky AD, Hadly EA, Gonzalez P, Head J, Polly PD, Lawing AM, Eronen JT, Ackerly DD, Alex K, Biber E, Blois J, Brashares J, Ceballos G, Davis E, Dietl GP, Dirzo R, Doremus H, Fortelius M, Greene HW, Hellmann J, Hickler T, Jackson ST, Kemp M, Koch PL, Kremen C, Lindsey EL, Looy C, Marshall CR, Mendenhall C, Mulch A, Mychajliw AM, Nowak C, Ramakrishnan U, Schnitzler J, Shrestha KD, Solari K, Stegner L, Stegner MA, Stenseth NC, Wake MH, Zhang Z (2017) Merging paleobiology with

conservation biology to guide the future of terrestrial ecosystems. Science 355: eaah4787. DOI: 10.1126/science.aah4787

Bergqvist LP, Almeida EB (2004) Biodiversidade de mamíferos fósseis brasileiros. Rev Univ Guar 9: 54–68

Bevengut P (2013) História de prospecção: campo ou Google? O Carste 25: 42–43

Bichuette ME, Rantin B, Gallão JE, Horta LS (2013) A Fauna Subterrânea da porção sul da Serra do Ramalho. O Carste 25: 54–57

Bichuette ME, Rizzato PP (2012) A new species of cave catfish from Brazil, Trichomycterus rubbioli sp.n., from Serra do Ramalho karstic area, São Francisco River basin, Bahia State (Silurifomes: Trichomycteridae). Zootaxa 3480: 48–66

Bichuette ME, Rizzato PP, Camargo AL, Brandi R, Horta LS (2013) Um novo bagrinho troglóbio brasileiro. A notável Serra do Ramalho, sudoeste da Bahia. O Carste 25: 58–59

Bichuette ME, Trajano E (2005) A new cave species of Rhamdia (Siluriformes: Heptapteridae) from Serra do Ramalho, northeastern Brazil, with notes on ecology and behavior. Neotropical Ichthyology 3(4): 587–595

Bitencourt AL, Rodet J (1998) Controle tectonique et évolution du karst dans le secteur nour-ouest de la Serra do Ramalho (Bahia, Brésil). Contributions to the International Symposium on Karst and Tectonics, Speleochronos, hors-série, 192–198

Bitencourt AL, Rodet J (2002) Evolução morfológica do canion do Morro Furado no contexto dos calcários carstificados do Grupo Bambuí (Serra do Ramalho, Bahia, Brasil). O Carste 14: 224–243

Bittencourt ALV (1998) Morphogenèse, Quaternaire et Archéologie en milieu karstique: le site du Morro Furado, Serra do Ramalho (Bahia), Brésil. PhD Thesis, Université de Caen

Bittencourt ALV (2004) A formação e evolução estratigráfica do abrigo do Morro Furado: Processos interativos entre a morfogênese cárstica e a ocupação pré-histórica, Serra do Ramalho (Bahia). Canindé. Revista do Museu de Arqueologia de Xingó 4: 55-73

Bittencourt ALV, Rodet J (2001) Premiers éléments d'évolution karstique sous contrôle tectonique d'un massif calcaire: La Serra do Ramalho (Bahia), Brésil. Geologia Belgica 4/3-4: 251-261

Brandi R (2001) A Descoberta da Gruna do Peixe. O Carste 13: 38-41

Brandi R (2002) A Gruta do Sorvetão e a insônia. O Carste 14: 264-267

Brandi R (2006) Descoberta e Exploração da Gruna do Ventilador. O Carste 18: 124-127

Brandi R (2006) Expedição Ramalho Setembro 2006. O Carste 18: 108-110

Brandi R (2008) Despertar no Ramalho. O Carste 20: 46

Brandt W (1988) Espeleologia aplicada aos estudos de impacto ambiental, in: Anais do 1° Congresso de Espeleologia da América Latina e do Caribe. Belo Horizonte, MG, pp. 197–207

Brescovit AD, Gallão JE, Cizauskas I (2023) A new species of Pinelema Wang & Li, a relictual telemid spider inhabiting caves in Brazil (Araneae, Telemidae). Zootaxa 5385: 352-364

Brina AE (2001) A Vegetação na Serra do Ramalho. O Carste 13: 18-21

Bueno AAP, Bichuette ME, Zepon T, Penoni LR (2022) A new species of the troglobitic genus *Spelaeogammarus* da Silva Brum, 1975 (Amphipoda: Artesiidae) from a cave in the Brazilian semi-arid region, with new records of its congener, *Spelaeogammarus spinilacertus* Koenemann and Holsinger, 2000. Nauplius 30: e2022020

Camargo A (2006) Exploração do Portal do Inferno, Gruna do Boca - Descoberto / BA. O Carste 18: 111-114

Campos-Filho IS, Gallo JS, Gallão JE, Torres DF, Carpio-Diaz YM, López-Orozco CM, Borja-Arrieta R, Taiti S, Bichuette ME (2022) Expanding the knowledge on the diversity of the cavernicolous Styloniscidae Vandel, 1952 (Oniscidea, Synocheta) from Brazil, with descriptions of two new species from the semiarid karst regions. Zookeys 1101: 35-55

Campos-Filho IS, Gallo JS, Gallão JE, Torres DF, Horta L, Carpio-Diaz YM, López-Orozco CM, Borja Arrieta R, Aguiar JO, Bichuette ME (2022) Unique and fragile diversity emerges from Brazilian caves – two new amphibious species of *Xangoniscus* Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2014 (Oniscidea, Styloniscidae) from Serra do Ramalho karst area, state of Bahia, Brazil. Subterranean Biology 42: 1-22

Campos Filho IS, Sfenthourakis S, Gallo JS, Gallão JE, Torres DF, Chagas Jr A, Horta L, Carpio-Díaz YM, López-Orozco CM, Borja-Arrieta R, Araújo PB, Taiti S, Bichuette ME (2023) Shedding light into Brazilian subterranean isopods (Isopoda, Oniscidea): expanding distribution data and describing new taxa. Zoosystema 45: 531-599

Cardoso GM, Bastos-Pereira R, Ferreira RL (2023) Cave-dwellers Diploexochus (Isopoda, Armadillidae): new species and new records of the genus from Brazil. Nauplius. 31: e2023008., https://doi.org/10.1590/2358-2936e2023008

Cardoso GM, Bastos-Pereira R, Souza LA, Ferreira RL (2020) New cave species of Pectenoniscus Andersson, 1960 (Isopoda: Oniscidea: Styloniscidae) and an identification key for the genus. Nauplius 28: 1–30, https://doi.org/10.1590/2358-2936e2020039

Cartelle CG (2012) Das grutas à luz, mamíferos pleistocênicos de Minas Gerais. Bicho do Mato, Belo Horizonte

CBPM (Companhia Baiana de Pesquisa Mineral) (2003) Mapa geológico da Bacia do São Francisco (Santa Maria da Vitória-Iuiú, Bahia). URL http://www.cbpm.ba.gov.br/book/bacia-do-sao-francisco-entre-santa-maria-da-vitoria-e-iuiu-bahia-geologia-e-potencialidade-economica/

CECAV CN de P e C de C (2019) Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental [WWW Document]. Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental - CECAV. URL https://www.icmbio.gov.br/cecav/publicacoes/24-curso-de-espeleologia-e-licenciamento-ambiental.html

Chaimowicz F (2001) Ampliando o Limite Norte do Boqueirão. O Carste 13: 78-85

Chaimowicz F (2001) Relatório Bichológico do Boqueirão. O Carste 13: 88-91

Chaimowicz F (2006) Histórias de tirar o fôlego. O Carste 18: 121-123

Chaimowicz F (2013) Nas miudezas do Abismo da Figueira. O Carste 25: 20-23

Chaimowicz F (2013) O círculo perfeito. O Carste 25: 16-19

Cordeiro IRS, Bichuette ME, Moreira FFF (2023) A new species of Spelaeometra Polhemus & Ferreira, 2018 (Hemiptera: Heteroptera: Hydrometridae) from a hotspot of troglobites in Brazil, Serra do Ramalho karst area. Animals 13: 3199

Demars G (2002) Boqueirão: a última esperança. O Carste 14: 210-213Fage, C. 2013. Minha “première” brasileira”. O Carste 25: 40

Faverjon M (2002) Baiana: o mosaico. O Carste 14: 162-169

Faverjon M (2002) Primeira experiência alguns elementos da espeleologia brasileira. O Carste 14: 144-147

Ferreira RL, Berbert-Born M, Souza-Silva M (2023) The Água Clara Cave System in Northeastern Brazil: The Richest Hotspot of Subterranean Biodiversity in South America. Diversity. 2023; 15(6):761. https://doi.org/10.3390/d15060761

Frágola L (2001) A Gruna dos Peixes II. O Carste 13: 62-65

Frágola L (2001) O Retorno à Gruna dos Peixes. O Carste 13: 66-67

Gallão JE, Bichuette ME (2018) Brazilian obligatory subterranean fauna and threats to the hypogean environment. ZooKeys, 746: 1-23

Golovatch SI, Gallo JS, Bichuette ME (2022) Two new species of the millipede family Trichopolydesmidae from Bahia state, northeastern Brazil, including a remarkable threatened troglobiont (Diploploda, Polydesmida). Zootaxa 5115: 419-437

Gomes ASR (2005) Modelagem metalogenética das mineralizações de Pb-Zn hospedadas em carbonatos Neoproterozóicos de Irecê (BA), Serra do Ramalho (BA) e Montalvânia (MG). Tese de doutorado, Universidade Federal da Bahia.

Gonçalves MVP (2014) Flúor nas águas subterrânea do aquífero Bambuí no sudoeste da Bahia (Brasil). Tese de doutorado, Universidade Federal da Bahia.

Gonçalves MVP, Cruz MJM, Alencar CMM, Santos RA, Ramos Junior ABS (2018) Geoquímica e qualidade da água subterrânea no município de Serra do Ramalho, Bahia (BR). Engenharia Sanitária e Ambiental 23: 159-172

Harman RM, Gallagher K, Brown R, Raza A, Bizzi L (1998) Accelerated denudation and tectonic/geomorphic reactivation of cratons of northeastern Brazil during the Late Cretaceous. Journal of Geophysical Research 103: 27091-27105

Horta LS (2001) A Caça aos Bagres Cegos e outros Bichos da Serra do Ramalho. O Carste 13: 86-87

Horta LS (2002) Gruna da Mamona. A Ressurgência do Sistema do Morro Furado. O Carste 14: 244-249

Jolivet J (2001) A Gruna de Água Clara. Ponto de Encontro Rue Mouffetard. O Carste 13: 28-31

Jolivet J (2001) Memórias do Outro Mundo. O Carste 13: 4-5

Jolivet J (2001) Notas sobre a Morfologia dos Condutos e a hidrogeologia da Gruna de Água Clara. O Carste 13: 32-34

Jolivet J (2013) Notas sobre a carstificação e a morfologia da Gruna das Três Cobras. O Carste 25: 41

Jovilet J (2008) Evolução e Adaptação da Morfologia Endocárstica da Gruna da Lagoa do Meio. Coribe, Bahia, Brasil. O Carste 20: 50-55

Kellner A, Campos D (1999) Vertebrate Paleontology in Brazil - A Review. Episodes 22: 238–252

Lamas CJE, Mendes LL, Falaschi RL, Evenhuis NL (2023) A Second New Species of Tamanduamyia Rafael and Limeira-de-Oliveira (Diptera, Mythicomyiidae, Mythicomyiinae) from Brazil, with Discussion of the Possible First Cave Dwelling Record of a Micro-bee fly. Neotropical Entomology: 52(4):560-570. doi: https://doi.org/10.1007/s13744-023-01054-0

Le Falher B (2002) Pelas cores da dama Baiana. O Carste 14: 184-189.Lima, D. A. 1981. The caatingas dominium. Revista Brasileira de Botânica 4 (2): 149-153

Magalhães GM, Ferreira MB (1976) Vegetação. In Levantamento de reconhecimento com detalhes dos solos do Distrito Agroindustrial de Jaíba - Minas Gerais. Belo Horizonte, EMBRAPA, Bol. Téc. EPAMIG 54:28-42

Mahnert V (2001) Cave-dwelling pseudoscorpiones (Arachnida, Pseudoscorpiones) from Brazil. Revue Suisse de Zoologie, 108: 95–148

Mariano D (2006) Gruna da Lagoa do Meio. Primeiras impressões. O Carste 18: 20-23

Martins PL (2002) Explorações na Fazenda Baiana: Gruna Grande da Baiana, Gruta Baiana e Gruta Baianinha. O Carste 14: 170-179

Martins VS (2001) Estudo de inclusões fluidas e de isótopos de estrôncio dos depósitos de fluorita da Serra do Ramalho (Bahia) e Montalvânia (Minas Gerais). Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Bahia.

Minas Gerais (2005) Termo de referência para elaboração de estudos de impacto ambiental para atividades minerárias em áreas cársticas no estado de Minas Gerais. FEAM/IBAMA, Belo Horizonte, MG.

MMA (2017) Instrução Normativa no 2, de 30 de agosto de 2017.

Monticelli Cardoso G, Bastos-Pereira R, Lopes Ferreira R (2022) A new species of Chaimowiczia from the karstic Serra do Ramalho plateau, Brazil (Oniscidea, Synocheta, Styloniscidae). Subterranean Biology 42: 139-149. https://doi.org/10.3897/subtbiol.42.80274

Moura V (2001) Gruna da Água do Quinca. A busca pela Sobrevivência. O Carste 13: 57-61

Moura V, Alt LR, Bichuette MEO (2008) Perspectivas de Proteção Ambiental na Serra do Ramalho. O Carste 20: 76-85

Moura V, Baeta A (2002) A Gruna do Pote. O Carste 14: 214-217

Palmer NA (2007) Cave Geology. Cave Books, Dayton

Paula Couto C (1979) Tratado de Paleomastozoologia. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro.

Pedrosa SA (2010) Discriminação espectral de variações faciológicas de carbonatos por meio de espectrorradiometria e imagens aster na região da Serra do Ramalho. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília.

Pellegrini TG, Bichuette ME, Vieira L (2022) *Coarazuphium bambui* (Carabidae: Zuphiini), a new cave-dwelling beetle from the threatened region of Serra do Ramalho, Brazil. Zootaxa 5129: 557-568

Pérez-González A, Kury AB (2002) A new remarkable troglomorphic gonyleptid from Brazil (Arachnida, Opiliones, Laniatores). Revista Ibérica de Aracnología, 5: 43–50

Perret JF (2001) Água Clara. Nascimento de um novo Aleijadinho. O Carste 13: 22-27

Perret JF (2001) Dia de Folga. A Descoberta do Boqueirão. O Carste 13: 42-51

Perret JF (2002) Estória sem fundamento ou conto medieval-delirante. O Carste 14: 204-209

Perret JF (2008) Descobertas Importantes no “Maciço do Coração”. O Carste 20: 68-75

Perret JF (2013) O maciço da Serra Solta. O Carste 25: 47-49

Perret V (2013) Solta II. O Carste 25: 44-46

Prado GC, Ferreira RL (2023) Three new troglobitic species of Pseudochthonius Balzan, 1892 (Pseudoscorpiones, Chthoniidae) from northeastern Brazil. Zootaxa 5249 (1): 92-110. https://doi.org/10.11646/Zootaxa.5249.1.5

Rodet J (1997) Observações sobre Algumas Grutas do Canion do Morro Furado, Coribe, Bahia. O Carste 9: 70-71

Rubbioli E (2013) Gruna da Figueira. Uma grande descoberta na Serra do Ramalho. O Carste 25: 6-15.

Rubbioli EL (1991) Boca da Lapa: A Gruta Sem Fim!? O Carste 3: 19-20

Rubbioli EL (1992) Em Busca do Rio Perdido. O Carste 4: 69-73

Rubbioli EL (1992) O Amigo da Onça. O Carste 4: 69

Rubbioli EL (1999) O Fantástico Carste da Serra do Ramalho. O Carste 11: 2-10

Rubbioli EL (1999) O Retorno à Gruna da Água Clara. O Carste 11: 11-19

Rubbioli EL (2001) O Retorno ao Boqueirão. O Carste 13: 68-77

Rubbioli EL (2001) O Último Minuto du Dernier Jour. O Carste 13: 52-56

Rubbioli EL (2002) De volta às grandes cavernas. O Carste 14: 198-203

Rubbioli EL (2002) Gruna do Enfurnado - Novas possibilidades no nível superior. O Carste 14: 268-275

Rubbioli EL (2002) O cânion da Baiana a Grande descoberta da Expedição Bahia 2001. O Carste 14: 156-161

Rubbioli EL (2002) O fantástico Cânion do Morro Furado. O Carste 14: 254-263

Rubbioli EL (2002) O Sistema do Morro Furado e o setor norte da Serra do Ramalho. O Carste 14: 218-223

Rubbioli EL (2002) Visão panorâmica da Serra do Ramalho. O Carste 14: 148-155

Rubbioli EL (2003) A Exploração da Gruna do Boca e Outras Histórias da Serra do Ramalho. O Carste 15: 84-89

Rubbioli EL (2004) Novas Expedições na Serra do Ramalho. A Gruna do Enfurnado. O Carste 16: 52-56

Rubbioli EL (2006) A História Completa da Exploração do Sistema Descoberto, Coribe / BA. O Carste 18: 115-120

Rubbioli EL (2006) Gruna do Boca. Desvendando os Mistérios do Sistema Boca da Lapa. O Carste 18: 14-19

Rubbioli EL (2008) Combatendo o CO2 na Gruna da Lagoa do Meio. O Carste 20: 56-61

Rubbioli EL (2012) Um Novo Olhar para o Ramalho. O Carste 24: 23

Rubbioli EL, Auler A, Menin D, Brandi R (2019) Cavernas. Atlas do Brasil Subterrâneo. Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas. Belo Horizonte

Rubbioli EL, Perret JF (2013) Explorações na Serra do Ramalho 2008 a 2011. O Carste 25: 24-39

Sá IB et al. (2011) Programa de revitalização do Rio São Francisco e o Projeto ZEE. Diagnóstico do Meio Físico. URL https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/921468/diagnostico-do-meio-fisico

Salvador RB, Silva FS, Bichuette ME (2022) Phylogenetic position of the relict South American genus *Idiopyrgus* Pilsbry, 1911 (Gastropoda, Truncatelloidea), with the description of two new cave species. Zoosyst. Evol. 98: 365-375

Sanna J (2001) A Caminho do estado da Bahia. O Carste 13: 8-9

Sanna J (2001) O Mistério da Água Escura. O Carste 13: 35-37

Sanna J (2001) O Trem da Expedição. O Carste 13: 6

Sanna J (2001) Primeiro Contato com o Brasil. O Carste 13: 7

Sausse O (2002) Enfurnado: a cereja em cima do bolo. O Carste 14: 250-253

Sausse O (2008) Rede Jusante da Gruna da Lagoa do Meio. O Carste 20: 62-67

Sausse O (2013) Exploração da parte oeste do Maciço do Coração. O Carste 25: 50-53

Scherer CS, Moraes SS, Oliveira TV (Eds.) (2016) Projeto FIOL Salvamento Paleontológico - Uma ponte entre a universidade e a sociedade, 1st ed. Edufba, Salvador

Silva RC da, Berbert-Born M, Bustamante DEF, Santoro TN, Sedor F, Avilla L dos S (2019) Diversity and preservation of Pleistocene tetrapods from caves of southwestern Bahia, Brazil. Journal of South American Earth Sciences 90: 233–254. https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.12.004

Tournayre V (2002) Minha Primeira, Verdadeira “Première”. O Carste 14: 190-197

Trajano E, Bichuette ME (2004) Mais um Peixe Troglóbio Brasileiro. O Carste 16: 57

Trajano E, Bichuette ME (2006) Biologia Subterrânea - Introdução. Redespeleo Brasil, São Paulo.

Trajano E, Bichuette ME (2010) Diversity of Brazilian subterranean invertebrates, with a list of troglomorphic taxa. Subterranean Biology, 7: 1-16

Trajano E, Gallão JE, Bichuette ME (2016) Spots of high diversity of troglobites in Brazil: the challenge of measuring subterranean diversity. Biodiversity and Conservation, 25: 1805–1828. https://doi.org/10.1007/s10531-016-1151-5

Trifilio LHM da S, Araújo-Júnior HI de, Porpino K de O (2022) Mammal Taphonomy in a Cave Deposit From Quaternary of Brazil. Front Ecol Evol 10.

Vasconcelos AG (2020) Complementação dos métodos de valoração paleontológica para fins de estudos ambientais em cavidades naturais (Tese de doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

Viana DM (2002) Exploração do Cânion Grande da Baiana. O Carste 14: 180-183

Xavier LAF (2001) As Explorações Espeleológicas na Serra do Ramalho. Abril de 1998 a julho de 2000. O Carste 13: 92-93

Xavier LAF (2001) Grutas Descobertas na Serra do Ramalho. Abril de 1998 a julho de 2000. O Carste 13: 94-96

Xavier LAF (2002) Cronologia da expedição Franco-brasileira Bahia 2001. O Carste 14: 276-284

Xavier LAF (2003) A Gruna do Govi. Aspectos Sociais e Hídricos. O Carste 15: 90-93

Xavier LAF (2008) Expedição Franco-Brasileira Descoberto 2007. O Carste 20: 87

ANEXO I – LISTA DE FAUNA

Filo	Subfilo	Classe	Subclasse	Superordem	Ordem	Subordem	Superfamília	Família	Subfamília	Tribo	Subtribo	Gênero	Espécie/Morfoespécie	Lapa do Boqueirão	Gruna da Água Escura I	Gruna Chico Pernambuco	Gruna Domingão	Gruna da Serra Verde	Gruna Viração	Gruna Água Fina	Gruna Bem Bom	Gruna da Altina	Gruna Três Cobras	Gruna do Cocho	Gruna do Enfumado	Gruna do Mandiaçu	Gruna Google	Gruna Vandercir	Gruna Vila Nova	Gruna da Serra Solta III	Gruna da Água Clara	Gruna Pedro Cassiano	Lapa dos Peixes	Gruna do Govi	Gruna do Engrunado	Gruna Boca da Lapa	Gruna da Pinguela II
Platyhelminthes		Turbellaria			Tricladida			Geoplanidae					sp. 1								x														x	x	
Platyhelminthes		Turbellaria			Tricladida			Dugesiidae				*Girardia*	*spelaea*																				x			
Platyhelminthes		Turbellaria			Tricladida			Dugesiidae				*Girardia*	sp. 1																							x
Nematoda													sp. 1	x		x						x			x											
Mollusca		Bivalvia			Veneroida		Corbiculoidea	Pisidiidae				*Pisidium*	sp. 1												x											
Mollusca		Gastropoda											sp. 1	x																						
Mollusca		Gastropoda											sp. 2	x																						
Mollusca		Gastropoda											sp. 3	x																						
Mollusca		Gastropoda			Caenogastropoda		Cyclophoroidea	Diplommatinidae				*Habeas*	*data*																							
Mollusca		Gastropoda			Caenogastropoda		Cyclophoroidea	Diplommatinidae				*Habeas*	*corpus*										x							x						
Mollusca		Gastropoda			Caenogastropoda		Rissooidea	Hydrobiidae	Hydrobiinae				sp.																x	x						
Mollusca		Gastropoda			Caenogastropoda		Rissooidea	Hydrobiidae	Littoridininae			*Littoridina*	sp. 1												x											
Mollusca		Gastropoda			Caenogastropoda		Rissooidea	Hydrobiidae	Littoridininae				sp. 1										x													
Mollusca		Gastropoda			Caenogastropoda			Pomatiopsidae	Pomatiopsinae				sp. 1							x															
Mollusca		Gastropoda			Caenogastropoda			Pomatiopsidae	Pomatiopsinae			*Idiopyrgus*	cf. *walkeri*								x														
Mollusca		Gastropoda			Caenogastropoda			Pomatiopsidae	Pomatiopsinae			*Idiopyrgus*	sp. 1									x	x				x								
Mollusca		Gastropoda			Caenogastropoda			Pomatiopsidae	Pomatiopsinae			*Idiopyrgus*	sp. 2																			x			
Mollusca		Gastropoda			Caenogastropoda			Pomatiopsidae	Pomatiopsinae			*Idiopyrgus*	*souleyetianus*																	x					
Mollusca		Gastropoda			Caenogastropoda			Pomatiopsidae	Pomatiopsinae			*Idiopyrgus*	*minor*																					x		x
Mollusca		Gastropoda			Caenogastropoda			Pomatiopsidae	Pomatiopsinae			*Spiripockia*	*umbraticola*				x																			
Mollusca		Gastropoda			Caenogastropoda			Pomatiopsidae	Pomatiopsinae			*Spiripockia*	*punctata*																				x			
Mollusca		Gastropoda			Neritimorpha			Helicinidae					sp. 1									x		x				x								
Mollusca		Gastropoda			Neritimorpha		Helicinoidea	Helicinidae	Helicininae				sp. 1							x			x		x											
Mollusca		Gastropoda			Neritimorpha		Helicinoidea	Helicinidae	Helicininae			*Helicina*	*boettgeri*										x													
Mollusca		Gastropoda			Neritimorpha		Helicinoidea	Helicinidae	Helicininae			*Helicina*	*brasiliensis*																x	x						
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata			Bulimulidae					sp. 1							x		x	x					x								
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata			Bulimulidae	Bulimulinae				sp. 1										x							x					
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata			Bulimulidae	Bulimulinae			*Drymaeus*	*lynchi*																	x					
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata			Bulimulidae	Odontostominae				sp. 1							x									x						
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata			Bulimulidae	Odontostominae			*Anostoma*	sp. 1									x													
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata			Bulimulidae	Odontostominae			*Cyclodontina*	*inflata*																	x					
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata			Bulimulidae	Odontostominae			*Kora*	*rupestris*										x												
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata			Bulimulidae	Odontostominae			*Kora*	*nigra*																							
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata			Streptaxidae					sp. 1									x														
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata			Streptaxidae					sp. 2									x														
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata			Streptaxidae				*Streptaxis*	*luetzelburgi*					x																		
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata			Streptaxidae	Streptaxinae				sp. 1							x																
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata	Stylommatophora		Ferussaciidae				*Cecilioides*	*consobrina*			x										x										
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata			Scolodontidae				*Entodina*	*derbyi*										x						x						
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata	Stylommatophora		Scolodontidae				*Entodina*	*jekylli*						x																	
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata	Stylommatophora		Scolodontidae				*Happia*	sp. 1																						x	
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata	Stylommatophora		Achatinidae				*Stenogyra*	*octogyra*								x															
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata		Planorbioidea	Planorbidae	Planorbinae				sp. 1							x					x											
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata		Planorbioidea	Planorbidae	Planorbinae			*Biomphalaria*	sp. 1			x					x				x											
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata		Rhytidoidea	Systrophiidae					sp. 1							x		x	x	x			x	x	x	x						
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata		Rhytidoidea	Systrophiidae					sp. 2									x			x											
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata		Rhytidoidea	Systrophiidae				*Happia*	sp. 1												x											
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata		Rhytidoidea	Systrophiidae				*Scolodonta*	*iheringi*												x											
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata		Rhytidoidea	Systrophiidae				*Scolodonta*	*interrupta*							x																
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata		Rhytidoidea	Systrophiidae				*Tamayoa*	*banghaasi*					x							x											
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata			Amphibulimidae				*Eudioptus*	*luteolus*										x												
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata	Stylommatophora	Achatinoidea	Subulinidae	Subulininae			*Allopeas*	*micra*												x						x					
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata			Subulinidae					sp. 1												x											
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata	Pupilloidea		Vertiginidae	Gastrocoptinae			*Gastrocopta*	sp. 1																							
Mollusca		Gastropoda			Pulmonata								sp. 1																			x		x		
Annelida		Clitellata	Hirudinea										sp. 1	x																						
Annelida		Clitellata	Oligochaeta		Haplotaxida								sp. 1	x											x											
Annelida		Clitellata	Oligochaeta		Haplotaxida								sp.2																						x	x	x
Annelida		Clitellata	Oligochaeta		Haplotaxida			Acanthodrilidae				*Dichogaster*	sp. 1												x											
Annelida		Clitellata	Oligochaeta		Haplotaxida			Acanthodrilidae				*Dichogaster*	*gracilis*												x											
Annelida		Clitellata	Oligochaeta		Haplotaxida			Acanthodrilidae				*Dichogaster*	*saliens*			x																				
Annelida		Clitellata	Oligochaeta		Haplotaxida	Lumbricina		Ocnerodrilidae					sp. 1			x							x		x											
Annelida		Clitellata	Oligochaeta		Haplotaxida			Haplotaxidae					sp. 1					x			x														x	
Annelida		Clitellata	Oligochaeta		Haplotaxida			Rhinodrilidae					sp. 1												x											
Annelida		Clitellata			Hirudinea								sp. 1			x																				
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari										sp. 1					x							x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari										sp. 2					x		x					x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari										sp. 3												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari										sp. 4												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari										sp. 5												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari										sp. 6												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari										sp. 7												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari										sp. 8												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata								sp. 1						x			x			x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata								sp. 2						x		x	x														
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata								sp. 3									x														
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata								sp. 4								x	x														
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata								sp. 5									x														
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata								sp. 6									x														
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata	Monogynaspida	Parasitoidea	Parasitidae					sp. 1			x									x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata	Uropodina							sp. 1									x		x	x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata	Uropodina							sp. 2												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata		Uropodoidea	Uropodidae					sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata		Uropodoidea	Uropodidae					sp. 2												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata		Uropodoidea	Uropodidae					sp. 3												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata		Uropodoidea	Uropodidae				*Fuscuropoda*	sp. 1												x											

Filo	Subfilo	Classe	Subclasse	Superordem	Ordem	Subordem	Superfamília	Família	Subfamília	Tribo	Subtribo	Gênero	Espécie/Morfoespécie	Lapa do Boqueirão	Gruna da Água Escura I	Gruna Chico Pernambuco	Gruna Domingão	Gruna da Serra Verde	Gruna Viração	Gruna Água Fina	Gruna Bem Bom	Gruna da Altina	Gruna Três Cobras	Gruna do Cocho	Gruna do Enfumado	Gruna do Mandiaçu	Gruna Google	Gruna Vandercir	Gruna Vila Nova	Gruna da Serra Solta III	Gruna da Água Clara	Gruna Pedro Cassiano	Lapa dos Peixes	Gruna do Govi	Gruna do Engrunado	Gruna Boca da Lapa	Gruna da Pinguela II
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata			Ascidae				*Asca*	sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata			Deraiophoridae				*Deraiophorus*	sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata			Laelapidae				*Cosmolaelaps*	sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata			Laelapidae					sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata			Laelapidae				*Stratiolaelaps*	sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata			Macrochelidae					sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata			Ologamasidae					sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata			Oplitidae				*Oplitis*	sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata			Proterorhagiidae					sp. 1				x								x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata			Heterozerconidae					sp. 1								x	x														
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata			Heterozerconidae					sp. 2									x														
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Parasitiformes	Mesostigmata		Sejoidea	Reginacharlottiidae				*Reginacharlottia*	*braziliensis*				x		x																	
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes									sp. 1							x		x			x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes									sp. 2									x			x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes									sp. 3				x				x				x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes									sp. 4				x								x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes									sp. 5			1						x			x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes									sp. 6						x																	
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes									sp. 7								x															
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes									sp. 8												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Astigmatina								sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida								sp. 1							x		x		x	x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida								sp. 2									x			x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida								sp. 3									x			x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida								sp. 4									x			x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida								sp. 5									x			x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida			Galumnidae					sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida			Galumnidae					sp. 2												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida			Galumnidae					sp. 3									x														
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida		Histiostomatoidea	Histiostomatidae					sp. 1			x																				
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida	Mixonomata	Phthiracaroidea	Phthiracaridae					sp. 1						x			x			x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida	Mixonomata	Phthiracaroidea	Phthiracaridae					sp. 2												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida	Mixonomata	Phthiracaroidea	Phthiracaridae					sp. 6												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida			Cosmochthoniidae				*Cosmochthonius*	sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida			Epilohmanniidae				*Epilohmannia*	sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida			Euphthiracaridae					sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida			Euphthiracaridae					sp. 2												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida			Haplozetidae				*Rostrozetes*	sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida			Hermanniellidae					sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida			Oppiidae					sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida			Oppiidae				*Aeroppia*	sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida			Oppiidae				*Aeroppia*	sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida			Parallonothridae				*Allonothrus*	*neotropicus*												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida			Plateremaeidae					sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida			Plateremaeidae					sp. 2												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida			Plateremaeidae					sp. 3												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida			Plateremaeidae					sp. 4												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida			Scheloribatidae				*Scheloribates*	sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Sarcoptiformes	Oribatida			Xylobatidae				*Brasilobates*	sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Trombidiformes									sp. 1				x																			
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Trombidiformes	Prostigmata								sp. 1									x													
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Trombidiformes	Prostigmata	Anystina	Trombiculoidea	Trombiculidae					sp. 1											x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Trombidiformes	Prostigmata	Eupodina	Bdelloidea	Cunaxidae					sp. 1									x					x								
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Trombidiformes		Prostigmata	Anystoidea	Teneriffiidae					sp. 1							x	x														
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Trombidiformes				Rhagidiidae					sp. 1																		x				
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari	Trombidiformes				Trombidiidae					sp. 1									x													
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari		Ixodida		Ixodidea	Argasidae					sp. 1				x				x	x			x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari		Ixodida		Ixodidea	Argasidae					sp. 2									x													
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari		Ixodida		Ixodidea	Argasidae					sp. 4									x													
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari		Ixodida		Ixodidea	Argasidae					sp. 6									x													
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari		Ixodida		Ixodidea	Argasidae				*Ornithodoros*	sp. 1	x																					
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari		Ixodida		Ixodidea	Ixodidae					sp. 1							x									x						
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida	Acari		Opiliioacaridae			Opiliioacaridae					sp. 1									x													
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Amblypygi			Charinidae				*Charinus*	sp. 1									x		x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Amblypygi			Charinidae				*Charinus*	sp. 2			x							x												
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Amblypygi			Charinidae				*Charinus*	*troglobius*	x			x													x	x	x				
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Amblypygi			Phrynichidae				*Trichodamon*	*princeps*	x			x	x	x	x	x	x	x				x							x		x
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Amblypygi			Araneidae				*Eustala*	sp. 1																					x		
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Caponiidae				*Nops*	sp. 1									x														
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Caponiidae					sp. 1																		x					
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Corinnidae					sp. 1				x								x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Corinnidae					sp. 1																					x		x	
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Corinnidae					sp. 2																								x
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Corinnidae				*Creugas*	sp. 1														x									
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Ctenidae					sp. 1			x		x			x	x	x	x	x			x							x		x
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Ctenidae					sp. 2	x			x					x														
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Ctenidae				*Asthenoctenus*	sp. 1														x								
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Ctenidae				*Isoctenus*	sp. 1				x						x		x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Ctenidae				*Isoctenus*	aff. *ordinario*			x																				
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Filistatidae					sp. 1							x		x			x								x			
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Filistatidae				*Pikelinia*	sp. 1																	x						
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Filistatidae				*Misionella*	sp. 1																							
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Gnaphosidae	Prodominae				sp. 1								x	x														
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Hahniidae					sp. 1										x													
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Hahniidae					sp. 2	x																						
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Lycosidae					sp. 1								x								x							

Filo	Subfilo	Classe	Subclasse	Superordem	Ordem	Subordem	Superfamília	Família	Subfamília	Tribo	Subtribo	Gênero	Espécie/Morfoespécie	Lapa do Boqueirão	Gruna da Água Escura I	Gruna Chico Pernambuco	Gruna Domingão	Gruna da Serra Verde	Gruna Viração	Gruna Água Fina	Gruna Bem Bom	Gruna da Altina	Gruna Três Cobras	Gruna do Cocho	Gruna do Enfumado	Gruna do Mandiaçu	Gruna Google	Gruna Vandercir	Gruna Vila Nova	Gruna da Serra Solta III	Gruna da Água Clara	Gruna Pedro Cassiano	Lapa dos Peixes	Gruna do Govi	Gruna do Engrunado	Gruna Boca da Lapa	Gruna da Pinguela II
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Lyniphiidae					sp. 1	x																							
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Nesticidae				*Nesticus*	sp. 11	x											x											x		
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Nesticidae					sp. 1																						x			
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Ochyroceratidae					sp. 1																									x
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Ochyroceratidae				*Theotima*	sp. 1			x					x		x															
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Telemidae					sp. 1	x									x								x	x			x		
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Oonopidae					sp. 1								x	x			x												
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Oonopidae					sp. 2								x	x															
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Oonopidae				*Neotrops*	sp. 1									x															
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Oonopidae				*Neoxyphinus*	sp. 1						x			x	x	x				x									
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Oonopidae				*Triaeris*	*stenaspis*												x		x										
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Palpimanidae					sp. 1									x															
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Palpimanidae					sp. 2								x	x															
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Pisauridae				*Architis*	sp. 1	x							x														x	x	
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Pholcidae					sp. 1							x		x															
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Pholcidae				*Mesabolivar*	*togatus*			x																					
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Pholcidae				*Mesabolivar*	aff. *togatus* sp. 1	x						x			x	x											x	x	
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Pholcidae				*Mesabolivar*	aff. *togatus* sp. 2										x														
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Pholcidae				*Mesabolivar*	aff. *togatus* sp. n. 3																x								
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Pholcidae				*Mesabolivar*	sp. 1				x					x		x													
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Pholcidae				*Mesabolivar*	sp. 4								x	x													x		
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Pholcidae				*Micropholcus*	sp. 1					x					x														
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Pholcidae				*Micropholcus*	sp. 2											x				x									
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Pholcidae				*Metagonia*	sp. 1			x		x	x	x	x	x	x	x	x				x					x		x	x
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Pholcidae				*Metagonia*	sp. 2									x	x														
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Pholcidae				*Metagonia*	sp. 3										x	x													
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Pholcidae				*Metagonia*	sp. 4										x					x									
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Pholcidae				*Metagonia*	sp. 5															x									
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Prodidomidae					sp. 1							x		x							x								
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Salticidae					sp. 1			x				x	x	x	x													x		
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Salticidae					sp. 2																								
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Scytodidae				*Scytodes*	sp. 1	x				x			x									x							
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Scytodidae				*Scytodes*	sp. 2					x			x	x	x	x													
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Segestriidae				*Ariadna*	sp. 1							x	x																
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Sicariidae					sp. 1								x	x			x												
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Sicariidae				*Loxosceles*	aff. *karstica*				x	x					x		x			x		x					x		x
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Sicariidae				*Loxosceles*	*cardosoi*									x															
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Sicariidae				*Loxosceles*	*carinhanha*							x												x				x	
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Sicariidae				*Loxosceles*	*karstica*											x													
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Sicariidae				*Loxosceles*	sp. 1	x																								
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Sicariidae				*Sicarius*	sp. 1							x		x	x														x
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Sicariidae				*Loxosceles*	gr. *gaucho*					x			x																
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Symphytognathidae				*Anapistula*	sp. 1															x									x
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Tetrablemmidae					sp. 1									x															
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Tetrablemmidae					sp. 2	x																								
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Tetragnathidae					sp. 1				x			x			x	x					x	x								
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Tetragnathidae				*Leucauge*	sp. 1	x							x		x															
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Tetragnathidae				*Chrysometa*	sp. 1								x														x	x	x	x
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Theridiidae					sp. 1	x							x		x										x					
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Theridiidae					sp. 2								x														x	x	x	
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Theridiidae				*Nesticodes*	*rufipes*			x																						
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Theridiidae				*Theridion*	sp. 1																	x								
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Theridiosomatidae					sp. 1	x						x	x			x	x			x								x	x	x
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Theridiosomatidae					sp. 2												x											x		
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Theridiosomatidae					sp. 3												x													
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Theridiosomatidae				*Plato*	sp. 1			x	x		x	x	x	x	x	x		x			x								
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Trechaleidae					sp. 1				x		x	x		x	x	x				x	x								
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Trechaleidae				*Trechalea*	sp. 1								x																
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Uloboridae				*Uloborus*	sp. 1	x																						x		
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Uloboridae				*Miagrammops*	sp. 1																									x
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Zodariidae					sp. 1							x		x						x							x			
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Araneomorphae		Zodariidae				*Leprolochus*	sp. 1										x															
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Mygalomorphae		Idiopidae				*Idiops*	sp. 1							x																		
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Mygalomorphae		Barychelidae				*Neodiplothele*	sp. 1											x														
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Mygalomorphae		Theraphosidae					sp. 1																						x			
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Araneae	Mygalomorphae		Theraphosidae					sp. 2																						x			
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Opiliones			Cosmetidae					sp. 1						x																			
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Opiliones			Gonyleptidae	Pachylinae				sp. 1										x						x									
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Opiliones			Gonyleptidae	Pachylinae				sp. 2												x													
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Opiliones			Gonyleptidae	Pachylinae			*Eusarcus*	sp. 1	x							x		x												x	x		
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Opiliones			Gonyleptidae	Pachylinae			*Eusarcus*	sp. 2			x													x								
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Opiliones			Gonyleptidae	Pachylinae			*Eusarcus*	sp. 3														x		x								
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Opiliones			Gonyleptidae	Pachylinae			*Giupponia*	*chagasi*	x																	x	x	x				
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Opiliones			Gonyleptidae	Pachylinae			*Giupponia*	sp. 1																							x		
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Opiliones			Gonyleptidae	Pachylinae			*Giupponia*	sp. 2																							x		
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Opiliones			Sclerosomatidae	Gagrellinae				sp. 1			x									x													
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Opiliones			Escadabeiidae					sp. 1																							x		
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Opiliones			Kimulidae					sp. 1	x																								
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Palpigradi			Eukoenenidae				*Eukoenenia*	sp. 1					x														x		x			x
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Pseudoscorpiones			Chernetidae				*Spelaeochernes*	*bahiensis*											x				x									
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Pseudoscorpiones			Chernetidae					sp. 1												x												
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Pseudoscorpiones			Chernetidae					sp. 2																							x		
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Pseudoscorpiones			Chernetidae				*Pseudochthonius*	sp. 1																						x			
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Pseudoscorpiones			Chthoniidae				*Pseudochthonius*	*ramalho*															x									
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Pseudoscorpiones			Chthoniidae				*Pseudochthonius*	*lubueno*									x															
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Pseudoscorpiones			Chthoniidae				*Pseudochthonius*	*diamachi*										x														

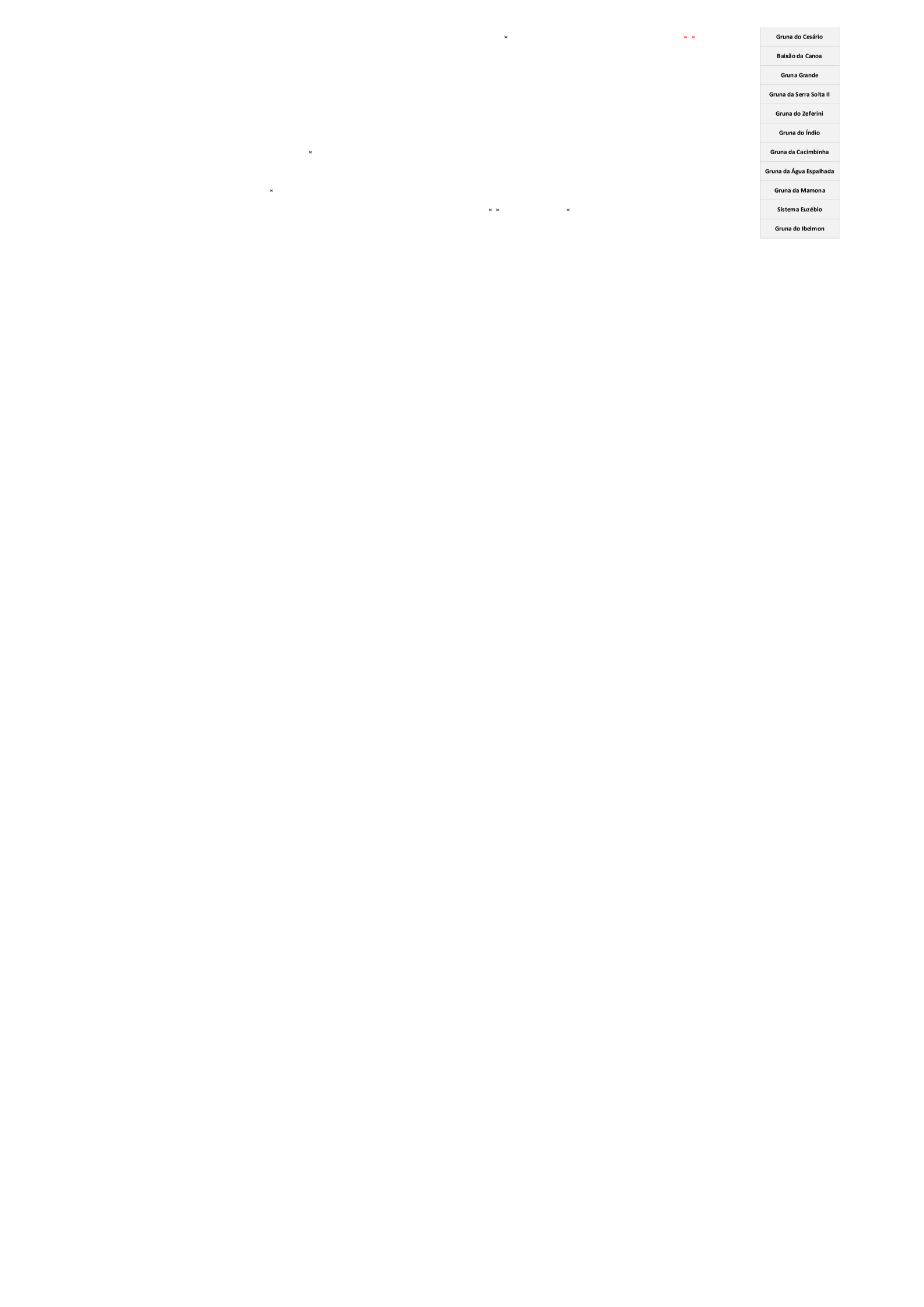
Filo	Subfilo	Classe	Subclasse	Superordem	Ordem	Subordem	Superfamília	Família	Subfamília	Tribo	Subtribo	Gênero	Espécie/Morfoespécie	Lapa do Boqueirão	Gruna da Água Escura I	Gruna Chico Pernambuco	Gruna Domingão	Gruna da Serra Verde	Gruna Viração	Gruna Água Fina	Gruna Bem Bom	Gruna da Altina	Gruna Três Cobras	Gruna do Cocho	Gruna do Enfumado	Gruna do Mandiaçu	Gruna Google	Gruna Vandercir	Gruna Vila Nova	Gruna da Serra Solta III	Gruna da Água Clara	Gruna Pedro Cassiano	Lapa dos Peixes	Gruna do Govi	Gruna do Engrunado	Gruna Boca da Lapa	Gruna da Pinguela II
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Pseudoscorpiones			Chthoniidae				*Pseudochthonius*	*koinopoliteia*																	x	x	x				
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Pseudoscorpiones			Chthoniidae				*Pseudochthonius*	*pali*														x									
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Pseudoscorpiones			Olpiidae					sp. 1												x											
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Pseudoscorpiones			Olpiidae					sp. 2																					x	x		
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Pseudoscorpiones			Olpiidae					sp. 3																					x			
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Pseudoscorpiones			Olpiidae					sp. 4	x																							
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Pseudoscorpiones			Olpiidae				*Olpiolum*	sp. 1									x		x													
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Pseudoscorpiones			Olpiidae				*Progarypus*	sp. 1							x	x	x														x	
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Pseudoscorpiones			Atemnidae					sp. 1																					x			
Arthropoda	Chelicerata	Arachnida			Scorpiones			Buthidae				*Ischnotelson*	sp. 1									x															
Arthropoda	Myriapoda	Chilopoda			Geophilomorpha								sp. 1																					x			
Arthropoda	Myriapoda	Chilopoda			Geophilomorpha			Geophilidae				*Ribautia*	sp. 1								x															
Arthropoda	Myriapoda	Chilopoda			Geophilomorpha			Schendylidae					sp. 1															x						x		x
Arthropoda	Myriapoda	Chilopoda			Geophilomorpha			Schendylidae				*Schendylops*	sp. 1									x															
Arthropoda	Myriapoda	Chilopoda			Scolopendromorpha			Cryptopidae	Cryptopinae			*Cryptops*	sp. 1									x															
Arthropoda	Myriapoda	Chilopoda			Scolopendromorpha			Cryptopidae	Cryptopinae			*Cryptops*	sp. 1															x									
Arthropoda	Myriapoda	Chilopoda			Scolopendromorpha			Cryptopidae	Cryptopinae			*Cryptops*	sp. 2															x									
Arthropoda	Myriapoda	Chilopoda			Scolopendromorpha			Cryptopidae	Cryptopinae			*Cryptops*	sp. 7															x									
Arthropoda	Myriapoda	Chilopoda			Scolopendromorpha			Cryptopidae	Cryptopinae			*Cryptops*	sp. 3						x																		
Arthropoda	Myriapoda	Chilopoda			Scolopendromorpha			Scolopocryptopidae	Newportiinae			*Newportia (Tidops)*	*nisargani*						x																		
Arthropoda	Myriapoda	Chilopoda			Scolopendromorpha			Scolopocryptopidae	Scolopocryptopinae			*Scolopocryptops*	*miersii*										x														
Arthropoda	Myriapoda	Chilopoda			Scolopendromorpha			Scolopocryptopidae	Scolopocryptopinae			*Scolopocryptops*	sp. 1	x																							
Arthropoda	Myriapoda	Chilopoda			Scolopendromorpha			Scolopendridae				*Otostigmus*	*multucus*																						x		
Arthropoda	Myriapoda	Chilopoda			Scutigeromorpha			Psellodidae				*Sphendononema*	*guildingii*				x	x			x		x		x		x		x							
Arthropoda	Myriapoda	Chilopoda			Lithobiomorpha			Henicopidae				*Lamyctes*	sp. 1								x															
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda	Chilognatha		Polyzoniida			Siphonotidae cf.					sp. 1								x															
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda			Polydesmida								sp. 1	x																							
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda			Polydesmida			Chelodesmidae					sp. 5												x											
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda			Polydesmida			Chelodesmidae					sp. 1					x									x									
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda			Polydesmida			Chelodesmidae					sp. 2																			x		x		
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda			Polydesmida			Chelodesmidae					sp. 3																						x		
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda			Polydesmida			Cryptodesmidae					sp. 1												x											
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda			Polydesmida			Cyrtodesmidae				aff. *Cyrtodesmus*	sp. 1																	x						
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda			Polydesmida			Paradoxosomatidae				*Onciurosoma*	sp. 2								x															
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda			Polydesmida			Paradoxosomatidae					sp. 1			x											x									
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda			Polydesmida			Pyrgodesmidae cf.					sp. 1														x									
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda			Polydesmida			Pyrgodesmidae					sp. 2																			x		x		
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda			Polydesmida			Oniscodesmidae					sp. 1								x															
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda			Polydesmida			Trichopolydesmidae					sp. 1																					x			
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda			Polydesmida			Trichopolydesmidae					sp. 2																						x		
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda			Polydesmida			Trichopolydesmidae				*Phaneromerium*	*troglopterygotum*					x																			
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda			Spirobolida			Rhinocricidae				*Rhinocricus*	sp. 1												x											
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda			Spirostreptida			Pseudonannolenidae					sp. 1						x			x								x						
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda			Spirostreptida			Pseudonannolenidae				*Pseudonannolene*	sp. 1												x											
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda			Spirostreptida			Pseudonannolenidae				*Pseudonannolene*	sp. 2			x						x		x				x									
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda			Spirostreptida			Pseudonannolenidae				*Pseudonannolene*	sp. 3								x																
Arthropoda	Myriapoda	Diplopoda			Spirostreptida			Spirostreptidae					sp. 1								x															
Arthropoda	Myriapoda	Pauropoda											sp. 1			x												x									
Arthropoda	Myriapoda	Symphyla						Scutigerellidae				*Hanseniella*	sp. 1												x											
Arthropoda	Myriapoda	Symphyla											sp. 1														x	x				x				
Arthropoda	Hexapoda	Entognatha			Diplura								sp. 1	x																							
Arthropoda	Hexapoda	Entognatha			Collembola								sp. 1	x							x		x	x				x									
Arthropoda	Hexapoda	Entognatha			Collembola								sp. 2	x										x				x									
Arthropoda	Hexapoda	Entognatha			Collembola								sp. 3											x													
Arthropoda	Hexapoda	Entognatha			Collembola								sp. 1				x						x		x		x										
Arthropoda	Hexapoda	Entognatha			Collembola	Entomobryomorpha							sp. 1					x			x	x													x		
Arthropoda	Hexapoda	Entognatha			Collembola	Entomobryomorpha		Entomobryidae					sp. 1	x				x	x	x			x					x	x				x		x		
Arthropoda	Hexapoda	Entognatha			Collembola	Entomobryomorpha		Entomobryidae					sp. 2							x																	
Arthropoda	Hexapoda	Entognatha			Collembola	Entomobryomorpha		Paronellidae					sp. 1								x																
Arthropoda	Hexapoda	Entognatha			Collembola	Entomobryomorpha		Paronellidae				*Trogolaphysa*	sp. 1				x				x																
Arthropoda	Hexapoda	Entognatha			Collembola	Entomobryomorpha		Paronellidae				*Trogolaphysa*	sp. 2												x												
Arthropoda	Hexapoda	Entognatha			Collembola	Entomobryomorpha		Paronellidae				*Trogolaphysa*	sp. 3																						x		
Arthropoda	Hexapoda	Entognatha			Collembola	Poduromorpha							sp. 1						x																		
Arthropoda	Hexapoda	Entognatha			Collembola	Poduromorpha		Isotomidae					sp. 1												x												
Arthropoda	Hexapoda	Entognatha			Collembola	Poduromorpha		Neanuridae					sp. 1												x												
Arthropoda	Hexapoda	Entognatha			Collembola	Symphypleona		cf. Sminthuiridae					sp. 1					x			x																
Arthropoda	Hexapoda	Entognatha			Collembola	Symphypleona		Sminthuridae				*Troglobentasminthurus*	*luridus*																			x		X			
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Archaeognatha			Machilidae					sp. 1								x																
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Blattaria								sp. 1	x																							
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Blattaria								sp. 2												x				x		x		x				
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Blattaria			Blattelidae					sp. 1					x									x								x		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Blattaria			Blattidae					sp. 1								x																
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera								sp. 1							x		x	x	x									x				
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera								sp. 2								x	x															
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera								sp. 3							x		x		x	x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera								sp. 4																		x						
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera								sp. 5									x															
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera								sp. 6												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera								sp. 7								x																
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera								sp. 8			x																					
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera								sp. 9																x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera								sp. 10							1																	
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera								sp. 11												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera								sp. 12												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera								sp. 13	x																							
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera								sp. 14	x																							

Filo	Subfilo	Classe	Subclasse	Superordem	Ordem	Subordem	Superfamília	Família	Subfamília	Tribo	Subtribo	Gênero	Espécie/Morfoespécie	Lapa do Boqueirão	Gruna da Água Escura I	Gruna Chico Pernambuco	Gruna Domingão	Gruna da Serra Verde	Gruna Viração	Gruna Água Fina	Gruna Bem Bom	Gruna da Altina	Gruna Três Cobras	Gruna do Cocho	Gruna do Enfumado	Gruna do Mandiaçu	Gruna Google	Gruna Vandercir	Gruna Vila Nova	Gruna da Serra Solta III	Gruna da Água Clara	Gruna Pedro Cassiano	Lapa dos Peixes	Gruna do Govi	Gruna do Engrunado	Gruna Boca da Lapa	Gruna da Pinguela II
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera								sp. 15	x																							
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Bostrichidae					sp. 1															x									
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Bruchidae					sp. 1									x														
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Cantharidae					sp. 1														x									
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae					sp. 1								x	x	x		x		x	x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae					sp. 2								x															
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae					sp. 3								x				x											
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae	Dryptinae	Zuphiini		*Coarazuphium*	*bambui*																						x	
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae	Dryptinae	Zuphiini		*Coarazuphium*	sp. 1																						x	
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae	Harpalinae			*Selenophorus*	sp. 1																						x	x	
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae	Lebiinae	Lebiini	Lachnophorini	*Anchonoderus*	sp. 1			x																				
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae	Lebiinae	Lebiini	Nemotarsina	*Nemotarsus*	sp. 1				x							x				x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae	Lebiinae			*Aporestus*	sp. 1																						x	
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae	Lebiinae	Lebiini	Pericalina		sp. 1						x																	
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae	Pterostichinae	Pterostichini			sp. 1									x														
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae	Pterostichinae	Pterostichini			sp. 2																							
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae	Pterostichinae	Pterostichini		*Abaris*	sp. 1																					x		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae	Pterostichinae				sp. 1																						x	
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae	Pterostichinae				sp. 2																							x	x
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae	Trechinae	Bembidiini	Tachyina	*Paratachys*	sp. 1			x					x				x			x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae	Trechinae	Brachinini		*Polyderidius*	sp. 1									x														
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae	Trechinae	Brachinini		*Pheropsophus*	sp. 1												x											
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae	Scaritinae				sp. 1												x											
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae	Scaritinae	Scaritini	Clivinina	*Aspidoglossa*	sp. 1																			x				
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae	Scaritinae	Scaritini	Clivinina	*Oxydrepanus*	sp. 1												x											
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae	Scaritinae	Scaritini	Clivinina	*Schizogenius*	sp. 1												x											
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Carabidae	Scaritinae	Scaritini	Clivinina	*Schizogenius*	sp. 2																			x				
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Colydiidae					sp. 1						x			x														
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Curculionidae					sp. 1	x			x																		x		x
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Curculionidae					sp. 2									x			x											
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Curculionidae					sp. 3																					x	x	
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Curculionidae					sp. 1									x														
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Dryopidae					sp. 1			x									x											
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Dystiscidae	Laccophilinae			*Laccodytes*	sp. 1	x		x																				
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Elateridae					sp. 1								x														x		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Eucnemidae					sp. 1								x															
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Histeridae					sp. 1				x																			
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Latridiidae					sp. 1									x														
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Hydrophilidae					sp. 1									x														
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Leiodidae	Colevinae			*Adelopsis*	sp. 1	x					x			x		x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Leiodidae	Colevinae				sp. 1																				x		x		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Nitidulidae					sp. 1			x						x			x											
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Ptilodactylidae					sp. 1			x							x	x	x											
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Scarabaeidae					sp. 1	x														x							x	
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Scarabaeidae					sp. 2												x										x	
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Scarabaeidae					sp. 3								x													x	x	x
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Scarabaeidae					sp. 4								x													x		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Scarabaeidae					sp. 5																						x		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Scydmaenidae					sp. 1															x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Scydmaenidae					sp. 2												x											
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Scydmaenidae					sp. 3																						x		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae					sp. 1	x						x			x													
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae					sp. 2						x		x												x				
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae					sp. 3			x					x				x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae					sp. 4			x																					
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae					sp. 5																							x	x
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae					sp. 6																								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae	Aleocharinae				sp. 1																x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae	Aleocharinae				sp. 2																x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae	Aleocharinae				sp. 3												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae	Osoriinae				sp. 1												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae	Osoriinae			*Holotrochus*	sp. 1												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae	Osoriinae			*Mimogonus*	sp. 1												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae	Paederinae	Paederini			sp. 1															x									
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae	Paederinae			*Biocrypta*	sp. 1															x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae	Paederinae			*Homeotarsus*	sp. 1												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae	Paederinae			*Homeotarsus*	sp. 2																x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae	Paederinae			*Homeotarsus*	sp. 3														x										
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae	Pselaphinae				sp. 1	x															x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae	Pselaphinae				sp. 2								x																
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae	Pselaphinae				sp. 3												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae	Pselaphinae				sp. 4											x													
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae	Tachyporinae				sp. 1												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae	Staphylininae	Staphylinini			sp. 1												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae		Xantholinini			sp. 1												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Staphylinidae		Xantholinini			sp. 2												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Tenebrionidae	Diaperiinae	Gnathidiini	Anopidiina		sp. 1									x															
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Tenebrionidae					sp. 1									x		x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Coleoptera			Tenebrionidae					sp. 2									x														
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Dermaptera								sp. 1	x						x																x
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Dermaptera								sp. 2								x				x				x							
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Dermaptera			Diplatyidae				*Mesodiplatys*	*falcifer*																					X			
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera								sp. 1	x							x															
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera								sp. 2	x							x															
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera								sp. 3								x															
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera								sp. 4																x							

Filo	Subfilo	Classe	Subclasse	Superordem	Ordem	Subordem	Superfamília	Família	Subfamília	Tribo	Subtribo	Gênero	Espécie/Morfoespécie	Lapa do Boqueirão	Gruna da Água Escura I	Gruna Chico Pernambuco	Gruna Domingão	Gruna da Serra Verde	Gruna Viração	Gruna Água Fina	Gruna Bem Bom	Gruna da Altina	Gruna Três Cobras	Gruna do Cocho	Gruna do Enfumado	Gruna do Mandiaçu	Gruna Google	Gruna Vandercir	Gruna Vila Nova	Gruna da Serra Solta III	Gruna da Água Clara	Gruna Pedro Cassiano	Lapa dos Peixes	Gruna do Govi	Gruna do Engrunado	Gruna Boca da Lapa	Gruna da Pinguela II
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera								sp. 5			x																				
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera								sp. 6						x																		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera								sp. 7																x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera								sp. 8																x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera								sp. 9																x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera								sp. 10				x																				
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera								sp. 11				x																				
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera								sp. 12			x																					
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera								sp. 13			x																					
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera	Brachycera							sp. 1								x														x		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera	Nematocera							sp. 1					x			x														x		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera	Nematocera							sp. 2								x																
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera	Nematocera							sp. 3								x																
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera			Cecidomyiidae					sp. 1										1		x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera			Cecidomyiidae					sp. 2												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera			Chironomidae					sp. 1				x						1					x				x				
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera			Culicidae					sp. 1													x										
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera			Dolichopodidae	Sciapodinae			*Condylostylus*	aff. *graenicheri*												x											
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera			Drosophilidae					sp. 1					x							x											
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera			Drosophilidae					sp. 2																						x		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera			Drosophilidae					sp. 3																								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera			Empididae					sp. 1									x															
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera			Keroplatidae					sp. 1	x		x		x			x						x								x	
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera			Keroplatidae	Keroplatinae			*cf. Neoditomyia*	sp. 1												x											
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera			Muscidae					sp. 1	x							x		x	x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera			Mythicomyiidae	Mythicomyiinae			*Tamanduamyia*	*bichuettae*							x																
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera			Phoridae					sp. 1																						x	x	
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera			Phoridae					sp. 2																								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera			Psychodidae	Phlebotominae				sp. 1							x	x		x	x	x	x	x	x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera			Sciaridae					sp. 1								x				x			x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera			Sciaridae					sp. 2																								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Diptera			Tipulidae					sp. 1								x	x															
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Ephemeroptera								sp. 1												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera	Auchenorrhyncha		Cixiidae					sp. 1	x						x	x		x	x				x							x		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera	Auchenorrhyncha		Cixiidae					sp. 2				x				x		x					x									
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera	Auchenorrhyncha		Cixiidae					sp. 3									x															
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Achilidae					sp. 1																x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Aradidae					sp. 1												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Belostomatidae					sp. 1																x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Cicadellidae					sp. 1												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Cydnidae					sp. 1						x	x																	
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Gerridae					sp. 1								x																
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Gerridae					sp. 2																								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Hydrometridae				*Spelaeometra*	*hypogea*												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Hydrometridae					sp. 1																								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Naucoridae				*Gelastocoris*	sp. 1															x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Orthezíidae					sp. 1						x																	
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Reduviidae					sp. 1			x	x	x						x	x				x	x						
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Reduviidae					sp. 2																x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Reduviidae					sp. 3																x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Reduviidae					sp. 4										x														
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Reduviidae					sp. 5										x														
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Reduviidae				*Zelurus*	sp. 1								x		x							x				x	x		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Reduviidae	Emesinae				sp. 1	x				x			x																
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Veliidae					sp. 1	x			x				x	x			x							x			x	x	x
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Veliidae					sp. 2																				x				
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Veliidae				*Paravellia*	sp. 1								x		x	x	x		x		x	x							
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hemiptera			Veliidae		Velliina			sp. 1																								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera		Cynipoidea						sp. 1												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Ceraphronidae					sp. 1												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae				*Pachycondyla*	sp. 1										x														
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae				*Pheidole*	sp. 1								x																
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae				*Pheidole*	sp. 2											x				x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae				*Solenopsis*	sp. 1								x																
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae					sp. 1							x		x			x		x		x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae					sp. 2											x													
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae					sp. 3																x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae					sp. 4											x													
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae					sp. 5																x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae					sp. 6										x														
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae					sp. 7																x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae					sp. 8											x													
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae	Dorylinae			*Labidus*	*praedator*												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae	Ecitoninae				sp. 1			x																				
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae	Formicinae				sp. 1						x																	
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae	Ponerinae			*Hypoponera*	sp. 1								x		x		x			x								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae	Ponerinae			*Hypoponera*	sp. 2												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae	Ponerinae			*Hypoponera*	sp. 3												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae	Ponerinae			*Hypoponera*	sp. 4												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae	Ponerinae			*Hypoponera*	sp. 5												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae	Ponerinae			*Hypoponera*	sp. 6												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae	Ponerinae			*Hypoponera*	sp. 7												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae	Ponerinae			*Hypoponera*	sp. 8																						x	x	x
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae	Proceratiinae				sp. 1			x																					
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Hymenoptera			Formicidae				*Nylanderia*	sp. 1	x										x						x	x	x		x		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Isoptera			Termitidae				*Nasutitermes*	*corniger*						x																	

Filo	Subfilo	Classe	Subclasse	Superordem	Ordem	Subordem	Superfamília	Família	Subfamília	Tribo	Subtribo	Gênero	Espécie/Morfoespécie	Lapa do Boqueirão	Gruna da Água Escura I	Gruna Chico Pernambuco	Gruna Domingão	Gruna da Serra Verde	Gruna Viração	Gruna Água Fina	Gruna Bem Bom	Gruna da Altina	Gruna Três Cobras	Gruna do Cocho	Gruna do Enfumado	Gruna do Mandiaçu	Gruna Google	Gruna Vandercir	Gruna Vila Nova	Gruna da Serra Solta III	Gruna da Água Clara	Gruna Pedro Cassiano	Lapa dos Peixes	Gruna do Govi	Gruna do Engrunado	Gruna Boca da Lapa	Gruna da Pinguela II
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Isoptera			Termitidae				*Nasutitermes*	*ephratae*							x																	
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Isoptera			Termitidae				*Nasutitermes*	*macrocephalus*											x													
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Lepidoptera			Noctuidae					sp. 1	x				x			x		x		x			x		x				x		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Lepidoptera			Tineidae					sp. 1	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x		x				
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Lepidoptera			Tineidae					sp. 2					x			x							x						x		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Lepidoptera			Hesperiidae					sp. 1																								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Neuroptera			Myrmeleontidae					sp. 1								x	x	x						x							
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Odonata								sp. 1			x									x											
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Orthoptera	Acridoidea							sp. 1									x														
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Orthoptera			Gryllidae				*Vanzoliniella*	sp. 1				x																			
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Orthoptera			Gryllotalpidae					sp. 1												x											
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Orthoptera			Mogoplistidae					sp. 1							x		x														
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Orthoptera			Phalangopsidae					sp. 1	x					x		x	x	x	x			x	x		x						
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Orthoptera			Phalangopsidae				*Eidmanacris*	sp. 1			x					x				x											
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Orthoptera			Phalangopsidae				*Eidmanacris*	sp. 2																					x	x	x	
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Orthoptera			Phalangopsidae				*Eidmanacris*	*bernadii*																						x		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Orthoptera			Phalangopsidae				*Endecous*	sp. 1	x		x	x		x		x	x			x		x		x	x				x	x	
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Orthoptera			Phalangopsidae				*Endecous*	*bahiensis*				x	x																		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Orthoptera			Phalangopsidae				*Marcgraviella*	sp. 1				x																			
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Orthoptera			Phalangopsidae				*Endecous (Ramalhoecus)*	*infernalis*																		x	x	x			
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Orthoptera			Phalangopsidae				*Endecous (Endecous)*	*zin*									x				x										
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Orthoptera			Phalangopsidae				*Endecous (Endecous)*	*zaum*					x							x											
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Plecoptera								sp. 1				x																			
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Psocoptera								sp. 1			x	x	x	x	x		x	x	x	x			x	x	x						
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Psocoptera								sp. 2																						x		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Psocoptera								sp. 3																						x		
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Trichoptera			Philopotamidae				*Alterosa*	sp. 1			x	x			x				x	x			x	x							
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Trichoptera								sp. 1																								
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Trichoptera								sp. 2												x												
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Thysanoptera								sp. 1																								x
Arthropoda	Hexapoda	Insecta			Zygentoma			Nicoletiidae					sp. 1	x					x	x	x	x			x			x								x
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Amphipoda			Artesiidae				*Spelaeogammarus*	*ginae*					x																			
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea							sp. 1	x																							
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Armadillidae					sp. 1															x									
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Armadillidae				*Venezillo*	sp. 2									x															
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Armadillidae				*Venezillo*	*dioi*								X																
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Armadillidae				*Venezillo*	*muriloi*																						x		
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Armadillidae				*Diploexochus*	*obscurus*		x																						
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Armadillidae				*Diploexochus*	*exu*																							x	
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Armadillidae				*Diploexochus*	sp. 1	x																							
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Armadillidae				*Gabunillo*	*enfurnado*												x												
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Armadillidae				*Cubaris*	*murina*																						x		
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Dubioniscidae					sp. 1			x					x	x						x									
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Dubioniscidae				*Novamundoniscus*	sp. 1								x							x							x		
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Philosciidae					sp. 1									x															
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Philosciidae					sp. 2																								x
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Platyarthridae					sp. 1															x									
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Platyarthridae				*Trichorhina*	sp. 1					x																	x		
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Platyarthridae				*Trichorhina*	sp. 2																		x	x					
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Platyarthridae				*Trichorhina*	sp. 3																						x		
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Scleropactidae				*Microsphaeroniscus*	sp. 1												x												
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Stylොniscidae					sp. 1																x								
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Stylොniscidae				*Pectenoniscus*	*liliae*			x									x												
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Stylොniscidae				*Pectenoniscus*	*pankaru*																						x		
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Stylොniscidae				*Pectenoniscus*	*carinhanhensis*																		x						
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Stylොniscidae				*Pectenoniscus*	sp. 1					x																			
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Stylොniscidae				*Pectenoniscus*	sp. 2																			x					
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Stylොniscidae				*Pectenoniscus*	sp. 3	x																							
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Stylොniscidae				*Xangoniscus*	sp. 1									x															
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Stylොniscidae				*Xangoniscus*	*aganju*	x		x	x									x					x	x	x			
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Stylොniscidae				*Xangoniscus*	*loboi*																								x
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Stylොniscidae				*Xangoniscus*	*lapaensis*	x																						x	
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Stylොniscidae				*Chaimowiczia*	*obybytyra*					x																			
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Stylොniscidae					sp. 3																		x		x				
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Stylොniscidae					sp. 4																		x		x				
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca			Isopoda	Oniscidea		Stylොniscidae					sp. 5																				x				
Chordata		Actinopterygii			Siluriformes			Heptapteridae				*Rhamdia*	*enfurnada*												x												
Chordata		Actinopterygii			Siluriformes			Heptapteridae				*Rhamdia*	sp. 1																				x				
Chordata		Actinopterygii			Siluriformes			Heptapteridae				*Rhamdiopsis*	sp. 1																						x	x	
Chordata		Actinopterygii			Siluriformes			Trichomycteridae				*Trichomycterus*	*rubbioli*																		x		x				
Chordata		Actinopterygii			Siluriformes			Trichomycteridae				*Trichomycterus*	sp. 1			x																					
Chordata		Actinopterygii			Siluriformes			Trichomycteridae				*Trichomycterus*	sp. 2																			x					
Chordata		Actinopterygii			Characiformes			Prochilodontidae				*Prochilodus*	*costatus*																		x		x				
Chordata		Actinopterygii			Characiformes			Characidae				*Astyanax*	sp. 1														x										
Chordata		Actinopterygii			Characiformes			Characidae				*Astyanax*	*bimaculatus*																				x				
Chordata		Actinopterygii			Characiformes			Characidae				*Astyanax*	*fasciatus*																				x				
Chordata		Actinopterygii			Characiformes			Characidae				*Astyanax*	*lacustris*			x	x																			x		
Chordata		Actinopterygii			Characiformes			Characidae				*Moenkhausia*	sp. 1				x																				
Chordata		Actinopterygii			Characiformes			Erythrinidae				*Hoplias*	*malabaricus*			x									x												
Chordata		Amphibia			Anura			Bufonidae				*Rhynella*	*granulosa*				x							x								x					
Chordata		Amphibia			Anura			Craugastoridae				*Oreobates*	*remotus*								x														x		
Chordata		Amphibia			Anura			Hylidae				*Scinax*	*tropicalia*								x																
Chordata		Amphibia			Anura			Hylidae				*Boana*	*creptans*								x																
Chordata		Amphibia			Anura			Leptodactylidae				*Physalaenus*	*cuvieri*									x							x								
Chordata		Amphibia			Anura			Leptodactylidae				*Leptodactylus*	cf. *latrans*				x																				
Chordata		Amphibia			Anura			Leptodactylidae				*Leptodactylus*	*macrosternum*				x																			x	x	

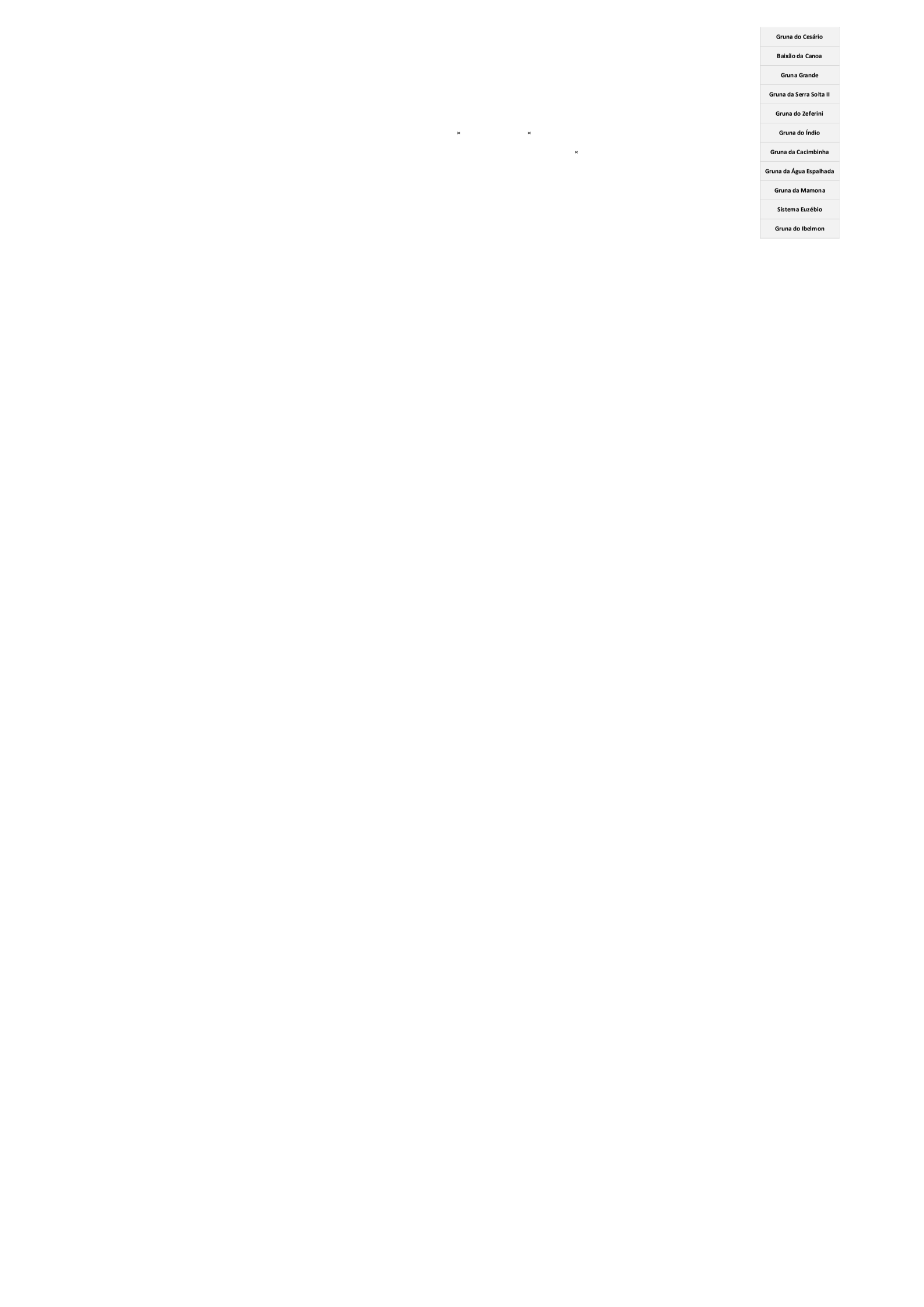
Filo	Subfilo	Classe	Subclasse	Superordem	Ordem	Subordem	Superfamília	Família	Subfamília	Tribo	Subtribo	Gênero	Espécie/Morfoespécie	Lapa do Boqueirão	Gruna da Água Escura I	Gruna Chico Pernambuco	Gruna Domingão	Gruna da Serra Verde	Gruna Viração	Gruna Água Fina	Gruna Bem Bom	Gruna da Altina	Gruna Três Cobras	Gruna do Cocho	Gruna do Enfumado	Gruna do Mandiaçu	Gruna Google	Gruna Vandercir	Gruna Vila Nova	Gruna da Serra Solta III	Gruna da Água Clara	Gruna Pedro Cassiano	Lapa dos Peixes	Gruna do Govi	Gruna do Engrunado	Gruna Boca da Lapa	Gruna da Pingueira II
Chordata		Amphibia			Anura			Leptodactylidae				*Leptodactylus*	*vastus*																							
Chordata		Amphibia			Anura			Odontophrynidae				*Otondophrynus*	sp. 1			x																				

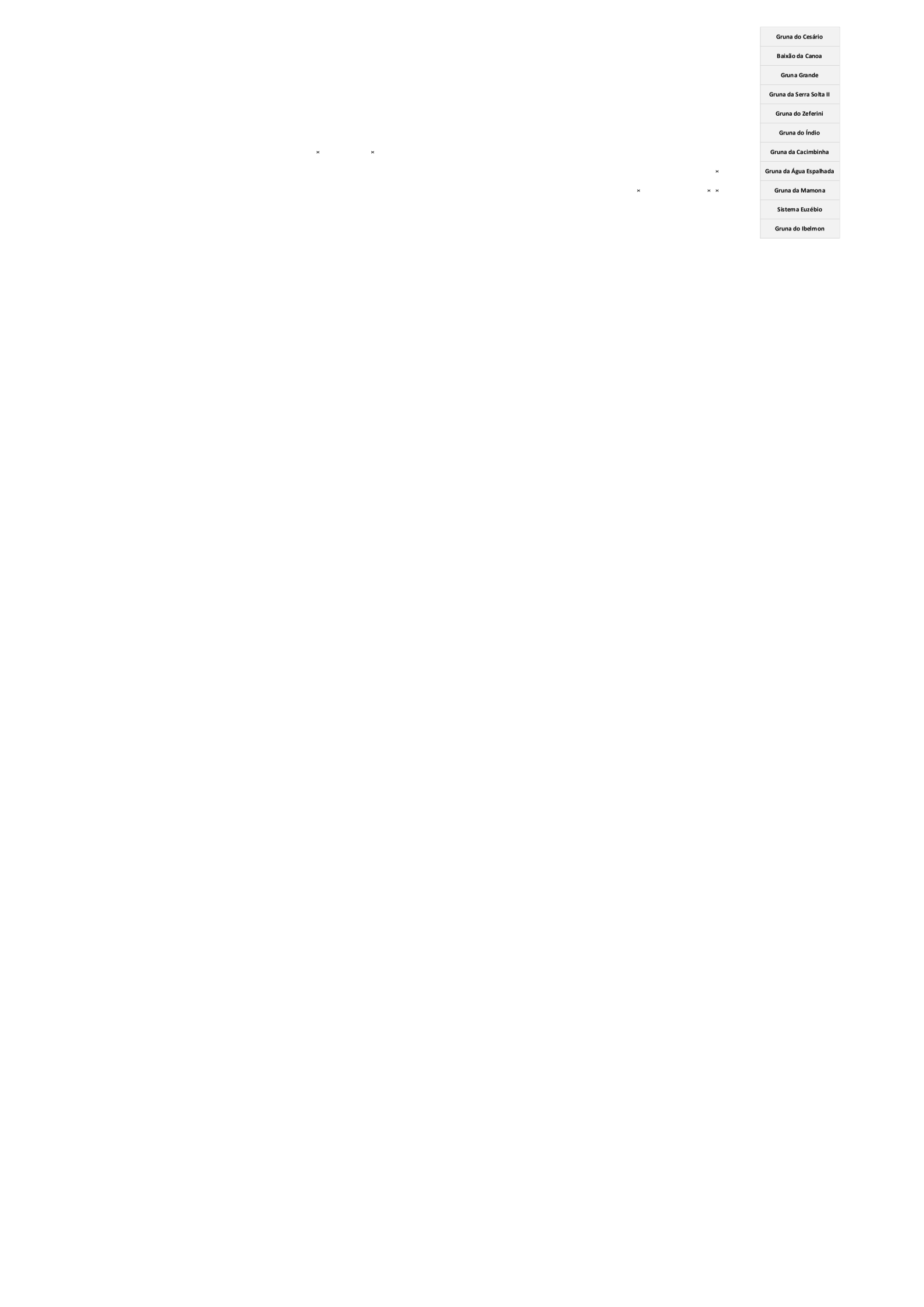

Gruna do Cesário
Baixão da Canoa
Gruna Grande
Gruna da Serra Solta II
Gruna do Zeferini
Gruna do Índio
Gruna da Cacimbinha
Gruna da Água Espalhada
Gruna da Mamona
Sistema Euzébio
Gruna do Ibelmon



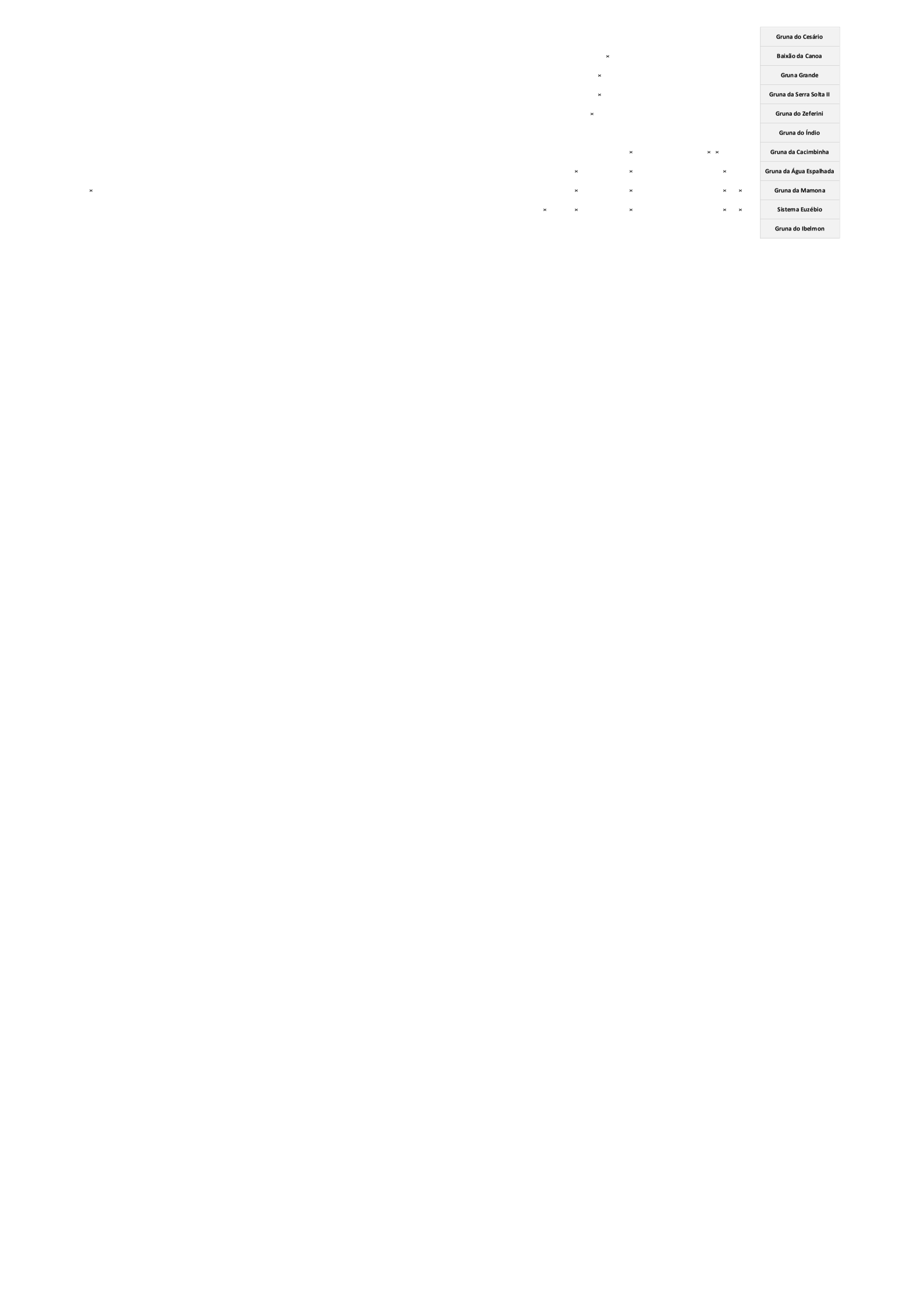
Gruna do Cesário
Baixão da Canoa
Gruna Grande
Gruna da Serra Solta II
Gruna do Zeferini
Gruna do Índio
Gruna da Cacimbinha
Gruna da Água Espalhada
Gruna da Mamona
Sistema Euzébio
Gruna do Ibelmon


Gruna do Cesário
Baixão da Canoa
Gruna Grande
Gruna da Serra Solta II
Gruna do Zeferini
Gruna do Índio
Gruna da Cacimbinha
Gruna da Água Espalhada
Gruna da Mamona
Sistema Euzébio
Gruna do Ibelmon


Gruna do Cesário
Baixão da Canoa
Gruna Grande
Gruna da Serra Solta II
Gruna do Zeferini
Gruna do Índio
Gruna da Cacimbinha
Gruna da Água Espalhada
Gruna da Mamona
Sistema Euzébio
Gruna do Ibelmon


Gruna do Cesário
Baixão da Canoa
Gruna Grande
Gruna da Serra Solta II
Gruna do Zeferini
Gruna do Índio
Gruna da Cacimbinha
Gruna da Água Espalhada
Gruna da Mamona
Sistema Euzébio
Gruna do Ibelmon


Gruna do Cesário
Baixão da Canoa
Gruna Grande
Gruna da Serra Solta II
Gruna do Zeferini
Gruna do Índio
Gruna da Cacimbinha
Gruna da Água Espalhada
Gruna da Mamona
Sistema Euzébio
Gruna do Ibelmon


Gruna do Cesário
Baixão da Canoa
Gruna Grande
Gruna da Serra Solta II
Gruna do Zeferini
Gruna do Índio
Gruna da Cacimbinha
Gruna da Água Espalhada
Gruna da Mamona
Sistema Euzébio
Gruna do Ibelmon

Gruna do Cesário

Baixão da Canoa

Gruna Grande

Gruna da Serra Solta II

Gruna do Zeferini

Gruna do Índio

Gruna da Cacimbinha

Gruna da Água Espalhada

× Gruna da Mamona

Sistema Euzébio

Gruna do Ibelmon



ANEXO II - ARTIGOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS E ESPÉCIES DESCRITAS

REFERENCIAS ANEXO II

2021

Assis L, von Schimonsky DM, Bichuette ME (2021) The first troglobitic Pseudochthonius Balzan, 1892 (Pseudoscorpiones, Chthoniidae) from the karst area of Serra do Ramalho, Brazil: a threatened species. Subterranean Biology 40: 109-128

2022

Pellegrini TG, Bichuette ME, Vieira L (2022) *Coarazuphium bambui* (Carabidae: Zuphiini), a new cave-dwelling beetle from the threatened region of Serra do Ramalho, Brazil. Zootaxa 5129: 557-568

Salvador RB, Silva FS, Bichuette ME (2022) Phylogenetic position of the relict South American genus *Idiopyrgus* Pilsbry, 1911 (Gastropoda, Truncatelloidea), with the description of two new cave species. Zoosyst. Evol. 98: 365-375

Campos-Filho IS, Gallo JS, Gallão JE, Torres DF, Carpio-Diaz YM, López-Orozco CM, Borja-Arrieta R, Taiti S, Bichuette ME (2022) Expanding the knowledge on the diversity of the cavernicolous Styloniscidae Vandel, 1952 (Oniscidea, Synocheta) from Brazil, with descriptions of two new species from the semiarid karst regions. Zookeys 1101: 35-55

Golovatch SI, Gallo JS, Bichuette ME (2022) Two new species of the millipede family Trichopolydesmidae from Bahia state, northeastern Brazil, including a remarkable threatened troglobiont (Diploploda, Polydesmida). Zootaxa 5115: 419-437

Bueno AAP, Bichuette ME, Zepon T, Penoni LR (2022) A new species of the troglobitic genus *Spelaeogammarus* da Silva Brum, 1975 (Amphipoda: Artesiidae) from a cave in the Brazilian semi-arid region, with new records of its congener, *Spelaeogammarus spinilacertus* Koenemann and Holsinger, 2000. Nauplius 30: e2022020

Campos-Filho IS, Gallo JS, Gallão JE, Torres DF, Horta L, Carpio-Diaz YM, López-Orozco CM, Borja Arrieta R, Aguiar JO, Bichuette ME (2022) Unique and fragile diversity emerges from Brazilian caves – two new amphibious species of *Xangoniscus* Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2014 (Oniscidea, Styloniscidae) from Serra do Ramalho karst area, state of Bahia, Brazil. Subterranean Biology 42: 1-22

2023

Brescovit AD, Gallão JE, Cizauskas I (2023) A new species of Pinelema Wang & Li, a relictual telemid spider inhabiting caves in Brazil (Araneae, Telemidae). Zootaxa 5385: 352-364

Assis L, von Schimonsky DM, Gallão JE, Bichuette ME (2023) Contribution to the knowledge of Brazilian troglobitic Pseudoscorpiones (Arachnida): description of *Pseudochthonius lubueno* sp. nov. (Chthoniidae) from Serra do Ramalho karst area, state of Bahia, Brazil. Zoologia 40: e22048

Cordeiro IRS, Bichuette ME, Moreira FFF (2023) A new species of Spelaeometra Polhemus & Ferreira, 2018 (Hemiptera: Heteroptera: Hydrometridae) from a hotspot of troglobites in Brazil, Serra do Ramalho karst area. Animals 13: 3199

Lamas CJE, Mendes LL, Falaschi RL, Evenhuis NL (2023) A second new species of *Tamanduamya* Rafael and Limeira-de-Oliveira (Diptera, Mythicomyiidae, Mythicomyiinae) from Brazil, with discussion of the possible first cave dwelling record of a micro-bee fly. Neotropical Entomology 52: 560-570

Campos Filho IS, Sfenthourakis S, Gallo JS, Gallão JE, Torres DF, Chagas Jr A, Horta L, Carpio-Díaz YM, López-Orozco CM, Borja-Arrieta R, Araújo PB, Taiti S, Bichuette ME (2023) Shedding light into Brazilian subterranean isopods (Isopoda, Oniscidea): expanding distribution data and describing new taxa. Zoosystema 45: 531-599

Subterranean Biology 40: 109–128 (2021)
doi: 10.3897/subtbiol.40.77451
https://subtbiol.pensoft.net

RESEARCH ARTICLE

A peer-reviewed open-access journal
Subterranean Biology
Published by The International Society for Subterranean Biology

The first troglobitic *Pseudochthonius* Balzan, 1892 (Pseudoscorpiones, Chthoniidae) from the karst area of Serra do Ramalho, Brazil: a threatened species

Leonardo de Assis[1], Diego Monteiro von Schimonsky[1], Maria Elina Bichuette[1]

1 *Laboratório de Estudos Subterrâneos, Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington Luís, km 235, PO Box 676, CEP 13565-905, São Carlos, São Paulo, Brazil*

Corresponding author: Diego Monteiro von Schimonsky (dmvschimonsky@gmail.com)

Academic editor: Martina Pavlek | Received 4 November 2021 | Accepted 8 November 2021 | Published 23 November 2021

http://zoobank.org/3209150E-9866-42B1-A8AA-42C5B67A9FEF

Citation: Assis LD, Schimonsky DMV, Bichuette ME (2021) The first troglobitic *Pseudochthonius* Balzan, 1892 (Pseudoscorpiones, Chthoniidae) from the karst area of Serra do Ramalho, Brazil: a threatened species. Subterranean Biology 40: 109–128. https://doi.org/10.3897/subtbiol.40.77451

Abstract

Pseudochthonius ramalho **sp. nov.** is described to Gruna do Vandercir cave, in the Serra do Ramalho karst area, southwestern Bahia, Brazil. This area has an extensive limestone outcrop, with several caves, and the occurrence of potential minerals that are financially attractive for mining projects. The new species shows troglomorphic characteristics such as the depigmentation of the carapace and absence or reduction of eyes. It is a rare troglobitic species, and following the criteria of IUCN, we categorized the species as Critically Endangered – CR, IUCN criteria B1ab(iii)+2ab(iii). According to Brazilian legislation, locations, where critically endangered species live, can be protected by law, and we consider this cave/region to be of maximal relevance for protection.

Keywords

Arachnida, Bahia State, Chthoniinae, conservation, endemic, troglobite

Introduction

Pseudoscorpions are represented in the Brazilian fauna by 14 families and 176 species (Harvey 2013; Schimonsky and Bichuette 2019a; Benavides et al. 2019; Viana and Ferreira

Copyright *Leonardo de Assis et al.* This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

2020; Bedoya-Roqueme et al. 2021). Only 33 species are known to occur in subterranean habitats (caves) belonging to 12 genera and eight families (Beier 1969; Mahnert 2001; Andrade and Mahnert 2003; Ratton et al. 2012; Schimonsky et al. 2014; Viana et al. 2018; Schimonsky and Bichuette 2019b; Viana and Ferreira 2020; Bedoya-Roqueme et al. 2021). The family Chthoniidae includes three subfamilies, Chthoniinae, Tridenchthoniinae, and Lechtyiinae, currently with 50 genera and 769 described species in the world (Harvey 2013; Zhang and Zhang 2014; Gao et al. 2018; Zaragoza and Reboleira 2018; Benavides et al. 2019). It occurs in several regions of the world, with the greatest diversity in the USA (147), Italy (84), Spain (59), Australia (36) (Harvey 2013). In Brazil, the family Chthoniidae has 29 species in eleven genera, *Heterolophus* Tömösváry, 1884, *Tridenchthonius* Balzan, 1887, *Lechthyia* Balzan, 1892, *Pseudochthonius* Balzan, 1892, *Compsaditha* Chamberlin, 1929, *Tyrannochthonius* Chamberlin, 1929, *Austrochthonius* Chamberlin, 1929, *Soroditha* Chamberlin & Chamberlin, 1945, *Neoditha* Feio, 1945, *Cryptoditha* Chamberlin & Chamberlin, 1945 and *Lagynochthonius* Beier, 1951 (Harvey 2013; Lira et al. 2020).

The genus *Pseudochthonius* is characterized by the absence of an intercoxal tubercle, the presence of coxal spines on coxae I and II, and in most cases, having strongly sigmoid palpal chelal fingers (Muchmore 1986; Mahnert and Adis 2002). *Pseudochthonius* is known from Asia (one species from Saudi Arabia), Africa (five species distributed in the Republic of Congo and Ivory Coast), Central America [six living species of which two are troglobites: *P. troglobius* Muchmore, 1986 from Mexico (Muchmore 1986) and *P. arubensis* Wagenaar-Hummelinck, 1948, from the Netherlands Antilles (Wagenaar-Hummelinck1948) and one fossil species (Schawaller 1980)] and South America, with nine species in Brazil (Harvey 2013; Mahnert et al. 2014; Lira et al. 2020), followed by Ecuador with three, Venezuela with two and Uruguay with one species (Harvey 2013). In Brazil, two *Pseudochthonius* species are troglobites (Mahnert 2001), i.e., they have exclusive populations in the hypogean environment: *P. strinatii* Beier, 1969 and *P. biseriatus* Mahnert, 2001. *Pseudochthonius* is one of the four Chthoniidae genera that occurs in Brazilian caves, previously reported only for13 caves, with four species (Beier 1969; Mahnert 2001). Recently, this genus was recorded in other karst areas and biogeographical provinces, increasing its distribution to 37 caves (Schimonsky and Bichuette 2019b).

Here, we describe a new *Pseudochthonius* species found in a single cave in the Serra do Ramalho karst area, southwestern Bahia, Brazil. We also provide data regarding the conservation status of the species and the area.

Material and methods

Study area

The karst area of the Serra do Ramalho region (Fig. 1), southwestern Bahia, Brazil, is composed of rocks containing rare metals with mining potential (Silva Junior and Campos 2016). The region is formed by extensive limestone areas with many caves

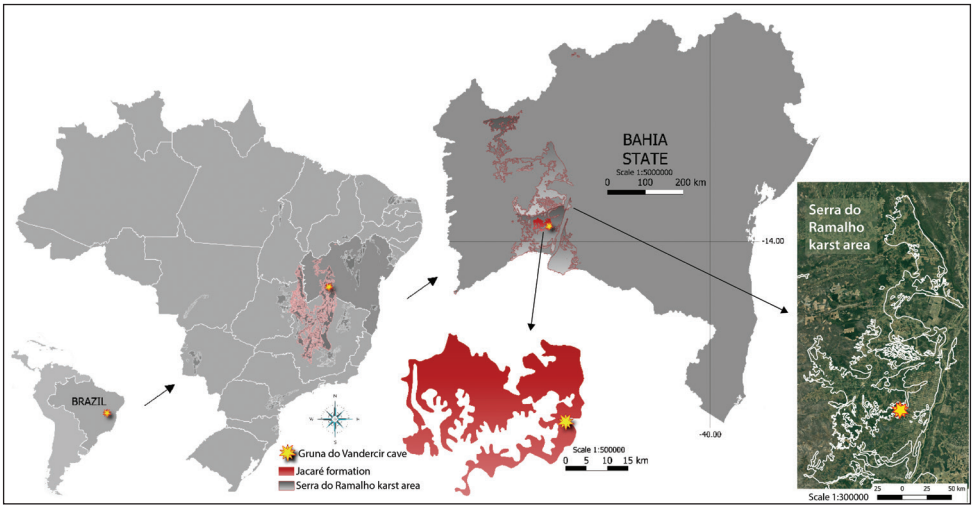


Figure 1. Map depicting the known distribution of *Pseudochthonius ramalho* sp. nov. in Gruna do Vandercir cave, located in Bahia state. The cave belongs to karst area in Jacaré formation, Bambuí group.

and karst system formations (Fig. 2), sheltering a high diversity (e.g., Bichuette and Trajano 2004, 2005; Bichuette and Rizzato 2012; Gallão and Bichuette 2018). It belongs to the Jacaré formation, Bambuí group, composed of dark, heterogeneous limestones, presenting intercalations with layers of claystone, deposited about 750 to 600 million years ago (Rubbioli et al. 2019). The region located in the middle of the São Francisco River basin is characterized by a tropical dry climate, with a dry winter and an average annual precipitation rate between 800 and 1000 mm (Gonçalves et al. 2018).

Material examined and treatment of specimens

Specimens were prepared by immersion in 85% lactic acid at room temperature for two weeks (Judson 1992). They were then examined by preparing temporary slide mounts with 10 mm coverslips supported by sections of nylon fish line (Harvey 2021). Specimens were examined with Nikon SMZ660 Stereomicroscope and Leica DMLS compound microscope and the male holotype was illustrated with the aid of a camera lucida. The female specimen was examined and illustrated through a Scanning Electron Microscope (SEM, FEI Quanta 250) in low-vacuum mode (ESEM) located at the "Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia dos Hymenoptera Parasitoides da Região Sudeste Brasileira". After the study, the male specimen was cleaned in water and returned to 70% ethanol with its dissected parts in glass vials, and the female specimen was stored dry, due to the SEM picturing process.

Images (Figs 4, 10) were taken with a Leica DFC 295 camera attached to a Leica M205C stereomicroscope with a Planapo 1.0× objective. Figures were produced from stacks of images on Leica Application Suite (LAS) software v3.7. The drawings were

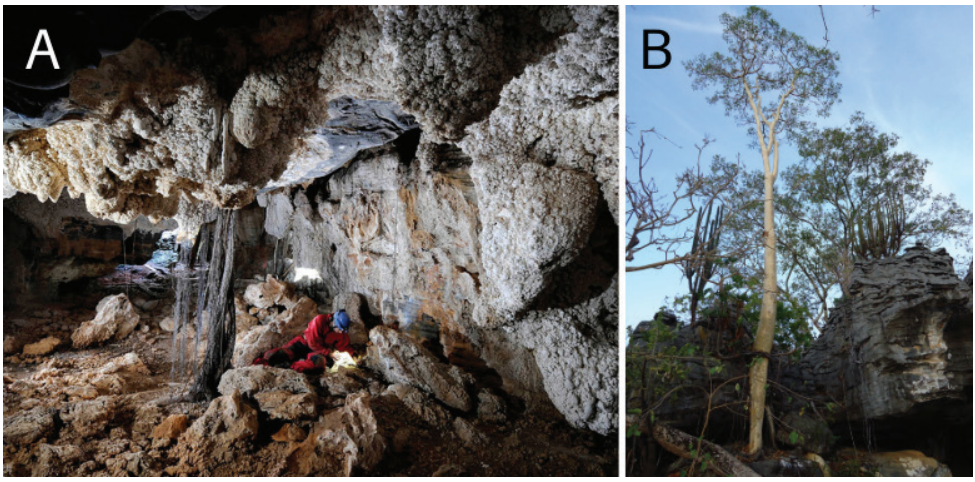


Figure 2. A Gruna do Vandercir cave **B** surroundings of Gruna do Vandercir cave with its dry characteristic vegetation (Images **A** Adriano Gambarini **B** Maria Elina Bichuette).

digitized and vectorized on Illustrator CC 2019. The maps were produced with the software QuantumGis Desktop 3.6.0 (QGis Open Source Geospatial Foundation). The coordinates were obtained from field trips to the study location with a global positioning system (GPSGarmin 60CSx).

The examined specimens are deposited in Laboratório de Estudos Subterrâneos, in Universidade Federal de São Carlos (LES, curator: Maria Elina Bichuette). For comparative purpose of some morphological characters like classical troglomorphisms in pseudoscorpions (eyes/ocular structures, proportionally longer body, and ratio pedipalpal chela/carapace), the new species was compared to two hypogean species, and one undetermined epigean species of *Pseudochthonius* sp.

Comparative material. Brazil – **Parana Forest Province** • *Pseudochthonius strinatii*;1♂, São Paulo, Iporanga, Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira, Sumidouro da Passoca cave; 24°33'57"S, 48°43'W; 03.xii.2013; Bichuette ME, Gallão JE, Fernandes CS, Rizzato PP, Fonseca R and Arnone I leg.; LES9391. – **Parana Forest Province** • *Pseudochthonius biseriatus*; 1♂Minas Gerais, Itacarambi, Olhos d'Água cave; 15°7'0.10"S, 44°10'0.10"W; 24.vii.2012; Bichuette ME, Gallão JE, and Rizzato PP leg.; LES9434. – **Caatinga Province** • *Pseudochthonius* sp. undetermined species; 1♂; Bahia, Carinhanha, epigean habitat near Viração cave; 26.vii.2012; LES9629.

Terminology and mensuration

The terminology and measurements mostly follow Chamberlin (1931). Legs, pedipalps, and trichobothria terminology follows Harvey (1992) except for the chelal movable finger, which follows Mahnert et al. 2014. For chelicera Judson (2007), chaetotactic formulae of chelicera follow Gabbutt and Vachon (1963) and the duplex trichobothria follow Judson (2018).

Abbreviations

♂ male; ♀ female.

chelal trichobothria:

b	basal;	***isb***	interior sub–basal;	***est***	exterior sub–terminal;
sb	sub–basal;	***ist***	interior sub–terminal;	***et***	exterior terminal;
st	sub–terminal;	***it***	interior terminal;	***dx***	duplicate trichobothria.
t	terminal;	***eb***	exterior basal;		
ib	interior basal;	***esb***	exterior sub–basal;		

cheliceral setae:

gl	galeal;	***db***	dorsal basal;	***di***	isolated subapical tooth.
dt	dorsal terminal;	***vt***	ventral terminal;		
dst	dorsal sub–terminal;	***vb***	ventral basal;		

The following body structures were measured and compared proportionally for the characterization of possible troglomorphisms: carapace; chelal hand; chelal fixed finger (Christiansen 2012; Harvey and Wynne 2014; Feng et al. 2020; Harvey and Cullen 2020).

Results

Taxonomy

Family Chthoniidae Daday, 1889
Subfamily Chthoniinae Daday, 1889
Tribe Chthoniini Daday, 1889
Genus *Pseudochthonius* Balzan, 1892

***Pseudochthonius ramalho* Assis, Schimonsky & Bichuette, sp. nov.**
http://zoobank.org/5558E734-180A-43B0-B4D4-5BDA609AC030
Figs 3–8

Type material. *Holotype*: 1 ♂ (LES9601) Brazil Caatinga province, Serra do Ramalho karst area, Serra do Ramalho, Bahia, Gruna do Vandercir cave; 13°38'11.40"S, 43°50'5.10"W; 31 May 2012; Bichuette ME, Gallão JE, Hattori N leg. ***Paratype*:** 1 ♀ (LES9602), same data as holotype.

Etymology. The species is named after the region of Serra do Ramalho due to its importance regarding the speleological heritage and the unique fauna and flora diversity. The name is to be treated as a noun in apposition.



Figure 3. Holotype of *Pseudochthonius ramalho* sp. nov. in natural habitat, at Gruna do Vandercir cave, Serra do Ramalho, Bahia. (Image: Adriano Gambarini).

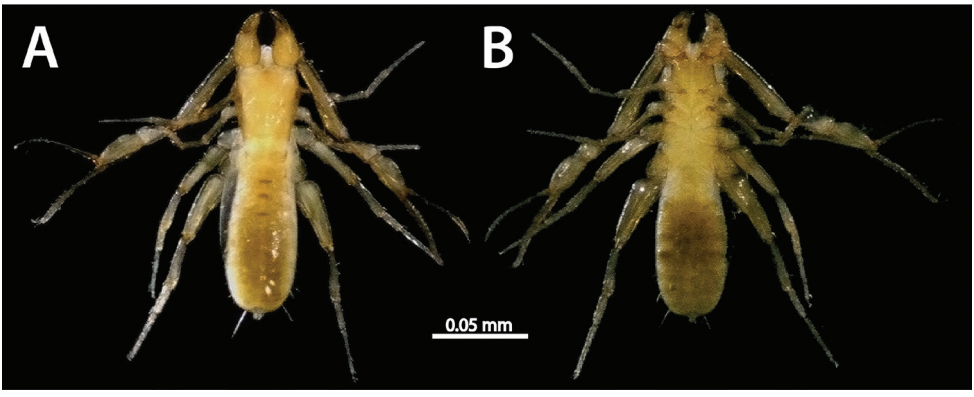


Figure 4. *Pseudochthonius ramalho* sp. nov. holotype male, habitus **A** dorsal view **B** ventral view.

Diagnosis. *Pseudochthonius ramalho* sp. nov. can be identified by the following combination of characters: eyes absent (♂) or with eyes-spots (♀); the middle and distal fixed chelal finger teeth positioned two by two with 29–30 acuminate teeth and 3–4 slightly basally rounded ones, the presence of two rounded micro–denticles, along with pedipalpal fixed finger teeth in males; trichobothria *ist* closer to *esb* than to the *est* (ratio *ist-est*/*ist-esb* = 4.71); serrula exterior with 13 (♂) or 14 (♀) lamellae, rallum with seven blades, and coxae I and II with 3 to 5 coxal spines.

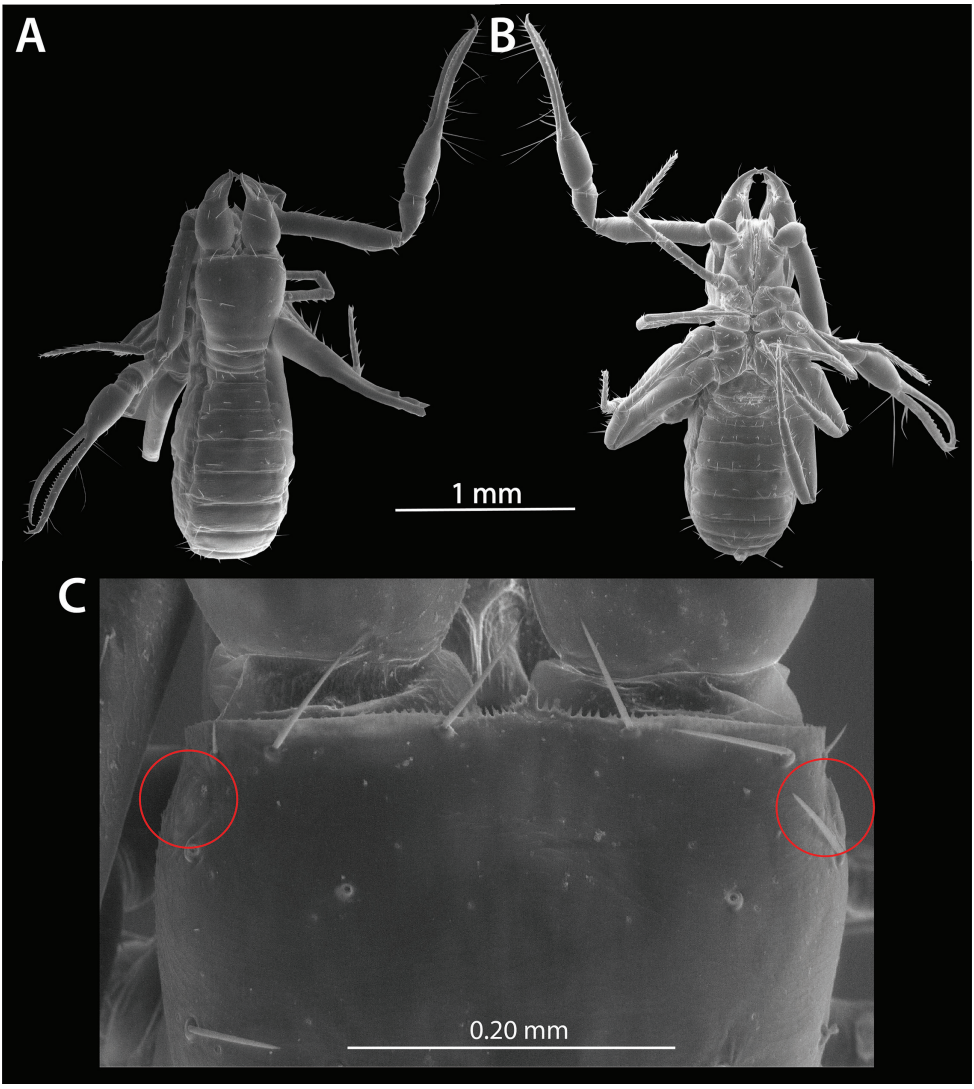


Figure 5. *Pseudochthonius ramalho* sp. nov. scanning electron images. Paratype female, habitus **A** dorsal view **B** ventral view **C** zoom in on the anterior margin of the carapace with eye spots denoted with red circle. (Images: Luciana B. R. Fernandes).

Description (adult ♂ and ♀). ***Body*:** Coloration of specimens in 70% ethanol yellowish brown and translucent pedipalps, tergites III–V with a dark median mark, and a darker abdominal region. Live specimens present a light pinkish color on their carapace and appendages, and a light brown abdomen. Female is slightly smaller than male.

Chelicera (Figs 6A, 7B, C): five setae on left hand, with one seta on the basal position of the fixed finger and one nearly the basal seta on the movable finger; six setae on the right hand; without the lateral microsetae; fixed finger with 10–11 (♂

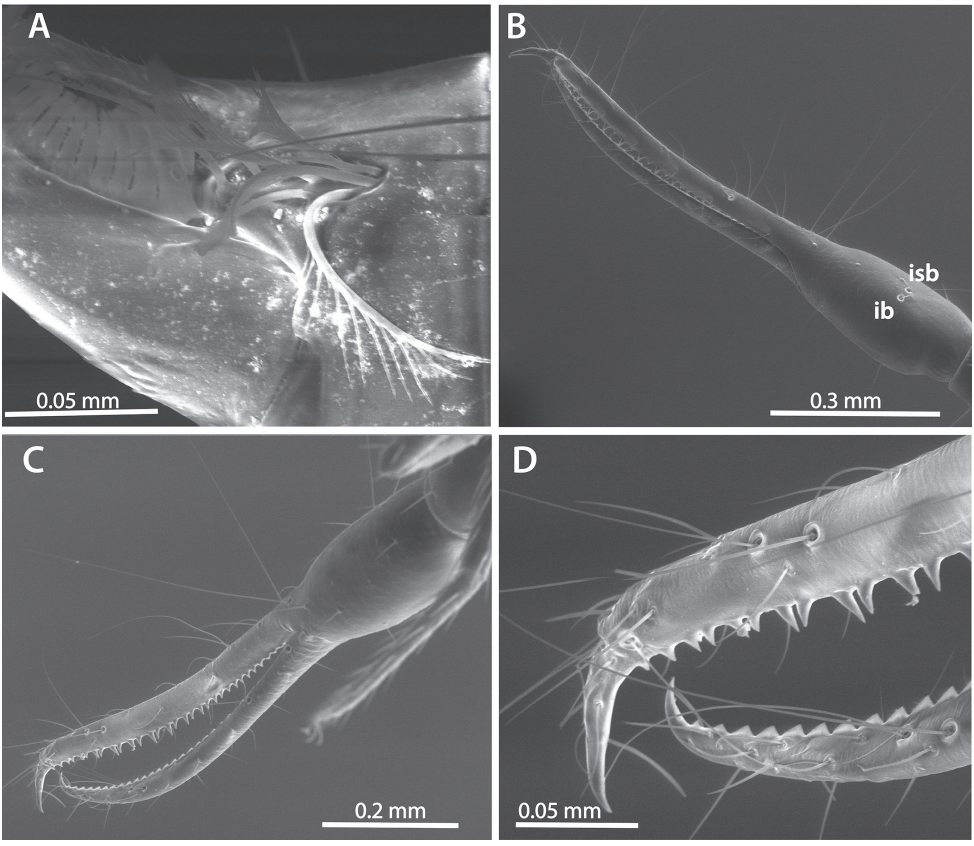


Figure 6. *Pseudochthonius ramalho* sp. nov. female paratype scanning electron images **A** detail on the right chelicera of serrula exterior and *rallum* **B** detail on the right pedipalp trichobothrium *isb* and *ib*, lateral **C** left pedipalp **D** detail on the left pedipalp teeth. (Images: L. B. R. Fernandes).

and ♀) teeth proximally reduced in size; movable finger with 9 (♂) or 8(♀) teeth proximally reduced in size, three distal teeth distinctly larger than others and with subapical isolated tooth (*di*). Spinneret moderately prominent and apically rounded in female, vestigial in male. Seta *gl* 0.15 mm from base of movable finger. Serrula exterior with 13 (♂),14 (♀) lamellae. Rallum with seven blades pectinated. Dorsal face of cheliceral palm with four lyrifissures, three lyrifissures situated near seta *dt* and one situated posteriorly.

Pedipalp (Figs 6B–D, 8A–F): 1.4 (♂),1.2 (♀) × longer than carapace and 2.2 (♂), 2.6 (♀) × longer than patella; movable finger 1.6 (♂), 1.9 (♀) × longer than hand; fixed finger 1.65 (♂),1.72 (♀) × longer than hand. Fixed chelal finger long and strongly sigmoid in its distal half. Male fixed finger with 33 acute teeth, distinctly separated from each other, but paired and in each pair, one tooth is slightly directed to inside and the other to the outside, and micro–denticles in two interdental spaces, on teeth 15 and 29, respectively. Female fixed finger with 31 teeth arranged as in as in male. Mov-

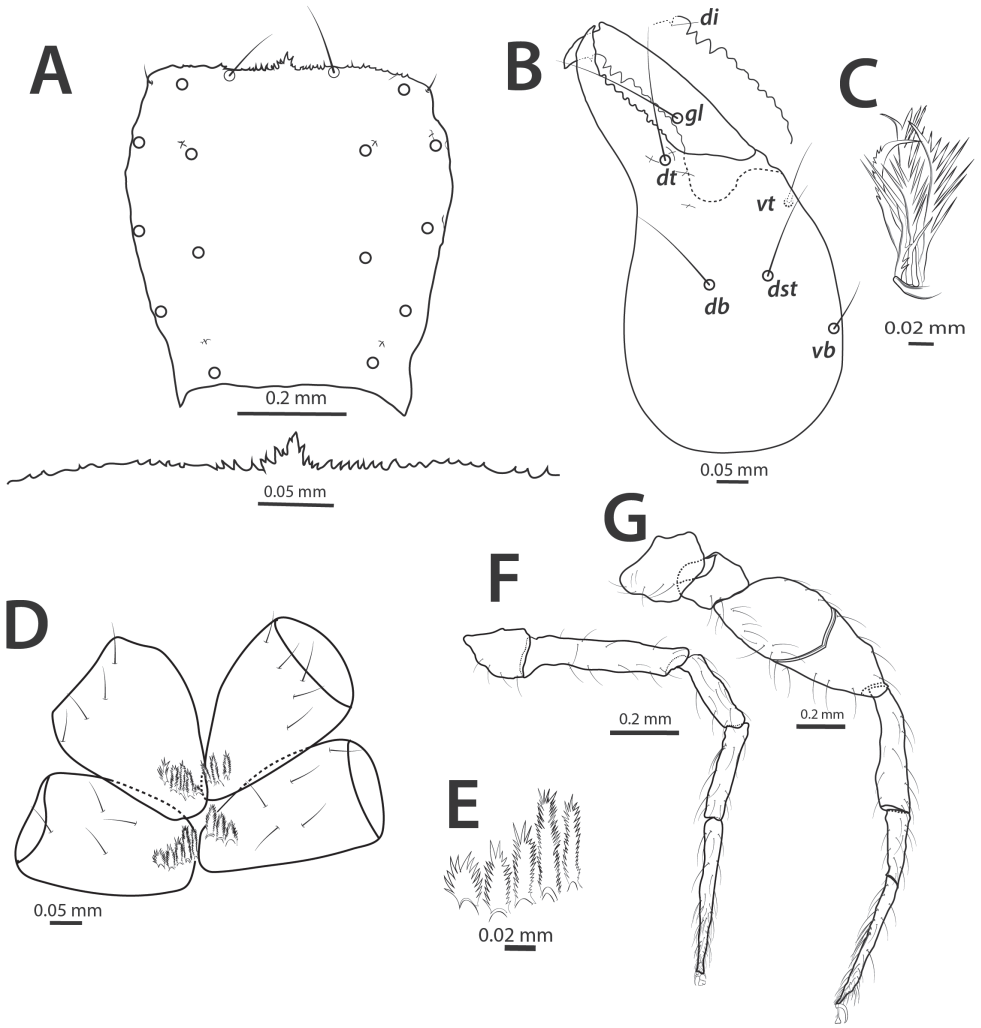


Figure 7. *Pseudochthonius ramalho* sp. nov., male **A** carapace dorsal view, and detail of the anterior margin (with the epistome) **B** right chelicera (dorsal view) **C** detail of the rallum **D** coxa I and II **E** details of coxal spines **F** leg I (lateral view) **G** leg IV (lateral view).

able finger with 30–33(♂ and ♀) flattened and separated teeth. Trichobothria: *ib* and *isb* situated close to each other sub–medially in the dorsal region of the chelal hand; *eb* closer to *esb* than to *ist*, forming a straight oblique row at the base of the fixed chelal finger; *ist* closer to *esb* than to the *est* (ratio *ist–est/ist–esb* = 4.71); *et* slightly near the tip of the fixed finger, near to the chelal teeth; *dx*, located near to the end of the fixed finger; *sb* closer to *b* than to *st* in the movable chelal finger (ratio *sb–st/sb–b* = 3.37); *t* closer to *st* and situated at the same level as *est*.

Carapace (Fig. 7A): Carapace 1.09× longer than broad, posteriorly constricted, chaetotaxy 4:4:4:2:2 (16), one preocular microseta on each side; eyes absent on male

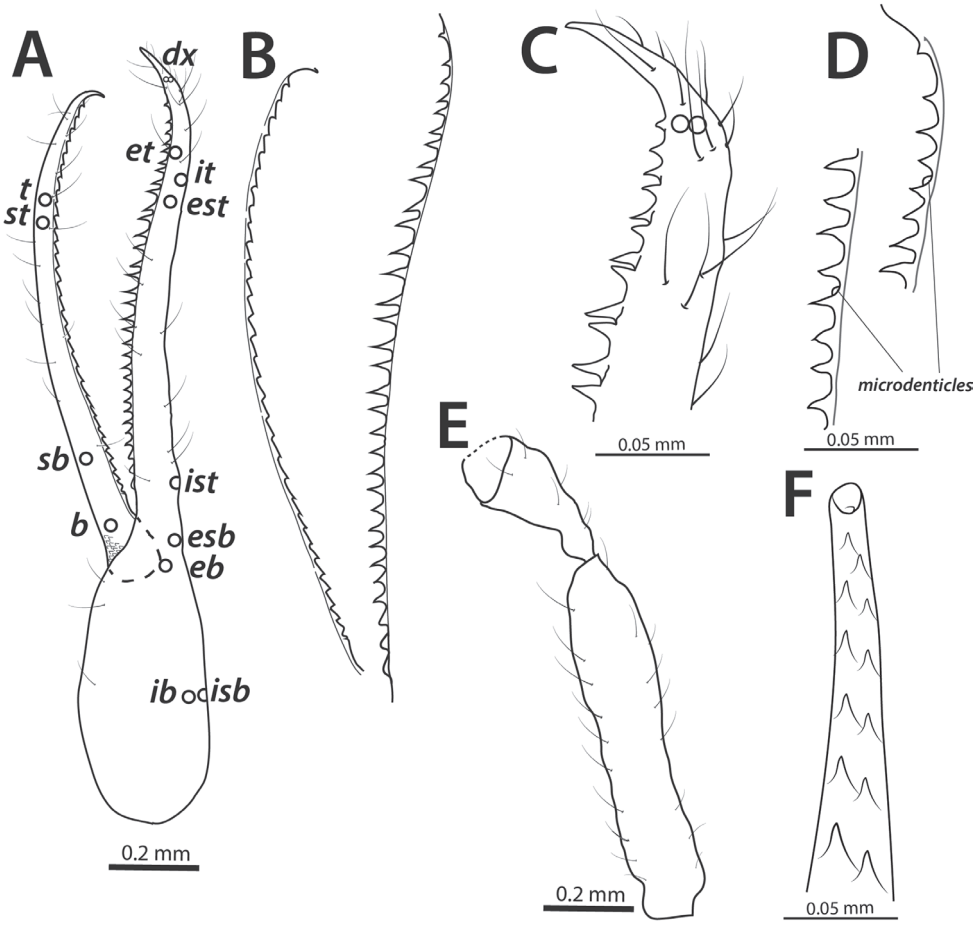


Figure 8. A holotype left pedipalp showing the trichobothria distribution **B** details of chelal teeth **C** distal part of fixed chelal finger (lateral view) **D** detail with emphasis on the micro–denticles in two interdental spaces, on teeth 15 and 29, respectively **E** pedipalp femur **F** distal part of fixed chelal finger (ventral view).

and a tiny eyespot on female; anterior margin distinctly serrate with median denticles larger than lateral ones; epistome prominent and dentate (Fig. 7A–C); 3 lyrifissures anteriorly, 1 medially and 2 posteriorly.

***Abdomen*:** Chaetotaxy of tergites I–XI: ♂, 4: 4: 4: 4: 6: 6: 6: 6: 6: 5: 3; ♀, 4: 4: 4: 4: 5: 6: 6: 6: 6: 5: 3. Chaetotaxy of sternites III–XI: (♂/♀) 12: 13: 8: 8: 8: 8: 6: 5: 2, anal cone 0/2 setae.

***Genital area*:** Anterior genital operculum with 8 (♂), 9 (♀) marginal and discal setae, arranged triangularly in male, with 7–8 unmodified marginal setae on each side; posterior operculum with 6 setae in female.

Coxae (Fig. 7D, E): Manducatory process distally acute, with 2 setae; pedipalpal coxa with 3 setae, coxa I and II with 4–5 setae on anterior margin and 3–5 highly dented coxal spines in decreasing size distally, coxa III with 7 setae and coxa IV with 8 setae; intercoxal tubercle absent.

Table 1. Measurements (in mm) and proportions (l/b, length/breadth; l/d, length/depth) of the holotype male and paratype female of *Pseudochthonius ramalho* sp. nov.

	Holotype (Paratype)	Holotype (Paratype) l/b; l/d
Body	1.55 (1.45)	
Carapace	0.46/0.42 (0.45/0.42) narrower part posteriorly 0.27 (0.275)	1.1 (1.0)
Pedipalpal trochanter	0.18/0.12 (0.16/0.11)	1.6 (1.5) l/b
Pedipalpal femur	0.65/0.16 (0.54/0.13)	4.1 (4.1) l/b
Pedipalpal patella	0.29/0.15(0.25/0.12)	4.1 (2.1) l/b
Pedipalpal chela	0.90/0.20 (0.81/0.14)	4.5 (5.8) l/d
Pedipalpal hand	0.35/0.20 (0.29/0.14)	1.9 (2.1) l/d
Pedipalpal fixed finger	0.58/0.05 (0.50/0.02)	
Pedipalpal movable finger	0.57/0.04 (0.55/0.02)	
Chelicera	0.39/0.19 (0.38/0.18)	2.1 (2.1) l/b
Chelicera movable finger	0.18 (0.17)	
Leg I femur	0.35/0.06 (0.36/0.05)	5.9 (7.2) l/d
Leg I patella	0.18/0.05 (0.16/0.05)	3.6 (3.2) l/d
Leg I tibia	0.21/0.04 (0.15/0.04)	5.2 (3.8) l/d
Leg I tarsus	0.33/0.03 (0.29/0.03)	11 (9.6) l/d
Leg IV trochanter	0.18/0.16 (0.16/0.13)	1.1 (1.2) l/b
Leg IV femur + patella	0.76/0.28 (0.70/0.12)	2.7 (5.8) l/d
Leg IV tibia	0.38/0.08 (0.16/ 0.05)	4.7 (3.2) l/d
Leg IV basitarsus	0.19/0.05 (0.18/0.05)	3.8 (3.6) l/d
Leg IV telotarsus	0.35/0.03 (0.34/0.02)	11.6 (17) l/d

Legs (Fig. 7F, G): Typical of the genus (Chamberlin 1929).
***Measurements and ratios*:** see Table 1.

Taxonomic remarks

The new species *Pseudochthonius ramalho* sp. nov. is compared with other hypogean and epigean *Pseudochthonius* species. It most resembles other Brazilian species of *Pseudochthonius* that lack eyes, and occur in caves, like *P. strinatii* and *P. biseriatus*. *Pseudochthonius ramalho* sp. nov. has 5 coxal spines, almost ever–increasingly arranged; sternites V–VIII with 8 setae on sternal chaetotaxy; trichobothrium *ist* is 4× farther from *est* than from *esb*; the middle and distal fixed chelal finger teeth differ only in their direction, but not in their size or shape, with teeth arranged two by two; male is slightly larger; it has pedipalpal patella and pedipalpal femur proportionally larger and smaller (4.1 ♂ and ♀). Differently, *Pseudochthonius strinatii* has 2 longer and 2 shorter coxal spines; sternal chaetotaxy with 6 setae on each sternite; the position of trichobothria *ist* is 3× farther from *est* than from *esb*; its fixed chelal finger teeth show heterodontism; pedipalpal patella and pedipalpal femur proportionally smaller (2.0 ♂) and larger (5.3–6.1 ♂), respectively. *Pseudochthonius biseriatus* has 2 setae on tergites I and II, a rallum with nine setae, and 37–41 teeth arranged in an offset manner; chelal length 1.24–1.39. In contrast, *P. ramalho* sp. nov. has four setae on tergites I and II, a rallum with seven blades, and chela fixed finger with 30–33 teeth; chelal length 0.81–0.90. All three species share the unpigmented tegument with other troglobitc

Pseudochthonius species, like *P. troglobius* and *P. pulchellus* (Ellingsen, 1902). However, *P. ramalho* sp. nov. differs from these and from *P. biseriatus* and *P. strinatii* due the presence of ocular spots in the female. Other nontroglobitic *Pseudochthonius* present in Brazilian caves, have eyespots (*P. gracilimanus* Mahnert, 2001 and *P. ricardoi* Mahnert, 2001). *Pseudochthonius troglobius* has a pedipalpal fixed finger with 65 teeth, and proportionally larger body features (e.g., movable finger 2.14× longer than hand). This is different from *P. ramalho* sp. nov. with 30–33 teeth in the fixed pedipalpal finger and a proportionally smaller body (e.g., movable finger 1.6× longer than hand). Considering the number of marginal teeth on the pedipalpal movable finger, *P. ramalho* sp. nov. resembles *P. gracilimanus* and *P. strinatii* with 30–33 teeth (Beier 1969; Mahnert 2001), but it differs from the *P. biseriatus* (34–37), *P. ricardoi* (43), and the epigean *P. orthodactylus* Muchmore, 1970 (7) (Muchmore 1970; Mahnert 2001). Also, *Pseudochthonius ramalho* sp. nov. tarsus of leg I (9.6–11× longer than deep) is similar to other brazilian cave-dwelling species like *P. biseriatus* (10.3–11.0), *P. strinatii* (9.5–10.7), *P. ricardoi* (10.1) and is longer than the epigean species *P. tuxeni* (7.3) (Beier 1969; Mahnert 1979; Mahnert 2001).

Discussion

Distribution of the genus *Pseudochthonius* in Brazil

Species of *Pseudochthonius* occur in five Brazilian states (Fig. 9): in the state of São Paulo (southeastern Brazil) with representatives of *P. strinatii* and *P. ricardoi* in cave habitats (Alto Ribeira karst area) and *P. brasiliensis* (in the region of Barueri); in state of Minas Gerais (southeastern Brazil), with the troglobitic species *P. biseriatus* endemic to the cave Olhos d'Água; in the state of Bahia (northeastern Brazil), with the new species described herein *P. ramalho* sp. nov., troglobitic and endemic of to Gruna do Vandercir cave, and also *P. gracilimanus* in cave habitat; in the state of Pará (northern Brazil) with representatives *P. orthodactylus* and *P. tuxeni*; and in the state of Amazonas (northern Brazil) the species *P. homodentatus* has been found in the Ducke Reserve and *P. heterodentatus* Hoff, 1946 was registered in the Urucu river basin (Aguiar and Bührnheim 1994). However, recently, this genus was recorded in other karst areas and biogeographical provinces, increasing its distribution to 37 more caves (Schimonsky and Bichuette 2019b).

Troglomorphic traits

Troglomorphic traits are characteristics that propose a relationship between hypogean species and the subterranean environment, associated with behavior, physiology, and mainly, morphology. Although these characteristics are useful to differentiate hypogean from epigean species, they do not explain the direct connection between the subterranean habitats and the species that inhabit it (Juberthie and Decu 1994).

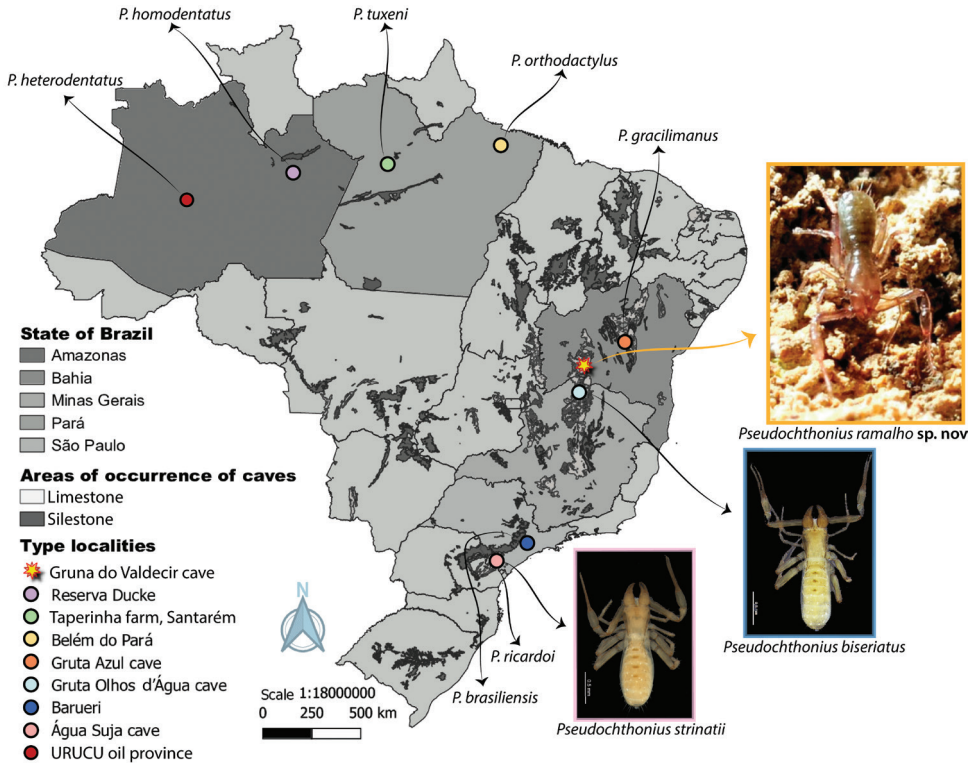


Figure 9. Distribution of epigean and hypogean *Pseudochthonius* species in Brazil, with troglobitic representatives detached.

Most families of pseudoscorpions have at least one troglomorphic feature. Chthoniidae can be considered one of the most important families regarding occurrence in subterranean habitats (Harvey et al. 2000; Reddell 2012). The most common troglomorphic characteristics are eye reduction and cutaneous melanin depigmentation, classified as regressive evolution (Christiansen 2012), in addition to progressive morphological changes, such as appendages elongation, which is fundamental for spatial orientation, defense, and predation in a habitat with the absence of light (Chamberlin and Malcolm 1960; Christiansen 2012). Examples of progressive morphological changes could be the comparison in the proportional length of the different body parts of different species, which highlights the appendages elongation, e.g., the tibia and the tarsus and of leg I. The hypogean species *Pseudochthonius ramalho* sp. nov. (5.2× longer than deep; 9.6–11× longer than deep), *P. biseriatus* (6.0× longer than deep; 10.3–11× longer than deep), *P. strinatii* (4.8× longer than deep; 9.5–10.7× longer than deep), *P. ricardoi* (5.3× longer than deep; 10.1× longer than deep). In the epigean species, *P. heterodentatus* (3.6× longer than deep; 10.0× longer than deep) and *P. tuxeni* (3.6× longer than deep; 7.3× longer than deep). Nevertheless, the epigean fauna of pseudoscorpions in South America is still little known (Mahnert and Addis 2002), which makes it

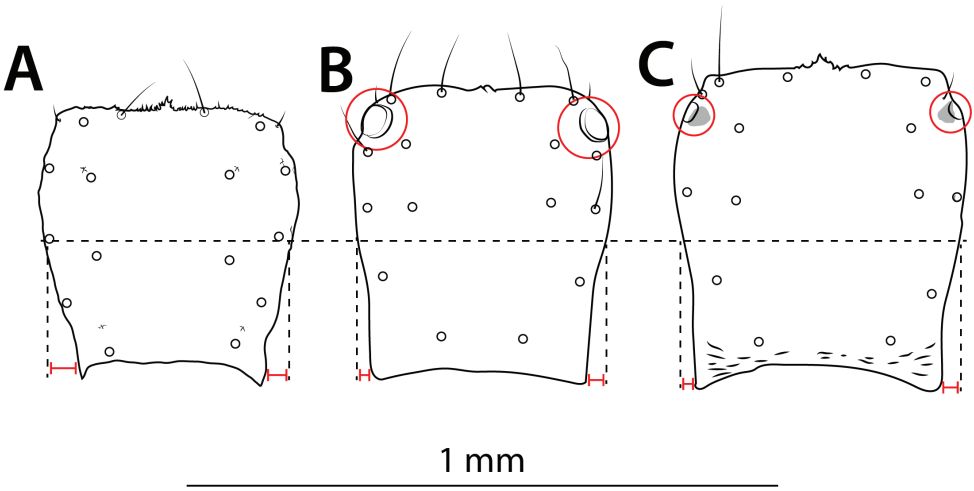


Figure 10. Morphological differences on the carapace of hypogean and epigean species of *Pseudochthonius*: eyes (denoted with red circle), and the narrowing of the posterior region of the carapace (marked with dashed line on the sides of the carapace) **A** hypogean *P. ramalho* sp. nov. (male) **B** epigean *P. thibaudi* **C** epigean *P. arabicus*.

difficult to compare hypogean and epigean individuals for the establishment of new troglomorphic characteristics. The female of the new species *P. ramalho* sp. nov. has ocular spots (Fig. 5) and the male has no ocular features. These characteristics should indicate a troglomorphic traits, that is, characters adapted to life in the subterranean environment (Fong 2012). Thus, these features can be compared with other Brazilian cave species (non–troglobitic), which have two small eyes (*P. gracilimanus*) or indistinct eye spots (*P. ricardoi*). When compared with some epigean species (*P. thibaudi* Castri, 1983 and *P. arabicus* Mahnert, 2014) it is noted that the absence or reduction of ocular traces is a troglomorphic trait (Fig. 10).

Pseudochthonius ramalho sp. nov. (Fig. 11A), *P. strinatii* (Fig. 11B) and *P. biseriatus* (Fig. 11C) show a narrowing in the carapace from the anterior to the posterior margin of the carapace of approximately 0.28 mm (anterior region 1.57× broad than longer), 0.26 mm (anterior region 1.61× broad than longer) and 0.29 mm (anterior region 1.37× broad than longer), respectively, when compared to the epigean *Pseudochthonius* sp. (unidentified species) (Fig. 11D), which is about 0.41 mm wide (anterior region 0.92× broad than longer), this could be another troglomorphic trait, like the so–called "false physogastry" in some cave beatles, like Leptodirini (Faille 2019).

In the pedipalpal chela of the three hypogean species, there is a slight decrease in the length and width of the hand and a significant increase in the length of the fixed finger. These pseudoscorpions have, respectively, the following length and width: hand (in mm) – 0.29/0.14 in *P. ramalho* sp. nov. (Fig. 11A1), 0.27/0.14 in *P. strinatii* (Fig. 11B1) and 0.26/0.13 in *P. biseriatus* (Fig. 11C1), and fixed finger (in mm) –0.59/0.04, 0.63/0.03 and 0.54/0.03, respectively. These values contrast with the ones observed in the epigean species *Pseudochthonius* sp.: hand (in mm) –0.31/0.19 and fixed finger

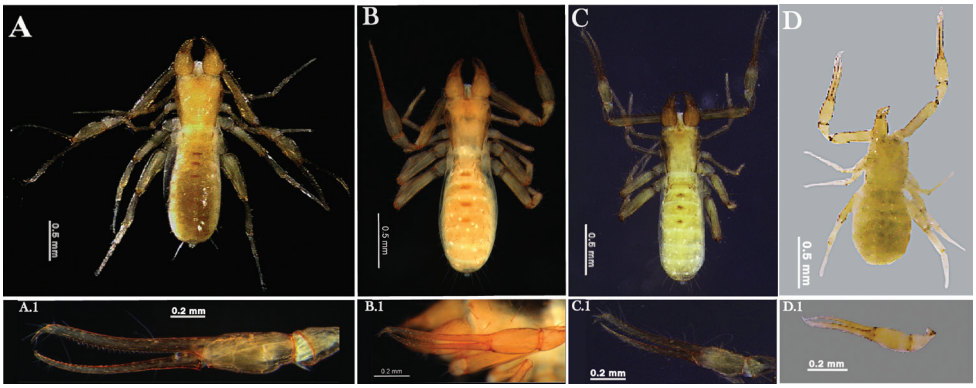


Figure 11. Comparison of morphology among some species of *Pseudochthonius* from Brazil **A** Holotype *Pseudochthonius ramalho* sp. nov. (troglobitic) (LES9601) and left chela (**A1**) **B** *Pseudochthonius strinatii* (troglobitic) (LES9391) and pedipalp detail (**B1**) **C** *Pseudochthonius biseriatus* (troglobitic) (LES9434) and pedipalp detail (**C1**) **D** *Pseudochthonius* sp. (epigean) (LES9629) and pedipalp detail (**D1**) (Images: **A** D. M. von Schimonsky; **A1–C1** L.B.R Fernandes; **D–D1** M. E. Bichuette).

(in mm) –0.49/0.04. Our observations corroborate that, for Chthoniidae, we cannot infer troglomorphism concerning to a single character (such as body pigmentation), but rather to a combination of traits (eyes/ocular structures, thinning of the cuticle, proportionally longer body, pigmentation, and ratio pedipalpal femur/carapace).

Conservation remarks

The Serra do Ramalho region is formed by several masses of carbonate rocks, thus enabling the occurrence of many karst features, including caves. Cave extensions range from hundreds of meters to more than 5 km, some exceeding 15 km (Rubbioli et al 2019). Another record of great importance is the great potential regarding subterranean fauna for both invertebrates and vertebrates (e.g., Baptista and Giupponi 2002; Pérez and Kury 2002; Bichuette and Trajano 2004; Bichuette and Trajano 2005; Trajano et al. 2009; Bichuette and Rizzato 2012). The issues related to the preservation of the subterranean environments in this karst region are directly influenced by the corresponding epigean environment. As the subterranean organisms use allochthonous organic matter, they rapidly suffer from the effects of any changes that occur to the epigean environment, e.g., deforestation and surface water pollution. Thus, studies demonstrate that the vast diversity of subterranean fauna is extremely important as an indicator of the health of the overall area (Bichuette et al. 2013; Gallão and Bichuette 2018). However, the Serra do Ramalho region is not yet inserted in any conservation units (e.g., State Park) and it is exposed to risks such as deforestation (e.g., wood for charcoal production), agriculture and mining projects due to the presence of rare metals (e.g., niobium) (Silva Junior and Campos 2016; Gallão and Bichuette 2018). The exploration and extraction of these metals can destroy entire caves and systems, leading to the extinction of isolated populations in these habitats (Culver 1986). This, coupled

with the lack of laws that effectively protect caves in Brazil, leaves all this diversity of habitats under a high level of threat.

Pseudochthonius ramalho sp. nov. occurs exclusively in Gruna do Vandercir cave, being considered an endemic species to its type locality. By IUCN (International Union of Conservation of Nature) criteria, we classify this species as Critically Endangered (CR) according to criteria B1ab (iii) + B2ab (iii). This means that the species has a restricted geographical distribution, with an estimated occurrence of less than 100 km² (B1) and 10 km² (B2), and the severely fragmented population (a) lives in a few locations with the continued decline (b) in area, extension, and quality of habitat (iii). Therefore, effective protection measures must be taken so that there is no degradation of this environment, which is important in several aspects, and in this case, as the limited habitat of unique species that are very sensitive to disturbances.

Acknowledgements

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) (Finance Code 001) as a scholarship to LA; PROTAX II project (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo / Fapesp 2016/50381–9 and CAPES 88887.159166/2017–00, project number 440646/2015–4), FAPESP (process 2008/05678-7 and 2010/08459–4) and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for research fellow (303715/2011–1, 308557/2014–0 and 310378/2017–6) and regular project (457413/2014–0) to MEB. We also thank: A.M.P.M. Dias, coordinator of Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia dos Hymenoptera Parasitoides da Região Sudeste Brasileira (INCT Hympar Sudeste – FAPESP 2008/57949–4 and CNPq 573802/2008–4) for making available the equipment and L.B.R. Fernandes for taking the SEM and stereomicroscope images and for image editing; to the members of Laboratório de Estudos Subterrâneos – LES, especially J. E. Gallão and N. Hattori for the collections of specimens and help in the field trips to Serra do Ramalho. To J. E. Gallão for critical reading and suggestions to the work. To A. Gambarini for his field assistance and the images of the new species and the cave habitat. To Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas (GBPE) for sharing information about Serra do Ramalho and to all support to MEB. To Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) for collecting permit in caves (SISBIO 20165). We thank to Mark S. Harvey and János Novák for their valuable suggestions and comments. We are also grateful to the reviewers Giulio Gardini, André Lira, one anonymous reviewer and the subject editor Martina Pavlek.

References

Andrade R (2004) Estudo populacional do pseudo-escorpião cavernícola *Maxchernes iporangae* (Chernetidae, Pseudoscorpiones). PhD thesis, São Paulo University, São Paulo.

Andrade R, Mahnert V (2003) A new cavernicolous pseudoscorpion of the genus *Spelaeobochica* Mahnert, 2001 (Pseudoscorpiones, Bochicidae) from Brazil (São Paulo State). Revue Suisse de Zoologie 110: 541–546. https://doi.org/10.5962/bhl.part.80197

Aguiar NO, Bührnheim, PF (1994) Pseudoscorpiones (Arachnida) da Bacia do Rio Urucu, Coari, Amazonas. Resumos do XX Congresso Brasileiro de Zoologia, Sociedade Brasileira de Zoologia, Rio de Janeiro.

Baptista RLC, Giupponi APL (2002) A new troglomorphic *Charinus* from Brazil (Arachnida: Amblypygi: Charinidae). Revista Ibérica de Aracnología 6: 105–110.

Beier M (1969) Ein wahrscheinlich troglobionter *Pseudochthonius* (Pseudoscorp.) aus Brasilien. Revue Suisse de Zoologie 76(1): 1–2. https://doi.org/10.5962/bhl.part.97044

Beier M (1970) Myrmecophile Pseudoskorpione aus Brasilien. Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien 74: 51–56.

Benavides LR, Cosgrove JG, Harvey MS, Giribet G (2019) Phylogenomic interrogation resolves the backbone of the Pseudoscorpiones tree of life. Molecular Phylogenetics and Evolution 139: 106509. https://doi.org/10.1016/j.ympev.2019.05.023

Bichuette ME, Rantin B, Gallão JE (2013) A fauna subterrânea da porção sul da Serra do Ramalho. O Carste 25(1): 54–56.

Bichuette ME, Rizzato PP (2012) A new species of cave catfish from Brazil, *Trichomycterus rubbioli* sp. nov., from Serra do Ramalho karstic area, São Francisco River basin, Bahia State (Siluriformes: Trichomycteridae). Zootaxa 3480: 48–66. https://doi.org/10.11646/zootaxa.3480.1.2

Bichuette ME, Trajano E (2004) Fauna troglóbia da Serra do Ramalho, Bahia: propostas para sua conservação. O Carste 20(2): 76–81.

Bichuette ME, Trajano E (2005) A new cave species of *Rhamdia* (Siluriformes: Heptapteridae) from Serra do Ramalho, northeastern Brazil, with notes on ecology and behavior. Neotropical Ichthyology 3(4): 587–595. https://doi.org/10.1590/S1679-62252005000400016

Chamberlin JC (1929) The genus *Pseudochthonius* Balzan (Arachnida – Chelonetida). Bulletin de la Société Zoologique de France 54: 173–179.

Chamberlin JC (1931) The arachnid order Chelonethida. Stanford University Publications. Biological Sciences 7(1): 1–284.

Chamberlin JC, Malcolm DR (1960) The occurrence of false scorpions in caves with special reference to cavernicolous adaptation and to cave species in the North American fauna (Arachnida – Chelonethida). American Midland Naturalist 64: 105–115. https://doi.org/10.2307/2422895

Christiansen K (2012) Morphological adaptations. In: Culver DC, White WB (Eds) Encyclopedia of Caves, 2nd edn. Academic Press, 517–528. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-383832-2.00075-X

Culver DC (1986) Cave Fauna. In: Soule ME (Ed.) Conservation biology: the science of scarcity and diversity. Sinauer Associates, Massachusetts, 427–443.

Faille A (2019) Beetles. In: White WB, Culver DC, Pipan T (Eds) Encyclopedia of Caves, 3rd edn. Academic Press, 102–108. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814124-3.00014-5

Feng Z, Wynne JJ, Zhang F (2020) Cave-dwelling pseudoscorpions of China with descriptions of four new hypogean species of *Parobisium* (Pseudoscorpiones, Neobisiidae) from Guizhou Province. Subterranean Biology 34: 61–98. https://doi.org/10.3897/subtbiol.34.49586

Fong DW (2012) General hypotheses on the mechanism of adaptation to the cave environment. In: White WB, Culver DC (Eds) Encyclopedia of Caves. Elsevier, Waltham, 341–347. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-383832-2.00047-5

Gabbutt PD, Vachon M (1963) The external morphology and life history of the pseudoscorpion *Chthonius ischnocheles* (Hermann). Proceedings of the Zoological Society of London 140: 75–98. https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1963.tb01855.x

Gallão JE, Bichuette ME (2018) Brazilian obligatory subterranean fauna and threats to the hypogean environment. Zookeys 746: 1–23. https://doi.org/10.3897/zookeys.746.15140

Gao Z, Wynne JJ, Zhang F (2018) Two new species of cave-adapted pseudoscorpions (Pseudoscorpiones: Neobisiidae, Chthoniidae) from Guangxi, China. Journal of Arachnology 46(2): 345–354. https://doi.org/10.1636/JoA-S-17-063.1

Gonçalves MVP, Cruz MJM, Alencar CMM, Santos RA, Junior ABSR (2018) Geoquímica e qualidade da água subterrânea no município de Serra do Ramalho, Bahia (BR). Engenharia Sanitária e Ambiental 23(1): 159–172. https://doi.org/10.1590/s1413-41522018167893

Juberthie C, Decu V (1994) Structure et diversité du domaine souterrain: particularités des habitats et adaptations des espéces. In: Juberthie C, Decu V (Eds) Encyclopedia Biospeleologica. Société de Biospélogie, Moulis-Bucarest 1: 5–22.

Judson MLI (1992) A simple, slow–diffusion method for clearing small arthropods. The Newsletter British Arachnological Society 64: 6–7.

Judson MLI (2018) Ontogeny and evolution of the duplex trichobothria of Pseudoscorpiones (Arachnida). Zoologischer Anzeiger 273: 133–151. https://doi.org/10.1016/j.jcz.2017.12.003

Harvey MS (1992) The phylogeny and classification of the Pseudoscorpionida (Chelicerata: Arachnida). Invertebrate Taxonomy 6: 1373–1435. https://doi.org/10.1071/IT9921373

Harvey MS (2013) Pseudoscorpions of the World. Version 3.0. Western Australian Museum, Perth. http://www.museum.wa.gov.au/catalogues–beta/pseudoscorpions [accessed 21 July 2020]

Harvey MS (2021) A new genus of the pseudoscorpion family Chernetidae (Pseudoscorpiones) from southern Australia with Gondwanan affinities. Journal of Arachnology 48: 300–310. https://doi.org/10.1636/JoA-S-20-038

Harvey MS, Cullen KL (2020) A remarkable new troglobitic *Parobisium* (Pseudoscorpiones: Neobisiidae) from California. Arachnology 18: 591–596. https://doi.org/10.13156/arac.2020.18.6.591

Harvey MS, Wynne JJ (2014) Troglomorphic Pseudoscorpions (Arachnida: Pseudoscorpiones) of Northern Arizona, with the Description of Two New Shortrange Endemic Species. The Journal of Arachnology 42: 205–219. https://doi.org/10.1636/K14-34.1

Harvey MS, Shear WA, Hoch H (2000) Onychophora, Arachnida, Myriapods and Insecta. In: Wilkens H, Culver DC, Humphreys WF (Eds) Ecosystems of the World: Subterranean Ecosystems. Elsevier, 79–94.

Hertault J (1994) Pseudoscorpions. In: Juberthie C, Decu V (Eds) Encyclopaedia Biospeologica. Société de Biospélogie, Moulis and Bucarest 1: 185–196.

Lira AFA, Bedoya-Roqueme E, Rodrigues GG, Tizo-Pedroso E (2020) New records of pseudoscorpions (Arachnida, Pseudoscorpiones) from the Caatinga biome, Brazil: a checklist and a map of species richness distribution. CheckList 16(2): 471–484. https://doi.org/10.15560/16.2.471

Mahnert V (1979) Pseudoskorpione (Arachnida) aus dem Amazonas-Gebiet (Brasilien). Revue Suisse de Zoologie 86: 719–810. https://doi.org/10.5962/bhl.part.82338

Mahnert V (2001) Cave-dwelling pseudoscorpiones (Arachnida, Pseudoscorpiones) from Brazil. Revue Suisse de Zoologie 108: 95–148. https://doi.org/10.5962/bhl.part.79622

Mahnert V, Sharaf M, Aldawood AS (2014) Further records of pseudoscorpions (Arachnida, Pseudoscorpiones) from Saudi Arabia. Zootaxa 3764(3): 387–393. https://doi.org/10.11646/zootaxa.3764.3.8

Mahnert V, Adis J (2002) Pseudoscorpiones. In: Adis J (Ed.) Amazonian Arachnida and Myriapods. Pensoft Publishers, Sofia, 367–380.

Muchmore WB (1970) An unusual new *Pseudochthonius* from Brazil (Arachnida, Pseudoscorpionida, Chthoniidae). Entomological News 81: 221–223.

Muchmore WB (1986) Additional pseudoscorpions, mostly from caves, in Mexico and Texas (Arachnida: Pseudoscorpionida). Texas Memorial Museum. Speleological Monograph 1: 17–30.

Pérez AG, Kury AB (2002) A new remarkable troglomorphic Gonyleptid from Brazil (Arachnida, Opiliones, Laniatores). Revista Ibérica de Aracnología 5: 43–50.

Ratton P, Mahnert V, Ferreira RL (2012) A new cave-dwelling species of *Spelaeobochica* (Pseudoscorpiones: Bochicidae) from Brazil.Journal of Arachnology 40: 274–280. https://doi.org/10.1636/Ha12-39.1

Reddell JR (2012) Spiders and related groups. In: White WB, Culver DC (Eds) Encyclopedia of Caves. Elsevier, Waltham, 786–797. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-383832-2.00114-6

Rubbioli E, Auler A, Menin D, Brandi R (2019) Cavernas – Atlas do Brasil Subterrâneo. Instituto Chico Mendes da Biodiversidade, Brasília, 340 pp.

Schimonsky DM, Bichuette ME, Mahnert V (2014) First record of the family Pseudochiridiidae (Arachnida, Pseudoscorpiones) from continental South America – a *Pseudochiridium* from a Brazilian cave. Zootaxa 3889(3): 442–446. https://doi.org/10.11646/zootaxa.3889.3.6

Schimonsky DM, Bichuette ME (2019a) A new cave–dwelling *Spelaeochernes* (Pseudoscorpiones: Chernetidae) from northeastern Brazil. Journal of Arachnology 47(2): 248–259. https://doi.org/10.1636/JoA-S-16-086

Schimonsky DM, Bichuette ME (2019b) Distribution of cave–dwelling pseudoscorpions (Arachnida) in Brazil. Journal of Arachnology 47(1): 110–123. https://doi.org/10.1636/0161-8202-47.1.110

Silva Junior AF, Campos MF (2016) Relevance of rare earth for the energy sector. Holos 32(1): 350–363. https://doi.org/10.15628/holos.2016.3753

Trajano E, Secutti S, Bichuette ME (2009) Natural history and population data of fishes in caves of the Serra do Ramalho karst área, Middle São Francisco basin, northeastern Brazil. Biota Neotropica 9(1): 129–133. https://doi.org/10.1590/S1676-06032009000100015

Viana ACM, Souza MFVR, Ferreira RL (2018) *Spelaeobochica goliath* (Arachnida: Pseudoscorpiones: Bochicidae), a new troglobitic pseudoscorpion from Brazil. Zootaxa 4402(3): 585–594. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4402.3.11

Viana ACM, Ferreira RL (2020) *Spelaeobochica mahnerti*, a new cave–dwelling pseudoscorpion from Brazil (Arachnida: Pseudoscorpiones: Bochicidae), with comments on the troglomorphism of the Brazilian bochicid species. Zootaxa 4731(1): 134–144. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4731.1.9

Wagenaar-Hummelinck P (1948) Studies on the fauna of Curaçao, Aruba, Bonaireand the Venezuelan Islands: No. 13. Pseudoscorpions of the genera *Garypus*, *Pseudochthonius*, *Tyrannochthonius* and *Pachychitra*. Natuurwetenschappelijke Studiekring voor Suriname en Curaçao 5: 29–77.

Zhang F, Zhang F (2014) First report of the family Lechytiidae (Arachnida: Pseudoscorpiones) from China, with the description of a new species. Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae 60(3): 217–225.

Zaragoza JA, Reboleira ASPS (2018) Five new hypogean *Occidenchthonius* (Pseudoscorpiones: Chthoniidae) from Portugal. Journal of Arachnology 46(1): 81–103. https://doi.org/10.1636/JoA-S-17-031.1

Zootaxa 5129 (4): 557–568
https://www.mapress.com/zt/
Copyright © 2022 Magnolia Press

Article

ISSN 1175-5326 (print edition)
ZOOTAXA
ISSN 1175-5334 (online edition)

https://doi.org/10.11646/zootaxa.5129.4.5
http://zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:4738BF60-E851-4581-A6D0-AD78283690CE

Coarazuphium bambui (Carabidae: Zuphiini), a new cave-dwelling beetle from the threatened region of Serra do Ramalho, Brazil

THAIS GIOVANNINI PELLEGRINI*[1,2], MARIA ELINA BICHUETTE[3,5] & LETÍCIA VIEIRA[2,4,6]

[1]*Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. CEP: 37200-900, Brazil.*
[2]*Laboratório de Sistemática e Biologia de Insetos, Centro de Biodiversidade e Patrimônio Genético, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brazil; Lavras, MG. CEP: 37200-900, Brazil.*
[3]*Laboratoìrio de Estudos Subterraîneos, Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Centro de Ciẽncias Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, Campus São Carlos, SP. CEP: 13565-905, Brazil.*
[4]*Laboratório de Ecologia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. CEP: 37200-900, Brazil.*
[5] *lina.cave@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-9515-4832*
[6] *leticia.vieira@ufla.br; https://orcid.org/0000-0003-1077-589X*
**Corresponding author: thais.g.pellegrini@gmail.com; https://orcid.org/0000-0001-6725-9429*

Abstract

To date, 20 species of obligate cave-dwelling beetles are known from Brazil, and 12 belong to the *Coarazuphium* genus. In this paper, we describe *Coarazuphium bambui* sp. n., from two specimens, one male and one female, collected in the Gruna Boca da Lapa cave located in the municipality of Feira da Mata (Bahia state, Brazil). The most striking difference between *C. bambui* and other species of the genus is the presence of three pairs of fixed setae posteriorly on the head, combined with the slightly elytral sinuosity. We also provide an updated key for species identification of the *Coarazuphium* genus. Finally, we highlight the importance of the Serra do Ramalho karst area for the conservation of troglobite diversity in the Brazilian context.

Keywords: Cavernicolous, ground beetle, troglobite, cave, Tropical Dry Forests

Introduction

So far, the genus *Coarazuphium* Gnaspini, Vanin & Godoy 1998 counts 13 described species from which 12 are troglobitic and restricted to Brazilian caves. The only non-troglobitic species is *C. whiteheadi* Ball & Shpeley 2013; although, this Mexican species is associated with the subterranean environment, found under deep rocks. Four of the described species (namely *C. tessai* (Godoy & Vanin 1990), *C. cessaima* Gnaspini, Vanin & Godoy 1998, *C. formoso* Pellegrini & Ferreira 2011 and *C. caatinga* Pellegrini & Ferreira 2014) are restricted to caves associated with the Brazilian Tropical Dry Forests.

This kind of landscape undergoes seasonal drought stress and, distinctly from the savannas, rarely experience fire (Dexter *et al*. 2018), with high forest heterogeneity at local and regional scales (Maia *et al.* 2020). Long periods of drought impose restrictions on maintaining biodiversity (Barbosa & Kumar 2016; Dexter *et al*. 2018). Under this restrictive region, the caves with watercourses are less dry than the surface environment and may function as a refuge for biodiversity. In Brazil, this pattern was already identified in caves in the north semiarid, enhancing the troglobite species diversity (Bento *et al*., 2021). It is also a common pattern in other arid areas of the world, and well documented for Western Australia (Humphreys 2019; Eberhard & Howarth 2021). The high diversity of obligatory cave-dwelling is also remarkable in the northern Bahia, which is part of the Tropical Dry Forests, in these cases it was attributed to the intense paleoclimatic fluctuations during the Quaternary (Trajano & Bichuette 2010; Trajano *et al*. 2016). The current and past climatic conditions favor the evolution of restricted cave-dwelling animals, ranging from troglobitic fishes to many invertebrate species (Gallão & Bichuette 2015; Trajano *et al*. 2016; Souza-Silva & Ferreira 2016).

Accepted by M.-Y. Tian: 19 Feb. 2022; published: 29 Apr. 2022

In recent decades, many troglobitic species have been discovered and taxonomically described in the caves located in the Tropical Dry Forests (*i.e.* Bichuette & Rizzato 2012; Campos-Filho *et al*. 2014; Baptista & Giupponi 2002; Simone & Salvador 2021; Hellmann *et al.* 2020; Assis *et al*. 2021), including the discovery of the first species of the genus *Coarazuphium* (Godoy & Vanin 1990). Over the last years, research undertaken in the Brazilian dry forest has revealed important caves in the biospeleological scenario, including new hotspots of subterranean biodiversity (Souza-Silva & Ferreira 2016; Souza-Silva *et al.* 2021). In the last years several authors recognized Brazilian areas with high subterranean biodiversity or "spots of high biodiversity", some located in transitions between dry and humid climates (e.g., Gallão & Bichuette 2015; Trajano *et al*. 2016)

Coarazuphium bambui sp. n. specimens were collected in a limestone cave from Northeastern Brazil in the Tropical Dry Forests. The collected specimens do not fit with any of the known species of the genus *Coarazuphium*, and therefore a new species is proposed herein. *C. bambui* sp. n. is the 13th species of the genus *Coarazuphium* recorded in Brazil, reinforcing the genera high restrictions to subterranean habitat.

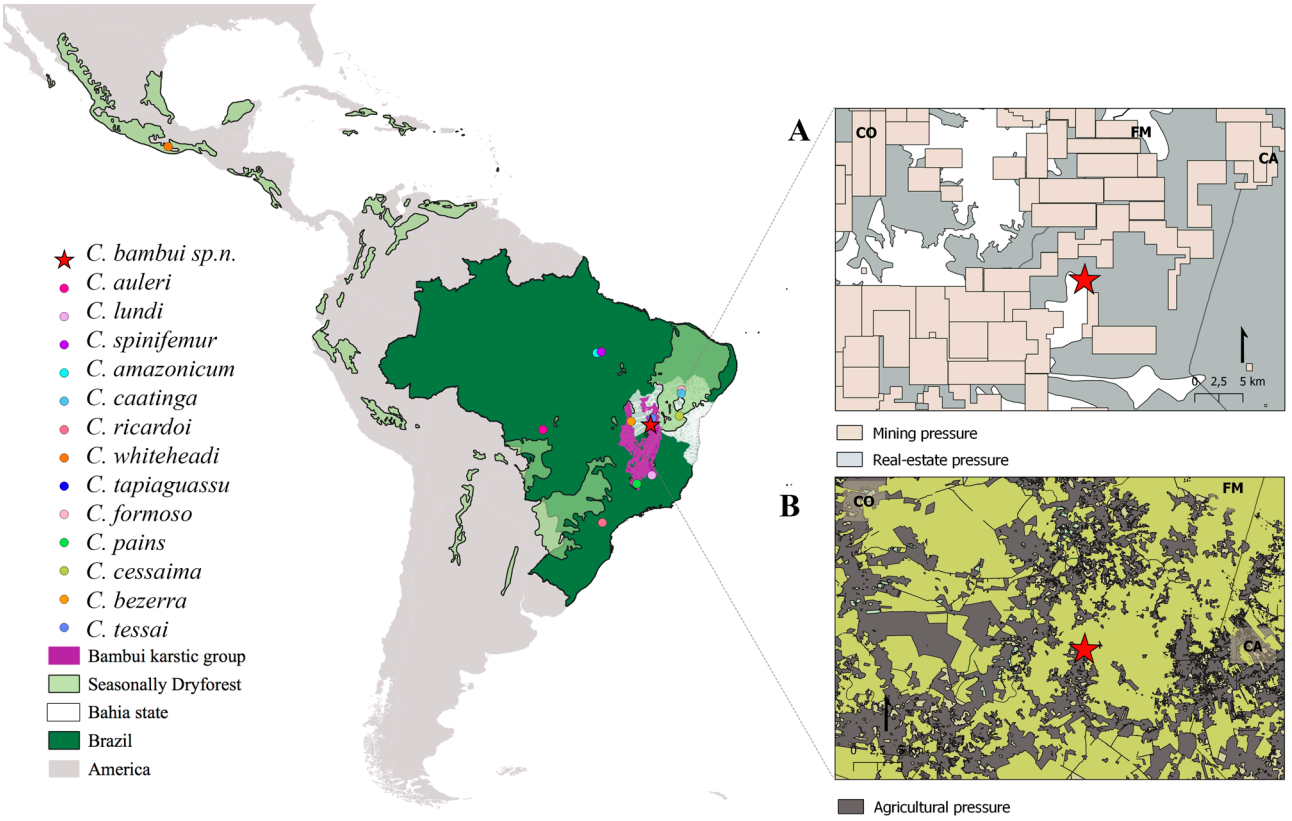


FIGURE 1. Geographic localization of all described *Coarazuphium* species including the *Coarazuphium bambui* sp. n. at its type locality (Gruna Boca da Lapa Cave), it is also show the Tropical Dryforest ecosystems, the limestone outcrops of the Bambui Supergroup, highlighting the state of Bahia, northeastern Brazil. **A.** Mining pressures related to future projects in the region; **B.** Impacts close to Gruna Boca da Lapa cave related to agriculture activities.

Material and Methods

The specimens were collected in a single sampling event, in October 2020, during the fieldwork of studies for the delimitation of priority conservation areas in the Serra do Ramalho karst area, under execution by the GBPE (Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas). The two analyzed specimens were sampled through direct intuitive searches and stored in vials containing 70% ethanol.

Body anatomy was visualized through a Stemi 508 (ZEISS) stereomicroscope. Measurements and photographs from body morphology were taken under an Axio Zoom V16 (ZEISS) stereomicroscope.

Male genitalia was dissected, and the soft tissues were removed using fine entomological pins. We followed procedures for female genitalia modified from Liebherr (2015), which consist of removing the entire abdomen from the female using fine entomological pins. Then the abdomen is treated overnight with an aqueous solution of

cold 10% potassium hydroxide (KOH). The female reproductive tract was placed in glycerin, isolated from other structures by first tearing off the tergites, and then removing the sternites, the entire digestive tract, and tracheae system. Finally, the reproductive tract was mounted on glass slides in Kayser glycerol gelatin using standard procedures developed for mites (Walter & Krantz 2009). Female genitalia was examined, and photos were taken in Zeiss Axio Scope A1 microscope equipped with phase contrast, DIC, and Axiocam 105 Color camera. Drawings were made under a Leica DM750 phase-contrast microscope.



FIGURES 2-4. Gruna Boca da Lapa cave **2.** Entrance of the type locality cave. **3.** Details on the microhabitat where specimens of *C. bambui* sp. n. were found, substrate composed of pebbles, silt, and rock. **4.** Gruna Boca da Lapa cave gallery showing the large river channel and the river banks. (Photographs 2-4 are from A. Lobo).

The names of structures in the male and female genitalia followed Ball & Shpeley (2013) and Liebherr & Will (1998), respectively. We used Ball & Shpeley (2013) measurements method combined with Pellegrini & Ferreira (2017)—for head length—as follows:

Head length (**HL**)—linear distance from the apex of clypeus to the posterior margin of the postocciput;
Head width (**HW**)—maximum distance across head, including eyes;
Antenna length (**AL**)—from the base of the scape to tip of the 10th antennomere.
Pronotum length (**PL**)—linear distance from anterior to posterior margin, measured along the midline;
Pronotum maximum width (**PW**)—greatest linear transverse distance;
Elytra length (**EL**)—linear distance from humerus to apex;
Elytra maximum width (**EW**)—greatest linear transverse distance;
Hind wings length (**HWL**)—greatest linear transverse distance;

Overall Body Length (**OBL**)—the sum of HL, PL, and EL.

To quantitatively express proportions of the phallus, measurements were made, using left lateral and dorsal aspects as illustrated in Ball & Shpeley (2013): 42 and 45, Figs. 10 and 13:

Phallus length (**PSL**)—measured in a straight line from basal to apical margin;

Apical portion of the phallus length (**APL**)—measured in a straight line from apical margin of periostial area to apical margin;

Phallus width (**PSW**)—maximum transverse distance across the shaft, in dorsal aspect.

Periostial membrane length (**OML**)—measured in a straight line from basal to apical margin;

Left paramere length (**LPL**)—measured in a straight line from basal to apical margin;

Right paramere length (**RPL**)—measured in a straight line from basal to apical margin.

The acronym used for the collection where the types are deposited is:

CEUFLA Coleção Entomológica da Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brazil. Curator: Marcel Gustavo Hermes**.**

MZUSP Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (Zoology Museum of the University of São Paulo), São Paulo City, São Paulo State, Brazil. Curator: Sônia Aparecida Casari.

Taxonomy

Family CARABIDAE Latreille, 1802

Tribe Zuphiini Bonelli, 1810

Genus *Coarazuphium* Gnaspini, Vanin & Godoy 1998

Coarazuphium bambui sp. n. Pellegrini & Vieira

(Figs. 5-16)

Holotype: BRAZIL, 1 ♂, Bahia state, Feira da Lapa municipality, Gruna Boca da Lapa cave; 13° 56' 46" S, 44° 11' 12" W; 15 Oct 2020; L. Senna-Horta, M.E. Bichuette, J.E. Gallão leg.; **MZSP—46489**. Remarks: genitalia dissected. **Paratype:** BRAZIL, 1 ♀, Bahia state, Feira da Lapa municipality, Gruna Boca da Lapa cave; Lat 13° 56' 46" S : Lng 44° 11' 12" W; 15 Oct 2020; L. Senna-Horta, M.E. Bichuette, J.E. Gallão leg.; **CEUFLA COL 0000002**. Remarks: The paratype had its abdomen and elytra removed for genital dissection and description of the posterior wings, respectively.

Type locality. The specimen is known from a single cave, the Gruna Boca da Lapa cave, with approximately 3 km of development, the cave is located in the municipality of Feira da Lapa in the state of Bahia, Brazil (Figs. 1-4).

Diagnosis. All characteristics of *C. bambui* sp. n. are consistent with the description of the genus *Coarazuphium*. This species differs from all others of the genus by the following combination of characters: elytra with almost parallel sides with maximum width in the posterior half; elytra with an apical margin with a slight sinuosity; fixed setae from head dorsally: one pair of anterior supraorbital setae (asos), one pair of postocular setae (pos) and one pair of posterior supraorbital setae (psos); antennae long, about 0.93 times of body length; metafemur without a spine at the middle ventral side; Median lobe of aedeagus about 2.39 times longer than left paramere and 6.34 times longer than right paramere.

Description. Size and proportions. (Fig. 6). OBL: 4.50 mm ♂ and 4.53 mm ♀; EW: 1.57 mm ♂ and 1.47 mm ♀; HW/PW: 0.95 ♂ and 1.00 ♀. Body uniformly of orange color. Dorsal integument covered with short recumbent hairs.

Head. Subtrapezoidal (Fig. 6), HW/HL: 0.78 ♂ and 0.82 ♀. Head almost as wide as pronotum. Fixed setae disposition on the dorsal part of the head: an anterior pair of supraorbital (asos) above eyes; one pair of postocular (pos) immediately behind eyes, laterally; and one pair of posterior supraorbital setae (psos) (Fig. 1); ventrally, in the gena are four pairs of setae; two pairs are close to the gular region; one pair is located medially; and the fourth is the bigger one and is located close to the submentum, more laterally. Eyes reduced, depigmented, and flattened, situated laterally at the end of the genal sulcus (gs), ommatidia are not evident at 50x (Fig. 5). Antennae long, filiform and flagellar, (Fig. 6) AL: 4.60 mm ♂ and 4.26 ♀; AL/PL: 5.50 ♂ and 5.07 ♀; A1L/A2-4L: 0.78 ♂ and 0.84 ♀, with almost the same length. First antennomere (scape) with a long seta distally close to the apical portion, and a row of several semi-erect setae; 2nd very short. Segments 3rd-10th subequal, elongated, and almost round in cross-section, except for the tip of the terminal antennomere, which is laterally flattened.

Pronotum. Shape trapezoidal, PL/PW: 0.91 ♂ and 0.93 ♀ (Fig. 6). Maximum width close to anterior angle, which is almost as wide as head. Anterior angle rounded. Posterior angle acute. Dorsal surface with two pairs of lateral marginal erect setae: one longer close to the antero-lateral angles and the other shorter, close to the postero-lateral angles. Ventral surface with one pair of anterior setae medially located (Fig. 8).

Pterothorax. Metasternum wider than long; metepisternum longer than wide.

Elytra and hind wings. Elytra are free, not fused (Fig. 6), EL/EW: 1.63 ♂ and 1.75 ♀. Elytra with almost parallel sides with the maximum width in the posterior third, EW/PW: 1.71 ♂ and 1.62 ♀. Apex of elytra with a slight sinuosity. Elytral chaetotaxy: no discal setae present; umbilicate series of the 8th stria with seven large setae on each elytron: 3 close to the anterior angle, 2 marginal in lateral posterior half, and 2 on posterior margin (some of these setae are missing, but it is possible to see their insertion). Hind wings reduced, not functional, folded in a Z-shape, like the bellows of an accordion (Fig. 7), 0.65 mm ♀ long, HWL/EL = 0.25.

Abdomen. Abdominal tergites 1-6 with a very fine pubescence, tergites 3-6 with a pair of small setae located medially on the posterior half, sixth sternite with a pair of ventral setae at its posterior margin.

Legs. Profemur 1.07 ♂ and 1.03 ♀ times longer than the mesofemur and 0.77 ♂ and 0.71 ♀ times the length of metafemur. Protibia 1.02 ♂ and 1.04 ♀ times longer than the mesotibia and 0.74 ♂ and 0.74 ♀ times the length of metatibia. Protibia 1.44 ♂ and 1.27 ♀ times longer than protarsus. Mesotibia 0.88 ♂ and 0.95 ♀ times the length of mesotarsus and metatibia 1.00 ♂ and 1.09 ♀ times the metatarsus. First tarsomere from pro-, meso-, and metatarsus almost equal to tarsomeres 2-4 together. Length of protibia and tarsus together 2.15 ♂ and 2.18 ♀ times the length of the pronotum. Mesotibia and tarsus length 2.45 ♂ and 2.40 ♀ times, and metatibia and tarsus length 3.40 ♂ and 3.15 ♀ times the length of pronotum.

Aedeagus. Phallus slightly curved ventrally and elongate, apically narrowed and flattened dorsoventrally, apical margin rounded (Figs. 11-13), PHL = 0.98 mm; OML = 0.29 mm. Left paramere subtriangular, conchoid, about 4 times longer than wide, LPL = 0.41 mm; right paramere broad, conchoid, distinctly shorter than left paramere, RPL = 0.15 mm. Male genital segment oval shaped, GSL = 1.15 mm; twice longer as wide (Figs. 9-10).

Female reproductive tract. Ovipositor (Figs. 14-16): with a broad laterotergite (lt); basal gonocoxite 1 (gc1) longer than apical gonocoxite 2 (gc2), with four long trichoid setae apicoventrally and one in the inner apicolaterally border, in addition to two median trichoid setae, one of these bifurcated, and one small trichoid setae apicodorsally; gonocoxite 2 strongly curved, falciform in lateral aspect, slightly rounded apex; circuloid preapical setose organ (pso) on the inner concave face, with four nematiform setae, the surface of gonocoxite 2 with many marginal pit pegs (mpp) apically as well as medially (Fig. 16). Female genital tract membranous except for the helminthoid sclerite (hs) (Fig. 14); bursa copulatrix (bc) elongated, length more than twice the circumference, which continues in the bursal saculus (bs) anterior to the point of insertion of the common oviduct (co), which makes a slight curve to the right side basally. Spermatheca (sp) long starting near the junction of the common oviduct, spermatheca is markedly elongated, becoming slender and winding distally; at the junction of the common oviduct at the base of the spermatheca, the helminthoid sclerite (hs) is present, it is rounded and globet-shape (Fig. 15). Spermathecal gland and its duct were broken and were not represented or visualized. No secondary spermathecal gland.

Etymology. The specific epithet *bambui* is in honor of the Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas (GBPE), which historically contributed to the knowledge of Brazilian caves in the last 38 years, shared this knowledge and also discovered this unique cave, the Gruna Boca da Lapa. This epithet name also refers to the geomorphological group in which the cave is inserted, the Bambuí Group formation.

Distribution, habitat, and ecological notes. Only known from the type locality. BRAZIL, Bahia: Feira da Lapa municipality, Gruna Boca da Lapa cave (Figs. 1-4).

The Serra do Ramalho karst area is located southwest of the Bahia state and is part of the Bambuí Geomorphological group (Fig. 1A). The region holds dozens of caves (Rubbioli *et al.* 2019). According to Köppen criteria, the region has a tropical dry climate (=semiarid) ("Aw"), with annual precipitation of about 640 mm and subterranean waters with anthropic use mainly for consumption (Belda *et al.* 2014). The surrounding vegetation consists of a Tropical Dry Forest, composed of mesophytic and xeromorphic forests interspersed with semideciduous forests species (Fig. 1C).

This karst area should be highlighted, as in addition to housing cave type locality of the new species, it is the location of the Aguas Claras Cave System, recently considered the third hotspot of subterranean biodiversity in South America (Souza-Silva *et al.* 2021). However, these areas are threatened by anthropogenic impacts, mainly due to agricultural pressure and future concessions for mining activities (Fig. 1). It is essential to highlight that mining concessions are growing in Brazil and this economic activity have a high potential for cave habitats destruction (Gallão & Bichuette 2018; Gomes *et al*. 2019).

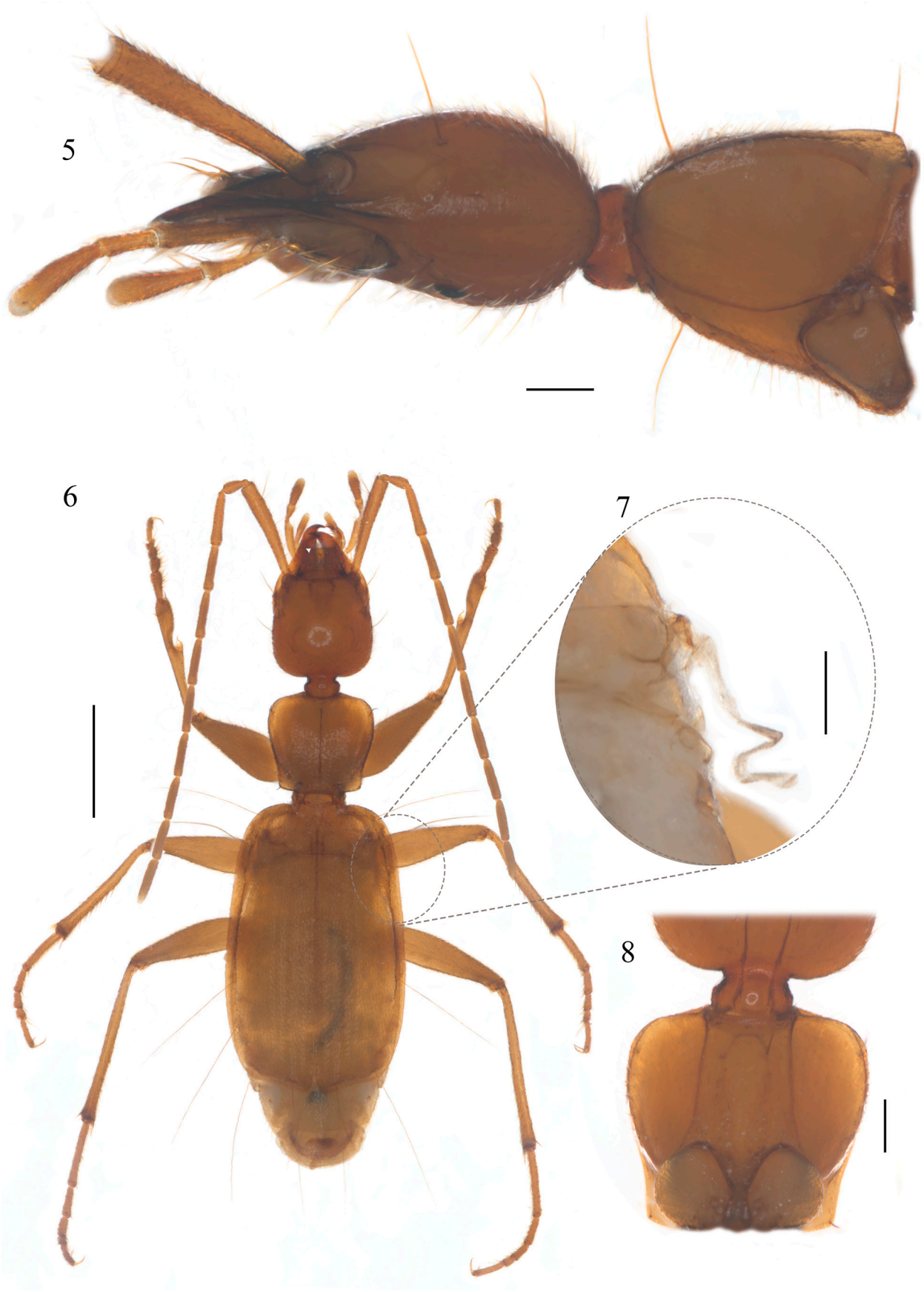
The cave environment where *Coarazuphium bambui* sp. n. occurs is characterized by a highly humid habitat.

Specimens were found associated with the riverbank in the aphotic zone (Figures 2 and 4). The cave substrate in the region of *C. bambui* sp. n. occurrences are mainly composed of silt, pebbles, and rocks (Figure 3). The specimens were active, with fast-locomotor behavior. The individuals are indifferent to the lantern flashlights (ca. 600 lumens of intensity), with no photophobic behavior.

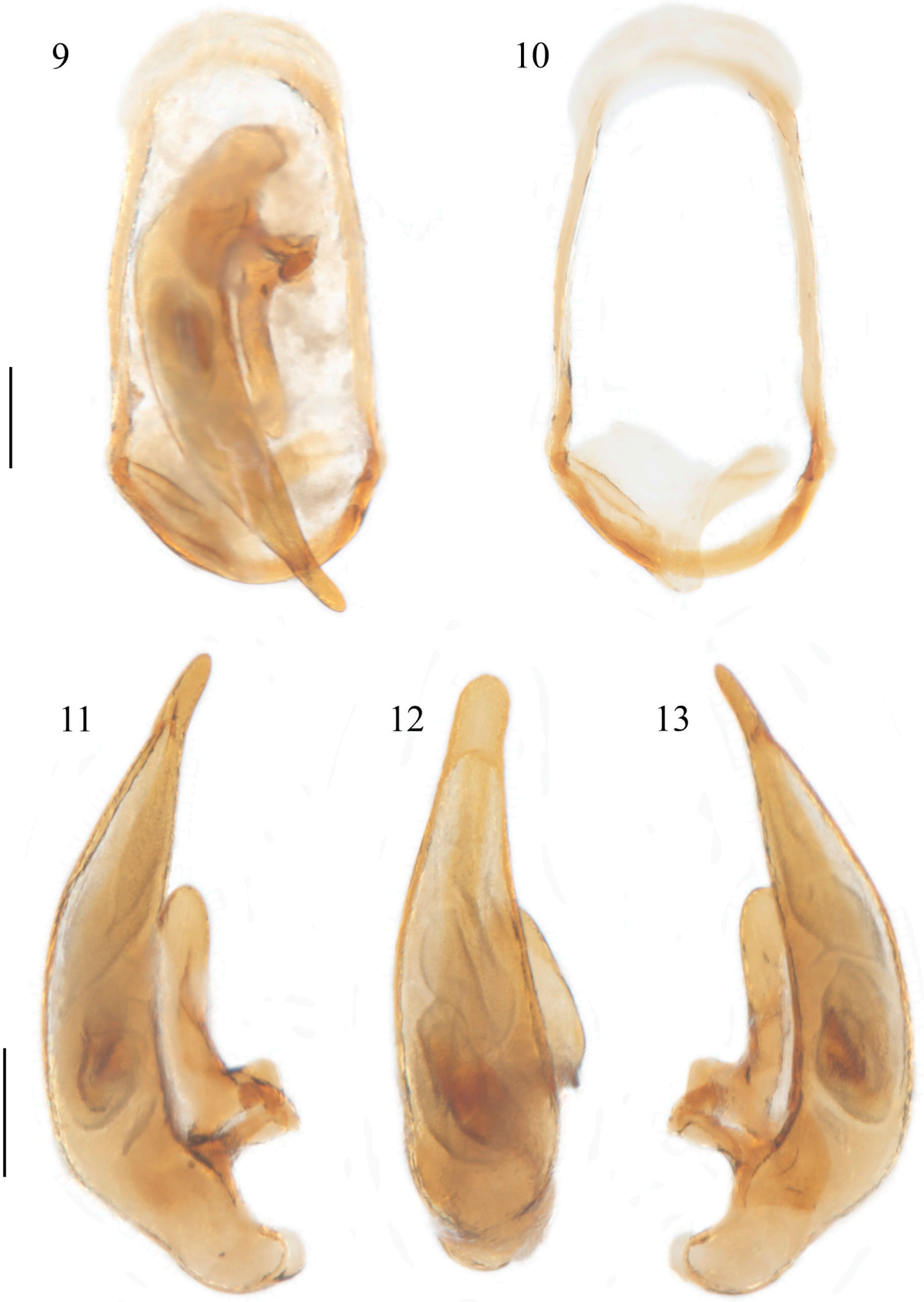
Key to adult species of the genus *Coarazuphium*

(adapted from Pellegrini *et al*. 2021):

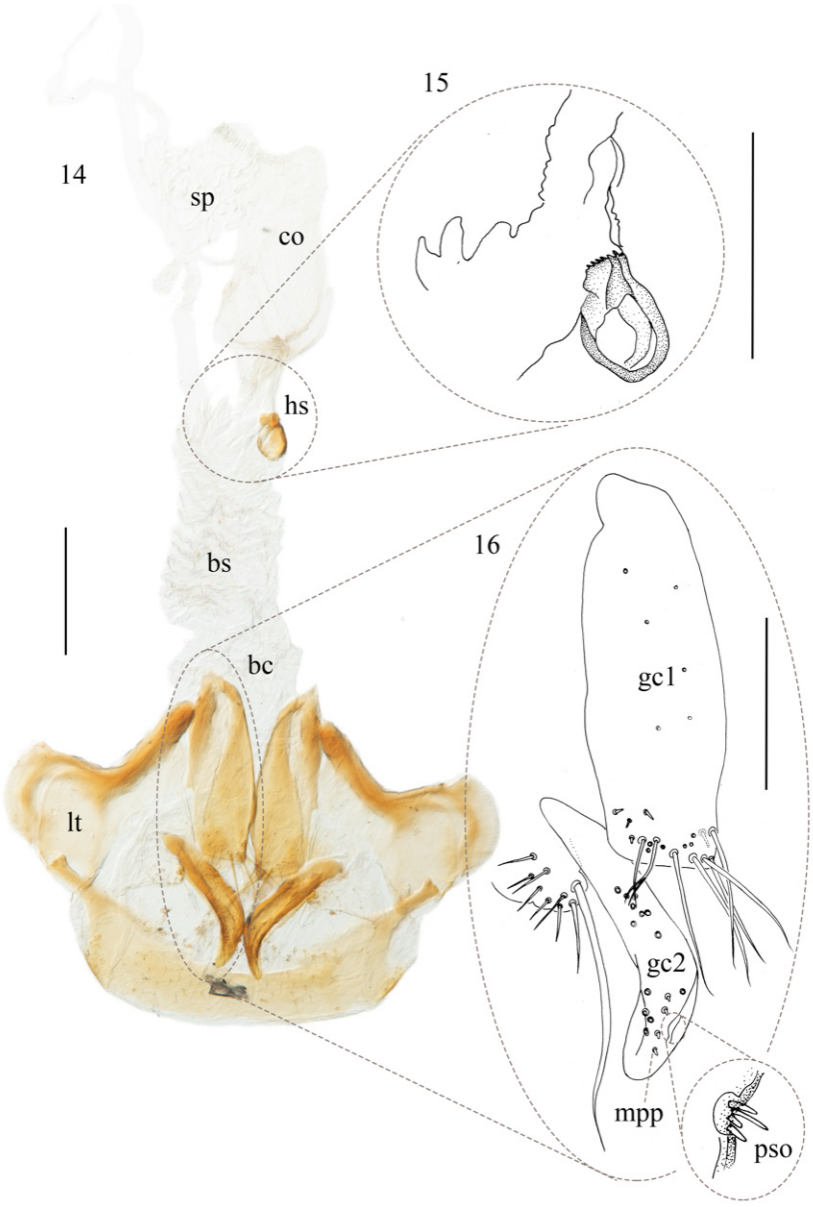
1. Elytron with apical margin truncated, not sinuate (Pellegrini and Ferreira 2011: 49, Fig. 2A) 2
1`. Elytron with apical margin sinuate (Godoy and Vanin, 1990: 796, Fig. 1) or with a slight apical sinuosity (Pellegrini et al. 2020: 291. Fig. 5) 8
2(1). Head dorsally bearing bearing two pairs of setae, one anterior supraorbital setae (asos) and one postocular setae (pos) (Pellegrini and Ferreira 2017: 556, Fig. 5) 3
2`. Head dorsally bearing three or more pairs of setae; rarely two pairs. If only two setae are present, the postocular setae (pos) is lacking 5
3(2). Metafemur with a spine at the middle ventral side (Pellegrini and Ferreira 2017: 556, Fig. 4); antennae short, about 0.68 times as long as the total body length . . . . . *C. spinifemur* Pellegrini and Ferreira, 2017
3`. Metafemur without a spine at the middle ventral side; antennae long, reaching metafemur insertion 4
4(3`). Aedeagus very long and slender, about 2.89 times as long as left paramere (Pellegrini and Ferreira 2011: 49, Fig. 2D-F) . . . . . *C. tapiaguassu* Pellegrini and Ferreira, 2011b
4`. Aedeagus shorter, about 2.6 times as long as left paramere (Pellegrini and Ferreira 2017: 557, Fig. 6C-E) . . . . . *C. amazonicum* Pellegrini and Ferreira, 2017
5(2`). Head dorsally bearing only two pairs of setae, one anterior supraorbital setae (asos) and one posterior supraorbital setae (psos) (Benà and Vanin 2014: 291, Fig. 5) . . . . . *C. ricardoi* Benà and Vanin, 2014
5`. Head dorsally with three or more pairs of setae, at least one anterior supraorbital setae (asos), one postocular setae (pos) and one posterior supraorbital setae (psos) 6
6. Head dorsally with three pairs of setae (the three mentioned in the 5` step) . . . . . *C. auleri* Pellegrini & Vieira, 2021
6`. Head dorsally with more than three pairs of setae 7
7(6`). Five setigerous punctures on the head dorsally, beyond the asos, pos and psos setae, it bears one pair of occipital setae (ocs) and one posterior supraorbital setae (psus) (Ball and Shpeley 2013: 30, Fig. 4A) . . . . . *C. whiteheadi* Ball and Shpeley, 2013
7`. our setigerous punctures on the head dorsally. Other than the asos, pos and psos setae, head dorsally bearing one pair of posterior supraorbital setae (psus), more anterior and laterally than the psos (Pellegrini et al. 2020: 297, Fig. 22) . . . . . *C. pains* Álvares and Ferreira, 2002
8(1`). Head dorsally bearing at least two pairs of setae, the anterior supraorbital setae (asos) and the postocular setae (pos) are always present. 9
8`. Head dorsally bearing from four to five pairs of setae, one anterior supraorbital setae (asos), one postocular setae (pos), one posterior supernumerary setae (psos) and one occipital setae (ocs) are always present 11
9(8). Overall body form elongate (Pellegrini et al. 2020: 300, Fig. 33), maximum width of elytra near the middle. Head elongate, HW/HL ratio about 0.6 Elytra apical sinuosity with inner borders sharp (Pellegrini et al. 2020: 300, Fig. 33). Male genitalia: right paramere styliform (Gnaspini et al. 1998: 306, Fig. 10), about as long as left paramere.. . . . . *C. cessaima* Gnaspini, Vanin and Godoy, 1998
9`. Maximum width of elytra near the middle (Godoy and Vanin 1990: 796, Fig. 1), or posterior middle. Head subquadrangular, HW/HL ratio from 0.95 10
10 (9'). Male left paramere styliform (Godoy & Vanin 1990: 798, fig. 2), elytra with one pair of short setae behind scutellum and two discal pairs (Godoy & Vanin 1990: 798, fig. 1) . . . . . *C. tessai* (Godoy & Vanin 1990)
10'. Male left paramere broad, conchoid (Fig. 13), elytra without discal setae or any setae behind the scutellum . . . . . *C. bambui* sp. n.
11(8`). Head dorsally with two pairs of occipital setae (ocs) (Pellegrini and Ferreira 2014 Fig. 2B) 12
11`. Head dorsally with one pair of occipital setae (ocs). 13
12(13). Elytron with a slightly apical sinuosity (Pellegrini and Ferreira 2014: 537, Fig. 12A and C) . . . . . *C. formoso* Pellegrini and Ferreira, 2011
12'. Elytron with pronounced apical sinuosity, dorsal aspect of the head with two protuberances (Pellegrini and Ferreira 2014: 537, Fig. 12B and D) . . . . . *C. caatinga* Pellegrini and Ferreira, 2014
13(11`).Head dorsally bearing one posterior supernumerary setae (psus) (Pellegrini et al. 2020: 293, Fig. 6) . . . . . *C. lundi* Pellegrini, Ferreira and Vieira, 2020
13`. Head dorsally without the posterior supernumerary setae (psus). . . . . *C. bezerra* Gnaspini, Vanin and Godoy, 1998



FIGURES 5-8. *Coarazuphium bambui* sp. n., male holotype. **5.** Head, pronotum and prothorax, lateral view; Scale bar = 0.2 mm. **6.** Habitus dorsal view; Scale bar = 1.0 mm. **7.** Detail on hindwings; Scale bar = 0.2 mm. **8.** Prothorax, ventral view; Scale bar = 0.2 mm.



FIGURES 9-13. *Coarazuphium bambui* sp. n. male holotype. **9-10.** Genital segment capsule; Scale bar = 0.2 mm. **11.** Aedeagus left view; **12.** Aedeagus dorsal view; **13.** Aedeagus right view; Scale bar = 0.2 mm.



FIGURES 14-16. *Coarazuphium bambui* sp. n. female paratype. **14.** Female genital reproductive tract, ventral view; Scale bar = 0.2 mm. **15.** Detail on helminthoid sclerite; Scale bar = 125 µm. **16.** Left gonocoxites ventral view, showing detail on preapical setose organ; Scale bar = 125 µm. Legend: (**bc**) bursa copulatrix; (**bs**) bursal sacculus; (**co**) common oviduct; (**sp**) spermatheca; (**hs**) helminthoid sclerite; (**gc1**): gonocoxite 1; (**gc2**): gonocoxite 2; (**lt**): laterotergite; (**pso**): preapical setose organ; (**mpp**) marginal pit pegs.

Discussion

All characteristics of *C. bambui* sp. n. are consistent with the description of the genus *Coarazuphium*. This species differs from others described in the genus by the following combination of characters: reduced, flattened, and depigmented eyes; elytra with almost parallel sides, slightly wider at the posterior third, with apical margin slightly sinuate, without discal setae; hind wings reduced, folded in a Z-shape, head capsule dorsally with anterior pair of supraorbital setae (**asos**), one pair of postocular setae (**pos**) and a posterior pair of supraorbital setae (**psos**); the male genitalia right paramere is broad conchoid. The morphologically closest species to *C. bambui* sp. n. is *C. tessai,* which occurs at Gruta do Padre Cave in Santa Maria da Vitória municipality about 80km away from each other (Fig. 1). The most striking difference between these species is the elytra: *C. tessai* bears one pair of short setae

behind scutellum and two discal pairs, which are absent in the new species (Godoy & Vanin 1990). The aedeagus also differs between both species, *C. bambui* sp. n. right paramere is broad, conchoid, while *C. tessai* left paramere is styliform.

Besides being the morphologically and spatially closest species, *C. bambui* sp. n. also shares habitat preferences with *C. tessai*. Both species were found associated with river banks in deep cave zones, in the total absence of light (Godoy & Vanin 1990).

The discovery of this new species, endemic of one cave of the Serra do Ramalho karst area, reinforces, as proposed by Gallão & Bichuette (2018), the importance of the region in the national speleological context. *Coarazuphium bambui* sp. n. represents the 13th described troglobite species of this karst area. Different cave-dwelling species of various zoological groups are endemic from the Serra do Ramalho region, including the cavefishes *Rhamdia enfurnada* Bichuette & Trajano 2005 (Siluriformes: Heptapteridae) and *Trichomycterus rubbioli* Bichuette & Rizzato, 2012 (Siluriformes: Trichomycteridae); the isopods *Xangoniscus aganju* Campos-Filho, Araújo & Taiti 2014, *Pectenoniscus liliae* Campos-Filho, Bichuette & Taiti 2019 and *P. carinhanhensis* Cardoso, Bastos-Pereira, Souza & Ferreira 2020 (Isopoda, Styloniscidae); the harvestman *Giupponia chagasi* Pérez & Kury 2002 (Opiliones, Gonyleptidae); the whip-spider *Charinus troglobius* Baptista & Giupponi 2002 (Amblypygi: Charinidae); two species of gastropods of the genus *Spiripockia*, *S. punctata* Simone, 2012 and *S. umbraticola* Simone & Salvador, 2021 (Gastropoda: Truncatelloidea); one planarian, *Girardia spelaea* Hellmann & Leal-Zanchet 2020 (Tricladida: Dugesiidae); one pseudoscorpion, *Pseudochthonius ramalho* Assis, Schimonsky & Bichuette 2021. In association to these species, several others are already stored in zoological collections (Trajano & Bichuette 2010).

Several threats have been reported to the Serra do Ramalho region: deforestation for charcoal production, expansion of pastures and agriculture activities, the concession of areas for mining projects (Gallão & Bichuette 2018), including global threats such as climate change. The description of its unique subterranean biodiversity, associated with continuous and long-term monitoring projects, is essential to plan conservation strategies and effectively protect the caves and cave systems of the Serra do Ramalho region and their unique biodiversity.

Acknowledgments

We thank ICMBio/CECAV (Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade/Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas) for financial support to the project "Estudos para definição de áreas prioritárias para a Conservação de Proteção Espeleológico na Serra do Ramalho—BA", under execution by the GBPE (Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas), coordinated by Ezio Rubbioli and integrated by MEB; to the members of GBPE, L. Senna-Horta, E. Rubbioli, F. Chaimowicz, A. Lobo and R. Brandi for all support in the field in the occasion of the discovery of the new species; to J.E Gallão, J. S. Gallo and D. F. Torres for field help in the occasion of the collections in Gruna Boca da Lapa cave; to D. F. Torres for the map confection of Figure 1; to A. Lobo for permission of use of images of Figures 2-3; to Rubens Manoel dos Santos for the vegetation classification; to R.L. Ferreira from the Centro de Estudos em Biologia Subterrânea of Universidade Federal de Lavras (CEBS-UFLA) for access to microscope facilities; we specially thank GBPE for sharing speleological information of Serra do Ramalho karst area with MEB and for all contribution to the knowledge and protection of Brazilian caves; to SISBIO (Sistema de Autorização Informação em Biodiversidade) for collection permit to MEB (28992); to CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) for productivity fellowship to MEB (310378/2017-6). This work was partially supported by VALE and FAPEMIG (RDP 00092/18).

References

Assis, L., von Schimonsky, D.M. & Bichuette, M.E. (2021) The first troglobitic *Pseudochthonius* Balzan, 1892 (Pseudoscorpiones, Chthoniidae) from the karst area of Serra do Ramalho, Brazil: a threatened species. *Subterranean Biology*, 40, 109–128. https://doi.org/10.3897/subtbiol.40.77451

Ball, G.E. & Shpeley, D. (2013) Western Hemisphere Zuphiini: descriptions of *Coarazuphium whiteheadi*, new species, and Zuphioides, new genus, and classification of the genera (Coleoptera, Carabidae). *ZooKeys*, 315, 17–54. https://doi.org/10.3897/zookeys.315.5293

Barbosa, H.A. & Kumar, T.L. (2016) Influence of rainfall variability on the vegetation dynamics over Northeastern Brazil. *Journal of Arid Environments*, 124, 377–387.

https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.08.015
Baptista, R.L.C. & Giupponi, A.D.L. (2002) A new troglomorphic Charinus from brazil (Arachnida: Amblypygi: Charinidae). *Revista Ibérica de Aracnología*, 6, 105–110.
Belda, M., Holtanová, E., Halenka, T. & Kalvová, J. (2014) Climate classification revisited: from Köppen to Trewartha. *Climate Research*, 59, 1–13.
https://doi.org/10.3354/cr01204
Bená, D.C. & Vanin, S.A. (2014) A new troglobitic species of *Coarazuphium* Gnaspini, Vanin & Godoy (Coleoptera, Carabidae, Zuphiini) from a cave in Paraná State, Southern Brazil. *Zootaxa*, 3779 (2), 288–296.
https://doi.org/10.11646/zootaxa.3779.2.9
Bento, D.M., Souza-Silva, M, Vasconcellos, A., Bellini, B.C., Prous, X. & Ferreira, R.L. (2021) Subterranean "oasis" in the Brazilian semiarid region: neglected sources of biodiversity. *Biodiversity and Conservation*, 30, 3837–3857.
https://doi.org/10.1007/s10531-021-02277-6
Bichuette, M.E. & Rizzato, P.P. (2012) A new species of cave catfish from Brazil, Trichomycterus rubbioli sp. n., from Serra do Ramalho karstic area, São Francisco River basin, Bahia State (Siluriformes: Trichomycteridae). *Zootaxa*, 3480 (1), 48–66.
https://doi.org/10.11646/zootaxa.3480.1.2
Campos-Filho IS, Araujo PB, Bichuette ME, Trajano E, Taiti S (2014) Terrestrial isopods (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) from Brazilian caves. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 172, 360–425.
https://doi.org/10.1111/zoj.12172
Dexter, K.G., Pennington, R.T., Oliveira-Filho, A.T., Bueno, M.L., Silva de Miranda, P.L. & Neves, D.M. (2018) Inserting Tropical Dry Forests Into the Discussion on Biome Transitions in the Tropics. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6, 104.
https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00104
Eberhard, S.M. & Howarth, F.G. (2021) Undara lava cave fauna in tropical Queensland with an annotated list of Australian subterranean biodiversity hotspots. *Diversity*, 13 (7), 326.
https://doi.org/10.3390/d13070326
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, 209–217.
https://doi.org/10.1590/0001-3765201520140312
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), 209–217.
https://doi.org/10.1590/0001-3765201520140312
Gallão, J.E. & Bichuette, M.E. (2018) Brazilian obligatory subterranean fauna and threats to the hypogean environment. *ZooKeys*, 746, 1–23.
https://doi.org/10.3897/zookeys.746.15140
Gnaspini, P., Vanin, S.A. & Godoy, N.M. (1998) A new genus of troglobitic carabid beetle from Brazil (Coleoptera, Carabidae, Zuphiini). *Papéis Avulsos de Zoologia*, 40, 297–309.
Godoy, N.M. & Vanin, S.A. (1990) *Parazuphium tessai*, sp. n., a new cavernicolous beetle from Bahia, Brazil (Coleoptera, Carabidae, Zuphiini). *Revista Brasileira de Entomologia*, 34, 795–799.
Gomes, M., Ruchkys, Ú.A., Ferreira, R.L. & Goulart, F.F. (2019) Landscape fragmentation around ferruginous caves of the Iron Quadrangle, Minas Gerais, Brazil. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 28 (1), 89–101.
https://doi.org/10.15446/rcdg.v28n1.67506
Hellmann, L., Ferreira, R.L., Rabelo, L. & Leal-Zanchet, A.M. (2020) Enhancing the still scattered knowledge on the taxonomic diversity of freshwater triclads (Platyhelminthes: Dugesiidae) in caves from two Brazilian Biomes. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 1–16. [published online]
https://doi.org/10.1080/01650521.2020.1829901
Humphreys, W.F. (2019) Biodiversity patterns in Australia. *In*: White, W.B., Culver, D.C. (Eds.), *Encyclopedia of caves. 3rd Edition*. Academic Press, San Diego, pp 109–126.
https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814124-3.00015-7
Liebherr, J.K. & Will, K.M. (1998) Inferring phylogenetic relationships within Carabidae (Insecta, Coleoptera) from characters of the female reproductive tract. *In*: Ball, G.E., Casale, A. & Vigna Taglianti, A. (Eds.), Phylogeny and Classification of Caraboidea (Coleoptera: Adephaga), XX International Congress of Entomology, Firenze, Italy, 1996). *Atti Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino*, 1998, pp. 107–170.
Liebherr, J.K. (2015) The Mecyclothorax beetles (Coleoptera, Carabidae, Moriomorphini) of Haleakala-, Maui: keystone of a hyperdiverse Hawaiian radiation. *ZooKeys*, 544, 1–407.
https://doi.org/10.3897/zookeys.544.6074
Maia, V.A., de Souza, C.R., de Aguiar-Campos, N., Fagundes, N.C.A., Santos, A.B.M., de Paula, G.G.P., Santos, P.F., Silva, W.B., de Oliveira Menino, G.C. & dos Santos, R.M. (2020) Interactions between climate and soil shape tree community assembly and above-ground woody biomass of tropical dry forests. *Forest Ecology and Management*, 474, 118348.
https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118348
Souza-Silva, M. & Ferreira, R.L. (2016) The first two hotspots of subterranean biodiversity in South America. *Subterranean Biology*, 19, 1–21.

https://doi.org/10.3897/subtbiol.19.8207
Souza-Silva, M., Cerqueira, R.F.V., Pellegrini, T.G. & Ferreira, R.L. (2021) Habitat selection of cave-restricted fauna in a new hotspot of subterranean biodiversity in Neotropics. *Biodiversity and Conservation*, 30, 4223–4250. https://doi.org/10.1007/s10531-021-02302-8
Pellegrini, T.G. & Ferreira, R.L. (2011) *Coarazuphium tapiaguassu* (Coleoptera: Carabidae Zuphiini), a new Brazilian troglobitic beetle with ultrastructural analysis and ecological considerations. *Zootaxa*, 3116 (1), 47–58. https://doi.org/10.11646/zootaxa.3116.1.3
Pellegrini, T.G. & Ferreira, R.L. (2014) Ultrastructural analysis in *Coarazuphium caatinga* (Coleoptera: Carabidae Zuphiini), a new Brazilian troglobitic beetle. *Zootaxa*, 3765 (6), 526–540. https://doi.org/10.11646/zootaxa.3765.6.2
Pellegrini, T.G. & Ferreira, R.L. (2017) Two new troglobitic *Coarazuphium* Gnaspini, Godoy & Vanin 1998 species of ground beetles from iron ore Brazilian caves (Coleoptera: Carabidae: Zuphiini). *Zootaxa*, 4306 (4), 551–566. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4306.4.6
Pellegrini, T.G., Ferreira, R.L., Zampaulo, R.A. & Vieira, L. (2020) *Coarazuphium lundi* (Carabidae: Zuphiini), a new Brazilian troglobitic beetle, with the designation of a neotype for *C. pains* Álvares Ferreira, 2002. *Zootaxa*, 4878 (2), 287–304. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4878.2.4
Pellegrini, T.G., Bichuette, M.E. & Vieira, L. (2021) *Coarazuphium auleri* sp. n.(Carabidae: Zuphiini), a new troglobitic ground-beetle in Central-Western Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 1-10. https://doi.org/10.1080/01650521.2021.2010975
Rubbioli, E, Auler, A, Menin, D. & Brandi, R. (2019) *Cavernas-Atlas do Brasil Subterrâneo*. ICMBio, Brasília, D.F., 340 pp.
Simone, L.R.L. & Salvador, R.B. (2020) A new species of *Spiripockia* from eastern Brazil and reassignment to Cochliopidae (Gastropoda: Truncatelloidea). *Journal of Natural History*, 54 (47–48), 3121–3130. https://doi.org/10.1080/00222933.2021.1890850
Trajano, E. & Bichuette, M.E. (2010) Diversity of Brazilian subterranean invertebrates, with a list of troglomorphic taxa. *Subterranean Biology*, 7, 1–16.
Trajano, E., Gallão, J.E. & Bichuette, M.E. (2016) Spots of high diversity of troglobites in Brazil: the challenge of measuring subterranean diversity. *Biodiversity and Conservation*, 25 (10), 1805–1828. https://doi.org/10.1007/s10531-016-1151-5
Walter, D.E. & Krantz, G.W. (2009) "Collecting, rearing, and preparing specimens". *In*: Krantz, G.W. & Walter, D.E. (Eds.), *A Manual of Acarology*. 3rd Edition. Tech University Press Lubbock, Texas, pp. 83–95.

Zoosyst. Evol. 98 (2) 2022, 365–375 | DOI 10.3897/zse.98.90797

PENSOFT

für Natur MUSEUM FÜR NATURKUNDE BERLIN

Phylogenetic position of the relict South American genus *Idiopyrgus* Pilsbry, 1911 (Gastropoda, Truncatelloidea), with the description of two new cave species

Rodrigo B. Salvador[1], Fernanda S. Silva[2], Maria E. Bichuette[3]

1 *Museum of New Zealand Te Papa Tongarewa. 169 Tory Street, 6011 Wellington, New Zealand*

2 *Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Avenida Nazaré 481, 04263-000, São Paulo, SP, Brazil*

3 *Laboratório de Estudos Subterrâneos, Universidade Federal de São Carlos. Rodovia Washington Luís km 235, CP 676, 13565-905, São Carlos, SP, Brazil*

https://zoobank.org/6CEC845A-7018-4DF3-ADE7-141B15FCBE05

Corresponding author: Rodrigo B. Salvador (salvador.rodrigo.b@gmail.com)

Academic editor: Thomas von Rintelen ♦ **Received** 25 July 2022 ♦ **Accepted** 24 August 2022 ♦ **Published** 14 September 2022

Abstract

Idiopyrgus is a relict genus of freshwater snails from Brazil traditionally classified in the family Pomatiopsidae. Herein, we use molecular data from newly acquired specimens to test that classification through Bayesian inference phylogenetic analysis. We conclude that *Idiopyrgus* belongs in the Gondwanan family Tomichiidae, together with the African genus *Tomichia* and the Australian genus *Coxiella*. Furthermore, we reassess currently synonymized genus- and species-level names in *Idiopyrgus*. The genera *Hydracme* and *Aquidauania* are considered synonymous with *Idiopyrgus*. The species *I. brasiliensis* and *I. pilsbryi* are restored as accepted species; *I. walkeri* is considered a taxon inquirendum. Two new species from caves in Bahia state are described herein: *Idiopyrgus adamanteus* **sp. nov.** and *Idiopyrgus minor* **sp. nov.**

Key Words

Caenogastropoda, Gondwana, molecular phylogenetics, Pomatiopsidae, Tomichiidae

Introduction

Idiopyrgus Pilsbry, 1911 is a relict genus of operculated freshwater snails from Brazil, which, as presently understood, includes only two species (Simone 2006). *Idiopyrgus* (Fig. 1) is the single South American representative of the family Pomatiopsidae, which is mostly an Asian family, albeit with representatives in North America (*Pomatiopsis* Tryon, 1862), southern Australia (*Coxiella* E. A. Smith, 1894) and South Africa (*Tomichia* Benson, 1851) (Wilke 2019). The other potential South American Pomatiopsidae genus, *Spiripockia* Simone, 2012, was recently transferred to Cochliopidae based on new anatomical data (Simone and Salvador 2021).

This disjunct distribution has been difficult to explain and competing biogeographic hypotheses have proved impossible to be fully untangled (Wilke 2019). Phylogenetic works involving the family have mostly been concerned with its Asian branch, which is by far the most diverse (e.g., Attwood et al. 2003; Guan et al. 2008; Kameda and Kato 2011; Liu et al. 2014). The only study to include both *Tomichia* and *Coxiella* was Wilke et al. (2013), which recovered both genera as sister taxa, separated from Pomatiopsidae and hence recognized as the family Tomichiidae. Nevertheless, this classification scheme has not yet gained widespread acceptance and is absent from later works (e.g., Wilke 2019).

As such, the inclusion of the South American *Idiopyrgus*, largely ignored so far, is the final piece of this puzzle. Herein we use newly collected material to include *Idiopyrgus* in a molecular phylogenetic framework of freshwater Truncatelloidea, in an attempt to resolve the matters of phylog-

Copyright *Salvador, R.B. et al.* This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

eny and classification, and also shed light on the biogeographic history of the group. We also reassess synonymized genus and species level taxa within *Idiopyrgus* and describe two new species based on the newly collected material.

Material and methods

Taxonomic background

When first described, *Idiopyrgus* Pilsbry, 1911 contained only one species: *Idiopyrgus souleyetianus* Pilsbry, 1911 (type species by original designation), whose type locality is Rio Doce ("Doce River"), in Espírito Santo state, SE Brazil (Pilsbry 1911). Three further species were later described from other localities in Brazil, but are presently considered junior synonyms of *I. souleyetianus* according to Simone (2006): (1) *I. pilsbryi* Baker, 1914, type locality: Lago Papary, Rio Grande do Norte state; (2) *I. walkeri* Pilsbry, 1924, type locality: Rio das Velhas, Minas Gerais state; and (3) *Oncomelania brasiliensis* Rey, 1959, type locality: Campo Grande, Mato Grosso do Sul state. Likewise, two genera have been synonymized with *Idiopyrgus* (Simone 2006): *Aquidauania* Davies, 1979, whose only representative is *I. brasiliensis* (Rey, 1959) (Davis 1979); and *Hydracme* Haas 1938, which contained only *I. rudolphi* (Haas, 1938).

From the above, it follows that *I. souleyetianus* is currently considered a widespread species in Brazil, being reported from the states of Bahia, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, and Rio Grande do Norte (Birckolz et al. 2016). The only other currently accepted species in the genus is *I. rudolphi* (Haas, 1938) (Simone 2006), known only from its type locality in Jatobá, in Pernambuco state, NE Brazil (Haas 1938).

Material analyzed

The specimens (including types) analyzed for the present study are housed in the following collections: **ANSP**, Academy of Natural Sciences of Drexel University (Philadelphia, PA, USA); **LES**, Laboratório de Estudos Subterrâneos, Universidade Federal de São Carlos (São Carlos, SP, Brazil); **MZSP**, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (São Paulo, SP, Brazil); **SMF**, Naturmuseum Senckenberg (Frankfurt am Main, Germany).

New specimens of *Idiopyrgus* spp. have been collected in Bahia state by the team at LES as part of cave surveys in the region. They come from the following localities (and caves): Central municipality (Gruta da Machadinha, Toca Bonita, Toca da Mulher, Toca de Candeias); Coribe municipality (Gruna Bem Bom); Feira da Mata municipality (Gruna da Pingueira II, Gruna do Engrunado). A paper is in preparation with a full account of the localities surveyed during those expeditions and the land and freshwater gastropods found.

The following abbreviations are used throughout the text: **BA**, Bahia state; **ES**, Espírito Santo state; **H**, shell height (measured parallel to columellar axis); **leg.**, collector(s); **MG**, Minas Gerais state; **MS**, Mato Grosso do Sul; **PE**, Pernambuco state; **RN**, Rio Grande do Norte state.

Material analyzed

***Idiopyrgus adamanteus* sp. nov.:** BRAZIL • holotype; BA, Central, Toca Bonita; 13 Mar. 2017; M.E. Bichuette, J. E. Gallão leg.; MZSP 158237. 14 paratypes; BA, Central, Toca Bonita; 13 Mar. 2017; M.E. Bichuette, J. E. Gallão leg.; LES 0027975. 3 paratypes; BA, Central, Toca Bonita; 13 Mar. 2017; M.E. Bichuette, J. E. Gallão leg.; LES 0027975. 2 shells; BA, Central, Toca da Mulher; 03 Jul. 2018; M.E. Bichuette, J. E. Gallão leg.; LES 0027976. 3 shells; BA, Central, Toca de Candeias; 03 Jul. 2018; M.E. Bichuette, J. E. Gallão leg.; LES 0027977. 4 shells; BA, Central, Toca de Candeias; 03 Jul. 2018; M.E. Bichuette, J. E. Gallão leg.; LES 0027978. 13 shells; BA, Central, Gruta da Machadinha; 15 Mar. 2017; M.E. Bichuette, J. E. Gallão leg.; LES 0027979. ***Idiopyrgus pilsbryi*:** BRAZIL • lectotype; RN, Lago Papary; F. Baker leg.; ANSP 130700. ***Idiopyrgus rudolphi*:** BRAZIL • holotype; PE, Jatobá, Rio São Francisco; SMF 24365. ***Idiopyrgus minor* sp. nov.:** BRAZIL • holotype; BA, Feira da Mata, Gruna da Pingueira II; 14 Oct. 2020; M.E. Bichuette, J. E. Gallão, J. S. Gallo, D. F. Torres leg.; MZSP 158238. 2 paratypes; BA, Feira da Mata, Gruna do Engrunado; 8 Jul. 2021; M.E. Bichuette, J. E. Gallão, J. S. Gallo leg.; LES 0027980. ***Idiopyrgus souleyetianus*:** BRAZIL • holotype; ES, Rio Doce; 1910; H. v. Ihering leg.; ANSP 100534. 1 shell; ES, Rio Doce; H. v. Ihering leg.; ANSP 275181. 15 shells; BA, São Desidério, Gruta do Catão; 03 Nov. 2012; M.E. Bichuette, J. E. Gallão leg.; MZSP 122772–122775. ***Idiopyrgus* cf. *souleyetianus*:** BRAZIL • 1 shell; MG, Parque Nacional Cavernas do Peruaçu; 06 May 2014; M.E. Bichuette et al. leg.; MZSP 138998. 1 shell; MG, Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, Lapa do Branco I; 09 May 2015; M.E. Bichuette et al. leg.; MZSP 139003. ***Idiopyrgus* cf. *walkeri*:** BRAZIL • 3 shells; BA, Coribe, Gruna Bem Bom; 07 Jul. 2021; M.E. Bichuette, J. E. Gallão et al. leg.; LES 0027981.

The holotype of *Idiopyrgus brasiliensis* (MZSP 14598; MS, Campo Grande) could not be found in the MZSP collection and is therefore considered lost. Pilsbry (1924) did not indicate the type material of *I. walkeri*, which is a very unusual situation for that author; the specimen(s) could not be located in the ANSP collection, where most of his types are housed.

Molecular data

One juvenile and one adult specimen (paratypes of each of the new *Idiopyrgus* species) preserved in ethanol 98% were used for DNA extraction. With the exception of the holotypes and other paratypes of these species, all other available specimens of *Idiopyrgus* spp. are dry shells only.

DNA extraction followed the standard protocol of the QIAGEN DNEasy® Blood & Tissue Kit, with the addition of a repetition of the final step in order to increase yield. The following markers were target herein: (1) the barcoding fragment of the mitochondrial COI gene (c. 650 bp; primers LCO/HCO of Folmer et al. 1994); (2) the mitochondrial 16S rRNA gene (c. 450 bp; primers 16SarL/16SbrH of Simon et al. 1994); (3) the ITS2 region and the 5′ end of the 28S rRNA gene (c. 1,400 bp; primers LSU-1/LSU-3 and LSU-2/LSU-5 of Wade et al. 2006). The protocol for PCR were as follows. COI and 16S: initial denaturation at 96 °C (3 min); 35 cycles of denaturation at 95 °C (30 s), annealing at 48 °C (1 min), and extension at 72 °C (2 min); final extension at 72 °C (5 min). ITS2+28S: initial denaturation at 95 °C (3 min); 40 cycles of denaturation at 95 °C (30 s), annealing at either 50 °C (ITS2 section) or 45 °C (28S section) (1 min), and extension at 72 °C (5 min for ITS2 section; 2 min for 28S section); final extension at 72 °C (4 min).

The PCR products were assessed via agarose gel electrophoresis, cleaned (following the manufacturer's protocol) with ExoSAP-IT™ (Affymetrix Inc.), and sent to Massey Genome Service (Massey University, Palmerston North, New Zealand) for Sanger sequencing. Sequences were quality-proofed and assembled in Geneious Prime (v.2020.2.2, Biomatters Ltd.). The consensus sequence of each marker was uploaded to GenBank (registration numbers are listed under each species entry below).

The DNA sequences for the phylogenetic analysis were extracted from GenBank (Table 1), with a focus on Pomatiopsidae and Tomichiidae. Representatives of other closely-related families were also selected, including those families and genera in which *Idiopyrgus* has been historically classified or been considered related to, such as Amnicolidae, Assimineidae and Tateidae (e.g., Pilsbry 1924; Morretes 1949; Rey 1959). A Littorinidae species was chosen as outgroup (Table 1).

Sequence alignment was conducted in Geneious Prime via the MAFFT plugin (v.7.450; Katoh et al. 2002; Katoh and Standley 2013) with default settings. The resulting alignment of each marker (COI, 16S, and ITS+28S) was visually proofed for inconsistencies and then run through Gblocks (Castresana 2000; Talavera and Castresana 2007) with the least restrictive settings to eliminate poorly-aligned or data-deficient positions that could hamper the analysis. The resulting post-Gblocks alignments were concatenated (2,610 bp in total) for a single Bayesian inference phylogenetic analysis, conducted with MrBayes (v.3.2.7, Ronquist et al. 2012) via the CIPRES Science Gateway (v. 3.3, Miller et al. 2015). Two concurrent analyses were run, each with 4 Markov chains of 40 million generations (the first 20% discarded as 'burn-in'), the default priors, nst = 6, rates = invgamma, temperature parameter = 0.1, sampling every 1,000 generations, and with substitution model parameters unlinked across the markers (COI, 16S, ITS+28S). MCMC convergence was assessed by examining the standard deviation of split frequencies (<0.01) and the potential scale reduction factor (PSRF ~1.0), as well as trace plots in Geneious (Ronquist et al. 2009).

Results and discussion

The specimens used herein for DNA analysis were identified as two new species of *Idiopyrgus*, described below: *Idiopyrgus adamanteus* sp. nov. and *Idiopyrgus minor* sp. nov.

Genus *Idiopyrgus* Pilsbry, 1911

Idiopyrgus adamanteus sp. nov.

https://zoobank.org/277BBC82-4F6F-4810-A0E0-7E23B7301D18

Fig. 2A–H

Type material. MZSP 158237 (holotype), LES 0027974 (14 paratypes, from type locality), LES 0027975 (3 paratypes, from type locality).

Type locality. Brazil, Bahia state, Central municipality, Toca Bonita cave.

Distribution. Known from four caves in Central municipality.

Etymology. From Latin, meaning 'of diamond'; an allusion to the region in Bahia known as Chapada Diamantina, where all the caves in the species' known distribution are located.

Diagnosis. Elongated shell spire; narrow body whorl; more circular aperture when compared to congeners.

Description. Shell small, truncatelloid, of translucent beige to whitish color. Protoconch bulbous and translucent, of fragile appearance (it is broken off in many specimens). Spire narrow. Shell smooth except for fine growth lines; growth lines can be more marked in some specimens, forming a light axial ribbing pattern (Fig. 2E, G). Suture deep; subsutural cord observed in one specimen (Fig. 2E). Whorl profile markedly convex, rounded. Whorls initially increasing regularly in size with growth, but final whorls are typically similar in size (Fig. 2A, D–G). Aperture small in proportion to body whorl; oval to circular, with a more acuminate end towards the upper lip insertion. Peristome complete; reflexed but not thickened. Shell rimate. Operculum translucent, of same color as the shell. Soft body white.

Measurements. holotype: 6½ whorls, H = 5.3 mm, D = 2.3 mm; mean (n = 7), 6½ whorls (min 6, max 7), H = 5.6 ± 0.39 mm, D = 2.5 ± 0.12 mm.

Genetic data. GenBank reg. nrs: COI, ON323464; 16S, ON359913; ITS2+28S, ON324828.

Remarks. *Idiopyrgus adamanteus* sp. nov. is most similar in shell shape to *I. souleyetianus* and *I. brasiliensis*, but it can be diagnosed from them by the fewer number of whorls and the much narrower body whorl, as well as a more circular aperture (Fig. 1). It can be distinguished from *I. rudolphi* by the deeper suture, more convex whorl profile and more circular aperture. It differs from the remaining congeners by its narrower shell, more elongated spire and smaller aperture (in proportion to body whorl).

Idiopyrgus adamanteus sp. nov. displays a fair amount of morphological variation in the shell, even in specimens

Table 1. Species used in the phylogenetic analysis, with GenBank registration number of each marker, locality data, and reference. The taxa are arranged alphabetically for ease of use; type species of the genera are indicated by an asterisk after their name.

Taxon	COI	16S	28S	Locality	Reference
Amnicolidae					
Akiyoshia kobayashii Kuroda & Habe, 1958	AB611823	AB611822	AB611821	Japan, Shiga, Taga	Kameda and Kato 2011
Amnicola limosus (Say, 1817)	AF213348	AF212903	—	USA, Michigan, Blind Lake	Wilke et al. 2001
Assimineidae					
Angustassiminea satumana (Habe, 1942)	AB611803	AB611802	AB611801	Japan, Kagoshima, Kikai Is.	Kameda and Kato 2011
Assiminea grayana Fleming, 1828*	HQ623170	HQ623153	—	Germany, Lower Saxony, Varel	Wilke et al. 2013
Assiminea hiradoensis Habe, 1942	AB611807	AB611806	AB611805	Japan, Nagasaki, Urakami	Kameda and Kato 2011
Assiminea ovata (Krauss, 1848)	—	KC109939	KC109991	South Africa, Western Cape, Knysna Lagoon	Criscione and Ponder 2013
Paludinellassiminea japonica (Pilsbry, 1901)*	AB611811	AB611810	AB611809	Japan, Ehime, Hiburi Is.	Kameda and Kato 2011
Pseudomphala miyazakii (Habe, 1943)	AB61815	AB611814	AB611813	Japan, Saga, Ashikari	Kameda and Kato 2011
Falsicingulidae					
Falsicingula athera Bartsch in Golikov & Scarlato, 1967	HQ623172	HQ623155	—	Japan, Hokkaido, Etorofu Is.	Wilke et al. 2013
Falsicingula mundana (Yokoyama, 1926)	AB930492	AB930424	AB930366	Japan, Kyoto, Kotobikihama	Takano and Kano 2014
Littorinidae					
Littoraria pallescens (Philippi, 1846)	AB611831	AB611830	AB611829	Japan, Okinawa, Nago	Kameda and Kato 2011
Pomatiopsidae					
Blanfordia bensoni (Adams, 1861)	AB611711	AB611710	AB611709	Japan, Hokkaido, Nigorikawa	Kameda and Kato 2011
Blanfordia integra Pilsbry, 1924	AB611719	AB611718	AB611717	Japan, Shizuoka, Mt. Mikuni	Kameda and Kato 2011
Blanfordia japonica (Adams, 1861)*	AB611727	AB611726	AB611725	Japan, Niigata, Sado	Kameda and Kato 2011
Blanfordia simplex Pilsbry, 1902	AB611731	AB611730	AB611729	Japan, Yamagata, Yunohama	Kameda and Kato 2011
Cecina manchurica Adams, 1861*	AB611743	AB611742	AB611741	Japan, Ishikawa, Nanao	Kameda and Kato 2011
Delavaya dianchiensis Davis & Guo, 1986	KC832692	KC832713	—	China, Yunnan, Dianchi Lake	Liu et al. 2014
Fukuia kurodai Abbott & Hunter, 1949*	AB611767	AB611766	AB611765	Japan, Fukui, Takeda	Kameda and Kato 2011
Fukuia multistriata Abbott & Hunter, 1949	AB611779	AB611778	AB611777	Japan, Fukui, Umeura	Kameda and Kato 2011
Fukuia ooyagii Minato, 1982	AB611783	AB611782	AB611781	Japan, Aomori, Iwaya	Kameda and Kato 2011
Gammatricula shini (Habe, 1961)	AB611799	AB611798	AB611797	Japan, Okinawa, Yonaguni Is.	Kameda and Kato 2011
Gammatricula songi Davis, Chen & Yu, 1994	EF394902	EF394867	EF394879	China, Zhejiang, Zhongcun	Guan et al. 2008
Hubendickia schuetti (Brandt, 1968)	KC832688	KC832709	—	Laos, Ban Xieng-Wang	Liu et al. 2014
Jinghongia jinghongensis (Guo & Gu, 1985)*	KC832707	KC832728	—	China, Yunnan, Xishuangbanna	Liu et al. 2014
Manningiella polita Brandt, 1970*	KC832694	KC832715	—	Thailand, Phibun Mangsahan	Liu et al. 2014
Neoprososthenia levayi (Bavay, 1896)	KC832687	KC832708	—	Laos, Ban Hat-Xai-Kuhn	Liu et al. 2014
Neotricula aperta (Temcharoen, 1971)*	AF531541	AF531556	AY207034	Mekong River (28S Thailand, 16S/COI Laos)	Attwood et al. 2003
Neotricula burchi (Davis, 1968)	AF531544	AF531542	AY207035	Thailand, Chiang-Mai	Attwood et al. 2003
Oncomelania hupensis Gredler, 1881*	AB611787	AB611786	AB611785	Japan, Yamanashi, Nirasaki	Kameda and Kato 2011
Oncomelania minima (Bartsch, 1936)	AB611791	AB611790	AB611789	Japan, Ishikawa, Wajima	Kameda and Kato 2011
Pachydrobia munensis Brandt, 1968	KC832700	KC832721	—	Thailand, Phibun Mangsahan	Liu et al. 2014
Pomatiopsis lapidaria (Say, 1817)*	AF367636	AY676118	—	USA, Michigan, Bridgewater	Wilke et al. 2001
Robertsiella silvicola Attwoodet al., 2005	AF531550	AF531548	—	Malaysia, Kedah, Baling	Attwood et al. 2003
Tricula bambooensis Davis & Zheng, 1986	KC832699	KC832720	—	China, Yunnan, Dianchi Lake	Liu et al. 2014
Tricula bollingi Davis, 1968	AF531553	AF531551	AY207039	Thailand, Chiang-Mai	Attwood et al. 2003
Tricula fujianensis (Liu et al., 1983)	EF394893	EF394873	EF394885	China, Fujian, Sanming	Guan et al. 2008
Tricula hongshanensis Tang et al., 1986	EF394896	EF394876	EF394888	China, Hubei, Kedian	Guan et al. 2008
Tricula hortensis Attwood & Brown, 2003	EF394900	EF394871	EF394883	China, Sichuan, Han-Wang	Guan et al. 2008
Tricula hsiangi Kang, 1984	EF394897	EF394877	EF394889	China, Hubei, Shenjiabao	Guan et al. 2008
Stenothyridae					
Stenothyra australis Hedley, 1901	KC439692	KC439814	KC439915	Australia, Queensland, Magazine Cr.	Golding 2014
Stenothyra paludicola van Benthem Jutting, 1963	KC439733	KC439855	KC439923	Timor-Leste, Manufahi	Golding 2014
Tateidae					
Potamolithus ribeirensis Pilsbry, 1911	JX970618	JX970549	—	Brazil, São Paulo, Iporanga	Wilke et al. 2013
Potamopyrgus antipodarum (Gray, 1843)	AY631102	AY314009	AY014159	Undetermined	Guan et al. 2008
Potamopyrgus estuarinus Winterbourn, 1970	AB930485	—	AB930357	New Zealand, Auckland, Orewa	Takano and Kano 2014
Tatea huonensis (Tenison Woods, 1876)*	JX970619	JX970550	—	Australia, New South Wales, Manly Lagoon	Wilke et al. 2013
Tomichiidae					
Coxiella striatula (Menke, 1843)*	KC439800	KC109948	KC110000	Australia, Victoria, Nelson	Criscione and Ponder 2013
Tomichia ventricosa (Reeve, 1842)*	—	JX970552	—	South Africa, Agulhas Plain	Wilke et al. 2013
Truncatellidae					
Truncatella pfeifferi Martens, 1860	AB611819	AB611818	AB611817	Japan, Ishikawa, Nanao	Kameda and Kato 2011
Truncatella subcylindrica (Linnaeus, 1767)*	—	KC110035	KC109982	Italy, Sicily, Trapani	Criscione and Ponder 2013

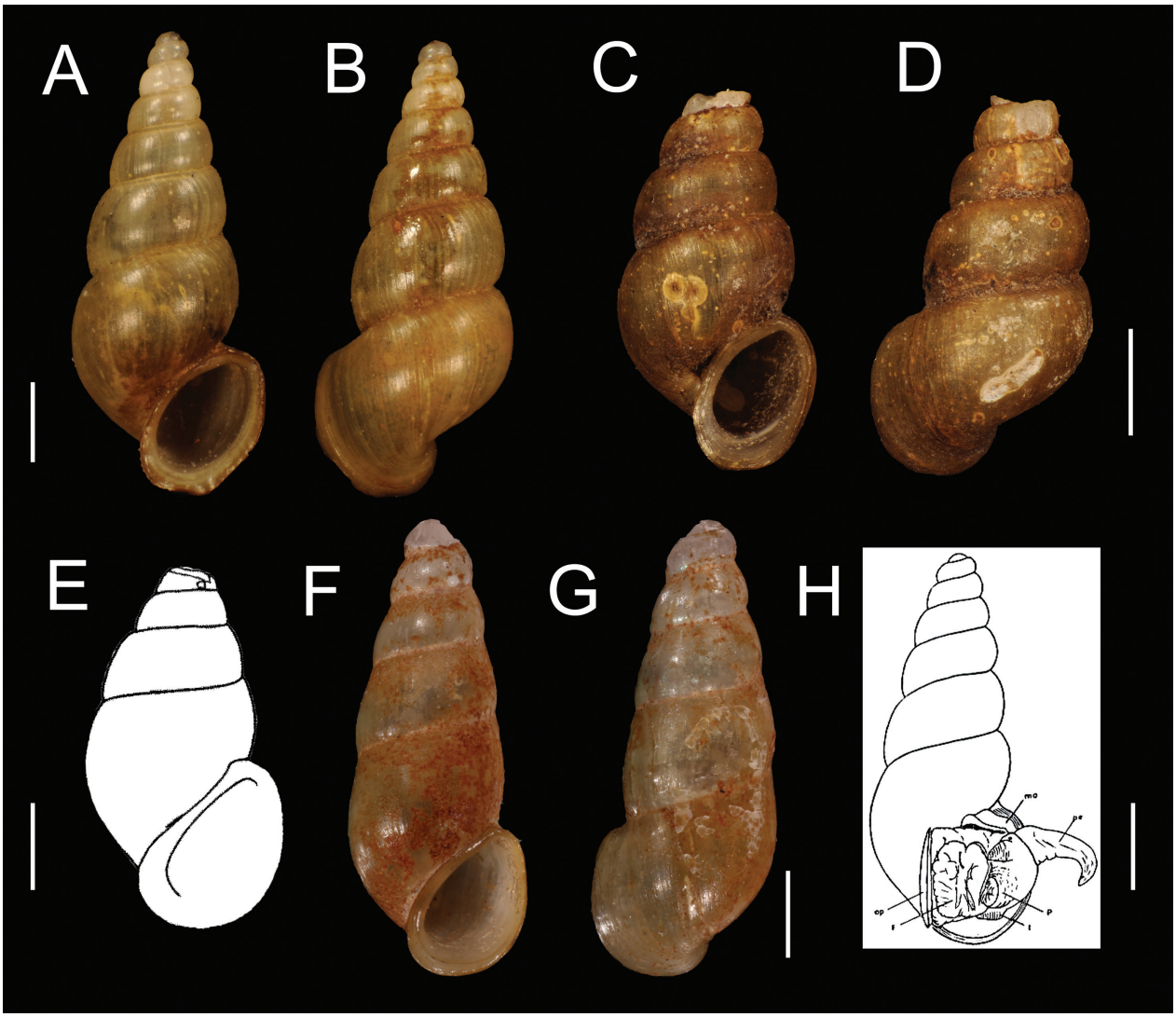


Figure 1. Shells of *Idiopyrgus* spp. **A, B.** *I. souleyetianus* Pilsbry, 1911, holotype ANSP 100534; **C, D.** *I. pilsbryi* Baker, 1914, lectotype ANSP 130700; **E.** *I. walkeri* Pilsbry, 1924, reproduced from Pilsbry (1924: p. 6, fig. 9); **F, G.** *I. rudolphi* (Hass, 1938), holotype SMF 24365; **H.** *I. brasiliensis* (Rey, 1959), reproduced from Rey (1959: p. 145, fig. 2). Scale bars: 1 mm.

from the same cave (Fig. 2A–D, F–H), like what is observed in many other freshwater truncatelloids. The shell and the spire of some specimens can be shorter (Fig. 2C) or taller and more elongated (Fig. 2D), the body whorl can be slighter wider (Fig. 2C, H), the shell sculpture can be more prominent (Fig. 2E, G), and a subsutural cord can be present (Fig. 2E).

Given its occurrence in four distinct caves of Central region (Bahia state), *Idiopyrgus adamanteus* sp. nov. is considered a troglophilic species rather than a strict troglobitic one. The region of Central is characterized by a dry vegetation type (Caatinga) and the caves represent good shelters for these animals, given their high-humidity microhabitats. Few collections were conducted outside the caves and, as such, this species occurrence outside subterranean habitats was not tested. Nevertheless, the lack of body pigmentation and the translucent shell of some specimens (Fig. 2A–H) are possible troglomorphisms, i.e., morphological traits typically observed in cave-dwelling gastropods (Christiansen 2012; Trontelj et al. 2012; Salvador et al. 2022).

The caves of Central municipality and their surroundings are impacted by deforestation caused by subsistence agriculture, mining activities, and wind energy installations in the karst landscapes (Bichuette, pers. obs.).

Idiopyrgus minor sp. nov.

https://zoobank.org/5472AFA6-F079-4FE7-B05F-801ADC23B749

Fig. 2I–K

Type material. MZSP 158238 (holotype), LES 0027980 (2 paratypes, from Gruna do Engrunado).

Type locality. Brazil, Bahia state, Feira da Mata municipality, Gruna da Pingueira II cave.

Distribution. Known only from two caves in Feira da Mata municipality.

Etymology. From Latin, meaning ‘little’.

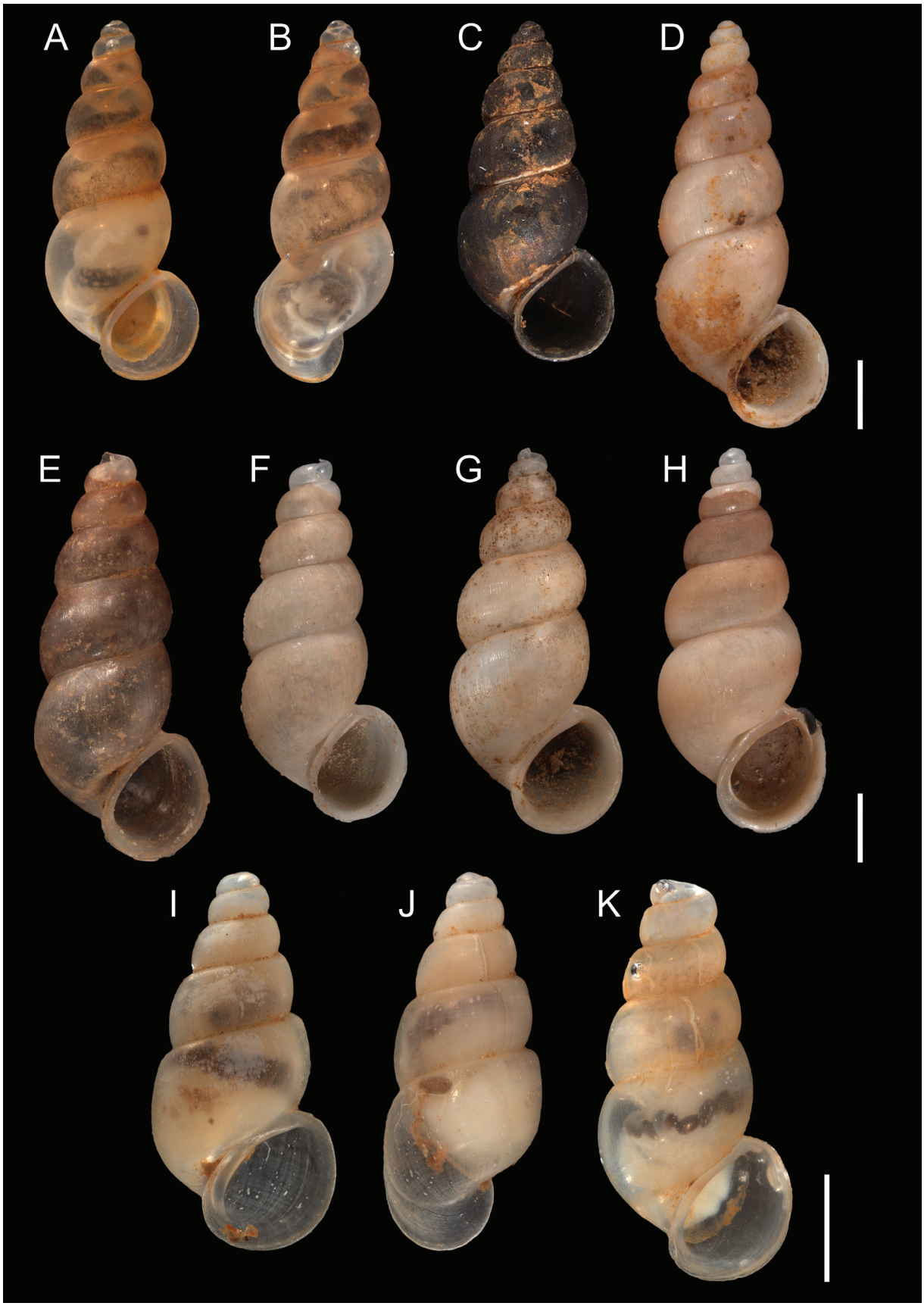


Figure 2. Shells of the two new species of *Idiopyrgus*. **A–H.** *Idiopyrgus adamanteus* sp. nov.; **A, B.** Holotype MZSP 158237; **C.** Paratype LES 0027975; **D.** Paratype LES 0027975; **E.** LES 0027975 (from Gruta da Machadinha); **F.** LES 0027978 (from Toca de Candeias); **G.** LES 0027977 (from Toca de Candeias); **H.** LES 0027978 (from Toca de Candeias); **I–K.** *Idiopyrgus minor* sp. nov.; **I, J.** Holotype MZSP 158238; **K.** Paratype LES 0027980 (from Gruna do Engrunado). Scale bars: 1 mm

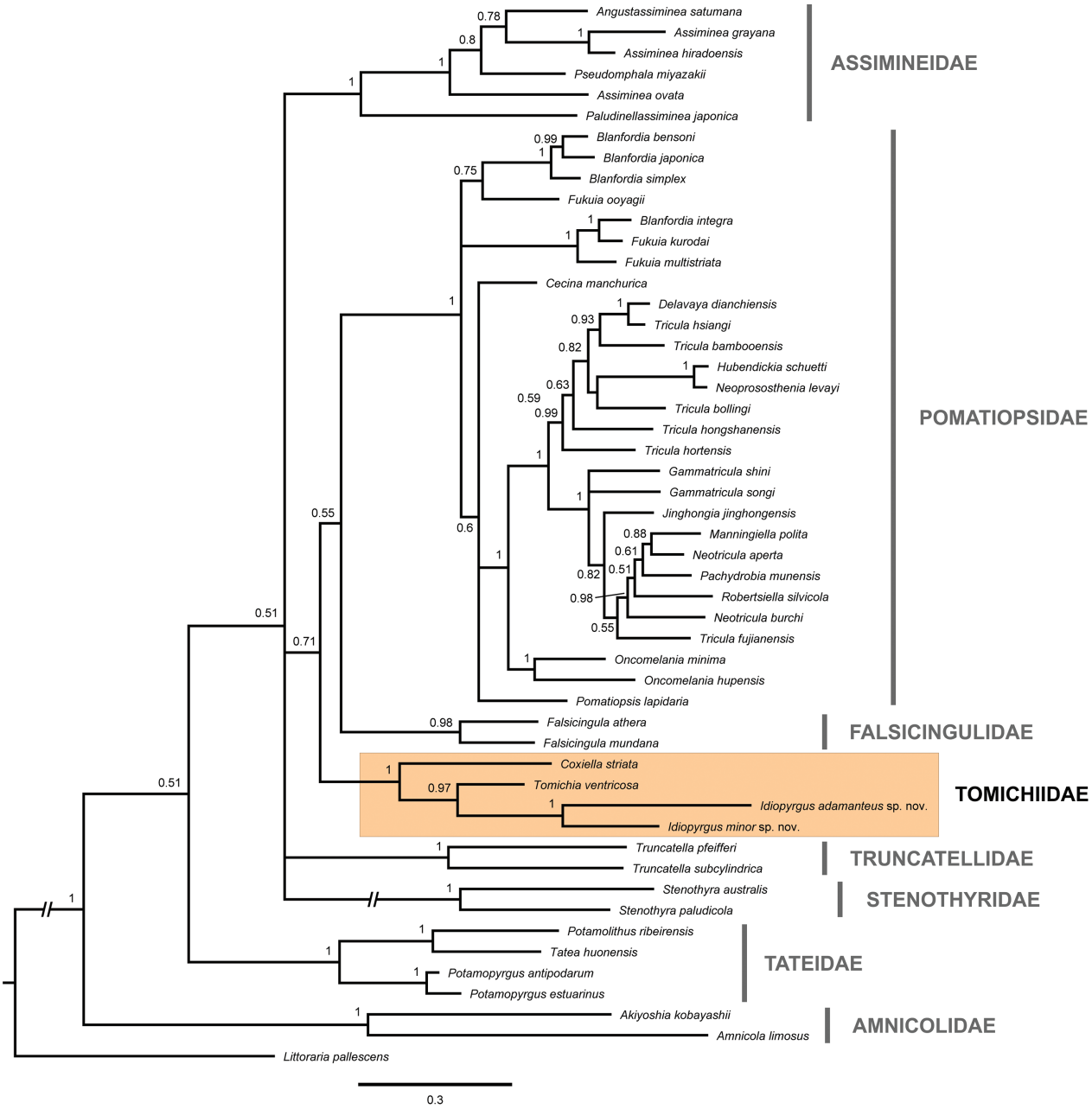


Figure 3. Bayesian inference phylogenetic tree based on CO1, 16S, ITS2 and 28S, highlighting the family Tomichiidae and the position of *Idiopyrgus*. The posterior probabilities are shown on the nodes; scale bar is substitutions per site.

Diagnosis. Smaller shell than congeners; spire not as elongated and wider than most congeners; aperture proportionately larger in relation to preceding whorl.

Description. Shell minute, truncatelloid, of translucent white color. Protoconch not too prominent. Shell smooth except for fine growth lines. Suture deep, rendering whorls lightly shouldered in holotype (Fig. 2I, J). Whorl profile convex. Whorls increasing regularly in size with growth. Aperture large in proportion to body whorl; oval to circular, with a more acuminate end towards the upper lip insertion. Peristome complete; reflexed but not thickened. Shell rimate. Operculum translucent, of same color as the shell. Soft body white.

Measurements. holotype: 5 whorls, H = 3.5 mm, D = 1.7 mm; paratype: H = 3.7 mm, D = 1.7 mm.

Genetic data. GenBank reg. nrs: COI, ON720330; 16S, ON720564; ITS2+28S, ON720562.

Remarks. *Idiopyrgus minor* sp. nov. can be distinguished from its congeners by its small size. It also has a less elongated and wider spire than most of its congeners, the exceptions being *I. pilsbryi* and *I. walkeri* (Fig. 1). Nevertheless, it can also be easily diagnosed from them: *I. minor* sp. nov. is much smaller and has a narrower shell than *I. walkeri*, and has a larger and wider aperture than *I. pilsbryi*. Finally, there is a reasonably large genetic distance separating *I. minor* sp. nov. from *I. adamanteus* sp. nov. (Fig. 3), comparable to the distance between the species of Truncatellidae and Stenothyridae present on the tree and larger than the distances between species of Pomatiopsidae.

This species is considered troglobitic, given its occurrence in a single cave of the Serra do Ramalho karst area. The specimens were collected in pools resulting from infiltration water and seem to be restricted to this habitat. Besides the translucent shell and lack of body pigmentation, the smaller body size of *I. minor* sp. nov. can also be interpreted as a possible troglomorphism, given that miniaturization is common in cave organisms, including snails (Christiansen 2012; Salvador et al. 2022).

The Serra do Ramalho region has been historically exploited for agriculture, charcoal production, and mining, from small to large scales (Gallão and Bichuette 2018).

Phylogenetics and biogeography

The phylogenetic analysis included a total of 51 species (counting the outgroup) and all family level taxa were well-supported (posterior probability, PP = 1 in all cases except Falsicingulidae, for which PP = 0.98). As such, even though there is an unsolved polytomy in the tree (Fig. 3; in all likelihood a result of the exclusion of northern hemisphere families not immediately related to our question), the membership of each species to a particular family can be readily and reliably assessed.

In that regard, it can be seen that *Idiopyrgus* does not belong to Pomatiopsidae; rather, it is grouped together with *Tomichia* and *Coxiella*. These three genera together form the family Tomichiidae, which recovers the results of Wilke et al. (2013) and fully establishes this family as a Gondwanan clade. The most basal branch in Tomichiidae appears to be the Australian *Coxiella*, with the South African *Tomichia* and the South American *Idiopyrgus* spp. forming a well-supported monophyletic clade (PP = 0.97; Fig. 3). This represents a typical Gondwanan scenario, with the Australian branch being the most basal one. Furthermore, it can be surmised that all three genera are relicts in their respective continents, given their present low diversity and restricted distributions (Wilke 2019).

Nevertheless, the diversity of the Brazilian branch of this family might be underestimated. Specimens of *I. souleyetianus* have been reported from several localities in Brazil, including the aphotic zones of caves (e.g., Thiengo et al. 2005; Salvador et al. 2017; Salvador and Simone 2021). Shell morphology and the apparent isolation of some populations in cave systems indicate, however, that "*I. souleyetianus*" from the literature is likely a species complex (see also the discussion below). The two new species described herein from caves also point towards this conclusion. Future morphological and molecular studies might thus shed light on the real diversity of this group in Brazil.

It is also noteworthy that Tomichiidae is absent from Zealandia, especially considering that the family Tateidae is likewise a Gondwanan clade and has representatives in South America, Australia and New Zealand (Fig. 3; Zielske et al. 2016; Ponder 2019). Given the more basal position of Tateidae in relation to Tomichiidae, it can be hypothesized that it represents an earlier branch of Truncatelloidea and that Tomichiidae therefore arose after Zealandia had split from Gondwana (circa 80 Ma).

Taxonomy

Based on the study of type material and further specimens available to us, it was possible to reassess those species of *Idiopyrgus* that are presently considered synonyms (as per Simone 2006) of *I. souleyetianus*. This assessment was done based on conchological characters of the type specimens, topotypes, and additional voucher specimens, as no additional DNA-grade material could be acquired. Therefore, we are aware that our proposed arrangement may change in the future when more material becomes available.

I. souleyetianus (Fig. 1A, B) is here restricted to populations from Espírito Santo state (Southeast Atlantic hydrographic region), which includes the type locality, and Bahia state (São Francisco hydrographic region; specimens reported by Salvador et al. 2017) (Fig. 4). The specimens from northern Minas Gerais (São Francisco hydrographic region; Fig. 4) assigned by Salvador and Simone (2021) to *I. souleyetianus* display much smaller shells, with fewer whorls and a weak axial teleoconch sculpture. As such, they might represent a still unrecognized species. Likewise, the records from Goiás state assigned to *I. souleyetianus* by Thiengo et al. (2005: not illustrated) stem from an area belonging to yet another hydrographic region (Tocantins-Araguaia; Fig. 4) and should be reassessed; they are treated here as *Idiopyrgus* sp.

Idiopyrgus pilsbryi (Fig. 1C, D) has a much smaller shell than *I. souleyetianus*, having circa 2/3 of the latter's shell length. The whorls of *I. souleyetianus* are taller than those of *I. pilsbryi*, and it has a taller spire with more whorls. *I. pilsbryi* inhabits Rio Grande do Norte state, ca. 1,500 km north of the type locality of *I. souleyetianus*, in a completely different climate and biome. It is geographically isolated from *I. souleyetianus*, whose northernmost occurrence is in central Bahia state (Fig. 4), and in a different hydrographic region (Eastern Northeast Atlantic region). As such, we reinstate *I. pilsbryi* as an accepted species.

Idiopyrgus walkeri was described from Minas Gerais state and its type specimen could not be located in the ANSP collection during the present study. By its description and published illustrations (Pilsbry 1924, reproduced here as Fig. 1E), it has a more conical shell and wider and more convex whorls than *I. souleyetianus* (being of similar size to it), alongside a shorter spire with fewer whorls. It inhabits the São Francisco hydrographic region (Fig. 4), but on a different area from where *I. souleyetanus* is known. In absence of type material, *I. walkeri* is here considered potentially distinct from *I. souleyetanus*, but it is regarded as a taxon inquirendum until the types come to light or topotypes are collected. Three specimens collected from caves in Coribe municipality, southern Bahia state (Fig. 4), have wider shells and could represent specimens of *I. walkeri.*

Idiopyrgus rudolphi (Fig. 1F, G) is the most immediately diagnosable species, as its shell has a straighter spire



Figure 4. Map of Brazil showing state borders, hydrographic regions, and occurrence of *Idiopyrgus* spp. Black squares represent the known records of each species, while the red circles represent specimens of uncertain identification (potentially representing new species) here labeled *Idiopyrgus* sp.; the red square indicates the area where the specimen used in the phylogeny was collected.

profile, almost subulinid-like, with whorls only slightly convex in profile. This feature was deemed sufficient by Haas (1938) to describe the genus *Hydracme* to house this species. Considering the morphological variation known in the shell shape of truncatelloids, we prefer to follow the most conservative approach for now and to maintain *Hydracme* as a synonym of *Idiopyrgus* until molecular studies on *I. rudolphi* can be conducted and its position in the group's phylogeny assessed. *I. rudolphi* is known only from its type locality in Pernambuco state (São Francisco hydrographic region), seemingly isolated from *I. souleyetianus* to the south and *I. pilsbryi* to the north (Fig. 4).

The type material of *Idiopyrgus brasiliensis*, despite being databased in the MZSP collection, could not be located during the present study. According to the species description and published illustrations (Rey 1959, reproduced here as Fig. 1H), this species is very similar in shell shape and size to *I. souleyetianus*, but it has a taller body whorl, a more vertically positioned aperture, and a less reflected lip. It is also geographically isolated from other *Idiopyrgus* spp. (Fig. 3). Therefore, we reinstate it as an accepted species. It inhabits Mato Grosso do Sul state (Paraguay hydrographic region) and, given its occurrence in Corumbá municipality (Rey 1959) close to the border, it should likely be found in Bolivia and perhaps Paraguay as well. The record from Mato Grosso state (Simone 2006; Birckolz et al. 2016) is in all likelihood a misinterpretation of the records of Rey (1959), since back then the state of Mato Grosso still contained the area that later became Mato Grosso do Sul state. The genus *Aquidauania*, which was erected to house *I. brasiliensis* (erroneously described as belonging to *Oncomelania* Gredler, 1881, an Asian genus; Rey 1959), is therefore a synonym of *Idiopyrgus*, as already indicated by Simone (2006).

The two new species described herein, *I. adamanteus* sp. nov. and *I. minor* sp. nov., are from Bahia state, belonging to the Middle São Francisco hydrographic region (Fig. 4). *Idiopyrgus adamanteus* sp. nov. is apparently isolated from *I. souleyetianus* in the south and *I. rudolphi* in the north (Fig. 4). The distribution of *I. minor* sp. nov., however, overlaps with *I. souleyetianus* and potentially with *I. walkeri* as well (Fig. 4). It is thus tempting to consider *I. souleyetianus* and/or *I. walkeri* as widespread species whose isolated populations in caves might have given rise to new species such as *I. minor* sp. nov.

Conclusion

Based on our results, we transfer *Idiopyrgus* (and *Coxiella*) from Pomatiopsidae to Tomichiidae, and reinstate previously synonymized species-level taxa. Hence, we propose the following arrangement for family Tomichiidae and, in particular, the genus *Idiopyrgus*.

Superfamily Truncatelloidea Gray, 1840
Family Tomichiidae Wenz, 1938 [=Coxiellidae Iredale, 1943]
Genus *Tomichia* Benson, 1851
Genus *Coxiella* E. A. Smith, 1894
Genus *Idiopyrgus* Pilsbry, 1911 [=*Hydracme* Haas, 1938; *Aquidauania* Davies, 1979]
Idiopyrgus souleyetianus Pilsbry, 1911 [type species]
Idiopyrgus adamanteus sp. nov.
Idiopyrgus brasiliensis (Rey, 1959)
Idiopyrgus minor sp. nov.
Idiopyrgus pilsbryi Baker, 1914
Idiopyrgus rudolphi (Haas, 1938)
Idiopyrgus walkeri Pilsbry, 1924 [taxon inquirendum]

Acknowledgements

We are very grateful to Paul Callomon (ANSP), Sigrid Hof (SMF), and Jean-Claude Stahl (NMNZ), for information and/or photos of the specimens used in the present study; to J.E. Gallão, J.S. Gallo and D.F. Torres for help in the field trips and organization of LES collection; to GBPE and Grupo Pierre Martin de Espeleologia (GPME) for sharing speleological information, respectively, of Serra do Ramalho karst area and of Central region with MEB; to SISBIO (Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade) for the collection permit to MEB (#28992); and to Frank Köhler and Thomas von Rintelen for the comments and suggestions. MEB thanks FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, Brazil, regular Project number 2010/08459-4, Central collections), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brazil, productivity fellowship 310378/2017–6), and ICMBio/CECAV (Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade/Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas, Brazil) for financial support to the project "Estudos para definição de áreas prioritárias para a Conservação de Proteção Espeleológico na Serra do Ramalho – BA", under execution by the GBPE (Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas), coordinated by Ezio Rubbioli.

References

Attwood SW, Ambu S, Meng XH, Upatham ES, Xu FS, Southgate VR (2003) The phylogenetics of triculine snails (Rissooidea: Pomatiopsidae) from south-east Asia and southern China: historical biogeography and the transmission of human schistosomiasis. The Journal of Molluscan Studies 69(3): 263–271. https://doi.org/10.1093/mollus/69.3.263

Benson WH (1851) Characters of Tomichia, a new palustrine testaceous mollusk from Southern Africa, heretofore referred to the genus *Truncatella*. Annals & Magazine of Natural History 7(2): 377–380.

Birckolz CJ, Salvador RB, Cavallari DC, Simone LRL (2016) Illustrated checklist of newly described (2006–2016) land and freshwater Gastropoda from Brazil. Archiv für Molluskenkunde 145(2): 133–150. https://doi.org/10.1127/arch.moll/145/133-150

Castresana J (2000) Selection of conserved blocks from multiple alignments for their use in phylogenetic analysis. Molecular Biology and Evolution 17(4): 540–552. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a026334

Christiansen K (2012) Morphological adaptations. In: Culver DC, White WB (Eds) Encyclopedia of Caves, Elsevier Academic Press, Asmterdam, 2nd edn., 517–528. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-383832-2.00075-X

Criscione F, Ponder WF (2013) A phylogenetic analysis of rissooidean and cingulopsoidean families (Gastropoda: Caenogastropoda). Molecular Phylogenetics and Evolution 66(3): 1075–1082. https://doi.org/10.1016/j.ympev.2012.11.026

Davis GM (1979) The origin and evolution of the gastropod family Pomatiopsidae, with emphasis on the Mekong River Triculinae. Academy of Natural Sciences, Philadelphia, 120 pp.

Folmer O, Black M, Hoeh W, Lutz R, Vrijenhoek R (1994) DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. Molecular Marine Biology and Biotechnology 3: 294–299.

Gallão JE, Bichuette ME (2018) Brazilian obligatory subterranean fauna and threats to the hypogean environment. ZooKeys 746: 1–23. https://doi.org/10.3897/zookeys.746.15140

Golding RE (2014) Molecular phylogeny and systematics of Australian and East Timorese Stenothyridae (Caenogastropoda: Truncatelloidea). Molluscan Research 34(2): 102–126. https://doi.org/10.1080/13235818.2014.888969

Guan F, Niu AO, Attwood SW, Li YL, Zhang B, Zhu YH (2008) Molecular phylogenetics of triculine snails (Gastropoda: Pomatiopsidae) from southern China. Molecular Phylogenetics and Evolution 48(2): 702–707. https://doi.org/10.1016/j.ympev.2008.04.021

Haas F (1938) Neue Binnen-Mollusken aus Nordost-Brasilien. Archiv für Molluskenkunde 70(1): 46–51.

Iredale T (1943) A basic list of the fresh water Mollusca of Australia. Australian Zoologist 10(2): 188–230.

Kameda Y, Kato M (2011) Terrestrial invasion of pomatiopsid gastropods in the heavy-snow region of the Japanese Archipelago. BMC Evolutionary Biology 11(1): e118. https://doi.org/10.1186/1471-2148-11-118

Katoh K, Standley DM (2013) MAFFT Multiple Sequence Alignment Software Version 7: Improvements in performance and usability.

Molecular Biology and Evolution 30(4): 772–780. https://doi.org/10.1093/molbev/mst010

Katoh K, Misawa K, Kuma K, Miyata T (2002) MAFFT: A novel method for rapid multiple sequence alignment based on fast Fourier transform. Nucleic Acids Research 30(14): 3059–3066. https://doi.org/10.1093/nar/gkf436

Liu L, Huo GN, He HB, Zhou B, Attwood SW (2014) A phylogeny for the Pomatiopsidae (Gastropoda: Rissooidea): a resource for taxonomic, parasitological and biodiversity studies. BMC Evolutionary Biology 14(1): e29. https://doi.org/10.1186/1471-2148-14-29

Miller MA, Schwartz T, Pickett BE, He S, Klem EB, Scheuermann RH, Passarotti M, Kaufman S, O'Leary MA (2015) A RESTful API for access to phylogenetic tools via the CIPRES Science Gateway. Evolutionary Bioinformatics Online 11: 43–48. https://doi.org/10.4137/EBO.S21501

Morretes FL (1949) Ensaio de catálogo dos moluscos do Brasil. Arquivos do Museu Paranaense 7: 5–216.

Pilsbry HA (1911) Non-marine Mollusca of Patagonia. In: Scott WB (Ed.) Reports of the Princeton University Expeditions to Patagonia, 1896–1899. Volume III, 2. Zoology. Princeton University, Princeton, N.J, Schweizerbart'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 513–633. https://doi.org/10.5962/bhl.title.10337

Pilsbry HA (1924) South American land and fresh-water mollusks: Notes and descriptions. Proceedings. Academy of Natural Sciences of Philadelphia 76: 49–66.

Ponder W (2019) Tateidae Thiele, 1925. In: Lydeard C, Cummings KS (Eds) Freshwater Mollusks of the World. A Distribution Atlas. John Hopkins University Press, Baltimore, 134–138.

Rey L (1959) Molluscs of the genus *Oncomelania*, in Brazil, and their possible epidemiological significance. Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo 1(2): 144–149.

Ronquist F, van der Mark P, Huelsenbeck JP (2009) Bayesian phylogenetic analysis using MrBayes. In: Lemey P, Salemi M, Vandamme A-M (Eds) The Phylogenetic Handbook: a Practical Approach to Phylogenetic Analysis and Hypothesis Testing. Cambridge University Press, Cambridge, 210–266. https://doi.org/10.1017/CBO9780511819049.009

Ronquist F, Teslenko M, van der Mark P, Ayres DL, Darling A, Höhna S, Larget B, Liu L, Suchard MA, Huelsenbeck JP (2012) MrBayes 3.2: Efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. Systematic Biology 61(3): 539–542. https://doi.org/10.1093/sysbio/sys029

Salvador RB, Simone LRL (2021) New records of Orthalicoidea land snail species for the state of Minas Gerais, southeastern Brazil (Gastropoda, Stylommatophora). Check List 17(2): 395–399. https://doi.org/10.15560/17.2.395

Salvador RB, Cavallari DC, Simone LRL (2017) Taxonomical study on a sample of land and freshwater snails from caves in central Brazil, with description of a new species. Zoosystematics and Evolution 93(1): 135–141. https://doi.org/10.3897/zse.93.10995

Salvador RB, Silva FS, Cavallari DC, Cunha CM, Bichuette ME (2022) Cave-dwelling gastropods (Mollusca: Gastropoda) of Brazil: state of the art and conservation. Zoologia 39: e21033. https://doi.org/10.1590/s1984-4689.v39.e21033

Simon C, Frati F, Beckenbach A, Crespi B, Liu H, Flook P (1994) Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and compilation of Conserved Polymerase Chain Reaction primers. Annals of the Entomological Society of America 87(6): 651–701. https://doi.org/10.1093/aesa/87.6.651

Simone LRL (2006) Land and Freshwater Molluscs from Brazil. EGB/Fapesp, São Paulo, 390 pp.

Simone LRL (2012) A new genus and species of cavernicolous Pomatiopsidae (Mollusca, Caenogastropoda) in Bahia, Brazil. Papéis Avulsos de Zoologia 52(40): 515–524. https://doi.org/10.1590/S0031-10492012022000001

Simone LRL, Salvador RB (2021) A new species of *Spiripockia* from eastern Brazil and reassignment to Cochliopidae (Gastropoda, Truncatelloidea). Journal of Natural History 54(47–48): 3121–3130. https://doi.org/10.1080/00222933.2021.1890850

Smith EA (1894) On the land-shells of Western Australia. Proceedings of the Malacological Society of London 1(3): 84–99.

Takano T, Kano Y (2014) Molecular phylogenetic investigations of the relationships of the echinoderm-parasite family Eulimidae within Hypsogastropoda (Mollusca). Molecular Phylogenetics and Evolution 79: 258–269. https://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.06.021

Talavera G, Castresana J (2007) Improvement of phylogenies after removing divergent and ambiguously aligned blocks from protein sequence alignments. Systematic Biology 56(4): 564–577. https://doi.org/10.1080/10635150701472164

Thiengo SC, Santos SB, Fernandez MF (2005) Malacofauna límnica da área de influência do lago da usina hidrelétrica de Serra da Mesa, Goiás, Brasil. I. Estudo qualitativo. Revista Brasileira de Zoologia 22(4): 867–874. https://doi.org/10.1590/S0101-81752005000400010

Trontelj P, Blejec A, Fišer C (2012) Ecomorphological convergence of cave communities. Evolution 66(12): 3852–3865. https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2012.01734.x

Wade CM, Mordan PB, Naggs F (2006) Evolutionary relationships among the Pulmonate land snails and slugs (Pulmonata, Stylommatophora). Biological Journal of the Linnean Society. Linnean Society of London 87(4): 593–610. https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2006.00596.x

Wenz W (1938–1944) Teil 1: Allgemeiner Teil und Prosobranchia. In: Schindewolf OH (Ed.) Handbuch der Paläozoologie, Band 6, Gastropoda. Borntraeger, Berlin, 1639 pp.

Wilke T (2019) Pomatiopsidae Stimpson, 1865. In: Lydeard C, Cummings KS (Eds) Freshwater Mollusks of the World. A Distribution Atlas. John Hopkins University Press, Baltimore, 126–130.

Wilke T, Davis GM, Falniowski A, Giusti F, Bodon M, Szarowska M (2001) Molecular systematics of Hydrobiidae (Mollusca: Gastropoda: Rissooidea): testing monophyly and phylogenetic relationships. Proceedings. Academy of Natural Sciences of Philadelphia 151(1): 1–21. https://doi.org/10.1635/0097-3157(2001)151[0001:MSOHMG]2.0.CO;2

Wilke T, Haase M, Hershler R, Liu H-P, Misof B, Ponder W (2013) Pushing short DNA fragments to the limit: phylogenetic relationships of 'hydrobioid' gastropods (Caenogastropoda: Rissooidea). Molecular Phylogenetics and Evolution 66(3): 715–736. https://doi.org/10.1016/j.ympev.2012.10.025

Zielske S, Ponder WF, Haase M (2016) The enigmatic pattern of long-distance dispersal of minute freshwater gastropods (Caenogastropoda, Truncatelloidea, Tateidae) across the South Pacific. Journal of Biogeography 44(1): 195–206. https://doi.org/10.1111/jbi.12800

ZooKeys 1101: 35–55 (2022)
doi: 10.3897/zookeys.1101.79043
https://zookeys.pensoft.net

RESEARCH ARTICLE

A peer-reviewed open-access journal
ZooKeys
Launched to accelerate biodiversity research

Expanding the knowledge on the diversity of the cavernicolous Styloniscidae Vandel, 1952 (Oniscidea, Synocheta) from Brazil, with descriptions of two new species from the semiarid karst regions

Ivanklin Soares Campos-Filho[1], Jéssica S. Gallo[2], Jonas E. Gallão[2], Dayana F. Torres[2], Yesenia M. Carpio-Díaz[3], Carlos Mario López-Orozco[3], Ricardo Borja-Arrieta[3], Stefano Taiti[4,5], Maria Elina Bichuette[2,6]

1 *Department of Biological Sciences, University of Cyprus, Lefkosia (Nicosia), Cyprus* **2** *Laboratório de Estudos Subterrâneos, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brazil* **3** *Grupo de Investigación en Biología Descriptiva y Aplicada, Programa de Biología, Universidad de Cartagena, Campus San Pablo, Cartagena de Indias, Colombia* **4** *Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Sesto Fiorentino, Florence, Italy* **5** *Museo di Storia Naturale, Sezione di Zoologia "La Specola", Florence, Italy* **6** *Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil*

Corresponding author: Ivanklin Soares Campos-Filho ((isoare01@ucy.ac.cy, ivanklin.filho@gmail.com)

Academic editor: S. Sfenthourakis | Received 7 December 2021 | Accepted 14 January 2022 | Published 18 May 2022

http://zoobank.org/CD8B4971-44FE-427C-A246-89090051416D

Citation: Campos-Filho IS, Gallo JS, Gallão JE, Torres DF, Carpio-Díaz YM, López-Orozco CM, Arrieta RB, Taiti S, Bichuette ME (2022) Expanding the knowledge on the diversity of the cavernicolous Styloniscidae Vandel, 1952 (Oniscidea, Synocheta) from Brazil, with descriptions of two new species from the semiarid karst regions. In: De Smedt P, Taiti S, Sfenthourakis S, Campos-Filho IS (Eds) Facets of terrestrial isopod biology. ZooKeys 1101: 35–55. https://doi.org/10.3897/zookeys.1101.79043

Abstract

Two new species of *Pectenoniscus* from two caves in karst areas of the Brazilian semiarid region are described. *Pectenoniscus pankaru* Campos-Filho, Torres & Bichuette, **sp. nov.** from Gruna do Govi cave, Serra do Ramalho karst area, state of Bahia, and *Pectenoniscus fervens* Campos-Filho, Taiti & Bichuette, **sp. nov.** from Toca Coroa do Frade cave, Barra Bonita karst area, state of Piauí. In addition, specimens of *Cylindroniscus flaviae* from Gruta da Tapagem (= Caverna do Diabo), Açungui karst area were also recorded. An updated diagnosis of *Pectenoniscus* and a distribution map of the species examined herein are given.

Keywords

Açungui geomorphological group, Bambuí geomorphological group, Casa Nova geomorphological group, *Cylindroniscus*, Neotropical, *Pectenoniscus*

Copyright *Ivanklin Soares Campos-Filho et al.* This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Introduction

Terrestrial isopods (Oniscidea) comprise approximately 4,000 species and more than 500 genera distributed in 38 families (Sfenthourakis and Taiti 2015; Dimitriou et al. 2019; Campos-Filho and Taiti 2021). The Oniscidea are one of the most representative taxa in the Brazilian subterranean environments, due to their favourable habitat conditions with high humidity and many different substrates and micro-habitats (Fernandes et al. 2016, 2019). To date, more than 210 species are known from Brazil, of which 70 have been recorded from caves. Among them, 31 species are considered troglobites (obligatory and restricted cave-dwellers) and several are troglophiles (facultative cave-dwellers) or trogloxenes (epigean species with individuals using subterranean resources) (Trajano 2012; Trajano and Carvalho 2017; Campos-Filho et al. 2018, 2019, 2020; Cardoso et al. 2020a, b, 2021). However, both troglobitic and troglophile species are not assigned with certainty to these categories due the lack of sampling outside caves. Endogean species exhibiting classical troglomorphic characters, such as lack or reduction of body pigments and eyes, might also occur in the unconsolidated substrate outside caves (Campos-Filho et al. 2014).

The family Styloniscidae comprises 120 species distributed in 18 genera (WoRMS 2021). The family has a worldwide distribution, with species inhabiting many terrestrial environments, including caves (Schmalfuss 2003). Fifty-eight species distributed in 13 genera have been recorded from caves, i.e., *Bamaoniscus* Taiti & Montesanto, 2020 (1 sp.), *Chaimowiczia* Cardoso, Bastos-Pereira, Souza & Ferreira, 2021 (2 spp.), *Clavigeroniscus* Arcangeli, 1930 (2 spp.), *Cordioniscus* Gräve, 1914 (15 spp.), *Cylindroniscus* Arcangeli, 1929 (5 spp.), *Indoniscu*s Vandel, 1952 (1 sp.), *Iuiuniscus* Souza, Ferreira & Senna, 2015 (1 sp.), *Pectenoniscus* Andersson, 1960 (7 spp.), *Spelunconiscus* Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2014 (1 sp.), *Styloniscus* Dana, 1853 (7 spp.), *Thailandoniscus* Dalens, 1989 (3 spp.), *Trogloniscus* Taiti & Xue, 2012 (5 spp.), and *Xangoniscus* Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2014 (8 spp.) (for all recorded species see Dalens 1987; Mulaik 1960; Schultz 1970, 1995; Green 1971; Vandel 1973, 1977, 1981; Ferrara and Taiti 1979; Taiti et al. 1992; Taiti and Howarth 1997; Schmalfuss and Erhard 1998; Andreev and Bozarova 2000; Andreev 2002; Green et al. 2002; Taiti and Xue 2012; Campos-Filho et al. 2014; Souza et al. 2015; Bastos-Pereira et al., 2017; Fernandes et al. 2018; Cardoso et al. 2020a, b, 2021; Taiti and Montesanto 2020).

To date, in Brazil, 26 species of the family distributed in nine genera have been recorded from caves, i.e., *Chaimowiczia* (2 spp.), *Clavigeroniscus* (1 sp.), *Cordioniscus* (1 sp.), *Cylindroniscus* (2 spp), *Iuiuniscus* (1 sp.), *Pectenoniscus* (8 spp.), *Spelunconiscus* (1 sp.), *Styloniscus* (2 spp.), and *Xangoniscus* (8 spp.) (Campos-Filho et al. 2018, 2019; Cardoso et al. 2020a, b, 2021). It is worth mentioning that the Styloniscidae in Brazil hold the highest diversity of troglobitic isopods comprising 20 out of 31 species (Campos-Filho et al. 2018, 2019, 2020; Cardoso et al. 2020a, b, 2021).

Two new species of *Pectenoniscus* from caves of two distinct Brazilian karst regions are described here. The first species comes from Gruna do Govi, Serra do Ramalho karst region, inserted in the Bambuí geomorphological group, state of Bahia, and the second

from Toca Coroa do Frade, Barra Bonita karst region, Casa Nova geomorphological group, state of Piauí. In addition, specimens of *Cylindroniscus flaviae* Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2017 from Gruta da Tapagem (also known as Caverna do Diabo), Açungui geomorphological group, are recorded here. An updated diagnosis of the genus *Pectenoniscus* is given to include the species described by Cardoso et al. (2020b) and the two new species. Ecological and conservation remarks considering IUCN threat categories, are provided.

Materials and methods

Collections and taxonomy

Specimens were collected by hand with the aid of tweezers and brushes and stored in 70% and 100% ethanol. Information about the microhabitat (entrance, twilight or aphotic zones) and environmental variables (temperature and relative air humidity) of the caves was also recorded. Descriptions are based on morphological characters with the use of micro-preparations in Hoyer's medium (Anderson 1954). For each new species, the diagnosis, type material, description, etymology and remarks are given. The *habitus* images were taken with the stereomicroscope model Motic SMZ-168 and the Celestron Microcapture Pro. The photographs were prepared with Adobe Photoshop CC Lite (v. 17.1.1). The appendages were illustrated with the aid of a camera lucida mounted on a CH2 Olympus microscope. The final illustrations were prepared using the software GIMP (v. 2.8) with the method proposed by Montesanto (2015, 2016). A map highlighting the caves where all species occur, as well the hydrological attributes and pressures of economic activities in the region, is presented. The distribution map was constructed with the QGIS software (v. 3.18.1) and the final edition with PowerPoint Microsoft 365 (v. 2108).

The material is deposited in the scientific collection of cave fauna of the Laboratório de Estudos Subterrâneos (**LES**), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brazil.

Study areas

Parque Estadual Caverna do Diabo, Açungui geomorphological group

The Açungui geomorphological group comprises the metamorphic limestone and dolomite rocks of ~ 600 million years ago, extending from south of the São Paulo state to north of the Paraná state (Rubbioli et al. 2019). Due to the altitudinal range, this group has one of the largest concentrations of irregular limestone areas in the country, including very ornamented caves crossed by rivers (Rubbioli et al. 2019). The Açungui group is located in the Chacoan subregion, in all provinces of the Parana domain, i.e., Atlantic Forest, *Araucaria* Forest, and Paraná Forest (Morrone 2014). According to Köppen's criteria, it shows a warm temperate climate, fully humid with warm summer (Kottek et al. 2006).

This region includes the Caverna do Diabo State Park (PECD, in Portuguese, Parque Estadual da Caverna do Diabo), state of São Paulo (Fig. 1), which covers the

municipalities of Barra do Turvo, Cajati, Eldorado and Iporanga (Fundação Florestal, 2010). The PECD was created in 2008 and it has more than 40,000 ha, constituting the Jacupiranga mosaic of conservation units (Fundação Florestal 2010). Gruta da Tapagem, also known as Caverna do Diabo (Fig. 2A), is ~ 8 km long and it is considered one of the most important caves of the PECD. The cave is inserted in the Tapagem dolomitic marble, in the André Lopes carbonate belt, and it is a sinkhole of the Ribeirão da Tapagem, a river which develops its subterranean course in ~ 4 km to the resurgence in the Vale do Rio das Ostras, a right-bank tributary of the Ribeira de Iguape (Karmann and Sánchez 1979; Hiruma et al. 2008; Rubbioli et al. 2019). The temperature and relative humidity of the air of the cave ranged from 28.8 °C and 60% RH in the entrance zone to 26.5 °C and 78% RH in the aphotic zone. This cave is notable for its scenic beauty with large halls and speleothems, and a stretch with illumination, stairs, and walkways for touristic activity (Silverio 2014).

Serra do Ramalho karst area, Bambuí geomorphological group

The Bambuí geomorphological group has the largest limestone area (ca. 146,000 km²) and the highest number of caves in Brazil (Rubbioli et al. 2019). The group includes the Serra do Ramalho karst area, located in the southwestern of the state of Bahia and the municipalities of Coribe, Feira da Mata, Carinhanha and Serra do Ramalho (Rubbioli et al. 2019). This area is inserted in the middle of the São Francisco River basin, dominated by a plateau of carbonate rocks with a high number of caves, mostly without legal protection (Auler et al. 2001; Rubbioli et al. 2019). According to Köppen's criteria, the climate is tropical dry, characterised by dry winters and annual precipitation of ~ 640 mm (Bedek et al. 2018, 2020). The dominant vegetation is "Caatinga", composed of mesophytic and xeromorphic forests interspersed with "Cerrado" (savannah-like vegetation) (Bichuette and Rizzato 2012).

The Gruna do Govi (Figs 1, 3) is located in a private property of the municipality of Feira da Mata. The surrounding of the cave harbours native vegetation and pastures, and anthropic impacts like garbage, graffiti on the walls and systems for capturing water from the subterranean drainage (Fig. 3C, D).

Barra Bonita karst region, Casa Nova geomorphological group, state of Piauí

The Barra Bonita karst region is inserted in the Casa Nova geomorphological group, and it is formed by quartzites, mica schists, and limestones of ~ 740 Myr (Rubbioli et al. 2019). The limestone area has a restricted occurrence in southeastern of the Piauí state, surrounded by "Caatinga" as typical vegetation domain, annual temperatures ranging from 25 °C to 31 °C, and 689 mm of average annual precipitation (Nascimento & Mantesso-Neto 2013; Hadler et al. 2018).

The Gruta Toca Coroa do Frade (Figs 1, 2C, D) is located in the municipality of Coronel José Dias, outside of the Parque Nacional da Serra da Capivara. The temperature and relative humidity of the air of the cave ranges from 30.9 °C and 49% RH in the entrance zone to 31 °C and 63% RH in the aphotic zone.

Systematic account

Genus *Cylindroniscus* Arcangeli, 1929

Type species. *Cylindroniscus seurati* Arcangeli, 1929 by monotypy (see Schmidt and Leistikow 2004).

Cylindroniscus flaviae Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2017

Figs 1, 2B

Cylindroniscus flaviae Campos-Filho, Araujo & Taiti, in Campos-Filho et al. 2017a: 229, figs 1–5.

Cylindroniscus flaviae; Campos-Filho et al. 2017b: 70; Campos-Filho et al. 2018: 4; Fernandes et al. 2018: 441; Silva et al. 2018: 56.

Material examined. Brazil●1♀, Gruta da Tapagem (Caverna do Diabo), Eldorado, Parque Estadual Caverna do Diabo, Açungui geomorphological group, state of São Paulo, 24°38'17.00"S, 48°24'4.00"W, leg. ME Bichuette, T Zepon, JE Gallão, 24.III.2021, LES 27755●1♀, same locality and collectors as for preceding, 24.III.2021, LES 27756●1♂, 1♀, same locality and collectors as for preceding, 24.III.2021, LES 27757●1♀, same locality and collectors as for preceding, 24.III.2021, LES 27758●2♀♀, same locality and collectors as for preceding, 24.III.2021, LES 27759●1♂, same locality and collectors as for preceding, 25.III.2021, LES 27760.

Remarks. *Cylindroniscus flaviae* shows preference for organic matter deposits and highly humid areas in the aphotic zone (Fig. 2B). The organic matter was observed in several conduits of the Gruta da Tapagem, always far from the touristic stretches, and it was composed of particulate vegetal debris or small tree branches. The environmental variables along the cave ranged from 19.9 °C to 20.4 °C and the relative air humidity from 95% to 99.1%. The individuals demonstrated sensitivity to the flash lights of the lanterns, always moving in opposite direction.

Distribution. This species is recorded from several caves in the Açungui geomorphological group (see Campos-Filho et al. 2017).

Genus *Pectenoniscus* Andersson, 1960

Type species. *Pectenoniscus angulatus* Andersson, 1960 by monotypy (see Schmidt and Leistikow 2004).

Diagnosis. After Andersson (1960) and Campos-Filho et al. (2019). Animals of reduced size, ≤ 3.5 mm. Body unpigmented and eyes absent. Body slender with lateral sides almost parallel. Dorsal surface of cephalon and pereon bearing small transverse tubercles, conferring granulated appearance, pleon smooth or slightly tuberculate. Cephalon with 4–6 rows of tubercles, gradually reducing in number from posteri-

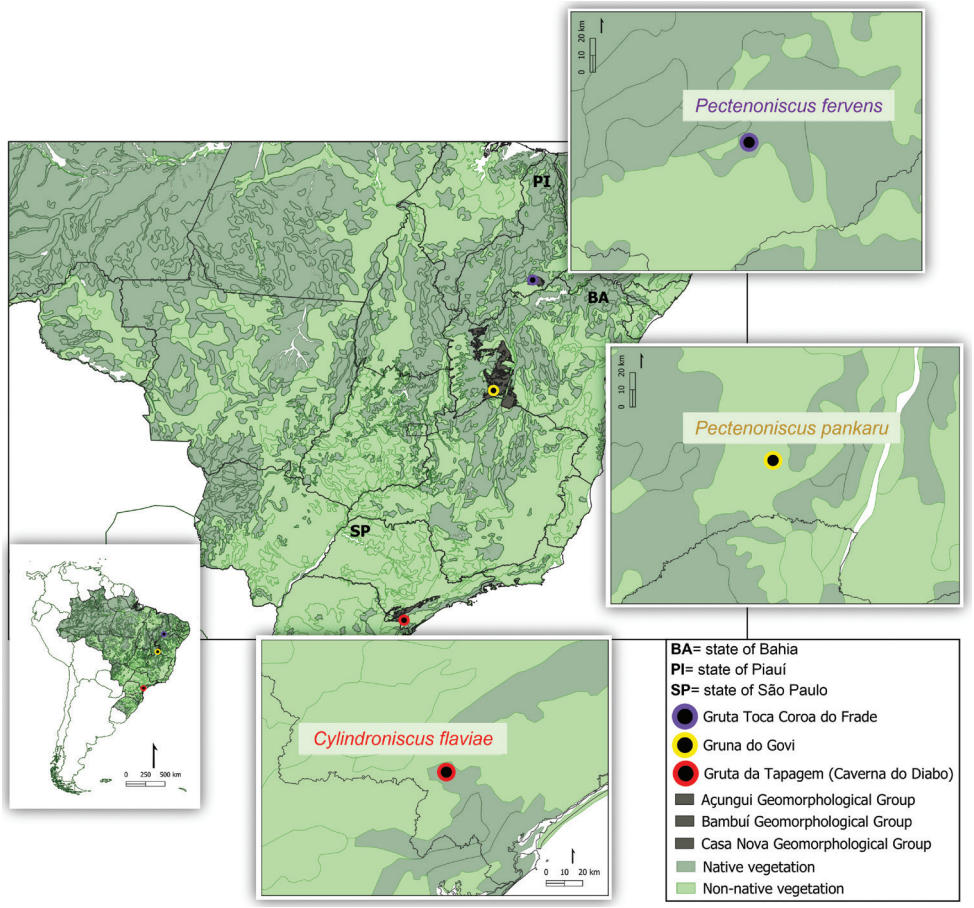


Figure 1. Distribution map of *Cylindroniscus flaviae* Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2017, *Pectnenoscis pankaru* Campos-Filho, Torres & Bichuette, sp. nov., *Pectenonscus fervens* Campos-Filho, Taiti & Bichuette, sp. nov.

or to distal portion, pereonite 1 with two or three rows of tubercles, pereonites 2–7 with two rows of tubercles. Dorsal scale-setae triangular. Cephalon with antennary lobes and suprantennal line. Pleonites 3–5 epimera not developed (only developed in *P. angulatus*). Telson triangular with lateral sides concave and rounded apex. Antennula of three articles, distal article with aesthetascs arranged in one longitudinal row. Antennal flagellum of 3–5 articles. Mandibles with strong molar process, left mandible with two penicils, right mandible with one penicil (sometimes one penicil on molar process). Maxillula inner endite with three penicils, proximal one longest; outer endite composed of eight or nine teeth plus slender stalks. Maxilla of two lobes covered with thick and fine setae, inner lobe wider. Maxilliped basis with lateral sides almost parallel, endite rectangular bearing one stout penicil. Uropod protopod subquadrangular, exopod longer than endopod, protopod and exopod sometimes bearing glandular pores,

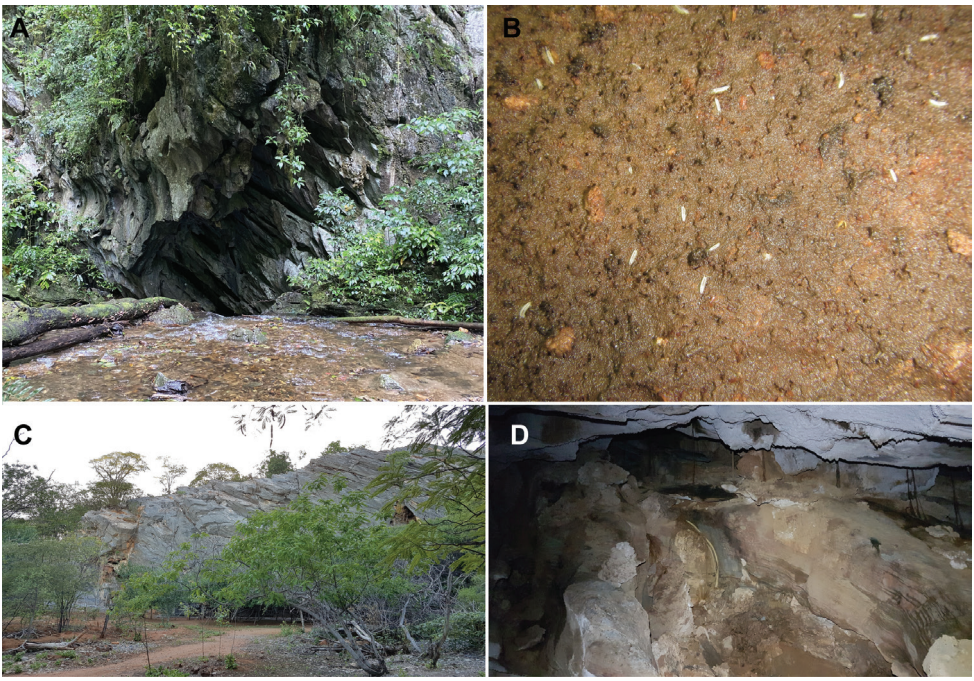


Figure 2. A Gruta da Tapagem (Caverna do Diabo), Açungui geomorphological group **B** *Cylindroniscus flaviae* Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2017 foraging in the organic matter **C** surrounding area outside Gruta Toca Coroa do Frade, Casa Nova geomorphological group **D** aphotic zone of the Toca Coroa do Frade.

endopod inserted proximally. Male pleopod 1 endopod of two articles, distal article flagelliform. Male pleopod 2 endopod consisting of two articles, distal portion stout bearing complex apparatus.

Remarks. The genus *Pectenoniscus* was created by Andersson (1960) to allocate the new species *P. angulatus* from Itá, Nova Teutônia, state of Santa Catarina, Brazil. The author defined the genus by having the cephalon of "*Trichoniscus*-type", dorsal surface of the cephalon and pereon with rounded tubercles, pleonites epimera large, left mandible with two penicils near lacinia mobilis, right mandible with one penicil near lacinia mobilis plus one in the molar process, maxillula outer endite composed of nine teeth and two slender stalks, inner endite of three penicils and proximal one longer than distal ones, genital papilla pear-shaped with tubelike termination, male pleopod 1 of "*Styloniscus*-type", male pleopod 2 endopod with distal portion broad and bearing a comb-like formation, and male pleopod 5 exopods with a dorsal lobe to fit the pleopod 2 endopod. Campos-Filho et al. (2019) described *P. liliae* Campos-Filho, Bichuette & Taiti, 2019 from Caverna Chico Pernambuco, Coribe, Serra do Ramalho karst area, state of Bahia, and added some characters in the diagnosis of the genus. Recently, Cardoso et al. (2020b) described six new species from karst areas of the states of Bahia and Minas Gerais, increasing the knowledge on the diversity of the genus, that now comprises eight species, i.e., *P. angulatus*, *P. carinhanhensis* Cardoso, Bastos-Pereira, Souza &



Figure 3. Gruna do Govi, Bambuí geomorphological group **A** surrounding area outside the cave **B** cave entrance **C, D** outside cave illustrating the anthropic impacts **E** *Pectenoniscus pankaru* Campos-Filho, Torres & Bichuette, sp. nov. foraging in the organic matter **F** cave habitat where the specimens were collected.

Ferreira, 2020, *P. iuiuensis* Cardoso, Bastos-Pereira, Souza & Ferreira, 2020, *P. juvenil-iensis* Cardoso, Bastos-Pereira, Souza & Ferreira, 2020, *P. liliae*, *P. montalvaniensis* Cardoso, Bastos-Pereira, Souza & Ferreira, 2020, *P. morrensis* Cardoso, Bastos-Pereira, Souza & Ferreira, 2020, and *P. santanensis* Cardoso, Bastos-Pereira, Souza & Ferreira, 2020.

***Pectenoniscus pankaru* Campos-Filho, Torres & Bichuette, sp. nov.**
http://zoobank.org/416BE93E-CA7C-4D98-9D6C-FE1BB265D264
Figs 1, 3E, 4A-C, 5, 6

Material examined. Brazil●1♂, ***holotype***, Gruna do Govi, Feira da Mata, Serra do Ramalho karst area, Bambuí geomorphological group, state of Bahia, 13°56'43.30"S, 44°14'25.94"W, 12.X.2020, leg. ME Bichuette, DF Torres, JS Gallo, LS Horta and JE Gallão, LES 27761●1♂ (parts in micropreparations), ***paratype***, same data as for holotype, LES 27762●2 ♀♀, ***paratypes***, same data as for holotype, LES 27763.

Description. Maximum length: ♂ 2.2 mm, ♀ 3.5 mm. Dorsal surface slightly granulated, granules on pereonites 1–7 in two transverse rows, pleon smooth (Fig. 4A, B). Dorsal scale-setae tricorn-shaped (Fig. 5A). Cephalon (Figs 4C, 5B) with well-developed quadrangular antennary lobes, slightly directed outwards; profrons with suprantennal line bent downwards medially. Pereonite 1–3 epimera with postero-lateral corners right-angled, 4–7 progressively more acute and directed backwards; pleonite 5 epimera with glandular pores at sides near distal margins (Figs 4A, B, 5C). Telson (Fig. 5C) almost three times as wide as long, with concave sides and rounded apex. Antennula (Fig. 5D) with distal article longer than

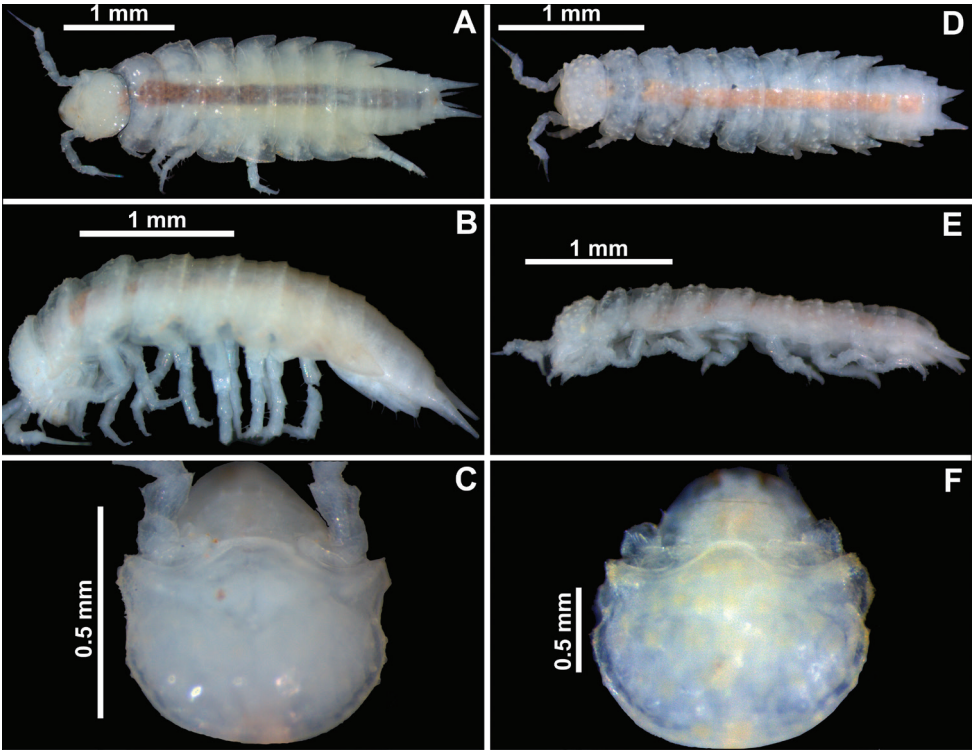


Figure 4. *Pectenoniscus pankaru* Campos-Filho, Torres & Bichuette, sp. nov. (♀, LES 27763) **A** habitus, dorsal view **B** habitus, lateral view **C** cephalon, dorsal view. *Pectenoniscus fervens* Campos-Filho, Taiti & Bichuette, sp. nov. (♀, LES 27764) **D** habitus, dorsal view **E** habitus, lateral view **F** cephalon, dorsal view.

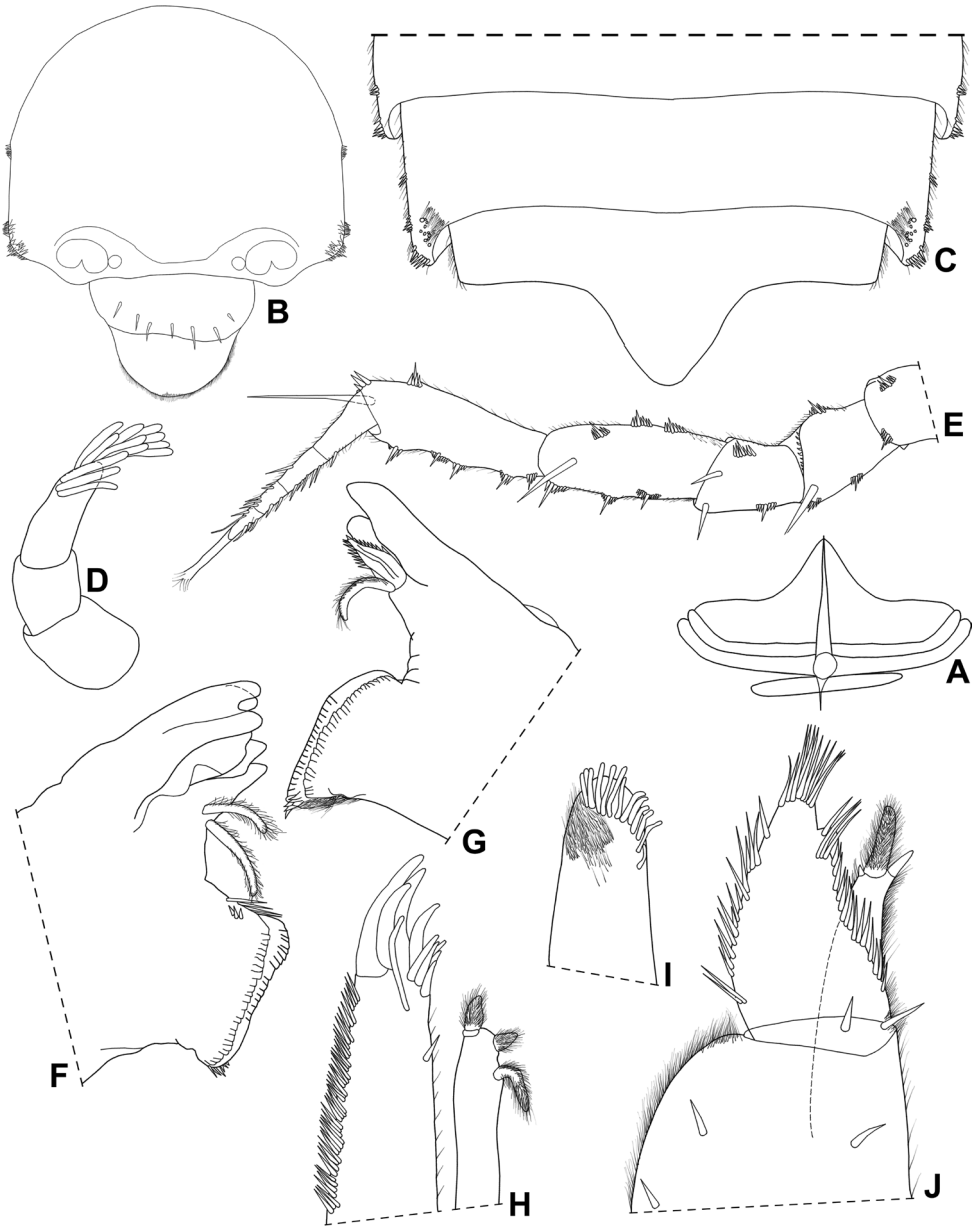


Figure 5. *Pectenoniscus pankaru* Campos-Filho, Torres & Bichuette, sp. nov. (♂, LES 27762) **A** dorsal scale-seta **B** cephalon, frontal view **C** pleonites 4, 5 and telson **D** antennula **E** antenna **F** left mandible **G** right mandible **H** maxillula **I** maxilla **J** maxilliped.

second and first, and bearing at least 12 aesthetascs. Antenna (Fig. 5E) with fifth article of peduncle as long as flagellum, bearing one distal strong seta; flagellum of four articles, first article longest, apical organ as long as distal article of flagellum.

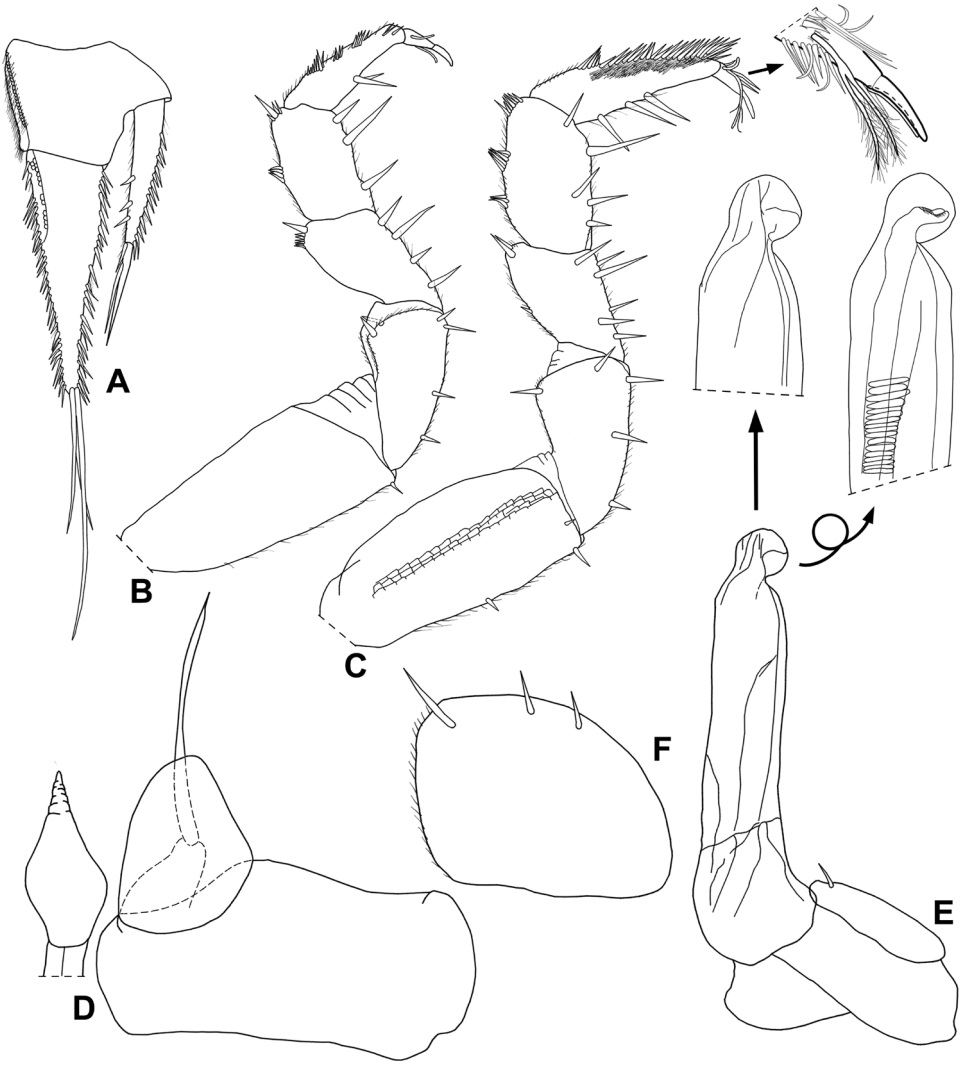


Figure 6. *Pectenoniscus pankaru* Campos-Filho, Torres & Bichuette, sp. nov. (♂, LES 27762) **A** uropod **B** pereopod 1 **C** pereopod 7 **D** genital papila and pleopod 1 **E** pleopod 2 **F** pleopod 5 exopod.

Mandibles as in Fig. 5F, G, right mandible with leaf-like lacinia mobilis. Maxillula (Fig. 5H) with two robust penicils; outer endite with 4+5 teeth, apically simple, one subapical slender stalk near medial margin. Maxilla as in Fig. 5I. Maxilliped (Fig. 5J) basis with lateral sides fringed with fine setae; palp with first article bearing two setae, distal articles fused and bearing many setae on lateral margins; endite much longer than wide, lateral margins covered with fine setae, distal margin bearing two strong setae and one elongated penicil. Grooves and scales for water conducting system on ischium, merus, carpus and propodus of pereopod 6 and basis of pereopod 7 (Fig. 6C). Dactylus with ungual seta simple and dactylar seta bifid and setose.

Uropod (Fig. 6A) protopod and exopod grooved on outer margins bearing glandular pores; exopod longer than endopod, endopod inserted proximally.

Male. Pereopods 1–6 (Fig. 6B) without any sexual modifications. Pereopod 7 (Fig. 6C) propodus with brush of setae on rostral margin. Genital papilla (Fig. 6D) enlarged on median portion, apical part narrow and elongated. Pleopod 1 (Fig. 6D) protopod subrectangular, distal margin sinuous; exopod subtriangular, outer margin almost straight, proximal and outer margins convex; endopod longer than exopod, basal article short, distal article three times longer than basal one. Pleopod 2 (Fig. 6E) exopod ovoid, more than three times as wide as long; endopod of two articles, thickset, second article more than twice as long as first, distally bearing round shaped lobe directed outwards. Pleopod 5 exopod (Fig. 6F) subquadrangular, slightly wider than long, bearing three setae, distal margin rounded.

Etymology. The new species is named for the indigenous people Pankaru, who inhabited the northern portion of Serra do Ramalho region.

Remarks. *Pectenoniscus pankaru* sp. nov. differs from all other species of the genus in the shape of the male pleopod 2 endopod. Moreover, it differs in having the antennal flagellum composed of four articles (vs. five in *P. angulatus*, three in *P. carinhanhensis*, *P. iuiuensis*, *P. juveniliensis*, *P. lilae*, *P. montalvaniensis*, *P. morrensis* and *P. santanensis*), antennula bearing 12 aesthetascs (vs. six in *P. morrensis* and *P. santanensis*, eight in *P. angulatus* and *P. montalvaniensis*, nine in *P. juveniliensis* and *P. lilae*, ten in *P. iuiuensis*, and 11 in *P. carinhanhensis*) (see also Andersson 1960; Campos-Filho et al. 2019; Cardoso et al. 2020b).

Specimens of *Pectenoniscus pankaru* sp. nov. were found only in the aphotic zone associated to the sediment banks close to a small subterranean stream (Fig. 2B) and characterised by high humidity levels, which are more suitable for terrestrial isopods. The specimens were collected near vegetable debris.

Pectenoniscus fervens Campos-Filho, Taiti & Bichuette, sp. nov.

http://zoobank.org/59D8BAB6-221D-47ED-8CE0-519D8A16E5DE

Figs 1, 2C, D, 4D, E, 7, 8

Material examined. Brazil●1♂ (parts in micropreparations), ***holotype***, Gruta Toca Coroa do Frade, Coronel José Dias, Barra Bonita karst region, Casa Nova geomorphological group, state of Piauí, 8°47'51.58"S, 42°25'1.47"W, 8.I.2018, leg. DM Schimonsky, DF Torres and JE Gallão, LES 22421●6♀♀ (one with parts in micropreparations), ***paratypes***, same data as for holotype, LES 27764.

Description. Maximum length: ♂ and ♀ 3 mm. Dorsal surface granulated, granules on pereonites 1–7 in two transverse rows, on pleonites 3–5 in one row (Fig. 4D, E). Dorsal scale-setae tricorn-shaped in middle segments (Fig. 7A). Cephalon (Figs 4F, 7B) with antennary lobes small, triangular and slightly directed outwards; profrons with suprantennal line bent downwards medially. Pereonites 1 and 2 epimera with postero-lateral corners rounded, 4–7 progressively directed backwards and more acute (Fig. 4D, E). Pleonites 3–5 epimera without glandular pores (Fig. 7C). Telson (Fig. 7C) twice as wide as long,

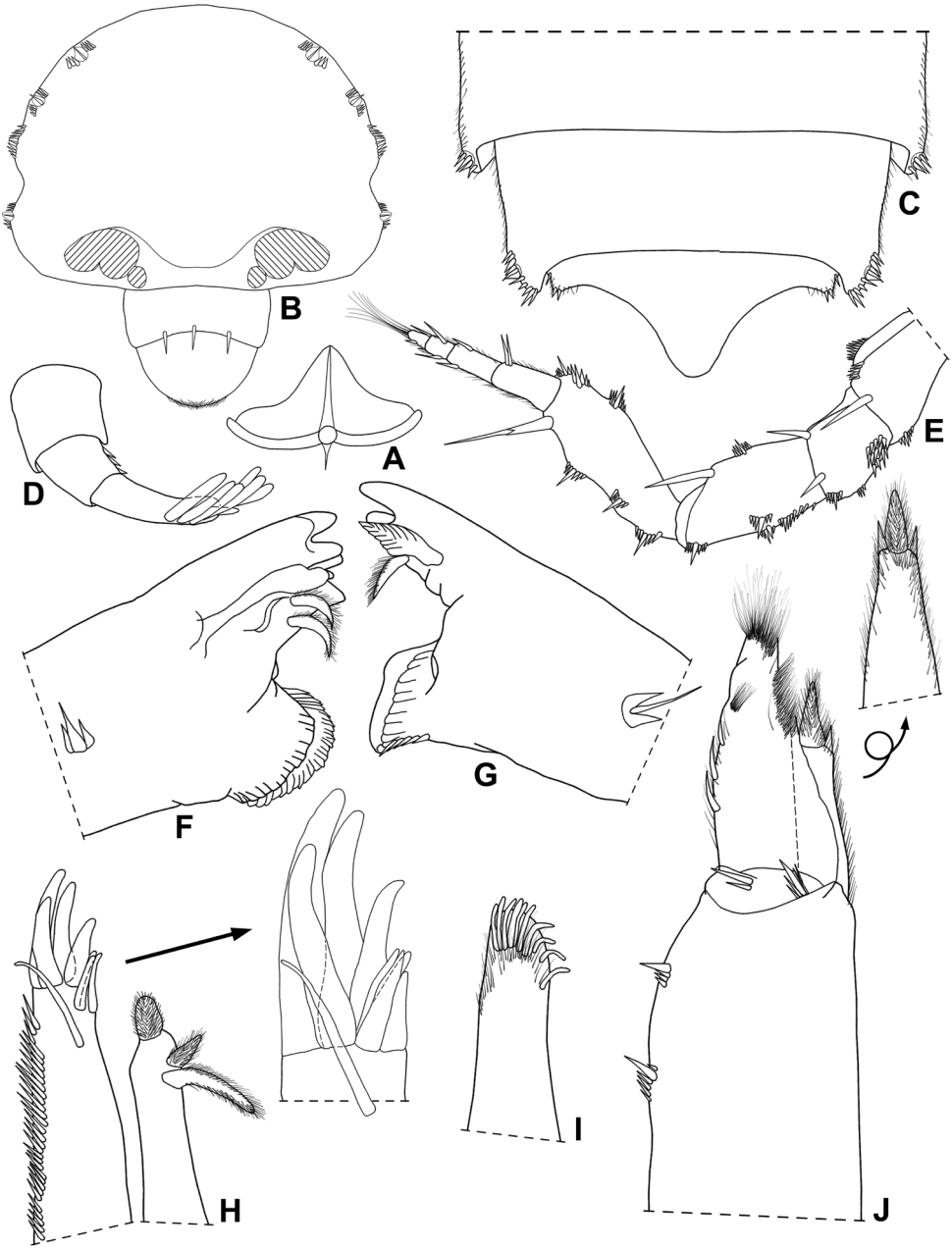


Figure 7. *Pectenoniscus fervens* Campos-Filho, Taiti & Bichuette, sp. nov. (♀, LES 27764) **A** dorsal scale-seta **B** cephalon, frontal view **C** pleonites 4, 5 and telson **D** antennula **E** antenna **F** left mandible **G** right mandible **H** maxillula **I** maxilla **J** maxilliped.

with concave sides and rounded apex. Antennula (Fig. 7D) with distal article longer than second and first, and bearing at least six aesthetascs plus distal tip. Antenna (Fig. 7E) with fifth article of peduncle slightly longer than flagellum, bearing one distal strong seta; fla-

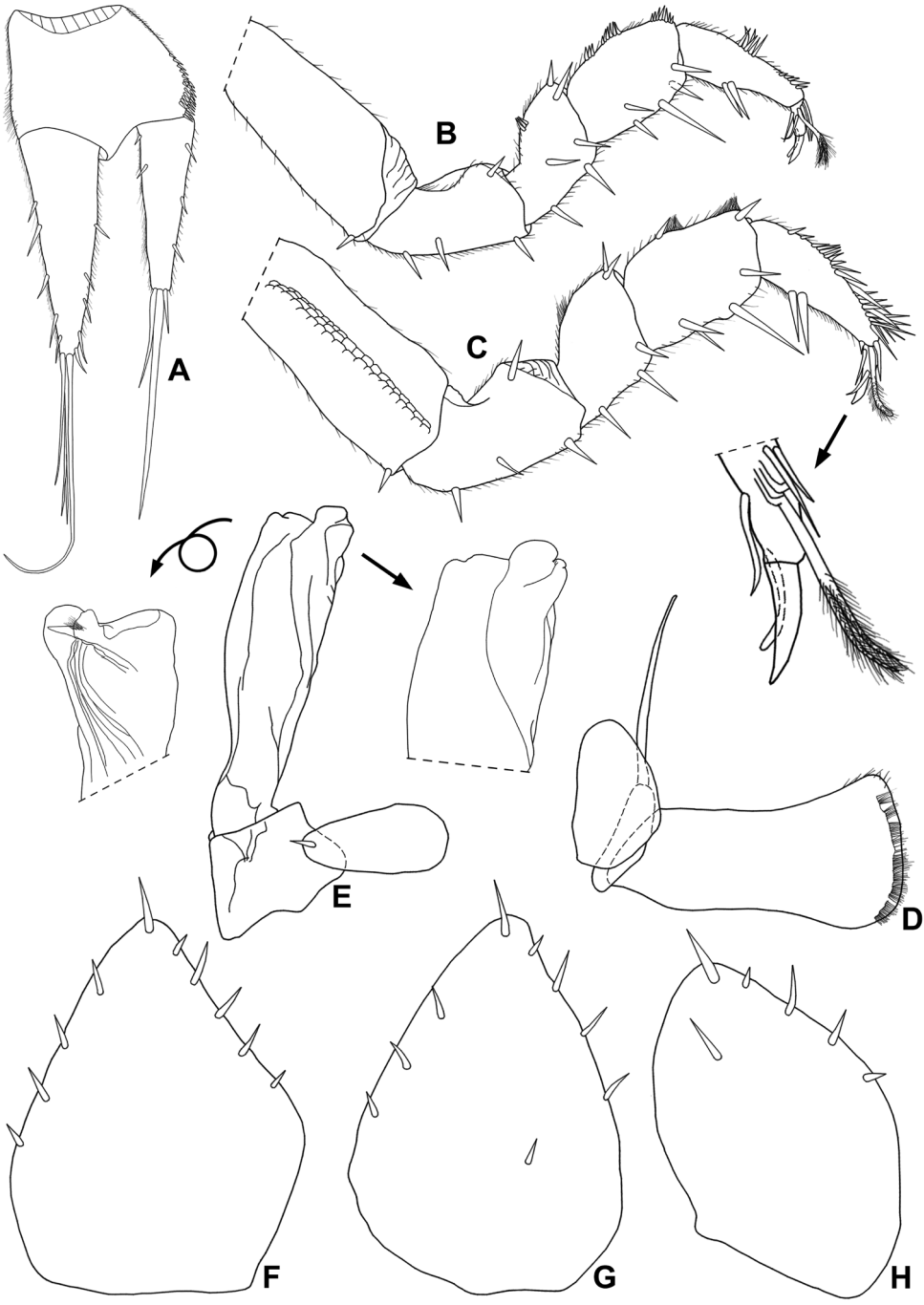


Figure 8. *Pectenoniscus fervens* Campos-Filho, Taiti & Bichuette, sp. nov. (♀, LES 27764) **A** uropod (♂, LES 22421) **B** pereopod 1 **C** pereopod 7 **D** pleopod 1 **E** pleopod 2 **F** pleopod 3 exopod **G** pleopod 4 exopod **H** pleopod 5 exopod.

gellum of four articles, first and second articles subequal in length, third and fourth articles shorter; apical organ longer than distal article of flagellum. Mandibles as in Fig. 7F, G; right mandible with leaf-like lacinia mobilis. Maxillula (Fig. 7H) inner endite with apical penicil robust; outer endite of 4+5 teeth, apically simple, one subapical slender stalk near medial margin. Maxilla as in Fig. 7I. Maxilliped (Fig. 7J) basis with lateral sides fringed with fine setae; palp with first article bearing two setae, distal articles fused and bearing distal fringe of fine setae; endite much longer than wide, lateral margins covered with fine setae, distal margin bearing two strong setae and one elongated penicil. Grooves and scales for water conducting system on ischium, merus, carpus and propodus of pereopod 6 and basis of pereopod 7 (Fig. 8B). Dactylus with ungual seta simple and dactylar seta simple and apically setose. Uropod (Fig. 8A) protopod and exopod not grooved on sternal margin; exopod longer than endopod and inserted almost at same level.

Male. Pereopods 1–7 (Fig. 8B, C) without any sexual modifications. Genital papilla as in previous species. Pleopod 1 (Fig. 8D) protopod subrectangular, distal margin concave; exopod ovoidal, outer margin almost straight, proximal, inner and distal margins rounded; endopod longer than exopod, basal article short, distal article ca. twice longer than basal one. Pleopod 2 (Fig. 8E) exopod ovoidal, twice as wide as long, one seta on inner margin; endopod of two articles, thickset, second article more than three times longer than first, distal portion subquadrangular, distal outer margin with round shaped lobe directed outwards bearing one triangular process on ventral margin. Pleopod 3–5 exopods as in Fig. 8F–H.

Etymology. Latin. *fervens* for very hot, boiling hot. The new species name refers to the very hot temperatures of the Brazilian state of Piauí.

Remarks. *Pectenoniscus fervens* sp. nov. differs from all other species of the genus in the shape of the male pleopod 2 endopod. Moreover, it differs from *P. pankaru* sp. nov. in having the antennula bearing six aesthetascs, the dactylar seta stout and in the different shape of the male pleopod 1 and pleopod 3–5 exopods. The new species shows the same number of aesthetascs of the antennula as in *P. morrensis* and *P. santanensis*, from which it differs in the antennal flagellum composed of four articles (three in *P. morrensis* and *P. santanensis*), male pleopod 1 protopod with the distal margin concave (vs. straight in *P. morrensis*, almost straight in *P. santanensis*), male pleopod 4 exopod triangular (vs. subrectangular in *P. morrensis*, subquadrangualar in *P. santanensis*), and male pleopod 5 exopod rhomboid and longer than wide (vs. triangular and as long as wide in *P. morrensis*, subquadrangular in *P. santanensis*).

The specimens of *Pectenoniscus fervens* sp. nov. were found only in the aphotic zone (Fig. 2J), in vegetable debris with clay and under rocks, where the humidity was higher than at the cave entrance.

Discussion

The new species of *Pectenoniscus* described here showed strict dependence on high humidity. Their occurrence in the caves present in semiarid regions, where the exter-

nal temperatures are high and the humidity is low, reinforce the idea that these caves are probably important refuges for these animals due to their favourable conditions. Moreover, both species show remarkable troglomorphism, such as absent body pigments and eyes, which reinforces the classification of both species as troglobites.

A preliminary evaluation of the conservation status of the new species described here was carried out following the IUCN (International Union of Conservation of Nature) classification. *Pectenoniscus pankaru* sp. nov. and *Pectenoniscus fervens* sp. nov. were classified as Critically Endangered (CR) by the criteria B2ab(iii). The surrounding areas of the caves (Gruna do Govi and Gruta Toca Coroa do Frade) are impacted by deforestation and the remaining native vegetation is present only close to their entrances. The Serra do Ramalho karts area is historically threatened by agricultural activities and potential mining projects (Gallão and Bichuette 2018). Furthermore, the Gruna do Govi is used to capture subterranean water for the consumption of the local people and has pastures close to the cave, while the Gruta Toca Coroa do Frade, despite being close to the Parque Nacional da Serra da Capivara, is out of its boundaries and it is threatened by mining activities and increasing urbanisation. Moreover, both caves are not protected by any law.

Acknowledgements

Our thanks go to ICMBio/CECAV (Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade/Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas) for financial support of the project "Estudos para definição de áreas prioritárias para a Conservação de Proteção Espeleológico na Serra do Ramalho – BA", under execution by the GBPE (Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas), coordinated by Ezio Rubbioli and integrated by MEB; to the members of GBPE, L. Horta, E. Rubbioli, F. Chaimowicz, A. Lobo and R. Brandi for all support in the occasion of the discovery of the new species from Serra do Ramalho karst area; special thanks to GBPE for sharing speleological information of Serra do Ramalho karst area with MEB and for all contribution to the knowledge of Brazilian caves; to D.M. von Schimonsky for his assistance on sampling trip in the state of Piauí; to T. Zepon and V.F. Sperandei for their assistance in sampling at Gruta da Tapagem (Caverna do Diabo), PECD; to SISBIO (Sistema de Autorização Informação em Biodiversidade) for collection permit to MEB (28992 and 75338); to Fundação Florestal for collection permit to MEB at Gruta da Tapagem - PECD (number 004738/2020-15); to FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) for financial support to MEB (Gruta da Tapagem project; number 2019/19520-0); to Vicerrectoría de Investigaciones of the University of Cartagena for the financial support to the Grupo de Investigación en Biología Descriptiva y Aplicada (Project Redes de Investigación Científica, Acta de Compromiso N° 017–2020); to CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) for financial support to ISC-F during his postdoctoral fellowship at UFCG (CAPES/PNPD/UFCG/CTRN/PPGRN/201713705) (Finance Code 001); to CNPq (Conselho Nacional de

Desenvolvimento Científico e Tecnológico) for financial support and productivity fellowship to MEB (457413/2014-0 and 310378/2017-6); to Research Project titled "Biodiversity of terrestrial isopods (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) from Cyprus in the light of integrative taxonomy", funded by the "ONISILOS Research Program – 2018", University of Cyprus, for the postdoctoral fellowship granted to ISC-F. We would like also to thank Jana Bedek and Paula B. Araujo for their critiques and suggestions.

References

Anderson LE (1954) Hoyer's Solution as a Rapid Permanent Mounting Medium for Bryophytes. The Bryologist 57: e242. https://doi.org/10.2307/3240091

Andersson Å (1960) South American terrestrial isopods in the collection of the Swedish State Museum of Natural History. Arkiv för Zoologi 12: 537–570.

Andreev S (2002) Trois nouvelles espèces des genres *Cordioniscus* et *Trichoniscus* (Isopoda: Oniscidea) et nouvelles données sur les isopodes terrestres de la Bulgarie. Historia Naturalis Bulgarica 15: 55–72.

Andreev S, Bozarova F (2000) Type material of Isopoda (Crustacea: Oniscidea, Anthuridae) from the collections of the National Museum of Natural History in Sofia. Historia Naturalis Bulgarica 11: 25–32.

Arcangeli A (1929) Isopodi terrestri raccolti in Cuba dal Prof. F. Silvestri. Bollettino del Laboratoriodi Zoologia generale e agraria della R. Scuola superiore d'Agricoltura in Portici 23: 129–148.

Arcangeli A (1930) Contributo alla conoscenza del "microgenton" di Costa Rica. I. Isopodi terrestri. Bollettino del Laboratorio di Zoologia generale e agraria della R. Scuola superiore d'Agricoltura in Portici 25: 1–29.

Auler A, Rubbioli E, Brandi R (2001) As grandes cavernas do Brasil. Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, Belo Horizonte, 2303 pp.

Bastos-Pereira R, Souza LA, Ferreira RL (2017) A new amphibious troglobitic styloniscid from Brazil (Isopoda, Oniscidea, Synocheta). Zootaxa 4294(2): 292–300. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4294.2.11

Bedek HE, Zimmermann NE, McVicar TR, Vergopolan N, Berg A, Wood EF (2018) Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. Scientific Data 5: e180214. https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214

Bedek HE, Zimmermann NE, McVicar TR, Vergopolan N, Berg A, Wood EF (2020) Publisher Correction: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. Scientific Data 7: e274. https://doi.org/10.1038/s41597-020-00616-w

Bichuette ME, Rizzato PP (2012) A new species of cave catfish from Brazil, *Trichomycterus rubbioli* sp.n., from Serra do Ramalho karstic area, São Francisco River basin, Bahia State (Silurifomes: Trichomycteridae). Zootaxa 3480(1): 48–66. https://doi.org/10.11646/zootaxa.3480.1.2

Campos-Filho IS, Araujo PB, Bichuette ME, Trajano E, Taiti S (2014) Terrestrial isopods (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) from Brazilian caves. Zoological Journal of the Linnean Society 172(2): 360–425. https://doi.org/10.1111/zoj.12172

Campos-Filho IS, Bichuette ME, Araujo PB, Taiti S (2017a) Description of a new species of *Cylindroniscus* Arcangeli, 1929 (Isopoda: Oniscidea) from Brazil, with considerations on the family placement of the genus. North-Western Journal of Zoology 13(2): e161305. https://biozoojournals.ro/nwjz/content/v13n2/nwjz_e161305_Campos.pdf [accessed on 27 September 2021]

Campos-Filho IS, Bichuette ME, Montesanto G, Araujo PB, Taiti S (2017b) The first troglobiotic species of the family Pudeoniscidae (Crustacea, Isopoda, Oniscidea), with descriptions of a new genus and two new species. Subterranean Biology 23: 69–84. https://doi.org/10.3897/subtbiol.23.20963

Campos-Filho IS, Cardoso GM, Aguiar JO (2018) Catalogue of terrestrial isopods (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) from Brazil: an update with some considerations. Nauplius 26: e2018038. https://doi.org/10.1590/2358-2936e2018038

Campos-Filho IS, Fernandes CS, Cardoso GM, Bichuette ME, Aguiar JO, Taiti S (2019) Two new species and new records of terrestrial isopods (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) from Brazilian caves. Zootaxa 4564(2): 422–448. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4564.2.6

Campos-Filho IS, Fernandes CS, Cardoso GM, Bichuette ME, Aguiar JO, Taiti S (2020) New species and new records of terrestrial isopods (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) of the families Philosciidae and Scleropactidae from Brazilian caves. European Journal of Taxonomy 606: 1–38. https://doi.org/10.5852/ejt.2020.606

Campos-Filho IS, Taiti S (2021) Oniscidea taxonomy: present and future. Abstract book of the 11th International Symposium on Terrestrial Isopod Biology. Spinicornis, Ghent, 9 pp. https://spinicornis.be/istib2021/presentations/

Cardoso GM, Bastos-Pereira R, Souza LA, Ferreira RL (2020a) New troglobitic species of *Xangoniscus* (Isopoda: Styloniscidae) from Brazil, with notes on their habitats and threats. Zootaxa 4819(1): 84–108. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4819.1.4

Cardoso GM, Bastos-Pereira R, Souza LA, Ferreira RL (2020b) New cave species of *Pectenoniscus* Andersson, 1960 (Isopoda: Oniscidea: Styloniscidae) and an identification key for the genus. Nauplius 28: e2020039. https://doi.org/10.1590/2358-2936e2020039

Cardoso GM, Bastos-Pereira R, Souza LA, Ferreira RL (2021) *Chaimowiczia*: a new Iuiuniscinae genus from Brazil (Oniscidea, Synocheta, Styloniscidae) with the description of two new troglobitic species. Subterranean Biology 39: 45–62. https://doi.org/10.3897/subtbiol.39.65305

Dalens H (1987) Sur deux oniscoïdes cavernicoles nouveaux de Thaïlande. Travaux du Laboratoire d'Écobiologie des Arthropodes édaphiques 5: 43–53. [2 pls]

Dalens H (1989) Sur un nouveau genre d'oniscoide "aquatique" provenant du sud-est Asiatique: *Thailandoniscus annae* (Isopoda, Oniscidea, Styloniscidae). Spixiana 12: 1–6.

Dana JD (1853) Crustacea, Part II. Isopoda. United States exploring expedition during the years 1838, 1839, 1840, 1841, 1842 under the command of Charles Wilkens, U.S.N., Vol. 14. C. Sherman, Philadelphia, 696–805. [pls 46–53]

Dimitriou AC, Taiti S, Sfenthourakis S (2019) Genetic evidence against monophyly of Oniscidea implies a need to revise scenarios for the origin of terrestrial isopods. Nature Scientific Reports 9: e18508. https://doi.org/10.1038/s41598-019-55071-4

Fernandes CS, Batalha MA, Bichuette ME (2016) Does the cave environment reduce functional diversity? PLoS ONE 11(3): e0151958. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151958

Fernandes CS, Campos-Filho IS, Araujo PB, Bichuette ME (2019) Synopsis of terrestrial isopods (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) from Brazilian caves, with emphasis on new records from north, midwest, northeast and southeast regions. Journal of Natural History 53(17–18): 1095–1129. https://doi.org/10.1080/00222933.2019.1634225

Fernandes CS, Campos-Filho IS, Bichuette ME (2018) *Cylindroniscus platoi* (Isopoda: Oniscidea: Styloniscidae), a new cave-dwelling species from Lagoa Santa Karst, Southeasthern Brazil. Zootaxa 4461(3): 411–420. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4464.3.6

Ferrara F, Taiti S (1979) A check-list of terrestrial isopods from Africa (south of the Sahara). Monitore zoologico italiano, Nuova Serie, Supplemento 12: 89–215. https://doi.org/10.1080/03749444.1979.10736595

Fundação Florestal (2010) Plano de manejo espeleológico: Caverna do Diabo, volume principal e anexos. Secrataria do Meio Ambiente (Governo de São Paulo), Ekos Brasil, São Paulo 108 pp.

Gallão JE, Bichuette ME (2018) Brazilian obligatory subterranean fauna and threats to the hypogean environment. ZooKeys 746: 1–23. https://doi.org/10.3897/zookeys.746.15140

Gräve W (1914) Die Trichoniscinen der Umgebung von Bonn. Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere 36: 199–228, pls 4–6. https://doi.org/10.5962/bhl.part.1490

Green A (1971) Styloniscidae (Isopoda, Oniscoidea) from Tasmania and New Zealand. Papers and Proceedings of the Royal Society of Tasmania 105: 59–74.

Green A, Lew Ton H, Poore G (2002) Suborder: Oniscidea Latreille, 1802. In: Houston W, Beesley P (Eds) Zoological Catalogue of Australia Vol. 19.2A. Australian Biological Resources Study, Melbourne, 279–344.

Hadler P, Mayer EL, Motta F, Ribeiro AM (2018) Fossil bats from the Quaternary of Serra da Capivara, northeast Brazil. Quaternary International 464(Part B): 411–416. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.11.022

Hiruma ST, Ferrari JA, Amaral R (2008) Caracterização de feições cársticas de superfície da Faixa André Lopes (Vale do Ribeira, SP). In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 44, Curitiba, Anais, 993.

Karmann I, Sánchez LE (1979) Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil. Espeleo-Tema, Monte Sião 13: 105–167.

Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F (2006) World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorologische Zeitschrift 15(3): 259–263. https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130

Montesanto G (2015) A fast GNU method to draw accurate scientific illustrations for taxonomy. ZooKeys 515: 191–206. https://doi.org/10.3897/zookeys.515.9459

Montesanto G (2016) Drawing setae: a GNU way for digital scientific illustrations. Nauplius 24: e2016017. https://doi.org/10.1590/2358-2936e2016017

Morrone JJ (2014) Biogeographical regionalization of the Neotropical Region. Zootaxa 3782(1): 1–110. https://doi.org/10.11646/zootaxa.3782.1.1

Mulaik S (1960) Contribución al conocimiento de los isópodos terrestres de México (Isopoda, Oniscoidea). Revista de la Sociedad Mexican de Historia Natural 21: 79–292.

Nascimento MAL, Mantesso-Neto V (2013) Speleological heritage in Brazil's proposed Geoparks, as presented in the book "Geoparques do Brasil: propostas". Tourism and Karst Areas 6(1): 27–42.

Rubbioli E, Auler A, Menin D, Brandi R (2019) Cavernas-Atlas do Brasil Subterrâneo. ICMBio Brasília, DF, Brazil, 340 pp.

Schmalfuss H (2003) World catalog of terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea). Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie A 654: 1–341.

Schmalfuss H, Erhard F (1998) Die Land-Isopoden (Oniscidea) Griechenlands. 19. Beitrag: Gattung *Cordioniscus* (Styloniscidae). Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie A 582: 1–20.

Schmidt C, Leistikow A (2004) Catalogue of genera of the terrestrial Isopoda (Crustacea: Isopoda: Oniscidea). Steenstrupia 28: 1–118.

Schultz G (1970) *Cylindroniscus vallesensis* sp. nov.: Description with review of genus (Isopoda, Trichoniscidae). Transactions of the American microscopical Society 89: 407–412. https://doi.org/10.2307/3224360

Schultz G (1995) *Sinoniscus cavernicolus*, a new genus and species of terrestrial isopod crustacean from a cave of China (Styloniscidae: Oniscidea). Proceedings of the Biological Society of Washington 108: 201–206.

Sfenthourakis S, Taiti S (2015) Patterns of taxonomic diversity among terrestrial isopods. ZooKeys 515: 13–25. https://doi.org/10.3897/zookeys.515.9332

Silva APB, Oliveira IPMR, Bastos-Pereira R, Ferreira RL (2018) Are laboratory studies on behavior of troglobitic species always trustful? A case study with an isopod from Brazil. Behavioural Processes 153: 55–65. https://doi.org/10.1016/j.beproc.2018.05.009

Silverio MO (2014) Atuação da arquitetura no uso público de cavernas. Conceitos, métodos e estratégias para ocupação. Caverna do Diabo, SP. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Souza LA, Ferreira RL, Senna AR (2015) Amphibious shelter-builder Oniscidea species from the New World with description of a new subfamily, a new genus and a new species from Brazilian Cave (Isopoda, Synocheta, Styloniscidae). PLoS ONE 10(5): 1–18. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115021

Taiti S, Ferrara F, Kwon D (1992) Terrestrial Isopoda (Crustacea) from the Togian Islands, Sulawesi, Indonesia. Invertebrate Taxonomy 6: 787–842. https://doi.org/10.1071/IT9920787

Taiti S, Howarth F (1997) Terrestrial isopods (Crustacea, Oniscidea) from Hawaiian caves. Mémoires de Biospéologie 24: 97–118.

Taiti S, Montesanto G (2020) Troglobiotic terrestrial isopods from Myanmar, with descriptions of a new genus and three new species (Crustacea, Oniscidea). Raffles Bulletin of Zoology Supplement 35: 109–122.

Taiti S, Xue Z (2012) The cavernicolous genus *Trogloniscus* nomen novum, with descriptions of four new species from southern China (Crustacea, Oniscidea, Styloniscidae). Tropical Zoology 25(4): 183–209. http://dx.doi.org/10.1080/03946975.2012.751240

Trajano E (2012) Ecological classification of subterranean organisms. In: White W, Culver D (Eds) Encyclopedia of Caves. 2nd Edn. Academic Press, Oxford, 275–277. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-383832-2.00035-9

Trajano E, Carvalho MR. (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: 1-26. https://doi.org/10.3897/subtbiol.22.9759

Vandel A (1952) Les trichoniscides (crustaces – isopodes) de l'hemisphere austral. Memoires du Museum National d'Histoire Naturelle, Serie A 6: 1–116.

Vandel A (1973) Les isopodes terrestres de l'Australie. Étude systématique et biogéographique. Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle, Nouvelle Série, Série A 82: 1–171. [and one map]

Vandel A (1977) Les oniscoïdes (isopodes terrestres) de la Nouvelle-Zélande et de l'Archipel Kermadec. Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle, Nouvelle Série, Série A 102: 1–56.

Vandel A (1981) Les isopodes terrestres et cavernicoles de l'île de Cuba (second mémoire). Résultats des Expéditions biospéologiques cubano-roumaines à Cuba 3: 35–76.

WoRMS, World Register of Marine Species (2021) Oniscidea. http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=146505 [accessed on 27 September 2021]

Zootaxa 5115 (3): 419–437
https://www.mapress.com/zt/
Copyright © 2022 Magnolia Press

Article

ISSN 1175-5326 (print edition)
ZOOTAXA
ISSN 1175-5334 (online edition)

https://doi.org/10.11646/zootaxa.5115.3.7
http://zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:F9C7819F-1752-4F28-B5A6-15530B058DA1

Two new species of the millipede family Trichopolydesmidae from Bahia state, northeastern Brazil, including a remarkable threatened troglobiont (Diplopoda, Polydesmida)

SERGEI I. GOLOVATCH[1,*], JÉSSICA S. GALLO[2,3] & MARIA E. BICHUETTE[2,4]
[1]*Institute for Problems of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*
[2]*Laboratório de Estudos Subterrâneos, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Rodovia Washington Luis, km 235, 13565-905, CP 676. São Carlos, São Paulo, Brazil;*
[3] *jessicasgallo@gmail.com; https://orcid.org/0000-0001-9350-4686*
[4] *lina.cave@gmail.com; http://orcid.org/0000-0002-9515-4832*
[*]*Corresponding author. sgolovatch@yandex.ru; https://orcid.org/0000-0001-7159-5484*

Abstract

Phaneromerium troglopterygotum **sp. nov.** and *Moojenodesmus schubarti* **sp. nov.** are described from Bahia state, northeastern Brazil. The former species is a remarkable troglobiont relict endemic to a single limestone cave from the Serra do Ramalho karst area; it shows some clear-cut troglomorphic traits, and particular biology and ecology. The latter species occurs close to limestone outcrops of the Serra do Iuiu karst area. Both regions generally support a typical dry tropical climate, but the cave and outcrop habitats represent sites with high humidity, this being essential for the survival of these and other species.

Key words: taxonomy, cave habitat, *Phaneromerium*, *Moojenodesmus*, semi-arid climate

Introduction

The family Trichopolydesmidae is a group of usually small to very small polydesmoid millipedes (2–16 mm long) treated within either the superfamily Trichopolydesmoidea (Golovatch 2013; Enghoff *et al.* 2015) or the superfamily Polydesmoidea (Shear & Reddell 2017). Depending on approach, Trichopolydesmidae contain ca 100 genera and 220+ species, mainly in the Northern Hemisphere, both temperate and, especially, tropical. They are only marginally represented in Java, Indonesia and Wallacea in the southeast, being totally absent from New Zealand, Australia, the southern half of Africa, and Madagascar (Enghoff *et al.* 2015). According to Shear and Reddell (2017), however, true Trichopolydesmidae are also absent from the Nearctic which is populated instead only by members of the related families Macrosternodesmidae and Polydesmidae.

The Trichopolydesmidae in the broad sense can be characterized by the gonopod aperture being large, transversely oval, with exposed to deeply sunken gonocoxae. The latter are subglobose, usually with normal, tube-shaped cannulae, from small to rather large while telopodites from strongly exposed to concealed inside a considerable central gonocoel; prefemoral portion tends to be orientated transversely to main body axis, only occasionally somewhat to clearly shortened and thus resembling the condition observed in Polydesmoidea; acropodite tri-, bi- or uniramous, usually directed cephalad or cephalomesad; solenomere mostly evident, simple, only seldom a short tooth, more often long, distal in location, either stout or slender/flagelliform. Normally neither an accessory seminal chamber nor a hairy pulvillus, only exceptionally with a primordial accessory seminal chamber (Golovatch 2013). A general trend to complication is observed in the evolution of the trichopolydesmid gonopodal structure, ranging from relatively small gonocoxae that form a shallow central cavity (gonocoel) and leave the telopodites strongly exposed, through a series of intermediate conditions, to the strongly hypertrophied gonocoxae that conceal/protect the entire or almost entire telopodites inside a deep to very deep gonocoel (Golovatch 1992, 1994, 2013).

Accepted by T. Wesener: 19 Feb. 2022; published: 15 Mar. 2022

The Afrotropical Trichopolydesmidae (formerly Fuhrmannodesmidae, synonymized by Golovatch (2013)), altogether 52 species in six genera, as well as an eastern Mediterranean genus and species, they all seem to form a monophyletic clade characterized by an ovoid, lenticulate gonopodal telopodite (Golovatch *et al.* 2018, 2019; Vagalinski *et al.* 2019). The Euro-Mediterranean Trichopolydesmidae, another ca 35 species in 17 genera, about half of which are troglobionts that reach Crimea and the Caucasus in the east, are characterized by elongate gonotelopodites, suberect to strongly curved, usually branching (bi- or tripartite, including a solenomere branch), sometimes devoid of both a coxal cannula and a seminal groove (Golovatch 2013; Antić *et al.* 2014; Golovatch & VandenSpiegel 2015; Golovatch *et al.* 2017). *Trichopolydesmus* Verhoeff, 1898, the type genus of the family, contains two species from Romania (e.g., Enghoff *et al.* 2015).

The Oriental Trichopolydesmidae presently count 45 species in 19 genera that reach the islands of Sokotra (one cavernicolous genus and species) and Mauritius (two genera and six species, one monotypic genus being shared with Java) in the western Indian Ocean (Mauriès & Geoffroy 1999; Golovatch & Mauriès 2007), through the Himalaya and the whole of India and Sri Lanka, to southern China, Indochina, Indonesia and Melanesia in the east (Golovatch *et al.* 2014; Golovatch & VandenSpiegel 2016). These taxa mainly show very complex and often bizarre gonopods, exceptionally even trilobate paraterga. Only two presumed troglobionts are known, both from the Himalaya of India (Golovatch 1988; Golovatch *et al.* 2014).

Trichopolydesmidae are quite common, diverse and widespread in the Neotropical Region as well (Golovatch 1992, 1994; Hoffman 2000). "About 55 very nominal genera, most of them monobasic", are known from Central America, including Panama and the Caribbean (Hoffman 2000: p. 442). The trichopolydesmid fauna of South America south of Panama is presently shown to be composed of 45 species from nine genera (Golovatch 1992, 1994, 1996; Golovatch & Wytwer 2004). Historically, the best prospected faunule concerns the environs of Manaus, Amazonia (Hoffman *et al.* 2002), whence all nine South American genera of Trichopolydesmidae have been properly diagnosed and keyed (Golovatch 1994).

Most trichopolydesmid species and genera are epigean, but a few from Europe or the Himalaya, as well as quite a few from Central America, are presumed troglobionts showing evident troglomorphic traits such as an unpigmented and fragile body, clearly elongated extremities and body outgrowths, sometimes coupled with a relatively large size (the so-called "cave gigantism") (e.g., Golovatch 2013). *Phaneromerium cavernicolum* Golovatch & Wytwer, 2004, from the Gruta do Padre cave in Bahia, Brazil, the sole clearly troglomorphic trichopolydesmid from entire South America, has a pallid body with broad paraterga and unusually long tergal setae, antennae, and legs (Golovatch & Wytwer 2004).

Against a background of the millipede fauna of Brazil being very rich and highly diverse at any taxonomic level, presently encompassing eight orders, 29 families, ca 130 genera and roughly 500 species (Hoffman *et al.* 2002; Lewinsohn & Prado 2005; our own estimates), the cave fauna of Diplopoda seems to be strongly impoverished and restricted/biased to only a few dominating lineages. Such are seven families of the order Polydesmida which have been encountered in Brazilian caves: Dobrodesmidae, *Dobrodesmus* Shear, Ferreira & Iniesta, in Shear *et al.*, 2016, one species; Chelodesmidae, *Alecodesmus* sp., *Leodesmus* Mauriès & Geoffroy, 2000, one species, and a few more genera and species indet.; Cryptodesmidae, a few *Cryptodesmus* spp. and *Peridontodesmella* Schubart, 1957, one species; Oniscodesmidae, several *Crypturodesmus* spp.; Paradoxosomatidae, a few gen. spp. indet.; Pyrgodesmidae, *Yporangiella* Schubart, 1946, one species, and a few more gen. spp. indet.; Trichopolydesmidae (= Fuhmannodesmidae), *Phaneromerium* Verhoeff, 1941, one species, and a few more gen. spp. indet. Two families in the order Spirostreptida (Pseudonannolenidae, several *Pseudonannolene* spp.; Spirostreptidae, a few gen. spp. indet.), as well as a single family, genus and species each in the orders Glomeridesmida and Stemmiulida (Glomeridesmidae, *Glomeridesmus* Gervais, 1844; Stemmiulidae, *Stemmiulus* Gervais, 1844) likewise contain cavernicoles, largely presumed troglobionts (Trajano *et al.* 2000; Trajano & Bichuette 2010; Iniesta *et al.* 2012; Iniesta & Ferreira 2013, 2015; Shear *et al.* 2016; Gallão & Bichuette 2018).

Basically, most of the diversity of Diplopoda in South America, Brazil included, belongs to the very large families Rhinocricidae (Spirobolida), Spirostreptidae (Spirostreptida), and Chelodesmidae (Polydesmida), each containing dozens of component species, the latter family also dozens of genera involved, and all three closely followed by the only slightly subordinate families Paradoxosomatidae (Polydesmida) and Pseudonannolenidae (e.g., Enghoff *et al.* 2015). Yet their cave-dwelling representative species, let alone genera, are typically very few, if any (Trajano *et al.* 2000). Thus, no Rhinocricidae have ever been encountered in Brazilian caves, *vs*. only a few marginal records of Spirostreptidae, likely none of which being troglobiont though (Trajano 2000; Trajano & Bichuette 2009). Even

in such a particularly speciose genus as *Pseudonannolene* Silvestri, 1895 (Spirostreptida: Pseudonannolenidae) that presently counts ca 60 species, only four congeners each of the 25 reported from Brazilian caves are considered as troglophiles or neotroglobionts (Gallo & Bichuette 2019, 2020). The only truly outstanding and obviously palaeoeutroglobiont in Brazil seems to be *Dobrodesmus mirabilis* Shear, Ferreira & Iniesta, in Shear *et al.*, 2016, from a limestone cave in Bahia, which represents a relict monobasic genus, family (Dobrodesmidae), and suborder (Dobrodesmidea) deemed the most primitive in the entire order Polydesmida (Shear *et al.* 2016). Dobrodesmidae and Dobrodesmidea are also the only higher diplopod taxa endemic to Brazil. Importantly, the only hitherto described and presumably troglobiont Trichopolydesmidae known from Brazil, *Phaneromerium cavernicolum* Golovatch & Wytwer, 2004, also comes from Bahia (Golovatch & Wytwer 2004).

The present contribution puts on record another two species of Trichopolydesmidae from Brazil, both new. One of the species represents a relict obligate cave-dweller (troglobiont) endemic to a single cave from the Serra do Ramalho karst area, a region highly promising for further occurrences of caves and troglobionts in Bahia state (Gallão & Bichuette 2018). The other trichopolydesmid is an epigean species that occurs close to limestone outcrops of the Serra do Iuiu karst area. Moreover, we provide the first observations of the ecology and behaviour of the new troglobiont from the Serra do Ramalho karst area. Besides this, the species will be categorized according to the International Union for the Conservation of Nature (IUCN).

Materials and methods

The material treated in this paper was generously sent to SIG by MEB on loan for identification, all strictly according to Brazilian law (IBAMA). It belongs to the scientific collection of cave fauna of the Laboratório de Estudos Subterrâneos (LES), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos (Curator: Maria E. Bichuette), São Paulo state, Brazil, with only very few paratypes to be housed in the Zoological Museum, State University of Moscow (ZMUM), Russia, as indicated below. The samples are preserved in 75% ethanol.

Scanning electron micrographs (SEM) were obtained using the low-vacuum operation mode of a FEI Quanta 250 scanning electron microscope installed at UFSCar.

The pictures of the fixed samples were taken with a Canon EOS 5D digital camera and stacked using Zerene Stacker software. Final image processing was performed with Adobe Photoshop CC. The map (Fig. 1) was executed using QGIS Desktop 3.6.0 software. The line drawings of trichopolydesmids were executed by SIG.
Abbreviations used to denote particular structures of the specimens are explained both in the text and figure captions.

Study Area. The Serra do Ramalho karst area lies in the southwestern part of the state of Bahia, Brazil, comprising the municipalities of Coribe, Feira da Mata, Carinhanha, and Serra do Ramalho. This area is on the left bank of the middle São Francisco River basin, being dominated by a plateau formed by carbonatic rocks belonging to the Bambuí Geomorphological group, Sete Lagoas formation, with a high number of caves mostly without legal protection (Rubbioli *et al.* 2019). The climate is tropical dry, characterized by a dry winter with annual precipitation of about 640 mm (Koeppen 1948). The region's main biome is "Caatinga", composed of mesophytic and xeromorphic forests interspersed with "Cerrado" (savannah-like vegetation) (Bichuette & Rizzato 2012) (Figs 1 & 2). The Gruna da Serra Verde cave lies on a private property in the municipality of Coribe. Native vegetation remains only near the cave entrance, while the surroundings are altered by small-scale pastures and plantations.

The new *Phaneromerium* species was found only in the aphotic zone of the cave, in extremely humid microhabitats composed of organic matter and unconsolidated substrate (clay). This is a doubtless relict of the past humid conditions that existed once in Bahia overground as well.

The Serra do Iuiu karst area also belongs to the Bambuí Geomorphological group and is located at the right bank of the middle São Francisco River basin. The region is composed of two formations, Serra de Santa Helena and Lagoa do Jacaré outcrops (Karman & Sanchez 1979). The climate is dry tropical, as in the Serra do Ramalho karst area, but the predominantly "Caatinga" vegetation is mainly composed of mesophytic and xeromorphic forests. The microhabitats of the new *Moojenodesmus* species consisted of humid vegetable debris deposited over the limestone outcrops near the entrance to the Lapa do Baixão cave, Iuiu Municipality (Fig. 3).

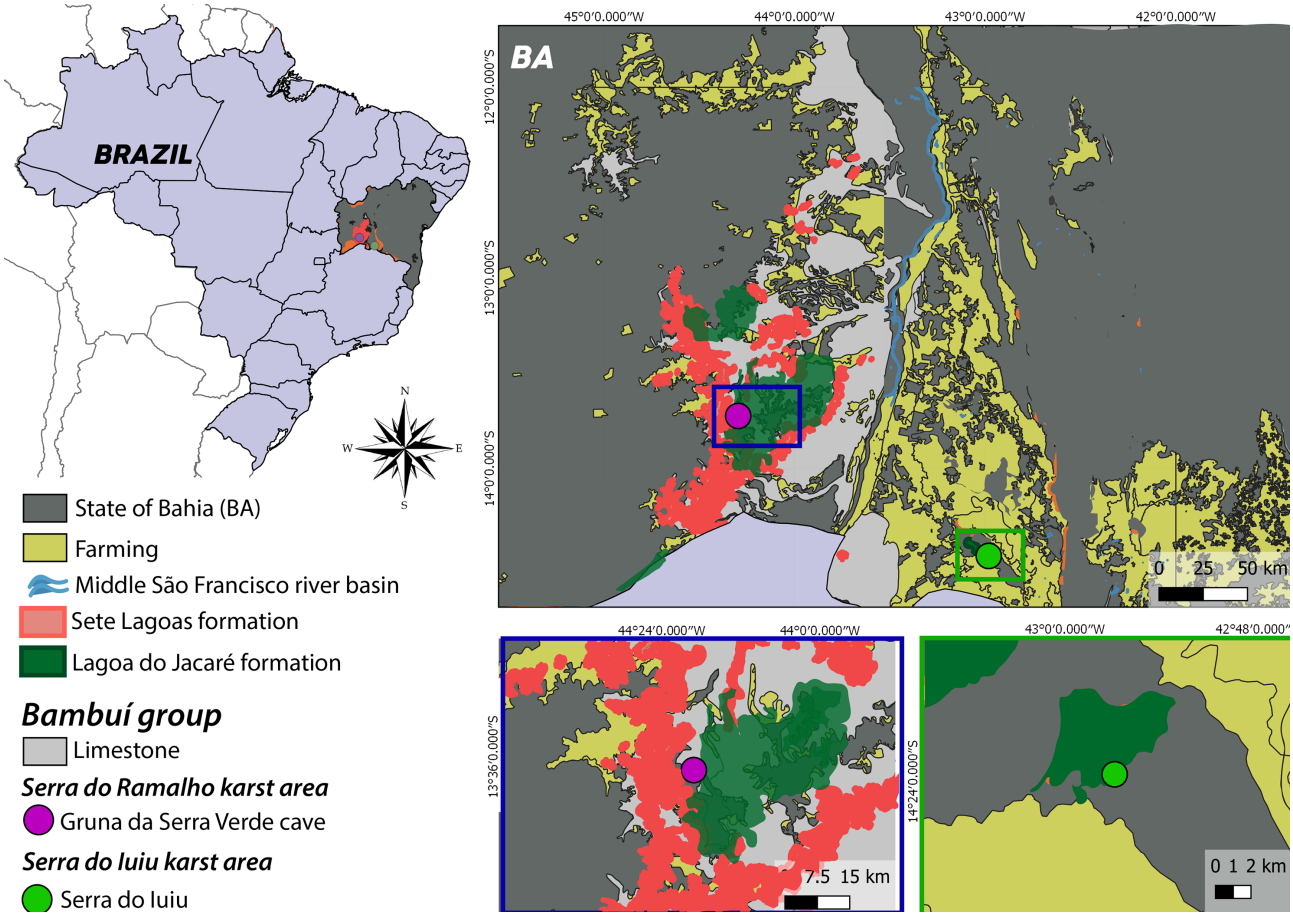


FIGURE 1. Location of the Gruna da Serra Verde cave and the Serra do Iuiu karst area in Bahia state, northeastern Brazil. Courtesy L. de Assis.



FIGURE 2. Outcrops close to the entrance to Gruna da Serra Verde cave (left) and a humid microhabitat within the aphotic zone inside (right). The type locality of *Phaneromerium troglopterygotum* **sp. nov.**, Coribe municipality, Bahia state, Brazil.



FIGURE 3. Outcrops of the Serra do Iuiu karst area (left) and a humid habitat (right) close to the entrance to Lapa do Baixão cave. The type locality of *Moojenodesmus schubarti* **sp. nov.**, Iuiu municipality, Bahia state, Brazil.

Taxonomy

Trichopolydesmidae Verhoeff, 1910

Genus *Phaneromerium* Verhoeff, 1941

Type species: *Cryptogonodesmus obtusangulus* Carl, 1914, from Colombia, by monotypy.

Other species included: *P. laticeps* (Kraus, 1954), *P. longipes* (Kraus, 1954), *P. minimum* (Kraus, 1954), *P. robustum* (Kraus, 1955), *P. taulisense* (Kraus, 1954), all from Peru, *P. distinctum* Golovatch, 1994, *P. latum* Golovatch, 1994, *P. minutum* Golovatch, 1994, all three from near Manaus, Brazil, and *P. cavernicolum* Golovatch & Wytwer, 2004, from a cave in Bahia, Brazil. All ten species of the genus have been keyed (Golovatch & Wytwer 2004).

Diagnosis. One of the basalmost genera of Trichopolydesmidae with relatively little enlarged gonopod coxites that form together no considerable gonocoel cavity, but support instead almost fully exposed, suberect and relatively simple telopodites, uni- or bipartite, held parallel to each other (Golovatch 1994). This condition is deemed to be the most primitive in the gonopodal evolution of Neotropical Trichopolydesmidae compared to the developments observed in the remaining eight genera that occur in the region (Golovatch 1992, 1994; Golovatch & Wytwer 2004).

Phaneromerium troglopterygotum Golovatch & Gallo, **sp. nov.**
Figs 4–10

Material examined. Holotype male (LES 0027861), Brazil, Bahia State, Coribe Municipality, Gruna da Serra Verde cave, aphotic zone, S13°43’28.0”, W44°19’26.9”, 05.VII.2021, M.E. Bichuette, J.E. Gallão, J.S. Gallo & V.F. Sperandei leg.

Paratypes: 1 male, 1 female (ZMUM), 3 males, 1 female, 3 juv. (LES 0027862), same locality, taken together with holotype; 5 males, 2 females (LES 0027863), same locality as holotype.

Name. To emphasize cave-dwelling, combined with strongly developed and clearly upturned paraterga in adults, the Latinized “troglopterygotum” meaning “caver-and-winged” with Greek roots, neuter in gender.

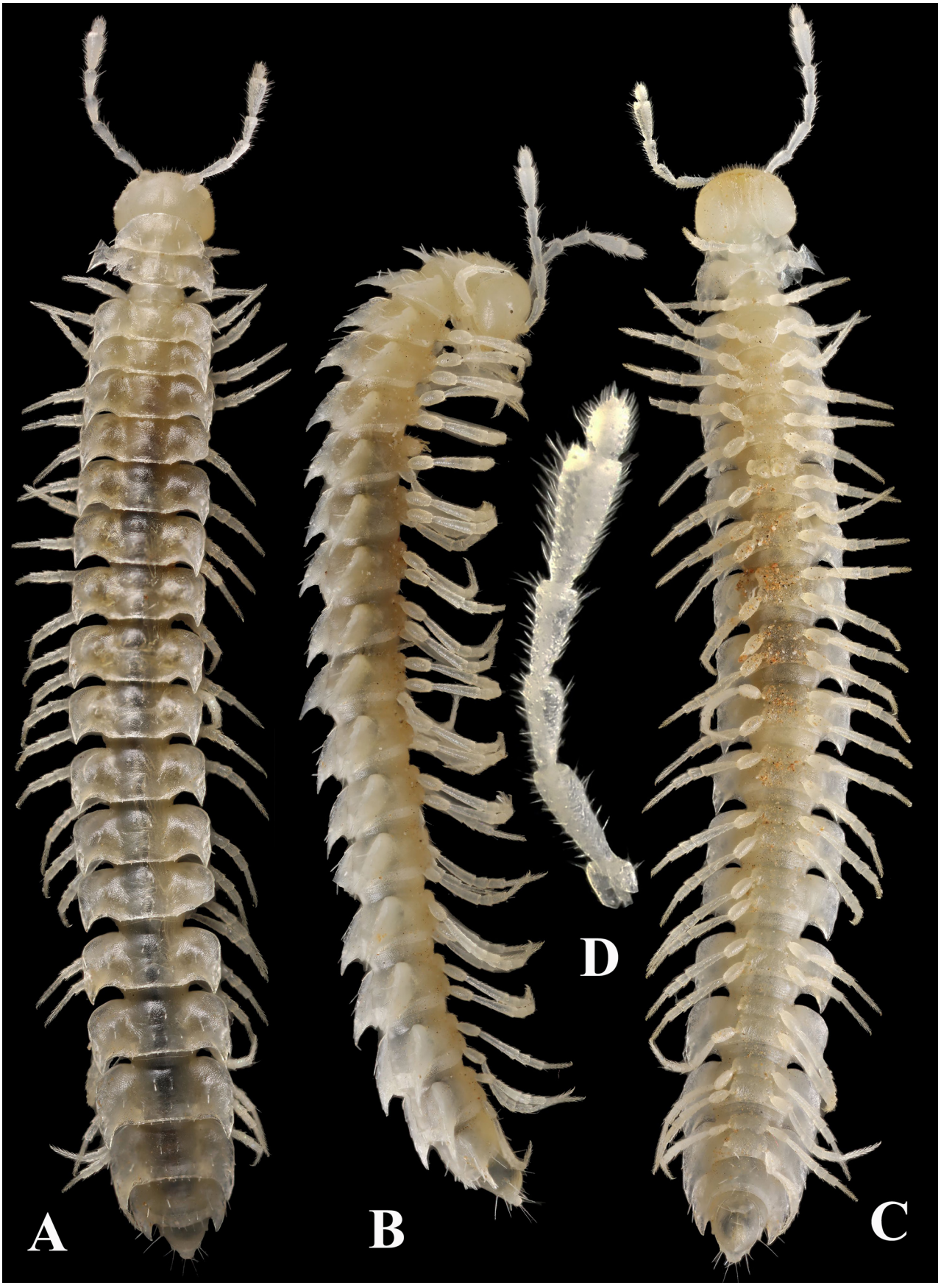


FIGURE 4. *Phaneromerium troglopterygotum* **sp. nov.**, male paratype. **A–C**. Habitus, dorsal, lateral and ventral views, respectively. **D**. Antenna, lateral view. Photographs by K.V. Makarov, taken not to scale.



FIGURE 5. *Phaneromerium troglopterygotum* **sp. nov.**, female paratype. **A–C**. Habitus, dorsal, lateral and ventral views, respectively. Photographs by K.V. Makarov, taken not to scale.

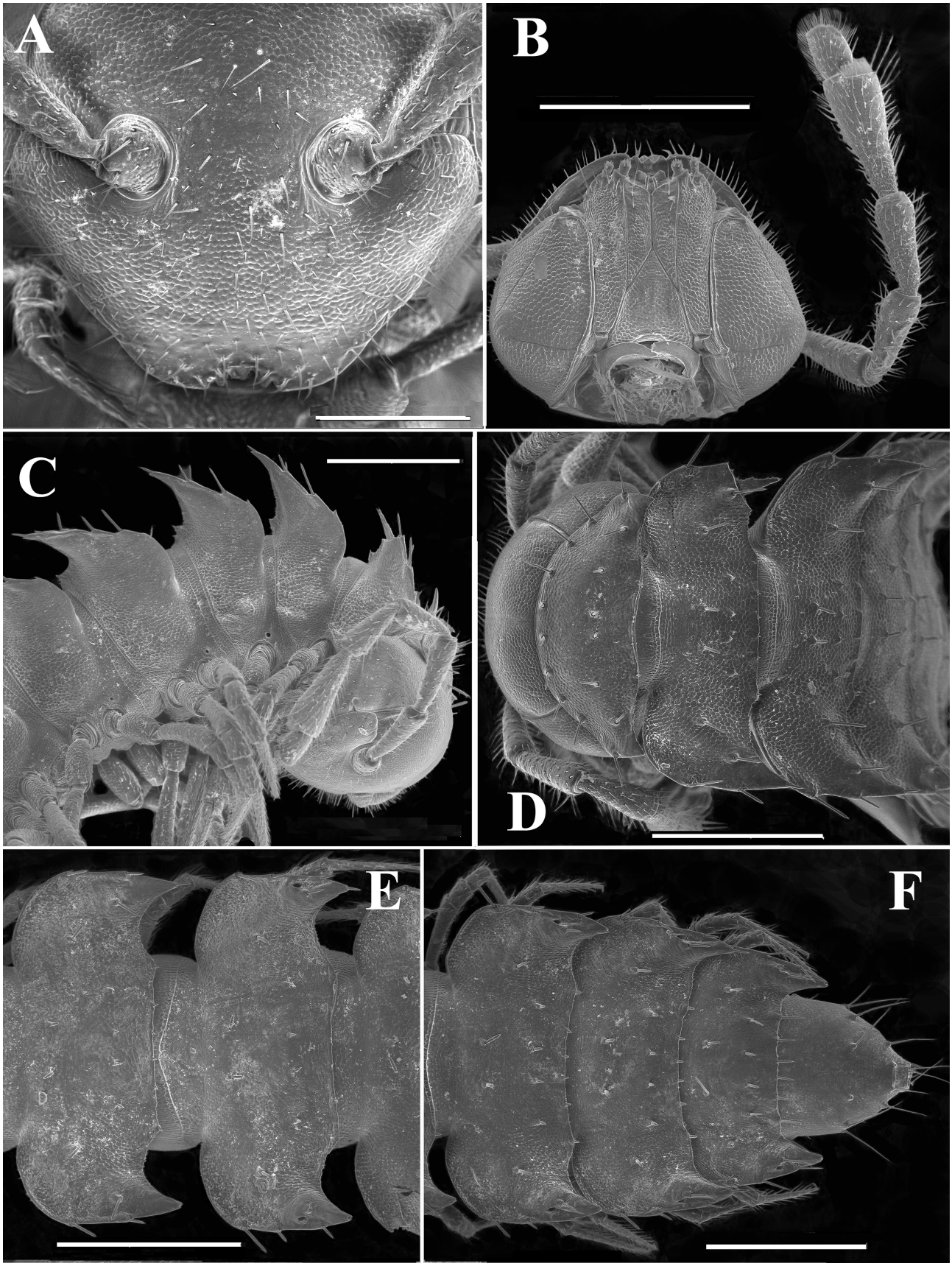


FIGURE 6. SEM micrographs of *Phaneromerium troglopterygotum* **sp. nov.**, male paratype. **A**. Head, anterior view. **B**. Head, ventral view. **C**. Anterior part of body, lateral view. **D–F**. Anterior, middle and posterior parts of body, respectively, dorsal views. Scale bars: 0.2 mm (A) and 0.5 mm (B–F).

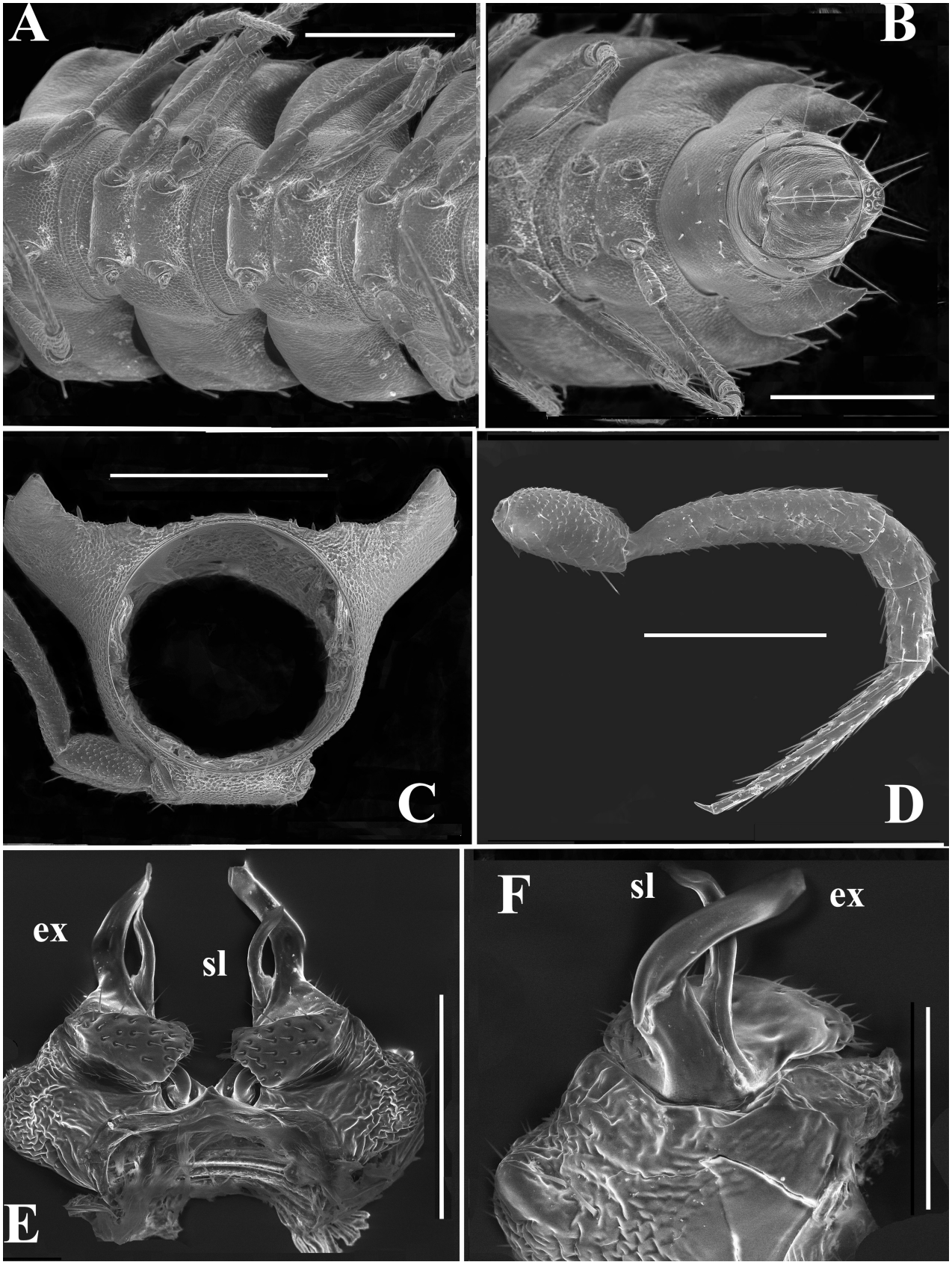


FIGURE 7. SEM micrographs of *Phaneromerium troglopterygotum* **sp. nov.**, male paratype. **A & B**. Middle and posterior parts of body, respectively, ventral views. **C**. Cross-section of a midbody ring, posterior view. **D**. Midbody leg, lateral view. **E**. Both gonopods, anterior view. **F**. Right gonopod, lateral view. Scale bars: 0.5 mm (A–C), 0.3 mm (D), 0.2 mm (E) and 0.1 mm (F). **Abbreviations**: **ex**, exomere; **sl**, solenomere.

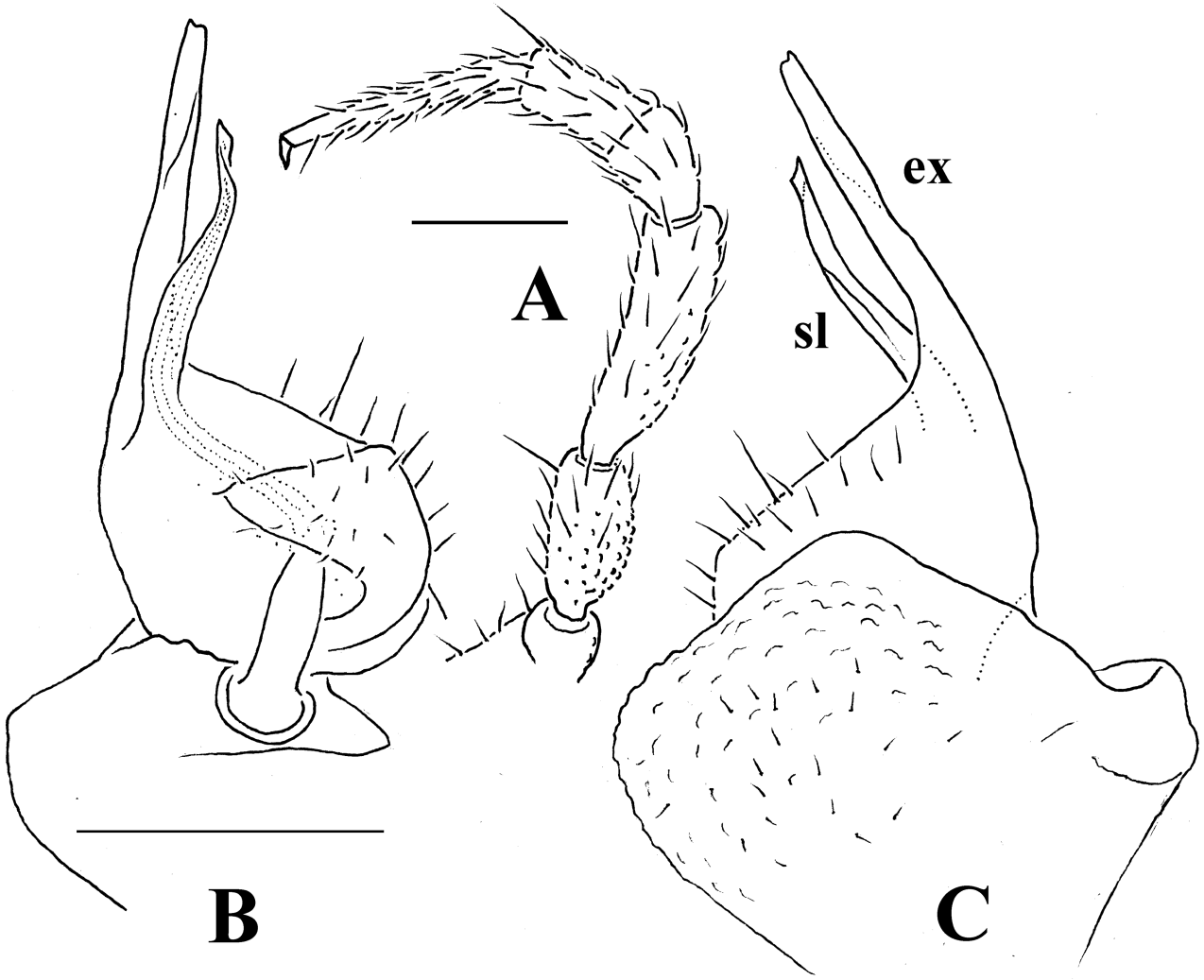


FIGURE 8. *Phaneromerium troglopterygotum* **sp. nov.**, male paratype. **A**. Leg 7, lateral view. **B & C**. Left gonopod, mesal and lateral views, respectively. Scale bars: 0.2 mm (A) and 0.1 mm (B & C). **Abbreviations**: **ex**, exomere; **sl**, solenomere.

Diagnosis. Using the latest and still completely pertinent key to *Phaneromerium* species by Golovatch and Wytwer (2004), *P. troglopterygotum* **sp. nov.** keys out to *P. cavernicolum*, but differs from it and all other congeners by the especially broad, strongly developed and mostly clearly upturned paraterga, coupled with bipartite and slender gonotelopodites, the solenomere being a shorter branch lying mesal to the exomere branch (Figs 7E, F, 8B, C). In addition, both species compared are the largest among congeners, presumably troglobionts stemming from the same state of Bahia and sharing all main troglomorphic characters (enlarged and unpigmented body, strongly broadened paraterga, and elongate extremities) except for the tergal setae which are clearly shorter in *P. troglopterygotum* **sp. nov.** than in *P. cavernicolum*. In addition, both **sl** and **ex** branches of the gonopodal telopodites are slightly differently shaped in the two species concerned (Figs 7E, F, 8B, C).

Description. Length of adults ca 9–10 mm, width of midbody pro- and metazonae 0.5–0.7 and 1.0–1.3 mm (male, female), respectively. Holotype male ca 9 mm long and 0.5 and 1.0 mm wide on midbody pro- and metazonae, respectively. Coloration entirely pallid (Figs 4, 5, 9).

Body with 20 rings (Figs 4A–C, 5). Tegument mainly dull, at most slightly shining, texture very delicately alveolate and scaly. Head rather densely setose all over clypeolabral region and vertex, epicranial suture faint; isthmus between antennae ca 1.2 times broader than diameter of antennal socket (Fig. 6A). Antennae very long and slender, poorly clavate due to only a slightly enlarged antennomere 6, *in situ* projecting past ring 3 dorsally (male, female); in length, antennomeres 3 = 6 > 2 = 4 = 5 > 7 > 1 (Figs 4, 5, 6B, C); only antennomere 6 with a distinct, compact, roundish, distodorsal group of bacilliform sensilla (Figs 4D, 6B). Genae roundly squarish, gnathochilarium without peculiarities (Fig. 6B).

In width, collum < head ≤ ring 2 = 3 < 4 < 5=16(17) (male, female), thereafter body gradually tapering towards telson (Figs 4A–C, 5). Paraterga very strongly developed in both sexes, set high (Figs 6C–F, 7A–C), especially so in adults compared to subadults and younger instars, only on collum and ring 19 faintly convex with subhorizontal sides, on rings 2–18 clearly upturned and elevated above dorsum; large, broadly and regularly rounded shoulders on paraterga anteriorly, sides only slightly and regularly rounded, whereas caudal corners invariably acute, beak-shaped to spiniform, prominent, increasingly produced past rear tergal margin, especially well so on ring 19 (Figs 6C–F, 7A, B). Lateral margin of postcollum paraterga with two (poreless rings) or three (pore-bearing rings) small setigerous indentations and a seta at caudal corner. Pore formula normal, ozopores inconspicuous, round, located laterally in front of caudalmost incision (Fig. 6E, F). Collum and following metaterga with regular, medium-sized to short, very delicately helicoid, mostly acute and bacilliform setae arranged in three transverse rows typical of most polydesmoids; polygonal bosses missing (Figs 6C–F). Stricture between pro- and metazonae wide, shallow and smooth. Limbus very thin, very faintly microdenticulate, nearly smooth. Pleurosternal carinae small bulges traceable only on rings 2–4 (Fig. 6C). Epiproct short, conical, directed caudoventrally, tip subtruncate; pre-apical papillae small (Figs 6F, 7B). Hypoproct trapeziform, setiferous papillae at caudal corners evident, rather well separated, borne on small knobs; sides slightly concave (Fig. 7B).

Sterna broad, without modifications, poorly setose (Fig. 7A, B). Epigynal ridge very low. Legs very long and slender (Figs 4A–C, 5, 7D, 8A), ca 1.3–1.4 times as long as midbody height (male, female); male legs with clearly micropapillate prefemora, finer and sparser micropapillae being traceable on femora as well; tarsi especially long and slender, claw very short and simple; sphaerotrichomes absent (Figs 7D, 8A).

Gonopod aperture subcordiform, about as broad as male prozona 7. Gonopods (Figs 7E, F, 8B, C) simple, coxites only moderately enlarged, subglobose, micropapillate and microsetose laterally, cannulae typical hollow tubes; telopodites only slightly sunken into a shallow gonocoel, apical parts being well exposed, and held parallel to each other; each telopodite deeply biramous, directed ventrad; prefemoral (= densely setose) parts short and held subtransversely to main body axis, but acropodites suberect and lying parallel to each other; telopodite consisting of two slender and simple branches: a shorter solenomere (**sl**) lying mesal to a longer, slightly coiled and similarly simple exomere (**ex**).

Remarks. This species is an unquestioned troglobiont not only because it shows a full set of troglomorphic traits characteristic of a Polydesmida (an enlarged and unpigmented body, strongly broadened paraterga, and elongate extremities), but also because of our observations of its biology and behaviour monitored both inside the cave habitat and in the lab. The animals are relatively fast to move, this contrasting with the behaviour observed for most other cave polydesmidans. When subjected to light (flash lamps, approximately 500 lux of intensity), they quickly run away, walking backwards or burrowing in the clay substrate. In the travertine pools, the millipedes hide in crevices on the rocky substrate. Both behaviours are evidence of a strong photophobic reaction, as observed in epigean and hypogean diplopods, and this character state being considered plesiomorphic (e.g., Gallo & Bichuette 2017). Individuals were also observed moving the antennae and quickly probing the substrate to perceive the environment and escape from the obstacles.

The population observed in the cave was revealed to be large, most animals being found exposed in very humid microhabitats: clay with diplopod feces, cracks (Fig. 9A, B), organic matter, hematophagous bat guano (Fig. 9C), and dry travertine pools (Fig. 9D). The population density reaches 4–5 individuals per sq. m, the counts through visual censuses totaling ca 90 individuals along a 200-m long cave conduit. During the rainy season, these microhabitats are completely submerged, this keeping the humidity high even in the dry season. The animals were observed staying rather close to each other (Fig. 9D), but without obvious gregarious habits. Juveniles and adults were observed abundant all over the aphotic zone of the cave (Fig. 10), indicating that the population is well established there. The type series likewise contained not only adults, but also a few juvenile instars of various ages (see above), again pointing to a stable subterranean population. Since the Gruna da Serra Verde cave can readily be postulated as possibly representing perhaps the only refuge for this species, apparently strongly hygrophilic, highly sensitive to the semi-arid climate of the region, and clearly threatened, that it definitely requires protection.

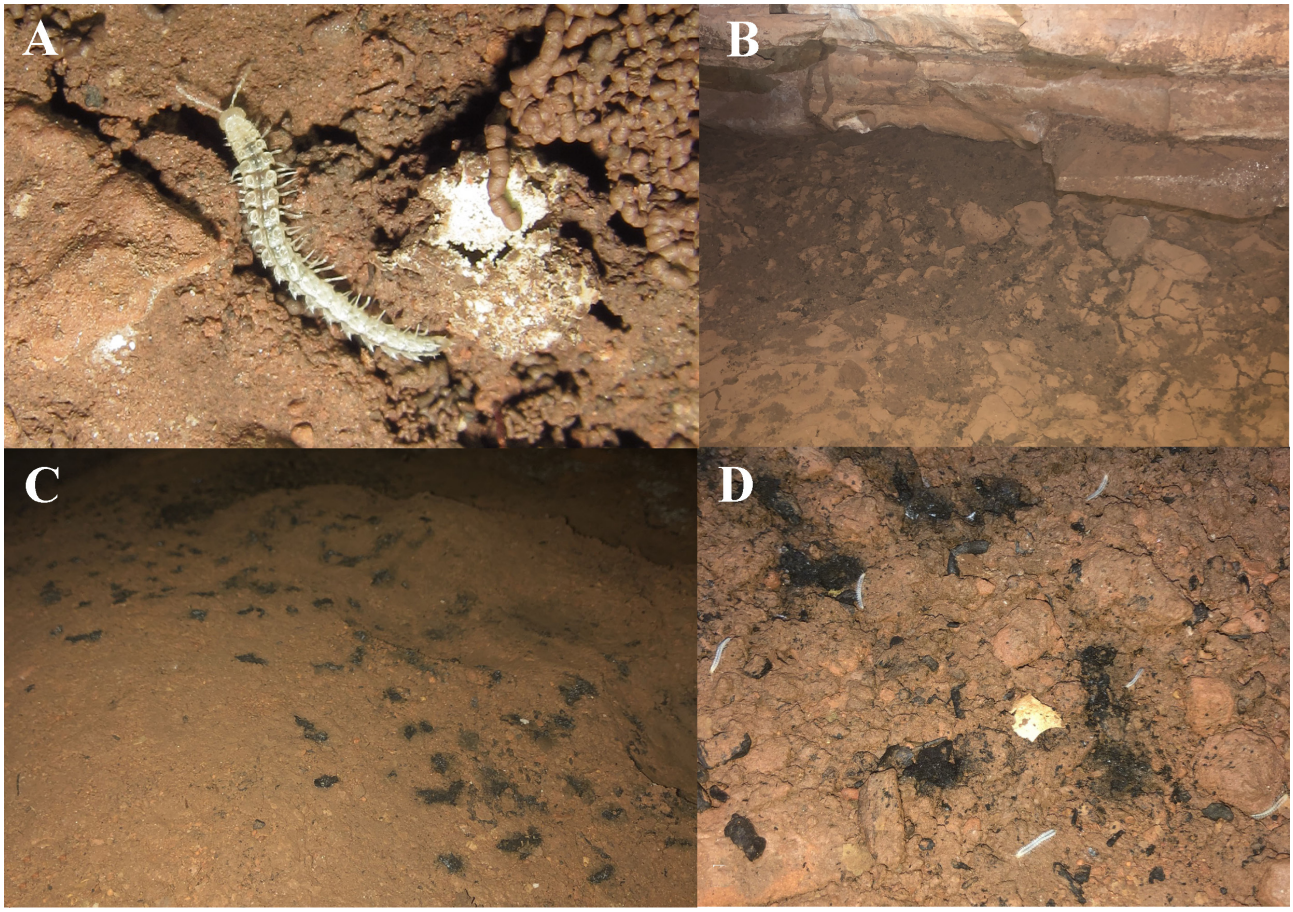


FIGURE 9. *Phaneromerium trglopterygotum* **sp. nov.** in natural habitat. **A**. Specimen on clay substrate. **B**. Sediment bank composed of clay and of millipede feces. **C**. Sediment bank with bat guano. **D**. Some millipede specimens on clay with bat guano. Photograph A, courtesy Jonas Gallão.

Genus *Moojenodesmus* Schubart, 1945

Type species: *Moojenodesmus pygmaeus* Schubart, 1945, from Brazil, by original designation.

Other species included: *M. angulifer* (Peters, 1864) sensu Carl, 1914, from Colombia, *M. armatus* (Kraus, 1959) and *M. polydesmoides* (Kraus, 1960), both from Peru, *M. arenicola* Golovatch, 2001, *M. bethaniae* Golovatch, 1992, *M. irmgardae* Golovatch, 1992, *M. susannae* Golovatch, 1992 and *M. wellingtoni* Golovatch, 1994, all from the environs of Manaus, Brazil, as well as *M. pumilus* Schubart, 1944, from several states of Brazil (Rio de Janeiro, São Paulo, Amazônia). Because a key exists only to most species occurring near Manaus (Golovatch 1994), all other relevant descriptions must be consulted for morphological comparisons (Carl 1914; Schubart 1944, 1945; Kraus 1959, 1960; Golovatch 2001).

Diagnosis. One of the most advanced genera of Trichopolydesmidae with an extremely deeply excavate and strongly enlarged, often transverse gonopodal coxites that form together a very prominent gonocoel cavity which conceals and protects usually rather complex, subtransverse and medially swollen telopodites, uni- to tripartite (including a more or less distinct, mesal, solenomere branch), held parallel to each other (Golovatch 1992, 1994, 2001). This condition is deemed to represent one of the most advanced in the gonopodal evolution of Neotropical Trichopolydesmidae compared to the developments observed in most of the remaining eight genera that occur in the region (Golovatch 1992, 1994; Golovatch & Wytwer 2004).

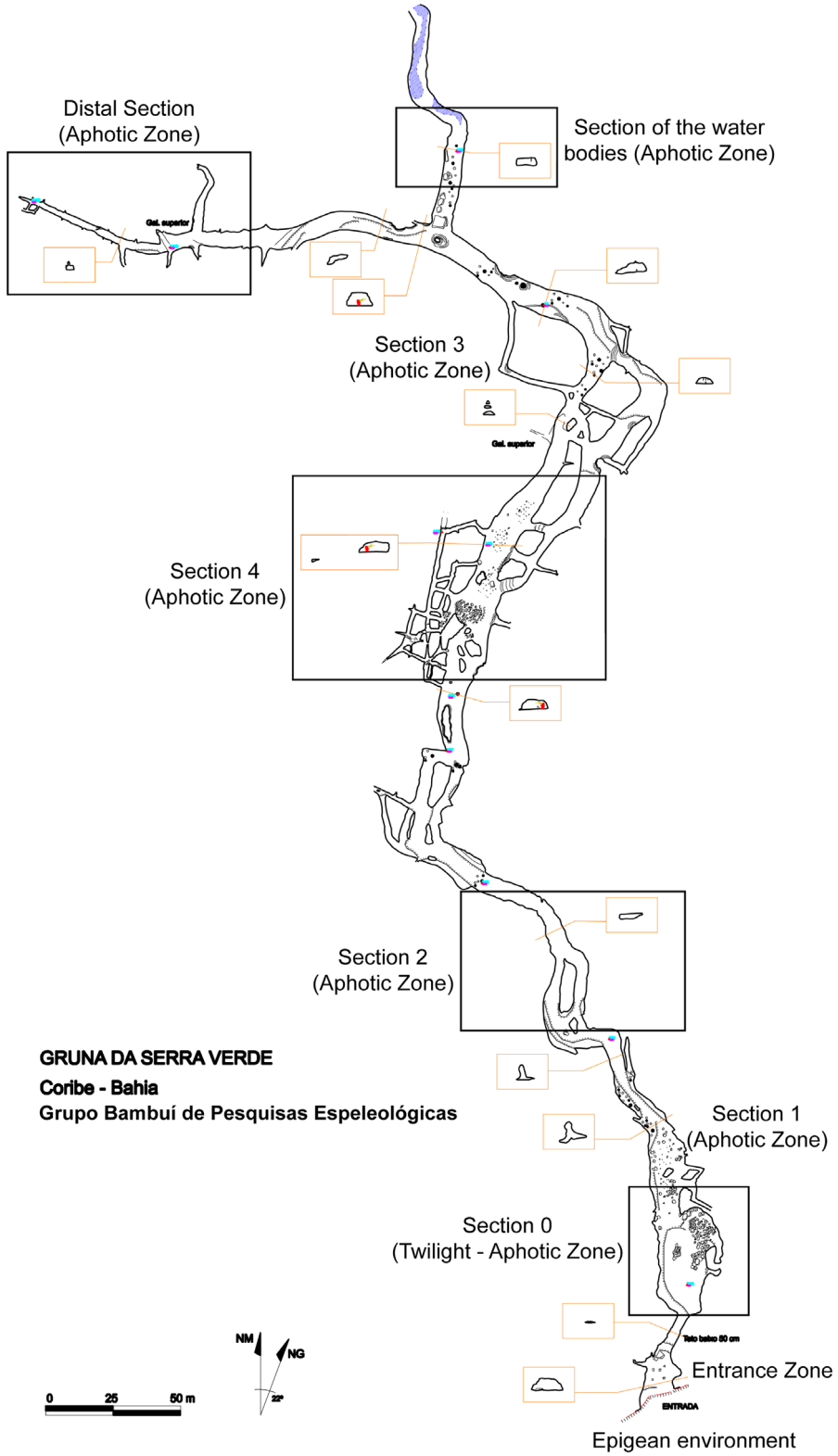


FIGURE 10. Map of Gruna da Serra Verde cave with the sections where specimens of *Phaneromerium troglopterygotum* **sp. nov.** were found. Use authorized by Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas.

***Moojenodesmus schubarti* Golovatch & Gallo, sp. nov.**
Figs 11 & 12

Material examined. Holotype male (LES 0027864), Brazil, Bahia State, Iuiu Municipality, near Lapa do Baixão, epigean, S14°26'07.4", W43°37'27.6", 8.XII.2013, M. E. Bichuette & J. E. Gallão leg.

Paratypes: 1 male (ZMUM), 1 female (LES 0027865), same locality, taken together with holotype.

Name. To honour Otto Schubart (1900–1962), one of the leading specialists in the systematics of Diplopoda of the time globally, Nestor of diplopodology in Brazil, and the author of the genus. Being resident of Brazil since 1933, he made particularly numerous and profound contributions to the millipede fauna of that country (Lindner *et al*. 2012).

Diagnosis. Differs from congeners by 20 body rings in both sexes, the presence of a strong median hump (**h**) above the antennae on the male head, coupled with a particularly simple gonopodal telopodite divided into two parts only: a prominent, rounded and slightly higher lateral lobe (= exomere, **ex**) and a barely discernible mesal solenomere (**sl**) (Fig. 12B, D).

Description. Length ca 3.5 mm (male holo- and paratype) or 3.8 mm (female paratype), width of midbody pro- and metazonae 0.7 and 0.8 mm (male, female), respectively. Coloration entirely pallid (Fig. 11).

Body with 20 rings (male, female). Tegument mainly dull, at most slightly shining, texture very delicately alveolate and scaly. Head densely pilose throughout; epicranial suture faint; isthmus between antennae ca 1.2 times broader than antennal socket (Fig. 11C). A strong, median, rounded, bare hump (**h**) above antennae on male head (Fig. 11B), but female head regularly convex, not modified. Antennae very short, strongly clavate due to a considerably enlarged antennomere 6, slightly produced past ring 2 (male) or collum (female) dorsally; in length, antennomere 6 > 2 = 3 = 5 > 4 > 7 > 1 (Figs 11A–C); antennomere 6 with a large, compact, roundish, distodorsal group of bacilliform sensilla; a smaller distodorsal group of similar, but shorter sensilla present also on antennomere 5; a few minute distodorsal sensilla discernible on antennomere 4 as well (Fig. 11A–C). Genae regularly rounded (Fig. 11A, C), gnathochilarium without peculiarities.

In width, collum = ring 3 < 2 = 4 < 5(6) = 14(15) < head; body gradually tapering towards telson on segments 16–20 (Figs 11D–F). Paraterga moderately developed, starting with collum, mostly clearly declivous, set high at about upper third of metazonae and always lying below a regularly convex dorsum, with squarish to narrowly rounded shoulders frontally, faintly and regularly rounded sides, and narrowly rounded caudal corners (Fig. 11); the latter never pointed and always lying within rear tergal margin. Lateral margin of postcollum paraterga with two or three small setigerous indentations and a seta at caudal corner. Pore formula normal, ozopores inconspicuous, round, located laterally in front of caudalmost incision (Fig. 11D, E). Collum and following metaterga with regular, mostly subclavate, medium-sized to rather long setae borne on minute knobs, these knobs being arranged in three transverse rows typical of most polydesmoids; polygonal bosses missing (Fig. 11D). Stricture between pro- and metazonae wide, shallow and smooth. Limbus very thin, very faintly microdenticulate, nearly smooth. Pleurosternal carinae absent (Fig. 11B, C). Epiproct short, conical, directed caudoventrally, tip subtruncate; pre-apical papillae small (Fig. 11D–F). Hypoproct trapeziform, setiferous papillae at caudal corners evident, rather well separated; sides slightly concave.

Sterna broad, without modifications, poorly setose (Fig. 11C, F). Epigynal ridge very low. Legs moderately long and slender (Fig. 11), ca 1.2–1.3 times as long as midbody height (male, female); tarsi especially long and slender, claw very short; sphaerotrichomes missing (Fig. 12A). Gonapophyses on male coxae 2 vestigial.

Gonopod aperture subcordiform, broader than male prozona 7. Gonopods (Fig. 12B–D) rather simple, coxites very large, subglobose, sparsely setose laterally, cannulae typical hollow tubes; telopodites sunken deep inside a prominent gonocoel, apical parts being barely exposed; each telopodite indistinctly biramous, strongly curved caudad; prefemoral (= densely setose) parts short and held subtransversely to main body axis, but acropodites lying parallel to each other; telopodite consisting of a very short solenomere (**sl**) lying mesal to a prominent, round, lobe-shaped exomere (**ex**).

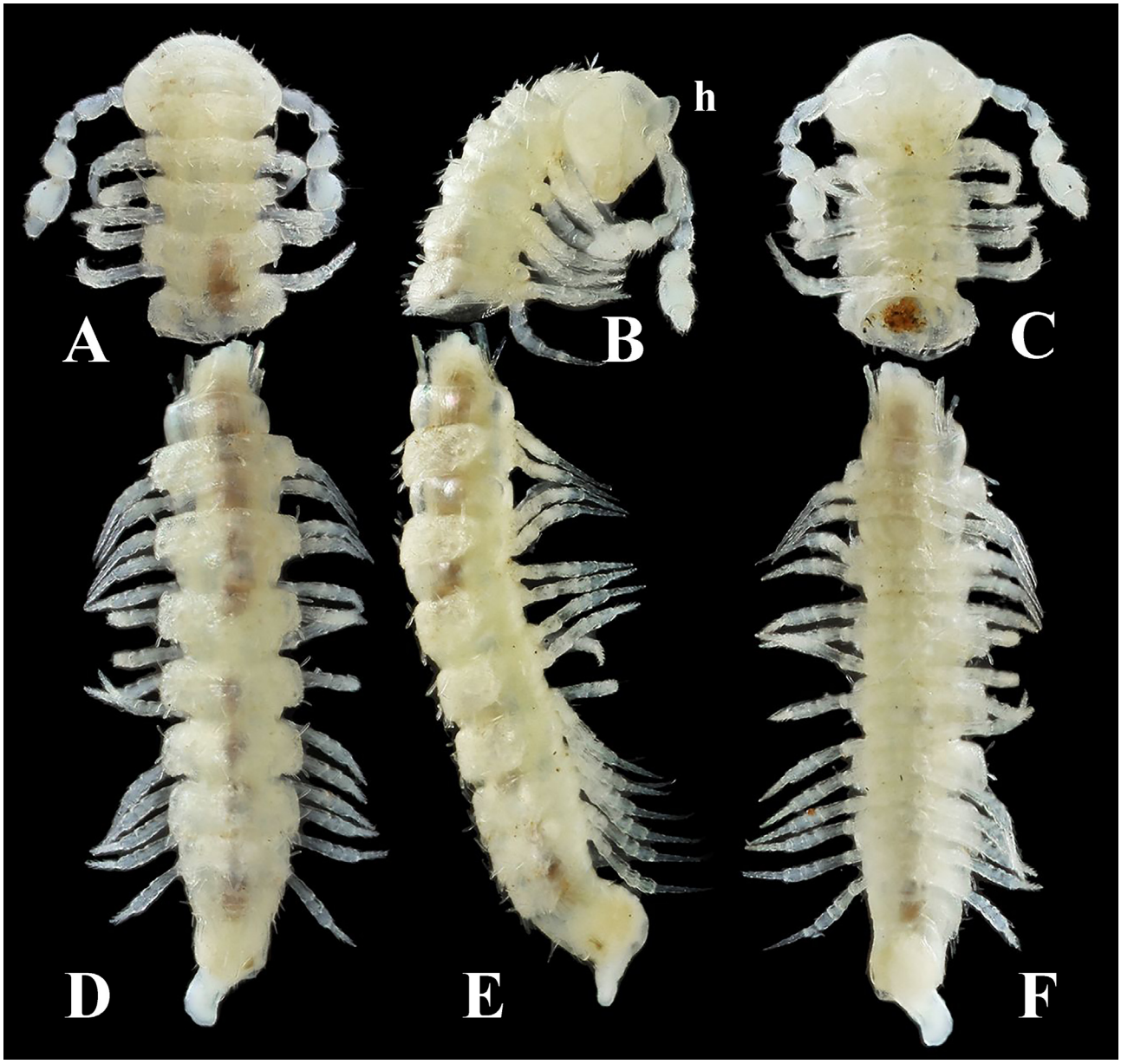


FIGURE 11. *Moojenodesmus schubarti* **sp. nov.**, male paratype. **A–C**. Anterior part of body, dorsal, lateral and ventral views, respectively. D–F. Posterior half of body, dorsal, lateral and ventral views, respectively. **Abbreviation**: **h**, hump. Photographs by K.V. Makarov, taken not to scale.

Remarks. This species is a typical, very small, epigean *Moojenodesmus*, the first to be recorded from Bahia. Like some of its congeners, this new species is amongst the smallest Polydesmida on Earth. Thus, the relatively widespread, eurytopic, apparently mass and at least partly parthenogeneric *M. pumilus* Schubart, 1944 is only ca 2.0–2.2 (male) to 2.1–3.2 (female) mm long and has 19 (male) or 20 (female) body rings (Golovatch 1992). Furthermore, based on the gonopodal conformation alone, *M. pumilus* fails to differ from *M. pygmaeus* Schubart, 1945, the type species that seems to be bisexual and has only 18 body rings in both sexes (Schubart 1944, 1945; Golovatch 1992). The situation thus strongly resembles that concerning another minute polydesmidan, *Ammodesmus congoensis* VandenSpiegel & Golovatch, 2015, a tiny member of the Afrotropical family Ammodesmidae, superfamily Pyrgodesmoidea, which is only 1.5–2.1 mm long and has either 18 or 19 body rings in both sexes (VandenSpiegel & Golovatch 2015). This suggests that either *Moojenodesmus pygmaeus* and *M. pumilus* are indeed different species distinguished morphologically only through a lesser number of body rings in the former species or, this being not less likely now, both actually represent a single species, *M. pumilus* by priority, that shows intraspecific variations in body segment counts like those already confirmed in *Ammodesmus congoensis*. Further studies are necessary,

especially molecular-based ones, to solve the riddle. Whether such variations are related to body miniaturization or parthenogenesis, or both, is likewise open to question yet.

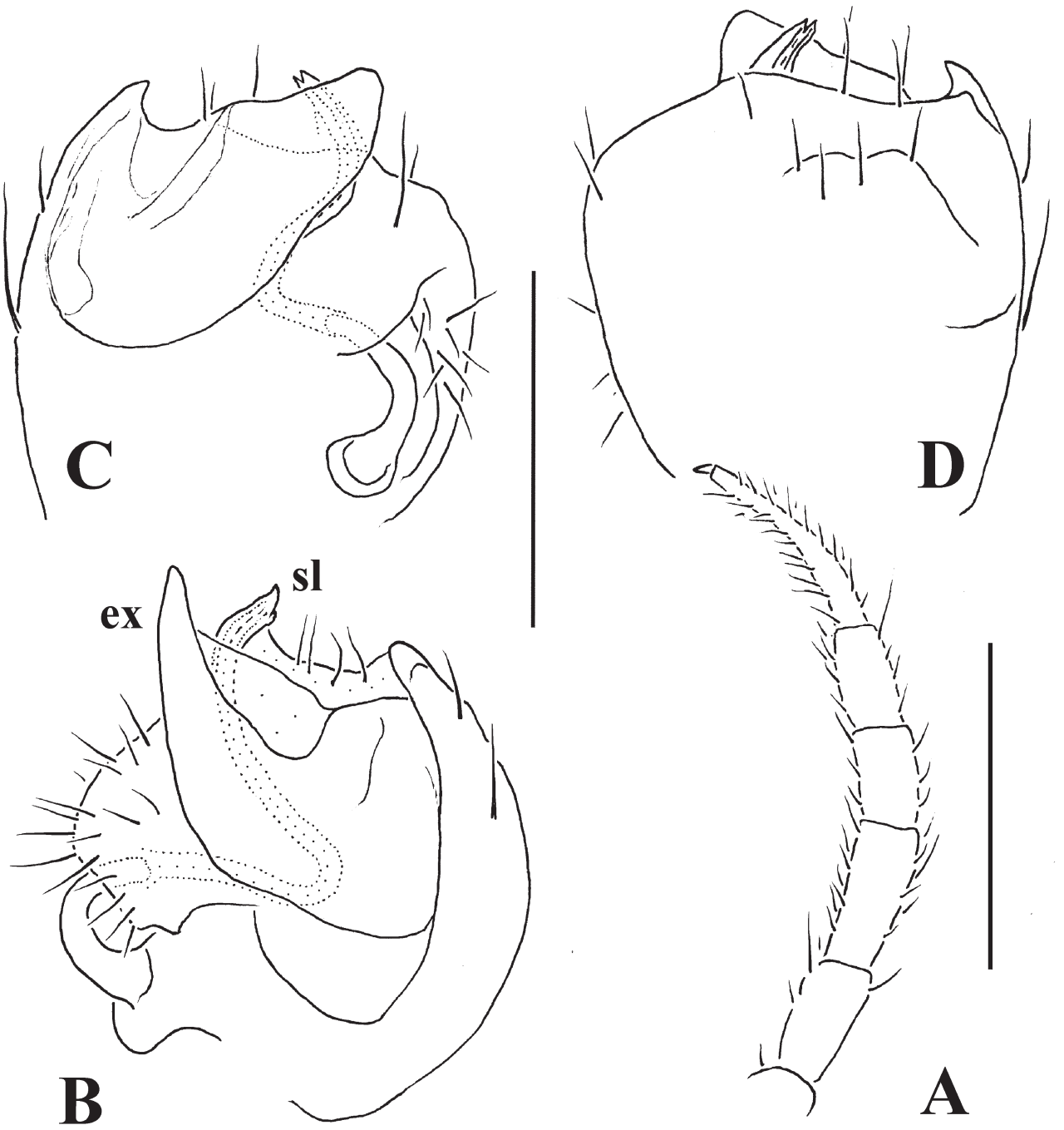


FIGURE 12. *Moojenodesmus schubarti* **sp. nov.**, male paratype. **A**. Leg 9, lateral view. **B**. Right gonopod, posterior view. **C & D**. Left gonopod, mesal and lateral views, respectively. Scale bars: 0.2 mm (A) and 0.1 mm (B–D). **Abbreviations**: **ex**, exomere; **sl**, solenomere.

Conservation

Both Serra do Ramalho and Serra do Iuiu karst areas have long been used for agricultural activities and charcoal production, however small-scale. On far larger scales are mining projects and extensive agricultural production at their borders as future threats to the region (Gallão & Bichuette 2018). Natural threats are also a problem to Bahia, especially those related to climate change, with reduced rainfalls and extended dry periods (Bichuette & Gallão

2021). Despite being a spot of subterranean biodiversity, both aquatic and terrestrial (Trajano *et al.* 2016), with 23 troglobiont species so far described (M.E. Bichuette, J.E. Gallão, unpublished data), Serra do Ramalho caves remain still unprotected by Brazilian law.

A preliminary evaluation of the conservation status of *Phaneromerium troglopterygotum* **sp. nov.** can now be carried out following the IUCN (International Union of the Conservation of Nature) classification. Both the millipede and its habitat may be considered as Critically Endangered (CR) as meeting the criteria B1ab(iii), with B being restricted in geographical distribution, B1 with a distribution area less than 100 sq. km, represented by a single location, and b(iii) representing a continuous decline in habitat quality. This species is presently restricted to its sole, and type locality, being narrowly endemic and always associated with organic matter and high humidity. The Gruna da Serra Verde cave retains native vegetation only near the entrance; the surroundings being altered by deforestation for pastures and small-scale plantations (Fig. 2). Finally, as the species is the first troglobitic millipede described for the Serra do Ramalho karst area, this would help the protection of the region.

Acknowledgements

MEB thanks ICMBio/CECAV (Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade/Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas) for financial support to the project "Estudos para definição de áreas prioritárias para a Conservação de Proteção Espeleológico na Serra do Ramalho – BA", under the execution by the GBPE (Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas), coordinated by E. Rubbioli. Special gratitude goes to GBPE for sharing speleological information concerning the Serra do Ramalho karst area with MEB, for all contributions to the knowledge of Brazilian caves, and for authorizing the use of the map of Gruna da Serra Verde cave in this work (Fig. 11); to J.E. Gallão for the help in suggestions, specimen collection and for taking photographs of specimens in the field (Fig. 12A); to V.S. Sperandei for the help in collecting in the Gruna da Serra Verde cave; to SISBIO (Sistema de Autorização Informação em Biodiversidade) for collection permit 28992 to MEB; to CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) for a productivity fellowship to MEB (303715/2011-1 and 310378/2017-6), and for a PhD fellowship to JSG (140494/2019-7); to FAPESP (Fundação de Pesquisa do Estado de São Paulo) for the financial support to MEB projects; to L. de Assis for the execution of the map; to Angelica M. P. M. Dias for using the SEM (INCT Hympar Sudeste – Process FAPESP 2008 / 57949-4 and CNPq 573802/2008-4) and to Luciana B. R. Fernandes for taking the SEM images.

Special thanks go to Kirill V. Makarov (Moscow, Russia), who so skillfully took the pictures of fixed material, as well as to William A. Shear (Virginia, U.S.A.), Thomas Wesener (Bonn, Germany) and an anonymous reviewer for their valuable suggestions that have allowed us to considerably improve the paper. SIG was partly supported by the Presidium of the Russian Academy of Sciences, Program No. 41 "Biodiversity of Natural Systems and Biological Resources of Russia".

References

Antić, D.Ž., Reip, H.S., Dražina, T., Rađa, T. & Makarov, S.E. (2014) Three new monotypic genera of Trichopolydesmidae from Croatia, Balkan Peninsula (Diplopoda, Polydesmida). *Zootaxa*, 3884 (3), 101–121.
https://doi.org/10.11646/zootaxa.3884.2.1

Bichuette, M.E. & Rizzato, P.P. (2012) A new species of cave catfish from Brazil, *Trichomycterus rubbioli* sp. n., from Serra do Ramalho karstic area, São Francisco River basin, Bahia State (Silurifomes: Trichomycteridae). *Zootaxa*, 3480 (676), 48–66.
https://doi.org/10.11646/zootaxa.3480.1.2

Carl, J. (1914) Die Diplopoden von Columbien nebst Beiträgen zur Morphologie der Stemmatoiuliden. *Mémoires de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles*, 5, 821–993.

Enghoff, H., Golovatch, S.I., Short, M., Stoev, P.E. & Wesener, T. (2015) Diplopoda—taxonomic overview. *In*: Minelli, A. (Ed.), Treatise on Zoology—Anatomy, Taxonomy, Biology. *The Myriapoda*. *Vol. 2*. Brill. Leiden, pp. 363–453. [https://www.researchgate.net/publication/304620968_Diplopoda_-_taxonomic_overview]
https://doi.org/10.1163/9789004188273_017

Gallão, J.E. & Bichuette, M.E. (2018) Brazilian obligatory subterranean fauna and threats to the hypogean environment. *ZooKeys*, 746, 1–23.
https://doi.org/10.3897/zookeys.746.15140

Gallo, J.S. & Bichuette, M.E. (2019) O que mudau na distribuição dos diplópodes *Pseudonannolene* Silvestri, 1895 nas cavernas do Brasil 18 anos após a sinopse de Trajano e colaboradores (2000)? *Espeleo-Tema, Campinas, SP*, 29 (1), 41–55.
Gallo, J.S., & Bichuette, M.E. (2020). *Pseudonannolene canastra* sp. nov. (Diplopoda, Spirostreptida) – a new troglobitic millipede from the southwestern state of Minas Gerais, Brazil. *Subterranean Biology*, 35, 33–47. https://doi.org/10.3897/subtbiol.35.51183
Golovatch, S.I. (1988) On three remarkable genera of Polydesmoidea (Diplopoda: Polydesmida) from the Himalayas of India. *Folia Entomologica Hungarica* 49, 41–47. [http://publication.nhmus.hu/folent/cikkreszletes.php?idhoz=6697]
Golovatch, S.I. (1992) Review of the Neotropical fauna of the millipede family Fuhrmannodesmidae, with the description of four new species from near Manaus, Central Amazonia, Brazil (Diplopoda, Polydesmida). *Amazoniana*, 12 (2), 207–226.
Golovatch, S.I. (1994) Further new Fuhrmannodesmidae from the environs of Manaus, Central Amazonia, Brazil, with a revision of *Cryptogonodesmus* Silvestri, 1898 (Diplopoda, Polydesmida). *Amazoniana*, 13 (1–2), 131–161.
Golovatch, S.I. (1996) A new species of *Cutervodesmus* Kraus, 1957, from the environs of Manaus, Central Amazonia, Brazil, with notes on the genus (Diplopoda: Polydesmida: Fuhrmannodesmidae). *Amazoniana*, 14 (1–2), 137–141.
Golovatch, S.I. (2001) Two new polydesmoid millipedes from a whitesand forest area near Manaus, Central Amazonia, Brazil (Diplopoda: Polydesmida: Pyrgodesmidae, Fuhrmannodesmidae). *Arthropoda Selecta*, 10 (1), 27–30. [https://kmkjournals.com/upload/PDF/ArthropodaSelecta/10/10_1%20027_030%20Golovatch.pdf]
Golovatch, S.I. (2013) A reclassification of the millipede superfamily Trichopolydesmoidea, with descriptions of two new species from the Aegean region (Diplopoda, Polydesmida). *ZooKeys*, 340, 63–78. https://doi.org/10.3897/zookeys.340.6295
Golovatch, S.I. & Mauriès, J.-P. (2007) A new, highly aberrant genus and species of Polydesmida (Diplopoda) from Sokotra, Yemen. *Journal of Afrotropical Zoology*, 4, 11–14.
Golovatch, S.I., VandenSpiegel, D. (2015) Two new species of the millipede genus *Caucasodesmus* Golovatch, 1985 from the Crimea, Russia (Diplopoda, Polydesmida, Trichopolydesmidae). *Russian Entomological Journal*, 24 (1), 1–6. [https://kmkjournals.com/upload/PDF/REJ/24/ent24_1_001_006_Golovatch_VandenSpiegel_for_Inet.pdf] https://doi.org/10.15298/rusentj.24.1.01
Golovatch, S.I. & VandenSpiegel, D. (2016) A new species of the millipede genus *Helicodesmus* Golovatch, Geoffroy et VandenSpiegel, 2014, from southern Vietnam (Diplopoda: Polydesmida: Trichopolydesmidae). *Russian Entomological Journal*, 25 (3), 293–297. [https://kmkjournals.com/upload/PDF/REJ/25/ent25_3_293_297_Golovatch_VandenSpiegel_for_Inet.pdf] https://doi.org/10.15298/rusentj.25.3.11
Golovatch, S.I. & Wytwer, J. (2004) The South American millipede genus *Phaneromerium* Verhoeff, 1941, with the description of a new cavernicolous species from Brazil (Diplopoda: Polydesmida: Fuhrmannodesmidae). *Annales Zoologici*, 54 (3), 511–514. [https://www.researchgate.net/publication/233589098_The_South_American_millipede_genus_Phaneromerium_Verhoeff_1941_with_the_description_of_a_new_cavernicolous_species_from_Brazil_Diplopoda_Polydesmida_Fuhrmannodesmidae]
Golovatch, S.I., Geoffroy, J-J. & VandenSpiegel, D. (2014) Review of the millipede family Trichopolydesmidae in the Oriental realm (Diplopoda, Polydesmida), with descriptions of new genera and species. *ZooKeys*, 414, 19–65. https://doi.org/10.3897/zookeys.414.7671
Golovatch, S.I., Nzoko Fiemapong, A.R. & VandenSpiegel, D. (2019) Trichopolydesmidae from Cameroon, 2: A species-level reclassification of Afrotropical trichopolydesmids (Diplopoda, Polydesmida), with two new species and two new records from Cameroon, and two new species from the Nimba Mountains, Guinea. *ZooKeys*, 891, 31–59. https://doi.org/10.3897/zookeys.891.46986
Golovatch, S.I., Turbanov, I.S. & VandenSpiegel, D. (2017) Contributions to the cave millipede fauna of the Crimean Peninsula (Diplopoda), with the description of a new species. *Arthropoda Selecta*, 26 (2), 103–111. [https://kmkjournals.com/upload/PDF/ArthropodaSelecta/26/26_2_103_111_Golovatch_et_al_for_Inet.pdf] https://doi.org/10.15298/arthsel.26.2.02
Golovatch, S.I., Nzoko Fiemapong, A.R., Tamesse, J.L., Mauriès, J.-P. & VandenSpiegel, D. (2018) Trichopolydesmidae from Cameroon, 1: The genus *Hemisphaeroparia* Schubart, 1955. With a genus-level reclassification of Afrotropical genera of the family (Diplopoda, Polydesmida). *ZooKeys*, 785, 49–98. https://doi.org/10.3897/zookeys.785.27422
Hoffman, R.L. (2000) *Checklist of the millipeds of North and Middle America. Virginia Museum of Natural History Special Publication 8*. Virginia Museum of Natural History, Martinsville, Virginia, 581 pp. [https://www.semanticscholar.org/paper/Checklist-of-the-millipeds-of-Northe-and-middle-Hoffmann/05dffe26986b36e70eb7142b6b1a73ea24060bed]
Hoffman, R.L., Golovatch, S.I., Adis, J. & de Morais, J.W. (2002) Diplopoda. *In*: Adis, J. (Ed.), *Amazonian Arachnida and Myriapoda*. Pensoft, Sofia-Moscow, pp. 505–533. https://www.semanticscholar.org/paper/Joachim-Adis%2C-ed.%2C-Amazonian-Arachnida-and-Coddington/d736a5d18920de39b0fe5bbdd450207ab8641bee
Iniesta, L.F.M. & Ferreira, R.L. (2013) Two new species of *Pseudonannolene* Silvestri, 1895 from Brazilian limestone caves (Spirostreptida: Pseudonannolenidae): synotopy of a troglophilic and a troglobiotic species. *Zootaxa*, 3702 (4), 357–369. https://doi.org/10.11646/zootaxa.3702.4.3
Iniesta, L.F.M. & Ferreira, R.L. (2015) *Stemmiulus brasiliensis* n. sp., a new species of millipede from Brazilian iron ore caves (Diplopoda: Stemmiulida: Stemmiulidae). *Zootaxa*, 3964 (5), 546–552. https://doi.org/10.11646/zootaxa.3964.5.4

Iniesta, L.F.M., Ferreira, R.L. & Wesener, T. (2012) The first troglobitic *Glomeridesmus* from Brazil, and a template for a modern taxonomic description of Glomeridesmida (Diplopoda). *Zootaxa*, 3550, 26–42. https://doi.org/10.11646/zootaxa.3550.1.2

Karmann, I. & Sánchez, L.E. (1979) Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil. *Espeleo-Tema, Monte Sião*, 13, 105–167.

Koeppen, W. (1948) *Climatologia*. Fondo de Cultura Econômica, México, D.F., 466 pp.

Kraus, O. (1959) Myriapoden aus Peru, VII. *Senckenbergiana biologica*, 40 (3/4), 191–208.

Kraus, O. (1960) Myriapoden aus Peru, IX. *Senckenbergiana biologica*, 41 (3/4), 241–264.

Lewinsohn, T.M. & Prado, P.I. (2005) How many species are there in Brazil? *Conservation Biology*, 19 (3), 619–624. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00680.x

Lindner, E.N., Reip, H.S., Spelda, J., Decker, P. & Voigtländer, K. (2012) Dr. Otto Schubart (17 February 1900–8 November 1962)—Zum 50. Todestag. *Schubartiana*, 5, 1–40. [https://www.researchgate.net/publication/266614489_Dr_Otto_Schubart_17_Februar_1900_-_8_November_1962_-_Zum_50_Todestag/link/54379ceb0cf2d5fa292b46da/download]

Mauriès, J.-P. & Geoffroy, J.-J. (1999) Les diplopodes edaphiques et souterrains de l'Ile Maurice (Myriapoda, Diplopoda). *Revue suisse de Zoologie*, 106 (1), 69–79. [https://www.biodiversitylibrary.org/part/80070] https://doi.org/10.5962/bhl.part.80070

Rubbioli, E., Auler, A., Menin, D. & Brandi, R. (2019) Cavernas-Atlas do Brasil Subterrâneo. ICMBio. Brasília, D.F., 340 pp.

Schubart, O. (1944) Os diplopodos de Pirassununga. *Acta Zoologica Lilloana*, 2, 321–440.

Schubart, O. (1945) Os Proterospermophora do Distrito Federal (Myriapoda, Diplopoda). *Arquivos do Museu National*, 38, 1–156.

Shear, W.A. & Reddell, J.M. (2017) Cave millipedes of the United States. XIV. Revalidation of the genus *Speorthus* Chamberlin, 1952 (Diplopoda, Polydesmida, Macrosternodesmidae), with a description of a new species from Texas and remarks on the families Polydesmidae and Macrosternodesmidae in North America. *Insecta Mundi*, 0529, 1–13. [http://digitalcommons.unl.edu/insectamundi/1034]

Shear, W.A., Ferreira, F.L., Iniesta, L.F.M. & Marek, P. (2016) A millipede missing link: Dobrodesmidae, a remarkable new polydesmidan millipede family from Brazil with supernumerary rings (Diplopoda, Polydesmida), and the establishment of a new suborder Dobrodesmidea. *Zootaxa*, 4178 (3), 371–390. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4178.3.4.

Trajano, E. & Bichuette, M.E. (2010) Diversity of Brazilian subterranean invertebrates, with a list of troglomorphic taxa. *Subterranean Biology*, 7, 1–16. [for 2009, https://www.researchgate.net/publication/221675890_Diversity_of_Brazilian_subterranean_invertebrates_with_a_list_of_troglomorphic_taxa/link/0922b4f5cee635abe1000000/download]

Trajano, E., Gallão, J.E. & Bichuette, M.E. (2016) Spots of high diversity of troglobites in Brazil: the challenge of measuring subterranean diversity. *Biodiversity and Conservation*, 25, 1805–1828. https://doi.org/10.1007/s10531-016-1151-5

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*, 41, 259–287. [https://www.researchgate.net/publication/245535309_Synopsis_of_brazilian_cave_millipides_Diplopoda/link/0c96051d72a30adc97000000/download]

Vagalinski, B., Golovatch, S.I., Akkari, N. & Stoev, P. (2019) *Simplogonopus rubellus* (Attems, 1902) gen. n., comb. n. (Diplopoda: Polydesmida: Trichopolydesmidae): Revealing the identity of an enigmatic Eastern-Mediterranean millipede. *Acta Zoologica Bulgarica*, 71 (3), 325–334. [https://www.researchgate.net/publication/336197333_Simplogonopus_rubellus_Attems_1902_gen_n_comb_n_Diplopoda_Polydesmida_Trichopolydesmidae_Revealing_the_identity_of_an_enigmatic_Eastern-Mediterranean_millipede]

VandenSpiegel, D. & Golovatch, S.I. (2015) A new millipede of the family Ammodesmidae found in central Africa (Diplopoda, Polydesmida). *ZooKeys*, 483, 1–7. https://doi.org/10.3897/zookeys.483.9150

Nauplius
THE JOURNAL OF THE BRAZILIAN CRUSTACEAN SOCIETY

e-ISSN 2358-2936
www.scielo.br/nau
www.crustacea.org.br

ORIGINAL ARTICLE

A new species of the troglobitic genus *Spelaeogammarus* da Silva Brum, 1975 (Amphipoda: Artesiidae) from a cave in the Brazilian semi-arid region, with new records of its congener, *Spelaeogammarus spinilacertus* Koenemann and Holsinger, 2000

Alessandra Angélica de Pádua Bueno[1] orcid.org/0000-0001-7809-7189
Maria Elina Bichuette[2] orcid.org/0000-0002-9515-4832
Tamires Zepon[2] orcid.org/0000-0001-7356-8631
Ludmila Rocha Penoni[1] orcid.org/0000-0001-6163-6801

1 Laboratório de Carcinologia, Departamento de Ecologia e Conservação, Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, Universidade Federal de Lavras. 37200–900, Lavras, Minas Gerais, Brazil.
AAPB E-mail: alebueno@ufla.br, aapbueno@yahoo.com.br
LRP E-mail: ludrpenoni@yahoo.com.br

2 Laboratório de Estudos Subterrâneos, Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos. Rodovia Washington Luís km 235, 13565-905, São Carlos, São Paulo, Brazil.
MEB E-mail: lina.cave@gmail.com
TZ E-mail: tazepon@gmail.com

ZOOBANK: http://zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:DC66DAC4-5AAA-461F-AEF7-847FB1AB02D7

ABSTRACT

We propose a new species of the troglobitic genus *Spelaeogammarus* da Silva Brum, 1975, with data on its distribution, ecology, aspects of behavior, and conservation status. *Spelaeogammarus ginae* sp. nov. occurs in a single cave in the Serra do Ramalho karst area, of the northeastern Brazilian semi-arid region. We also provide new data on the distribution and conservation status of its congener, *Spelaeogammarus spinilacertus* Koenemann and Holsinger, 2000 that occurs in the upper phreatic aquifer inside caves from Chapada Diamantina domain. Both species occur in caves in the state of Bahia, northeastern Brazil.

KEYWORDS

Amphipoda, conservation, state of Bahia, subterranean, taxonomy

Corresponding Author
Alessandra Angélica de Pádua Bueno

alebueno@ufla.br
aapbueno@yahoo.com.br

SUBMITTED 13 October 2021
ACCEPTED 29 March 2022
PUBLISHED 17 June 2022

DOI 10.1590/2358-2936e2022020

CC BY
All content of the journal, except where identified, is licensed under a Creative Commons attribution-type BY.

Introduction

Amphipods (Malacostraca) are macroscopic crustaceans that inhabit mainly marine water, but also occur in different freshwater habitats (Väinölä *et al.*, 2008). In Neotropical regions, 156 species, from 47 genera in 20 families of freshwater, or slightly brackish water, amphipods are recognized from inland waters (Väinölä *et al.*, 2008; Lowry and Myers, 2013; Rogers *et al.*, 2020). Moreover, the family diversity is highest in subterranean continental waters (Rogers *et al.*, 2020). In Brazil, to date, there are troglobitic amphipods species from five families: Mesogammaridae, Seborgiidae, Bogidiellidae, Hyalellidae, and Artesiidae (Gallão and Bichuette, 2018; Zepon *et al.*, 2021).

The family Artesiidae is composed of hypogean freshwater amphipods of the genus *Artesia* Holsinger, 1980, which has a distribution restricted to the southern USA, with two valid species (*Artesia subterranea* Holsinger, 1980 and *Artesia welbourni* Holsinger, 1992), and *Spelaeogammarus* da Silva Brum, 1975, which is restricted to Brazil (Lowry and Myers, 2013). *Spelaeogammarus* is considered a troglobitic genus, since all valid species are restricted to the subterranean environment, occurring only in phreatic aquifers. There are seven valid species in the genus: *Spelaeogammarus bahiensis* da Silva Brum, 1975, *Spelaeogammarus santanensis* Koenemann and Holsinger, 2000, *Spelaeogammarus trajanoae* Koenemann and Holsinger, 2000, *Spelaeogammarus spinilacertus* Koenemann and Holsinger, 2000, *Spelaeogammarus titan* Senna, Andrade, Castelo-Branco and Ferreira, 2014, *Spelaeogammarus uai* Bastos-Pereira and Ferreira, 2017, and *Spelaeogammarus sanctus* Bastos-Pereira and Ferreira, 2015 (see Horton *et al.*, 2021).

The state of Bahia in northeastern Brazil holds most of the species richness in the genus: *S. bahiensis* from Patamute cave (municipality of Curaçá) (da Silva Brum, 1975; Koenemann and Holsinger, 2000), *S. spinilacertus* from Baixa do Salitre and Jaburu caves (municipality of Iraquara) (Koenemann and Holsinger, 2000), *S. trajanoae* from Toca do Pitu, Buraco do Teodoro, Toca do Gonçalo, and Convento caves (municipality of Campo Formoso) (Koenemann and Holsinger, 2000), *S. titan* from PEA-445 cave (municipality of Santa Maria da Vitória) (Senna *et al.*, 2014), and *S. sanctus* from Gruta dos Milagres cave (municipality of Bom Jesus da Lapa) (Bastos-Pereira and Ferreira, 2015). *Spelaeogammarus uai* is the only species that occurs in the state of Minas Gerais, from a single cave, Lapa D'Água do Zezé (municipality of Itacarambi) (Bastos-Pereira and Ferreira, 2017). All these species show classic troglomorphism, the morphology typical of subterranean animals (*sensu* Christiansen, 1962), mainly the absence of eyes and absence of body pigmentation.

Recently, in an expedition to the Serra do Ramalho karst area, in the state of Bahia, specimens of *Spelaeogammarus*, proposed here as a new species, were found in a pool of the upper phreatic aquifer inside the Gruna da Serra Verde cave. Moreover, data about its taxonomy, aspects of ecology, behavior, and conservation are also considered. We also provide new data about the distribution, habitat characteristics and conservation status of its congener, *S. spinilacertus*, which is also a phreatic species. The conservation status of both species is evaluated following IUCN criteria (IUCN, 2012).

Materials and Methods

Specimens of *Spelaeogammarus ginae* sp. nov. were collected in a small pool inside the Gruna da Serra Verde cave, located at Serra do Ramalho region, in the state of Bahia, northeastern Brazil. Specimens were collected using fishing nets of 0.5 mm mesh, and later preserved in 70 % alcohol. In the laboratory, the head and body length of 10 randomly selected specimens were measured under a Stemi 508 stereoscope microscope with an ocular microscale attached.

For slide preparation, specimens were stained with "Red Congo" dye for 24h, dissected under the stereomicroscope, and mounted on slides. The appendages were then photographed using an AxioCam ERc5s camera coupled to a Carl Zeiss Primo Star microscope. The photographs were used as a basis for the drawings of the structures in CorelDraw X7 software. Images of preserved specimens of *Spelaeogammarus ginae* sp. nov. were produced using Celestron MicroCapture Pro. The morphological description follows Rogers *et al.* (2020). Diagnosis and description of structures are based on

three dissected males (paratypes) and any observed variation is indicated. Observations of female are based on one dissected specimen (paratype). Type material is deposited in the Crustacea Collection, Museu Nacional do Rio de Janeiro - MNRJcarcino (C.S. Serejo, curator) (one whole individual, not dissected), Zoological Collection of the Laboratório de Estudos Subterrâneos, Universidade Federal de São Carlos - LES (M.E. Bichuette, curator) (four whole individuals, not dissected), and Coleção de Crustáceos, Universidade Federal de Lavras – CCUFLA (A.A.P. Bueno, curator) (three whole individuals, not dissected, and four individuals mounted on slides).

For *S. spinilacertus*, distribution data from the literature (Koenemann and Holsinger, 2000) and new data collected during research conducted by the Laboratório de Estudos Subterrâneos of the Universidade Federal de São Carlos (LES/UFSCar) since 2004 were used. The identification of species followed the original description of *S. spinilacertus* (see Koenemann and Holsinger, 2000) and the key to *Spelaeogammarus* species (Rogers *et al.*, 2020). Images of preserved specimens of *S. spinilacertus* were taken with a Leica DFC 295 video camera attached to a Leica M205C microscope with a Planapo 1.0 × objective. Figures were produced from stacks of images using LAS (Leica Application Suite) v3.7.

We provide data about the physical and chemical variables (pH and temperature for *Spelaegammarus* sp. nov. and pH, temperature, conductivity, and salinity for *S. spinilacertus*), and the description of the microhabitat (area, depth, substrate type on the bottom, water current) for both species. For *Spelaegammarus ginae* sp. nov. individual counts, a visual census method (to calculate abundance and population density) was used, and observations of behavior through the *ad libitum* method (Altmann, 1974) were also considered.

We propose the categories of threat for both species using the IUCN criteria (IUCN, 2012), since *S. spinilacertus* is not yet included in the Brazilian Red List. To recognize the minimal extent of occurrence (IUCN, 2012) of *S. spinilacertus*, we drew a polygon encompassing the coordinates of the caves using Google Earth Pro version 7.3.4.

Maps of distribution of *Spelaeogammarus ginae* sp. nov. and of *S. spinilacertus* were produced using QGIS version 2.18 (QGIS, 2017) and information about land use and vegetation were based on MapBiomas products (MapBiomas Project, 2021).

Systematics

Order Amphipoda Latreille, 1816

Suborder Senticaudata Lowry and Myers, 2013

Superfamily Bogidielloidea Hertzog, 1936

Family Artesiidae Holsinger and Longley, 1980

Genus *Spelaeogammarus* da Silva Brum, 1975

***Spelaeogammarus ginae* sp. nov.**
Bueno and Penoni
(Figs. 1–4)
Zoobank: urn:lsid:zoobank.org:act:EE1300D7-465B-4E05-BD58-A06F26A407A1

Etymology. The epithet *ginae* is a tribute to Dr. Georgina Bond-Buckup, a devoted carcinologist that dedicated her life to the study of crustaceans.

Type material. Holotype: male, body length 12.24 mm, head length 0.84 mm, MNRJcarcino 030206, Brazil, state of Bahia, Gruna da Serra Verde cave, municipality of Coribe, (44°19'26.8"S 13°43'28.0"W), 05 Jul. 2021, M.E. Bichuette, J.S. Gallo, V.F. Sperandei, J.E. Gallão colls. Paratypes (same collection data as holotype): 4 whole individuals, LES 00027746; 3 whole individuals, CCUFLA 447; 3 males and 1 female on slides, CCUFLA 448.

Diagnosis. Antenna 1 less than half body length, flagellum with 18–20 articles, accessory flagellum 5-articulated. Antenna 2 subequal to antenna 1, flagellum with 8–10 articles. Maxilla 1 outer plate bearing 7 multicuspidate setae and article 2 of palp with 6–7 long, simple setae. Pleopods 1–3 inner rami with 9–10, 10–11, and 10 long plumose setae on distal margin, respectively; uropod 2 outer ramus outer

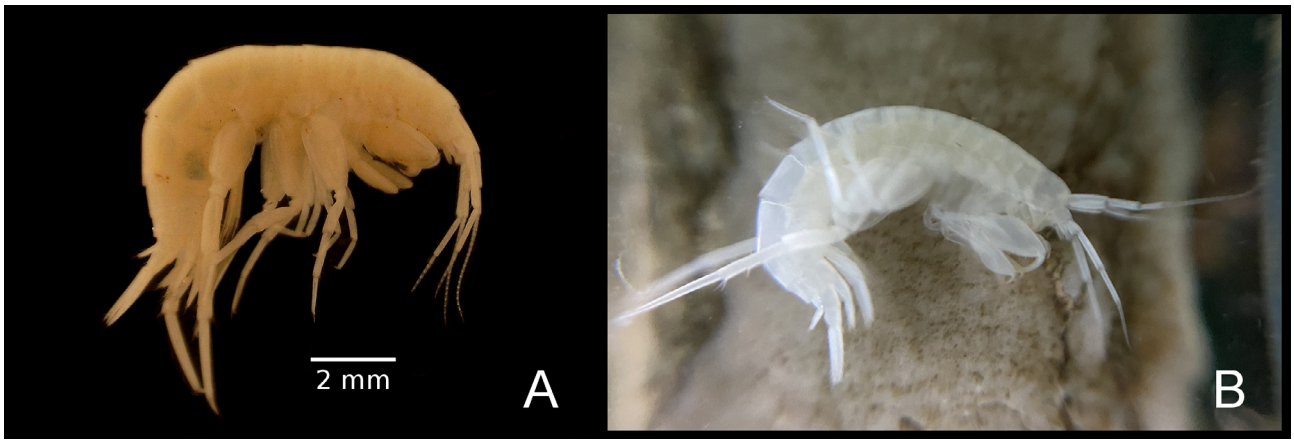


Figure 1. Preserved (**A**) and live specimen (**B**) of *Spelaeogammarus ginae* sp. nov., Gruna da Serra Verde cave, Serra do Ramalho karst area, state of Bahia, Brazil. Photographs: (**A**) T. Zepon, (**B**) M.E. Bichuette.

margin without seta; uropod 3 outer ramus internal margin with 0–1 simple seta, 8–19 long bifid setae and 3–7 cuspidate setae with accessory seta.

Description. Body slender (Fig. 1), completely depigmented, head without eyes (Fig. 1). Mean body length 10.39 ± 2.06 mm (N = 10) (7.44–12.24 mm); mean head length 0.71 ± 0.13 mm (N = 10) (0.50–0.84 mm). Epimeral plates 1–3 distoanterior margin rounded, distoposterior margin produced with a small spine.

Antenna 1 (Fig. 2A) less than half body length, peduncle subequal to flagellum, article lengths reducing gradually from 1 to 3, article 1 with 5 cuspidate setae with accessory setae on one side and 4–6 simple setae and 1–4 plumose setae on the other side, plumose and simple setae apically; flagellum with 18–20 articles, aesthetascs occurring distally on flagellum from article 2 to 18; accessory flagellum with 5 articles, reaching up to fifth article of flagellum.

Antenna 2 (Fig. 2B) subequal in length to antenna 1, peduncle shorter than flagellum, articles 4 and 5 elongated, subequal in size; flagellum with 8–10 articles.

Upper lip (Fig. 2C) apically rounded with setules. Lower lip (Fig. 2D) inner lobe with setules apically, rounded; outer lobe well developed, inner distal margin with some setules.

Maxilla 1 (Fig. 2E) inner plate apical margin with 3 strong plumose setae, subequal to outer plate; outer plate apical margin with 7–8 multicuspidate setae; palp 2-articulate, article 2 inner margin with 6–7 simple setae in a row.

Maxilla 2 (Fig. 2F) inner plate with about 11 plumose setae, 5–9 stout setae and 2 strong, longer plumose setae apically, setules laterally; outer plate slightly longer and slightly more slender than outer plate, apical margin with up to 14 slender setae and 7 plumose setae; slender setae and setules laterally.

Left mandible (Fig. 2G) molar cylindrical and semi-triturative; setal row with 5 plumose setae; *lacinia mobilis* present, oblong, apical margin with 5 crests; incisor multicuspidate; palp with 3 articles, article 2 the longest, article 3 subequal to 2, article 1 less than half the length of 2 and 3; article 1 almost as wide as long, article 2 slim, longer than wide, 3 slender setae with accessory seta on ventral margin either bifid or simple with accessory seta, article 3 with 1–2 stout long seta and 1–2 bifid long setae, apically.

Right mandible (Fig. 2H) slightly longer than left mandible, setal row with 4 plumose setae, 2 of them longer and stronger than the others; palp 3-articulate, article 2 ventral margin with 4–5 slender setae with accessory seta, 2 of them usually shorter, article 3 with 4 apical long setae with accessory setae.

Maxilliped (Fig. 2I) inner and outer plates subequal in size; inner plate with scattered long stout setae, apical margin rectangular bearing 3 slim plumose setae and 2 Y-shaped stout setae; outer plate with scattered long bi- or trifid stout setae, apical margin rounded with 3–6 stout or plumose setae on the inner distal margin; palp 4-articulate; article 1 conical; article 2 twice as long as wide, inner margin with several long,

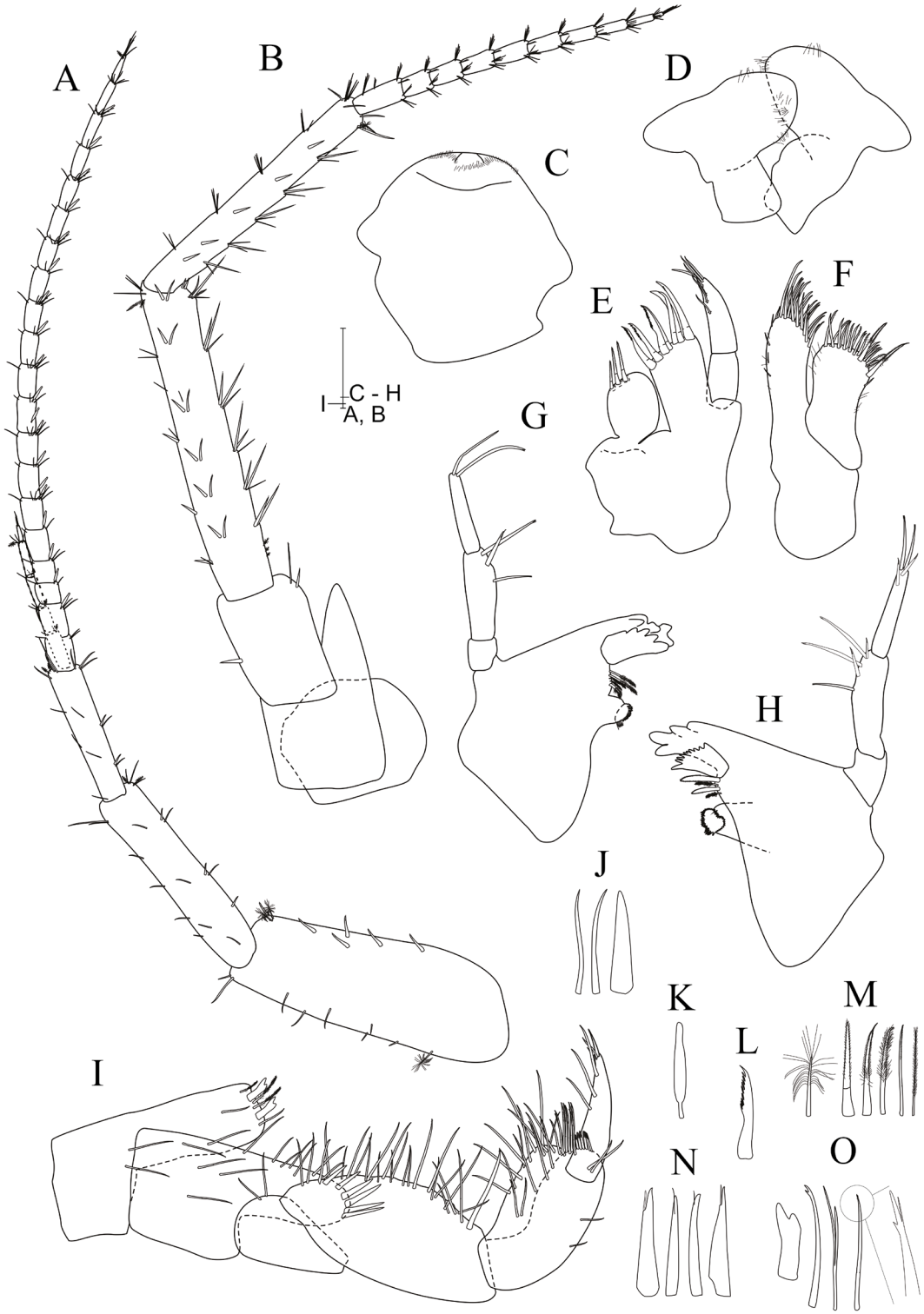


Figure 2. *Spelaeogammarus ginae* sp. nov., Gruna da Serra Verde cave, Serra do Ramalho, state of Bahia, Brazil. Paratype male, body length 11.31 mm; antenna 1 (**A**); antenna 2 (**B**); upper lip (**C**); lower lip (**D**); maxilla 1 (**E**); maxilla 2 (**F**); left mandible (**G**); right mandible (**H**); maxilliped (**I**); simple setae, present in various structures, the last one is more common on the uropods (**J**); aesthetasc, from antenna 1 (**K**); multicuspidate seta, from maxilla 1 outer plate (**L**); plumose setae, from antenna 1, maxilla 1 inner plate, maxilla 2 inner plate, mandibles and maxilliped, maxilliped and gnathopods, pleopods (**M**); (stout) cuspidate setae with accessory seta, present in various structures, first one more common on gnathopods and last one from telson (**N**); bifid and trifid setae, from maxilliped inner ramus, mandibles palp, gnathopods and uropod 3, pleopod 7, maxilliped palp (**O**). Scale bars: A, B = 600 µm; C–I = 200 µm; J–O = enlarged setae to see details.

trifid setae; article 3 inner margin with several long, trifid setae, inner face with row of plumose setae and some strong and short plumose setae apically; article 4 triangular, with long stout setae at inner margin, distal claw present.

Gnathopod 1 (Fig. 3A) coxa rectangular; basis twice as long as wide, 4 small simple setae on anterior margin, up to 14–16 long, bifid setae on posterior margin, 1 simple small seta on posterodistal margin; ischium small, 1 bifid slender seta on posterodistal margin; merus quadrate, with long bifid setae and several setules along posterior margin; carpus subtriangular, posterodistal margin with setules, up to 7 plumose setae and 2 simple stout setae; propodus suboval, slightly longer than basis, palm oblique, about 2.5 × longer than posterior margin, 19–20 simple short setae, 10–11 short and strong cuspidate setae with accessory setae, 3–7 long slim simple setae and 3 long bifid setae; some scattered, long and thin trifid seta on inner margin; dactylus curved, congruent in length with palm, not reaching the palmar corner, some short simple setae dorsally.

Gnathopod 2 (Fig. 3B) coxa subtriangular, wider than long, basis 3 × longer than wide, posterior margin with 14–18 stout long simple setae, anterior margin with 1 small simple seta, 0–1 simple seta on posterodistal margin; ischium and merus subrectangular, posterior margins with 1 and 2–4 small simple setae, respectively; carpus longer than wide, posterior margin with several short and long simple setae and some setules, anterior margin with 4–5 simple short setae; propodus suboval, almost twice as long as wide, anterior margin with 9 groups of 1–5 simple short and long simple setae, posterior margin with 8 groups of 2–8 short and long simple setae and setules, palm oblique, subequal to posterior margin, with 14 short setae, 2 long, thin simple setae and 4–6 strong cuspidate setae with accessory seta; dactylus curved, claw-like, not reaching the palmar corner.

Pereopods 3–4 (Fig. 3C–G) pereopods 3 and 4 alike, coxae 3 and 4 longer than wide; basis with 1 single small plumose seta on anterior margin, basis and ischium posterodistal margins with 1–2 simple short setae; merus with 2 simple or cuspidate short setae with accessory seta on anteroproximal margin, and up to 5 groups of 1–2 cuspidate short setae with accessory seta on posterior margin; propodus distal anterior margin with 3 simple setae, posterodistal margin with up to 7 groups of 1–3 cuspidate setae with accessory seta; dactylus short, with a plumose seta distally and 2 short setae coupled with the nail.

Pereopod 5 (Fig. 3E) longer than pereopods 3 and 4, coxa slightly wider than long, anterior lobe with 7–8 simple setae, more developed than posterior, posterior lobe with 1 long seta with accessory seta; basis almost twice as long as wide, anterior and posterior margins each with 7–10 groups of 1–2 simple or stout cuspidate setae with accessory seta; ischium with 2–3 simple long setae on anterodistal margin; merus 3 × longer than wide, anterior margin with 3–6 simple setae, posterior margin with 2–4 cuspidate setae with accessory seta, and 1 cuspidate seta with accessory seta on anteriodistal margin; carpus 5–6 × longer than wide, anterior margin with 4–6 groups of 1–2 cuspidate setae with accessory seta, posterodistal margin with 1 strong seta, long and slender setae occurring as fringe; propodus 7–8 × longer than wide, with 14–15 cuspidate setae with accessory seta on anterior margin, 1 simple thin seta on posterior margin, distally, 1 cuspidate seta with accessory seta on posterodistal margin, long and slender setae occurring as fringe; merus, carpus and propodus subequal in length; dactylus short, with a plumose seta distally and 2 short setae coupled with nail.

Pereopod 6 (Fig. 3F) coxa slightly wider than long, anterior lobe more developed than posterior, without setae, posterior lobe with 1 cuspidate seta with accessory seta; basis almost twice as long as wide, 9–10 cuspidate setae with accessory seta on both anterior and posterior margins, posterodistal margin with 1–2 small plumose setae or simple seta with accessory seta; ischium with 2 simple long setae on anterodistal margin; merus about 3 × longer than wide, anterior margin with 3 simple setae, 1 simple seta and 1 cuspidate seta with accessory seta on anterodistal margin, posterior margin with 3 cuspidate setae with accessory seta, and 1 cuspidate seta with accessory seta on anteriodistal margin; carpus 5–6 × longer than wide, anterior margin with 4–5 groups of 1–3 cuspidate setae with accessory seta, long and slender setae occurring as fringe, posterior margin with 2 simple slender setae, posterodistal margin with 2–3 cuspidate setae with accessory seta; propodus 8–9 × longer than wide, with 15 cuspidate setae with accessory seta

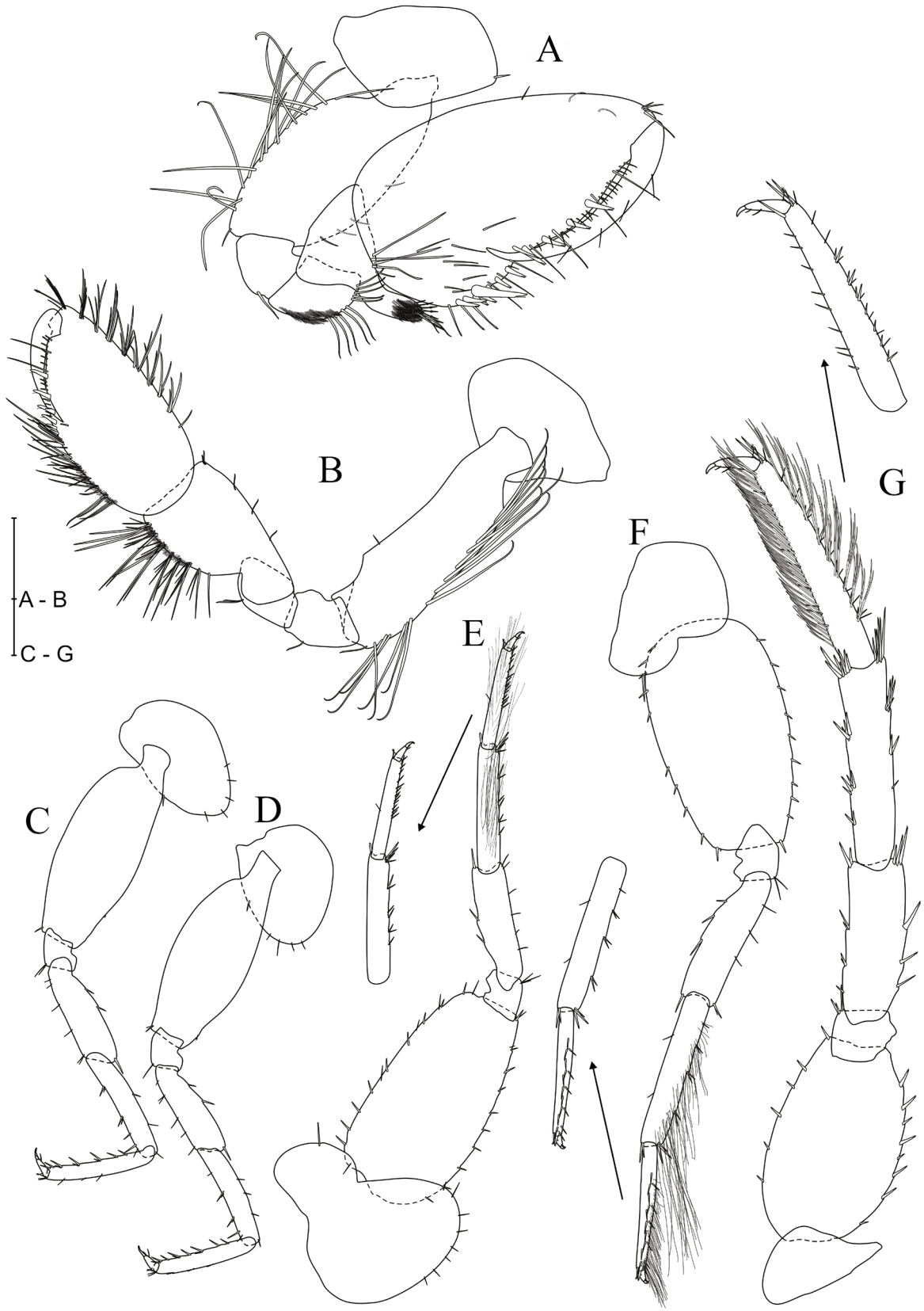


Figure 3. *Spelaeogammarus ginae* sp. nov., Gruna da Serra Verde cave, Serra do Ramalho, state of Bahia, Brazil. Paratype male, body length 11.31 mm; gnathopod 1 (**A**); gnathopod 2 (**B**); pereopod 3 (**C**); pereopod 4 (**D**); pereopod 5 (**E**); pereopod 6 (**F**); pereopod 7 (**G**). Scale bars: A, B = 400 µm; C–G = 1 mm.

on anterior margin, long and slender setae occurring as fringe, 4 cuspidate setae with accessory seta on distal margin; merus, carpus and propodus subequal in length; dactylus short, with a plumose seta distally and 2 short setae coupled with nail.

Pereopod 7 (Fig. 3G) coxa almost as wide as long, 0–1 simple seta with accessory seta on anterior margin; basis longer than wide, anterior and posterior margins with 6–10 and 6–8 cuspidate setae with accessory seta, respectively; ischium with 2 cuspidate setae with an accessory seta and 1 simple, long seta on the anterodistal margin; merus 2–3 × longer than wide, anterior and posterior margins with 3 groups of 1–2 cuspidate setae with accessory seta, anterodistal margin with 2 cuspidate setae with an accessory seta, posterodistal margin with 2–3 cuspidate setae with an accessory seta; carpus 4–5 × longer than wide, anterior margin with 3 groups of 2–4 cuspidate setae with accessory seta, 8 cuspidate setae with accessory seta on the anterodistal margin, posterior margin with 2–3 groups of 1–5 cuspidate setae with accessory seta, 7–8 cuspidate setae with accessory seta on the posterodistal margin; propodus about 7 × longer than wide, anterior margin with a variable number of cuspidate setae with accessory seta and several long, slim bifid setae, posterior margin with 9 groups of variable numbers of bifid, simple and cuspidate setae with accessory seta, posterodistal margin with 1 simple and 4 cuspidate setae with accessory seta, 2 of them longer than the others; merus smaller than carpus and propodus; dactylus short, with a plumose seta distally and 2 short setae coupled with the nail.

Pleopods 1, 2 and 3 (Fig. 4A–C) similar; peduncle elongated, respectively 3–5 × longer than wide, with 2 coupling spines each; inner rami 1-articulate, with 9–10, 10–11 and 10 plumose long setae on distal margin, respectively; outer ramus 3-articulate, third article the smallest; pleopod 1 outer ramus article 1 inner margin with 8–9 plumose setae, outer margin with 13–18 plumose setae, article 2 with 2 plumose setae, article 3 with 2 apical plumose setae; pleopod 2 outer ramus article 1 inner margin with 7–9 plumose setae, outer margin with 9–16 plumose setae, article 2 with 2 long plumose setae, article 3 with 2 long plumose setae; pleopod 3 outer ramus article 1 inner margin with 7–8 plumose setae, outer margin with 9–13 plumose setae, article 2 with 2 plumose setae, article 3 with 2 plumose setae.

Uropod 1 (Fig. 4D) peduncle 3× longer than wide, with 4–5 stout, cuspidate setae with accessory seta on each side; inner ramus subequal in length to peduncle, with 3 dorsal stout simple setae with accessory seta and 5 apical setae, 2 out of 5 apical setae with accessory seta; outer ramus subequal in length to peduncle and to inner ramus, with 1–3 stout, cuspidate setae with accessory seta on inner margin and 4 apical setae, 1 longer than others.

Uropod 2 (Fig. 4E) peduncle twice as long as wide, with 2 dorsal and 2–3 distolateral stout, cuspidate setae with accessory seta; inner ramus subequal in length to peduncle, with 3 dorsal strong and 3 short cuspidate setae with accessory seta on internal margin, and 4 apical setae, 2 of them longer than others; outer ramus subequal in length to peduncle and to inner ramus, with 2 ventral cuspidate setae with accessory seta and 3–4 apical stout setae, 2 of them with accessory seta.

Uropod 3 (Fig. 4F) peduncle short, slightly longer than wide and less than half length of rami, with 1–3 small cuspidate setae with accessory seta dorsally and 0–1 longer cuspidate seta with accessory seta dorsally on the distolateral margin; inner ramus with 7 groups of 1–2 cuspidate setae with accessory seta dorsally, 4 groups of 1–2 cuspidate setae with accessory seta distally on internal margin, and 2 short cuspidate setae with accessory seta apically; outer ramus with row of 0–1 simple long seta plus 8–19 bifid long setae plus 3–7 stout, cuspidate setae with accessory seta distally on internal margin, 4–5 groups of 1–4 stout, cuspidate setae with accessory seta dorsally, and 3 strong and 1–2 thin setae apically.

Telson (Fig. 4G) almost as long as wide, apical margin with concave excavation, with 2 apical, 2 subapical stout, cuspidate setae with accessory seta and 3 plumose setae on one side, and 1 apical stout, cuspidate seta with accessory seta and 2 subapical stout, cuspidate setae with accessory seta and 1 plumose seta on the other side. Variations: symmetrical distribution of setae, with 1 apical and 2 subapical stout, cuspidate setae with accessory seta plus 3 subapical plumose setae on each side.

Sternal gills occurring on segments 2–7. Coxal gills sac-like on segments 3–6.

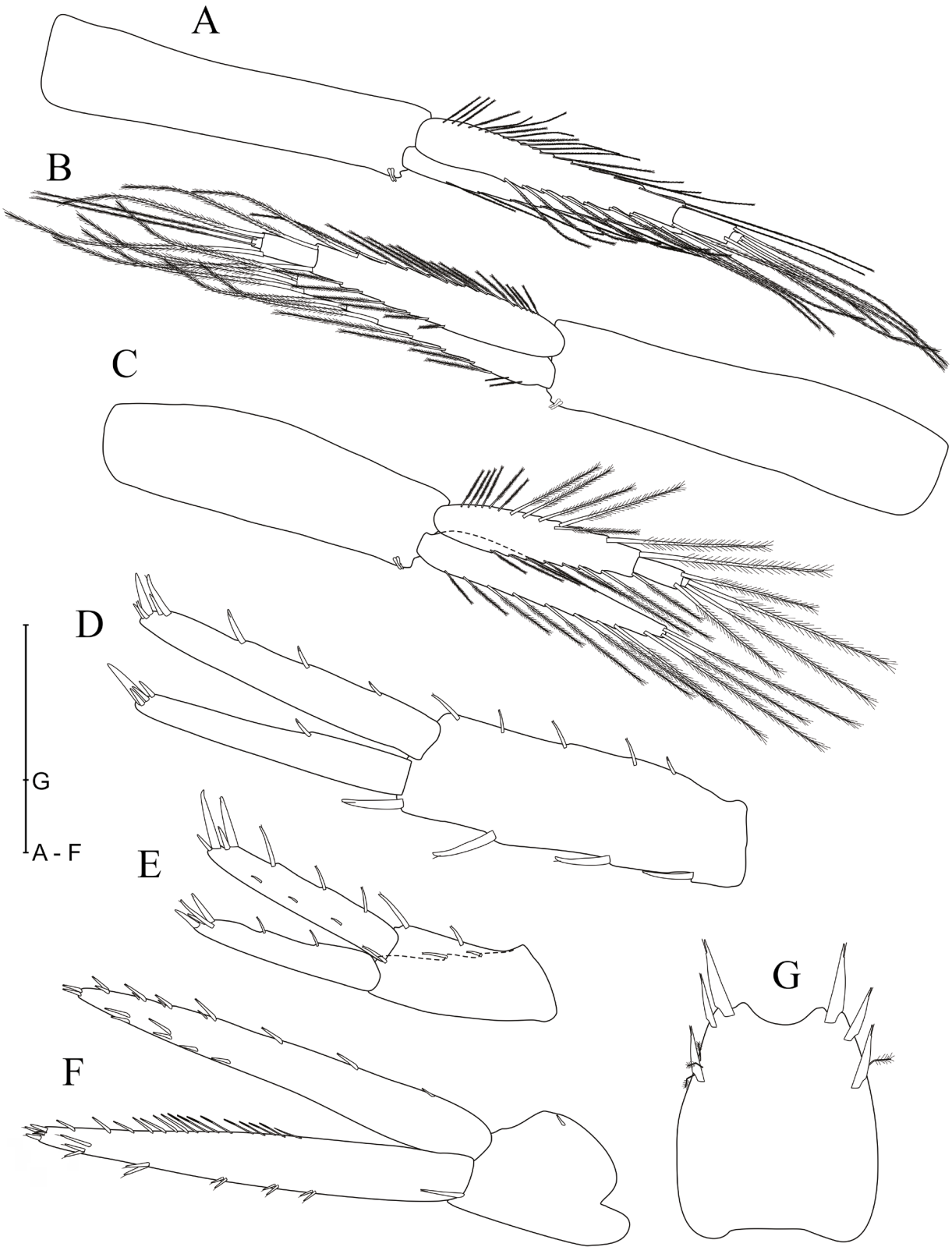


Figure 4. *Spelaeogammarus ginae* sp. nov., Gruna da Serra Verde cave, Serra do Ramalho, state of Bahia, Brazil. Paratype male, body length 11.31 mm; pleopod 1 (**A**); pleopod 2 (**B**); pleopod 3 (**C**); uropod 1 (**D**); uropod 2 (**E**); uropod 3 (**F**); telson (**G**). Scale bars: A–F = 1 mm; G = 200 µm. Specimens of *Spelaeogammarus ginae* sp. nov. were found (**C**); map indicating the state of Bahia, the Gruna da Serra Verde cave, and the land use and land cover of the area (**D**). Photographs: M.E. Bichuette.

Female: no apparent sexual dimorphism. Oostegites slim, observed on pereonites 2–6, with curly pointed setae.

Taxonomic remarks. A thorough morphological comparison between the known *Spelaeogammarus* species is provided (Tab. 1), including the new one here described. We highlight the following differences: *Spelaeogammarus ginae* sp. nov. differs from *S. bahiensis*, *S. spinilacertus,* and *S. titan* in the number of articles on the accessory flagellum of antenna 1; the basis of pereopod 5 of *S. ginae* sp. nov. is quite setose (12–14 cuspidate setae with accessory seta on the posterior margin), while *S. sanctus* has no observed seta in this structure; the gnathopod 2 posterior margin of the basis of *S. ginae* sp. nov. (with 14–18 setae) differs from those of *S. santanensis* (21–23 setae) and of *S. trajanoae* (8–9 setae); and the palp of the maxilla 1 of *S. ginae* bears 6–7 setae, while *S. uai* palp has only 4.

Distribution, habitat, ecology and behavior. Freshwater, hypogean. Specimens of *S. ginae* sp. nov. were found in a single pool formed by the upper phreatic aquifer at Gruna da Serra Verde cave (Fig. 5A–D). The cave is located at Bambuí Group, a geomorphological unit, in a region called Serra do Ramalho, with typical dry-forest vegetation. The region has dozens of caves, all of carbonate rock (limestone caves), some with several kilometers of passages (Rubbioli *et al.*, 2019). The pool has a soft bottom of silt, with little organic matter (some vegetation and drops of guano) and limestone riffles (Fig. 5B). In the wet season, the extension of the pool reaches 150 m in length and approximately 1.5–2.0 m in width (Fig. 5D); in the dry season (May–October) the pool showed a smaller dimension (Fig. 5B) of 1.38 m in length, 0.52 m in width, and approximately 0.18 m in depth (0.72 m^2 of area and 0.13 m^3 of volume), with a high abundance (48) of individuals trapped in the pool. The temperature was relatively high (24.1 °C) and the pH followed the values for karstic waters (pH = 7.2). The individuals were found only in the dry season, when the population densities per area and per volume were particularly high for troglobitic species (66.6 inds.m^{-2} and 369 inds.m^{-3}, respectively). All individuals (approximately 48) observed in the pool showed a fast swimming-behavior (observation from 12:15 PM until 13:40 PM), mainly on the soft-bottom (Video S1), with a few stops to forage on particulate vegetal debris and drops of guano. The individuals did not show photophobic behavior, *i.e.*, did not react to the light of the flash-lamps, with an intensity of about 600 lumens. Despite the large concentration of individuals in a small pool, the species did not appear to have a gregarious habit.

Conservation. We propose that *S. ginae* sp. nov. should be classified as Critically Endangered (CR) according to the IUCN criteria B1ab(iii), *i.e.*, the extent of occurrence (EOO) estimated less than 100 km^2 (criteria B1); one location (criteria a); continuing decline in the quality of habitat (criteria b). The species is possibly endemic to its type locality and the surroundings of the cave have several anthropogenic impacts including cattle grazing and deforestation. These impacts contribute to decline in the quality of habitat. Another impact could be related to climate change or due to cyclical events of drought and flood. The single pool where the species occurs has been suffering a decrease in the water level during the last three yearly dry-seasons (MEB., pers. obs.).

Spelaeogammarus spinilacertus Koenemann and Holsinger, 2000

(Fig. 6).

Material examined (all from Brazil, state of Bahia). 1 adult, LES 0016806, municipality of Iraquara, Buraco do Cão cave, 12°23'37.5"S 41°36'08.2"W, 20 Jun. 2009, M.E. Bichuette, L. Senna-Horta colls.; 3 adults, LES 0000230, municipality of Palmeiras, Canoa Quebrada cave, 12°25'29.6"S 41°33'28.1"W, 12 Jul. 2004, M.E. Bichuette coll.; 1 adult, LES 0000231, municipality of Palmeiras, Canoa Quebrada cave, 12°25'29.6"S 41°33'28.1"W, 13 Nov. 2004, M.E. Bichuette coll.; 3 adults, LES 0004906, municipality of Iraquara, Gruta da Lagoa Seca cave, 12°18'42.7"S 41°34'03.6"W, 23 Jan. 2007, M.E. Bichuette coll.; 2 adults, LES 0022569, municipality of Iraquara, Gruta da Lagoa Seca cave, 12°18'42.7"S 41°34'3.6"W, 23 Jan. 2007, M.E. Bichuette coll.; 1 adult, LES 0016823, municipality of Iraquara, Gruta Umburana cave, 12°20'25.4"S

Table 1. Morphological characteristics of the species of the genus *Spelaeogammarus* from Brazil. Legend: "—" not specified or unidentified.

Morphological characteristic	*S. ginae* sp. nov.	*S. bahiensis*	*S. sanctus*	*S. santanensis*	*S. spinilacertus*	*S. titan*	*S. trajanoae*	*S. uai*
A1 length in relation to body length	<0.5	—	0,4	0.4-0.5	0.5	~0.5	—	~0.5
A1 flagellum number of articles	18–20	16	22	20-21	17-20	26	—	17-20
A1 accessory flagellum number of articles	5	3-4	5	5	4	6	—	5
A2 flagellum number of articles	8–10	7	10	8-10	7	10	—	7-8
M1 outer plate number of multi-cuspidate setae	7–8	7	7	7	6-7	6	—	7
M1 palp article 2 number of apical setae	6–7	0	~7	—	5-6	~7	—	4
G1 basis posterior margin number of setae	14–18	7-9	15-17	20	6-8	20	9-10	15
G2 basis posterior margin number of setae	14–18	0	20	21-23	9-10	23	8-9	18
P5 basis posterior margin number of setae	12-14	—	0	12	10-11	~20	10-12	8
P7 basis posterior margin number of setae	6–8	—	~9	—	7-9	~11	10	~9
Pleopod 1 inner ramus distal margin number of plumose setae	9–10	—	11	—	—	10	—	9
Pleopod 2 inner ramus distal margin number of plumose setae	10–11	—	12	—	—	11	—	9
Pleopod 3 inner ramus distal margin number of plumose setae	10	—	10	—	—	13	—	9
U1 outer ramus number of setae on outer margin	0	0	0	—	0	7	—	0
U1 outer ramus number of setae on inner margin	1–3	2	3	—	3	21	—	5
U2 outer ramus number of setae on outer margin	0	—	1	—	2-3	3	—	1
U2 outer ramus number of setae on inner margin	2	—	2	—	0	2	—	2
U3 outer ramus number of setae on outer margin	11–13 cuspidate with accessory seta	—	15	—	12-18	12	4-18	18 cuspidate with accessory seta
U3 outer ramus number of setae on inner margin	0–1 simple + 8–19 bifid long + 3–7 cuspidate with accessory seta	—	21 bifid long + 4 cuspidate with accessory seta	—	~20 bifid	21 simple	—	16 bifid + 5 cuspidate with accessory seta

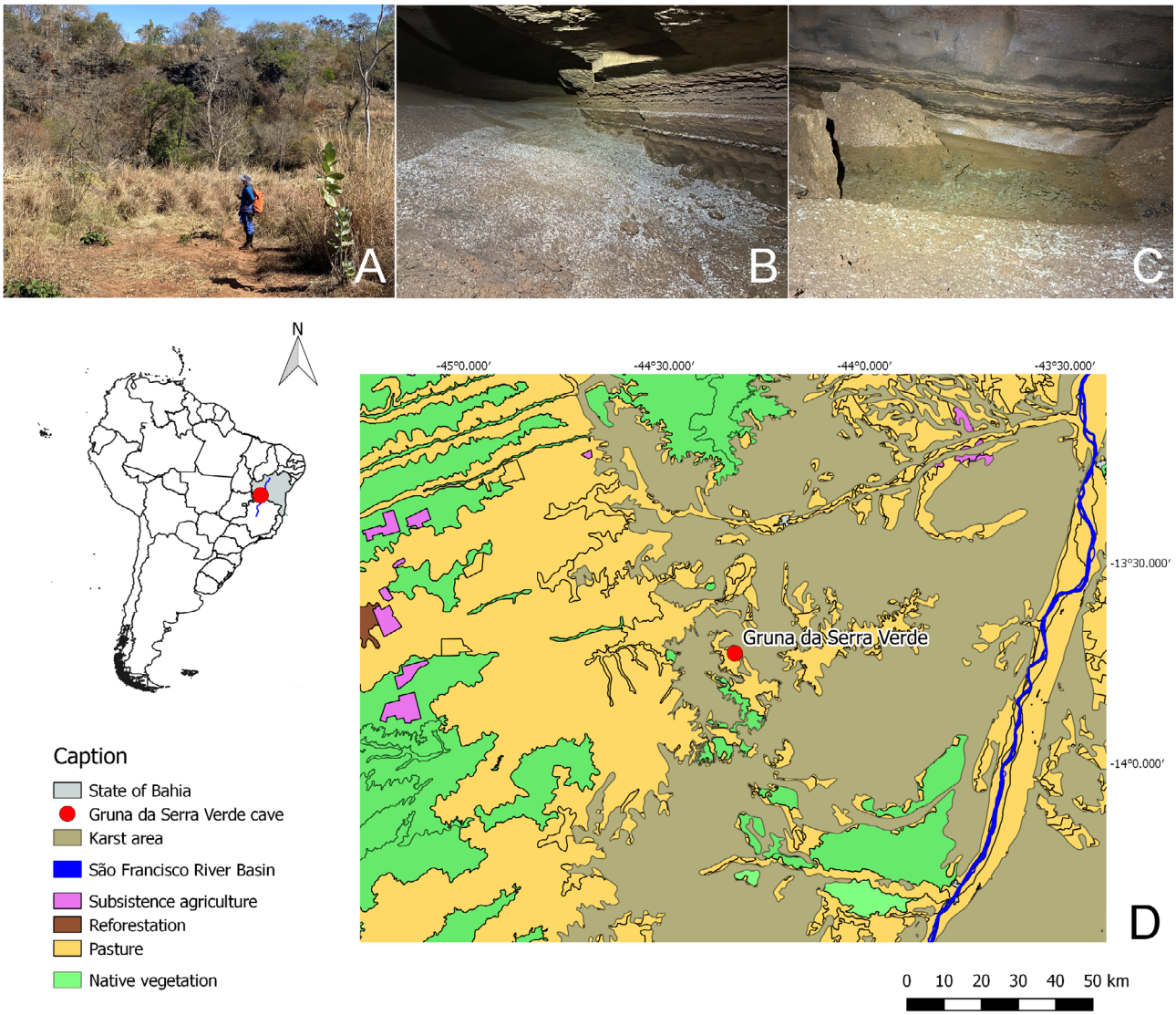


Figure 5. Outcrops and pastures close to the Gruna da Serra Verde cave (**A**); cave gallery in the dry season (**B**) and detail of the small pool formed by the upper phreatic aquifer, where specimens of *Spelaeogammarus ginae* sp. nov. were found (**C**); map indicating the state of Bahia, the Gruna da Serra Verde cave, and the land use and land cover of the area (**D**). Photographs: M.E. Bichuette.

41°36'32.0"W, 19 Jun. 2009, M.E. Bichuette coll.; 2 adults, LES 0000225, municipality of Iraquara, Lapa Doce System, 12°20'01.7"S 41°36'16.5"W, 30 Mar. 2005, M.E. Bichuette, D.R. Pedroso colls.; 3 adults, LES 0022568, municipality of Iraquara, Lapa Doce System; 12°20'01.7"S 41°36'16.5"W, 30 Oct. 2016, M.E. Bichuette, M. Rosendo, J.E. Gallão colls.; 3 adults, LES 0001804, municipality of Iraquara, Lapa Doce System, 12°20'01.7"S 41°36'16.5"W, 25 Mar. 2000, D. Allegrini coll.; 2 adults, LES 0027745, municipality of Iraquara, Lapa Doce System, 12°20'01.7"S 41°36'16.5"W, M.E. Bichuette, J.P.M. Araujo, G.H.N. Basílio, M.A. Rasteiro colls.

Identification. Taxonomic treatment followed the original description of *S. spinilacertus* (see Koenemann and Holsinger, 2000) and the key to *Spelaeogammarus* species (Rogers *et al.*, 2020). *Spelaeogammarus spinilacertus* is characterized by 4 articles on antenna 1 accessory flagellum; antenna 2 is 25 % shorter than antenna 1, flagellum with 7 segments; 6 multicuspidate setae on maxilla 1 outer plate; and 4 plumose setae on maxilliped inner plate (Koenemann and Holsinger, 2000; Rogers *et al.*, 2020). The original description of the species was based on one holotype and one allotype (Koenemann and Holsinger, 2000), hampering the observation of

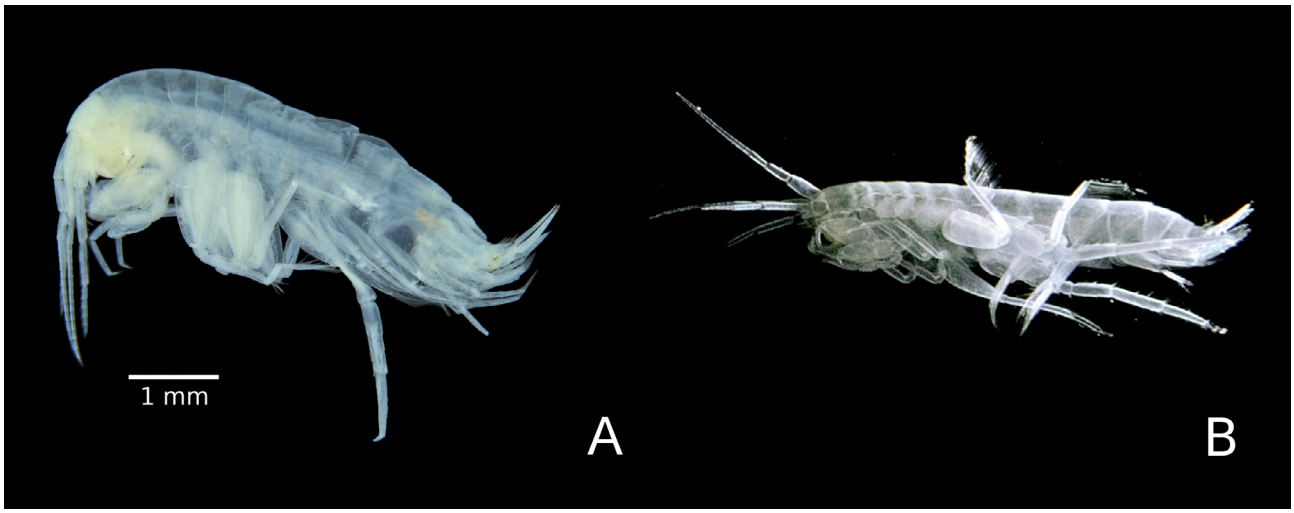


Figure 6. Preserved specimen of *Spelaeogammarus spinilacertus* Koenemann and Holsinger, 2000 from Buraco do Cão cave, Iraquara municipality, state of Bahia, Brazil (**A**) and live specimen of *S. spinilacertus* from Canoa Quebrada cave, municipality of Iraquara, state of Bahia, Brazil (**B**). Photograph: (**A**) Luciana B.R. Fernandes, (**B**) Adriano Gambarini.

variation. All but one diagnostic characteristic were observed on the analyzed material, *i.e.*, instead of 6 multicuspidate setae on maxilla 1 outer plate, we found 7 setae, which could represent variability in this character.

Geographic distribution and ecological data. The distributional range of *Spelaeogammarus spinilacertus* increased from two (Baixa do Salitre and Jaburu caves) to seven caves (new records: Lapa Doce System, Gruta da Umburana, Gruta da Lagoa Seca, Buraco do Cão, and Canoa Quebrada caves) that define a polygon of approximately 101 km^2 (Fig. 7C). All caves are located in the Chapada Diamantina region, central portion of the state of Bahia, northeastern Brazil, upper Paraguaçu River basin. The limestone rocks from Chapada Diamantina region are dated to the Neoproterozoic age, and belong to the Una Geological Group, Salitre Formation (Schobbenhaus *et al.*, 1984). These caves present lentic water bodies of the upper phreatic zone. *Spelaeogammarus spinilacertus* occurs in shallow, soft-bottom pools (observations of individuals were to 2 m depth), with slow water current (Fig. 7A, B). Populations show a preference for swimming close to the substrate, formed mainly of silt, limestone riffles, and guano piles and, less frequently, in the mid-water and surface (MEB., pers. obs.). The abundance is relatively high in two caves, Canoa Quebrada (observed in June/2005) and Lapa Doce System (observed in October/2016), with 40 and 20 individuals respectively. Physical and chemical variables showed little variation between the cave waters and three of them are typical of karst waters (alkaline pH and high conductivity): pH from 7.7 to 7.9; conductivity from 0.474 to 0.639 µS.cm^{-1}; temperature from 22.5 to 26.3 °C; and salinity from 0.1 up to 0.2 %.

We propose that *Spelaeogammarus spinilacertus* should be classified as Endangered (EN) according to the IUCN criteria B1ab(iii). The species has an extent of occurrence (EOO) estimated less than 5,000 km^2 (criteria B1); one location (defined as a geographically or ecologically distinct area in which a single threatening event can rapidly affect all individuals of the taxon present) (criteria a); and continuing decline in the quality of habitat (criteria b). The species is associated with phreatic water and, therefore, a single threatening event can rapidly affect the individuals of different caves. The region is influenced by several anthropogenic impacts including cattle grazing, agriculture, but the main impact could be pollution of the phreatic waters by pesticides, as the caves are located outside protected areas such as the Chapada Diamantina National Park (Gallão and Bichuette, 2018). These impacts contribute to decline in the quality of habitat.

Spelaogammarus spinilacertus co-occurs with the troglobitic catfish *Rhamdiopsis krugi* Bockmann and Castro, 2010, also endemic to limestone caves of the Chapada Diamantina (Bichuette *et al.*, 2015) and considered one of the predators of the amphipod species.

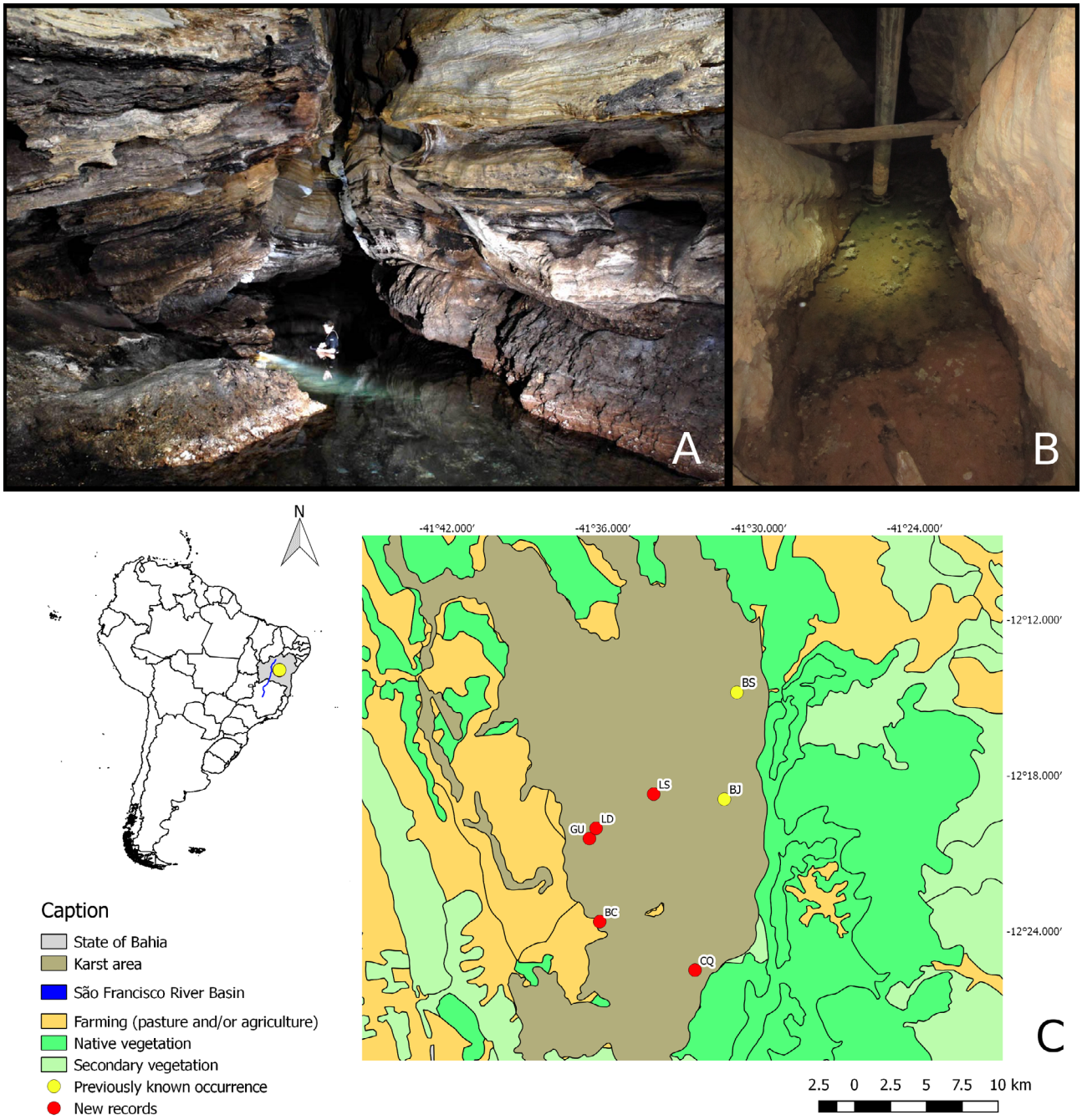


Figure 7. Lake formed by upper phreatic aquifer at Canoa Quebrada cave (**A**); small pool of upper phreatic aquifer at Lapa Doce System (**B**); distribution of *Spelaeogammarus spinilacertus* Koenemann and Holsinger, 2000, indicating caves with records of the species showing the land use and land cover of the area (**C**). Caption: LD = Lapa Doce System, GU = Gruta da Umburana cave, LS = Gruta da Lagoa Seca cave, BC = Buraco do Cão cave, CQ = Canoa Quebrada cave, BS = Baixa do Salitre cave, and BJ = Jaburu cave. Photographs: (**A**) Adriano Gambarini, (**B**) Jonas E. Gallão.

Discussion

Spelaeogammarus ginae sp. nov. shows the troglomorphisms observed in the other *Spelaeogammarus* species and many other cave animals, in the absence of eyes and body pigmentation, which corroborates the hypothesis that these character-states are typical autapomorphies, with no taxonomic correlation. This idea has been discussed exhaustively in the subterranean literature, from Barr (1968) to recent works (*e.g.*, Bichuette *et al.*, 2015), and reinforces the need for caution in discussing homoplastic characters.

The new species described herein is already threatened, as it is possibly endemic to a single cave, with the surroundings being highly impacted by agricultural pastures and other anthropogenic activities. The scenario becomes even worse with the lack of legal protection for the region of Serra do Ramalho as a whole (Gallão and Bichuette, 2018), since there is no conservation unit in this region, and habitat alteration due to climate change, with severe decline of the upper phreatic aquifer that supplies the habitat of *S. ginae* sp. nov. (MEB., pers. obs. from 2017 to 2021). Official and legal protection, in addition to long-term monitoring projects and more investigation for more populations, are urgently needed to understand these threats and to effectively protect this unique and fragile species.

The new distributional range of *S. spinilacertus* (Fig. 7C), expanded from two to seven caves and reaching 101 km^2, shows that these different populations deserve more study focusing on biogeography. Koenemann and Holsinger (2000) suggested that the apparent isolation of some *Spelaeogammarus* species (*S. trajanoae*, *S. spinilacertus*, *S. santanensis*, and *S. bahiensis*) in different areas may reflect a sequence of allopatric speciation events over a relatively short time period. Species of *Spelaeogammarus* currently have no studies focusing on population parameters, genetic data, or physiology, to know the degree of their resilience, which makes the threats to them more drastic. To date, *S. spinilacertus* is not included in the Brazilian Red List, as it was only evaluated in 2017, and has not been officially published yet.

Acknowledgements

We thank the two anonymous reviewers for their contributions and suggestions. We thank Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade/Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (ICMBio/CECAV) for financial support to the project "Estudos para definição de áreas prioritárias para a Conservação de Proteção Espeleológico na Serra do Ramalho - BA", executed by the Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas (GBPE), coordinated by Ezio Rubbioli and integrated by MEB. We especially thank J.E. Gallão, J. S. Gallo, and V. F. Sperandei for help in the field with collections in Gruna da Serra Verde cave and support in the project of Serra do Ramalho biodiversity. F. Chaimowicz and L. Senna-Horta are thanked for the first information on the new species and GBPE for sharing speleological information on Serra do Ramalho karst area and the Chapada Diamantina region and for all their contributions to the knowledge and protection of Brazilian caves. A. Gambarini is thanked for kind permission to use photographs of Canoa Quebrada cave and the live specimen of *S. spinilacertus* (Figs. 6B and 7A), similarly J.E. Gallão for the photograph of the pool inside Lapa Doce cave (Fig. 7B) and L.B.R. Fernandes for the image of the preserved individual of *S. spinilacertus* (Fig. 6A). L. Senna-Horta, F.D. Passos, D.R. Pedroso, D. Allegrini and R. Jesus Silva are thanked for helping in the collection of *S. spinilacertus* at Chapada Diamantina, "Seu" Lima (*in memoriam*) for the indication of the Canoa Quebrada cave to MEB as an amphipod sanctuary, and C. Lima, owner of Lapa Doce, for the support and the permit to access the Lapa Doce cave, one of the localities of *S. spinilacertus*. The Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS)/ICMBio/Vale S.A. provided the postdoctoral scholarship to TZ (TCCE ICMBio/Vale No. 02/2020: speleological compensation agreement signed between Vale S.A. and ICMBio, with operational management by the IABS). M.E. Bichuette thanks the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for the productivity fellowship (310378/2017-6); the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) for

financial support in the collection of *S. spinilacertus* specimens (process 2004/07799-5) during her post-doc project, and Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO) for the collection permit (28992).

Supplementary Material

Video S1. Swimming-behavior of *Spelaeogammarus ginae* sp. nov. Available at: https://youtu.be/q_LvxpxqAzg

References

Altmann, J. 1974. Observational study of behavior: Sampling methods. *Behaviour*, 49: 227–267.

Barr, T.C. 1968. Cave ecology and the evolution of troglobites. p. 35–102. In: T. Dobzhansky, M.K. Hecht and W.C. Steere (eds), Evolutionary Biology. New York, Plenum Press.

Bastos-Pereira, R. and Ferreira, R.L. 2015. A new species of *Spelaeogammarus* (Amphipoda: Bogidielloidea: Artesiidae) with an identification key for the genus. *Zootaxa*, 4021: 418-432.

Bastos-Pereira, R. and Ferreira, R.L. 2017. *Spelaeogammarus uai* (Bogidielloidea: Artesiidae): a new troglobitic amphipod from Brazil. *Zootaxa*, 4231: 38–50.

Bichuette, M.E.; Rantin, B.; Hingst-Zaher, E. and 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: 136-151.

Bockmann, F.A. and Castro, R. 2010. The blind catfish from the caves of Chapada Diamantina, Bahia, Brazil (Siluriformes: Heptapteridae): description, anatomy, phylogenetic relationships, natural history, and biogeography. *Neotropical Ichthyology*, 8: 673-706.

Christiansen, K. 1962. Proposition pour la classification des animaux cavernicoles. *Spelunca*, 2: 75–78.

da Silva Brum, I.N. 1975. *Spelaeogammarus bahiensis* g. n. sp. n. de anfípodo cavernícola do Brasil (Amphipoda-Bogidiellidae). *Atlas da Sociedade de Biologia do Rio de Janeiro*, 17: 125–128.

Gallão, J.E. and Bichuette, M.E. 2018. Brazilian obligatory subterranean fauna and threats to the hypogean environment. *ZooKeys*, 746: 1–23.

Hertzog, J.B.M. 1936. Crustacés de biotopes hypogées de la vallée du Rhin d'Alsace. B*ulletin de la Société Zoologique de France*, 61: 356–372. https://www.marinespecies.org/amphipoda/aphia.php?p=sourcedetails&id=229669. Accessed on 19 September 2021.

Holsinger, J.R. 1992. Four new species of subterranean amphipod crustaceans (Artesiidae, Hadziidae, Sebidae) from Texas, with comments on their phylogenetic and biogeographic relationships. *Texas Memorial Museum Speleological Monographs*, 3: 1–22.

Holsinger, J.R. and Longley, G. 1980. The subterranean amphipod crustacean fauna of an artesian well in Texas. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 308: 1–62.

Horton, T.; Lowry, J.; De Broyer, C.; Bellan-Santini, D.; Coleman, C.O.; Corbari, L.; Costello, M.J.; Daneliya, M.; Dauvin, J.-C.; Fišer, C.; Gasca, R.; Grabowski, M.; Guerra-García, J.M.; Hendrycks, E.; Hughes, L.; Jaume, D.; Jazdzewski, K.; Kim, Y.-H.; King, R.; Krapp-Schickel, T.; LeCroy, S.; Lörz, A.-N.; Mamos, T.; Senna, A.R.; Serejo, C.; Sket, B.; Souza-Filho, J.F.; Tandberg, A.H.; Thomas, J.D.; Thurston, M.; Vader, W.; Väinölä, R.; Vonk, R.; White, K. and Zeidler, W. 2021. World Amphipoda Database. *Spelaeogammarus* da Silva Brum, 1975. Accessed through: World Register of Marine Species at: http://marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=488885 on 2021-09-22. Accessed on 22 September 2021.

IUCN - International Union for Conservation of Nature. 2012. IUCN Red List categories and criteria: version 3.1. International Union for Conservation of Nature, Gland, Switzerland, 32p.

Koenemann, S. and Holsinger, J.R. 2000. Revision of the subterranean amphipod genus *Spelaeogammarus* (Bogidiellidae) from Brazil, including descriptions of three new species and considerations of their phylogeny and biogeography. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 113: 104–123.

Latreille, P.A. 1816. Amphipoda. In: Nouveau Dictionaire s'histoire naturelle, appliquée aux Arts, à a'Agriculture, à l' Économie rurale et domestiqye, à la Médicine, etc. Par une société de Naturalistes et d' Agriculteurs. Vol. 1. Deterville, Paris, p. 467–469.

Lowry, J.K. and Myers, A.A. 2013. A phylogeny and classification of the Senticaudata subord. nov. Crustacea: Amphipoda. *Zootaxa*: 3610: 1–80.

MapBiomas Project. 2021. Collection 6 of the Annual Series of Land Use and Land Cover Maps of Brazil. Available at https://mapbiomas.org/en/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=en. Accessed on 22 September 2021.

QGIS 2017. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. Available at http://www.qgis.org. Accessed on 27 October 2017.

Rogers, D.C.; Magalhães, C.; Peralta, M.; Ribeiro, F.B.; Bond-Buckup, G.; Price, W.W.; Guerrero-Kommritz, J.; Mantelatto, F.L.; Bueno, A.; Camacho, A.I.; González, E.R.; Jara, C.G.; Pedraza, M.; Pedraza- Lara, C.; Latorre, E.R. and Santos, S. 2020. Phylum Arthropoda: Crustacea: Malacostraca. p. 809–986. In: J.H. Thorp and D.C. Rogers (eds), "Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates, Fourth Edition - Volume V: Keys to Neotropical and Antarctic Fauna". London, Academic Press.

Rubbioli, E.; Auler, A.; Menin, D. and Brandi, R. 2019. Cavernas - Atlas do Brasil Subterrâneo. Brasília, ICMBio, 340p.

Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Derze, G.R. and Asmus, H.E. 1984. Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente. Brasília, Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral. Available at https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/8516. Accessed on 22 September 2021.

Senna, A.R.; Andrade, L.F.; Castelo-Branco, L.P. and Ferreira, R.L. 2014. *Spelaeogammarus titan*, a new troglobitic amphipod from Brazil (Amphipoda: Bogidielloidea: Artesiidae). *Zootaxa*, 3887: 55–67.

Väinölä, R.; Witt J.D.S.; Grabowski, M.; Bradbury, J.H.; Jazdzewski, K. and Sket, B. 2008. Global diversity of amphipods (Amphipoda; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 241–255.

Zepon, T.; Resende, L.P.A.; Bueno, A.A.P. and Bichuette, M.E. 2021. New records of the troglobitic *Hyalella veredae* Cardoso & Bueno, 2014 (Crustacea, Amphipoda, Hyalellidae) from Minas Gerais caves, southeast Brazil, with notes on its natural history. *Check List* 17: 115–0123.

Subterranean Biology 42: 1–22 (2022)
doi: 10.3897/subtbiol.42.75725
https://subtbiol.pensoft.net

RESEARCH ARTICLE

A peer-reviewed open-access journal
Subterranean Biology
Published by The International Society for Subterranean Biology

Unique and fragile diversity emerges from Brazilian caves – two new amphibious species of *Xangoniscus* Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2014 (Oniscidea, Styloniscidae) from Serra do Ramalho karst area, state of Bahia, Brazil

Ivanklin S. Campos-Filho[1], Jéssica S. Gallo[2], Jonas E. Gallão[2], Dayana F. Torres[2], Lília Horta[3], Yesenia M. Carpio-Díaz[4], Carlos M. López-Orozco[4], Ricardo Borja-Arrieta[4], José O. Aguiar[5], Maria E. Bichuette[2,3]

1 *Department of Biological Sciences, University of Cyprus, Lefkosia (Nicosia), Cyprus* **2** *Laboratório de Estudos Subterrâneos, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brazil* **3** *Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil* **4** *Grupo de Investigación en Biología Descriptiva y Aplicada, Programa de Biología, Universidad de Cartagena, Campus San Pablo, Cartagena de Indias, Colombia* **5** *Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brazil*

Corresponding author: Ivanklin Soares Campos-Filho (ivanklin.filho@gmail.com)

Academic editor: Matthew L. Niemiller | Received 24 September 2021 | Accepted 23 December 2021 | Published 10 January 2022

http://zoobank.org/5C413E74-53FA-4AB0-B4CB-B6A332C83030

Citation: Campos-Filho IS, Gallo JS, Gallão JE, Torres DF, Horta L, Carpio-Díaz YM, López-Orozco CM, Borja-Arrieta R, Aguiar JO, Bichuette ME (2022) Unique and fragile diversity emerges from Brazilian caves – two new amphibious species of *Xangoniscus* Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2014 (Oniscidea, Styloniscidae) from Serra do Ramalho karst area, state of Bahia, Brazil. Subterranean Biology 42: 1–22. https://doi.org/10.3897/subtbiol.42.75725

Abstract

Two new troglobitic species of *Xangoniscus* are described from two caves of Serra do Ramalho karst area, Bambuí geomorphological group, state of Bahia. *Xangoniscus lapaensis* **sp. nov.** is described from Gruna Boca da Lapa cave, and *X. loboi* **sp. nov.** from Gruna da Pingueira II cave. Both species are blind and depigmented and show amphibious habits, as observed for all species of *Xangoniscus* described until now. *Xangoniscus lapaensis* **sp. nov.** occurs in travertine pools fed by water of the upper aquifer, and *X. loboi* **sp. nov.** occurs in a small stream, an upper vadose tributary. Both species occur in fragile microhabitats. Ecological and behavioral data, conservation remarks, and IUCN conservation assessments are included to provide background data for conservation efforts in this unique karst area.

Keywords

Bambuí geomorphological group, Limestone, Terrestrial isopods, Troglobitic, Upper Aquifer

Copyright *Ivanklin Soares Campos-Filho et al.* This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Introduction

Terrestrial isopods (Oniscidea) are the only crustacean lineage completely adapted to the terrestrial way of life (Hornung 2011; Richardson and Araujo 2015; Taiti 2018). The group occurs in almost all kinds of terrestrial habitats, including caves (Schmalfuss 2003; Taiti 2004). Oniscidea comprises about 4,000 species distributed in more than 500 genera and 38 families (Javidkar et al. 2015, 2017; Sfenthourakis and Taiti 2015; Dimitriou et al. 2019; Campos-Filho and Taiti 2021; WoRMS 2021).

Terrestrial isopods are one of the most representative taxa in the Brazilian subterranean environments, probably due to the special environmental conditions, such as high humidity, substrate heterogeneity, and absence of specialized predators (Fernandes et al. 2016, 2019). To date, about 210 species are known from Brazil, 70 of which, belonging to the families Styloniscidae, Philosciidae, Scleropactidae, Dubioniscidae, Platyarthridae, Porcellionidae, Armadillidae, Pudeoniscidae, and Armadillidiidae, are recorded from Brazilian caves. Thirty-two taxa are considered to be troglobites (obligatory and restricted to caves), several are troglophiles (facultative cave species), and some species are possibly trogloxenes (Souza et al. 2011; Campos-Filho et al. 2014, 2015a, 2015b, 2016, 2017a, 2017b, 2018, 2019, 2020; Bastos-Pereira et al. 2017; Fernandes et al. 2018, 2019; Cardoso et al. 2020a, 2020b, 2021). The species placed into the last two categories are difficult to assign into a correct subterranean category due to the scarcity of distribution data outside caves.

Among the troglobitic representatives of the Brazilian Oniscidea, 12 species have an amphibious way of life, all in the Styloniscidae: *Chaimowiczia uai* Cardoso, Bastos-Pereira, Souza & Ferreira, 2021, *C. tatus* Cardoso, Bastos-Pereira, Souza & Ferreira, 2021, *Iuiuniscus iuiuensis* Souza, Ferreira & Senna, 2015, *Spelunconiscus castroi* Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2014, *Xangoniscus aganju* Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2014, *X. ceci* Cardoso, Bastos-Pereira, Souza & Ferreira, 2020, *X. dagua* Cardoso, Bastos-Pereira, Souza & Ferreira, 2020, *X. ibiracatuensis* Cardoso, Bastos-Pereira, Souza & Ferreira, 2020, *X. itacarambiensis* Bastos-Pereira, Souza & Ferreira, 2017, *X. lundi* Cardoso, Bastos-Pereira, Souza & Ferreira, 2020, *X. odara* Campos-Filho, Bichuette & Taiti, 2016, and *X. santinhoi* Cardoso, Bastos-Pereira, Souza & Ferreira, 2020.

The present work describes two new species of *Xangoniscus* from the Serra do Ramalho karst area, state of Bahia, both occurring in special microhabitats, namely the upper aquifers fed by infiltration of water in the limestone rock. Moreover, aspects of their ecology and natural history, as well as conservation remarks about this particular and unique fauna and the region of Serra do Ramalho are given.

Materials and methods

Collections and taxonomy

Specimens of *Xangoniscus* were collected by hand with the aid of tweezers and brushes. Specimens were stored in 70% and 100% ethanol. Descriptions are based on morphological characters with the use of micropreparations in Hoyer's

medium (Anderson 1954). For each new species, the diagnosis, type material, description, etymology, and remarks are given. The *habitus* images were taken with the stereomicroscope model Motic SMZ-168 and the Celestron Microcapture Pro. The photographs were prepared with Adobe Photoshop CC Lite (v. 14.2.1). The appendages were illustrated with the aid of a camera lucida mounted on a CH2 Olympus microscope. The final illustrations were prepared using the software GIMP (v. 2.8) according to the method proposed by Montesanto (2015, 2016).

Maps were produced highlighting the caves where both *Xangoniscus* species occur, as well the hydrological attributes and pressures of economic activities in the region, representing impacts to the cave fauna. The distribution map was constructed with QGIS software (v. 3.18.1) and was edited in PowerPoint Microsoft 365 (v. 2108).

The material is deposited in the scientific collection of cave fauna of the Laboratório de Estudos Subterrâneos (LES), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brazil (Curator: Maria E. Bichuette).

Ecological and behavioral study

Both populations were studied in one field trip in October 2020, during the dry-wet season transition. Specimens were sampled *ad libitum* (sensu Altmann 1974; Martin and Bateson 2007). In addition, direct observations of other ecological and behavior data were recorded including reproductive aspects, movement, and microhabitat preferences as well as course estimations of abundance and population density. Microhabitat data included cave zone, type of substrate, depth, water current, and physicochemical variables – pH and temperature.

To assess population parameters (density and size of the population), the individuals were counted along microhabitat inside caves, and measurements (such as length, width, and total area) of the occurrence sites were taken. The population parameters were calculated by dividing the number of individuals observed by area of the occurrence site. Photographs and short videos were taken to document the behavior of both species and the influence of the microhabitat on their distribution in the caves (see Supplementary Online Material).

Study area

Serra do Ramalho karst area, State of Bahia, northeastern Brazil

The Serra do Ramalho karst area, southwestern State of Bahia, is located within the Bambuí geomorphological group, which hosts a high number of caves, mostly without legal protection. Some caves within this karst region extend for more than 15 km, developing huge cave systems (Rubbioli et al. 2019). The Serra do Ramalho karst area comprises the municipalities of Coribe, Feira da Mata, Carinhanha, and Serra do Ramalho, and plateaus are made of limestone belonging to the Bambuí geomorphologic group. Moreover, the limestone in the region forms outcrops that extend parallel to the São Francisco River (Auler et al. 2001;

Rubbioli et al. 2019). According to Köppen criteria, the region has a tropical dry climate (=semiarid) ("Aw"), with annual precipitation of about 640 mm (Beck et al. 2018, 2020). Subterranean waters are mainly exploited for human consumption (Belda et al. 2014; Rubbioli et al. 2019). Surrounding vegetation consists of "Caatinga" composed of mesophytic and xeromorphic forests interspersed with "Cerrado" (savannah-like vegetation). The two new species described herein occur in two caves of the Serra do Ramalho karst area within the São Francisco River basin (Figs 1–3). Figures 2 and 3 show details of the habitat of the new *Xangoniscus* species. Human pressures related to common economic activities in the region (mining and land use), and typical vegetation are shown in Fig. 1. Currently, mining and land use pressures represent a great threat to habitat of cave species in the region.

Results

Family Styloniscidae Vandel, 1952

Genus *Xangoniscus* Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2014

Type species. *Xangoniscus aganju* Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2014, by original designation.

Xangoniscus lapaensis Campos-Filho, Gallo & Bichuette, sp. nov.

http://zoobank.org/855DC7C6-D196-4B19-8340-18DB358A7277
Figures 1, 2, 4–7

Type locality. Bahia, Feira da Mata, Gruna Boca da Lapa cave (13°56'46.4"S, 44°11'12.0"W).

Type material. ***Holotype*** male (LES 27734), Bahia, Feira da Mata, Gruna Boca da Lapa cave, 15 October 2020, leg. ME Bichuette, DF Torres, JS Gallo, L Senna-Horta & JE Gallão. ***Paratypes*** 1 male (parts in slides), 2 females (LES 27735); 1 male, 3 females (one female with parts in slides) (LES 27736), same data as holotype.

Description. Body length: ♂ 8.0 mm, ♀ 9.3 mm. Body unpigmented, slightly robust, lateral sides slightly convex (Figs 2C, D, 4A–C). Dorsal surface smooth with scattered fringed scale setae (Fig. 5A). Pereonite 1 epimera with distal corners slightly developed frontwards, not surpassing cephalon, posterior corners right-angled; pereonite 2–4 epimera gradually directed backwards, posterior corners progressively more acute; pleon slightly narrower than pereon, pleonites 3–5 epimera well-developed and falciform (Figs 4B, 5C). Cephalon (Figs 4C, 5B) with large quadrangular antennary lobes; vertex with lateral depression to fit antennae when extended backwards, profrons with V-shaped suprantennal line; eyes absent. Telson (Fig. 5C) with well pronounced concave sides and broadly rounded apex. Antennula (Fig. 5D) of three articles, medial and distal articles subequal in length, second article bearing one long seta on inner margin, distal article with two long apical aesthetascs. Antenna (Fig. 5E) with fifth article of peduncle longer than flagellum; flagellum of three articles, first article longest, distal

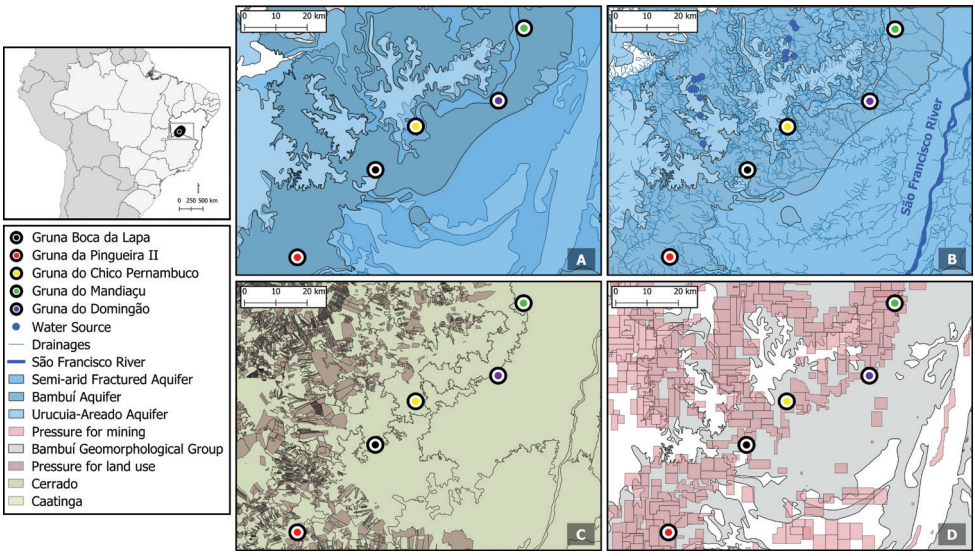


Figure 1. Maps of Serra do Ramalho karst area, State of Bahia, northeastern Brazil **A** limestone outcrops of the Bambuí geomorphological group, Fraturado and Urucuia-Areado aquifer systems showing the type-localities (caves) of *X. lapaensis* sp. nov. and *X. loboi* sp. nov. **B** headwaters and São Francisco river basin **C** pressure for land use showing human-caused alterations **D** pressure for mining activities.

article bearing tuft of free sensilla. Left mandible (Fig. 5F) with two penicils, right mandible (Fig. 5G) with one penicil and lacinia mobilis leaf-shaped with rounded apex. Maxillula (Fig. 5H) outer branch with 5 + 5 teeth, apically entire, and two thick plumose stalks; inner branch with three penicils, proximal one longer than two apical. Maxilla (Fig. 5I) with setose and bilobate apex, outer lobe smaller. Maxilliped (Fig. 5J) basis enlarged on distal portion bearing fringe of fine setae; first article of palp with two setae, distal articles fused bearing distal tufts of several thin setae; endite rectangular, outer and medial margins setose, apically with two triangular teeth and large rounded penicil. Uropod (Fig. 6A) branches inserted at same level, endopod slightly longer than exopod. Pereopods 1–7 gradually elongated, pereopods 1–7 merus, carpus, and propodus bearing sparse setae and fringed scales (discernible over 200× magnification) on sternal margin, pereopod 7 basis with scales of water conduction system; dactylus of one claw bearing many setae on inner and outer margins.

Male. Pereopods 1–6 (Fig. 6B–G) merus with proximal portion bearing fringed scales and thin setae on sternal margin. Pereopod 1 (Fig. 6B) carpus with large antennal grooming brush. Pereopod 5 (Fig. 6F) slightly depressed on distal sternal margin. Pereopod 6 (Fig. 6G) ischium flattened on sternal portion bearing brush of fine setae. Pereopod 7 (Fig. 6H) ischium with straight sternal margin, merus and carpus with no distinct modifications. Genital papilla (Fig. 7A) lanceolate, enlarged on median portion, apical part narrow. Pleopod 1 (Fig. 7B) exopod subtriangular bearing two short setae; endopod longer than exopod, narrow basal article and flagelliform distal article; basipod with triangular medial part fringed with fine and long setae on outer and

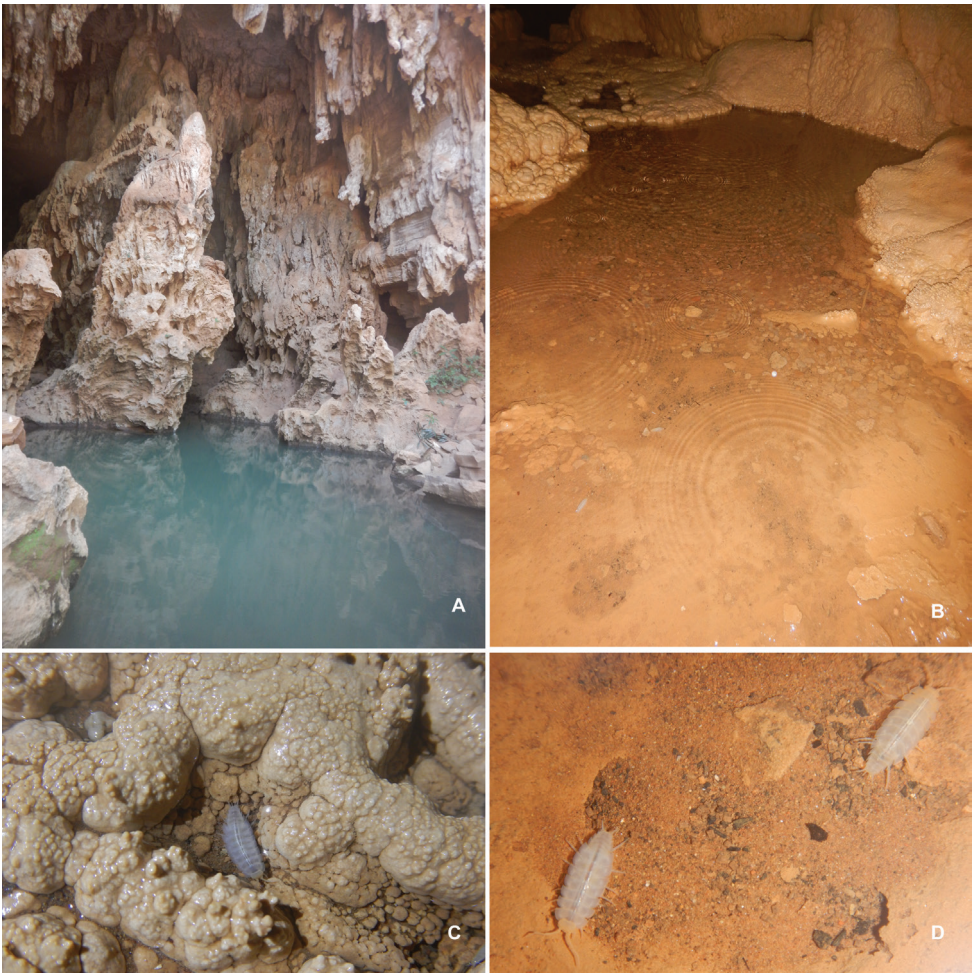


Figure 2. Natural habitat and habitus of *Xangoniscus lapaensis* sp. nov. **A** entrance of Gruna Boca da Lapa cave **B** travertine pools where *Xangoniscus lapaensis* sp. nov. occurs **C** specimen of *Xangoniscus lapaensis* sp. nov. submerged on rocky substrate at the travertine pools **D** specimens of *Xangoniscus lapaensis* sp. nov. submerged on silt and rocky substrate.

distal margins, distal margin strongly sinuous. Pleopod 2 (Fig. 7C) exopod triangular, median portion narrower, distal margin almost straight bearing three setae; endopod of two thickset articles, second article about three times as long as first, with complex apical part: distal margin subquadrangular with narrow transverse process, subapical triangular lobe strongly folded. Pleopod 3 exopod (Fig. 7D) subtriangular, longer than wide, covering pleopods 1 and 2, bearing many short setae, distal external margin straight. Pleopod 4 and 5 exopods (Fig. 7E, F) subrectangular, wider than long, with distal portion bearing many short setae.

Etymology. The new species is named after the locality where the specimens were collected, Gruna Boca da Lapa, an important cave discovered and mapped by Grupo

Bambuí de Pesquisas Espeleológicas (GBPE) in 1991 and only now is it studied in relation to its cave fauna.

Remarks. *Xangoniscus lapaensis* sp. nov. resembles *X. aganju* in the shape of the male pleopod 2 endopod; however, it differs in the vertex of the cephalon that lacks a frontal groove, and with a more pronounced suprantennal line that surpasses the antennule insertion (not surpassing in *X. aganju*). Also, the male pereopod 6 carpus lacks any modification (strongly modified in *X. aganju*, see Campos-Filho et al. 2014); the male pleopod 1 exopod is not elongated, and the male pleopod 2 exopod is narrower on inner portion. Moreover, *X. lapaensis* sp. nov. differs in the uropod endopod slightly longer than exopod (opposite in *X. aganju*) and the compact triangular shape of the male pleopod 1 exopod (elongated in *X. aganju*).

Ecology and behavior. *Xangoniscus lapaensis* sp. nov. occurs in travertine pools fed by infiltration of water through the limestone rock, dripping from the cave ceiling, and in isolated pools along the cave (Fig. 2B, C), distributed from the twilight until the aphotic zone, something that demonstrates that its distribution is related to pools formed by infiltration water, i.e., its special habitat is available. The microhabitat is composed of rocky substrate, with little silt and sand sediment. The water is clear, with a very slow current, and a depth varying from 0.05 m to 0.15 m (Fig. 2B–D). Physicochemical variables were typical of karst aquifers that have high pH values: pH = 8.5–9.0, T = 23.5 °C, very different from the conditions in the base-level river (pH = 7.5, T = 25 °C). A small quantity of organic and particulate matter was observed in the small pools. Population density in the pools was high, ranging 6.5 to 32 individuals.m^{-2} and the abundance was 74 individuals in an area of 2.8 m^2. The locomotor behavior was very particular, exhibiting fast and effective walking movements when submerged. However, when emerging from water, individuals showed a slow walking behavior on terrestrial substrate (see Supplementary Online Material 1). *Xangoniscus lapaensis* sp. nov. did not show photophobic behavior (indifferent to flashlight of about 600 lumens), and also seemed to exhibit intraspecific interactions, with no agonistic behavior. Adults and juveniles were observed in the pools, representing possible recruitment at the end of the dry season. It appears that *X. lapaensis* sp. nov. occurs preferentially in microhabitats fed by infiltration water, since no individual was recorded in the stream of the cave, a base-level river. This is very specific and unique, and probably the main habitat of this species is the spaces in the rocks filled by water.

Xangoniscus loboi **Campos-Filho, Gallão & Bichuette, sp. nov.**

http://zoobank.org/0572EC0F-C9B4-4B05-804C-3606AC59A8AF

Figures 1, 3, 8–11

Type locality. Bahia, Feira da Mata, Gruna da Pingueira II cave (14°12'04.3"S, 44°24'39.1"W).

Type material. ***Holotype*** male (LES 27737), Bahia, Feira da Mata, Gruna da Pingueira II cave, 14 October 2020, leg. ME Bichuette, DF Torres, JS Gallo & JE Gallão. ***Para-***



Figure 3. Natural habitat and habitus of *Xangoniscus loboi* sp. nov. **A** karst area where Gruna da Pingueira II cave is located **B** karst and entrance of Gruna da Pingueira II cave **C** specimen of *Xangoniscus loboi* sp. nov. submerged on the silt substrate **D** damn inside the cave **E** specimens of *Xangoniscus loboi* sp. nov. feeding on seed fruits **F** specimens of *Xangoniscus loboi* sp. nov. submerged on silt and rocky substrate **G** specimens of *Xangoniscus loboi* sp. nov. submerged on the rocky substrate **H** stream inside Gruna da Pingueira II cave where *Xangoniscus loboi* sp. nov. occurs.

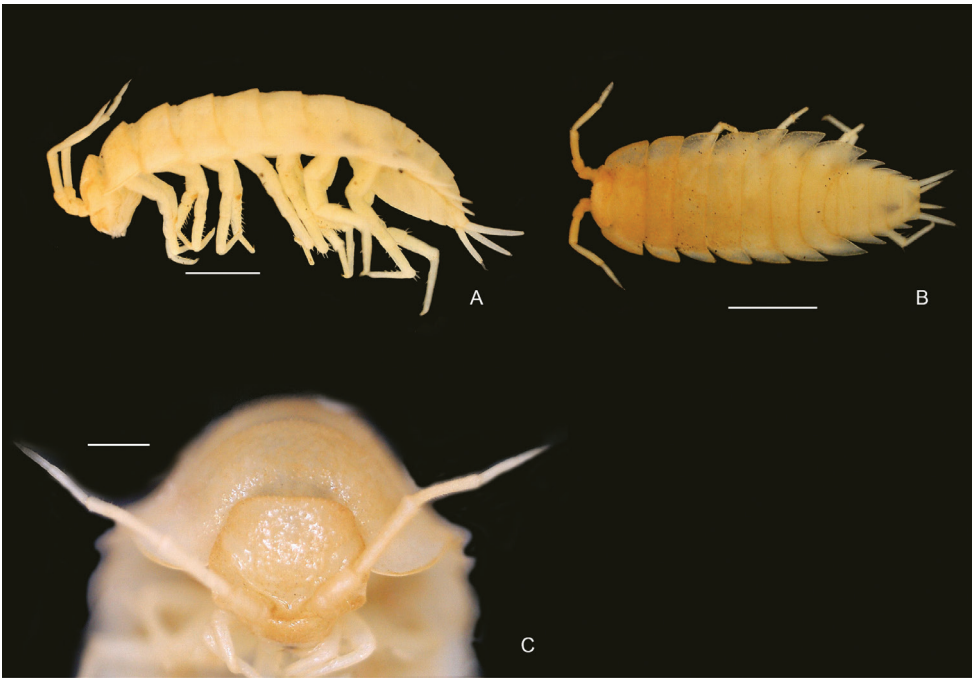


Figure 4. *Xangoniscus lapaensis* sp. nov. **A** habitus, lateral view **B** habitus, dorsal view **C** cephalon and pereonites 1–4, dorsal view. Scale bar: 2 mm (**A, B**); 1 mm (**C**).

types 2 males, 3 females (one female with parts in micropreparations) (LES 27738), 6 males (one male in micropreparations), 4 females (LES 27739), same data as holotype.

Description. Body length: ♂ 12 mm, ♀ 10 mm. Body unpigmented, slender and elongated, lateral sides almost parallel (Figs 3C, E, 8A–C). Dorsal surface smooth with scattered fringed scale setae (Figs 8C, 9A). Pereonite 1 epimera with distal corners not developed frontwards, posterior corners right-angled; pereonites 2–4 epimera gradually directed backwards, posterior corners progressively more acute; pleon slightly narrower than pereon, pleonites 3–5 epimera very short, slightly visible on dorsal view (Figs 8A, 9C). Cephalon (Figs 8D, 9B) with large quadrangular antennary lobes; vertex with slightly lateral depression to fit antennae when extended backwards, profrons with V-shaped suprantennal line, not surpassing antennule insertion; eyes absent. Telson (Fig. 9C) with well pronounced concave sides and broadly rounded apex. Antennula (Fig. 9D) of three articles, proximal and distal articles subequal in length, second article bearing short setae on inner margin, distal article with five aesthetascs. Antenna (Fig. 9E) with fifth article of peduncle longer than flagellum; flagellum of four articles, first article longest, distal article bearing tuft of free sensilla. Left mandible (Fig. 9F) with two penicils, right mandible (Fig. 9G) with one penicil and lacinia mobilis leaf shaped. Maxillula (Fig. 9H) outer branch with 5 + 5 teeth, apically entire, and two thick plumose stalks; inner branch with three penicils, proximal one longer than two apical. Maxilla (Fig. 9I) with setose and bilobate apex, outer lobe smaller bearing one strong

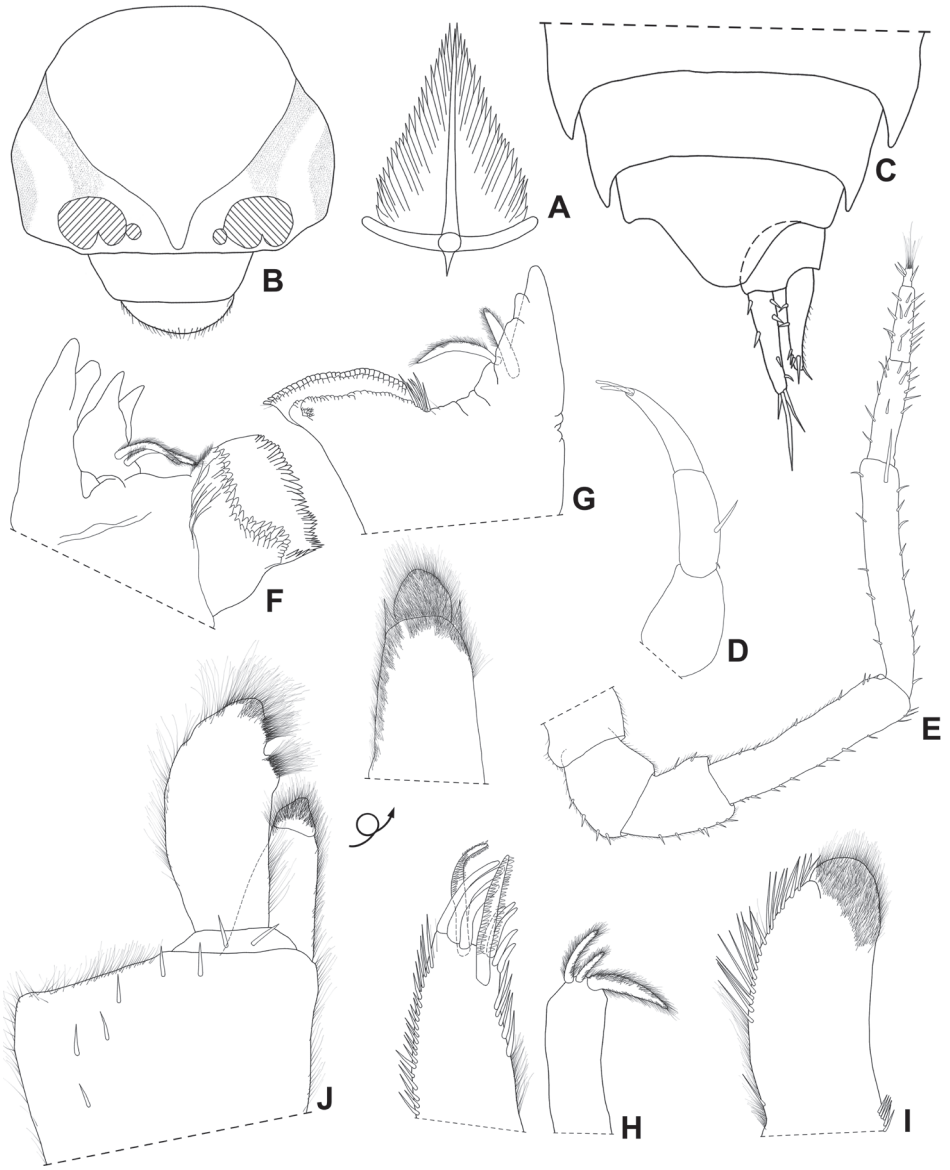


Figure 5. *Xangoniscus lapaensis* sp. nov. Male **A** dorsal scale-setae **C** pleonites 4 and 5, telson and uropod. Female **B** cephalon, frontal view **D** antennula **E** antenna **F** left mandible **G** right mandible **H** maxillula **I** maxilla **J** maxilliped.

seta. Maxilliped (Fig. 9J) basis enlarged on distal portion bearing fringe of fine setae; first article of palp with two setae, distal articles fused bearing distal tufts of fine setae; endite rectangular, outer and medial margins setose, apically with one triangular teeth and large triangular penicil. Uropod (Fig. 10A) branches inserted at same level, endo-

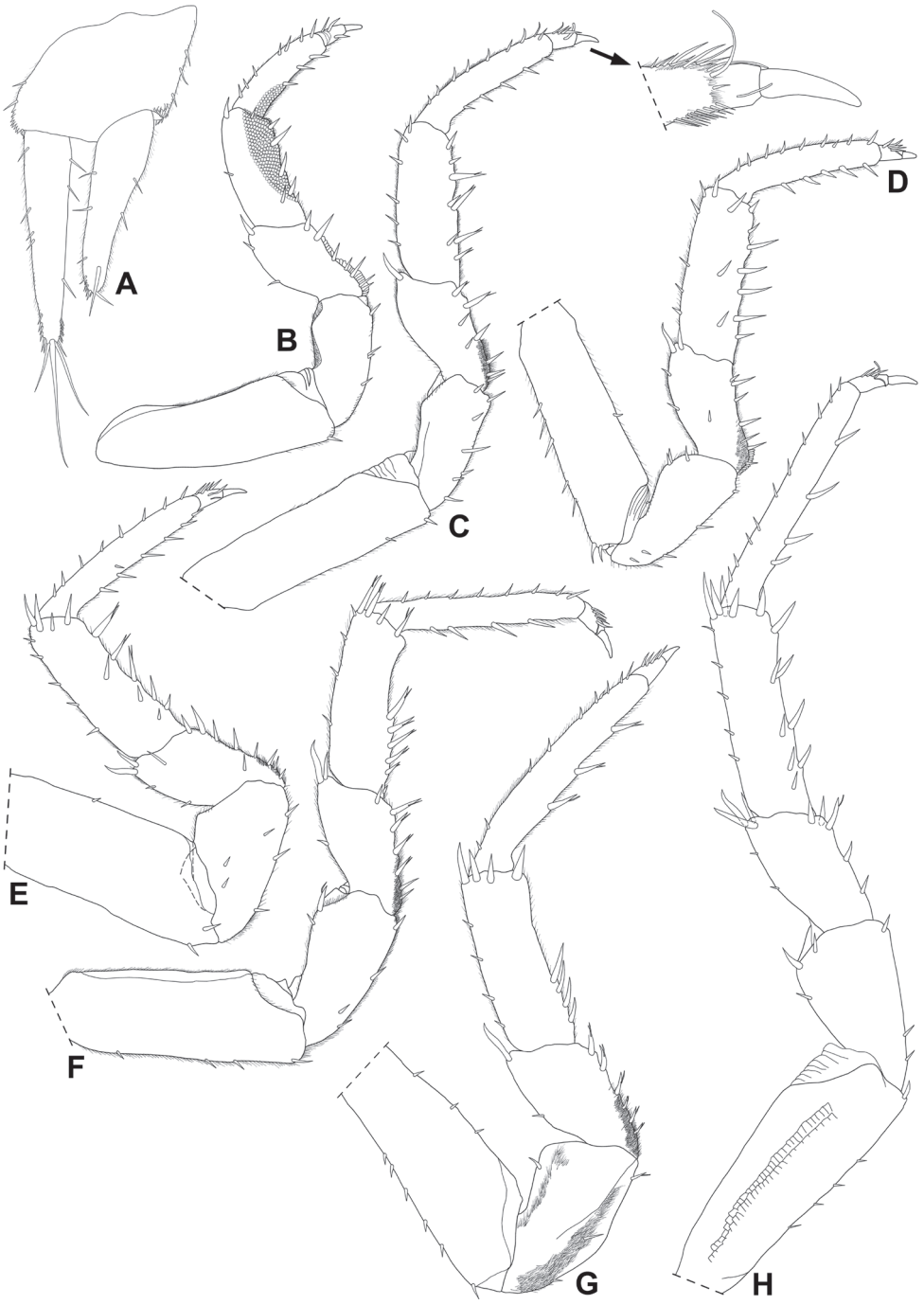


Figure 6. *Xangoniscus lapaensis* sp. nov. Male **A** uropod **B** pereopod 1 **C** pereopod 2 **D** pereopod 3 **E** pereopod 4 **F** pereopod 5 **G** pereopod 6 **H** pereopod 7.

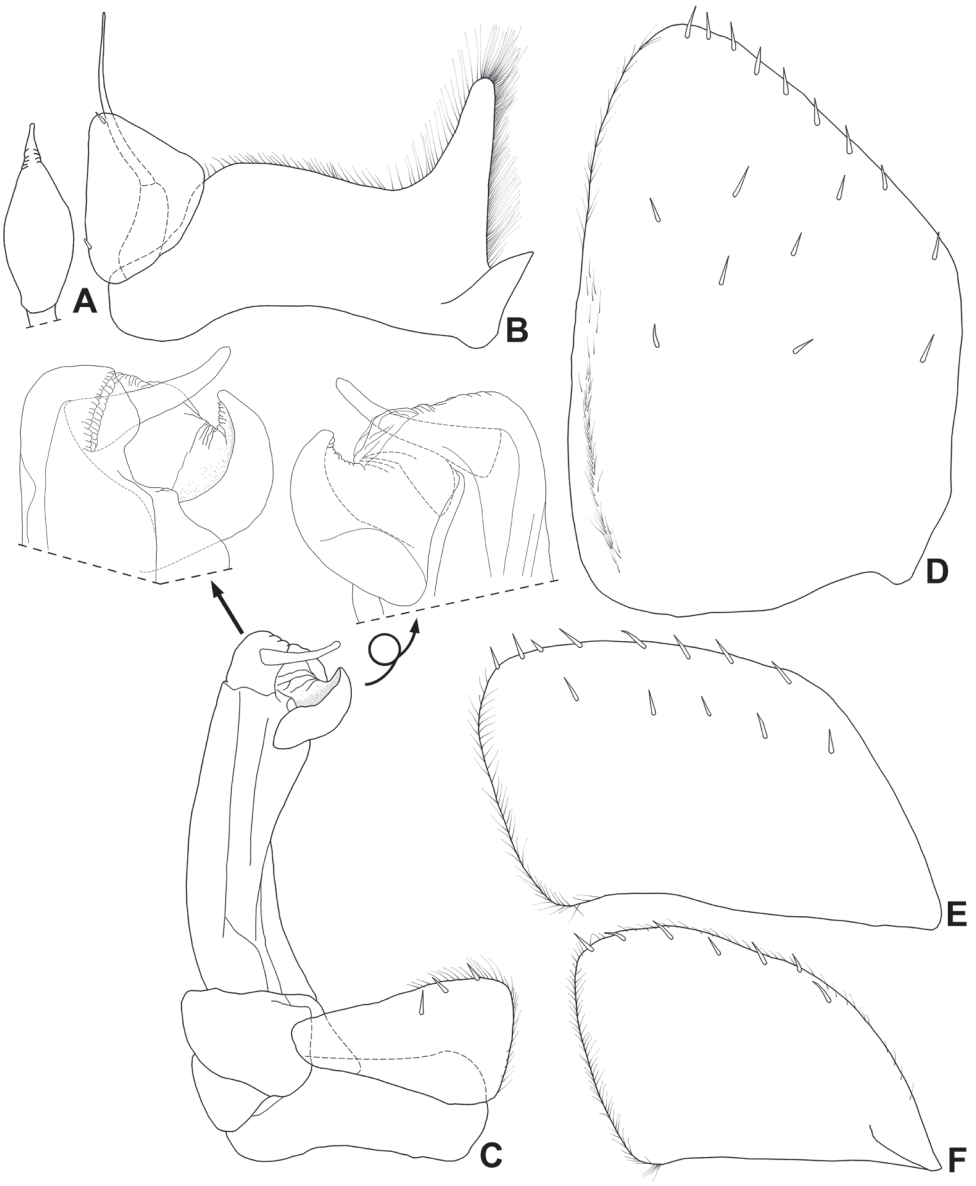


Figure 7. *Xangoniscus lapaensis* sp. nov. Male **A** genital papilla **B** pleopod 1 **C** Pleopod 2 **D** pleopod 3 exopod **E** pleopod 4 exopod **F** pleopod 5 exopod.

pod and exopod subequal in length. Pereopods 1–7 gradually elongated, pereopods 1–7 merus, carpus and propodus bearing sparse setae and fringed scales (discernible over 200× magnification) on sternal margin, pereopod 7 basis with scales of water conduction system; dactylus of one claw bearing many setae on inner and outer margins.

Male. Pereopods 1–3 (Fig. 10B–D) merus with proximal lobe bearing fringed scales and fine setae on sternal margin. Pereopods 4–6 (Fig. 10E-G) merus with dense field of

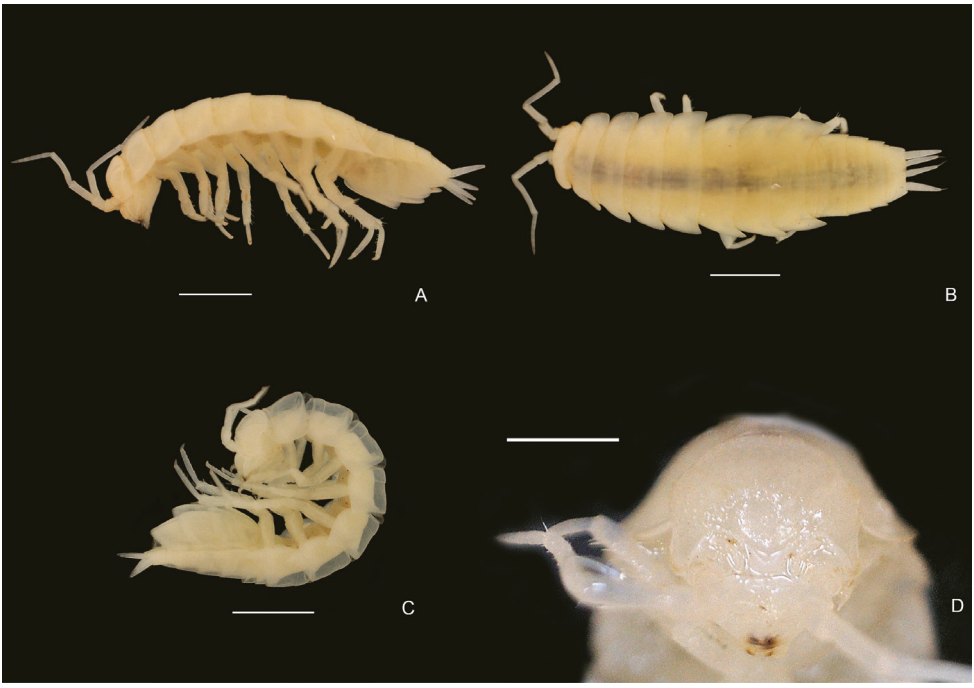


Figure 8. *Xangoniscus loboi* sp. nov. **A** habitus, lateral view **B** habitus, dorsal view **C** habitus, lateral view **D** cephalon and pereonite 1, frontal view. Scale bar: 2 mm (**A-C**); 1 mm (**D**).

short setae on sternal margin. Pereopod 6 (Fig. 10G) merus bearing brush of setae on sternal margin. Pereopod 7 (Fig. 10H) ischium straight on sternal margin, merus, and carpus with no distinct modifications. Genital papilla (Fig. 11A) lanceolate, enlarged on median portion, apical part narrow and pointed. Pleopod 1 (Fig. 11B) exopod subtriangular, longer than wide, inner and outer margins bearing fringe of fine setae; endopod slightly longer than exopod, narrow basal article and flagelliform distal article; basipod with stout and broadly rounded medial part bearing fringe of fine setae along outer and distal margins. Pleopod 2 (Fig. 11C) exopod triangular, median portion narrower, distal margin almost straight bearing three setae; endopod of two thickset articles, second article about three times as long as first, with complex apical part: distal margin rounded with two narrow transverse processes, subapical circular lobe strongly folded. Pleopod 3 exopod (Fig. 11D) triangular, slightly longer than wide, covering pleopods 1 and 2, bearing many short setae on distal margin. Pleopod 4 exopod (Fig. 11E) subrectangular, wider than long, distal portion bearing many short setae. Pleopod 5 exopod (Fig. 11F) subtrapezoidal, distal margin rounded bearing many short setae.

Etymology. The new species is named after Alexandre Lobo for all his contributions for knowledge and conservation of the Brazilian speleological heritage.

Remarks. *Xangoniscus loboi* sp. nov. differs from all other species of the genus in having the proximal lobe of male pereopods 1–3 merus covered with scales and fine setae, and in the shape of the distal complex apparatus of the male pleopod 2 endopod.

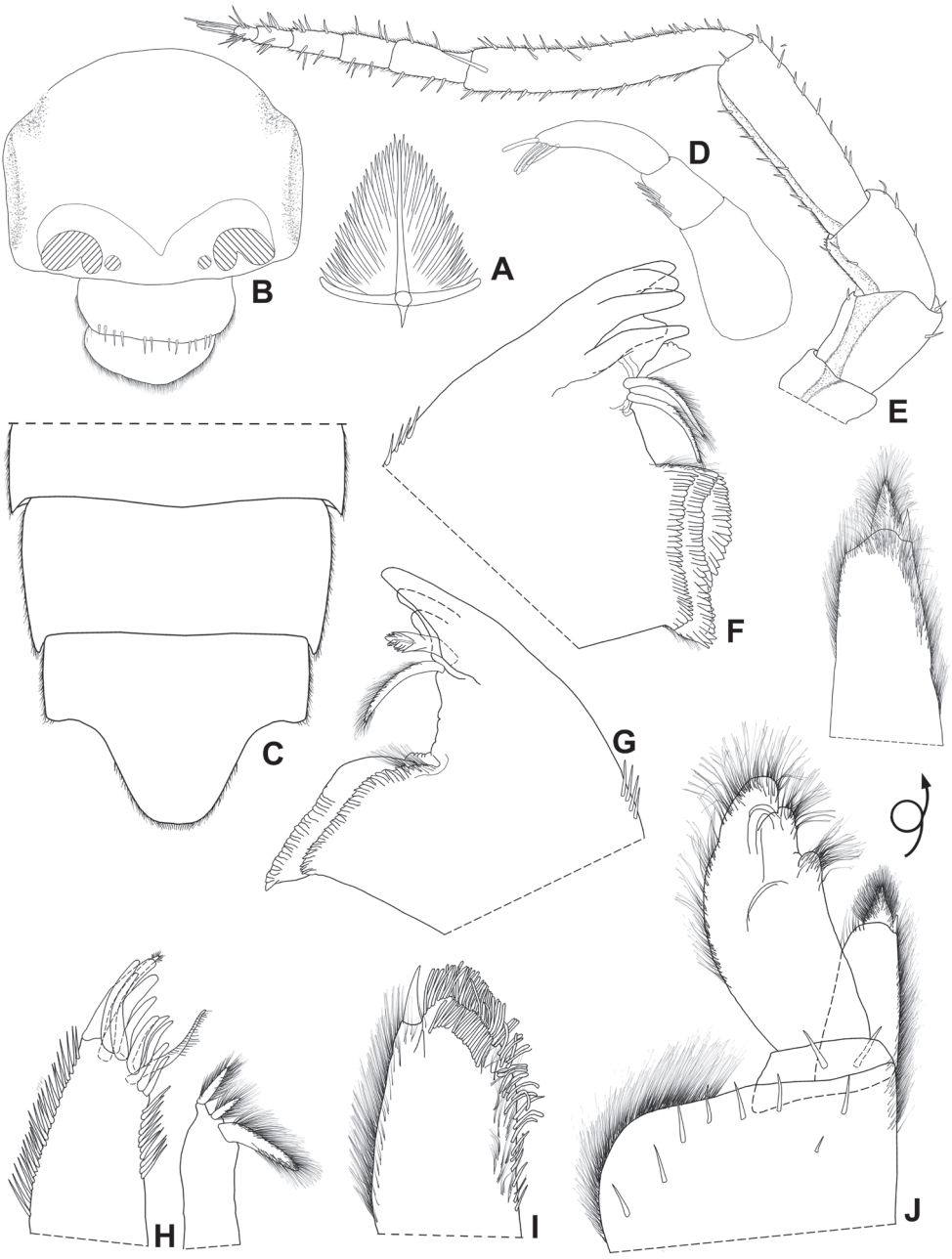


Figure 9. *Xangoniscus loboi* sp. nov. Male **A** dorsal scale-seta **B** cephalon, frontal view **C** pleonites 4, 5 and telson **D** antennula **E** antenna **F** left mandible **G** right mandible **H** maxillula **I** maxilla **J** maxilliped.

Ecology and behavior. *Xangoniscus loboi* sp. nov. occurs in a small stream formed by infiltration water in the limestone rock (Fig. 3). The small stream crosses an extension of about 9 m through the cave entrance and the twilight zones, with

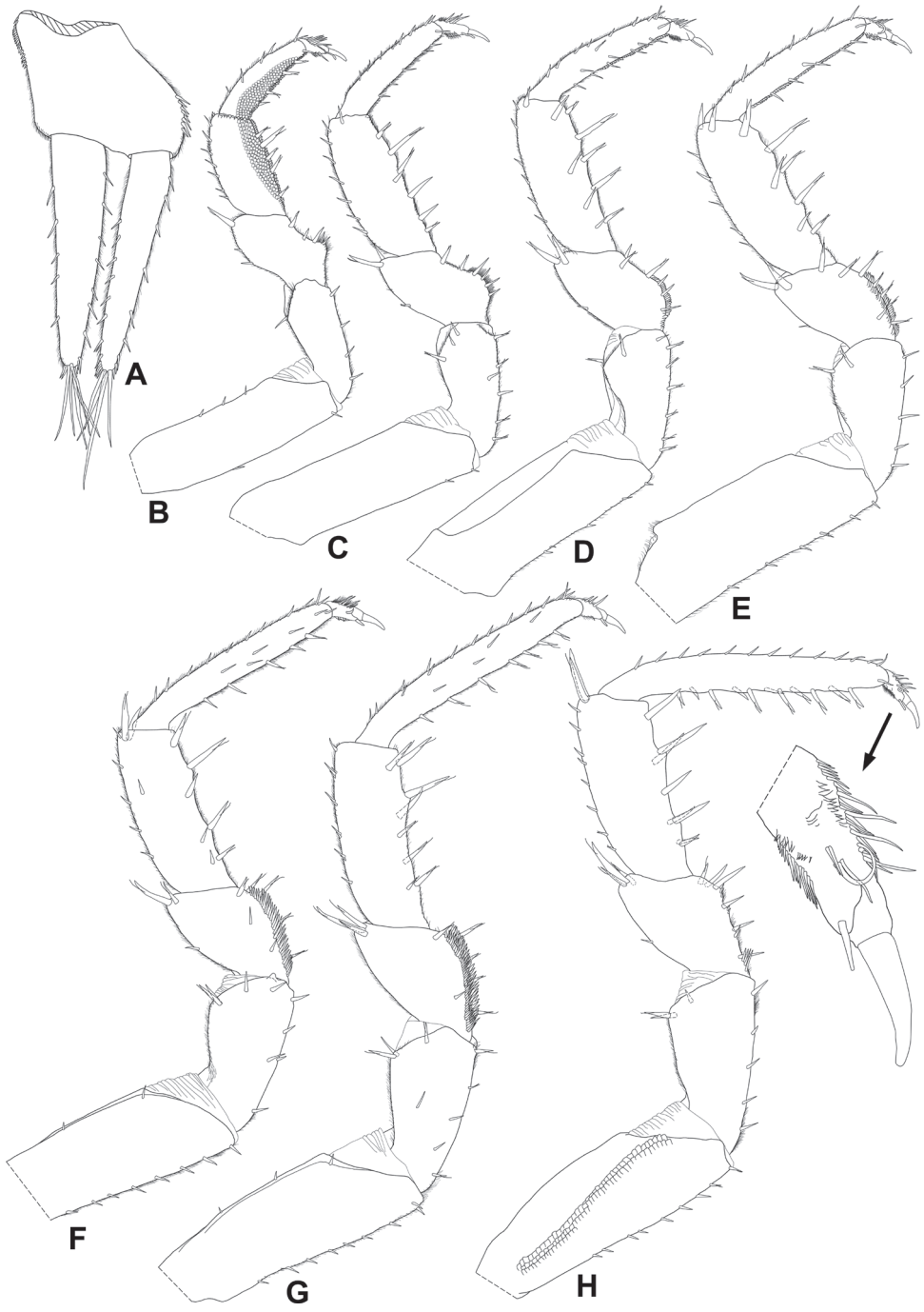


Figure 10. *Xangoniscus loboi* sp. nov. Male **A** uropod **B** pereopod 1 **C** pereopod 2 **D** pereopod 3 **E** pereopod 4 **F** pereopod 5 **G** pereopod 6 **H** pereopod 7.

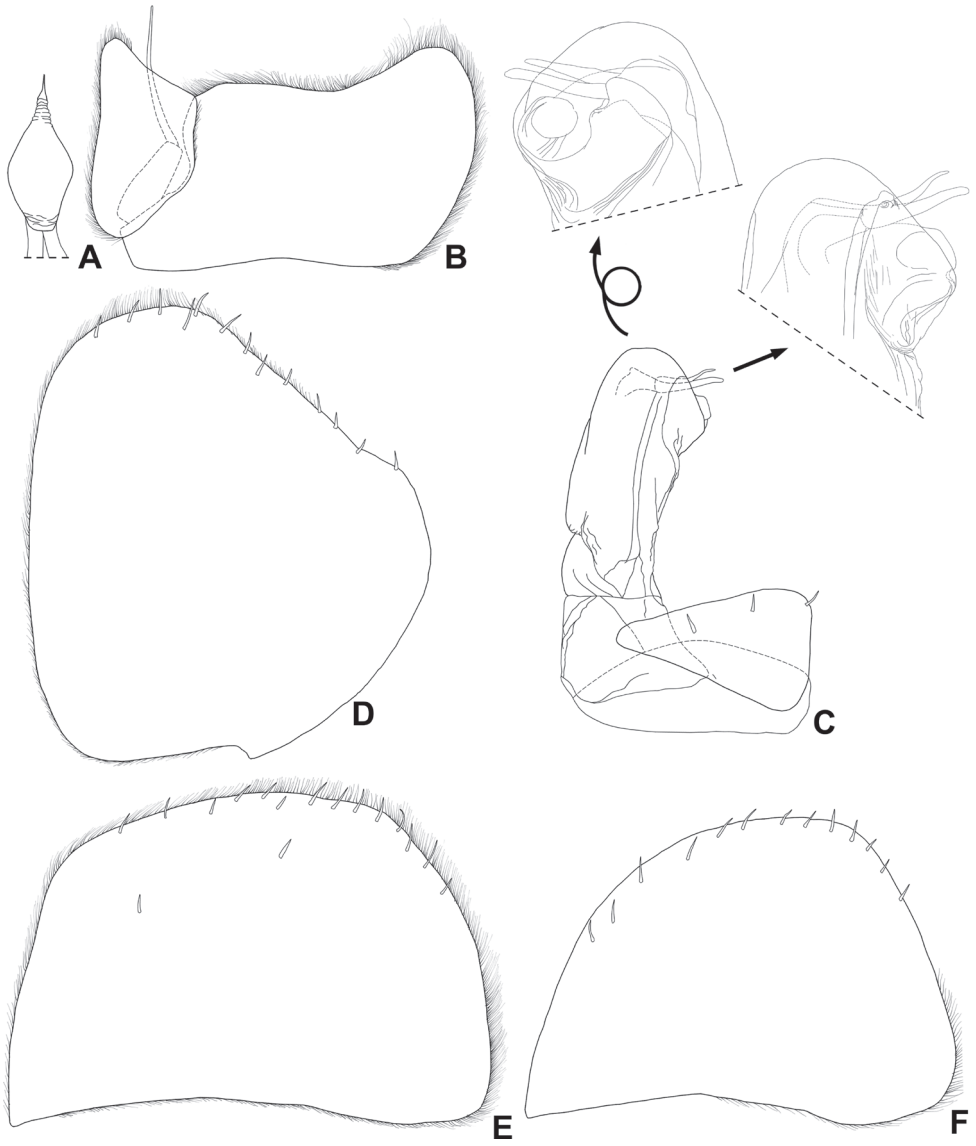


Figure 11. *Xangoniscus loboi* sp. nov. Male **A** genital papilla **B** pleopod 1 **C** Pleopod 2 **D** pleopod 3 exopod **E** pleopod 4 exopod **F** Pleopod 5 exopod.

width varying from 0.2 to 1.2 m and depth from 0.05 to 0.25 m. Along the stream, two small waterfalls (ca. 0.6 m of length) with a rocky substrate were observed. In these stretches, the individuals were seen constantly climbing the substrate (see Supplementary Online Material 2). The bottom of the stream is composed mainly of rocky substrate (concretions and small pebbles), with silt and sand sediment in the bottom, offering rich shelter for the isopods (Fig. 3 C, E–H). The water is clear, with a very slow current. Physicochemical variables are typical of karst aquifers (high

pH values), pH = 8.0–8.5, T = 24.1 °C. A low load of organic and particulate matter was observed in the stream, with some seeds of fruits in the sector close to the cave entrance. The population density in three sectors of the stream were: 54 inds.m^{-2}, 67 inds.m^{-2} and 342 inds.m^{-2}; minimal abundance was 455 individuals in an area of ca. 5.0 m^2. As observed for *X. lapaensis* sp. nov., the locomotor behavior was very particular. *Xangoniscus loboi* sp. nov. shows an efficient walking behavior when submerged (see Supplementary Online Material 3) and climbs vertical stretches (upstream direction) in the stretches with relatively strong water flow. They are clumsy out of water (they do not perform as well as in the submersion behavior), but they adhere very well on dry rock. We also observed copulation: three different couples in reproductive behavior, mated for several minutes (at least 5 min.) (see Supplementary Online Material 4 and 5). Several adults and juvenile individuals were observed along the stream, representing possible recruitment at the end of the dry season. Other interesting behaviors are the indifference to light, even under strong flashlight (ca. 600 lumens), and the interactions among several individuals, touching each other, showing no signs of agonistic behavior. In relation to feeding behavior, some individuals were observed foraging on vegetal debris and seeds (see Supplementary Online Material 6). It appears that *X. loboi* sp. nov. occurs preferentially in microhabitats fed by infiltration water in the limestone. This is very specific and unique, and probably the main habitat of this species is the spaces in rocks filled by water.

Discussion

Both species described herein show the classical signs of troglomorphism (eyes absent and body depigmented), as observed for the other eight valid species of *Xangoniscus*, i.e., *X. aganju*, *X. ceci*, *X. dagua*, *X. ibiracatuensis*, *X. itacarambiensis*, *X. lundi*, *X. odara* and *X. santinhoi*. This could be a pattern for the entire genus, since all species described until now show these same characteristics. Morphological variability in these two characters was not observed for any species of *Xangoniscus*. To date, no *Xangoniscus* species has been recorded outside caves, in the epigean environment, which may denote an ancient isolation of this group.

Morphologically, *X. lapaensis* sp. nov. and *X. aganju* (including specimens from Gruna Chico Pernambuco and Domingão caves, see Campos-Filho et al. 2019) exhibit some level of similarities in the pereopods 5 and 6 of males, e.g., merus and carpus with fringed scales and dense field of thin setae on external margin and carpus distally depressed (see figures of *X. aganju* in Campos-Filho et al. 2014). The complex shape of the distal portion of the male pleopod 2 endopod is quite similar among specimens of *X. aganju* from Gruna do Mandiaçu cave (type locality) and Gruna Chico Pernambuco cave and *X. lapaensis* sp nov. (see figure 13C in Campos-Filho et al. 2014, and figure 7B in Campos-Filho et al. 2019), and specimens of *X. aganju* from Domingão cave and *X. loboi* sp. nov. shares the presence of two transverse processes (see figure 7C in Campos-Filho et al. 2019). Taking into account the geographic distribution of these

species (see Fig. 1) and these morphological characteristics, it is likely that these species represent a species complex. Future phylogenetic analyses potentially will elucidate the hypotheses proposed herein.

The Serra do Ramalho region has been locally exploited historically by agriculture activities and charcoal production on a small scale. At a broader scale, mining projects and large agriculture production along the boundaries of the region pose future threats (Gallão & Bichuette, 2018) (Fig. 1C, D). To date, no effective law guarantees protection of the caves in the region. However, both Gruna Boca da Lapa and Gruna da Pingueira II caves are type-localities of endemic and probably rare troglobites, classifying these caves as maximum relevance *sensu* Brazilian legislation (BRASIL 2008). However, this action likely will not be sufficient, because protection is restricted to a small portion of an extensive massif. The creation of a conservation unit for the entire karst area would probably be the most effective action to ensure the preservation of the biological and speleological heritage of the Serra do Ramalho karst region.

A preliminary evaluation of the conservation status of these species was conducted following the IUCN (International Union of Conservation of Nature) classification. Despite their high population density and abundance, *Xangoniscus lapaensis* sp. nov. and *Xangoniscus loboi* sp. nov. were classified as Critically Endangered (CR) according to the criteria B2ab(iii). Both species are endemic, restricted to their type-locality and found in a specific microhabitat (travertine pools and streams formed by infiltration water). The surrounding areas of the cavities are impacted by deforestation for pastures and the native vegetation is present only at their entrances (Fig. 3A, B). Furthermore, the Gruna Boca da Lapa cave is threatened by uncontrolled tourism. These threats, combined with the impacts mentioned above for the Serra do Ramalho region, justify the conservation status proposed in this evaluation.

Acknowledgements

We thank ICMBio/CECAV (Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade/Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas) for financial support to the project “Estudos para definição de áreas prioritárias para a Conservação de Proteção Espeleológico na Serra do Ramalho – BA”, under execution by the GBPE (Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas), coordinated by Ezio Rubbioli and integrated by MEB and LH; to the members of GBPE, E Rubbioli, F Chaimowicz, A Lobo and R Brandi for all support in the occasion of the discovery of the new species; a special thanks to GBPE for sharing speleological information of Serra do Ramalho karst area with MEB and for all contribution to the knowledge of Brazilian caves; to SISBIO (Sistema de Autorização Informação em Biodiversidade) for collection permit to MEB (28992); to Vicerrectoría de Investigaciones of the University of Cartagena for the financial support to the Grupo de Investigación en Biología Descriptiva y Aplicada (Project Redes de Investigación Científica, Acta de Compromiso N° 017–2020); to CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento

de Pessoal de Nível Superior) for financial support to ISC-F during his postdoctoral fellowship (CAPES/PNPD/UFCG/CTRN/PPGRN/201713705) (Finance Code 001); to CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) for productivity fellowship to MEB (310378/2017–6). We would like to thank the anonymous reviewers and editor Dr. ML Niemiller for their critiques and suggestions for the work.

References

Altmann J (1974) Observational study of behavior: Sampling methods. Behaviour 49(3–4): 227–267. https://doi.org/10.1163/156853974X00534

Anderson LE (1954) Hoyer's Solution as a Rapid Permanent Mounting Medium for Bryophytes. The Bryologist 57: e242. https://doi.org/10.2307/3240091

Auler AS, Rubbioli EL, Brandi R (2001) As grandes cavernas do Brasil. Belo Horizonte: Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas.

Bastos-Pereira R, Souza LA, Ferreira RL (2017) A new amphibious troglobitic styloniscid from Brazil (Isopoda, Oniscidea, Synocheta). Zootaxa 4294(2): 292–300. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4294.2.11

Bedek HE, Zimmermann NE, McVicar TR, Vergopolan N, Berg A, Wood EF (2018) Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. Scientific Data 5: e180214. https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214

Bedek HE, Zimmermann NE, McVicar TR, Vergopolan N, Berg A, Wood EF (2020) Publisher Correction: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. Scientific Data 7: e274. https://doi.org/10.1038/s41597-020-00616-w

Belda M, Holtanová E, Halenka T, Kalvová J (2014) Climate classification revisited: from Köppen to Trewartha. Climate Research 59: 1–13. https://doi.org/10.3354/cr01204

BRASIL (2008) Decreto n°6.640, de 7 de novembro de 2008. Dá nova redação aos arts. 1°, 2°, 3°, 4° e 5° e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto no 99.556, de 1° de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6640.htm [accessed 29 September 2021].

Campos-Filho IS, Araujo PB, Bichuette ME, Trajano E, Taiti S (2014) Terrestrial isopods (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) from Brazilian caves. Zoological Journal of the Linnean Society 172(2): 360–425. https://doi.org/10.1111/zoj.12172

Campos-Filho IS, Bichuette ME, Araujo PB, Taiti S (2017b) Description of a new species of *Cylindroniscus* Arcangeli, 1929 (Isopoda: Oniscidea) from Brazil, with considerations on the family placement of the genus. North-Western Journal of Zoology 13(2): e161305. https://biozoojournals.ro/nwjz/content/v13n2/nwjz_e161305_Campos.pdf [accessed 21 September 2021].

Campos-Filho IS, Bichuette ME, Montesanto G, Araujo PB, Taiti S (2017a) The first troglobiotic species of the family Pudeoniscidae (Crustacea, Isopoda, Oniscidea), with descriptions of a new genus and two new species. Subterranean Biology 23: 69–84. https://doi.org/10.3897/subtbiol.23.20963

Campos-Filho IS, Bichuette ME, Taiti S (2016) Three new species of terrestrial isopods (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) from Brazilian caves. Nauplius 24: 1–19. https://doi.org/10.1590/2358-2936e2016001

Campos-Filho IS, Cardoso GM, Aguiar JO (2018) Catalogue of terrestrial isopods (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) from Brazil: an update with some considerations. Nauplius 26: e2018038. https://doi.org/10.1590/2358-2936e2018038

Campos-Filho IS, Fernandes CS, Cardoso GM, Bichuette ME, Aguiar JO, Taiti S (2019) Two new species and new records of terrestrial isopods (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) from Brazilian caves. Zootaxa 4564(2): 422–448. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4564.2.6

Campos-Filho IS, Fernandes CS, Cardoso GM, Bichuette ME, Aguiar JO, Taiti S (2020) New species and new records of terrestrial isopods (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) of the families Philosciidae and Scleropactidae from Brazilian caves. European Journal of Taxonomy 606: 1–38. https://doi.org/10.5852/ejt.2020.606

Campos-Filho IS, Mise KM, Sessegolo GC (2015b) A new species of *Trichorhina* Budde-Lund, 1908 (Isopoda: Oniscidea: Platyarthridae) from Paraná caves, southern Brazil. Nauplius 23: 112–119. https://doi.org/10.1590/S0104-64972015002324

Campos-Filho IS, Taiti S (2021) Oniscidea taxonomy: present and future. Abstract book of the 11th International Symposium on Terrestrial Isopod Biology, "Facets of terrestrial isopod biology". Ghent, Spinicornis, 9pp. https://spinicornis.be/istib2021/presentations/

Campos-Filho IS, Taiti S, Araujo PB (2015a) Taxonomic revision of the genus *Benthana* BuddeLund, 1908 (Isopoda: Oniscidea: Philosciidae). Zootaxa 4022(1): 1–73. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4022.1.1

Cardoso GM, Bastos-Pereira R, Souza LA, Ferreira RL (2020a) New troglobitic species of *Xangoniscus* (Isopoda: Styloniscidae) from Brazil, with notes on their habitats and threats. Zootaxa 4819(1): 084–108. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4819.1.4

Cardoso GM, Bastos-Pereira R, Souza LA, Ferreira RL (2020b) New cave species of *Pectenoniscus* Andersson, 1960 (Isopoda: Oniscidea: Styloniscidae) and an identification key for the genus. Nauplius 28: e2020039. https://doi.org/10.1590/2358-2936e2020039

Cardoso GM, Bastos-Pereira R, Souza LA, Ferreira RL (2021) *Chaimowiczia*: a new Iuiuniscinae genus from Brazil (Oniscidea, Synocheta, Styloniscidae) with the description of two new troglobitic species. Subterranean Biology 39: 45–62. https://doi.org/10.3897/subtbiol.39.65305

Dimitriou AC, Taiti S, Sfenthourakis S (2019) Genetic evidence against monophyly of Oniscidea implies a need to revise scenarios for the origin of terrestrial isopods. Nature Scientific Reports 9: e18508. https://doi.org/10.1038/s41598-019-55071-4

Fernandes CS, Batalha MA, Bichuette ME (2016) Does the cave environment reduce functional diversity? PLoS ONE 11(3): e0151958. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151958

Fernandes CS, Campos-Filho IS, Araujo PB, Bichuette ME (2019) Synopsis of terrestrial isopods (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) from Brazilian caves, with emphasis on new records from north, midwest, northeast and southeast regions. Journal of Natural History 53(17–18): 1095–1129. https://doi.org/10.1080/00222933.2019.1634225

Fernandes CS, Campos-Filho IS, Bichuette ME (2018) *Cylindroniscus platoi* (Isopoda: Oniscidea: Styloniscidae), a new cave-dwelling species from Lagoa Santa Karst, Southeasthern Brazil. Zootaxa 4461 (3): 411–420. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4464.3.6

Gallão JE, Bichuette ME (2018) Brazilian obligatory subterranean fauna and threats to the hypogean environment. Zookeys 746: 1–23. https://doi.org/10.3897/zookeys.746.15140

Hornung E (2011) Evolutionary adaptation of oniscidean isopods to terrestrial life: structure, physiology and behavior. Terrestrial Arthropod Reviews 4: 95–130. https://doi.org/10.1163/187498311X576262

Javidkar M, Cooper SJB, King RA, Humphreys WF, Austin A (2015) Molecular phylogenetic analyses reveal a new southern hemisphere oniscidean family (Crustacea: Isopoda) with a unique water transport system. Invertebrate Systematics 29: 554–577. https://doi.org/10.1071/IS15010

Javidkar M, King RA, Cooper SJB, Humphreys WF, Austin A (2017) Taxonomy of *Paraplatyarthrus* Javidkar and King (Isopoda: Oniscidea: Paraplatyarthridae) with description of five new species from Western Australia, and comments on Australian *Trichorhina* Budde-Lunde, 1908 (Platyarthridae). Zootaxa 4243(3): 401–431. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4243.3.1

Martin P, Bateson P (2007) Measuring Behaviour: An Introductory Guide. New York: Cambridge University Press, 246 pp. https://doi.org/10.1017/CBO9780511810893

Montesanto G (2015) A fast GNU method to draw accurate scientific illustrations for taxonomy. ZooKeys 515: 191–206. https://doi.org/10.3897/zookeys.515.9459

Montesanto G (2016) Drawing setae: a GNU way for digital scientific illustrations. Nauplius 24: e2016017. https://doi.org/10.1590/2358-2936e2016017

Richardson A, Araujo PB (2015) Lifestyles of terrestrial crustaceans. In: Thiel M, Watling L (Eds) The Natural History of the Crustacea. Lifestyles and Feeding Biology. Oxford, UK: Oxford University Press, 299–336.

Rubbioli E, Auler A, Menin D, Brandi R (2019) Cavernas-Atlas do Brasil Subterrâneo. Brasília, DF: ICMBio.

Schmalfuss H (2003) World catalog of terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea). Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie A 654: 1–341.

Sfenthourakis S, Taiti S (2015) Patterns of taxonomic diversity among terrestrial isopods. ZooKeys 515: 13–25. https://doi.org/10.3897/zookeys.515.9332

Souza LA, Araújo JP, Campos-Filho IS (2011) The genus *Trichorhina* Budde-Lund in Brazil, with description of seven new species (Isopoda, Oniscidea, Platyarthridae). Iheringia Zoologia 101: 239–261. http://doi:10.1590/S0073-47212011000200012

Souza LA, Ferreira RL, Senna AR (2015) Amphibious shelter-builder Oniscidea species from the New World with description of a new subfamily, a new genus and a new species from Brazilian Cave (Isopoda, Synocheta, Styloniscidae). PLoS ONE 10(5): 1–18. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115021

Taiti S (2004) Crustacea: Isopoda: Oniscidea (woodlice). In: Gunn J (Ed.) Encyclopedia of caves and karst science. New York: Taylor and Francis Group, 547–551.

Taiti S (2018) Biologia e biogeografia degli isopodi terrestri (Crustacea, Isopoda, Oniscidea). Atti dell'Accademia nazionale italiana di Entomologia 65: 83–90.

Vandel A (1952) Les trichoniscides (crustaces – isopodes) de l'hemisphere austral. Memoires du Museum National d'Histoire Naturelle, Serie A 6: 1–116.

WoRMS – World Register of Marine Species (2021) Oniscidea. http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=146505 [Accessed on 30 August 2021].

Supplementary online material

1. Video on YouTube. *Xangoniscus lapaensis* sp. nov. locomotor behavior in the Gruna da Lapa. https://www.youtube.com/watch?v=jFZXOb7BAdg
2. Video on YouTube. *Xangoniscus loboi* sp. nov. moving against the water flow in a small waterfall. https://www.youtube.com/watch?v=ZOwsvT_9gjA
3. Video on YouTube. *Xangoniscus loboi* sp. nov. locomotor behavior in a travertine pool on Gruna da Pingueira II. https://www.youtube.com/watch?v=iuGvySw4SV0
4. Video on YouTube. *Xangoniscus loboi* sp. nov., copula. https://www.youtube.com/watch?v=u2_AK_PfMHs
5. Video on YouTube. *Xangoniscus loboi* sp. nov., copula. https://www.youtube.com/watch?v=yL1PVQHz7OY
6. Video on YouTube. *Xangoniscus loboi* sp. nov., foraging and interacting behaviour. A https://www.youtube.com/watch?v=xQxKHrb80kM

zoosystema

2023 • 45 • 19

Shedding light into Brazilian subterranean isopods (Isopoda, Oniscidea): expanding distribution data and describing new taxa

Ivanklin Soares CAMPOS-FILHO, Spyros SFENTHOURAKIS, Jéssica Scaglione GALLO, Jonas Eduardo GALLÃO, Dayana Ferreira TORRES, Amazonas CHAGAS-JR, Lília HORTA, Yesenia Margarita CARPIO-DÍAZ, Carlos Mario LÓPEZ-OROZCO, Ricardo BORJA-ARRIETA , Paula Beatriz ARAUJO, Stefano TAITI & Maria Elina BICHUETTE

art. 45 (19) — Published on 18 October 2023
www.zoosystema.com

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

MUSÉUM NAL HIST NATURELLE

Directeur de la publication / *Publication director*: Gilles Bloch
Président du Muséum national d'Histoire naturelle

Rédactrice en chef / *Editor-in-chief*: Laure Desutter-Grandcolas

Assistante de rédaction / *Assistant editor*: Anne Mabille (zoosyst@mnhn.fr)

Mise en page / *Page layout*: Anne Mabille

Comité scientifique / *Scientific board*:
Nesrine Akkari (Naturhistorisches Museum, Vienne, Autriche)
Maria Marta Cigliano (Museo de La Plata, La Plata, Argentine)
Serge Gofas (Universidad de Málaga, Málaga, Espagne)
Sylvain Hugel (CNRS, Université de Strasbourg, France)
Marco Isaia (Università degli Studi di Torino, Turin, Italie)
Rafael Marquez (CSIC, Madrid, Espagne)
Jose Christopher E. Mendoza (Lee Kong Chian Natural History Museum, Singapour)
Annemarie Ohler (MNHN, Paris, France)
Jean-Yves Rasplus (INRA, Montferrier-sur-Lez, France)
Wanda M. Weiner (Polish Academy of Sciences, Cracovie, Pologne)

Couverture / *Cover*:
Gallery of the Gruna Boca da Lapa cave, State of Bahia, Brazil.

Zoosystema est indexé dans / Zoosystema *is indexed in:*
– Science Citation Index Expanded (SciSearch®)
– ISI Alerting Services®
– Current Contents® / Agriculture, Biology, and Environmental Sciences®
– Scopus®

Zoosystema est distribué en version électronique par / Zoosystema *is distributed electronically by:*
– BioOne® (http://www.bioone.org)

Les articles ainsi que les nouveautés nomenclaturales publiés dans *Zoosystema* sont référencés par / *Articles and nomenclatural novelties published in* Zoosystema *are referenced by:*
– ZooBank® (http://zoobank.org)

Zoosystema est une revue en flux continu publiée par les Publications scientifiques du Muséum, Paris / **Zoosystema** *is a fast track journal published by the Museum Science Press, Paris*

Les Publications scientifiques du Muséum publient aussi / *The Museum Science Press also publish:*
Adansonia, ***Geodiversitas***, ***Anthropozoologica***, ***European Journal of Taxonomy***, ***Naturae***, ***Cryptogamie*** **sous-sections** ***Algologie***, ***Bryologie***, ***Mycologie***, ***Comptes Rendus Palevol***.

Diffusion – Publications scientifiques Muséum national d'Histoire naturelle
CP 41 – 57 rue Cuvier F-75231 Paris cedex 05 (France)
Tél.: 33 (0)1 40 79 48 05 / Fax: 33 (0)1 40 79 38 40
diff.pub@mnhn.fr / https://sciencepress.mnhn.fr

© Publications scientifiques du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 2023
ISSN (imprimé / *print*): 1280-9551/ ISSN (électronique / *electronic*): 1638-9387

Shedding light into Brazilian subterranean isopods (Isopoda, Oniscidea): expanding distribution data and describing new taxa

Ivanklin Soares CAMPOS-FILHO
Spyros SFENTHOURAKIS
Biodiversity and ecology laboratory, Department of Biological Sciences,
University of Cyprus, Lefkosia (Nicosia) (Cyprus)
ivanklin.filho@gmail.com, isoare01@ucy.ac.cy (corresponding author)

Jéssica Scaglione GALLO
Jonas Eduardo GALLÃO
Dayana Ferreira TORRES
Laboratório de Estudos Subterrâneos, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo (Brazil)
and Instituto Brasileiro de Estudos Subterrâneos, São Paulo (Brazil)

Amazonas CHAGAS-JR
Departamento de Biologia e Zoologia, Universidade Federal de Mato Grosso,
Instituto de Biociências, Cuiabá, Mato Grosso (Brazil)

Lília HORTA
Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, Belo Horizonte, Minas Gerais (Brazil)

Yesenia Margarita CARPIO-DÍAZ
Carlos Mario LÓPEZ-OROZCO
Ricardo BORJA-ARRIETA
Grupo de Investigación en Biología Descriptiva y Aplicada, Programa de Biología,
Universidad de Cartagena, Campus San Pablo, Cartagena de Indias (Colombia)

Paula Beatriz ARAUJO
Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Porto Alegre, Rio Grande do Sul (Brazil)

Stefano TAITI
Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri, Consiglio Nazionale delle Ricerche,
Sesto Fiorentino, Firenze (Italy)
and Museo di Storia Naturale, Sezione di Zoologia “La Specola”, Firenze (Italy)

Maria Elina BICHUETTE
Laboratório de Estudos Subterrâneos, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo (Brazil)
and Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, Belo Horizonte, Minas Gerais (Brazil)
and Instituto Brasileiro de Estudos Subterrâneos, São Paulo (Brazil)

Submitted on 27 September 2022 | Accepted on 24 April 2023 | Published on 18 October 2023

urn:lsid:zoobank.org:pub:49E49578-3EC4-4088-B17E-E3387C70C247

Campos-Filho I. S., Sfenthourakis S., Gallo J. S., Gallão J. E., Torres D. F., Chagas-Jr A., Horta L., Carpio-Díaz Y. M., López-Orozco C. M., Borja-Arrieta R., Araujo P. B., Taiti S. & Bichuette M. E. 2023. — Shedding light into Brazilian subterranean isopods (Isopoda, Oniscidea): expanding distribution data and describing new taxa. *Zoosystema* 45 (19): 531-599. https://doi.org/10.5252/zoosystema2023v45a19. http://zoosystema.com/45/19

ABSTRACT
Fourteen species of terrestrial isopods (Oniscidea) from Brazilian karstic regions are described as new, i.e., *Novamundoniscus mandacaru* Campos-Filho, Araujo & Bichuette, n. sp. (Dubioniscidae), *Diploexochus exu* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp., *Gabunillo enfurnado* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp., *Venezillo moreirai* Campos-Filho, Carpio-Díaz & Bichuette, n. sp., *V. garimpeiro* Campos-Filho, Borja-Arrieta & Bichuette, n. sp., *V. dioi* Campos-Filho, Araujo & Taiti, n. sp., *V. limai* Campos-Filho, Carpio-Díaz & López-Orozco, n. sp., and *V. muriloi* Campos-Filho, Sfenthourakis & Taiti, n. sp. (Armadillidae) from the state of Bahia; *N. canopus* Campos-Filho, Gallo & Gallão, n. sp. from the state of Goiás, *Caraiboscia jabutiensis* Campos-Filho, Taiti & Bichuette, n. sp. (Philosciidae), *Circoniscus caeruleus* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp. (Scleropactidae), *Trichorhina amplitelson* Campos-Filho, Carpio-Díaz & Borja-Arrieta, n. sp. (Platyarthridae), and *N. kayabi* Campos-Filho, Sfenthourakis & Araujo, n. sp. from the state of Mato Grosso; and *Diploexochus carrapicho* Campos-Filho, López-Orozco & Taiti, n. sp. from the state of Mato Grosso do Sul. In addition, knowledge on the distribution of *Benthana olfersii* (Brandt, 1833), *B. taeniata* Araujo & Buckup, 1994 (Philosciidae), *Ctenorillo ferrarai* Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2014, *Cubaris murina* Brandt, 1833 (Armadillidae), and *Porcellionides pruinosus* Brandt, 1833 (Porcellionidae) is expanded. Distribution maps, characterization of the caves where the species were collected, and subterranean remarks are given.

KEY WORDS
Cave Oniscidea,
Neotropical region,
calcareous rocks,
troglobitic,
troglophilic,
new species.

RÉSUMÉ
Mise en lumière des isopodes souterrains brésiliens (Isopoda, Oniscidea) : élargissement des données de distribution et description de nouveaux taxons.
Quatorze espèces d'isopodes terrestres (Oniscidea) des régions karstiques brésiliennes sont décrites comme nouvelles, i.e., *Novamundoniscus mandacaru* Campos-Filho, Araujo & Bichuette, n. sp. (Dubioniscidae), *Diploexochus exu* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp, *Gabunillo enfurnado* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp., *Venezillo moreirai* Campos-Filho, Carpio-Díaz & Bichuette, n. sp., *V. garimpeiro* Campos-Filho, Borja-Arrieta & Bichuette, n. sp., *V. dioi* Campos-Filho, Araujo & Taiti, n. sp., *V. limai* Campos-Filho, Carpio-Díaz & López-Orozco, n. sp. et *V. muriloi* Campos-Filho, Sfenthourakis & Taiti, n. sp. (Armadillidae) de l'État de Bahia ; *N. canopus* Campos-Filho, Gallo & Gallão, n. sp. de l'État de Goiás, *Caraiboscia jabutiensis* Campos-Filho, Taiti & Bichuette, n. sp. (Philosciidae), *Circoniscus caeruleus* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp. (Scleropactidae), *Trichorhina amplitelson* Campos-Filho, Carpio-Díaz & Borja-Arrieta, n. sp. (Platyarthridae), et *N. kayabi* Campos-Filho, Sfenthourakis & Araujo, n. sp. de l'État du Mato Grosso, et *Diploexochus carrapicho* Campos-Filho, López-Orozco & Taiti, n. sp. de l'État du Mato Grosso do Sul. En outre, les connaissances sur la distribution de *Benthana olfersii* (Brandt, 1833), *B. taeniata* Araujo & Buckup, 1994 (Philosciidae), *Ctenorillo ferrarai* Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2014, *Cubaris murina* Brandt, 1833 (Armadillidae), et *Porcellionides pruinosus* Brandt, 1833 (Porcellionidae) sont élargies. Des cartes de distribution, la caractérisation des grottes où les espèces ont été collectées et des remarques sur le milieu souterrain sont données.

MOTS CLÉS
Oniscidea des cavernes,
région néotropicale,
roches calcaires,
troglobie,
troglophile,
nouvelles espèces.

INTRODUCTION

Terrestrial isopods (Oniscidea) comprise about 4000 species distributed in more than 500 genera and 38 or 39 families (Sfenthourakis & Taiti 2015; Dimitriou *et al.* 2019; Campos-Filho & Taiti 2021). Recently, molecular evidence contradicts the relationships of the genus *Ligia* Fabricius, 1798 (Ligiidae) with all other groups of Oniscidea, raising the discussion of the possibility of multiple invasions of the terrestrial environment (Dimitriou *et al.* 2019).

The Oniscidea occur in almost all terrestrial habitats around the globe, including caves (Schmalfuss 2003). In the last years, our knowledge on the diversity of Oniscidea from subterranean environments has increased considerably (e.g. Bedek *et al.* 2011, 2019; Taiti 2014; Reboleira *et al.* 2015; Kashani *et al.* 2016; Campos-Filho *et al.* 2019, 2020, 2022a; Cardoso *et al.* 2020a, b; Bastos-Pereira *et al.* 2017, 2022; Taiti & Montesanto 2018, 2020; Taiti *et al.* 2018; Taiti & Cardoso 2020). The diversity of terrestrial isopods in subterranean environments is closely related to favourable habitat conditions, such as high humidity, the occurrence of substrate heterogeneity, and a variety of microhabitats (Fernandes *et al.* 2016, 2019; Reboleira *et al.* 2022).

In Brazil, more than 220 species of Oniscidea are known, of which 79 were recorded in caves. Among them, 38 are considered troglobites (obligatory cave-dwellers) and several are troglophiles (facultative cave-dwellers) (Trajano & Carvalho 2017; Campos-Filho *et al.* 2018a, 2019, 2020, 2022a, b, c; Fernandez *et al.* 2019; Cardoso *et al.* 2020a, 2020b, 2021, 2022a, 2022b, 2023; Bastos-Pereira *et al.* 2022). However, for some Oniscidea taxa, these subterranean categories were not properly assigned due to the lack of efficient sampling outside caves. As mentioned in Campos-Filho *et al.* (2014),

endogean species, which generally occur in deep soil layers outside caves, can exhibit typical troglomorphic characters, such as the lack or reduction of body pigments and ommatidia.

After examining a large collection of terrestrial isopods from several calcareous caves and iron ore massifs along the Brazilian states of Bahia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Sergipe, and São Paulo, 19 species in 11 genera (seven families) were recognized, of which 14 are considered new to the Science. Moreover, distribution maps and subterranean classification are provided.

MATERIAL AND METHODS

Taxonomy

Specimens were collected by hand with the aid of tweezers and brushes and stored in 70% or absolute ethanol. Information about caves (entrance, twilight, or aphotic zones) and environmental variables (temperature and relative air humidity) were also recorded. Descriptions are based on morphological characters after micropreparations in Hoyer's medium (Anderson 1954). For already described species, the synonym list includes the original description and subsequent records from Brazilian caves. For each new species, type material, etymology, description, and remarks are given. The classification of respiratory structures follows Paoli *et al.* (2002). The habitus images were taken with the stereomicroscope model Zeiss Discovery V.12 with an adapted camera Zeiss AxioCam Erc5s. The photographs were prepared with Adobe Photoshop CC Lite (v. 17.1.1). The appendages were illustrated with the aid of a camera lucida mounted on a CH2 Olympus microscope. The final illustrations were prepared using the software GIMP (v. 2.8) with the method proposed by Montesanto (2015, 2016). A map with the caves where all species occur, as well as hydrological attributes and human pressures due to economic activities in the region, are presented. The distribution map was constructed with QGIS software (v. 3.18.1) and edited with PowerPoint Microsoft 365 (v. 2108).

Material is deposited in the scientific collection of the Laboratório de Estudos Subterrâneos (LES), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brazil (curator: Maria E. Bichuette).

Study areas

João Rodrigues river karst system, Bambuí geomorphological group

The João Rodrigues River karst system comprises the Phanerozoic sedimentary covers of the Urucuia Group, which overlaps with the Neoproterozoic metasedimentary rocks of the Bambuí geomorphological group, represented by São Desidério and Serra da Mamona formations (Fig. 1A) (Rubbioli *et al.* 2019). The climate is hot (Caw) with a dry and cold season from May to September, and a hot and rainy season from October to April with a temperature average between 20°C and 26°C (Köppen 1948). The dominant vegetation is Cerrado (savanna-like biome), with transitions of Caatinga, rapidly replaced with monocultures or pastures to support beef cattle raising (Galvão *et al.* 2012). In addition, mineral exploration, mostly limestone extraction, constitutes an activity with great potential for intensification and expansion (Galvão *et al.* 2012). Therefore, the River João Rodrigues karst system can be considered threatened due to its proximity to urban areas, road traffic lines construction, and pollution of subterranean drainage (Gallão & Bichuette 2018).

Serra do Ramalho karst area, Bambuí geomorphological group

The Serra do Ramalho karst area, in the southwestern state of Bahia, Brazil, comprises the municipalities of Coribe, Feira da Mata, Carinhanha, and Serra do Ramalho. This area is on the left bank of the middle São Francisco River basin, being dominated by a plateau formed by carbonatic rocks belonging to the Bambuí geomorphological group, with a high number of caves mostly without legal protection (Figs 1B; 3B, C; 5A, D) (Rubbioli *et al.* 2019). The climate is tropical dry, characterized by a dry winter with annual precipitation of about 640 mm (Köppen 1948). The region main biome is Caatinga, composed of mesophytic and xeromorphic forests interspersed with Cerrado (Bichuette & Rizzato 2012).

São Domingos karst area, Bambuí geomorphological group

The São Domingos karst area is considered one of the most important speleological regions of Brazil. It has a high concentration of caves with huge sizes, and rich ornamentation with speleothems (Figs 1C; 4B). It consists of a mountain range, namely Serra do Calcário, oriented north-south, parallel to the sandstone scarp of Serra Geral. Large springs originate from the sandstone mountain range and after few kilometers, disappear into the limestone creating large cave systems (Rubbioli *et al.* 2019).

The region is inserted in the Cerrado Domain (Ab'Saber 2007), with the dry season between March and September, sometimes extending until October (Köppen 1948). The rainfall pattern is marked by floods from October to March, which bring large amounts of organic matter inside caves (Bichuette *et al.* 2019).

The Terra Ronca State Park (PETeR) (in Portuguese, Parque Estadual de Terra Ronca) extends in this karst area; it comprises about 57 000 ha, in the municipalities of São Domingos and Guarani de Goiás, state of Goiás. The park was created on July 7th, 1989 (Brazilian Law No. 10 879), and delimited by the Brazilian Decrees 4,700/1996 and 7,996/2013. Most caves in the park are legally protected, but some river springs on the Serra Geral plateau are still unprotected and threatened by deforestation for agricultural use.

Mambaí and Posse karst area, Bambuí geomorphological group

The Mambaí and Posse karst region is located in the northwestern state of Goiás, comprising the municipalities of Mambaí, Posse, and Nova Roma. The caves of this region have drainage systems along their extensions, and Mambaí hosts the most extensive cave, Gruna da Tarimba cave, with approximately 10.5 km (Rubbioli *et al.* 2019). This area is on the left margin of the Rio Paranã, which is part of the upper Rio Tocantins basin in the Cerrado, characterized by a tropical semi-humid climate with 4-5 dry months throughout the year (Nimer 1979).

Açungui geomorphological group
The Açungui geomorphological group extends from the south of the state of São Paulo to the north of the state of Paraná (Fig. 1D). It comprises the metamorphic limestone and dolomite rocks dated about 600 Mya, and it can be divided into Capiru, Votuverava, and Antinha formations, the last one concentrating most of the calcareous rocks (Rubbioli *et al.* 2019). The group is located in the Chacoan subregion, in all provinces of the Paraná domain (see Morrone *et al.* 2022). According to Köppen's criteria, the region has a subtropical humid climate, with rainfall occurring throughout the year and an average annual rainfall of about 4000 mm (Köppen 1948). The coldest season occurs from April to August with an average temperature of 18°C and precipitation above 100 mm, while the hottest and wettest season occurs from September to March, with temperatures of the hottest month of about 28°C and precipitation above 250 mm (Köppen 1948).

In this region are also included the Caverna do Diabo State Park (PECD) (in Portuguese, Parque Estadual da Caverna do Diabo), in the municipalities of Barra do Turvo, Cajati, Eldorado, and Iporanga, and the Intervales State Park (PEI) (in Portuguese, Parque Estadual de Intervales), in the municipalities of Guapiara, Eldorado Paulista, Iporanga, Ribeirão Grande, and Sete Barras. Both parks have a remarkable potential for tourism, including their caves (Fig. 2B).

Iraquara karst area, Una geomorphological group
The Iraquara karst area, located in the central part of the state of Bahia, comprises the calcareous rocks of the Salitre formation on the southern end of the Irecê Basin. This karst area is surrounded by quartzitic and sandstone mountains that canalize the subterranean waters to a southward flow, which favors the development of large meandering caves on the left side of the Rio Preto River and important labyrinthic caves on the right side (Figs 1E; 5B) (Rubbioli *et al.* 2019).

The main caves in the area are in the Lapa Doce cave system, composed of two large caves, Lapa Doce I with about 9 km of upstream extension, and Lapa Doce II with about 16 km of downstream extension. The latter is the fourth most extensive cave in the country (Rubbioli *et al.* 2019). Both caves are in the Environmental Protection area of Marimbus-Iraquara, and only part of Lapa Doce I is open for tourism. The region faces threats related to plantations, the use of pesticides, which causes soil and aquifers pollution, and the expansion of water exploration by the uncontrolled installation of artesian wells.

Ituaçu karst area, Una geomorphological group
The Ituaçu karst area is in the central part of the state of Bahia, on the Serra do Sincorá domain at the meridional part of the Chapada Diamantina plateau (Figs 1F; 4C). It is inserted in the Una geomorphological group and comprises the calcareous rocks of the Salitre formation, with limestone and dolomites intercalated with quartzites basins from the Espinhaço supergroup (Rubbioli *et al.* 2019).

The region is located in the Caatinga domain with an annual average temperature of 25.6°C, and annual precipitation varying from 232 to 1588 mm, with the rainy season from November to January and the dry season from June to August (Köppen 1948).

The Ituaçu region is under intense pressure by mining activities (Soares *et al.* 2005), with numerous processes for the extraction of limestone and land use activities, such as agriculture and livestock.

Andaraí karst area, Una Geomorphological group
The Andaraí karst area comprises the municipalities of Andaraí, Iramaia, Itaetê, Lajedinho, and Nova Redenção. The region does not have a high concentration of caves, but sparse, isolated ones occur among the relief predominantly covered by a dense layer of soil. The caves have a labyrinthine pattern, comprising large conduits crossing each other according to the angle of the fractures (Fig. 3A) (Rubbioli *et al.* 2019). The area is inserted into the Caatinga domain, with a semi-arid climate (hinterland), average rainfall of less than 800 mm, and an average annual temperature of about 26.5°C (Alvares *et al.* 2014). Many caves in this region are explored by tourists at different levels, and are not protected.

Caatinga formation
The Caatinga Formation occurs in north of the state of Bahia, and is placed among depressed zones within calcareous rocks of the Una geomorphological group (Rubbioli *et al.* 2019). This limestone is predominantly white, deposited in lakes or swamps with layers that are few meters deep (*c.* 10-20 m). Geologically, it is relatively recent, having been formed a few million years ago (Rubbioli *et al.* 2019). The caves are distributed in three regions, namely the Pacui-Abreus, Ourolândia (where a large number of mining companies are concentrated), and Itaguaçu da Bahia. Between the first two regions is located Toca do Gonçalo cave, which is known for its biospeleological richness (Rubbioli *et al.* 2019). The surrounding vegetation cover and climate characteristics follow the Andaraí karst area, mentioned above.

Sergipe Region, Canudos geomorphological supergroup
The Sergipe region comprises limestone rocks from the Sergipe-Alagoas sedimentary basin, represented by the Piaçabuçu, Cotinguiba, and Riachuelo formations, within Canudos geomorphological supergroup (Karmann & Sánchez 1979; Rubbioli *et al.* 2019). The Pedra Branca cave is located in the municipality of Maruim, state of Sergipe, along the rocks of the Riachuelo Formation, dating from Early Cretaceous (approximately 113 Mya). It comprises limestones, dolomites, and basal clastic rocks (Karmann & Sánchez 1979). The Pedra Branca cave extends for some 100 m, and it is heavily impacted by mangroves on the left side of the Sergipe River (Almeida *et al.* 2007). The region shows a tropical coastal climate with a strong rainfall gradient (east to west), ranging from 700 to 1500 mm (Alvares *et al.* 2014).

Corumbá geomorphological group
The Corumbá group comprises limestone and dolomites dated about 660 Mya in the western portion of the state of Mato Grosso do Sul and extending to Bolivia and Paraguay



Fig. 1. — Study area: **A**, outcrops of João Rodrigues River karst system, São Desidério, state of Bahia; **B**, Serra do Ramalho karst area, state of Bahia; **C**, Parque Estadual da Terra Ronca, São Domingos karst area, state of Goiás; **D**, outcrops and rainforest cover, Upper Ribeira karst area, state of São Paulo; **E**, outcrops in the region of Ituaçu, Chapada Diamantina, state of Bahia; **F**, siliciclastic landscape in Lençois region, Chapada Diamantina.



Fig. 2. — Study area: **A**, *Benthana olfersii* (Brandt, 1833), Gruta Água Luminosa cave, Iporanga, state of São Paulo; **B**, Gruta da Tapagem cave, touristic entrance, Eldorado, state of São Paulo; **C**, Toca da Serra Rica, Nobres, state of Mato Grosso; **D**, *Trichorhina amplitelson* Campos-Filho, Carpio-Díaz & Borja-Arrieta, n. sp., Caverna do Jabuti, Curvelância, state of Mato Grosso.

(Rubbioli *et al.* 2019). It consists of a north-south plateau extending for *c.* 200 km, and forming an important water division with an altitude of 800 m. The group is unique in the context of the Brazilian geomorphological shield, as its tectonic activities have been recorded in the Paraguay Belt, and are related to the development of the Cenozoic Pantanal Basin, which is still subsiding (Campanha *et al.* 2011). The rainy season is from November to February, with an annual average precipitation of about 1300 mm, and an average annual temperature of 24°C (Köppen 1948). The vegetation is composed of savanna in contact with semi-deciduous seasonal forest (Boggiani & Clemente 1999).

The Serra da Bodoquena National Park (PNSB) (in Portuguese, Parque Nacional Serra da Bodoquena) has a territorial extension of 76481 ha. The Park was created in 2000, and since its creation, at least four rural settlements were established in the surroundings of the PNSB, where several relevant caves harboring endemic troglobites are located. Currently, livestock is the main economic activity of the region, followed by tourism, including speleotourism, which has increased



Fig. 3. — Study area: **A**, aphotic zone, Poço Azul do Milu cave, Chapada Diamantina; **B**, Gruna Boca da Lapa cave, Feira da Mata, State of Bahia; **C**, gallery of the Gruna Boca da Lapa cave; **D**, *Diploexochus exu* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp., Gruna Boca da Lapa.

the economic importance for the municipalities of Bonito, Bodoquena, and Jardim (Cordeiro *et al.* 2014).

Nobres karst area, Araras geomorphological group

The Araras geomorphological group, dated from the Neoproterozoic, has a predominance of limestone, pelagic sediment, and another layer of dolomitic limestone (Fig. 2C) (Nogueira 2003). It is characterized by a straight strip extending from the Upper Paraguay River banks to the border with Bolivia, cutting the state in the east-west direction, where several calcareous caves are located (Nogueira 2003). The region is inserted into the Cerrado Domain (Ab'Saber 2007) and the climate is tropical, with dry winter from April to August, a rainy period during summer, from December to March, with an average annual precipitation of about 2000 mm, and an average annual temperature from 25 to 30°C (Köppen 1948).



Fig. 4. — Study area: **A**, *Venezillo congener* (Budde-Lund, 1904) from Lapa do Bezerra cave, São Domingos, state of Goiás; **B**, gallery of Lapa do Bezerra; **C**, Lapa do Bode cave, Ituaçu, state of Bahia; **D**, entrance of Gruta do Lapão cave, Lençóis, Chapada Diamantina.

Serra Leste, Rio Novo geomorphological group

The Serra Leste is located in the Rio Novo geomorphological group, on the Carajás formation, state of Pará, and it comprises the granite-greenstone outcrops, i.e., associations of granite-gneissic-migmatitic rocks with metavolcano-sedimentary sequences, with a predominance of metabasic rocks over the iron formations, on mafic-ultramafic and granitoid rocks (João *et al.* 2013).

The region has a humid tropical climate, with a rainy period from November to April and a dry season from June to September, an average annual precipitation over 1 500 mm, and an average annual temperature about 25°C (Köppen 1948). The vegetation is composed of dense rainforest and canga (savanna systems established on ferrous soils). The Serra Leste extends to the west, bordering Serra Pelada and Serra do Sereno, outside Floresta Nacional de Carajás and Parque Nacional dos Campos Ferruginosos. Moreover, Serra Pelada is unprotected by Brazilian laws. To date, iron ore mining is the main threat to the caves of the region.



Fig. 5. — Study area: **A**, Gruna Bem Bom cave, Carinhanha, state of Bahia; **B**, Lapa Doce cave, Iraquara, Chapada Diamantina; **C**, *Porcellionides pruinosus* (Brandt, 1833) foraging on guano, Lapa Doce cave; **D**, cave entrance of Gruna do Govi, Feira da Mata.

Chapada Diamantina Region, Espinhaço geomorphological supergroup

The Gruta do Lapão (Fig. 4D) is located in the municipality of Lençois, northern end of the Chapada Diamantina National Park (PNCD) (in Portuguese, Parque Nacional da Chapada Diamantina), state of Bahia. It stretches for some 1500 m and is one of the most important and imposing touristic caves in the siliciclastic rocks of Brazil. This rock belongs to the Tombador Formation, Chapada Diamantina region (Espinhaço geomorphological supergroup), comprising three rock associations, essentially conglomerate and sandstone, indicating environments of deposition that vary among fluvial, coastal and desert (Rubbioli *et al.* 2019).

The Gruta do Lapão cave is in the geomorphological context of Serra do Sincorá, at the northern end of Serra do Espinhaço, which is a set of mountain ranges with steep walls supported mainly by rocks of the Tombador formation (Pereira *et al.* 2017).

The cave surroundings and interior have a long history of use for mineral extraction, especially diamond mining and speleothem extraction, which permanently alters some of its natural environmental characteristics.

SYSTEMATIC ACCOUNT

Family PHILOSCIIDAE Kinahan, 1857

Genus *Benthana* Budde-Lund, 1908

Philoscia (*Benthana*) Budde-Lund, 1908: 289.

TYPE SPECIES. — *Philoscia picta* Brandt, 1833, by subsequent designation (Van Name 1936) (see Schmidt & Leistikow 2004).

DIAGNOSIS. — See Campos-Filho *et al.* (2015).

Benthana olfersii (Brandt, 1833)
(Figs 2A; 8A)

Philoscia Olfersii Brandt, 1833: 183.

Benthana olfersii – Campos-Filho *et al.* 2018a: 11 (for previous records). — Campos-Filho *et al.* 2020: 17, fig. 14.

MATERIAL EXAMINED. — **Brazil** • 1 ♂ (parts in micropreparations), 1 ♀; Gruta Água Luminosa cave, Iporanga, state of São Paulo; 24°17'8.42"S, 48°21'19.39"W; 831 m a.s.l.; 25.V.2021; M. E. Bichuette, J. E. Gallão, V. F. Sperandei & T. Zepon leg.; LES 27971.

DISTRIBUTION. — Typical in Atlantic Forest areas in the states of Rio de Janeiro and São Paulo (Campos-Filho *et al.* 2015a). In caves, it was recorded from Caverna VL-33, Itabirito, state of Minas Gerais (Campos-Filho *et al.* 2020). The present record extends the knowledge of its distribution for caves in the state of São Paulo, inserted in the Atlantic Forest.

Benthana taeniata Araujo & Buckup, 1994
(Fig. 8A)

Benthana taeniata Araujo & Buckup, 1994: 269, figs 1-13, 28. — Campos-Filho *et al.* 2018a: 11 (for previous records).

Benthana taeiata [sic] – Campos-Filho *et al.* 2020: 18, fig. 14.

MATERIAL EXAMINED. — **Brazil** • 1 ♂; Gruta da Tapagem cave (= Caverna do Diabo), Eldorado, state of São Paulo; 24°38'15.30"S, 48°24'03.30"W; 460 m a.s.l.; 25.III.2021; M. E. Bichuette, J. E. Gallão, V. F. Sperandei & T. Zepon leg.; LES 27972 • 1 ♀; same locality and collectors as previous; 26.III.2021; LES 28044.

DISTRIBUTION. — This species occurs in Atlantic Forest areas from the states of Distrito Federal to the state of Rio Grande do Sul (Campos-Filho *et al.* 2015a). In caves, it is recorded from Gruta Zeferino I cave, São Roque de Minas, state of Minas Gerais, and Ressurgência das Areias de Água Quente and Gruta do Capinzal caves, Iporanga, state of São Paulo (Campos-Filho *et al.* 2020). The present record extends our knowledge on its distribution to the PECD, state of São Paulo. Based on its distribution, the species is considered to be a troglophile.

Genus *Caraiboscia* Vandel, 1968

Caraiboscia Vandel, 1968: 109.

TYPE SPECIES. — *Caraiboscia microphthalma* Vandel, 1968, by monotypy (see Schmidt & Leistikow 2004).

DIAGNOSIS. — Emended after Leistikow (2001a): animals of small size; colorless; dorsal surface bearing fan-shaped or triangular scale-setae; pereonites 1-7 with one line of short *noduli laterales* per side, d/c coordinates almost on same line, b/c coordinates gradually decreasing; cephalon without frontal line and faint suprantennal line, eyes with 3-4 ommatidia, absent in endogean or troglobionts; telson triangular; antennula of three articles, distal article bearing one row of aesthetascs medially; antennal flagellum of three articles, apical organ long; mandibles with molar penicil dichotomized, left mandible with 2+1 penicils, righ mandible with 1+1 penicils; maxillula outer endite with eight teeth, one or two of them cleft at apex; maxilla with setose lobes; maxilliped endite bearing penicil rostrally; pereopod 1 carpus with transverse antennal grooming brush, distal seta cleft at apex, dactylar seta simple or slightly plumose; uropod protopod and exopod grooved on outer margin, endopod inserted proximally; genital papilla with truncate terminal spatula surpassing ventral shield; pleopod exopods without respiratory areas.

REMARKS
The genus *Caraiboscia* was erected by Vandel (1968) to include the new species *C. microphthalma* from Guadalupe Island, Caribbean Sea. Leistikow (2001a) re-described the species, but misinterpreted its country of origin as Equador, probably due to the title of Vandel's work. Schmalfuss (2003), considering Leistikow's work, repeated the mistake. The genus *Caraiboscia* shows affinities with the new genus *Nesophiloscia* from Galapagos Islands, erected in the same work by Vandel (1968).

To date, the genus comprises only two species, *C. microphthalma* and *C. christiani* Leistikow, 2001 from Península di Paria, Venezuela (Schmalfuss 2003), and it shows close phylogenetical relationships with *Colombophiloscia* Vandel, 1981 (Leistikow 2001b).

Caraiboscia jabutiensis
Campos-Filho, Taiti & Bichuette, n. sp.
(Figs 6; 7; 8B)

urn:lsid:zoobank.org:act:6624633A-A478-4C60-B44A-422EE464D4AF

TYPE MATERIAL. — **Holotype. Brazil** • ♂; Caverna do Jabuti, Curvelândia, state of Mato Grosso; 15°33'56.1"S, 57°59'20.04"W; 324 m a.s.l.; 29.IX.2017; J. E. Gallão, A. Chagas-Jr & R. Machado leg.; LES 27985.
Paratypes. Brazil • 1 ♂ (parts in micropreparations), 2 ♀ (one with parts in micropreparations); same data as holotype; LES 27986.

ETYMOLOGY. — The new species name refers to the locality where specimens were collected: Caverna do Jabuti.

DESCRIPTION
Maximum body length: ♂ 3 mm, ♀ 4 mm. Body pigments and eyes absent; cephalon with yellowish spots of muscle insertions. Body (Fig. 6A) with lateral sides almost parallel. Dorsal surface of cephalon and pereonites 1-3 slightly granulate, 4-7 only on posterior portion. Dorsal scale-setae triangular (Fig. 6B). *Noduli laterales* d/c and b/c coordinates as in Figure 6C and D, respectively. Cephalon (Fig. 6E, F) with lateral lobes triangular, slightly developed, suprantennal line faintly visible and bent down in middle. Pereonite 1 epimera with anterior corners slightly directed frontwards; pereonites 1-4 with posterior margins straight, 5-7 gradually arched

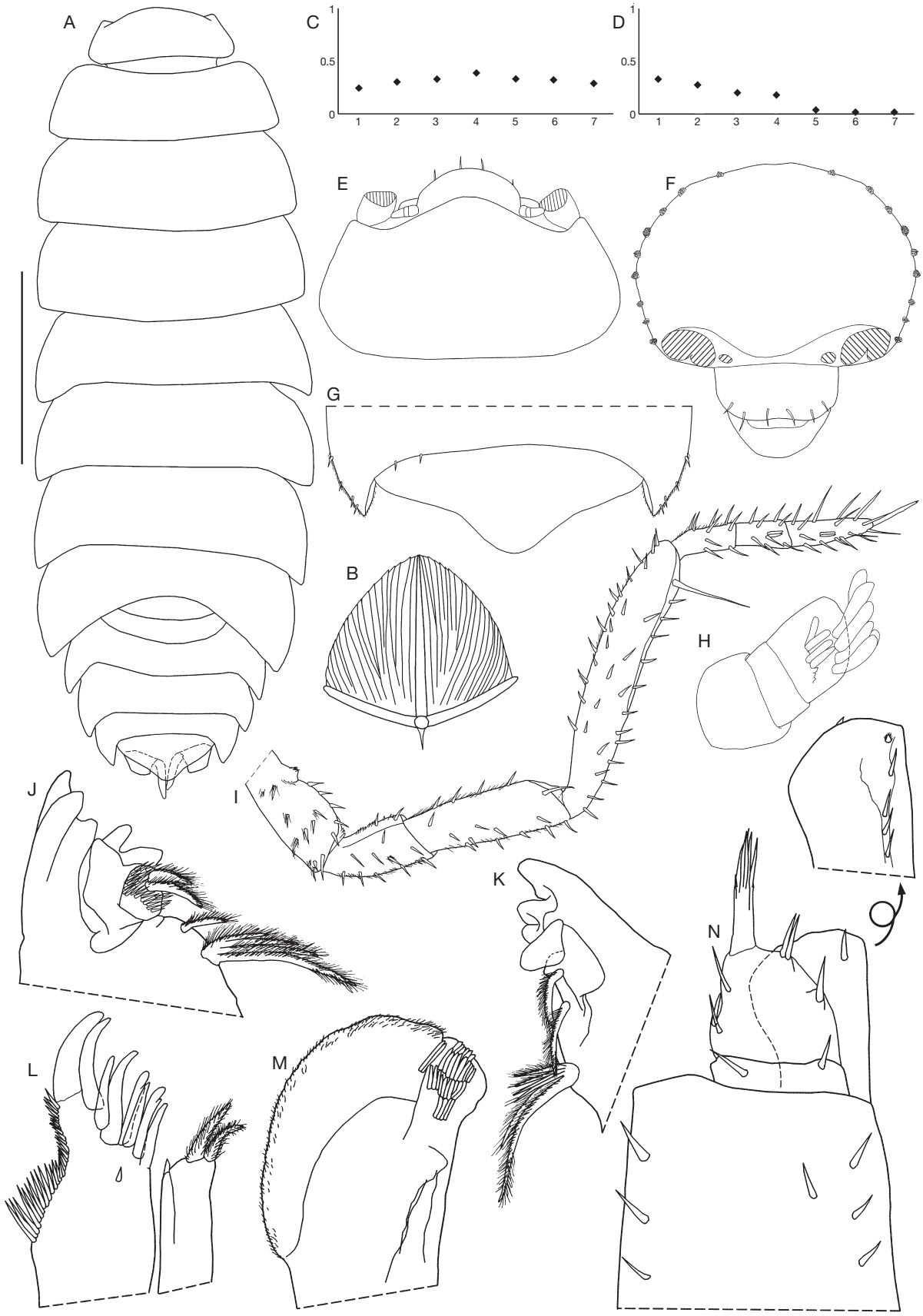


FIG. 6. — *Caraiboscia jabutiensis* Campos-Filho, Taiti & Bichuette, n. sp., female paratype, LES 27986: **A**, dorsal habitus; **B**, scale-seta; **C**, *noduli laterales* d/c coordinates; **D**, *noduli laterales* b/c coordinates; **E**, cephalon, dorsal view; **F**, cephalon, frontal view; **G**, pleonite 5 and telson; **H**, antennula; **I**, antenna; **J**, left mandible; **K**, right mandible; **L**, maxillula; **M**, maxilla; **N**, maxilliped. Scale bar: A, 1 mm.

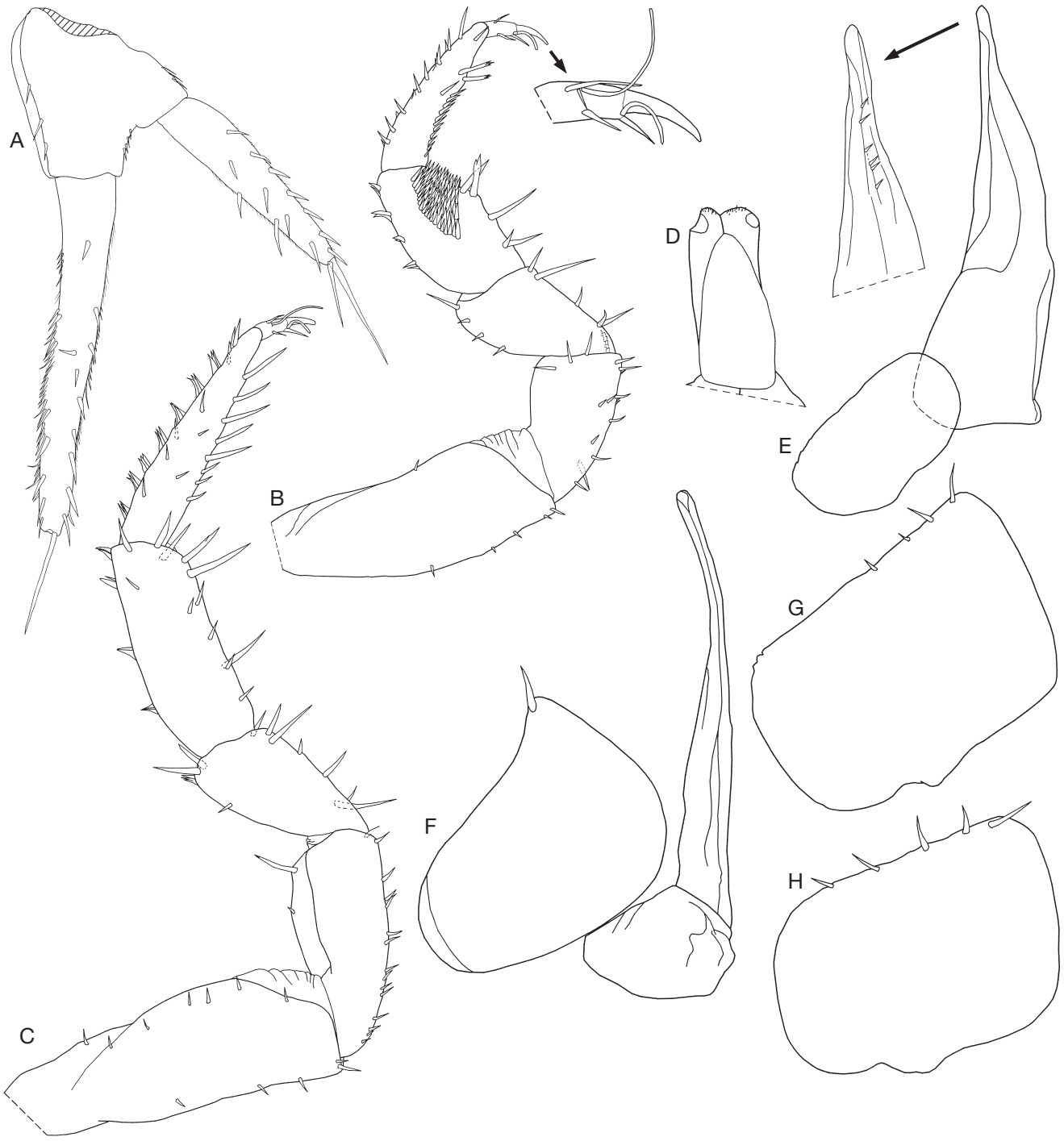


Fig. 7. — *Caraiboscia jabutiensis* Campos-Filho, Taiti & Bichuette, n. sp., **A**, female paratype, LES 27986: uropod; **B**-**H**, male paratype, LES 27986: pereopod 1 (**B**); pereopod 7 (**C**); genital papila (**D**); pleopod 1 (**E**); pleopod 2 (**F**); pleopod 3 exopod (**G**); pleopod 4 exopod (**H**).

(Fig. 6A). Pleon (Fig. 6A, G) slightly narrower than pereon, epimera of pleonites 3-5 short and directed backwards; telson about twice as wide as long, lateral margins slightly concave, and rounded apex. Antennula (Fig. 6H) with proximal and distal articles similar in length, distal article bearing one row of four stout aesthetascs medially plus 5-6 apically. Antenna (Fig. 6I) reaching pereonite 2 when extended backwards; flagellum first and second articles subequal in length, third article longest, second and third articles bearing two aesthetascs, apical bearing two short free sensilla. Mandibles (Fig. 6J, K) with dense cushion of setae on incisor process, molar penicil of five branches. Maxillula (Fig. 6L) inner endite with two apical penicils plus outer tip; outer endite with 4 + 4 teeth, inner set with two teeth apically cleft. Maxilla (Fig. 6M) inner lobe rounded, covered with thick setae; outer lobe rounded, three times as wide as inner lobe, covered with thin setae. Maxil-

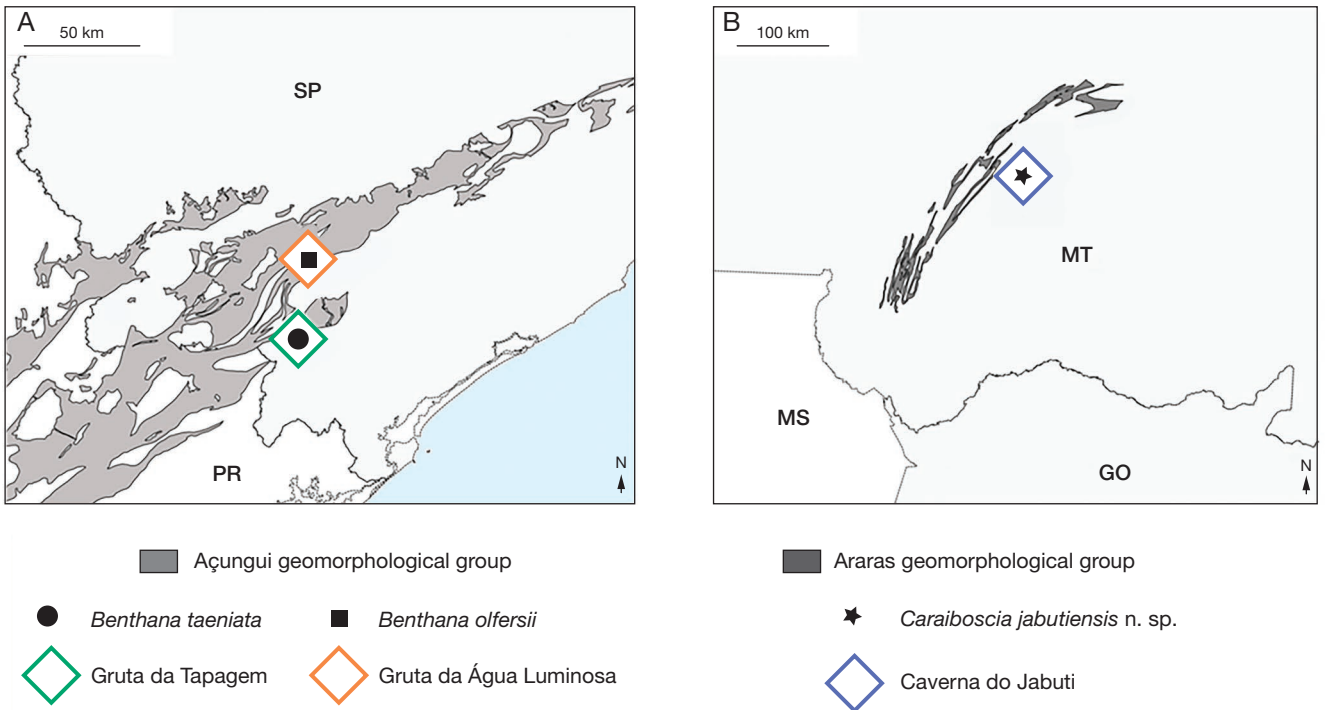


FIG. 8. — Distribution map of the Philosciidae representatives: **A**, *Benthana olfersii* (Brandt, 1833) and *B. taeniana* Araujo & Buckup, 1994; **B**, *Caraiboscia jabutiensis* Campos-Filho, Taiti & Bichuette, n. sp. Abbreviations of states: **GO**, state of Goias; **MS**, state of Mato Grosso do Sul; **MT**, state of Mato Grosso; **PR**, state of Paraná; **SP**, state of São Paulo.

liped (Fig. 6N) palp with two setae on proximal article; endite subrectangular, medial seta not surpassing distal margin, distal margin rounded. Pereopod 1-7 merus to propodus bearing sparse setae on sternal margin, pereopod 1 carpus with short transverse antennal grooming brush and distal seta hand-like; dactylus of two claws, inner claw shorter, dactylar and ungual setae simple, not surpassing outer claw. Uropod (Fig. 7A) protopod subquadrangular; exopod twice as long as endopod.

Male

Pereopods 1 and 7 without sexual dimorphism (Fig. 7B, C). Genital papilla (Fig. 7D) bearing triangular ventral shield, papilla with two subapical orifices. Pleopod 1 (Fig. 7E) exopod subquadrangular; endopod with distal portion straight and bearing small setae on medial margin. Pleopod 2 (Fig. 7F) exopod triangular, outer margin slightly concave bearing one seta; endopod flagelliform, stout, longer than exopod. Pleopod 3 and 4 exopods as in Figure 7G and H, respectively.

REMARKS

Caraiboscia jabutiensis Campos-Filho, Taiti & Bichuette, n. sp. is readily distinguished from its congeners by the absence of eyes and the shape of the male pleopods 1 and 2. Moreover, it differs in having the dorsal scale-setae triangular (vs fan-shaped in all other species), telson with lateral sides slightly concave (vs straight in all other species), antennal flagellum with apical organ slightly shorter than distal article (vs longer in all other species), outer endite of the maxillula with two teeth apically cleft (vs all simple in *C. christiani*; one cleft in *C. microphthalma*), dactylar seta apically simple (vs plumose in all other species), and uropod exopod twice as long as endopod (vs slightly longer in *C. christiani*) (see Vandel 1968; Leistikow 2001a).

The new species is tentatively placed into the genus since it shows most of its diagnostic characters. The absence of eyes and the shape of the male pleopod 1 exopod are considered autapomorphic conditions of the species, probably related to habitat selection and reproductive patterns. Future molecular analyses are needed to confirm the validity of both the genus and all its representatives.

The new species is considered to be a troglobite, and represents the first terrestrial isopod described in hypogenic caves from Brazil. It is the first troglobitic species for the region of Curvelândia and represents the first record of the genus from Brazil, expanding considerably our knowledge of its distribution.

Family DUBIONISCIDAE Schultz, 1995

Genus *Novamundoniscus* Schultz, 1995

Novamundoniscus Schultz, 1995: 406.

TYPE SPECIES. — *Phalloniscus vandeli* Lemos de Castro, 1960, by original designation (see Schmidt & Leistikow 2004).

DIAGNOSIS. — After Schultz (1995): animals of reduced size (2.4-6 mm); dorsal surface smooth covered with fan-shaped scale-setae;

pereonites 1-7 with one line of *noduli laterales* per side, d/c coordinates almost on same line, b/c coordinates gradually decreasing; glandular pores sparse along lateral margins of pereonites, pleonites 3-5, and uropod protopod and exopod (visible under high magnification); cephalon with lateral lobes well-developed, suprantennal line present, frontal line absent; eyes of 5-15 ommatidia (sometimes absent); pleon outline continuous with that of pereonite 7; telson triangular; antennula of three articles, distal article bearing aesthetascs in lateral rows; antennal flagellum of three articles, apical organ short; mandibles with molar penicil dicothomized, left mandible with 2+1 penicils, right mandible with 1+1 penicils; maxillula outer endite of 4+3-5 teeth, inner set of teeth apically simple and/or cleft; maxilla bilobate; maxilliped endite without ornamentation; pereopod 1 carpus with transverse antenna-grooming brush, distal seta apically double-fringed; pleopod exopods without respiratory areas; male endopod 1 with distal half tapering.

Novamundoniscus kayabi
Campos-Filho, Sfenthourakis & Araujo, n. sp.
(Figs 9; 10; 15)

urn:lsid:zoobank.org:act:4004BBE7-3C96-4502-BCB3-C45999E6C65F

TYPE MATERIAL. — **Holotype. Brazil** • ♂ (parts in micropreparations); Toca do Sorvete cave, Nobres, state of Mato Grosso; 14°26'40"S, 56°01'27.4"W; 334 m a.s.l.; 06.V.2015; M. E. Bichuette, A. Chagas-Jr & G. A. Nunes leg.; LES 27973.
Paratypes. Brazil • State of Mato Grosso: 1 ♂ (parts in micropreparations), 1 ♀; Gruta da Fazenda Borba cave, Nobres; 14°30'47"S, 58°58'06.2"W; 311 m a.s.l.; 24.IX.2015; M. E. Bichuette, A. Chagas-Jr & D. M. von Schimonsky leg.; LES 27982 • 1 ♂; Toca da Serra Rica cave, Nobres; 14°26'18.3"S, 56°00'25.1"W; 359 m a.s.l.; 04.V.2015; M. E. Bichuette, A. Chagas-Jr & G. A. Nunes leg.; LES 27983 • 1 ♂, 1 ♀ (in micropreparations); Duto do Quebó cave, Nobres; 14°26'45.7"S, 56°01'15.9"W; 330 m a.s.l.; 23.IX.2015; M. E. Bichuette, A. Chagas-Jr & D. M. von Schimonsky leg.; LES 27984.

ETYMOLOGY. — The new species is named in honor of the Kayabí indigenous people (Caiabis in Portuguese). The Kayabis are the biggest native population of the Tupí-Kawahíwa ethnicity inhabiting the state of Mato Grosso.

DESCRIPTION
Maximum body length: ♂ 2.5 mm, ♀ 5 mm. Color light brown with typical muscle spots insertions; distal portion of cephalon, pereonites 1-7, pleonites epimera and telson more pigmented. Body outline as in Figure 9A. Pereonite 1 epimera distinctly directed frontwards but not surpassing cephalon, pereonites 2-7 gradually more arched and directed backwards. Dorsal surface densely covered with fan-shaped scale-setae (Fig. 9B). One line of small piliform *noduli laterales* per side (Fig. 9B); d/c and b/c coordinates as in Figure 9C and D, respectively. Cephalon (Fig. 9E) with rounded lateral lobes, suprantennal line bent down in middle; eyes with 13 ommatidia. Pleonites 3-5 epimera well developed, acute and directed backwards (Fig. 9A). Telson (Fig. 9F) with lateral sides concave, apex rounded. Antennula (Fig. 9G) with proximal and distal articles subequal in length, distal article bearing about eight aesthetascs in three rows plus apical pair. Antenna (Fig. 9H) reaching fourth pereonite when extended backwards; flagellum with first and second articles subequal in length, third article bearing lateral aesthetascs, apical organ bearing two long free sensilla. Mandibles (Fig. 9I, J) with molar penicil of about 11 branches. Maxillula (Fig. 9K) inner endite with two hairy penicils, distal margin rounded; outer endite with 4+4 teeth apically simple, outer margin strongly concave with long setae. Maxilla (Fig. 9L) inner lobe rounded covered with thick setae; outer lobe twice as wide as inner lobe covered with thin setae. Maxilliped (Fig. 9M) palp with proximal article bearing two long setae; endite subrectangular, medial seta surpassing distal margin, distal margin slightly sinuous. Dactylus of two claws subequal in length, dactylar and ungual setae simple, not surpassing outer claw. Uropod (Fig. 10A) protopod subquadrangular, protopod and exopod grooved on outer margin, exopod and endopod similar in length, endopod inserted proximally.

Male
Pereopods 1 and 7 without apparent sexual dimorphism (Fig. 10B, C). Genital papilla (Fig. 10D) with triangular ventral shield, papilla longer than ventral shield bearing two subapical orifices. Pleopod 1 (Fig. 10D) exopod subtriangular, inner margin rounded, outer margin almost straight; endopod more than twice as long as exopod, distal portion tapering, directed downwards, bearing short setae on medial portion. Pleopod 2 (Fig. 10E) exopod triangular, outer margin concave bearing two short setae; endopod distinctly longer than exopod. Pleopod 3 and 4 exopods (Fig. 10F, G) triangular, outer margin almost straight bearing short setae. Pleopod 5 exopod (Fig. 10H) triangular, outer margin convex bearing short setae.

REMARKS
The genus *Novamundoniscus* was erected by Schultz (1995) to allocate the members of *Phalloniscus* Budde-Lund, 1908 recorded from tropical and temperate zones of the Americas. Leistikow & Wägele (1999) mentioned that the ascription of the following species into *Novamundoniscus* is dubious, *Phalloniscus avrilensis* (Van Name, 1940) from Haiti, *P. baldoni* (Arcangeli, 1930) from Costa Rica, *P. barbouri* (Van Name, 1926) from Brazil and Panama, *P. langi* (Van Name, 1936) and *P. pearsei* (Van Name, 1936) from Guiana, *P. loyolai* Zardo, 1989, *P. meridionalis* Araujo & Buckup, 1994, and *P. setosus* Lemos de Castro, 1960 from Brazil.

To date, the genus includes nine species strictly distributed in South America (Vandel 1952; Lemos de Castro 1960; Schultz 1995; Lopes & Araujo 2003; Campos-Filho *et al.* 2018a, b). According to the generic diagnosis proposed here, *Phalloniscus meridionalis* (see Araujo & Buckup 1994) should be placed into *Novamundoniscus*. The remaining species mentioned need to be revised in order to clarify with certainty their taxonomic status.

Novamundoniscus kayabi Campos-Filho, Sfenthourakis & Araujo, n. sp. is similar to *N. macrophthalmus* (Lemos de Castro, 1960) in having the eyes composed of 13 ommatidia; however, it differs in the cephalon with lateral lobes well-developed (vs slightly developed in *N. macrophthalmus*), maxillula outer endite with outer set of teeth simple (vs all

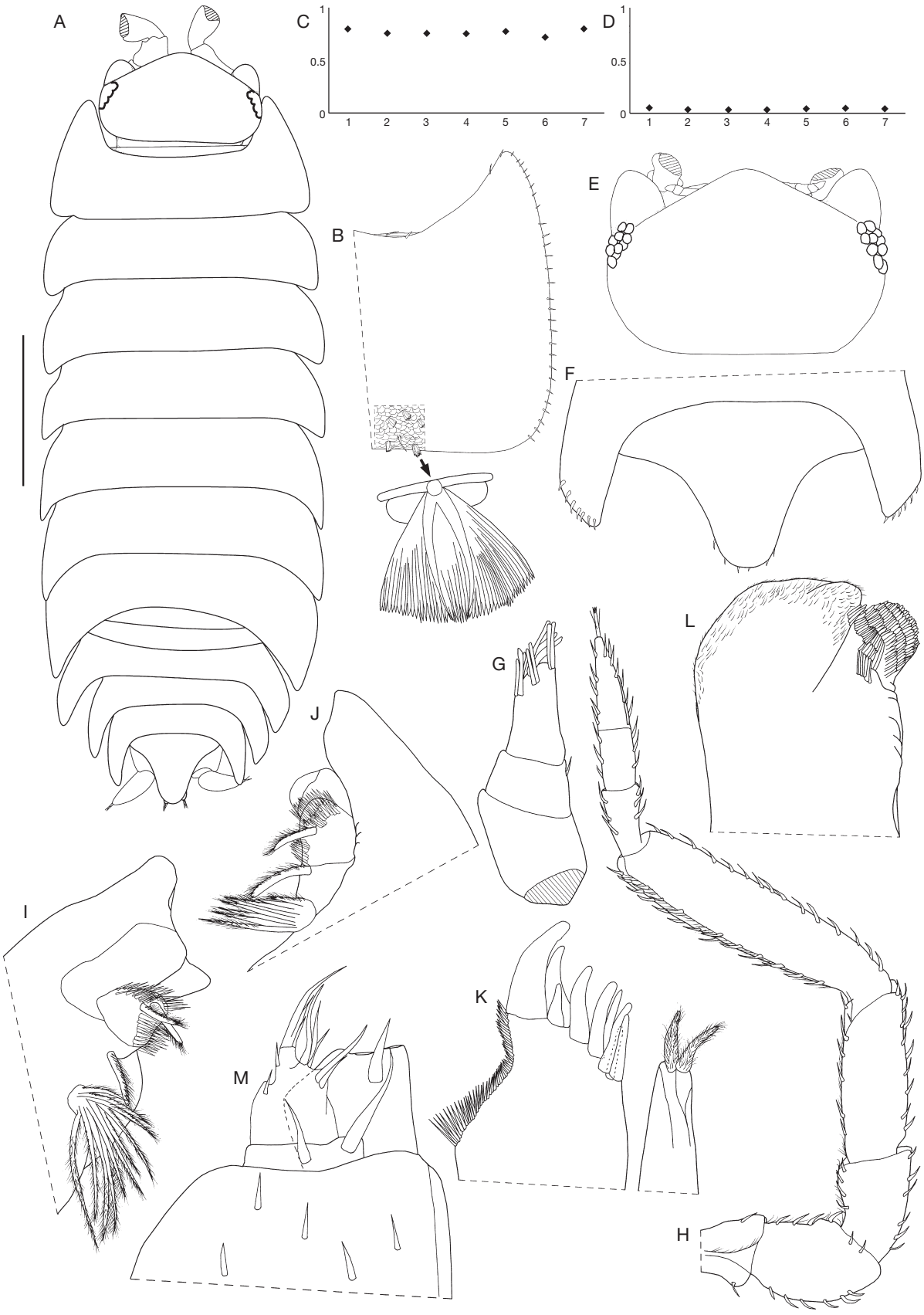


FIG. 9. — *Novamundoniscus kayabi* Campos-Filho, Sfenthourakis & Araujo, n. sp., female paratype, LES 27984: **A**, habitus, dorsal view; **B**, pereonite 1 and scale-seta; **C**, *noduli laterales* d/c coordinates; **D**, *noduli laterales* b/c coordinates; **E**, cephalon, dorsal view; **F**, pleonite 5 and telson; **G**, antennula; **H**, antenna; **I**, left mandible; **J**, right mandible; **K**, maxillula; **L**, maxilla; **M**, maxilliped. Scale bar: A, 1 mm.



Fig. 10. — *Novamundoniscus kayabi* Campos-Filho, Sfenthourakis & Araujo, n. sp., male holotype, LES 27973: **A**, uropod; **B**, pereopod 1; **C**, pereopod 7; **D**, genital papilla and pleopod 1; **E**, pleopod 2; **F**, pleopod 3 exopod; **G**, pleopod 4 exopod; **H**, pleopod 5 exopod.

cleft in *N. macrophthalmus*), and male pleopod 1 exopod subtriangular (vs subquadrangular in *N. macrophthalmus*) (see Lemos de Castro 1960). The color pattern of the body sometimes is not useful to distinguish species, since it can vary according to the available resources. However, *Novamundoniscus kayabi* Campos-Filho, Sfenthourakis & Araujo, n. sp. does not exhibit any particular characteristic, while *N. macrophthalmus* has the pereonite 1, 3-7 strongly pigmented with the pereonite 2 unpigmented, which allows a first morphological characterization.

Novamundoniscus kayabi Campos-Filho, Sfenthourakis & Araujo, n. sp. is considered to be a troglophile, due to the absence of troglomorphic characters and its wide distribution in the region of Nobres.

Novamundoniscus mandacaru
Campos-Filho, Araujo & Bichuette, n. sp.
(Figs 11; 12; 15)

urn:lsid:zoobank.org:act:606E8E10-CBB2-4B05-8AFA-C9F6C3AA902E

TYPE MATERIAL. — **Holotype. Brazil** • ♂ (parts in micropreparations); Gruta do Mandacaru cave, Ituaçu, state of Bahia; 13°50'23.46"S, 41°19'14.52"W; 523 m a.s.l.; 23.II.2019; M. E. Bichuette, D. F. Torres & J. E. Gallão leg.; LES 27994.
Paratype. **Brazil** • 1 ♀ (in micropreparations), 1 juvenile; same data as holotype; LES 27995.

ETYMOLOGY. — The new species is named after the native Brazilian Cactaceae *Cereus jamacaru*, also known as Mandacaru, typical for xeric environments. This name is used also for the locality where the specimens were collected, namely Gruta do Mandacaru.

DESCRIPTION
Maximum body length: ♂ and ♀ 3 mm. Color brown with typical muscle spot insertions; cephalon, pereonites 1-5 posterior portion, pereonites 6 and 7, pleon and telson more pigmented. Body outline as in Figure 11A. Pereonite 1 slightly directed frontwards, not surpassing cephalon, pereonites 2-7 gradually more arched and directed backwards. Dorsal surface densely covered with fan-shaped scale-setae (Fig. 11B). One line of piliform *noduli laterales* per side, longer than scale-setae (Fig. 11B); d/c and b/c coordinates as in Figure 11C and D, respectively. Cephalon (Fig. 11E, F) with rounded lateral lobes, suprantennal line bent down in middle; eyes with 5-6 ommatidia. Pleon slightly narrower than pereon, epimera slightly developed, acute and directed backwards (Fig. 11A). Telson (Fig. 11G) with lateral sides slightly concave, apex right-angled. Antennula (Fig. 11H) distal article longest bearing about seven aesthetascs in two rows plus apical pair. Antenna (Fig. 11I) reaching second pereonite when extended backwards; flagellum with first and second articles subequal in length, third article bearing lateral aesthetascs, apical organ bearing two long free sensilla. Mandibles (Fig. 11J, K) with molar penicil of about five branches. Maxillula (Fig. 11L) inner endite with two hairy penicils, distal margin rounded; outer endite with 4+3 teeth, two apically cleft at apex, outer margin strongly concave equipped with long setae. Maxilla (Fig. 11M) inner lobe rounded covered with thick setae; outer lobe twice as wide as inner lobe covered with thin setae. Maxilliped (Fig. 11N) palp with proximal article bearing two long setae; endite subrectangular, medial seta surpassing distal margin, distal margin sinuous. Dactylus of two claws subequal in length, dactylar and ungual setae simple, not surpassing outer claw. Uropod (Fig. 12A) protopod subquadrangular, protopod and exopod grooved on outer margin, exopod longer than endopod, endopod inserted almost at same level.

Male
Pereopod 7 without apparent sexual dimorphism (Fig. 12B). Genital papilla (Fig. 12C) with triangular ventral shield, papilla longer than ventral shield bearing two subapical orifices. Pleopod 1 (Fig. 12D) exopod subtriangular, slightly longer than wide, inner margin rounded, outer margin slightly concave; endopod stout, longer than exopod, medial portion with lobe, distal portion triangular, directed outwards, bearing short setae on medial margin. Pleopod 2 (Fig. 12E) exopod triangular, outer margin concave bearing four long setae; endopod longer than exopod. Pleopod 3 and 4 exopods (Fig. 12F, G) triangular, outer margin almost straight bearing long setae. Pleopod 5 exopod (Fig. 12H) triangular, outer margin slightly convex bearing long setae.

REMARKS
Novamundoniscus mandacaru Campos-Filho, Araujo & Bichuette, n. sp. is readily distinguished from the congeneric species in the shape of the male pleopod 1.

This species is considered to be a troglophile due to the absence of troglomorphic characters. The cave where the specimens of *N. mandacaru* Campos-Filho, Araujo & Bichuette, n. sp. were collected is inserted in the Caatinga domain (Morrone *et al.* 2022). Probably the species inhabits caves due to their resources and favorable micro-habitat conditions (Fernandes *et al.* 2016, 2019).

Novamundoniscus canopus
Campos-Filho, Gallo & Gallão, n. sp.
(Figs 13-15)

urn:lsid:zoobank.org:act:7042A02A-7E67-4AFC-ABEA-E7F8085C42CB

TYPE MATERIAL. — **Holotype. Brazil** • ♂ (parts in micropreparations); Lapa do São Bernardo cave, Guarani de Goiás, state of Goiás; 13°48'44.9"S, 46°20'59.4"W; 631 m a.s.l.; 19.IV.2021; J. E. Gallão, J. S. Gallo, D. F. Torres & V. F. Sperandei leg.; LES 27996.
Paratype. **Brazil** • 1 ♀ (in micropreparations); same data as holotype; LES 27997.

ETYMOLOGY. — The new species is named after the star Canopus, Carina constellation, southern celestial hemisphere. In navigation systems, this star was used to indicate the position of the South Pole. In the Brazilian national flag, it represents the state of Goiás.

DESCRIPTION
Maximum body length: ♂ 6 mm, ♀ 4.5 mm. Color brown with typical muscle spot insertions; cephalon, antennae, pereonites 1-7 epimera, pleon, telson, and uropods strongly pigmented. Body outline as in Figure 13A. Pereonite 1 slightly directed frontwards, not surpassing cephalon, pereonites 3-7 gradually more arched and directed backwards. Dorsal surface densely covered with fan-shaped scale-setae (Fig. 13B). One line of piliform *noduli laterales* per side, similar in length as scale-setae (Fig. 13B); d/c and b/c coordinates as in Figure 13C and D, respectively. Cephalon (Fig. 13E, F) with triangular lateral lobes, slightly directed outwards,

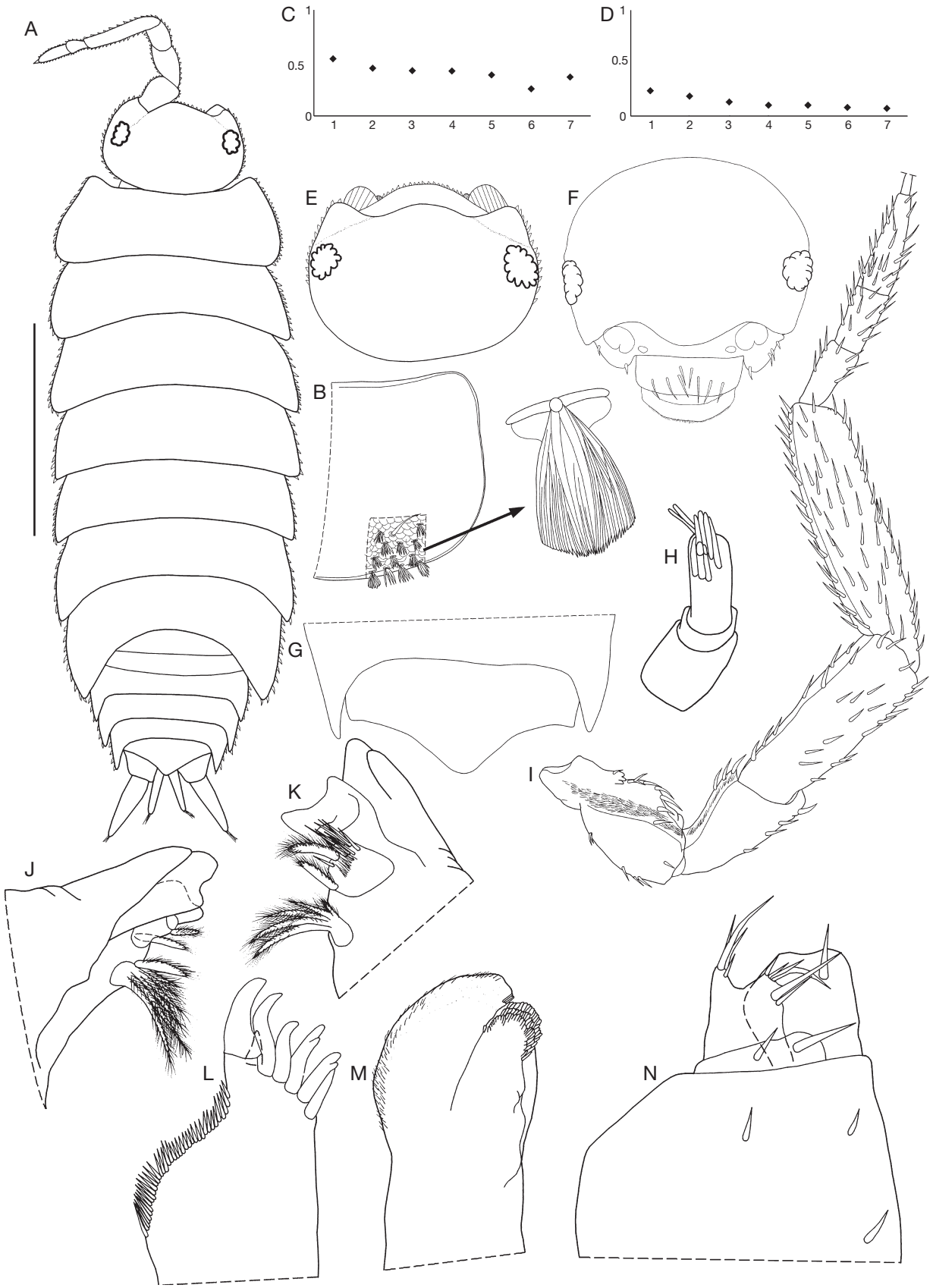


FIG. 11. — *Novamundoniscus mandacaru* Campos-Filho, Araujo & Bichuette, n. sp., female paratype, LES 27995: **A**, dorsal habitus; **B**, pereonite 1 and scale-seta; **C**, *noduli laterales* d/c coordinates; **D**, *noduli laterales* b/c coordinates; **E**, cephalon, dorsal view; **F**, cephalon, frontal view; **G**, pleonite 5 and telson; **H**, antennula; **I**, antenna; **J**, left mandible; **K**, right mandible; **L**, maxillula outer endite; **M**, maxilla; **N**, maxilliped. Scale bar: A, 1 mm.



FIG. 12. — *Novamundoniscus mandacaru* Campos-Filho, Araujo & Bichuette, n. sp.: **A**, female paratype, LES 27995: uropod; **B**-**H**: male holotype, LES 27994: pereopod 7 (**B**); genital papilla (**C**); pleopod 1 (**D**); pleopod 2 (**E**); pleopod 3 exopod (**F**); pleopod 4 exopod (**G**); pleopod 5 exopod (**H**).

suprantennal line bent down in middle; eyes composed of 13-14 ommatidia. Pleon slightly narrower than pereon, epimera developed, acute and directed backwards (Fig. 13A, G). Telson (Fig. 13G) with lateral sides concave, apex acute. Antennula (Fig. 13H) proximal and distal articles similar in length, distal article bearing about 14 aesthetascs in four rows plus apical pair. Antenna (Fig. 13I) reaching third pereonite when extended backward; flagellum with first and second articles subequal in length, second and third articles bearing lateral aesthetascs, apical organ bearing two long free

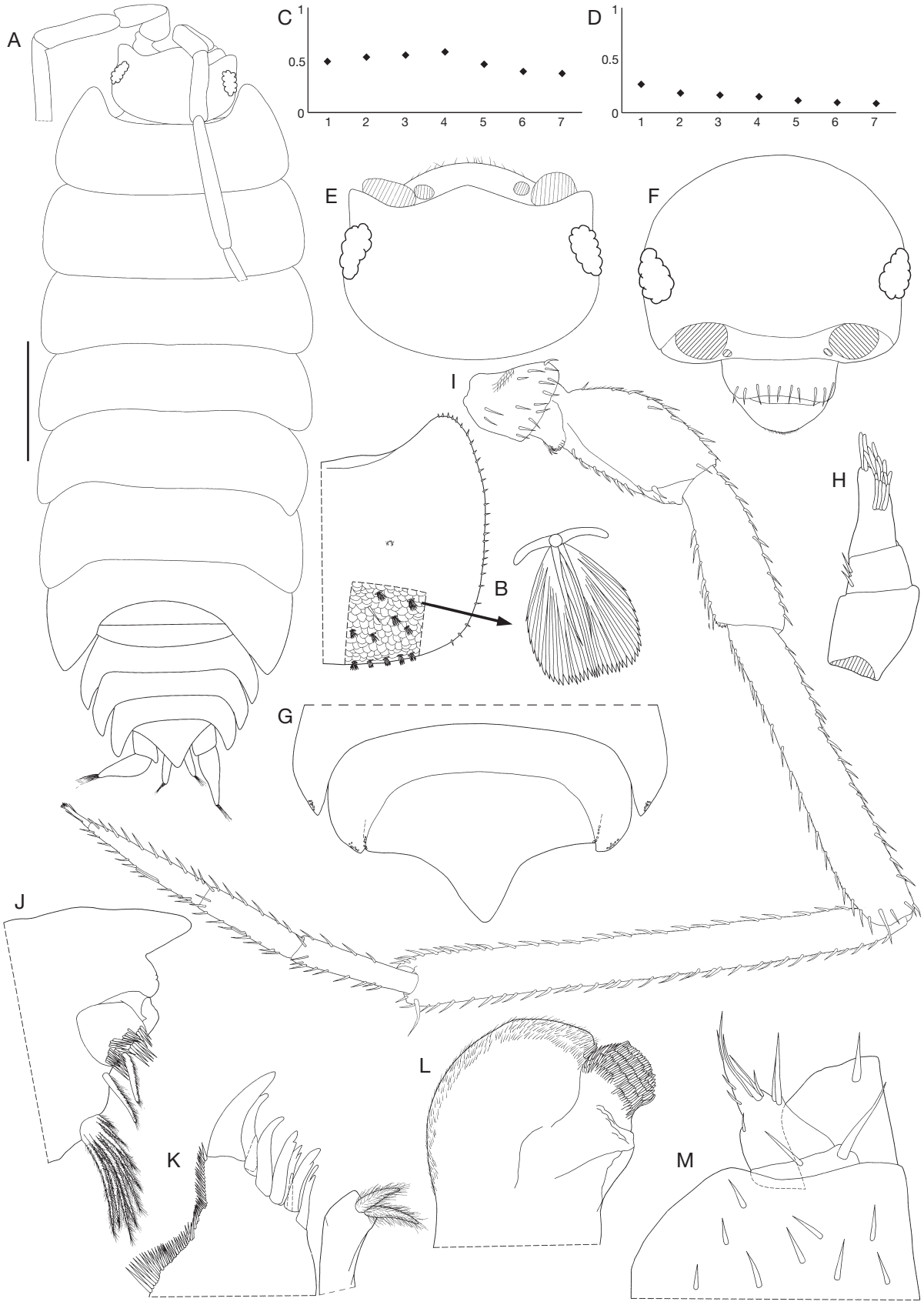


Fig. 13. — *Novamundoniscus canopus* Campos-Filho, Gallo & Gallão, n. sp., female paratype, LES 27996: **A**, dorsal habitus; **B**, pereonite 1 and scale-seta; **C**, *noduli laterales* d/c coordinates; **D**, *noduli laterales* b/c coordinates; **E**, cephalon, dorsal view; **F**, cephalon, frontal view; **G**, pleonites 4 and 5, and telson; **H**, antennula; **I**, antenna; **J**, right mandible; **K**, maxillula; **L**, maxilla; **M**, maxilliped. Scale bar: A, 1 mm.

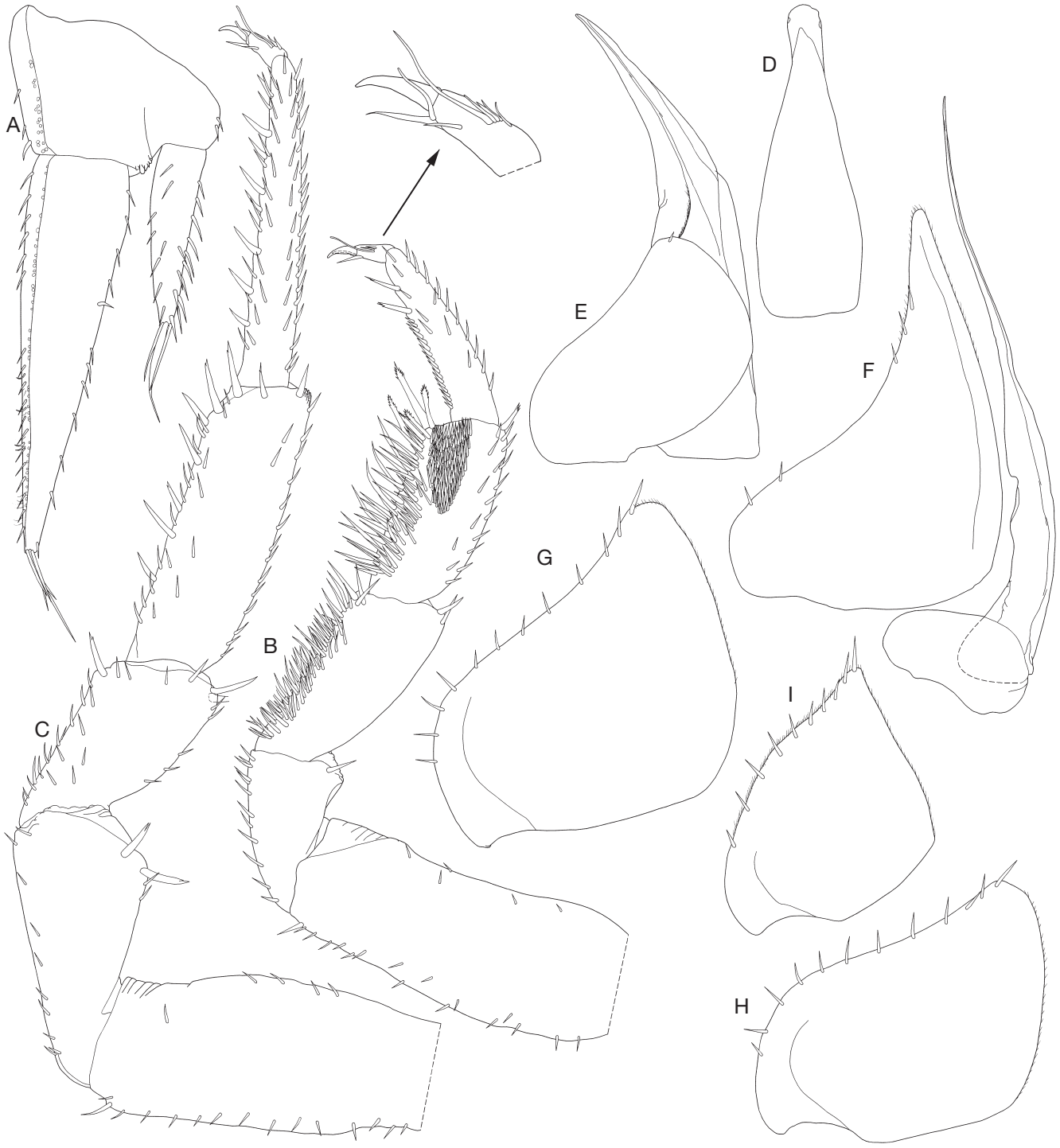


Fig. 14. — *Novamundoniscus canopus* Campos-Filho, Gallo & Gallão, n. sp.: **A**, female paratype, LES 27996: uropod; **B**-**I**, male holotype, LES 27994: pereopod 1 (**B**); pereopod 7 (**C**); genital papila (**D**); pleopod 1 (**E**); pleopod 2 (**F**); pleopod 3 exopod (**G**); pleopod 4 exopod (**H**); pleopod 5 exopod (**I**).

sensilla. Mandibles (Fig. 13J) with molar penicil of about ten branches. Maxillula (Fig. 13K) inner endite with two hairy penicils, distal margin rounded; outer endite with 4+4 teeth, outer set apically cleft, outer margin strongly concave equipped with long setae. Maxilla (Fig. 13L) inner lobe rounded covered with thick setae; outer lobe twice as wide as inner lobe covered with thin setae. Maxilliped (Fig. 13M) palp with proximal article bearing two long setae; endite subrectangular, medial seta surpassing distal margin, distal margin rounded. Dactylus of two claws subequal in length, dactylar and ungual setae simple, not surpassing outer claw. Uropod (Fig. 14A) protopod subquadrangular, protopod and exopod grooved on outer margin, exopod twice as long as endopod, endopod insertion slightly proximal.

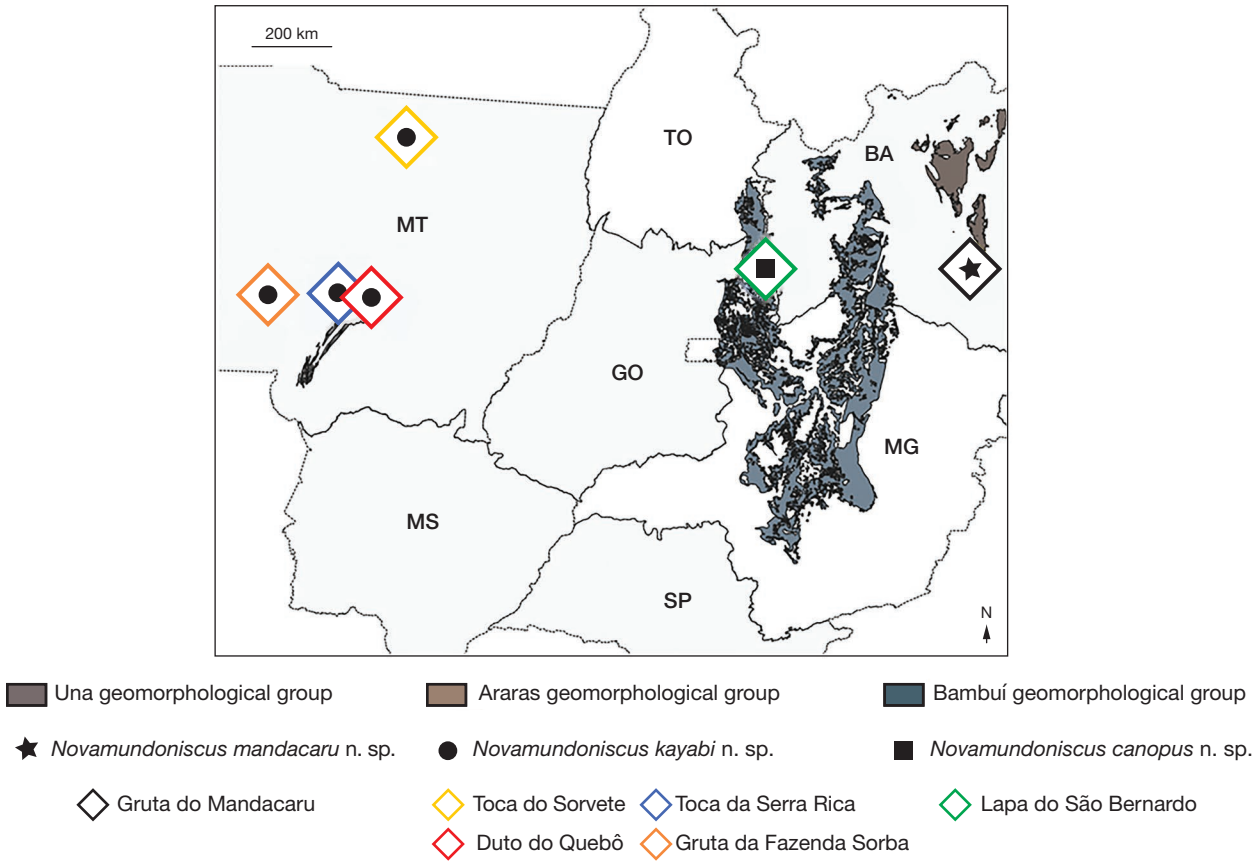


FIG. 15. — Distribution map of the *Novamundoniscus* species: *Novamundoniscus mandacaru* Campos-Filho, Araujo & Bichuette, n. sp., *N. kayabi* Campos-Filho, Sfenthourakis & Araujo, n. sp. and *N. canopus* Campos-Filho, Gallo & Gallão, n. sp. Abbreviations of states: **BA**, Bahia; **GO**, Goias; **MG**, Minas Gerais; **MS**, Mato Grosso do Sul; **MT**, Mato Grosso; **SP**, São Paulo; **TO**, Tocantins.

Male

Pereopods 1-3 merus and carpus bearing dense brush of setae on sternal margin (Fig. 14B). Pereopod 7 without apparent sexual dimorphism (Fig. 14C). Genital papilla (Fig. 14D) with triangular ventral shield, papilla longer than ventral shield bearing two subapical orifices. Pleopod 1 (Fig. 14E) exopod subtriangular, about twice as long as wide, inner margin convex, outer margin slightly concave; endopod more than twice as long as exopod, distal portion tapering, directed outwards. Pleopod 2 (Fig. 14F) exopod triangular, outer margin concave bearing five setae; endopod distinctly longer than exopod. Pleopod 3 and 4 exopods (Fig. 14G, H) triangular, outer margin slightly concave bearing many setae. Pleopod 5 exopod (Fig. 14I) triangular, outer margin sinuous bearing many setae.

REMARKS

Novamundoniscus canopus Campos-Filho, Gallo & Gallão, n. sp. is similar to *N. macrophthalmus* and *N. kayabi* Campos-Filho, Sfenthourakis & Araujo, n. sp. in having the eyes composed of 13-14 ommatidia; it differs in the cephalon with lateral lobes well-developed (vs slightly developed in *N. macrophthalmus*), telson with distal margin acute (vs right-angled in *N. macrophthalmus*, rounded in *N. canopus* Campos-Filho, Gallo & Gallão, n. sp.), maxillula outer endite with four teeth cleft (vs entire in *N. canopus* Campos-Filho, Gallo & Gallão, n. sp.), uropod exopod longer (vs similar in length in *N. canopus* Campos-Filho, Gallo & Gallão, n. sp.), male pereopods 1-3 merus and carpus bearing brush of setae on sternal margin (vs sparse setae on both species), male pleopod 1 exopod with outer margin slightly concave (vs straight in *N. macrophthalmus* and *N. canopus* Campos-Filho, Gallo & Gallão, n. sp.), and male pleopod 1 endopod with distal part directed outwards (vs downwards in *N. canopus* Campos-Filho, Gallo & Gallão, n. sp.) (see Lemos de Castro 1960).

Also this species is considered to be a troglophile due to the absence of troglomorphic characteristics, and probably inhabits caves for exploring their resources and finding appropriate micro-habitat conditions during certain periods of the year (Fernandes *et al.* 2016, 2019).

Family SCLEROPACTIDAE Verhoeff, 1938

Genus *Circoniscus* Pearse, 1917

Circoniscus Pearse, 1917: 4.

TYPE SPECIES. — *Circoniscus gaigei* Pearse, 1917, by monotypy (see Schmidt & Leistikow 2004).

DIAGNOSIS. — After Schmidt (2007): animals with endoantennal conglobation; roller habitus (*sensu* Schmalfuss 1984); dorsal surface smooth bearing small scale-setae; pereonites 1-7 with one line of short *noduli laterales* inserted at same line and near posterior margins; cephalon with wide frontal shield, sometimes projecting backwards over vertex, eyes composed of many ommatidia (absent in troglobionts); pereonite 1 epimera with posterior schisma, pereonite 2 and 3 epimera with ventral lobe or simple; pleon outline continuous with that of pereonite 7; telson triangular with broad rounded apex not covering uropod endopods; antennula of three articles; antennal flagellum of two subequal articles (sometimes distal article slightly longer), apical organ subequal or longer than distal article of flagellum; mandibles with molar penicil dichotomized, left mandible with 2+1 penicils, righ mandible with 1+1 penicils; maxillula outer endite with 4+5-6 teeth, outer set bearing four or five teeth apically cleft, accessory tooth and slender seta between outer and inner sets; maxilla bilobate; maxilliped endite bearing one penicil; pereopods 1-7 merus and carpus bearing scales on sternal margins (sometimes wide and dense); pereiopod 1 carpus with transverse antenna-grooming brush (sometimes wide); pereopod 7 basis with vestigial water-conducting scale-rows, ischium and/or merus sometimes sexually dimorphic; dactylar seta simple or hirsute, ungual seta simple; uropod protopod subrectangular and flattened; pleopod 1 and 2 exopods with respiratory areas; male pleopod 1 endopod tip bent outwards; male pleopod 5 exopod triangular with distal portion elongated.

Circoniscus caeruleus
Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp.
(Figs 16-18; 21)

urn:lsid:zoobank.org:act:873D2089-7918-4F1C-B7ED-071A64C3C351

TYPE MATERIAL. — **Holotype. Brazil** • ♂ (parts in micropreparations); Caverna Lagoa Azul, Nobres, state of Mato Grosso; 14°26'48.1"S, 56°1'33.2"W; 350 m a.s.l.; 24.IX.2017; J. E. Gallão, R. Machado & A. Chagas-Jr leg.; LES 27987.
Paratype. Brazil • 1 ♀ (parts in micropreparations); same locality as holotype; 5.V.2015; M. E. Bichuette, A. Chagas-Jr & G. A. Nunes leg.; LES 27988.

ETYMOLOGY. — The new species is named after the typical blue color of the water in the cave where the specimens were collected.

DESCRIPTION
Maximum body length: ♂ 3 mm, ♀ 6.5 mm. Animal without body pigments. Body (Fig. 16A) strongly convex; dorsal surface bearing small triangular scale-setae (Fig. 16B). *Noduli laterales* as in Figure 16A, G, I. Cephalon (Fig. 16C-E) frontal shield rectangular, bent backwards over vertex, frontal margin broadly rounded; eyes composed of about 10-11 ommatidia. Pereonites 1 and 2 with ventral lobes; pereonites 1-4 with posterior margin straight, 5-7 gradually more concave; pereonite 1 epimera with anterior corners directed frontwards, those of 2-4 with outer margin rounded, and those of 5-7 subquadrangular (Fig. 16A, E, G-J). Pleon (Fig. 16A, K) with epimera 3-5 well developed, directed backwards with acute apices; telson slightly broader than long, with slightly concave sides. Antennula (Fig. 16L) distal article longest, conical bearing about four lateral aesthetascs arranged in two rows and apical tip. Antenna (Fig. 16M) short and stout, not surpassing pereonite 1 when extended backwards; flagellum with subequal articles, distal article bearing two lateral aesthetascs; apical organ slightly longer than distal article of flagellum. Mandibles (Fig. 17A, B) with dense cushion of setae on incisor process, molar penicil consisting of about 10 branches. Maxillula (Fig. 17C) inner endite with two apical penicils, distal margin bearing outer tip; outer endite with 4+5 teeth, inner set with four teeth apically cleft. Maxilla (Fig. 17D) inner lobe rounded and covered with thick setae; outer lobe rounded, twice as wide as inner lobe, covered with thin setae. Maxilliped (Fig. 17E) palp with one strong seta on proximal article; endite subrectangular, medial seta short, not surpassing distal margin, distal margin covered with thin setae and bearing one seta on outer portion, rostral surface with setose sulcus ending with one short penicil. Pereopod 1 carpus with short antennal grooming brush; dactylus with two claws, ungual and dactylar setae simple, surpassing outer claw. Uropod (Fig. 16K) protopod enlarged, filling gap between pleonite 5 and telson, slightly surpassing distal margin of telson; exopod inserted on median margin, endopod twice as long as exopod and inserted proximally.

Male
Pereopod 1 (Fig. 18A) merus and carpus with sternal margin covered with short scales and sparse strong setae. Pereopod 7 (Fig. 18B) ischium elongated, sternal margin straight; merus bearing triangular lobe on rostral portion; carpus twice as long as merus. Pleopod 1 (Fig. 18C) exopod triangular, outer margin slightly concave on distal portion; endopod twice as long as exopod, distal portion bent outwards and bearing small setae on medial margin. Pleopod 2 (Fig. 18D) exopod triangular, outer margin concave; endopod flagelliform, slightly longer than exopod. Exopods of pleopods 3 and 4 as in Figure 18E and F, respectively. Pleopod 5 exopod (Fig. 18G) with outer margin sinuous, inner margin grooved to accommodate pleopod 2 endopod.

REMARKS
The genus *Circoniscus* comprises 10 species endemic to South America (Schmidt 2007; Campos-Filho *et al.* 2018a). To date, Brazil holds the highest diversity in the genus, with nine species present in the country, i.e., *C. bezzii* Arcangeli, 1931, *C. buckupi* Campos-Filho & Araujo, 2011, *C. carajasensis* Campos-Filho & Araujo, 2011, *C. gaigei* Pearse, 1917, *C. hirsutus* Schmidt, 2007, *C. incisus* Souza & Lemos de Castro, 1991, *C. intermedius* Souza & Lemos de Castro, 1991, *C. ornatus* (Verhoeff, 1941), and *C. pallidus* Arcangeli, 1936 (see Campos-Filho *et al.* 2018a).

Circoniscus caeruleus Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp. differs from all other species of the genus in having a triangular lobe on the rostral surface of the male pereopod 7 merus. Only one species of the genus is recorded from the state of Mato Grosso, *C. intermedius* (Schmidt 2007; Campos-Filho *et al.* 2014), from which it differs in having the eyes composed of 10-11 ommatidia (vs 20 in *C. intermedius*), pereonite 2 epimera with ventral lobe (vs absent in *C. intermedius*), telson slightly wider than long (vs as wide as

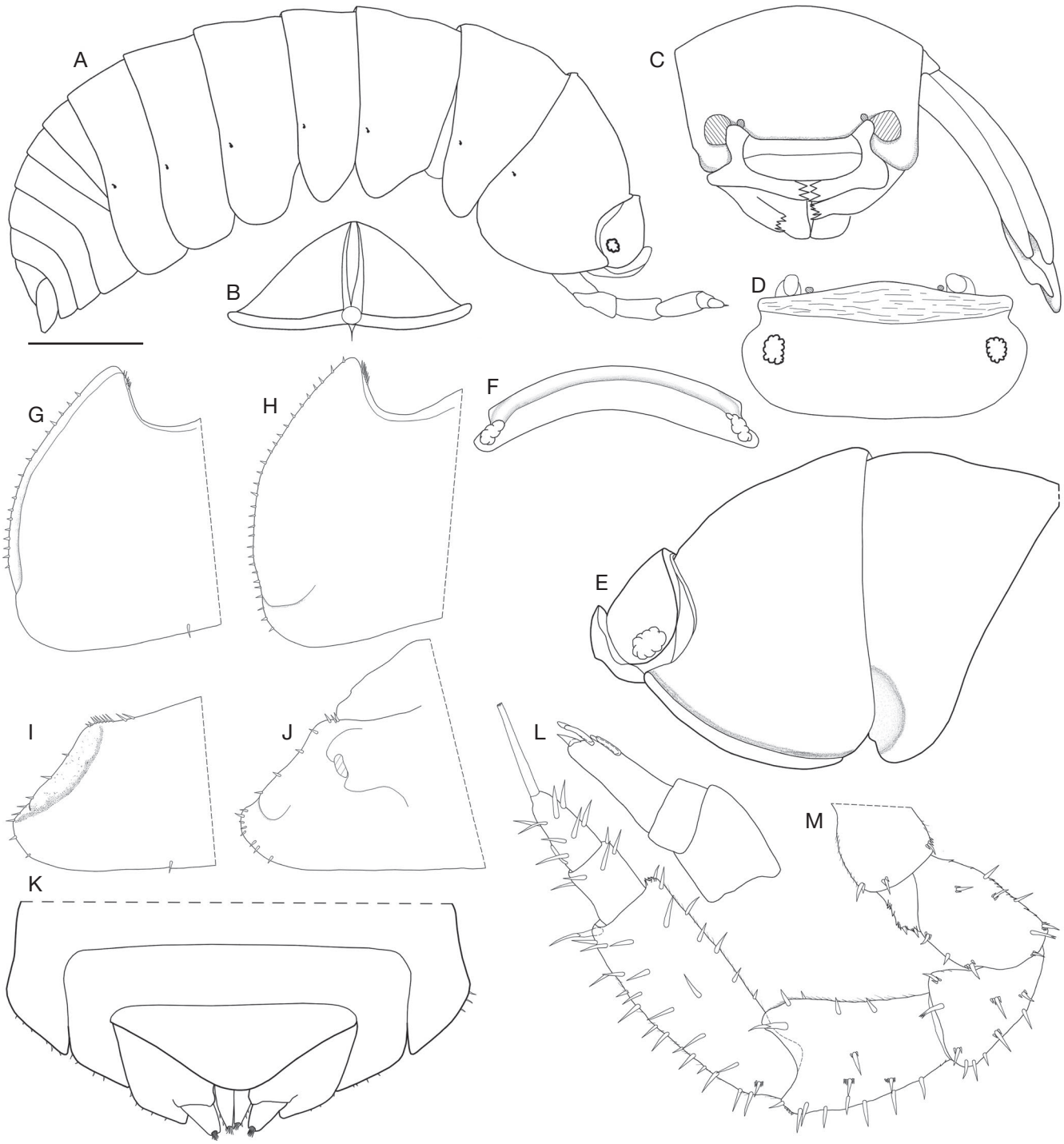


Fig. 16. — *Circoniscus caeruleus* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp., male holotype, LES 27987: **A**, lateral habitus; **B**, scale-seta; **C**, cephalon and pereonites 1 and 2, frontal view; **D**, cephalon, dorsal view; **E**, cephalon, and pereonites 1 and 2, lateral view; **F**, cephalon, back view; **G**, pereonite 1 epimera, dorsal view; **H**, pereonite 1 epimera, ventral view; **I**, pereonite 2 epimera, dorsal view; **J**, pereonite 2 epimera, ventral view; **K**, pleonites 4 and 5, telson, and uropods; **L**, antennula; **M**, antenna. Scale bar: A, 1 mm.

long in *C. intermedius*), and male pleopod 1 exopod triangular, and as wide as long (vs heart-shaped, and slightly wider than long in *C. intermedius)* (see Souza & Lemos de Castro 1991; Schmidt 2007).

This species is considered to be a troglophile. However, its body is pigmentless and the number of ommatidia is reduced, characters typically observed in troglobitic species. The species has a preference for highly humid places, composed of silt and guano substrates. Moreover, in the aphotic zone, its abundance is reduced, probably due to the lack of resources. More sampling efforts should be paid outside caves to confirm its classification as a troglophile.

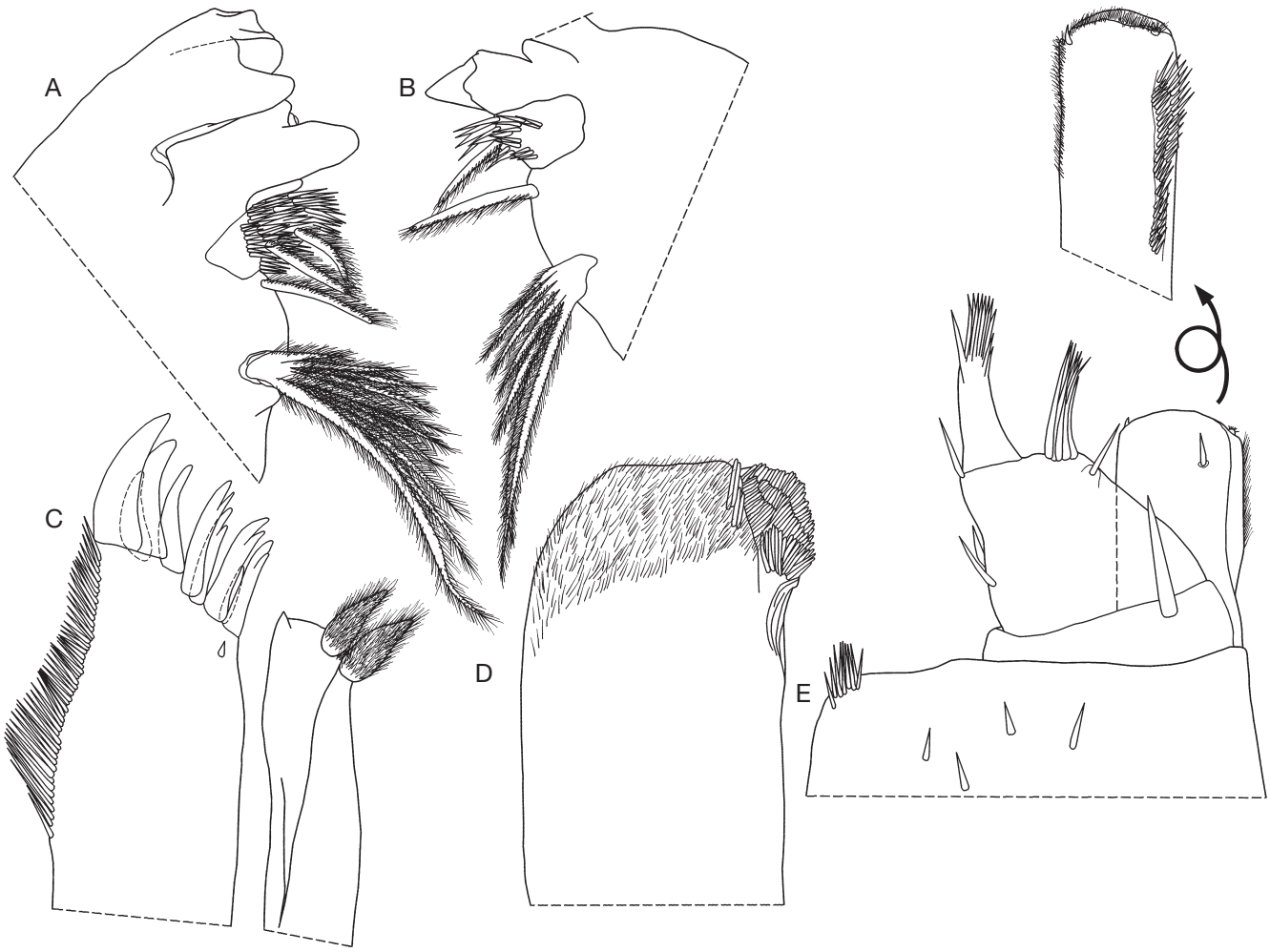


FIG. 17. — *Circoniscus caeruleus* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp., male holotype, LES 27987: **A**, left mandible; **B**, right mandible; **C**, maxillula; **D**, maxilla; **E**, maxilliped.

Family PLATYARTHRIDAE Verhoeff, 1949

Genus *Trichorhina* Budde-Lund, 1908

Trichorhina Budde-Lund, 1908: 293.

TYPE SPECIES. — *Bathytropa thermophila* Dollfus, 1896 [synonym of *Alloniscus tomentosus* Budde-Lund, 1893], by original designation (see Schmidt & Leistikow 2004).

DIAGNOSIS. — See Carpio-Díaz *et al.* (2018).

Trichorhina amplitelson
Campos-Filho, Carpio-Díaz & Borja-Arrieta, n. sp.
(Figs 2D; 19-21)

urn:lsid:zoobank.org:act:4B96C1B2-5207-4F38-A125-40AAEB620903

TYPE MATERIAL. — **Holotype. Brazil** • ♂; Caverna do Jabuti, Curvelândia, state of Mato Grosso; 15°33'56.2"S, 57°59'20"W; 324 m a.s.l.; 29.IX.2017; J. E. Gallão, R. Machado & A. Chagas-Jr leg.; LES 27989.

Paratypes. Brazil • State of Mato Grosso: 9 ♂ (one with parts in micropreparations), 12 ♀ (one in micropreparations); same data as holotype; LES 27990 • 1 ♂; same data as holotype; LES 27991 • 1 ♀; Gruta do Isopoda cave, Sítio Bom Jesus, Mirassol do Oeste; 15°35'23.1"S, 58°00'22.4"W; 30.IX.2017; J. E. Gallão, A. Chagas-Jr & R. Machado leg.; LES 27992 • 2 ♂, 5 ♀; Caverna Labirinto, same municipality and state as previous; 15°32'50"S, 58°01'29.28"W; 234 m a.s.l.; 20.IX.2017; same collectors as previous; LES 27993.

ETYMOLOGY. — The name of the new species refers to the wide shape of the telson, typical of this species.

DESCRIPTION

Maximum body length: ♂ 2.8 mm, ♀ 3.5 mm. Animal without body pigments (Fig. 2D). Body (Fig. 19A) slightly convex and robust. Dorsal surface covered with fan-shaped scale-setae (Fig. 19B). One line of *noduli laterales* per side, inserted close to posterior margins and more or less at same distance from lateral margins, d/c and b/c coordinates as in Figure 19C, D, respectively. Cephalon (Fig. 19E, F) with lateral lobes triangular, protruding frontwards; supraantennal line slightly concave, frontal line absent; eyes composed

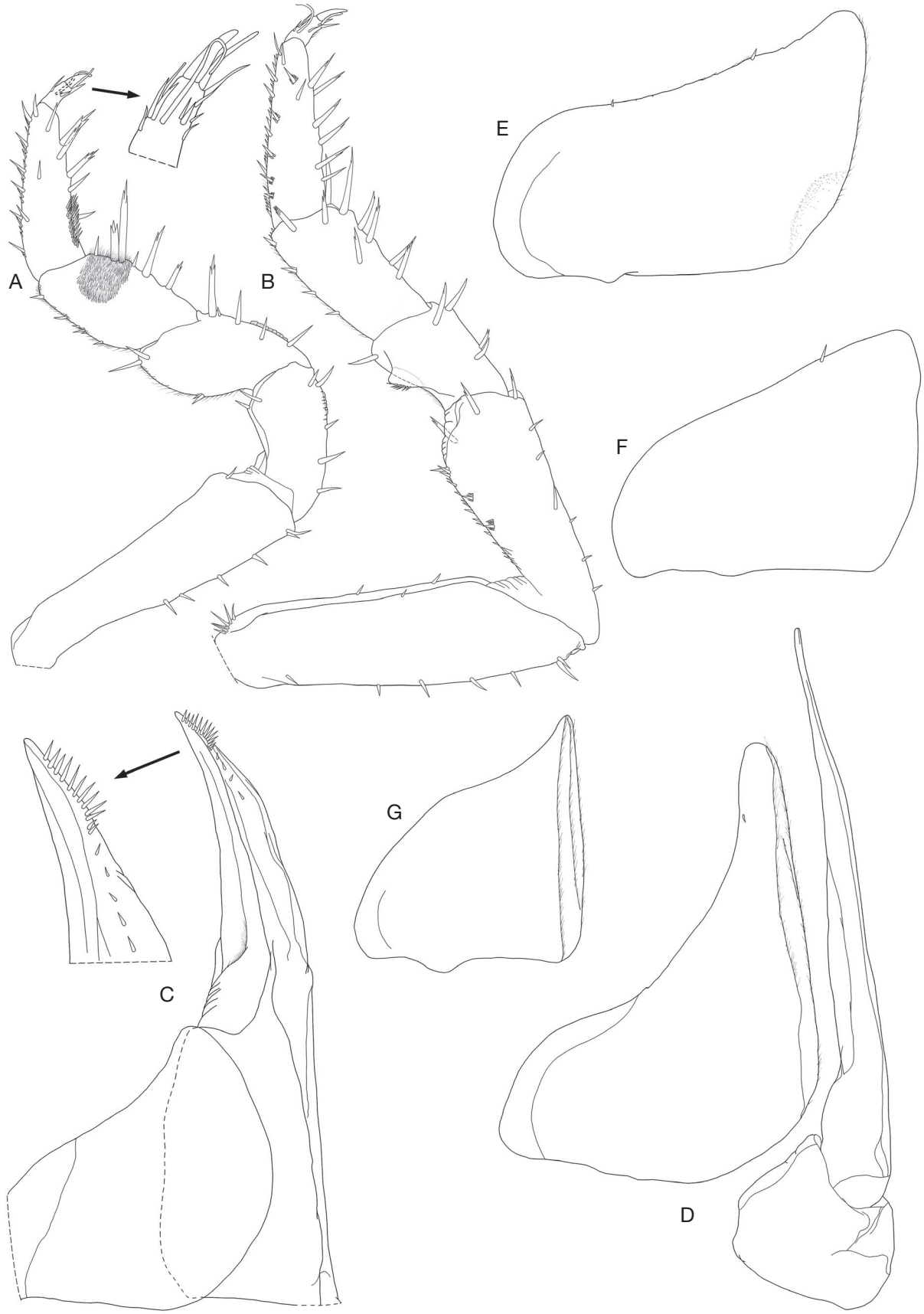


FIG. 18. — *Circoniscus caeruleus* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp., male holotype, LES 27987: **A**, pereopod 1; **B**, pereopod 7; **C**, pleopod 1; **D**, pleopod 2; **E**, pleopod 3 exopod; **F**, pleopod 4 exopod; **G**, pleopod 5 exopod.

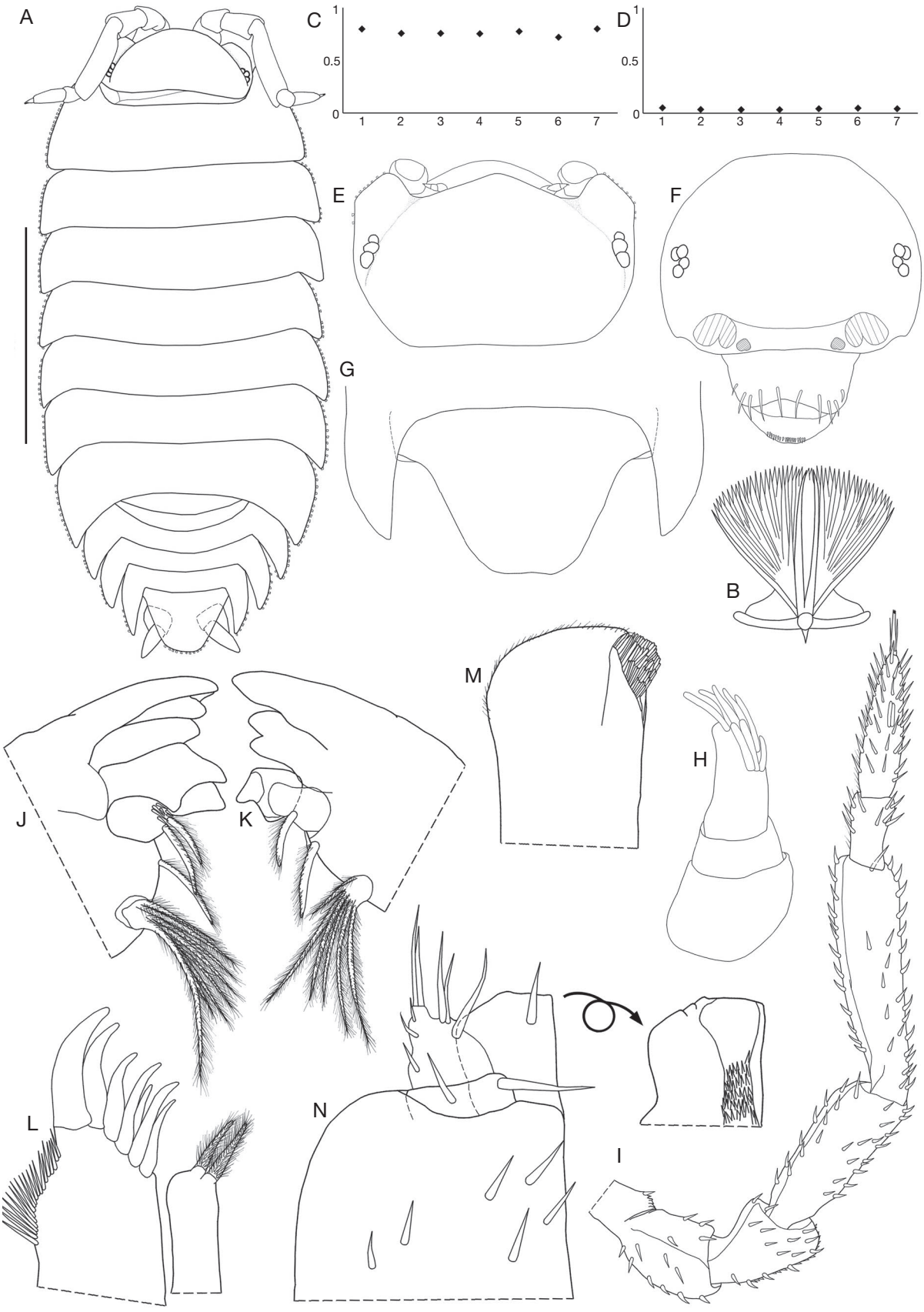


FIG. 19. — *Trichorhina amplitelson* Campos-Filho, Carpio-Díaz & Borja-Arrieta, n. sp., female paratype, LES 27990: **A**, dorsal habitus; **B**, scale-seta; **C**, *noduli laterales* d/c coordinates; **D**, *noduli laterales* b/c coordinates; **E**, cephalon, dorsal view; **F**, cephalon, frontal view; **G**, pleonite 5 and telson; **H**, antennula; **I**, antenna; **J**, left mandible; **K**, right mandible; **L**, maxillula; **M**, maxilla; **N**, maxilliped. Scale bar: A, 1 mm.



FIG. 20. — *Trichorhina amplitelson* Campos-Filho, Carpio-Díaz & Borja-Arrieta, n. sp.: **A**, female paratype, LES 27990 uropod; **B-I**, male paratype, LES 27990: pereopod 1 (**B**); pereopod 7 (**C**); genital papilla (**D**); pleopod 1 (**E**); pleopod 2 (**F**); pleopod 3 exopod (**G**); pleopod 4 exopod (**H**); pleopod 5 exopod (**I**).

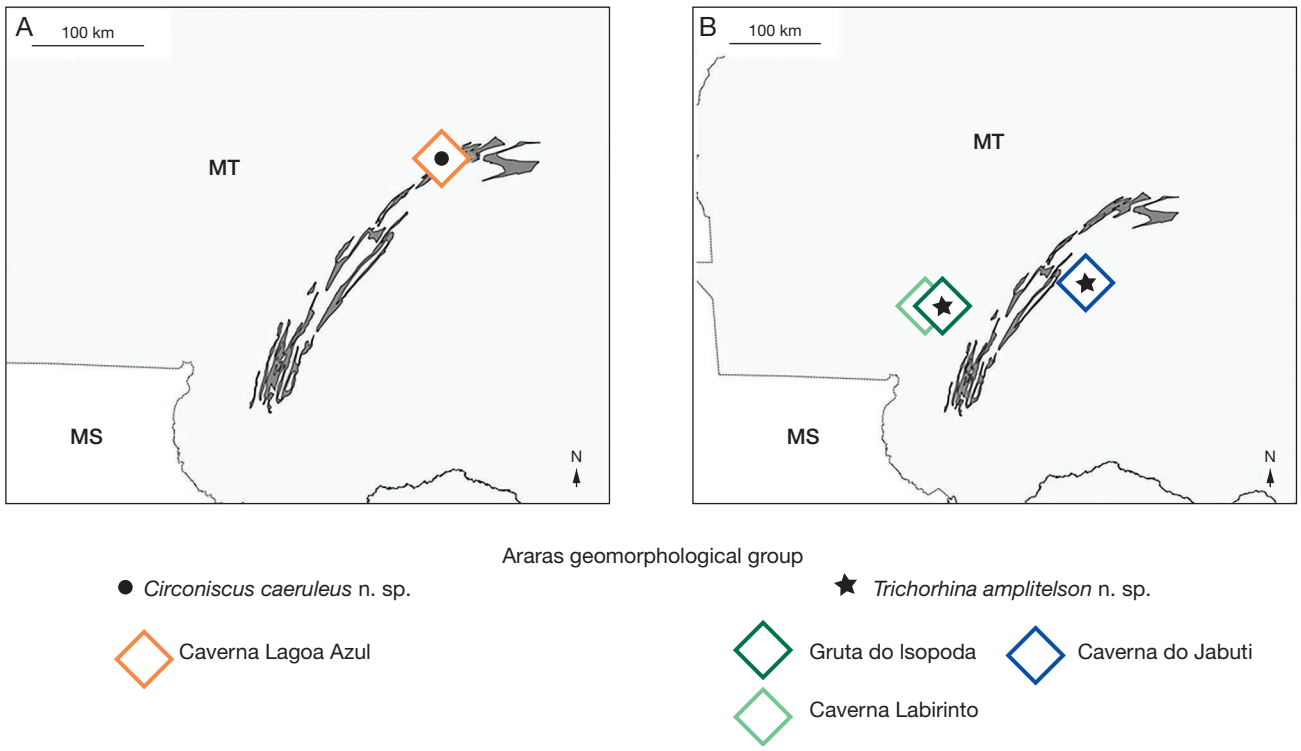


FIG. 21. — Distribution map of Scleropactidae and Platyarthridae representatives: **A**, *Circoniscus caeruleus* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp.; **B**, *Trichorhina amplitelson* Campos-Filho, Carpio-Díaz & Borja-Arrieta, n. sp. Abbreviations of states: **MS**, Mato Grosso do Sul; **MT**, Mato Grosso.

of four or five ommatidia. Pereonite 1 epimera directed frontwards, pereonite 2-7 epimera pointing backwards (Fig. 19A). Pleon (Fig. 19A, G) with outline continuous with that of pereonite 7; epimera of pleonites 3-5 falciform, directed backwards; telson trapezoidal, almost as wide as long, distal portion slightly narrower than proximal portion, apex broadly rounded. Antennula (Fig. 19H) of three articles, distal article longest with several aesthetascs inserted apically and sub-apically. Antenna (Fig. 19I) when extended posteriorly surpassing posterior margin of pereonite 1; flagellum with two articles, second article about twice as long as first, bearing two lateral aesthetascs, apical organ short with long free sensilla. Mandibles with molar penicil dichotomized consisting of up to eight branches, left mandible (Fig. 19J) with 2+1 penicils, right mandible (Fig. 19K) with 1+1 penicils. Maxillula (Fig. 19L) inner branch with two subequal penicils, distal portion rounded; outer branch with 3+4 teeth simple. Maxilla (Fig. 19M) with setose and bilobate apex; outer lobe about three times as wide as inner lobe, distal margin rounded. Maxilliped (Fig. 19N) basis rectangular bearing sparse setae; endite subrectangular, medial seta surpassing distal margin. Uropod (Fig. 20A) protopod and exopod grooved on outer margin bearing glandular pores, exopod slightly longer than endopod, endopod inserted proximally. Pereopod sternal setae with cleft apex; pereopod 1 with antennal grooming brush reaching median margin of carpus; dactylus with long inner claw, ungual seta simple, dactylar seta simple surpassing outer claw.

Male

Pereopods 1 and 7 (Fig. 20B, C) without sexual dimorphism. Genital papilla as in Figure 20D. Pleopod 1 (Fig. 20E) exopod subovoid, about twice as broad as long; endopod about three times as long as exopod, distal part acute. Pleopod 2 (Fig. 20F) exopod triangular, outer margin concave bearing short setae; endopod flagelliform longer than exopod. Pleopod 3 and 4 exopods as in Figure 20G, H, respectively. Pleopod 5 exopod (Fig. 20I) triangular, outer margin slightly convex bearing short setae.

REMARKS

The genus *Trichorhina* comprises about 70 species distributed in tropical and subtropical areas of the globe (Schmalfuss 2003; Boyko *et al.* 2008). The genus was morphologically re-defined by Carpio-Díaz *et al.* (2018). Molecular data contradict its monophyly within Platyarthridae (Javidkar *et al.* 2015, 2017). The members of the genus exhibit reduced size, body pigments and/or ommatidia are reduced or absent, the dorsal surface is covered with fan-shaped scale-setae, and the pereopods are short, bearing sternal fringes of setae (see Campos-Filho *et al.* 2014, 2015b, 2016). The dorsal scale-setae reduce the adhesion of microparticles facilitating the movement of the animals in non-consolidated substrates. Several species of the genus occur in caves and until more sampling outside caves is made, they are considered to be troglophile.

To date, 35 species of the genus are known from Brazil, of which eight are recorded from subterranean environments, i.e.

T. acuta Araujo & Buckup, 1994, *T. anhanguera* Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2014, *T. cipoensis* Campos-Filho, Bichuette & Taiti, 2016, *T. curupira* Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2014, *T. guanophila* Souza-Kury, 1993, *T. kaingangi* Campos-Filho, 2015, *T. pataxosi* Campos-Filho, Bichuette & Taiti, 2016, and *T. yiara* Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2014 (Campos-Filho *et al.* 2018a for complete references).

Trichorhina amplitelson Campos-Filho, Carpio-Díaz & Borja-Arrieta, n. sp. is easily distinguished from all the previously mentioned species in the wide shape of the telson. Only *T. acuta* has eyes composed of four ommatidia; however, the new species differs in having the molar penicil of the mandibles composed up to eight branches (vs six in *T. acuta*), outer endite of the maxillula with teeth apically simple (vs two apically cleft in *T. acuta*) (see also Araujo & Buckup 1994).

In a broader comparison, *T. aethiopica* Arcangeli, 1941, *T. giannellii* Arcangeli, 1929, *T. hospes* Silvestri, 1918, *T. minima* Schmalfuss & Ferrara, 1978, *T. paraensis* Souza-Kury, 1997, *T. silvestrii* Arcangeli, 1936, and *T. vandeli* Rioja, 1955, also have eyes composed of four ommatidia. As common within Oniscidea, most of the characters used in taxonomic descriptions until the middle of the 20th century were generic, and comparisons were not presented. *Trichorhina amplitelson* Campos-Filho, Carpio-Díaz & Borja-Arrieta, n. sp. differs in having colorless body (vs grey-brownish in *T. aethiopica*), cephalon with lateral lobes well-developed (vs slightly developed in *T. hospes* and *T. paraensis*), telson trapezoidal (vs triangular in all the above mentioned species), antenna with apical organ short (vs elongated in *T. paraensis*), mandibles with molar penicil dichotomized and composed of eight branches (vs simple in *T. hospes* and *T. paraensis*, three branches in *T. silvestrii*, several branches in *T. vandeli*), maxillula outer endite with all teeth apically simple (vs two cleft in *T. hospes*, *T. paraensis*, *T. silvestrii*, and *T. vandeli*), maxilla outer lobe wider than inner lobe (vs subequal in *T. hospes*), and male pleopod 1 exopod sub-ovoid (vs heart-shaped in *T. minima* and *T. vandeli*, subquadrangular in *T. paraensis*) (Silvestri 1918; Arcangeli 1929, 1936, 1941; Rioja 1955; Mulaik 1960; Schmalfuss & Ferrara 1978; Souza-Kury 1997).

Within Oniscidea, the morphology of the mouth parts is relatively stable among congeneric species (see Schmidt 2002, 2003). In most cases, few variations can be observed, such as the apical shape of the teeth of the outer endite of maxillula, and relative width of the lobes of the maxilla. Nevertheless, in *T. micros* and *T. minutissima* as described by Budde-Lund (1913), the outer teeth on the outer endite of the maxillula are pectinate, a character state not observed in the remaining members of the genus. This shape of teeth is considered to be plesiomorphic and it is present in other genera of Oniscidea, *e.g.*, *Ligia*, *Alboscia* Schultz, 1995, *Benthana* Budde-Lund, 1908, *Ctenoscia* Verhoeff, 1928, and *Paractenoscia* Taiti & Rossano, 2015 (Philosciidae) (see Leistikow 1997, 2001b; Schmidt 2008; Taiti & Rossano 2015; Campos-Filho *et al.* 2015a, 2020). Therefore, these two species of *Trichorhina* need to be revised in order to clarify their taxonomy.

Family ARMADILLIDAE Brandt, 1831

Genus *Ctenorillo* Verhoeff, 1942

Ctenorillo Verhoeff, 1942: 23.

TYPE SPECIES. — *Ctenorillo buddelundi* Verhoeff, 1942, by monotypy (synonym of *Cubaris regulus* Van Name, 1920) (see Schmidt & Leistikow 2004).

DIAGNOSIS. — See Carpio-Díaz *et al.* (2018).

Ctenorillo ferrarai
Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2014
(Figs 22; 23)

Ctenorillo ferrarai Campos-Filho, Araujo & Taiti, *in* Campos-Filho *et al.*, 2014: 412, figs 37-40, table 1. — Fernandes *et al.* 2019: 1119.

MATERIAL EXAMINED.— **Brazil** • many ♂ and ♀, state of Pará, Curionópolis, Serra Leste karst system, Spelayon Team leg.: SL_0120 cave; 5°59'8.64"S, 49°37'12.47"W; 13.IX.2014; LES 006131 • same locality as previous; 22.I.2015; LES 6189 • SL_0159 cave; 5°59'59.28"S, 49°36'55.42"W; 04.IX.2014; LES 6144 • same locality as previous; 14.I.2015; LES 6211 • SL_0170 cave; 6°0'2.12'S, 49°36'58.89"W; 05.IX.2014; LES 6147 • SL_0172 cave; 6°0'32.84"S, 49°38'8.21"W; 11.X.2014; LES 6149 • same locality as previous; 15.I.2015; LES 6219 • SL_0239 cave; 5°59'42.15"S, 49°36'54.65"W; 09.X.2014; LES 6175 • SL_0151 cave; 6°0'12.18"S, 49°36'58.35"W; 03.IX.2014; LES 6140 • SL_0171 cave; 6°0'1.02"S, 49°36'58.67"W; 05.IX.2014; LES 6148 • SL_0182; 6°0'17.48"S, 49°37'5.81"W; 15.IX.2014; LES 6153 • SL_0204 cave; 11.IX.2014; LES 006161 • SL_0212 cave; 11.IX.2014; LES 6166 • SL_0230 cave; 5°59'54.30"S, 49°36'54.88"W; 10.IX.2014; LES 006173 • SL_0251 cave; 6°0'36.88"S, 49°38'10.90"W; 11.X.2014; LES 6179 • SL_0253 cave; 6°0'37.77"S, 49°38'15.51"W; 18.IX.2014; LES 6180 • same locality as previous; 19.I.2015; LES 6256 • same as previous; LES 6257 • SL_0255 cave; 6°0'39.82"S, 49°38'26.63"W; 10.X.2014; LES 6182 • SL_0259 cave; 6°0'38.52"S, 49°38'16.36"W; 17.IX.2014; LES 6185 • SL_0128 cave; 5°59'44.39"S, 49°37'16.69"W; 23.I.2015; LES 6196 • SL_0134 cave; 6°0'2.33"S, 49°36'51.48"W; 14.I.2015; LES 6197 • SL_0140 cave; 6°0'10.75"S, 49°36'59.32"W; 13.I.2015; LES 6201 • same as previous; LES 6202 • SL_0142 cave; 6°0'7.96"S, 49°37'0.40"W; 13.I.2015; LES 6203 • SL_0143 cave; 6°0'9.23"S, 49°37'0.40"W; 13.I.2015; LES 6204 • SL_0144 cave; 6°0'38.73"S, 49°38'20.85"W; 26.I.2015; LES 6205 • same as previous; LES 6206 • SL_0145 cave; 6°0'12.06"S, 49°36'59.74"W; 13.I.2015; LES 6207 • SL_0157 cave; 5°59'58.66"S, 49°36'55.77"W; 14.I.2015; LES 6210 • SL_0161 cave; 6°0'12.42"S, 49°37'0.03"W; 13.I.2015; LES 6213 • SL_0166 cave; 6°0'0.52"S, 49°36'54.37"W; 15.I.2015; LES 6215 • SL_0181 cave; 6°1'18.32"S, 49°37'27.45"W; 18.I.2015; LES 6221 • SL_0183 cave; 6°1'16.44"S, 49°37'32.17"W; 15.I.2015; LES 6222 • SL_0186 cave; 6°0'15.02"S, 49°36'57.98"W; 13.I.2015; LES 6223 • SL_0188 cave; 6°1'15.98"S, 49°37'30.96"W; 15.I.2015; LES 6224 • SL_0196 cave; 5°59'36.18"S, 49°36'46.79"W; 18.I.2015; LES 6226 • SL_0197 cave; 5°59'38.06"S, 49°36'43.37"W; 18.I.2015; LES 6228 • SL_0202 cave; 5°59'37.46"S, 49°36'51.28"W; 25.I.2015; LES 6230 • SL_0204 cave; 6°1'17.57"S, 49°37'28.20"W; 16.I.2015; LES 6233 • SL_0212 cave; 6°1'18.87"S, 49°37'27.25"W; 18.I.2015; LES 6234 • SL_0123 cave; 5°59'11.57"S, 49°37'13.81"W; 15.I.2015; LES



FIG. 22. — Distribution map of *Ctenorillo ferrarai* Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2014. Abbreviations: **PA**, state of Pará; **SL**, Serra Leste; **TO**, state of Tocantins.

6236 • SL_0217 cave; 6°0'39.47"S, 49°38'18.05"W; 19.I.2015; LES 6239 • SL_0223 cave; 5°59'12.32"S, 49°35'58.30"W; 18.I.2015; LES 6244 • SL_0240 cave; 5°59'36.25"S, 49°36'49.49"W; 18.I.2015; LES 6251 • SL_0242 cave; 5°59'47.81"S, 49°36'50.01"W; 18.I.2015; LES 6252 • SL_0247 cave; 5°59'50.91"S, 49°36'54.36"W; 19.I.2015; LES 6253 • SL_0250 cave; 6°0'36.49"S, 49°38'10.94"W; 19.I.2015; LES 6254 • SL_0254 cave; 6°0'38.10"S, 49°38'16.10"W; 19.I.2015; LES 6258 • SL_0258 cave; 6°0'38.52"S, 49°38'16.36"W; 20.I.2015; LES 6260 • SL_0127 cave; 5°59'44.39"S, 49°37'16.69"W; 23.I.2015; LES 6263.

REMARKS

All the specimens examined show morphological characters similar to the type specimens of *C. ferrarai* as described in Campos-Filho *et al.* (2014), especially the number and arrangement of the dorsal tubercles. Moreover, as mentioned by the authors, this is the best character to distinguish species of *Ctenorillo* (see also Schmalfuss & Ferrara 1983; Taiti *et al.* 1998). This species (Fig. 22) was previously recorded from Gruta N5S 07, Gruta Cris 11 caves and Serra Leste cave system, FLONA Carajás (FLONA – National Forest), Canaã dos Carajás, Carajás geomorphological group, state of Pará (Campos-Filho *et al.* 2014). To date, it is considered to be a troglophile, visiting caves to exploit their resources and for their favourable micro-habitat conditions (Fernandes *et al.* 2016, 2019).

Genus *Cubaris* Brandt, 1833

Cubaris Brandt, 1833: 489.

TYPE SPECIES. — *Cubaris murina* Brandt, 1833, by subsequent designation (Barnard 1932).

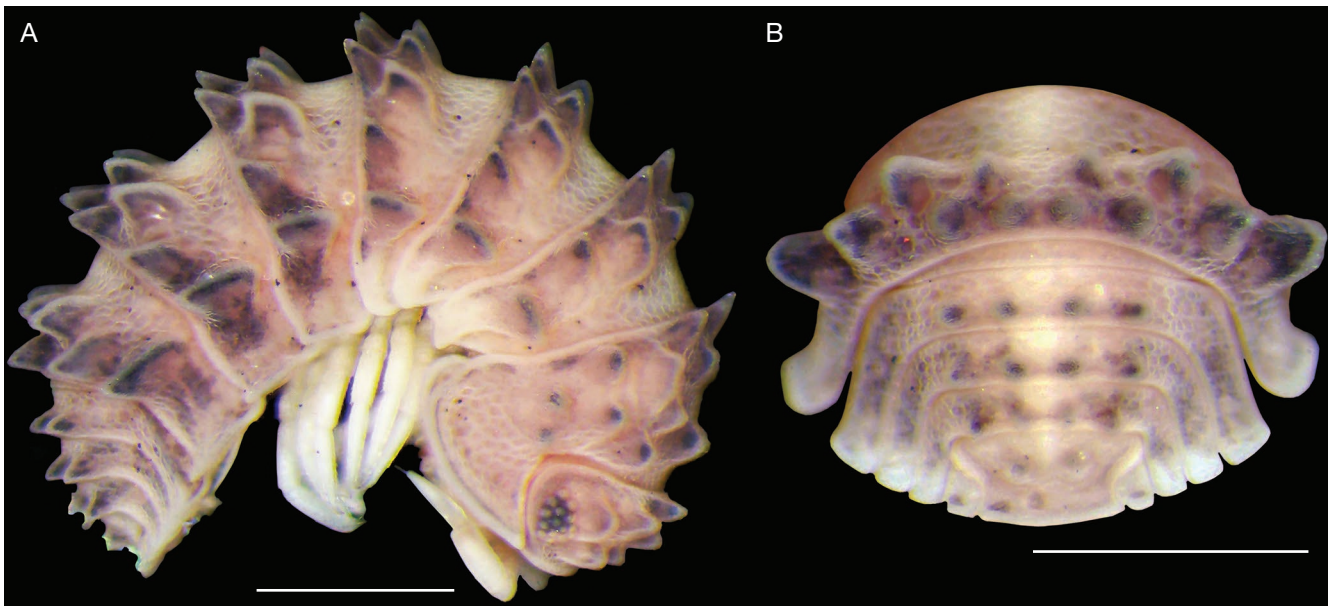


Fig. 23. — Photographs of *Ctenorillo ferrarai* Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2014, male specimen from Serra Leste cave system: **A**, lateral habitus; **B**, dorsal view of the pereonite 7, pleon, telson, and uropods. Scale bars: 1 mm.

Diagnosis. — After Schmalfuss & Ferrara (1983) and Taiti *et al.* (1998): animals with complete endoantennal conglobation; roller habitus (*sensu* Schmalfuss 1984); dorsal surface smooth or granulated covered with short tricorn, semi-circular or elongated scale-setae; pereonites 1-7 with one line of short *noduli laterales* inserted at same line and near posterior margins; cephalon with subrectangular frontal shield delimited from vertex by frontal line, lateral lobes well developed, suprantennal line absent; pereonite 1 epimera with anterior corners developed frontwards to fit cephalon during conglobation, posterior corner concave, short triangular lobe on ventral; pereonite 2 epimera bearing rectangular lobe direted outwards (sometimes reduced); pereonites 1-7 epimera directed backwards; pleon outline continuous with that of pereonite 7; pleonites 3-5 epimera subrectangular and well-developed; telson hour-glass shaped, distal margin slightly convex; mandibles with molar penicil semi-dichotomized, left mandible with 2+1 penicils, right mandible with 1+1 penicils; maxillula of 4+5-6 teeth apically simple; maxilla bilobate; maxilliped endite bearing two long setae on distal margin plus medial seta; pereopod 1 carpus with longitudinal antennal grooming brush; uropod protopod rectangular, flattened, filling gap between pleonite 5 and telson, medial margin concave bearing small exopod, endopod longer than exopod; pleopod exopods with monospiracular pleopodal lungs (see also Collinge 1916; Taiti & Ferrara 1987; Lewis 1998; Lillemets & Wilson 2002).

Remarks

Brandt (1833) erected *Cubaris* to allocate *C. brunnea* (synonym of *C. murina*) from Guyana, *C. cinerea* and *C. murina* from Brazil, *C. flavescens* (synonym of *Venezillo f.*), *C. limbata* (synonym of *Bethalus limbatus*), and *C. nigricans* (synonym of *Venezillo n.*) from South Africa. To date, the genus comprises about 60 species with a circumtropical distribution (Schmalfuss 2003). Several species have been mistakenly assigned to the genus which still needs a comprehensive revision (see Schmalfuss 2003). The present diagnosis is tentative, aiming to assist future studies on the genus.

Cubaris murina Brandt, 1833
(Fig. 30A)

Cubaris murina Brandt, 1833: 190. — Campos-Filho *et al.* 2014: 417, fig. 40, Table 1. — Fernandes *et al.* 2019: 1119.

Material examined. — **Brazil** • State of Sergipe: 1 ♂, 1 ♀; Caverna Pedra Branca, Maruim; 10°46'18.4"S, 37°07'53.5"W; M. E. Bichuette leg; LES 10817 • State of Bahia: 1 ♂, 2 ♀; Gruta Lapa do Manga II cave, São Desidério; 12°22'20.8"S, 44°59'37.4"W; 05.XI.2008; M. E. Bichuette, T. Scatolini & D. Pedroso leg.; LES 6271 • 1 ♂; Gruna do Govi cave, Feira da Mata; 13°56'43.3"S, 44°14'26"W; 682 m a.s.l.; 12.X.2020; M. E. Bichuette, D. F. Torres, J. S. Gallo, L. S. Horta & J. E. Gallão; LES 27998 • 3 ♂; Toca do Gonçalo cave, Umburanas; 10°30'39"S, 40°53'40"W; 20.VI.2015; M. Bolfarini, D. M. v. Schimonsky & J. E. Gallão leg.; LES 7333 • 1 ♂, 2 ♀; Poço Azul do Milu cave, Nova Redenção; 12°47'01.9"S, 41°08'50.58"W; 348 m a.s.l.; 02.XI.2016; M. E. Bichuette, J. E. Gallão & M. J. Rosendo leg.; LES 27999 • State of Goiás: 1 ♀, 3 juveniles; Gruta da Tarimba cave, Mambaí; 14°24'51.7"S, 46°10'34.1"W; X.2012; 753 m a.s.l.; M. E. Bichuette, J. E. Gallão, L. B. Simões, C. S. Fernandes & T. Zepon leg; LES 10264 • 2 ♂, 6 ♀; Caverna Fundo de Quintal, Mambaí; 14°29'16.0"S, 46°07'08.4"W; 699 m a.s.l.; X.2012; M. E. Bichuette, J. E. Gallão, L. B. Simões, C. S. Fernandes & T. Zepon leg; LES 10269 • 1 ♀, 3 juveniles; same data as previous; LES 10271.

Distribution. — Circumtropical species (Schmalfuss 2003). In Brazil, it was recorded from the states of Bahia, Espírito Santo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Paraná, Santa Catarina, and Tocantins (Campos-Filho *et al.* 2018a). In caves, it was recorded from Gruta dos Brejões and Gruta Lapa do Manga II, João Rodrigues River karst system, state of Bahia (Campos-Filho *et al.* 2014; Fernandes *et al.* 2019). The present work constitutes the first record of this species from caves in the state of Goiás, and it extends our knowledge of its distribution within the state of Bahia.

Genus *Diploexochus* Brandt, 1833

Diploexochus Brandt, 1833: 492.

TYPE SPECIES. — *Diploexochus echinatus* Brandt, 1833, by monotypy (see Schmidt & Leistikow 2004).

DIAGNOSIS. — Animals with endoantennal conglobation; roller (*sensu* Schmalfuss 1984) with spiny or tuberculate dorsum; pereonites 1-7 with one line of *noduli laterales* inserted on same line from lateral margins, near or over outer posterior tubercle; cephalon with rectangular frontal shield, strongly developed upwards, and slightly curved backwards, suprantennal line absent; pereonites 1-7 and pleonites 3-5 well developed, concave, and directed outwards; pereonite 1 epimera with schisma on posterior corners, lateral margin strongly grooved; pereonites 1-7 with ventral lobes and/or shallow ridges to fit pereonites epimera during conglobation; pleon outline continuous with that of pereonite 7; telson hourglass-shaped, distal portion slightly concave or convex, or straight; antennula of three articles; antennal flagellum of two articles, apical organ short; mandibles with molar penicil simple or semi-dichotomized, left mandible with 2+1 penicils, right mandible with 1+1 penicils; maxillula outer endite composed of 4+5-6 teeth, outer set apically entire; maxilla bilobate; maxilliped endite subrectangular bearing two short triangular setae plus medial seta; uropod protopod enlarged and flattened to fit space between pleonite 5 and telson, exopod short inserted near medial margin; pleopod 1-5 exopods with monospiracular pleopodal lungs.

Diploexochus carrapicho
Campos-Filho, López-Orozco & Taiti, n. sp.
(Figs 24-26; 30B)

urn:lsid:zoobank.org:act:46E43019-9E9D-44DC-A333-4955024EF591

TYPE MATERIAL.— **Holotype. Brazil** • ♂ (parts in micropreparations); Gruta Alex 1 cave, Bodoquena, Assentamento Campina, state of Mato Grosso do Sul; 20°36'19"S, 56°42'36"W; 356 m a.s.l.; 15.V.2011; S. C. Escarpinati leg.; LES 28000.
Paratypes. Brazil • 2 ♀ (one with parts in micropreparations); same data as holotype; LES 28001.

ETYMOLOGY. — The new species is named after the seeds of *Bidens alba*, known as Picão-preto in Brazil, or carrapicho. The name carrapicho refers to the spine-shaped form of the seeds of this plant conferring high adherence to animal furs or human clothes. During conglobation, the new species resembles the shape of this seed.

DESCRIPTION
Maximum body length: ♂ 4 mm, ♀ 6 mm. Color faint due to long preservation in ethanol. Body (Fig. 24A, B) strongly convex, bearing elongate and spine-shaped tubercles, arranged as follows: vertex of cephalon with eight tubercles in two rows; pereonite 1 with 14 tubercles in three rows; pereonites 2-7 with 12 tubercles in two rows; pleonites 3-5 and telson with two paramedian tubercles each (Fig. 24A, B, G, H). Dorsal surface with semi-circular scale-setae (Fig. 24C). *Noduli laterales* short, inserted at base of second tubercles near posterior margins (Fig 24A, B). Cephalon (Fig. 24B, E-G) with frontal shield prominent, distinctly protruding above vertex; eyes with 10-12 ommatidia. Pereonites 1-7 epimera (Fig. 24A, D) strongly concave and directed outwards; pereonite 1 epimera with rounded lateral margin grooved for all its length, inner lobe of schisma rounded, slightly extending beyond posterior margin of outer lobe; pereonite 2-7 epimera (Fig. 24A) triangular and elongated; pereonite 2 epimera ventrally with narrowly rounded lobes directed outwards (Fig. 24A, D); pereonite 3 epimera ventrally with broad triangular lobes directed outwards (Fig. 24D); pereonite 4-7 epimera with triangular lobes gradually increasing and directed backwards (Fig. 24D). Pleonite 3-5 epimera (Fig. 24H, I) well-developed, triangular, directed outwards; telson (Fig. 24H) with dorsum slightly depressed, distal margin slightly concave. Antennula (Fig. 25A) proximal article longest, distal article bearing about six aesthetascs inserted apically and subapically. Antenna (Fig. 25B) short, not surpassing posterior margin of pereonite 1 when extended backwards; flagellum distal article more than twice as long as first and bearing two lateral aesthetascs. Mandibles (Fig. 25C, D) with molar penicil semi-dichotomized. Maxillula (Fig. 25E) inner endite bearing two penicils, distal margin rounded; outer endite of 4+6 teeth. Maxilla (Fig. 25F) inner lobe covered with thick setae; outer lobe three times as wide as inner lobe covered with thin setae. Maxilliped (Fig. 25G) basis rectangular bearing sparse scale-setae; proximal article of palp with two distinct setae; endite subrectangular, medial seta surpassing distal margin. Pereopods 1-7 with sparse setae along sternal margin; dactylus of two claws, ungual and dactylar setae simple, not surpassing outer claw. Uropod (Fig. 26A, B) protopod with distal part triangular, elongated, medial margin concave; endopod bearing dense fringe of setae and glandular pores on inner margin; exopod short inserted dorsally on distinct lobe near medial margin.

Male
Pereopod 7 (Fig. 26C) without sexual dimorphism. Pleopod 1 (Fig. 26D) exopod subtriangular, twice as wide as long, outer portion narrow, medial portion rounded bearing five small setae; endopod three times as long as exopod. Pleopod 2 (Fig. 26E) exopod triangular, outer margin concave bearing four setae; endopod flagelliform, longer than exopod. Pleopod 3 and 4 exopods as in Figure 26F, G, respectively. Pleopod 5 exopod (Fig. 26H) rhomboid, distal margin almost straight bearing many setae.

REMARKS
The genus *Diploexochus* was erected to allocate *Armadillo echinatus* from Brazil (Brandt 1833; Lemos de Castro 1967). Several Armadillidae species belonging to other genera were incorrectly assigned to *Diploexochus* (see Schmalfuss 2003 for an overview). To date, the genus comprises three species exclusively distributed in South America, *D. echinatus*, *D. obscurus* Cardoso, Bastos-Pereira & Ferreira, 2023, and *D. spinatus* Cardoso, Bastos-Pereira & Ferreira, 2023 (Campos-Filho *et al.* 2017; Cardoso *et al.* 2023).

Among the diagnostic characteristics proposed here, the shape and direction of the pereonites 1-7 and pleonites 3-5 epimera, pereonite 1 epimera with large schisma on posterior corners and strongly grooved outer margin, shape

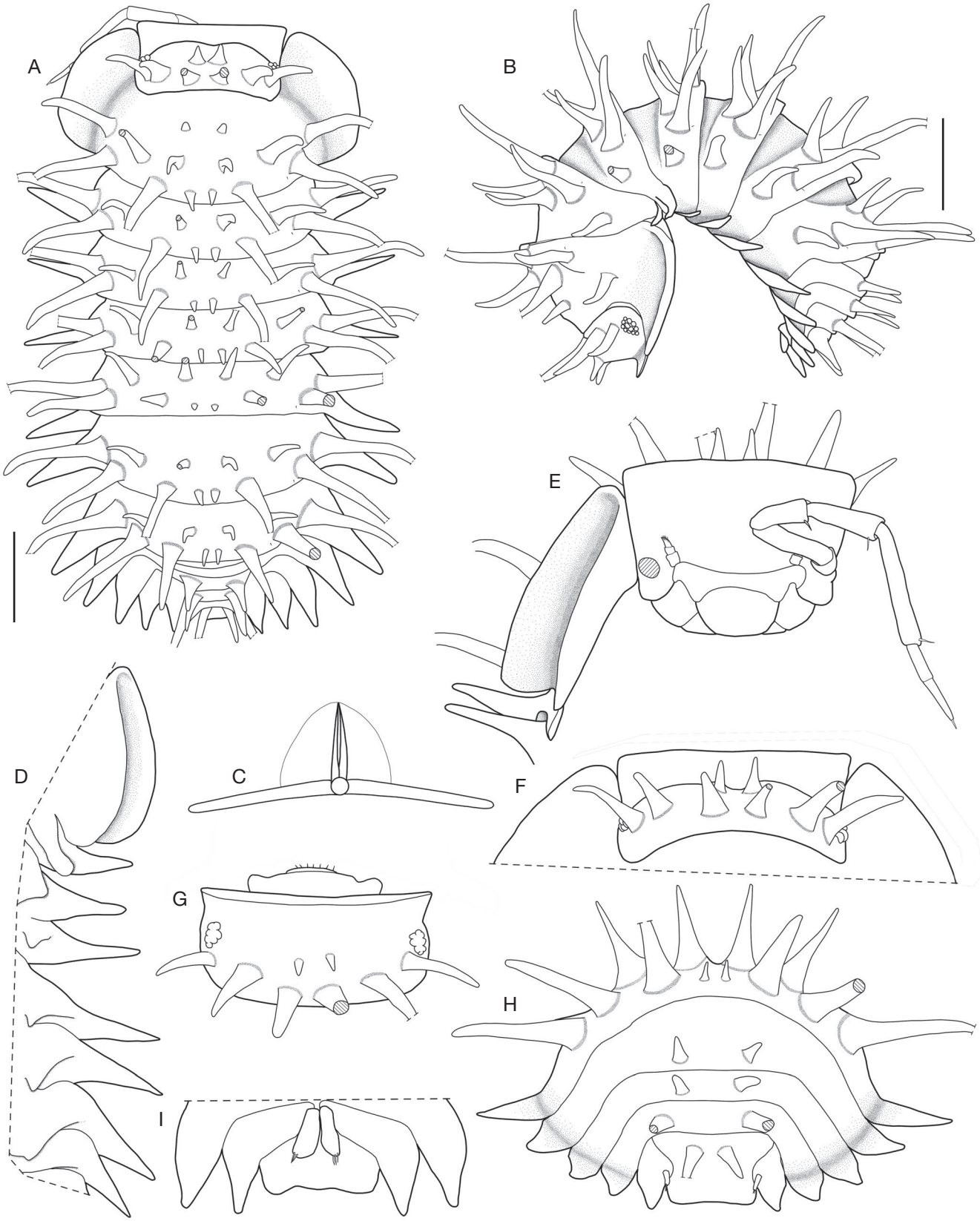


Fig. 24. — *Diploexochus carrapicho* Campos-Filho, López-Orozco & Taiti, n. sp., female paratype LES 28001: **A**, dorsal habitus; **B**, lateral habitus; **C**, scale-seta; **D**, pereonite 1-7 epimera, ventral view; **E**, cephalon and pereonites 1-3, frontal view; **F**, cephalon and pereonite 1, back view; **G**, cephalon, dorsal view; **H**, pereonite 7, pleon, telson, and uropods, dorsal view; **I**, pleonites 4 and 5, telson and uropods, ventral view. Scale bar: A, 1 mm.



FIG. 25. — *Diploexochus carrapicho* Campos-Filho, López-Orozco & Taiti, n. sp., female paratype LES 28001: **A**, antennula; **B**, antenna; **C**, left mandible; **D**, right mandible; **E**, maxillula; **F**, maxilla; **G**, maxilliped.

of the frontal shield of the cephalon, and tuberculated or spiny dorsum, are the most distinctive characters of the genus. Regarding the last character, also other members of the family have well-developed dorsal tubercles, e.g. *Parakermania* Vandel, 1973, *Calmanesia* Collinge, 1922, *Laureola* Barnard, 1960, *Pseudolaureola* Kwon, Ferrara & Taiti, 1992, and some species of *Venezillo* Verhoeff, 1928 (see Collinge 1922; Van Name 1936; Barnard 1958, 1960; Mulaik 1960; Taiti & Ferrara 1979; Kwon *et al.* 1992; Kwon & Taiti 1993). As in other tuberculated genera of Armadillidae, the best taxonomic characteristic to distinguish the species within a genus is the number and arrangement of the dorsal tubercles on the cephalon, pereon, and pleon (see also Campos-Filho *et al.* 2014; Taiti 2018).

Diploexochus carrapicho Campos-Filho, López-Orozco & Taiti, n. sp. can be distinguished from the congeneric species in having the dorsal surface covered with spiny shaped



FIG. 26. — *Diploexochus carrapicho* Campos-Filho, López-Orozco & Taiti, n. sp.: **A**, **B**, female paratype LES 28001: uropod frontal view (**A**); uropod, ventral view (**B**), **C**-**H**, male holotype, LES 28000: pereopod 7 (**C**); pleopod 1 (**D**); pleopod 2 (**E**); pleopod 3 exopod (**F**); pleopod 4 exopod (**G**); pleopod 5 exopod (**H**).

tubercles and in the number and arrangement of the dorsal tubercles (see Campos-Filho *et al.* 2017; Cardoso *et al.* 2023). Moreover, it differs in having pereonite 2 epimera with ventral lobe directed outwards (vs downwards in *D. echinatus* and *D. spinatus*), telson with distal margin slightly concave (vs distinctly concave in *D. echinatus*; slightly convex in *D. obscurus*; straight in *D. spinatus*), mandibles with molar penicil semi-dichotomized (vs simple in all other species), and uropod protopod with distal part triangular (vs subrectangular in all other species).

The spiny dorsal surface is an adaptation against predators (Schmalfuss 1984). The specimens of *D. carrapicho* Campos-Filho, López-Orozco & Taiti, n. sp. were collected in the Serra da Bodoquena karst region, in the Pantanal wetland region (Sallun Filho & Karmann 2007). This species is considered to be a troglophile, and probably inhabits caves to exploit their resources and for favourable micro-habitat conditions (Fernandes *et al.* 2016, 2019).

Diploexochus exu
Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp.
(Figs 27-29; 30B)

urn:lsid:zoobank.org:act:5ED17375-A69D-4695-83E0-33DB9F268A83

TYPE MATERIAL. — **Holotype. Brazil.** • ♀; Gruna Boca da Lapa cave, Feira da Mata, state of Bahia; 13°56'46.4"S, 44°11'12"W; 544 m a.s.l.; 15.X.2020; M. E. Bichuette, D. F. Torres, J. S. Gallo, L. S. Horta & J. E. Gallão leg.; LES 28002.
Paratypes. Brazil • 6 ♀ (one with parts in micropreparations); same data as holotype; LES 28003.

ETYMOLOGY. — The new species is named after Exu, a divinity of the Candomblé Afro-Brazilian religion. In the Candomblé, Exu is the messenger of the orixás divinities, transiting between the world of humans and the gods. He is considered the owner of the paths, the crossroads, the perspectives, the past, and the future, and he is responsible for order and disorder.

DESCRIPTION
Maximum body length: 6.5 mm. Color brown with typical muscle insertion spots; cephalon, pereonite 1, pereonite 2-7 posterior portions, pleon, telson and uropods strongly pigmented. Body (Fig. 27A) strongly convex, bearing triangular tubercles, arranged as follows: vertex of cephalon with eight tubercles in two rows; pereonite 1 with 13 tubercles in three rows; pereonite 2 with 11 tubercles in two rows; pereonites 3 and 4 with nine tubercles in two rows; pereonites 5-7 with seven tubercles in one row; pleonites 5 and telson with two tubercles on median portion (Fig. 27B). Dorsal surface with semi-circular scale-setae (Fig. 27C). *Noduli laterales* short, inserted on outer part of second tubercle from lateral margins (Fig. 27A). Cephalon (Fig. 27A, D, E) with frontal shield prominent, distinctly protruding above vertex; eyes with 10 ommatidia; pereonite 1-7 epimera (Fig. 27A, E-H) strongly concave; pereonite 1 epimera with rounded, lateral margin grooved on posterior corner for about one quarter of its length, inner lobe of schisma rounded, not extending beyond posterior margin of outer lobe; pereonite 2-7 epimera (Fig. 27F, I, J) triangular and elongated; pereonite 2 epimera with narrow and rounded lobe directed outwards (Fig. 27F, J); pereonites 3 and 4 without lobe; pereonites 5-7 with ventral sulcus (Fig. 27F). Pleonite 3-5 epimera (Fig. 27K) triangular; telson (Fig. 27K, L) dorsum slightly depressed, distal margin slightly convex. Antennula (Fig. 27M) with proximal and distal articles similar in length, distal article bearing about six aesthetascs inserted apically and subapically. Antenna (Fig. 27N) short, not surpassing posterior margin of pereonite 1 when extended backwards; flagellum distal article about three times as long as first, bearing two lateral aesthetascs. Mandibles (Fig. 28A, B) with molar penicil dichotomized. Maxillula (Fig. 28C) inner endite bearing two penicils, distal margin rounded; outer endite of 4+6 teeth, outer set apically entire. Maxilla (Fig. 28D) inner lobe covered with thick setae; outer lobe three times as wide as inner lobe covered with thin setae. Maxilliped (Fig. 28E) basis rectangular bearing sparse setae; proximal article of palp with two distinct setae; endite subrectangular, medial seta surpassing distal margin, ventral sulcus setose ending with short seta. Uropod (Fig. 29A, B) protopod enlarged on basal part, distal part subtriangular, broad, medial margin concave; endopod short bearing setae; exopod short inserted dorsally on distinct lobe near medial margin. Pereopods 1-7 (Fig. 29C, D) with sparse setae along sternal margin; pereopod 1 carpus with longitudinal antenna-grooming brush; dactylus of two claws, ungual and dactylar setae simple, not surpassing outer claw. Pleopod 1 exopod (not drawn) sub-circular, twice as wide as long, outer portion narrow, median portion rounded bearing five small setae. Pleopod 2 exopod (Fig. 29E) triangular, outer margin concave. Pleopod 3 and 4 exopods as in Figure 29F, G, respectively. Pleopod 5 exopod (Fig. 29H) rhomboid, distal margin almost straight bearing many setae.

REMARKS
Within Oniscidea, most of the morphological characters used in taxonomy to describe and distinguish species are those of males (e.g., Taiti & Ferrara 1980; Leistikow 1999; Campos-Filho *et al.* 2015a; Reboleira *et al.* 2015). As mentioned previously, though, conglobating representatives, especially within the Armadillidae, male characters are not always useful, e.g., in *Ctenorillo*, *Tuberillo* Schultz, 1982, and *Venezillo* (Van Name 1936; Schmalfuss & Ferrara 1983; Taiti & Gruber 2010). Thus, other characters, such as the conglobating mechanism, the presence and arrangement of dorsal tubercles (in tuberculated animals), and the shape of the lateral schisma of pereonite 1 (if present), are useful to distinguish species, even in the absence of males. *Diploexochus exu* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp. easily differs in the shape and arrangement of dorsal tubercles. Moreover, it can be distinguished in having the pereonite 1 epimera with lateral groove of about one quarter of the length of

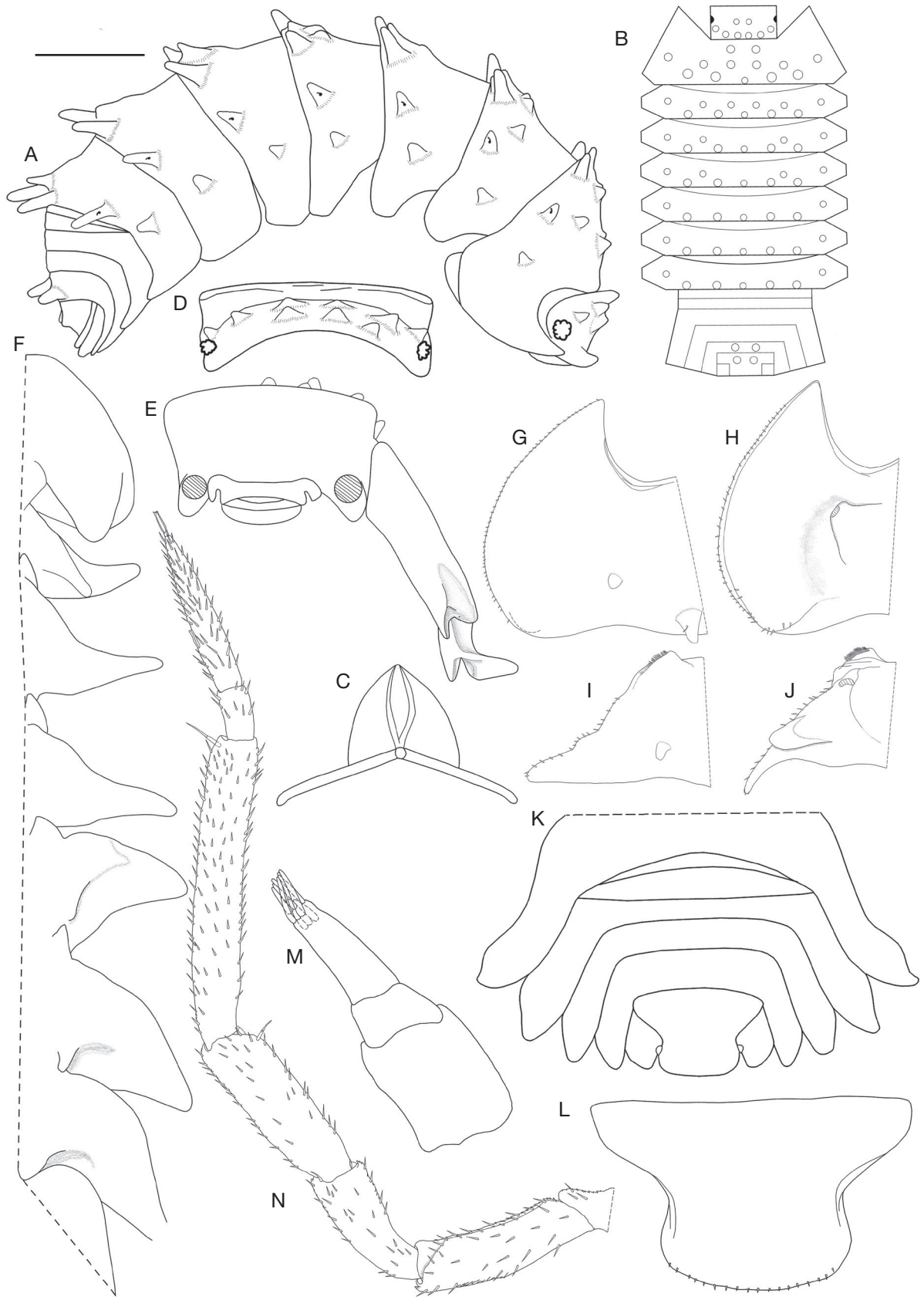


Fig. 27. — *Diploexochus exu* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp., female paratype LES 28003: **A**, lateral habitus; **B**, tubercles schem; **C**, scale-seta; **D**, cephalon, back view; **E**, cephalon and pereonites 1 and 2, frontal view; **F**, pereonite 1-7 epimera, ventral view; **G**, pereonite 1 epimeron, dorsal view; **H**, pereonite 1 epimeron, ventral view; **I**, pereonite 2 epimeron, dorsal view; **J**, pereonite 2 epimeron, ventral view; **K**, pereonite 7, pleon, telson and uropods, dorsal view, **L**, telson; **M**, antennula; **N**, antenna. Scale bar: A, 1 mm.



FIG. 28. — *Diploexochus exu* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp., female paratype LES 28003: **A**, left mandible; **B**, right mandible; **C**, maxillula; **D**, maxilla; **E**, maxilliped.

the epimeron (vs all epimeron grooved in *D. echinatus*, *D. carrapicho* Campos-Filho, López-Orozco & Taiti, n. sp., and *D. spinatus*; about two thirds of the epimeron lenth in *D. obscurus*), telson with distal margin slightly convex (vs concave in *D. echinatus*; slightly concave in *D. carrapicho* Campos-Filho, López-Orozco & Taiti, n. sp.; slightly convex in *D. obscurus*; straight in *D. spinatus*), eyes composed of about 10 ommatidia (vs about 20 in *D. echinatus* and *D. spinatus*; 16 in *D. obscurus*), mandibles with molar penicil semi-dichotomized (vs simple in all other species), and uropod protopod with distal portion subquadrangular (vs subrectangular in *D. echinatus*, *D. obscurus*, and *D. spinatus*; triangular in *D. carrapicho* Campos-Filho, López-Orozco & Taiti, n. sp.) (see also Campos-Filho *et al.* 2017; Cardoso *et al.* 2023).

This species is considered to be a troglophile due to the absence of troglomorphic characteristics. It probably inhabits caves to exploit their resources and favourable micro-habitat conditions (Fernandes *et al.* 2016, 2019).

Genus *Gabunillo* Schmalfuss & Ferrara, 1983

Gabunillo Schmalfuss & Ferrara, 1983: 128.

TYPE SPECIES. — *Gabunillo coecus* Schmalfuss & Ferrara, 1983, by original designation and monotypy (see Schmidt & Leistikow 2004).

DIAGNOSIS. — After Schmalfuss & Ferrara (1983): animals of reduced size (up to 3.5 mm); endoantennal conglobation; roller (*sensu* Schmalfuss 1984); dorsal surface smooth bearing triangular or fringed scale-setae; pereonites 1-7 with one line of short *noduli laterales* per side; cephalon with lateral lobes not well-developed, frontal shield fused with cephalon, frontal line interrupted on middle, suprantennal line absent; eyes reduced or absent; pereonite 1 epimera with schisma on posterior corners, lateral margin grooved; pereonite 2 and 3 epimera with transverse ventral ridge, sometimes absent; telson triangular; antennula of three articles; antennal flagellum of two articles, apical organ short; mandibles with molar penicil dichotomized, left mandible with 2+1 penicils, right mandible with 1+1 penicils; maxillula outer endite of 4+4 teeth, outer set apically entire; maxilla bilobate; uropod protopod enlarged and flattened, exopod very short inserted sub-terminally; pleopod exopods without respiratory structures.

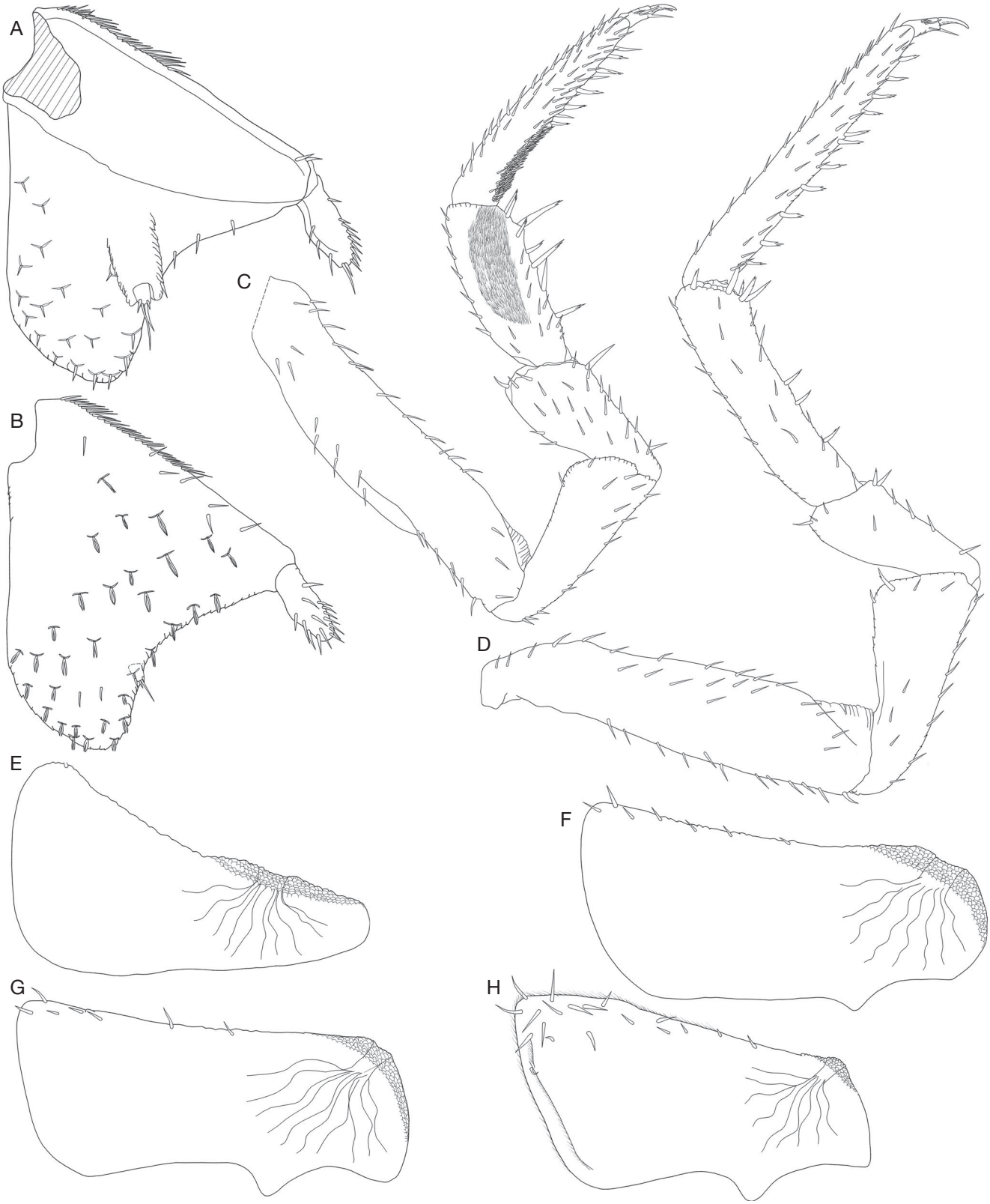


FIG. 29. — *Diploexochus exu* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp., female paratype LES 28003: **A**, uropod, frontal view; **B**, uropod; **C**, pereopod 1; **D**, pereopod 7; **E**, pleopod 2 exopod; **F**, pleopod 3 exopod; **G**, pleopod 4 exopod; **H**, pleopod 5 exopod.

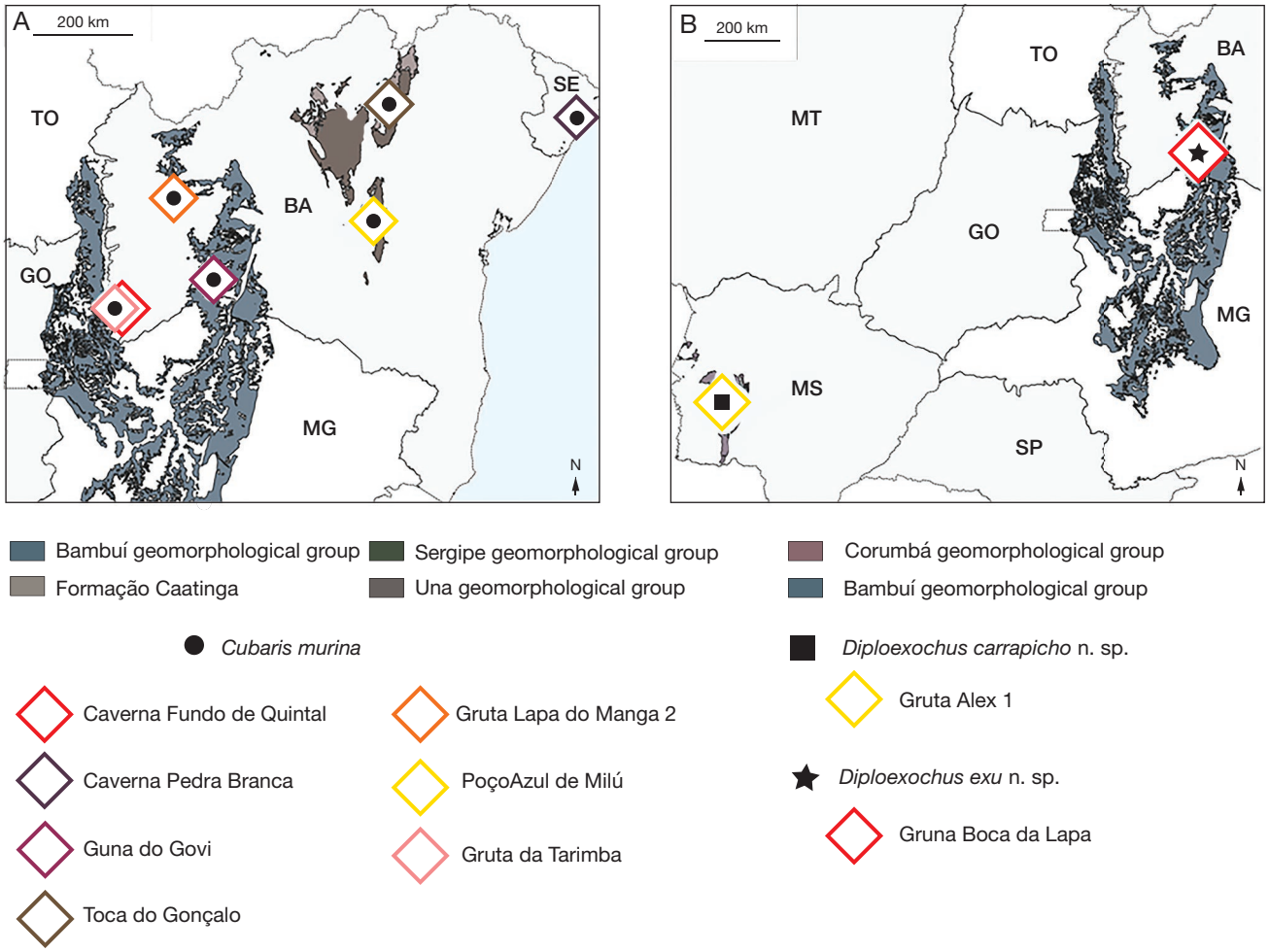


Fig. 30. — Distribution map of the Armadillidae representatives: **A**, *Cubaris murina* (Brandt, 1833); **B**, *Diploexochus carrapicho* Campos-Filho, López-Orozco & Taiti, n. sp., and *D. exu* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp. Abbreviations of states: **BA**, Bahia; **GO**, Goias; **MG**, Minas Gerais; **MS**, Mato Grosso do Sul; **MT**, Mato Grosso; **SE**, Sergipe; **SP**, São Paulo; **TO**, Tocantins.

Gabunillo enfurnado
Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp.
(Figs 31-34; 49A)

urn:lsid:zoobank.org:act:A4EE21C6-925C-468A-BAFA-269C98E8E6C9

Microsphaeroniscus sp. – Fernandes *et al.* 2016: 7, table 1; 2019: 1110, fig. 2d, table 1.

Type material.— **Holotype. Brazil** • ♀; Gruta do Enfurnado cave, Coribe, state of Bahia; 13°38'45"S, 44°12'08"W; 15.IV.2010; M. E. Bichuette & J. E. Gallão leg.; LES 28004.
Paratypes. Brazil • Same data as holotype: 16 ♀ (one in micropreparations); LES 6416 • 4 ♀; LES 6415; 18 ♀, 6416; 3 ♀, 6417; 16 ♀, 6418) • 2 ♀; same locality as holotype; VII.2007; M. E. Bichuette, F. D. Passos & B. S. Brito leg; LES 6421 • 2 ♀; same as previous; LES 6423 • 8 ♀; same as previous; LES 6425 • 1 ♀; same locality and collectors as previous; 11.VIII.2007; LES 6426 • 1 ♀; same locality as holotype; 5.V.2007; E. Trajano & D. Sansone leg.; LE 6422 • 7 ♀; same locality and collectors as previous; IX.2007; LES 6428 • 1 ♀; same locality and collectors as previous; LES 6429 • 1 ♀; same locality and collectors as previous; LES 6430.

Etymology. — The new species is named after the locality where the specimens were collected, Gruna do Enfurnado. In Portuguese, the term 'enfurnado' is a verbal term meaning 'to be placed in the cave'.

Description
Maximum body length: 3.5 mm. Body pigments and eyes absent. Body strongly convex (Figs 31A; 34A). Dorsal surface covered with triangular scale-setae (Figs 31B; 34D). *Noduli laterales* short inserted near posterior margins and more or less at same distance from lateral margins (Fig. 31E, G). Cephalon (Figs 31A, C, D; 34B, C) with frontal shield subquadrangular, frontal line faintly visible. Pereonite 1 epimera with convex lateral margins, anterior corners directed frontwards, outline continuous with cephalon; pereonite 2-4 epimera rounded, 5-7 subquadrangular; pereonite 1 epimera laterally grooved on all length, ventral lobe of schisma rounded, not surpassing dorsal lobe; pereonite 2 epimera without ventral lobe (Fig. 31A, C, E-H). Pleonite 3-5 epimera subquadrangular, outline continuous with that of pereonite 7; telson with lateral margins slightly concave (Figs 31A, I; 34A). Antennula (Fig. 31J)

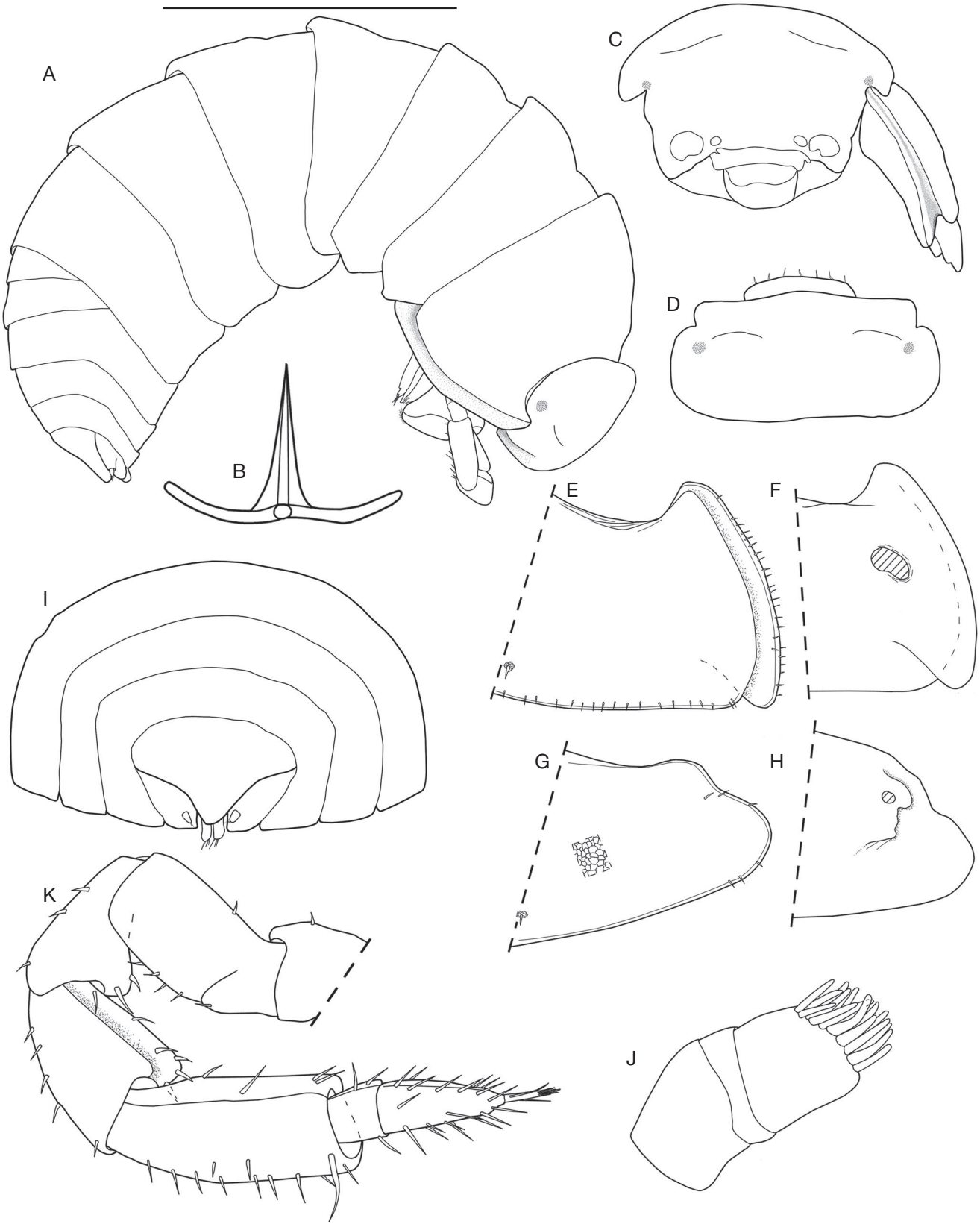


FIG. 31. — *Gabunillo enfurnado* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp., female paratype, LES 6416: **A**, lateral habitus; **B**, scale-seta; **C**, cephalon and pereonites 1 and 2, frontal view; **D**, cephalon, dorsal view; **E**, pereonite 1 epimeron, dorsal view; **F**, pereonite 1 epimeron, ventral view; **G**, pereonite 2 epimeron, dorsal view; **H**, pereonite 2 epimeron, ventral view; **I**, pleonites 3-5, telson, and uropods, dorsal view; **J**, antenulla; **K**, antenna. Scale bar: A, 1 mm.

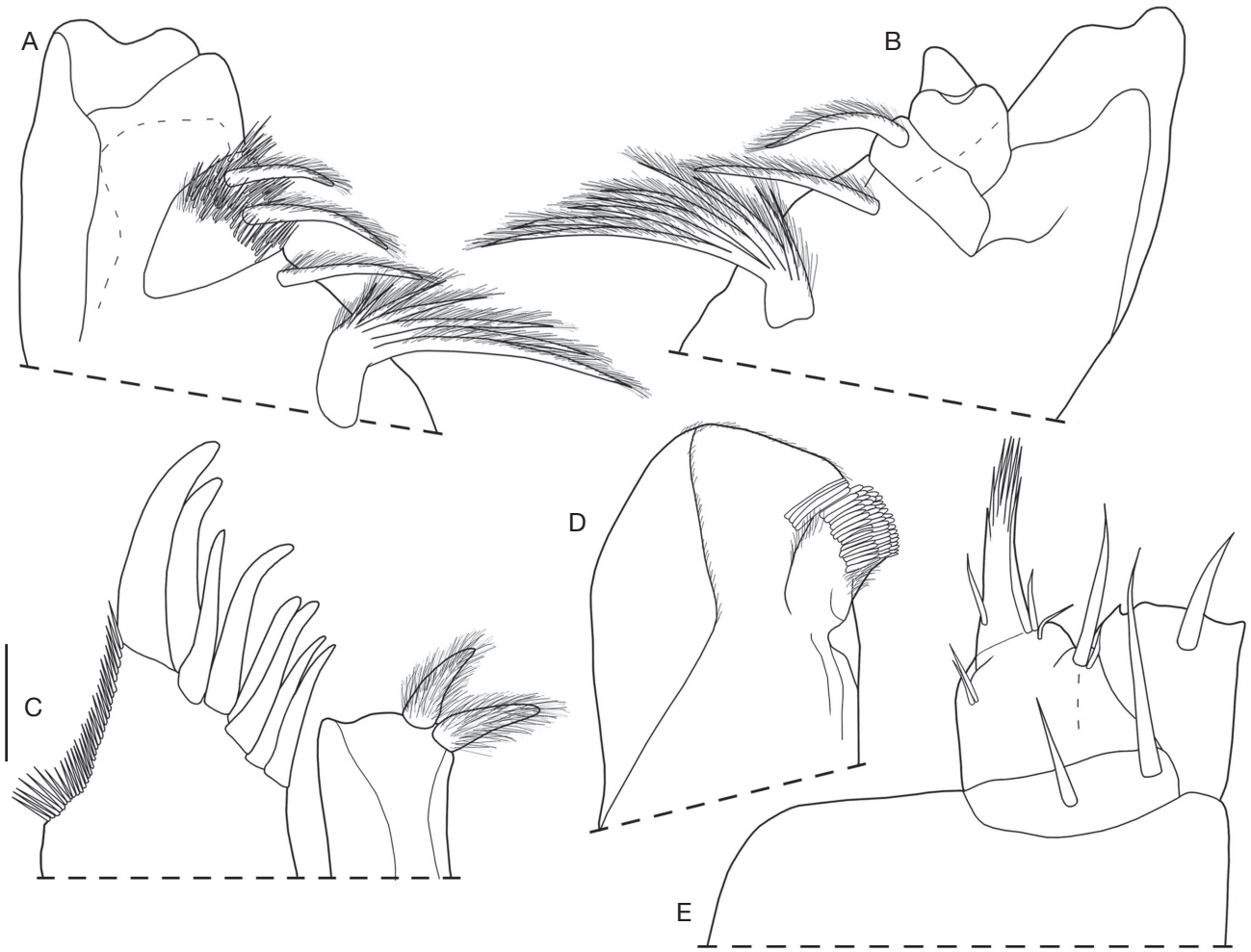


FIG. 32. — *Gabunillo enfurnado* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp., female paratype, LES 6416: **A**, left mandible; **B**, right mandible; **C**, maxillula; **D**, maxilla; **E**, maxilliped.

proximal and distal articles similar in length, distal article bearing many apical aesthetascs. Antenna (Fig. 31K) short, stout, not surpassing pereonite 1 when extended backwards; flagellum distal article twice as long as proximal article; apical organ bearing two long free sensilla. Mandibles (Fig. 32A, B) with dense cushion of setae on incisor process, molar penicil of 7-9 branches. Maxillula (Fig. 32C) inner endite with two transverse apical penicils, distal margin bearing outer tip; outer endite as in diagnosis. Maxilla (Fig. 32D) inner lobe rounded covered with thick setae; outer lobe rounded, three times as wide as inner lobe, covered with thin setae. Maxilliped (Fig. 32E) palp with two distinct setae on proximal article; endite subrectangular, medial seta strong, surpassing distal margin, distal margin with inner tip and one triangular seta. Pereopods stout; pereopod 1-7 merus to propodus bearing sparse setae on sternal margin and apically cleft; pereopod 1 carpus with short transverse antennal grooming brush; dactylus of two claws, inner claw short, ungual and dactylar setae simple, not surpassing outer claw (Fig. 33B, C). Uropod (Fig. 33A) protopod subtriangular, filling gap between pleonite 5 and telson, endopod inserted proximally, and surpassing protopod. Pleopod 1 exopod (Fig. 33D) ovoid. Pleopod 2 exopod (Fig. 33E) subtriangular, medial margin serrate, distal margin slightly concave bearing two small setae. Pleopod 3 and 4 exopods (Fig. 33F, G) rectangular, medial margin truncated and serrate, distal margin straight bearing small setae. Pleopod 5 exopod (Fig. 33H) triangular, medial margin serrate, distal margin slightly convex bearing short setae.

REMARKS

The genus *Gabunillo* was erected by Schmalfuss & Ferrara (1983) to include the troglobitic species *G. coecus* from Grotte de Pahau and Grotte de N'Doumbou, Lastourville, Gabon. Souza *et al.* (2010) described a second species, *G. aridicola* Souza, Senna & Kury, 2010 from Gruta do Sobradinho cave, Aiuába, state of Ceará, Brazil.

In the SEM photographs of *G. aridicola* provided by Souza *et al.* (2010), it is possible to observe that the pereonite 1

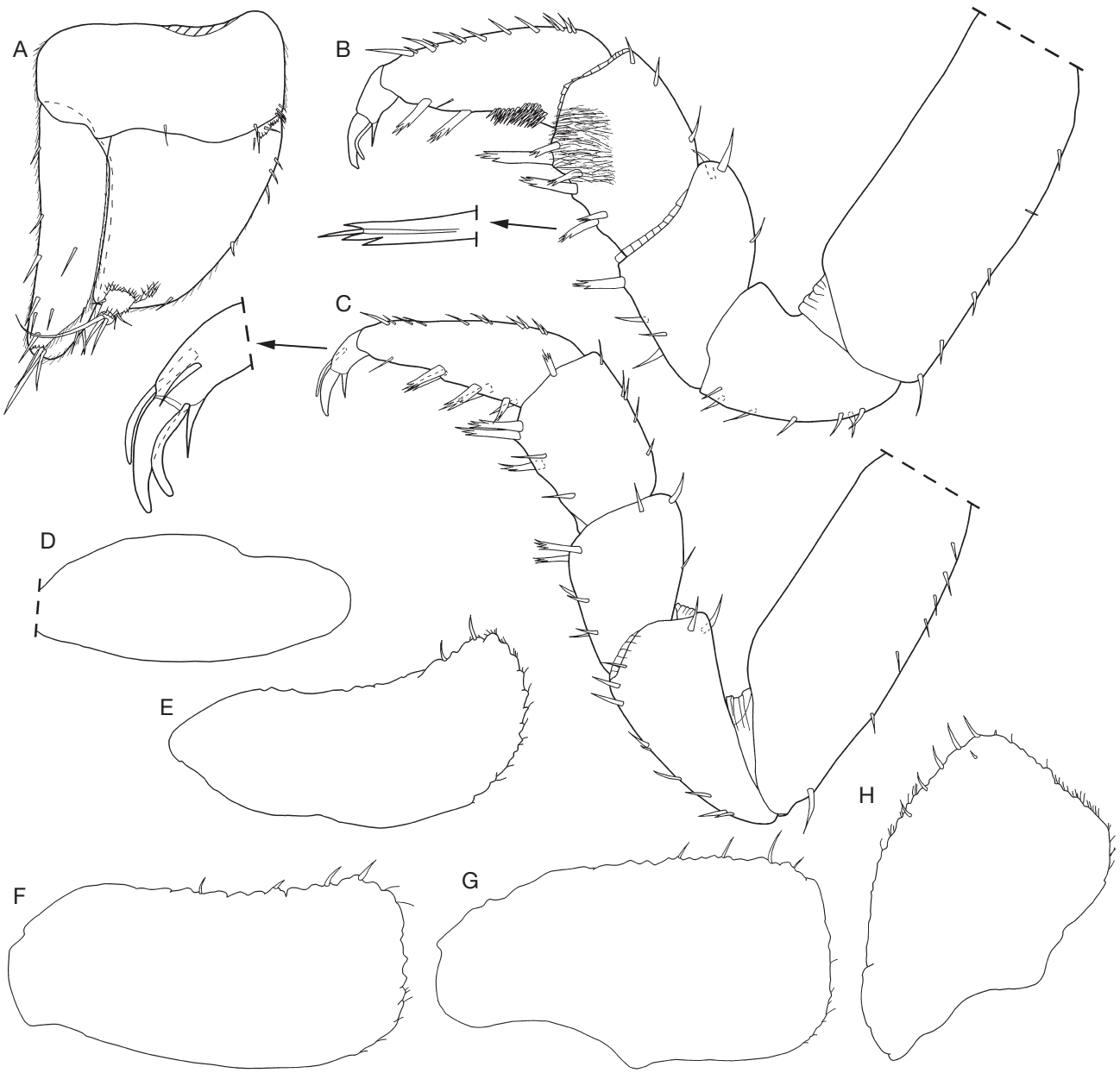


FIG. 33. — *Gabunillo enfurnado* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp., female paratype, LES 6416: **A**, uropod; **B**, pereopod 1; **C**, pereopod 7; **D**, pleopod 1 exopod; **E**, pleopod 2 exopod; **F**, pleopod 3 exopod; **G**, pleopod 4 exopod; **H**, pleopod 5 exopod.

epimeron is grooved on its posterior corner and not developing along its lateral margin, the pereonite 1-3 epimera have ventral lobes, that are less developed on pereonites 2 and 3, the uropod protopod is trapezoidal with short exopod dorsally inserted, and the pleopod exopods have a lateral opening, typical of covered monospiracular pleopodal lungs (see also Paoli *et al.* 2002). Considering these characters, *G. aridicola* does not belong to *Gabunillo* but a reexamination of this species is necessary for its correct generic placement.

Gabunillo enfurnado Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp. is considered to be a troglobitic due to the absence of body pigments and eyes. The cave where the specimens were collected, Gruna do Enfurnado, lies in the Brazilian xeric region, namely Caatinga. This region is part of the Chacoan Domain (see Morrone *et al.* 2022).

Genus *Venezillo* Verhoeff, 1928

Venezillo Verhoeff, 1928b: 113.

TYPE SPECIES. — *Armadillo clausus* Budde-Lund, 1885, by monotypy (see Schmidt & Leistikow 2004).

DIAGNOSIS. — See Carpio-Díaz *et al.* (2018).

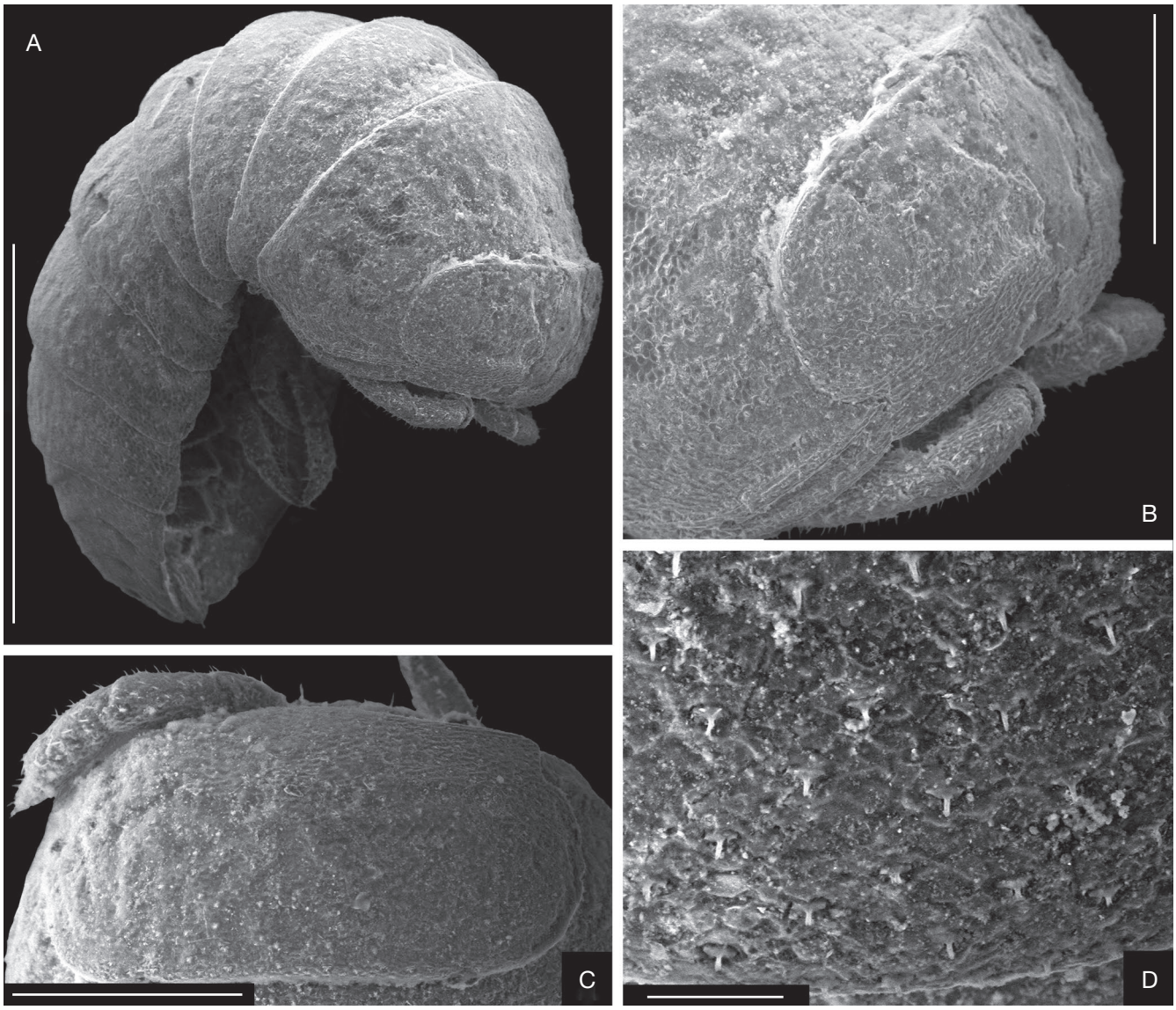


FIG. 34. — *Gabunillo enfurnado* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp., SEM photographs: **A**, habitus, lateral-oblique view; **B**, pereonite 1 epimeron and cephalon; **C**, cephalon, dorsal view; **D**, dorsal cuticle. Scale bar: A, 500 µm; B, C, 300 µm; D, 50 µm.

Venezillo congener (Budde-Lund, 1904)
(Figs 4A; 49B)

Armadillo congener Budde-Lund, 1904: 108.

Venezillo congener – Campos-Filho *et al.* 2019: 438, figs 14-16, 17D.

MATERIAL EXAMINED. — **Brazil** • 1 ♂, 5 ♀, 1 juvenile; Lapa do Bezerra cave, São Domingos, state of Goiás; 13°32'50.6"S, 46°22'34.7"W; 610 m a.s.l.; 20.XI.2020; M. E. Bichuette, J. E. Gallão, J. S. Gallo, D. F. Torres, G. C. Rabello & V. F. Sperandei leg.; LES 28005.

DISTRIBUTION. — Species endemic to Brazil recorded from the states of Goiás and Mato Grosso do Sul (Campos-Filho *et al.* 2018a, 2019). It is considered a troglophile and has been recorded from several caves in São Domingos, state of Goiás (Campos-Filho *et al.* 2019).

Venezillo moreirai
Campos-Filho, Carpio-Díaz & Bichuette, n. sp.
(Figs 35-37; 49B)

urn:lsid:zoobank.org:act:61959E04-6D41-456D-A115-2419CF6912DE

TYPE MATERIAL. — **Holotype. Brazil** • ♂; Lapa do Bode cave, Ituaçu, state of Bahia; 13°50'10.14"S, 41°17'5.14"W; II.2019; M. E. Bichuette, D. F. Torres & J. E. Gallão leg.; LES 28006.
Paratypes. Brazil • 1 ♂ (parts in micropreparations), 2 ♀ (one with parts in micropreparations); same data as holotype; LES 28007.

ETYMOLOGY. — The new species is named *in memoriam* of the Brazilian musician Antônio Carlos Moraes Pires, also known as Moraes Moreira. The musician was born in the municipality of Ituaçu, and he was famous for his engagement with the Brazilian cultural movement "Novos Baianos", with compositions allusive to the culture of the country.

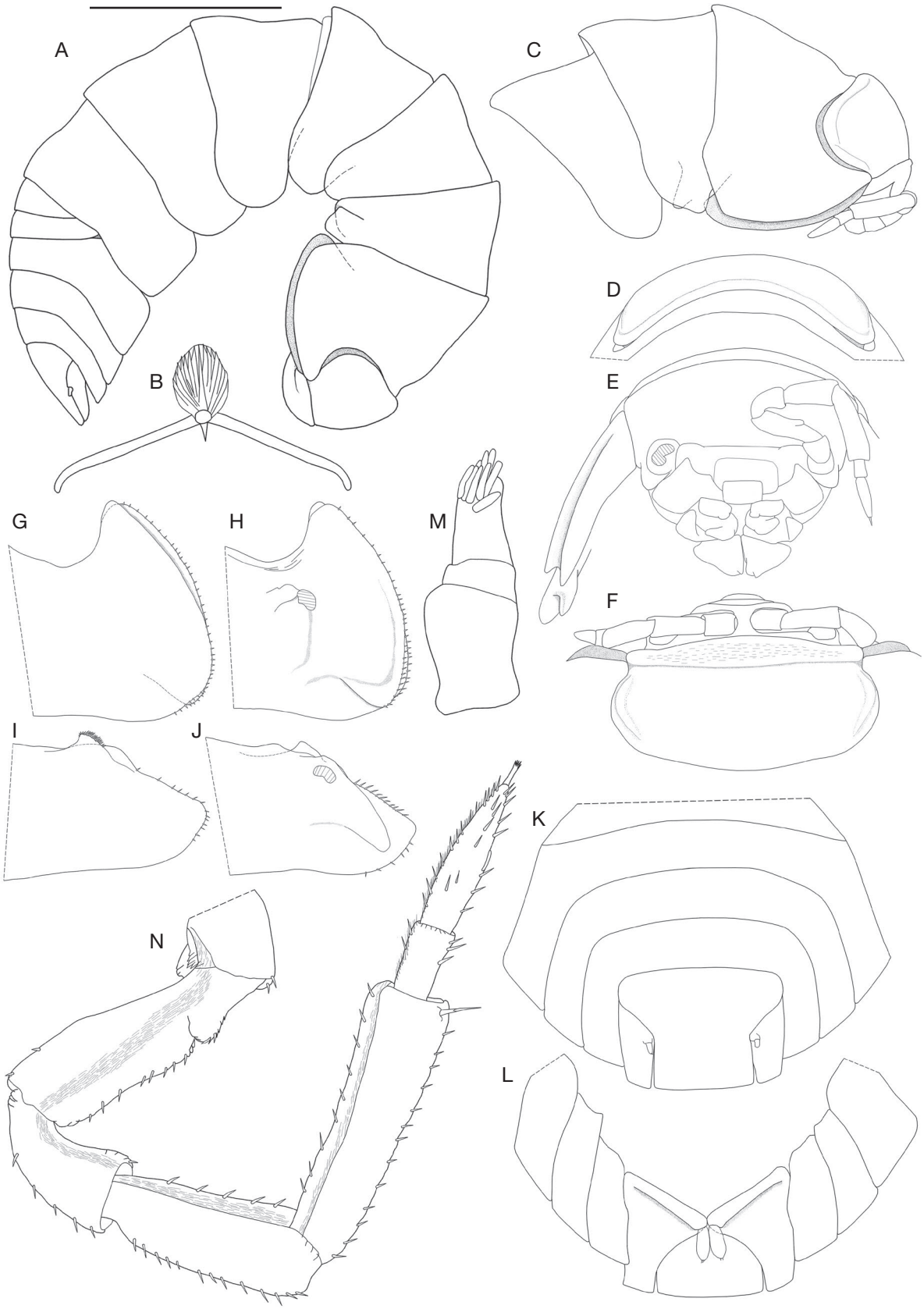


FIG. 35. — *Venezillo moreirai* Campos-Filho, Carpio-Díaz & Bichuette, n. sp., female paratype, LES 28007: **A**, lateral habitus; **B**, scale-seta; **C**, cephalon and pereonites 1-3, lateral view; **D**, cephalon, back view; **E**, cephalon and pereonites 1 and 2, frontal view; **F**, cephalon and pereonite 1 epimera, dorsal view; **G**, pereonite 1 epimeron, dorsal view; **H**, pereonite 1 epimeron, ventral view; **I**, pereonite 2 epimeron, dorsal view; **J**, pereonite 2 epimeron, ventral view; **K**, pleonites 3-5, telson, and uropods, dorsal view; **L**, pleonites 3-5 epimera, telson, and uropods, ventral view; **M**, antenulla; **N**, antenna. Scale bar: A, 1 mm.

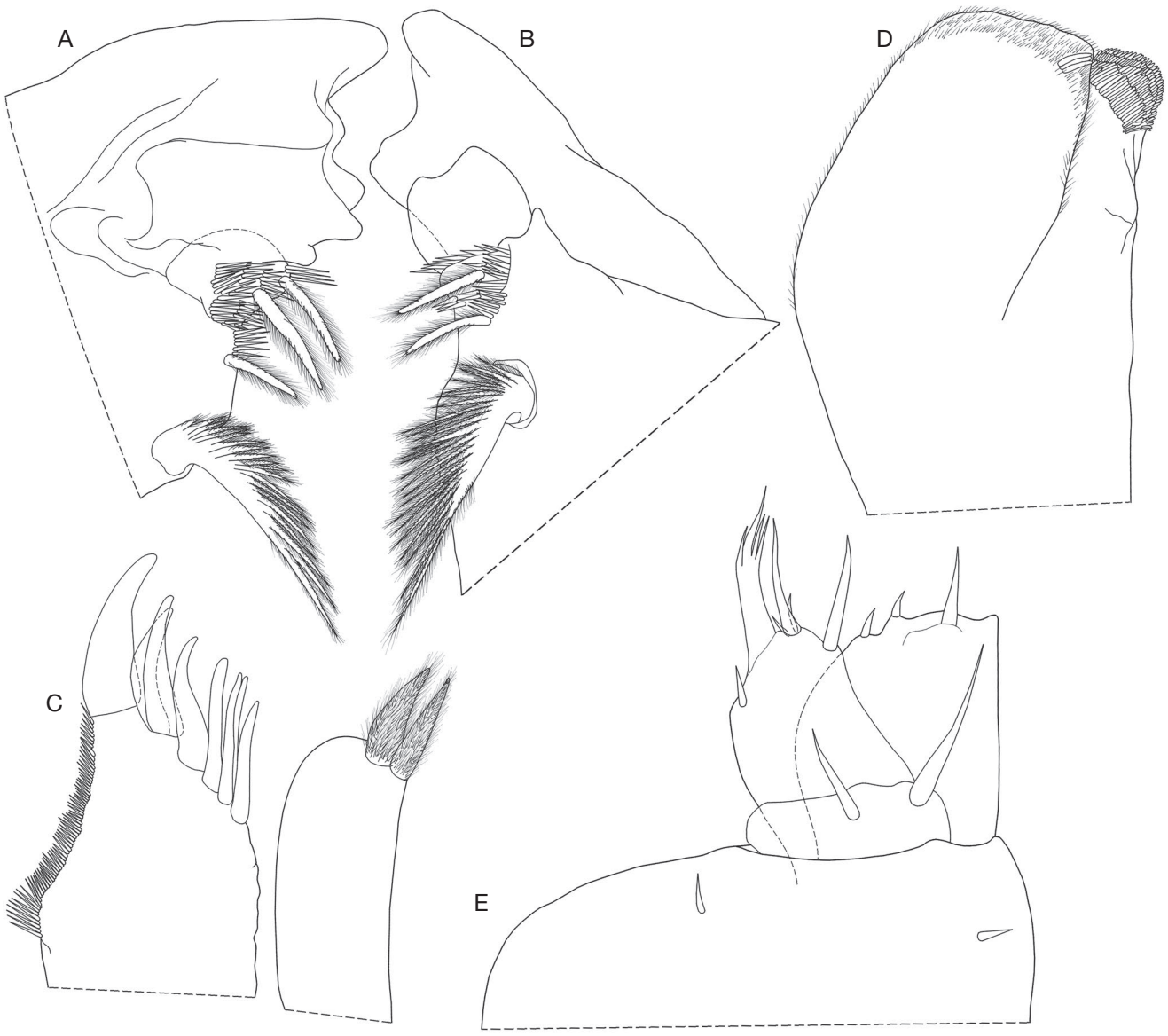


FIG. 36. — *Venezillo moreirai* Campos-Filho, Carpio-Díaz & Bichuette, n. sp., female paratype, LES 28007: **A**, left mandible; **B**, right mandible; **C**, maxillula; **D**, maxilla; **E**, maxilliped.

DESCRIPTION

Maximum body length: ♂ 6.5 mm, ♀ 6 mm. Color faintly brown with typical muscle spots insertions; pereonite 1-7 epimera, pleon and proximal portions of telson and uropods more pigmented. Body in lateral view as in Figure 35A. Dorsal surface smooth with fan-shaped semicircular scale-setae (Fig. 35B). One line of small *noduli laterales* per side, inserted near posterior margins. Cephalon (Fig. 35C-F) with rectangular frontal shield, slightly bent backwards and not protruding above vertex, suprantennal line absent; eyes absent, only dots of pigments present. Pereonite 1 epimera rounded, anterior corner directed frontwards, schisma on posterior corners, inner and outer lobes of schisma rounded, ventral lobe shorter than dorsal lobe, lateral margin grooved throughout entire length; pereonite 2 epimera with ventral lobe obliquely directed outwards, not surpassing outer margin of epimeron; pereonite 3 epimera rounded, pereonite 4-7 epimera subquadrangular (Fig. 35A, G-J). Pleonite 3-5 epimera subrectangular, well developed; telson hourglass-shaped, proximal part slightly wider than distal one, distal margin straight (Fig. 35K, L). Antennula (Fig. 35M) of three articles, proximal and distal articles subequal in length, distal article with about nine aesthetascs. Antenna (Fig. 35N) short and stout, distal article of peduncle longer than flagellum; flagellum of two articles, distal article three times as long as proximal one, bearing two lateral aesthetascs; apical organ short bearing two sensilla. Mandibles with molar penicil semidichotomized, left mandible (Fig. 36A) with 2+1 penicils, and right mandible (Fig. 36B) with 1+1 penicils. Maxillula (Fig. 36C) inner endite with two penicils, distal margin rounded; outer endite of 4+4 teeth, all simple. Maxilla (Fig. 36D) inner lobe rounded covered with thick setae; outer lobe twice as wide as inner lobe, rounded and covered with



FIG. 37. — *Venezillo moreirai* Campos-Filho, Carpio-Díaz & Bichuette, n. sp., **A**, **B**, female paratype, LES 28007: (**A**) uropod, frontal view; (**B**) uropod; **C**-**J**, male paratype, LES 28007: pereopod 1 (**C**); pereopod 7 (**D**); genital papilla (**E**); pleopod 1 exopod (**F**); pleopod 2 exopod (**G**); pleopod 3 exopod (**H**); pleopod 4 exopod (**I**); pleopod 5 exopod (**J**).

thin setae. Maxilliped (Fig. 36E) basis subrectangular; proximal article of palp with two long setae; endite subquadrangular, medial seta surpassing distal margin, outer margin rounded, distal margin bearing two short triangular setae. Pereopod 1 carpus with transverse antennal grooming brush; dactylus with inner claw reaching median portion of outer claw, dactylar and ungual setae simple, not surpassing outer claw. Uropod (Fig. 37A, B) protopod subrectangular, flattened, inner margin concave, endopod inserted proximally, exopod short, inserted dorsally on slight protuberance. Pleopod exopods with monospiracular covered lungs.

Male

Pereopods (Fig. 37C, D) without particular modifications; pereopod 7 ischium with sternal margin straight. Genital papilla (Fig. 37E) with slender and triangular ventral shield, two subapical orifices. Pleopod 1 (Fig. 37F) exopod triangular, wider than long, medial margin rounded, outer margin straight with one short seta; endopod three times as long as exopod, distal portion slightly directed outwards and bearing short setae. Pleopod 2 (Fig. 37G) exopod triangular, outer margin distinctly concave bearing many short setae; endopod flagelliform, longer than exopod. Pleopod 3-5 exopods as in Figure 37H-J.

Remarks

The genus *Venezillo* comprises 136 species widely distributed in the tropics (Boyko *et al.* 2008; Schmalfuss 2003). The genus is mainly characterized by the conglobation ability, one line of *noduli laterales* per side, large frontal shield of the cephalon, pereonite 1 with a schisma, pereonite 2 with a triangular ventral lobe, telson hourglass-shaped, and pleopod exopods with monospiracular covered lungs (see Arcangeli 1957; Carpio-Díaz *et al.* 2018). As mentioned previously, *Venezillo* has many species dubiously assigned to it (see Schmalfuss 2003), and many descriptions were based on generic characteristics, not allowing comparisons. The genus needs a full revision to clarify its taxonomy.

To date, only one species of the genus, *V. congener*, is known from Brazil (see Campos-Filho *et al.* 2018a, 2019).

Venezillo moreirai Campos-Filho, Carpio-Díaz & Bichuette, n. sp. is distinguished from *V. congener* in the absence of ommatidia (vs eyes composed of 18 ommatidia in *V. congener*), pereonite 1 epimera with ventral lobe of schisma shorter than outer lobe (vs subequal in *V. congener*), pereonite 2 epimera with ventral lobe concave on posterior margin and distally rounded (vs straight posterior margin and triangular in *V. congener*), pereonite 3 epimera without ventral lobe or notch (vs present in *V. congener*), and male pleopod 1 exopod with outer margin straight (vs sinuous in *V. congener*) (see Campos-Filho *et al.* 2019).

Based on the faint pigmentation and the absence of eyes, the species is considered to be a troglobite. As for *Gabunillo enfurnado* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp. too, the locality where the specimens of *V. moreirai* Campos-Filho, Carpio-Díaz & Bichuette, n. sp. were collected lies within the Brazilian xeric region of Caatinga, Chacoan subregion (Morrone *et al.* 2022).

Venezillo garimpeiro

Campos-Filho, Borja-Arrieta & Bichuette, n. sp.

(Figs 38-40; 49B)

urn:lsid:zoobank.org:act:06791B62-09E8-4A3F-BD26-C4E8F327A96F

Type material. — **Holotype. Brazil** • ♂ (parts in micropreparations); Gruta do Lapão cave, Lençois, Chapada Diamantina, state of Bahia; 12°32'25.30"S, 41°24'9.75"W; 17.II.2020; M. E. Bichuette, D. F. Torres, G. C. Rabello & J. E. Gallão leg.; LES 28008. **Paratypes. Brazil** • 2 ♀ (one with parts in micropreparations); same data as holotype; LES 28009.

Etymology. — The new species name refers to the people who work in the "garimpo". In Brazil, the term garimpo means the place where gold or diamonds are extracted in alluvial lands or breaking gravel, and the people working there are popularly called "garimpeiros".

Description

Maximum body length: ♂ 7.5 mm, ♀ 7 mm. Color brown with typical muscle spot insertions. Body in lateral view as in Figure 38A. Dorsal surface smooth with semicircular scale-setae (Fig. 38B). One line of small *noduli laterales* per side, inserted near posterior margins. Cephalon (Fig. 38C-G) with rectangular frontal shield, slight bent backwards and slightly protruding above vertex, suprantennal line absent; eyes with 11 ommatidia. Pereonite 1 epimera with rounded lateral margin, anterior corner directed frontwards, schisma on posterior corners, inner and outer lobes of schisma rounded, ventral lobe shorter than dorsal lobe, lateral margin grooved about half of its length; pereonite 2 epimera with ventral lobe obliquely directed outwards, not surpassing outer margin; pereonite 3-7 epimera subquadrangular (Fig. 38A, D, H-K). Pleonite 3-5 epimera subrectangular, well developed; telson hourglass-shaped, proximal part slightly wider than distal one, distal margin straight (Fig. 38L, M). Antennula (Fig. 38N) of three articles, proximal and distal articles subequal in length, distal article bearing about eight aesthetascs at apex. Antenna (Fig. 38O) short and stout, distal article of peduncle longer than flagellum; flagellum of two articles, distal article three times as long as proximal one, bearing two lateral aesthetascs; apical organ short bearing two sensilla. Mandibles with molar penicil semidichotomized, left mandible (Fig. 39A) with 2+1 penicils, and right mandible (Fig. 39B) with 1+1 penicils. Maxillula (Fig. 39C) inner endite with two penicils, distal margin rounded; outer endite of 4+6 teeth, all simple. Maxilla (Fig. 39D) inner lobe rounded covered with thick setae; outer lobe twice as wide as inner lobe, rounded and covered with thin setae. Maxilliped (Fig. 39E) basis subrectangular; proximal article of palp with two setae distinct in length; endite subquadrangular, medial seta surpassing distal margin, outer margin rounded, distal margin bearing two short triangular setae. Pereopod 1 carpus with transverse antennal grooming brush; dactylus with inner claw reaching median portion of outer claw, dactylar and ungual setae simple, not surpassing outer claw. Uropod (Fig. 38L, M) protopod subrectangular, flattened, inner margin concave, endopod inserted proximally, exopod short, inserted dorsally on slight protuberance. Pleopod exopods with monospiracular covered lungs.

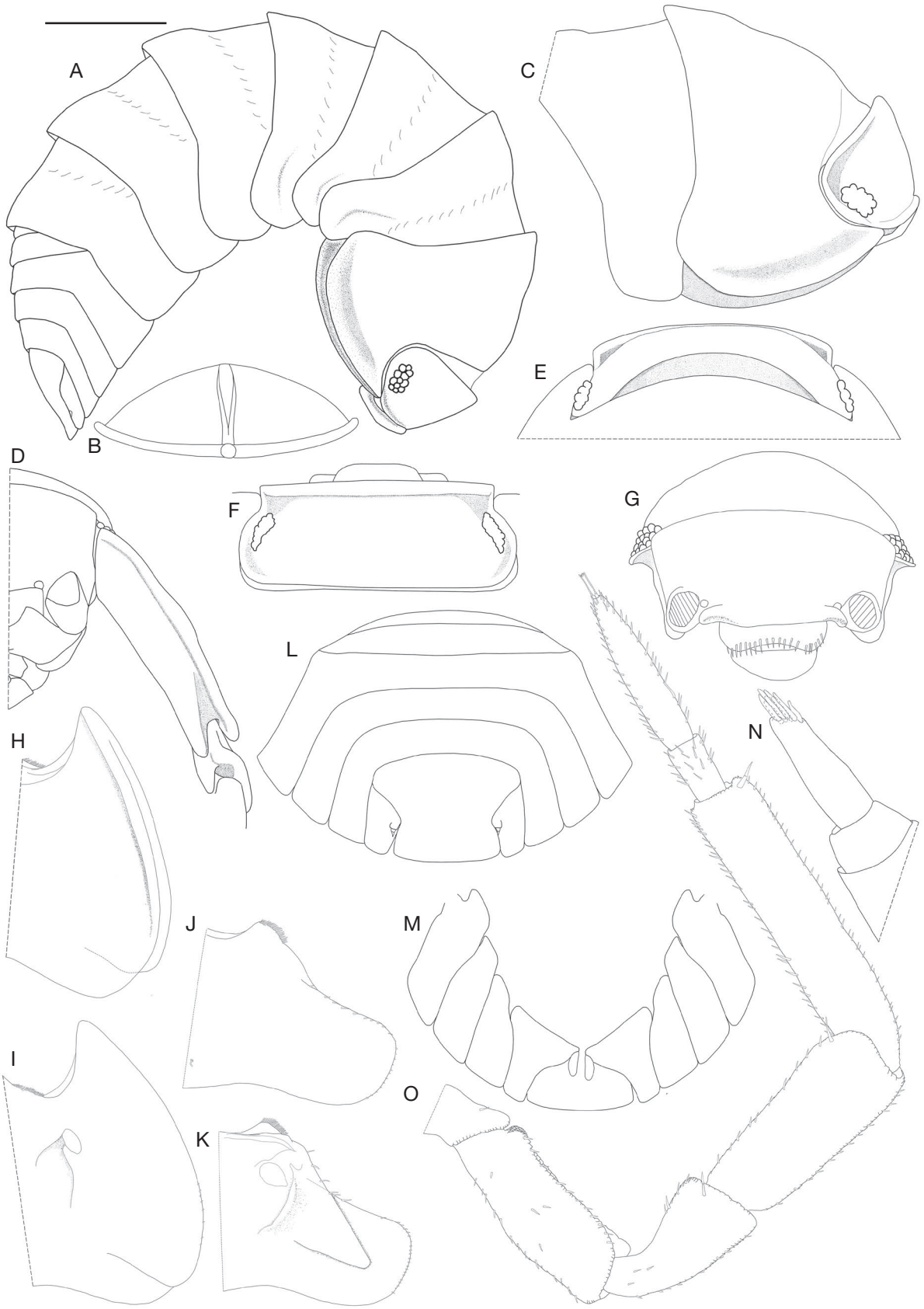


FIG. 38. — *Venezillo garimpeiro* Campos-Filho, Borja-Arrieta & Bichuette, n. sp., female paratype, LES 28009: **A**, lateral habitus; **B**, scale-seta; **C**, cephalon and pereonites 1 and 2, lateral view; **D**, cephalon and pereonites 1 and 2, frontal view; **E**, cephalon and pereonite 1, back view; **F**, cephalon, dorsal view; **G**, cephalon, frontal view; **H**, pereonite 1 epimeron, dorsal view; **I**, pereonite 1 epimeron, ventral view; **J**, pereonite 2 epimeron, dorsal view; **K**, pereonite 2 epimeron, ventral view; **L**, pleon, telson, and uropods, dorsal view; **M**, pleonite 3-5 epimera, telson, and uropods, ventral view; **N**, antennula; **O**, antenna. Scale bar: A, 1 mm.

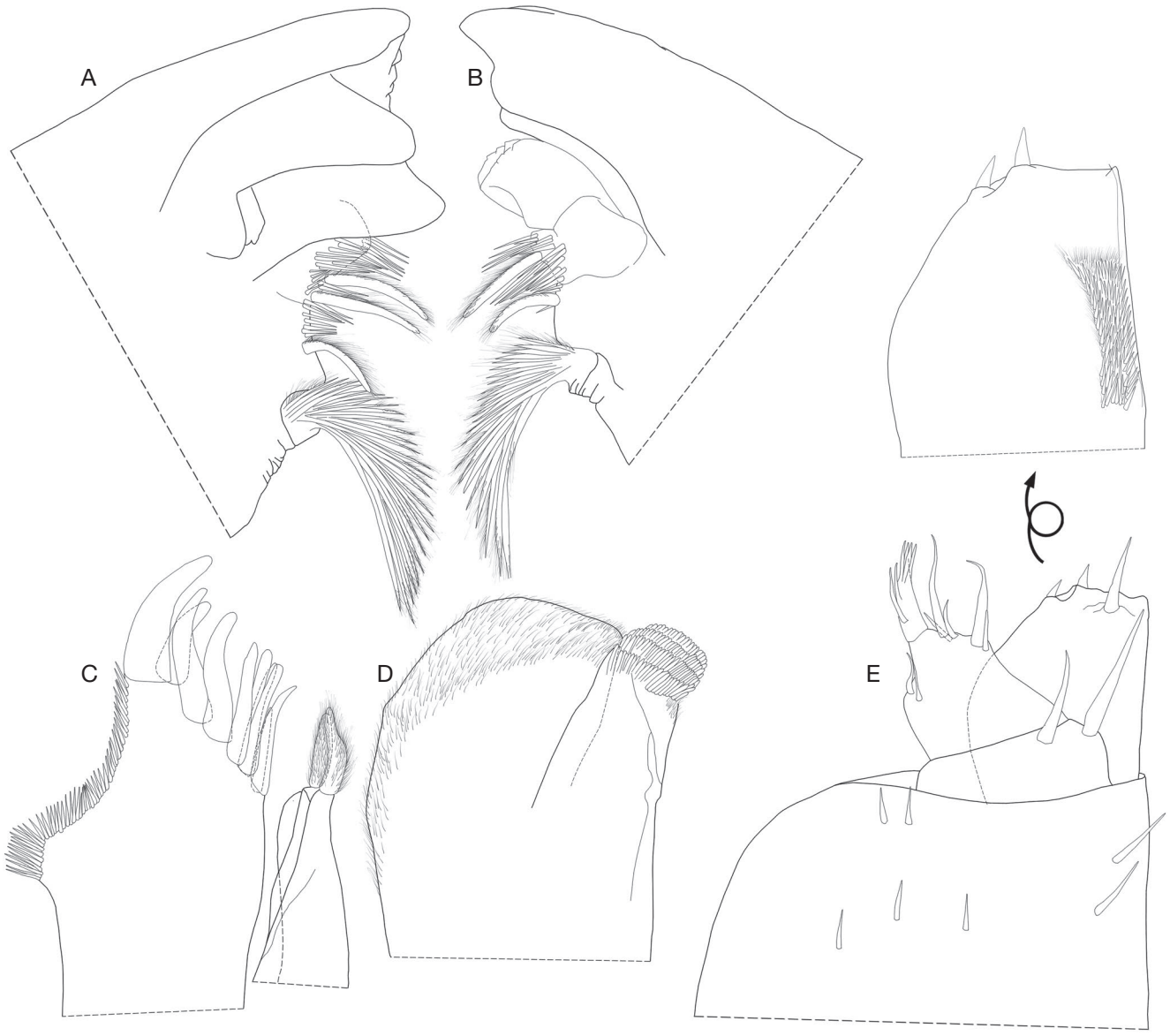


Fig. 39. — *Venezillo garimpeiro* Campos-Filho, Borja-Arrieta & Bichuette, n. sp., female paratype, LES 28009: **A**, left mandible; **B**, right mandible; **C**, maxillula; **D**, maxilla; **E**, maxilliped.

Male

Pereopods (Fig. 40A, B) without particular modifications; pereopod 7 ischium with sternal margin straight. Genital papilla (Fig. 40C) with slender and triangular ventral shield, two subapical orifices. Pleopod 1 (Fig. 40D) exopod triangular, as wide as long, medial margin rounded, outer margin slightly concave, medial and outer margins bearing many short setae; endopod twice as long as exopod, distal portion slightly directed outwards and bearing short setae, subapically slightly inflated. Pleopod 2 (Fig. 40E) exopod triangular, outer margin distinctly concave bearing many setae; endopod flagelliform, longer than exopod. Pleopod 3-5 exopods as in Figure 40F-H.

Remarks

The new species is among the Neotropical representatives of *Venezillo* with a smooth dorsal surface, and is comparable with those having 10-13 ommatidia, namely *V. colomboi* (Arcangeli, 1929) (12 ommatidia) and *V. sanchezi* (Boone, 1934) (13 ommatidia) from Cuba, *V. nevadensis* (Mulaik, 1960) (13 ommatidia) from Mexico, and *V. zigzag* (Dollfus, 1896) (12 ommatidia) from Caribbean islands (see Van Name 1936; Mulaik 1960). Moreover, *V. garimpeiro* Campos-Filho, Borja-Arrieta & Bichuette, n. sp. differs in having the pereonite 1 epimera grooved for about half of their length (vs one quarter in *V. colomboi* and *V. nevadensis*, in all length in *V. sanchezi* and *V. zigzag*), pereonite 1 epimera with ventral lobe of schisma not surpassing dorsal lobe (vs surpassing in *V. nevadensis*), male pereopod 7 basis without distal sternal lobe covered with thin setae (vs present in *V. colomboi*), and male pleopod 1 exopod as wide as long (vs twice as wide as long in *V. colomboi*) (see Arcangeli 1929; Van Name 1936; Mulaik 1960).

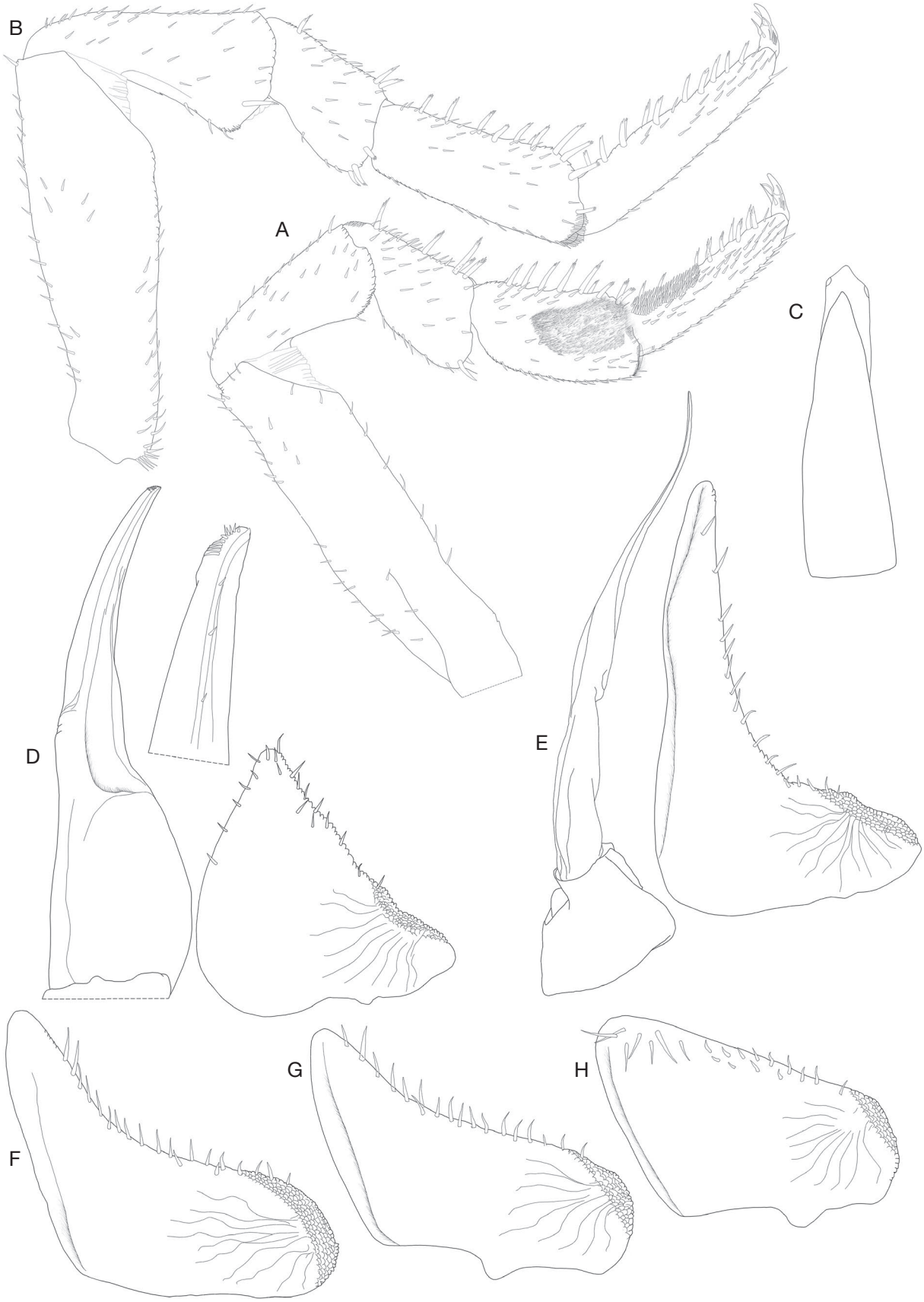


Fig. 40. — *Venezillo garimpeiro* Campos-Filho, Borja-Arrieta & Bichuette, n. sp., male holotype, LES 28008: **A**, pereopod 1; **B**, pereopod 7; **C**, genital papilla; **D**, pleopod 1 exopod; **E**, pleopod 2 exopod; **F**, pleopod 3 exopod; **G**, pleopod 4 exopod; **H**, pleopod 5 exopod.

This species is considered to be a troglophile due to the absence of troglomorphic characters. The locality where the specimens were collected is located in the high plateau ranges in the central-southern region of the state of Bahia, exhibiting a mosaic of Caatinga and Atlantic Forest domains (Morrone *et al.* 2022).

Venezillo dioi Campos-Filho, Araujo & Taiti, n. sp. (Figs 41-43; 49B)

urn:lsid:zoobank.org:act:498666A4-9867-465B-AEDB-49D0DC77C399

TYPE MATERIAL. — **Holotype. Brazil** • ♂ (parts in micropreparations); Gruna Bem Bom cave, Carinhanha, state of Bahia; 13°35'03.3"S, 43°57'51.2"W, 692 m a.s.l.; 28.XI.2015; M. E. Bichuette & J. E. Gallão leg.; LES 28010.

ETYMOLOGY. — The new species is named after Diocleciano Pereira Pinto Neto, also known as Dió, who assures the preservation of the Gruna Bem Bom cave.

DESCRIPTION

Body length: 5 mm. Color brown with typical muscle spot insertions. Body in lateral view as in Figure 41A. Cephalon and pereonite 1 with low bosses, pereonites 2-7 and pleon smooth; dorsal surface bearing semicircular scale-setae (Fig. 41B). One line of small *noduli laterales* per side, inserted near posterior margins (Fig. 41A). Cephalon (Fig. 41C-F) with rectangular frontal shield slightly protruding above eyes in frontal view, slightly bent backwards above vertex, not protruding above vertex, suprantennal line absent; eyes with about 15 ommatidia. Pereonite 1 epimera with rounded lateral margins, anterior corner directed frontwards, schisma on posterior corners, ventral and dorsal lobes of schisma rounded, ventral lobe slightly shorter than outer lobe, lateral margin grooved for entire length; pereonite 2 epimera with ventral lobe obliquely directed outwards, not surpassing outer margin of epimeron; pereonite 2-4 epimera with rounded lateral margin, 5-7 subquadrangular (Fig. 41A, G-J). Pleonite 3-5 epimera subrectangular, well developed; telson hour-glass shaped, proximal part wider than distal one, distal margin straight (Fig. 41K, L). Antennula (Fig. 41M) of three articles, proximal and distal articles similar in length, distal article bearing about six aesthetascs. Antenna (Fig. 41N) short and stout, distal article of peduncle longer than flagellum; flagellum of two articles, distal article about twice as long as proximal one, bearing two lateral aesthetascs; apical organ short bearing two sensilla. Mandibles with molar penicil semidichotomized, left mandible (Fig. 42A) with 2+1 penicils, and right mandible (Fig. 42B) with 1+1 penicils. Maxillula (Fig. 42C) inner endite with two transverse penicils, distal margin rounded; outer endite of 4+6 teeth, all simple, accessory tooth on outer set. Maxilla (Fig. 42D) inner lobe rounded covered with thick setae; outer lobe about twice as wide as inner lobe, rounded and covered with thin setae. Maxilliped (Fig. 42E) basis subrectangular; proximal article of palp with two setae distinct in length; endite subquadrangular, medial seta surpassing distal margin, outer margin rounded, distal margin bearing two short triangular setae. Uropod (Fig. 43A) protopod subrectangular, flattened, inner margin concave, endopod inserted proximally, exopod short, inserted dorsally on slight protuberance. Pereopod 1 (Fig. 43B) carpus with transverse antennal grooming brush; pereopod 7 (Fig. 43C) ischium with sternal margin straight; dactylus with inner claw reaching median portion of outer claw, dactylar and ungual setae simple, not surpassing outer claw. Genital papilla (Fig. 43D) with slender and triangular ventral shield, two subapical orifices. Pleopod exopods with monospiracular covered lungs. Pleopod 1 (Fig. 43E) exopod triangular, about twice as wide as long, medial margin rounded, outer margin sinuous, distal margin triangular; endopod three times as long as exopod, distal portion slightly bent outwards and bearing short setae. Pleopod 2 (Fig. 43F) exopod triangular, outer margin distinctly concave bearing few short setae; endopod flagelliform, longer than exopod. Pleopod 3-5 exopods as in Figure 43G-I.

REMARKS

Within the Neotropical *Venezillo*, only four species have eyes composed of 15 ommatidia, namely *V. galapagoensis* (Miers, 1877) from the Galápagos Islands (Ecuador), *V. jamaicensis* (Richardson, 1912) from Jamaica, *V. osorioi* (Mulaik, 1960) from Mexico, and *V. ramsdeni* (Boone, 1934) from Cuba. *Venezillo dioi* Campos-Filho, Araujo & Taiti, n. sp. differs in having the cephalon and pereonite 1 with low bosses (vs entire surface tuberculated in *V. galapagoensis* and *V. jamaicensis*, entire surface smooth in *V. osorioi* and *V. ramsdeni*), and pereonite 1 epimera grooved on entire length (vs half length in *V. galapagoensisi* and *V. jamaicensis*, one quarter of length in *V. osorioi* and *V. ramsdeni*) (see Van Name 1936).

The cave where the specimens were collected is located in the Brazilian xeric region of Caatinga (Morrone *et al.* 2022). This species is considered to be a troglophile due to the absence of troglomorphic characteristics.

Venezillo limai Campos-Filho, Carpio-Díaz & López-Orozco, n. sp. (Figs 44; 45; 49B)

urn:lsid:zoobank.org:act:046BDF22-196C-44EB-B6BA-4FDC40AB6842

TYPE MATERIAL. — **Holotype. Brazil** • 1 ♀ (parts in micropreparations); Lapa Doce cave system, Chapada Diamantina, state of Bahia; 12°20'3.8"S, 41°36'15.67"W; 701 m a.s.l.; 30.X.2016; M. E. Bichuette, J. E. Gallão & M. J. Rosendo leg.; LES 28011.

ETYMOLOGY. — The new species is named *in memoriam* of Simpliciano de Oliveira Lima Filho, also known as Sr Lima (Sr in Portuguese means mister). Mister Lima was a great discoverer of several caves in the Chapada Diamantina region, and founder of the Bahia Society of Speleology (SBAE) (in Portuguese, Sociedade Bahiana de Espeleologia). To date, he is considered a reference among speleologists all over the country, and a great protector of caves in the state of Bahia.

DESCRIPTION

Body length: 4 mm. Body pigments absent. Body in lateral view as in Figure 44A. Dorsal surface smooth bearing semicircular scale-setae (Fig. 44B). One line of small *noduli laterales* per side, inserted near posterior margins (Fig. 44A).

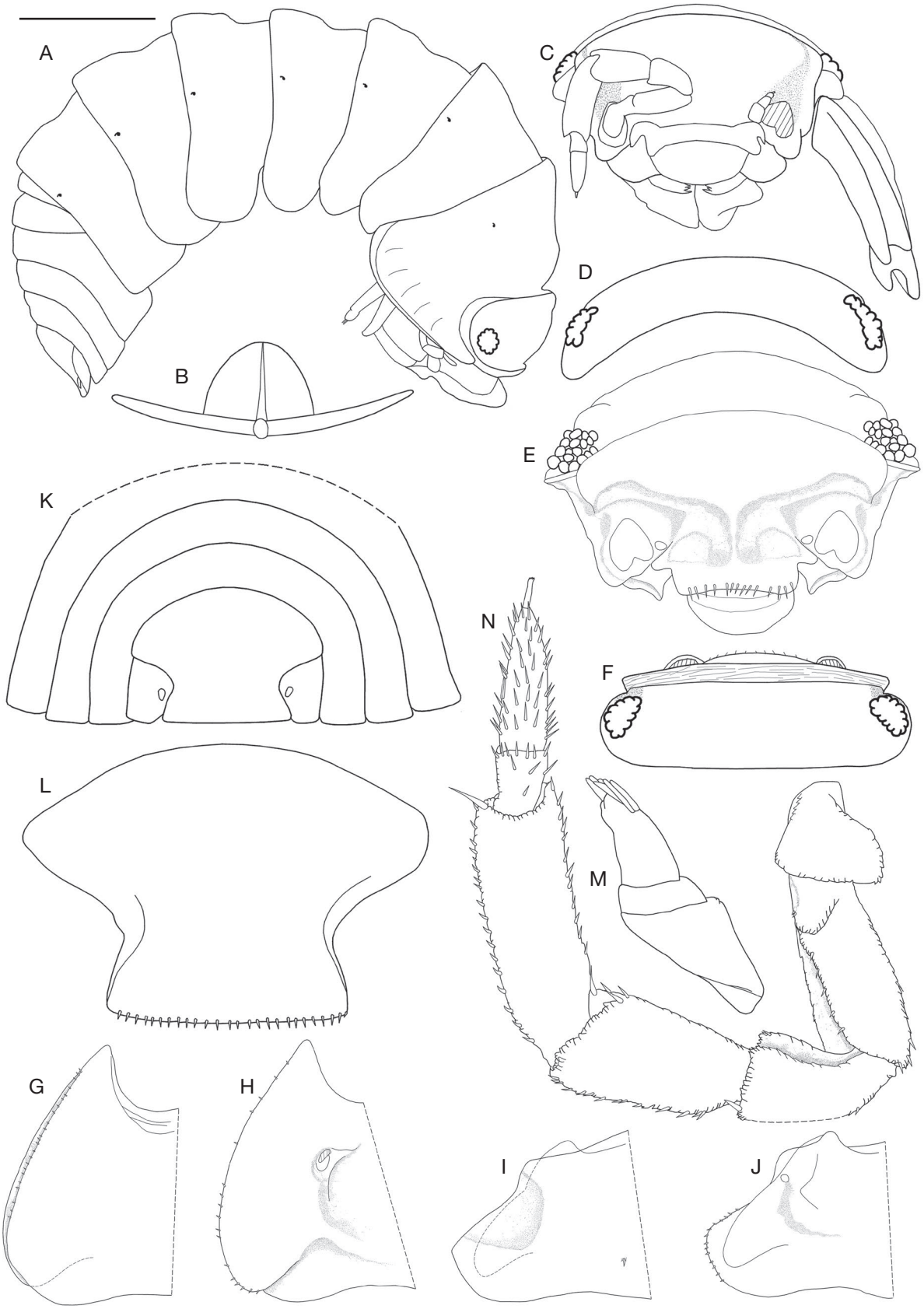


FIG. 41. — *Venezillo dioi* Campos-Filho, Araujo & Taiti, n. sp., male holotype, LES 28010: **A**, lateral habitus; **B**, scale-seta; **C**, cephalon and pereonites 1 and 2, frontal view; **D**, cephalon, back view; **E**, cephalon, frontal view; **F**, cephalon, dorsal view; **G**, pereonite 1 epimeron, dorsal view; **H**, pereonite 1 epimeron, ventral view; **I**, pereonite 2 epimeron, dorsal view; **J**, pereonite 2 epimeron, ventral view; **K**, pleonites 3-5, telson, and uropods, dorsal view; **L**, telson; **M**, antennula; **N**, antenna. Scale bar: A, 1 mm.

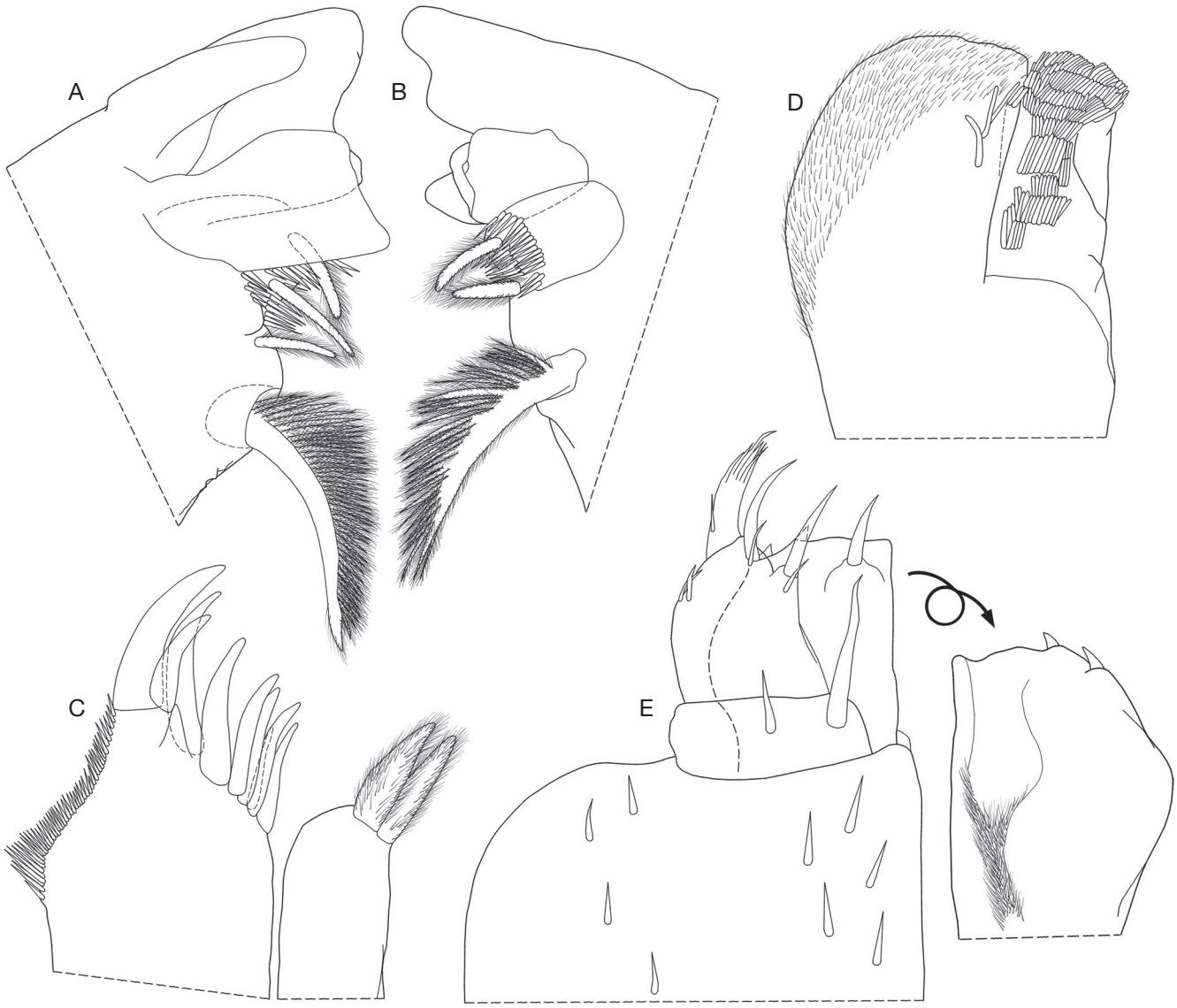


FIG. 42. — *Venezillo dioi* Campos-Filho, Araujo & Taiti, n. sp., male holotype, LES 28010: **A**, left mandible; **B**, right mandible; **C**, maxillula; **D**, maxilla; **E**, maxilliped.

Cephalon (Fig. 44A, C) with rectangular frontal shield, slightly bent backwards and not protruding above vertex, suprantennal line absent; eyes absent, few dots of pigments visible on eyes position. Pereonite 1 epimera with rounded lateral margin, anterior corner directed frontwards, schisma on posterior corners, ventral and dorsal lobes of schisma rounded and subequal, lateral margins grooved for entire length; pereonite 2 epimera with ventral lobe obliquely directed outwards, posterior margin concave, not surpassing outer margin of epimeron; pereonite 2 epimera rectangular, 3-7 subquadrangular (Fig. 44A, D-G). Pleonites 3-5 epimera subrectangular, well developed; telson hourglass-shaped, proximal part wider than distal one, distal margin straight (Fig. 44H). Antennula (Fig. 44I) of three articles, proximal article longest, distal article bearing about six aesthetascs. Antenna (Fig. 44J) short and stout, distal article of peduncle longer than flagellum; flagellum of two articles, distal article about twice as long as proximal one, bearing four lateral aesthetascs; apical organ short bearing two sensilla. Mandibles with molar penicil semidichotomized, left mandible (Fig. 44K) with 2+1 penicils, and right mandible (Fig. 44L) with 1+1 penicils. Maxillula (Fig. 44M) inner endite with two penicils, distal margin rounded; outer endite of 4+5 teeth, all simple. Maxilla (Fig. 44N) inner lobe rounded covered with thick setae; outer lobe about three times as wide as inner lobe, rounded and covered with thin setae. Maxilliped (Fig. 44O) basis subrectangular; proximal article of palp with two setae distinct in length; endite subquadrangular, medial seta surpassing distal margin, outer margin rounded, distal margin bearing two short triangular setae. Uropod (Fig. 45A) protopod subrectangular, flattened, inner margin concave, endopod inserted proximally, exopod short, inserted dorsally on small protuberance. Pereopods 1-7 stout bearing sparse strong setae on sternal margin; pereopod 1 (Fig. 45B) carpus with

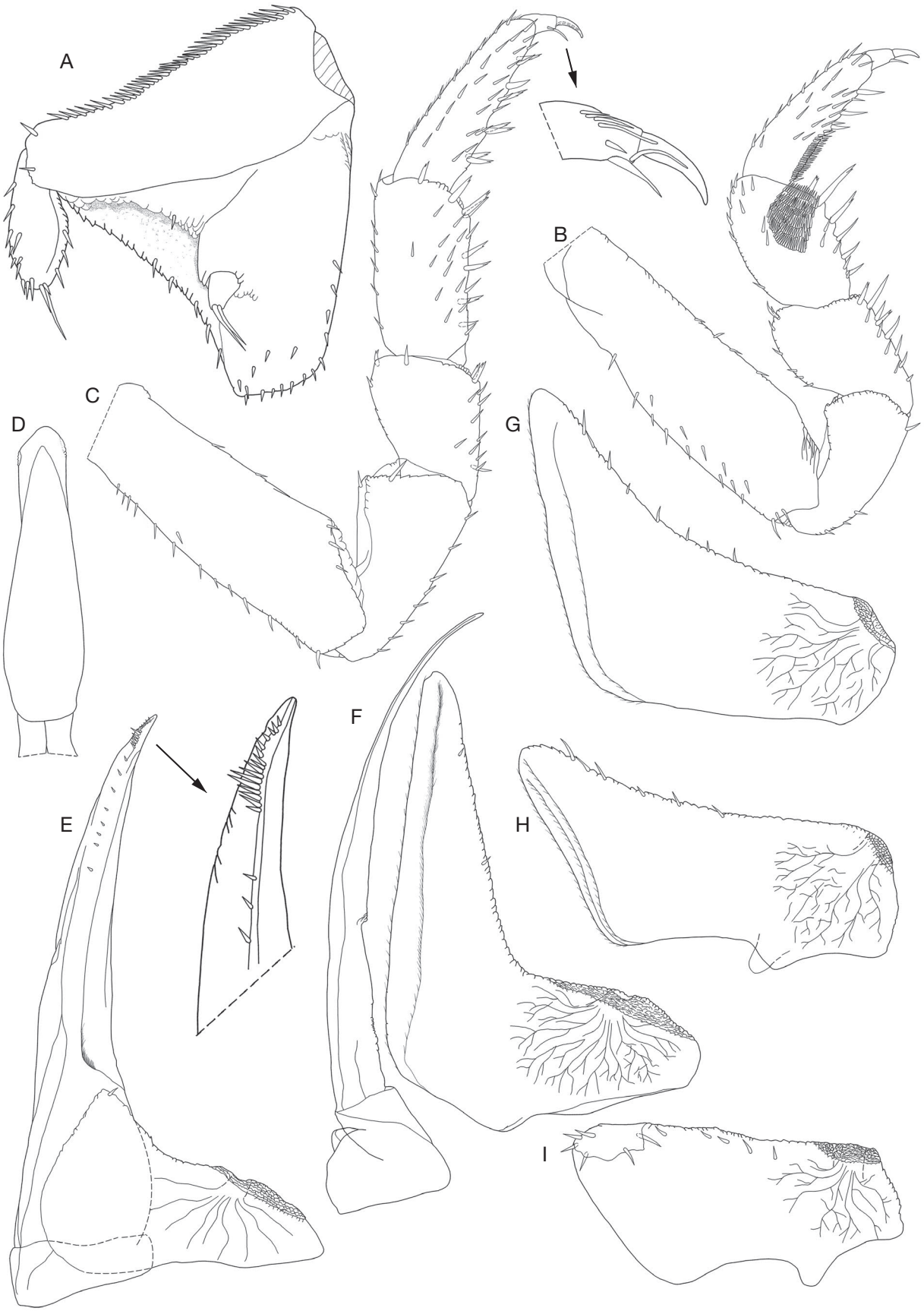


Fig. 43. — *Venezillo dioi* Campos-Filho, Araujo & Taiti, n. sp., male holotype, LES 28010: **A**, uropod; **B**, pereopod 1; **C**, pereopod 7; **D**, genital papilla; **E**, pleopod 1; **F**, pleopod 2; **G**, pleopod 3 exopod; **H**, pleopod 4 exopod; **I**, pleopod 5 exopod.

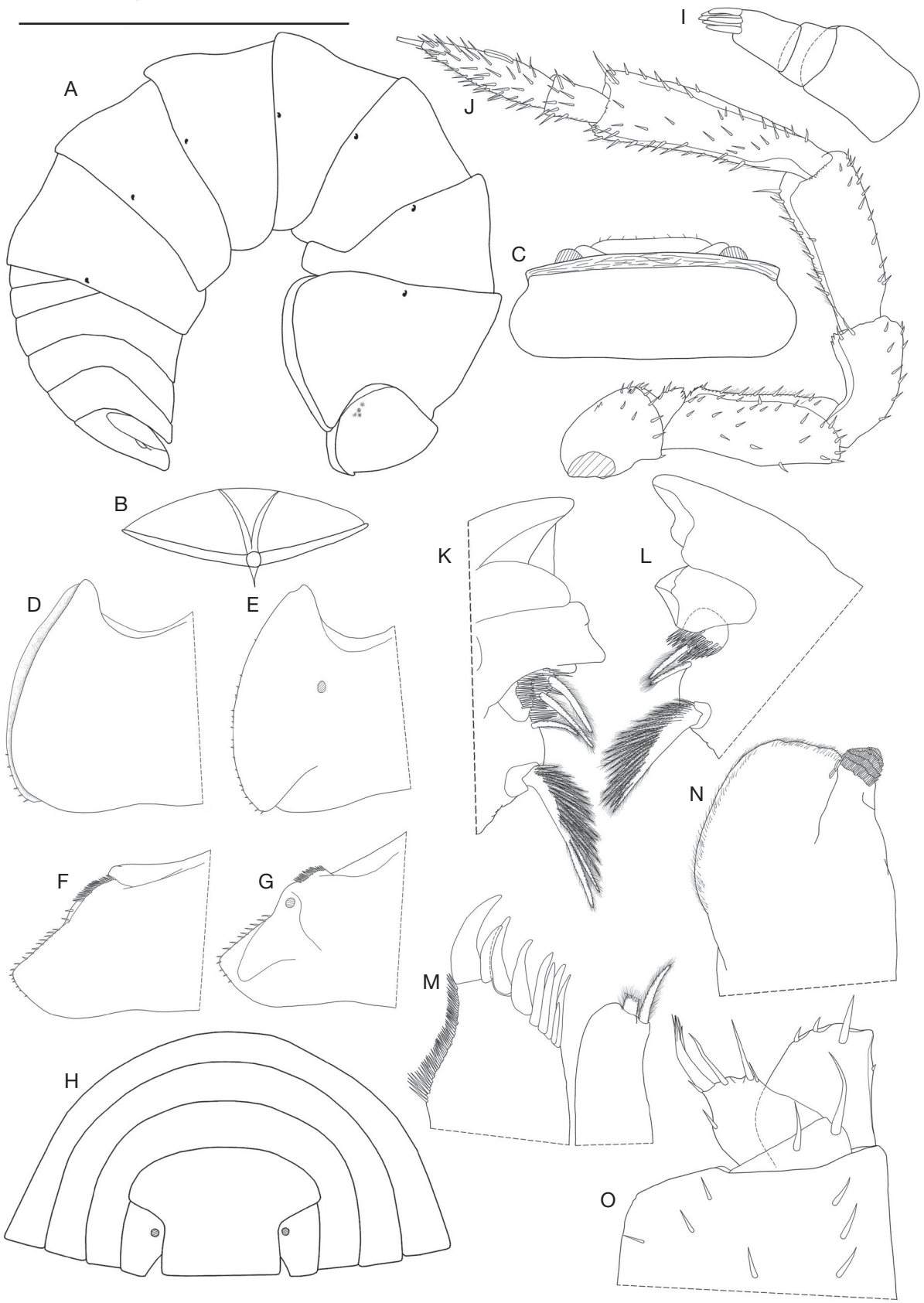


Fig. 44. — *Venezillo limai* Campos-Filho, Carpio-Díaz & López-Orozco, n. sp., female holotype, LES 28011: **A**, lateral habitus; **B**, scale-seta; **C**, cephalon, dorsal view; **D**, pereonite 1 epimeron, dorsal view; **E**, pereonite 1 epimeron, ventral view; **F**, pereonite 2 epimeron, dorsal view; **G**, pereonite 2 epimeron, ventral view; **H**, pleonites 3-5, telson, and uropods, dorsal view; **I**, antennula; **J**, antenna; **K**, left mandible; **L**, right mandible; **M**, maxillula; **N**, maxilla; **O**, maxilliped. Scale bar: A, 1 mm.

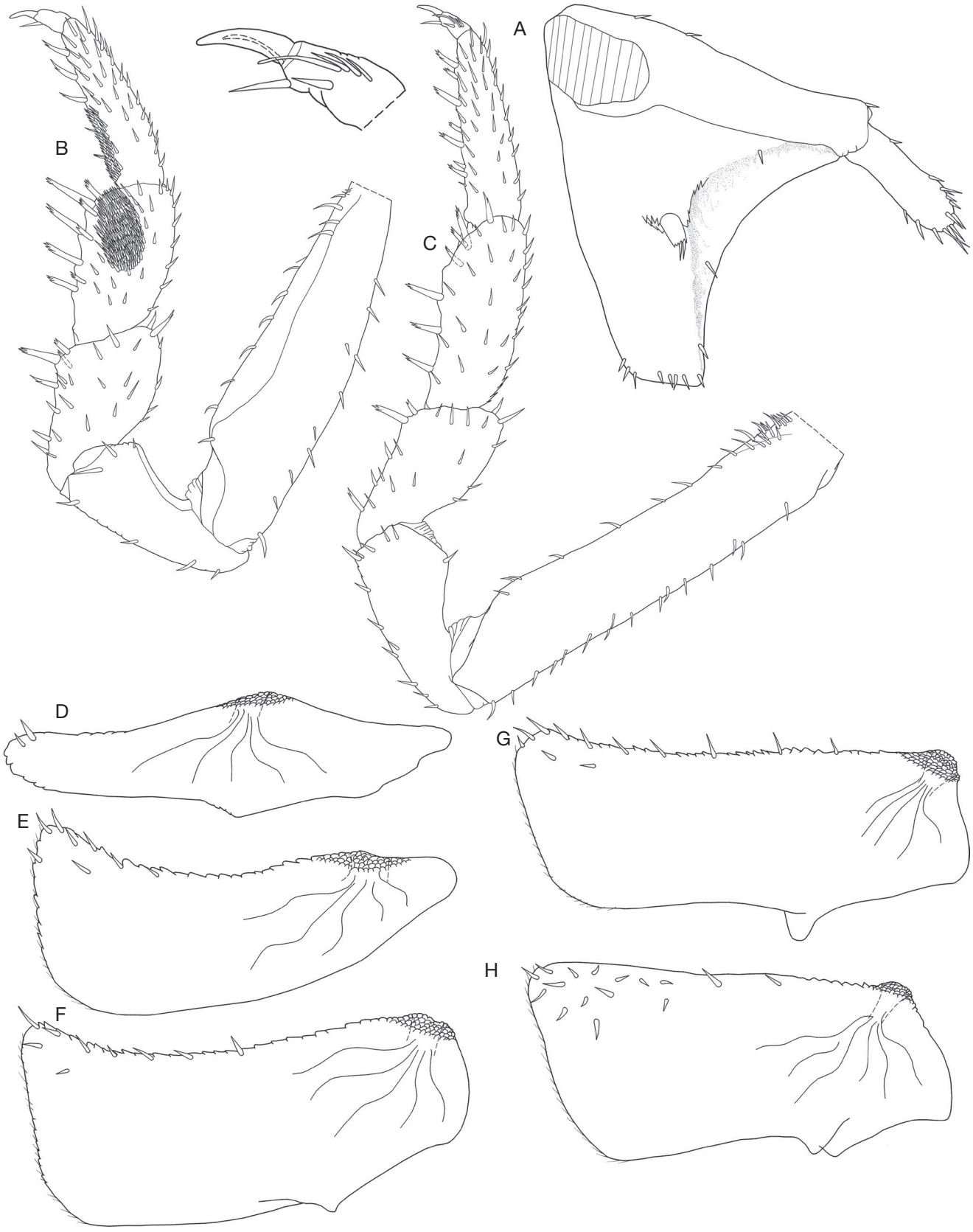


Fig. 45. — *Venezillo limai* Campos-Filho, Carpio-Díaz & López-Orozco, n. sp., female holotype, LES 28011: **A**, uropod; **B**, pereopod 1; **C**, pereopod 7; **D**, pleopod 1 exopod; **E**, pleopod 2 exopod; **F**, pleopod 3 exopod; **G**, pleopod 4 exopod; **H**, pleopod 5 exopod.

transverse antennal grooming brush; pereopod 7 (Fig. 45C) ischium with sternal margin straight; dactylus with inner claw reaching median portion of outer claw, dactylar and ungual setae simple, not surpassing outer claw. Pleopod exopods with monospiracular covered lungs (Fig. 45D-H).

Remarks

In the absence of ommatidia, *V. limai* Campos-Filho, Carpio-Díaz & López-Orozco, n. sp. is similar to *V. moreirai* Campos-Filho, Carpio-Díaz & Bichuette, n. sp.; however, it differs in the shape of the dorsal scale-setae, pereonite 1 epimera with lobes of the schisma subequal, pereonite 2 epimera rectangular. Moreover, the caves where both species were collected are geographically distant from each other (see Fig. 48).

Due to the absence of pigments and eyes, *V. limai* Campos-Filho, Carpio-Díaz & López-Orozco, n. sp. is considered to be a troglobite. Lapa Doce cave is placed into the Brazilian xeric region of Caatinga, Chacoan domain (Morrone *et al.* 2022).

Venezillo muriloi
Campos-Filho, Sfenthourakis & Taiti, n. sp.
(Figs 46-48; 49B)

urn:lsid:zoobank.org:act:16DEE86C-274A-4ECD-BAE3-52CECDC7942C

Type material. — **Holotype. Brazil** • ♂ (parts in micropreparations); Gruna do Govi cave, Feira da Mata, state of Bahia; 13°56'43.3"S, 44°14'26"W; 682 m a.s.l.; 12.X.2020; M. E. Bichuette, D. F. Torres, J. S. Gallo, L. S. Horta & J. E. Gallão leg.; LES 28048.

Etymology. — The new species is named after Murilo de Andrade Valle, a Brazilian speleologist of the Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas (GBPE), for his contribution to the knowledge of speleology and dedication to the conservation of the Brazilian subterranean habitats.

Description

Body length: 5,5 mm. Color brown with typical muscle spot insertions. Body in lateral view as in Figure 46A. Cephalon, pereon, and telson tuberculated, arranged as follow (Fig. 46B): cephalon with 14 tubercles, pereonite 1 with 24 tubercles, pereonites 2 with 18 tubercles, pereonites 3-6 with 16 tubercles, pereonite 7 with 14 tubercles, and telson with two tubercles. Dorsal surface bearing semicircular scale-setae (Fig. 46C). One line of small *noduli laterales* per side, inserted on lateral side of second tubercle from lateral margin (Fig. 46D, F). Cephalon (Fig. 46I-M) with rectangular frontal shield strongly protruding above vertex, upper portion slightly bent backwards, suprantennal line absent; eyes with about 20 ommatidia. Pereonite 1 epimera with rounded lateral margin, anterior corner directed frontwards, schisma on posterior corners, ventral and dorsal lobes of schisma rounded, ventral lobe shorter than dorsal lobe, lateral margin grooved for one quarter of length; pereonite 2 epimera with ventral lobe obliquely directed outwards, not surpassing outer margin of epimeron; pereonite 3-7 with ventral sulcus gradually increasing; pereonite 2-7 epimera subrectangular, pereonites 6 and 7 epimera with low sulcus on ventral side (Fig. 46A, D-H, J). Pleonite 3-5 epimera subrectangular, well developed; telson hourglass-shaped, proximal part wider than distal one, distal margin straight (Fig. 46N, O). Antennula (Fig. 46P) of three articles, proximal and distal articles similar in length, distal article bearing about five aesthetascs. Antenna (Fig. 46Q) short and stout, distal article of peduncle longer than flagellum; flagellum of two articles, distal article about four times as long as proximal one, bearing two lateral aesthetascs; apical organ short bearing two sensilla. Mandibles with molar penicil semi-dichotomized, left mandible (Fig. 47A) with 2+1 penicils, and right mandible (Fig. 47B) with 1+1 penicils. Maxillula (Fig. 47C) inner endite with two penicils, distal margin rounded bearing lateral tip; outer endite of 4+6 teeth, all simple. Maxilla (Fig. 47D) inner lobe rounded, covered with thick setae; outer lobe about three times as wide as inner lobe, rounded and covered with thin setae. Maxilliped (Fig. 47E) basis subrectangular; proximal article of palp with two setae distinct in length; endite subquadrangular, medial seta surpassing distal margin, outer margin rounded, distal margin bearing two short triangular setae. Uropod (Fig. 46N) protopod subrectangular, flattened, inner margin concave, endopod inserted proximally, exopod short, inserted dorsally on small protuberance. Pereopod 1 (Fig. 48A) carpus with transverse antennal grooming brush; pereopod 7 (Fig. 48B) ischium with sternal margin straight; dactylus with inner claw reaching median portion of outer claw, dactylar and ungual setae simple, not surpassing outer claw. Genital papilla (Fig. 48C) with slender and triangular ventral shield, two subapical orifices. Pleopod exopods with monospiracular covered lungs. Pleopod 1 (Fig. 48D) exopod triangular, about twice as wide as long, medial margin rounded, outer margin straight bearing one short seta; endopod more than three times as long as exopod, distal portion slightly bent outwards and bearing short setae. Pleopod 2 (Fig. 48E) exopod triangular, outer margin distinctly concave bearing few short setae; endopod flagelliform, longer than exopod. Pleopod 3-5 exopods as in Figure 48F-H.

Remarks

In having a tuberculated dorsal surface *Venezillo muriloi* Campos-Filho, Sfenthourakis & Taiti, n. sp. is similar to many other species of the genus, i.e., *V. aguayoi* (Boone, 1934) from Cuba, *V. bellavistanus* Schultz, 1995 from Paraguay, *V. boneti* (Mulaik, 1960), *V. llamasi* Rioja, 1954, *V. macrosoma* (Mulaik, 1960), *V. pleogoniophorus* (Rioja, 1951), *V. soyatlanensis* (Mulaik, 1960), *V. sylvicola* (Mulaik, 1960), and *V. walkeri* (Pearse, 1911) from Mexico, *V. culebrae* (Van Name, 1936), *V. perlatus* (Dollfus, 1896), and *V. silvarum* (Dollfus, 1896) from Caribbean and Virgin Islands, *V. galapagoensis* (Miers, 1877) from the Galápagos Islands (Ecuador), *V. jamaicensis* (Richardson, 1912) from Jamaica, *V. multipunctatus* (Budde-Lund, 1885), *V. rubropunctatus* (Budde-Lund, 1893), *V. scaberrimus* (Dollfus, 1893), and *V. truncorum* (Budde-Lund,

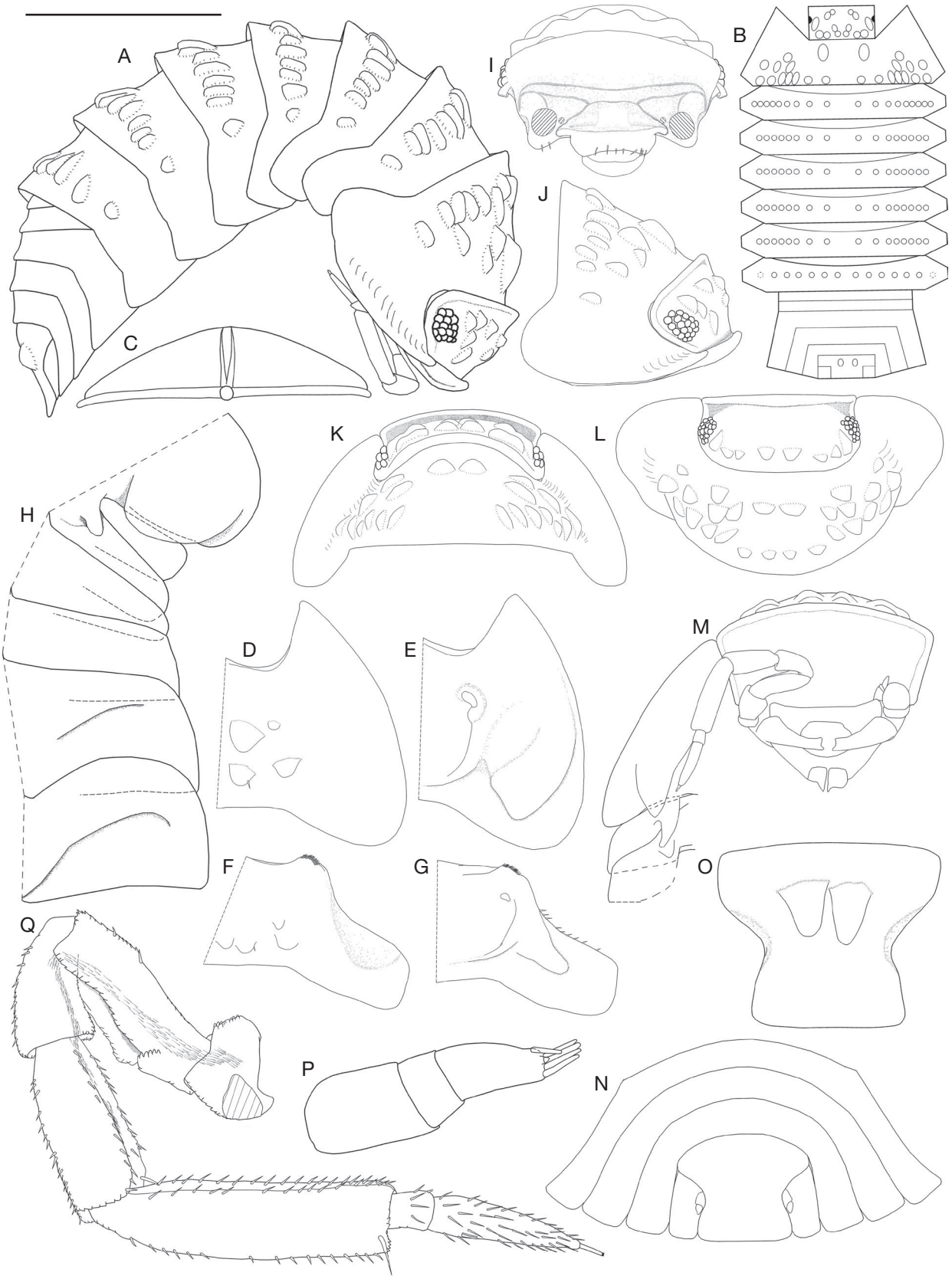


FIG. 46. — *Venezillo muriloi* Campos-Filho, Sfenthourakis & Taiti, n. sp., male holotype, LES 28048: **A**, lateral habitus; **B**, tubercles schem; **C**, scale-seta; **D**, pereonite 1 epimeron, dorsal view; **E**, pereonite 1 epimeron, ventral view; **F**, pereonite 2 epimeron, dorsal view; **G**, pereonite 2 epimeron, ventral view; **H**, pereonite 1-7 epimera, ventral view; **I**, cephalon, frontal view; **J**, cephalon and pereonite 1, lateral view; **K**, cephalon and pereonite 1, back view; **L**, cephalon and pereonite, dorsal view; **M**, cephalon and pereonites 1-3, frontal view; **N**, pleonites 3-5, telson, and uropods, dorsal view; **O**, telson; **P**, antennula; **Q**, antenna. Scale bar: A, 1 mm.

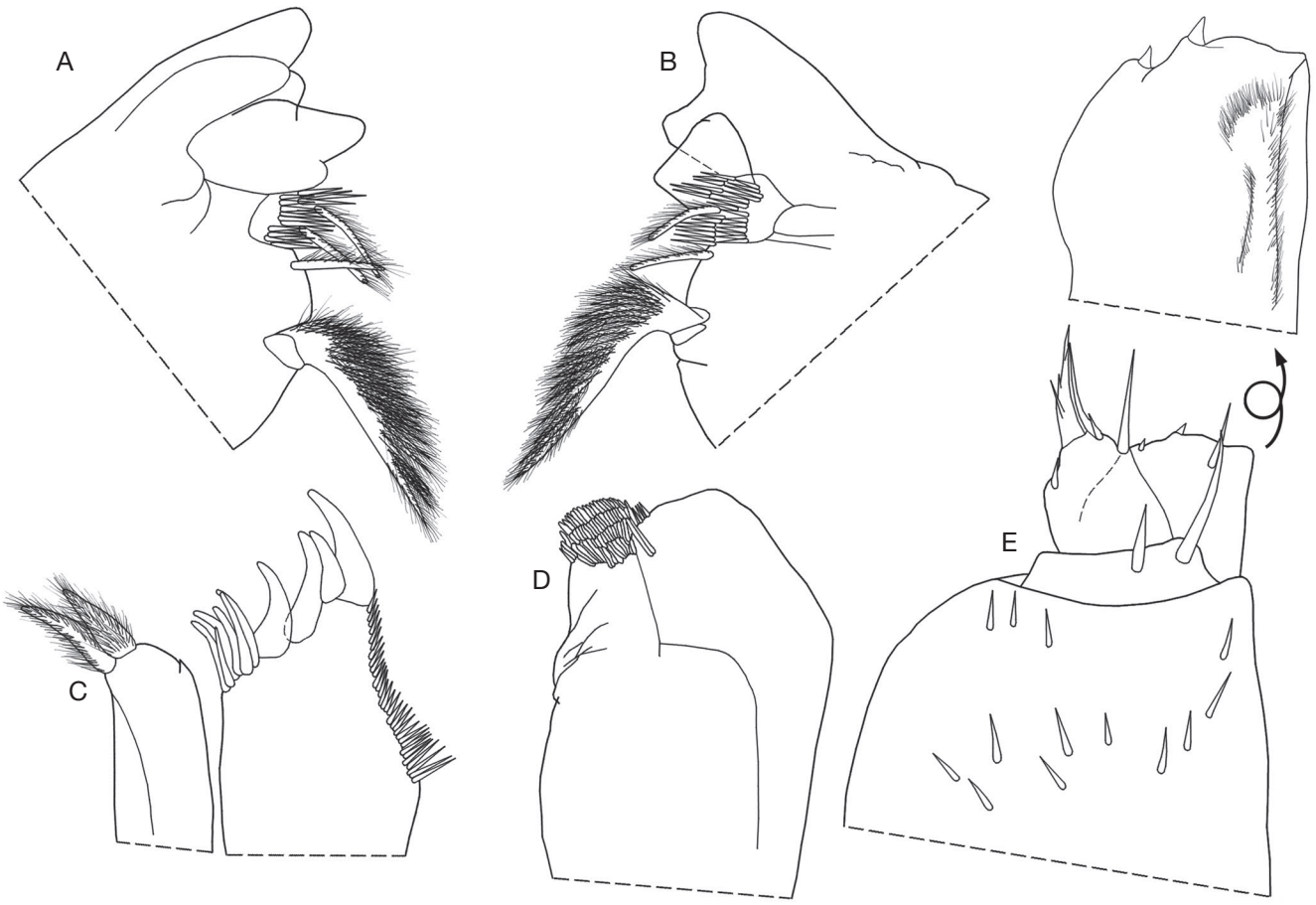


FIG. 47. — *Venezillo muriloi* Campos-Filho, Sfenthourakis & Taiti, n. sp., male holotype, LES 28048: **A**, left mandible; **B**, right mandible; **C**, maxillula; **D**, maxilla; **E**, maxilliped.

1893) from Venezuela, *V. phylax* (Van Name, 1936) from Hispaniola, *V. verrucosus* (Budde-Lund, 1904) from Ecuador, and *V. vincentis* (Budde-Lund, 1904) from Caribbean islands and Colombia. It differs in having a smooth pleon and a telson bearing two tubercles (vs pleon and telson smooth in *V. aguayoi*, *V. bellavistanus*, *V. jamaicensis*, *V. llamasi*, *V. macrosoma*, *V. silvarum*, *V. truncorum*, *V. vincentis*, and *V. walkeri*; pleon smooth with telson bearing one tubercle in *V. sylvicola;* pleonite 3-5 epimera bearing one tubercle plus three tubercles on telson in *V. galapagoensis*; pleon and telson tuberculated in *V. boneti*, *V. culebrae*, *V. multipunctatus*, *V. perlatus*, *V. phylax*, *V. pleogoniophorus*, *V. soyatlanensis*, and *V. verrucosus*), cephalon with frontal shield distinctly protruding upwards (vs slightly protruding in *V. macrosoma*; not protruding in *V. sylvicola*), eyes composed of about 20 ommatidia (vs 4-5 in *V. boneti*; 12 in *V. soyatlanensis*; 14 in *V. bellavistanus* and *V. macrosoma*; 15 in *V. galapagoensis* and *V. jamaicensis*; 12-14 in *V. llamasi*; 16 in *V. rubropunctatus*, *V. phylax*, *V. truncorum*, *V. verrucosus*, and *V. walkeri;* 8-9 in *V. pleogoniophorus*; 17 in *V. sylvicola* and *V. multipunctatus*), pereonite 1 epimeron with lateral groove for one quarter of its length (vs about one third of its length in *V. culebrae*, *V. macrosoma*, *V. soyatlanensis*, and *V. truncorum*; about half of its length in *V. galapagoensis* and *V. jamaicensis*; almost all of its length in *V. bellavistanus*; entirely grooved in *V. aguayoi*, *V. boneti*, *V. llamasi*, *V. multipunctatus*, *V. phylax*, *V. pleogoniophorus*, *V. scaberrimus*, *V. silvarum*, and *V. walkeri*), and pereonite 2 epimeron with ventral lobe subtriangular (vs subquadrangular in *V. llamasi*) (see Van Name 1936; Rioja 1951, 1954; Mulaik 1960; Schultz 1995).

However, regarding the above-mentioned species with dorsal tubercles, schisma on pereonite 1 epimera, and hourglass shape of telson, it is worth mentioning that *V. boneti*, *V. multipunctatus*, *V. perlatus*, *V. pleogoniophorus*, *V. scaberrimus*, and *V. soyatlanensis*, are probably mistakenly assigned to the genus (see Van Name 1936; Mulaik 1960). These species seem to belong to other Armadillidae genera, but an examination of the type material of these taxa is needed to clarify their taxonomy.

The cave where the specimens of *V. muriloi* Campos-Filho, Sfenthourakis & Taiti, n. sp. were collected is located in the Brazilian xeric region of Caatinga (Morrone *et al.* 2022). This species is considered to be a troglophile due to the absence of troglomorphic characteristics. Probably the species moves inside caves to exploit resources and favourable micro-habitat conditions therein (Fernandes *et al.* 2016, 2019).



FIG. 48. — *Venezillo muriloi* Campos-Filho, Sfenthourakis & Taiti, n. sp., male holotype, LES 28048: **A**, pereopod 1; **B**, pereopod 7; **C**, genital papilla; **D**, pleopod 1; **E**, pleopod 2; **F**, pleopod 3 exopod; **G**, pleopod 4 exopod; **H**, pleopod 5 exopod.

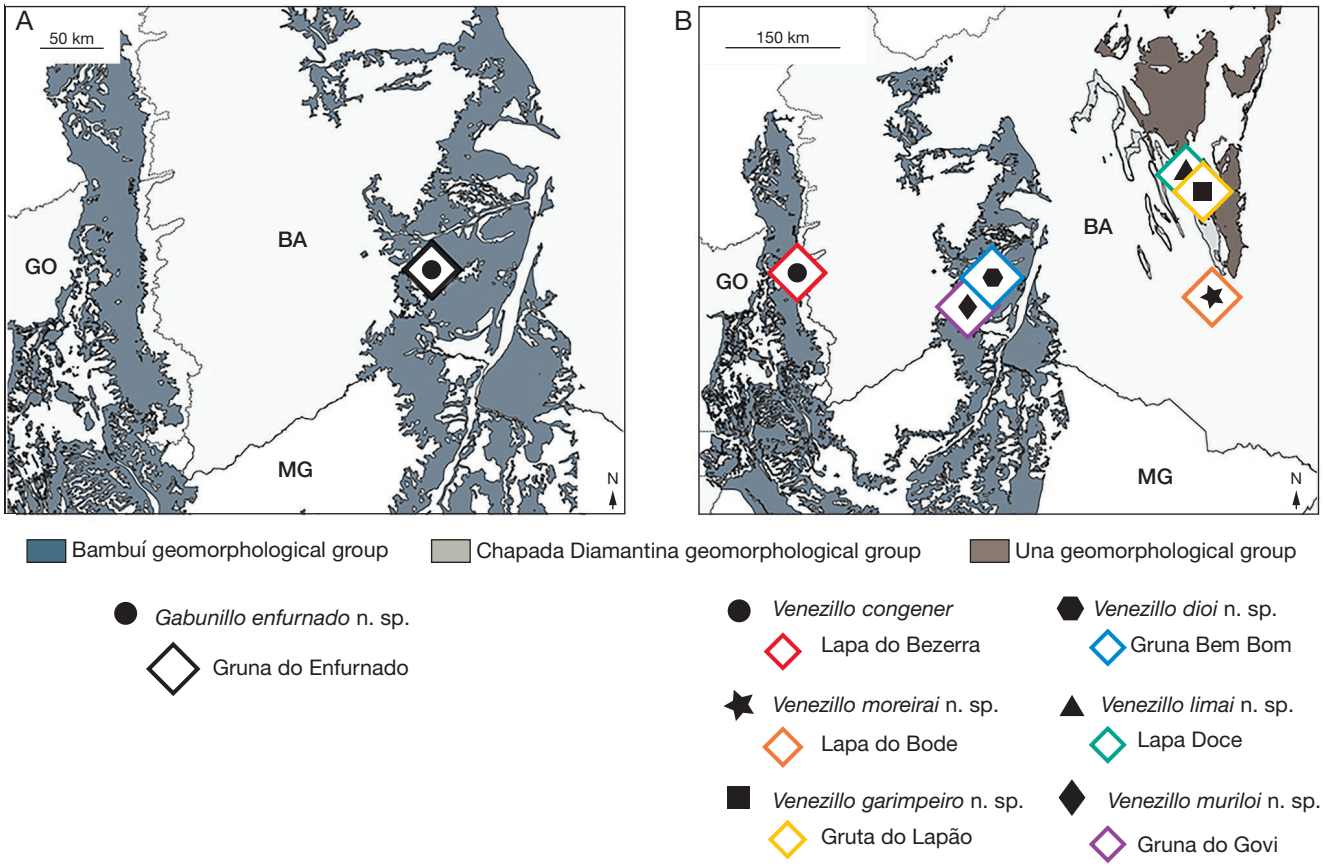


FIG. 50. — Distribution map of the Armadillidae representatives: **A**, *Gabunillo enfurnado* Campos-Filho, Sfenthourakis & Bichuette, n. sp.; **B**, new taxa of *Venezillo* Verhoeff, 1928. Abbreviations of states: **BA**, Bahia; **GO**, Goias; **MG**, Minas Gerais.

Family PORCELLIONIDAE Brandt, 1831

Genus *Porcellionides* Miers, 1877

TYPE SPECIES. — *Porcellio* (*Porcellionides*) *jelskii* Miers, 1877, by subsequent designation (Schmalfuss & Ferrara 1978) (= *Porcellio pruinosus* Brandt, 1833) (see Schmidt & Leistikow 2004).

DIAGNOSIS. — See Vandel (1962) and Schmalfuss & Ferrara (1978).

Porcellionides pruinosus Brandt, 1833
(Fig. 5C; 50)

Porcellio pruinosus Brandt, 1833: 19.

Porcellionides pruinosus – Campos-Filho *et al.* 2014: 412, fig. 40.

MATERIAL EXAMINED. — **Brazil** • State of Bahia: 1 ♂, 2 ♀; Lapa Doce cave, Iraquara; 12°20'03.8"S, 41°36'15.67"W; 701 m a.s.l.; 17.III.2017; M. E. Bichuette, J. E. Gallão, T. Zepon and M. J. Rosendo leg.; LES 28013 • 2 ♀; same locality as previous, V.1997; LES 28014 • 1 ♂, 2 ♀; Toca da Tiquara cave, Campo Formoso; 13.XII.2020; M. E. Bichuette & A. Carvalho leg.; LES 28015.

DISTRIBUTION. — Cosmopolitan species of Mediterranean origin (Schmalfuss 2003). In caves, it was previously recorded from Gruta Alto da Cruz cave, Iraquara, and Lapa do Bode cave, Itaetê, both caves in the state of Bahia (Campos-Filho *et al.* 2014). The present record expands our knowledge on its distribution within the state

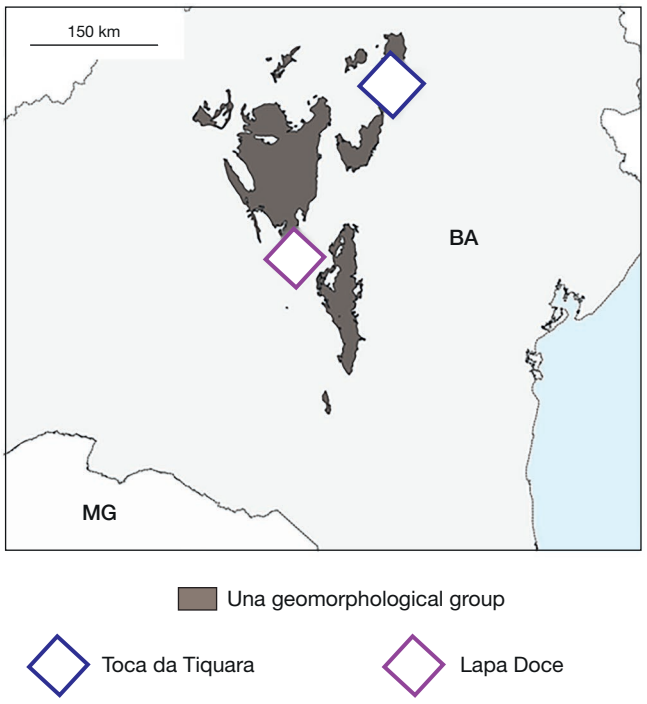


FIG. 49. — Distribution map of *Porcellionides pruinosus* (Brandt, 1833). Abbreviations of states: **BA**, Bahia; **MG**, Minas Gerais.

of Bahia. The presence of this species inside caves is related with available resources and favourable micro-climatic habitat conditions (Fernandes *et al.* 2016, 2019).

DISCUSSION

In South America, Brazil holds the highest number of areas with suitable lithology for the development of karstic systems (Auler *et al.* 2001), with a relatively high amount of recorded caves (CECAV 2022). However, our knowledge about the biodiversity of many karstic areas is still incomplete. Regarding subterranean biodiversity, the taxonomic impediment (Campos-Filho *et al.* 2014), together with the high diversity and geographical spread of karst outcrops, the difficulty in assessing some caves, and insufficient sampling in certain lithological areas (CECAV 2022), delay the recognition of this particular fauna. As expected in megadiverse countries, even if the number of biodiversity studies has increased in the last years, the amount of material waiting for formal taxonomic identification or description is growing in scientific collections (e.g. Lamoreux *et al.* 2006; Trajano *et al.* 2016; Bichuette *et al.* 2019).

The present work recognized 19 species of terrestrial isopods, of which 14 are described as new, constituting one of the most comprehensive studies on Brazilian Oniscidea from subterranean environments after Campos-Filho *et al.* (2014). The total number of terrestrial isopods from Brazil is now of 234 species. Moreover, our knowledge about the Oniscidea subterranean biodiversity increases to 93 species and 43 are considered to be troglobites (see also Campos-Filho *et al.* 2022c).

Until recently, Brazilian caves could be partially protected if they satisfied certain prerequisites, such as the presence of obligatory cave-dwelling taxa, assuring that the cave would not be exploited, especially by mining projects (BRAZIL 2008). Recently, the Brazilian Decree n° 10.935 published on January 12th, 2022 allowed the destruction of caves, seriously threating all subterranean biodiversity, and leading to the probable loss of the already known but also the unknown subterranean biodiversity of the country (Oliveira *et al.* 2022). Moreover, most of the Brazilian caves are outside of conservation units (SNIF 2018), and face critical threats, such as deforestation of surrounding areas for cattle grazing and establishment of monocultures, mining, and urban expansion (Trajano 2000; Gallão & Bichuette 2018).

Cave habitats are extremely important for both obligatory cave-dwellers and the overall fauna and surrounding communities (Campos-Filho *et al.* 2014; Reboleira *et al.* 2022), due to their resources and favourable habitat conditions (Fernandes *et al.* 2016, 2019). Beside the description of three troglobitic species, the present work clearly stresses out the importance of cave habitats for other taxa, since caves may act as a potential refuge for taxa exploiting the surrounding habitats. This is of particular significance for caves in dry areas (Chacoan dominion, *sensu* Morrone *et al.* 2022). Urgent conservation efforts and sustainable strategic plans, including both caves and the surrounding areas, should be established in order to preserve these peculiar habitats.

Acknowledgements
Our thanks go to the field guides and speleologists Ramiro H. Santos, Jackson Antunes, Emílio Calvo, Francielle S. Sátiro, and the team of the Laboratório de Estudos Subterrâneos (LES), for assistance during collections; to Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas (GBPE) for all support on the subterranean biology projects coordinated by MEB; to Sociedade Nordestina de Espeleologia-Espeleonordeste and Grupo Araras de Espeleologia (GAE), for the assistance in the project titled "Subterranean biodiversity of Ituaçu region, state of Bahia", coordinated by MEB; to the Simpliciano Lima and his family, especially to Claudia Lima, owners of the farmers named 'Lapa Doce, for their permission and support during the execution of the projects coordinated by MEB; to Centro da Terra-Grupo Espeleológico de Sergipe (CTGE) for all support to MEB during collections; to Spelayon Consultoria for the collections and shipping of material from Serra Leste region, Curionópolis, state of Pará; and to A. Lobo (Figs 1A, E; 2B; 3A, B, D), G. C. Rabello (Fig. 4D), S. R. Almeida Netto (Figs 4C; 5B), and Grupo Araras de Espeleologia (GAE) (Fig. 1E) for the photographs of the caves and landscapes.

Financial support
University of Cyprus' ONISILOS postdoctoral research program titled "Biodiversity of terrestrial isopods (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) from Cyprus in the light of integrative taxonomy", funded by the "ONISILOS Research Program–2018", granted to ISC-F.

Vicerrectoría de Investigaciones of the University of Cartagena for the financial support to the Grupo de Investigación en Biología Descriptiva y Aplicada, project titled 'Redes de Investigación Científica, Acta de Compromiso N° 017-2020'.

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), project numbers #2010/08459-4 and #2019/19520-0 granted to MEB.

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), project number #457413/2014-0, and productivity fellowship number #310378/2017-6 granted to MEB; and Ph.D. scollarship number #142276/2013-8 granted to JEG.

Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS) for the financial support to conduct the Speleological Management Plan of Gruta do Lapão.

Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade/Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (ICMBio/CECAV), and Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS) for the financial support to the project "Estudos para definição de áreas prioritárias para a Conservação de Proteção Espeleológico na Serra do Ramalho – BA", executed by the GBPE, supervised by Ezio Rubbioli, and integrated by MEB; IABS/ICMBio/Vale S.A. for the postdoctoral fellowship granted to JEG (TCCE ICMBio/Vale No. 02/2020: speleological compensation agreement signed between Vale S.A. and ICMBio, with operational management by the IABS); and TCCE ICMBio/Vale S.A. (No. 02/2020), project titled "Teste de metodologias propostas em Legislação

Ambiental relacionadas à fauna subterrânea e proposição de novas áreas prioritárias para conservação de cavernas") for the financial support to MEB.

Collections license

Sistema de Autorização Informação em Biodiversidade (SISBIO), license number #28992, #20165 and #75338, and Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente / Instituto Florestal (SIMA), license number #004738/2020-15, granted to MEB.

REFERENCES

AB' SABER A. N. 2007. — *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. Ateliê Editorial, São Paulo, 151 p.

ALMEIDA E. A. B., BARRETO E. A. S., SILVA E. J., DONATO C. R. & DANTAS M. A. T. 2007. — Levantamento espeleológico de Sergipe: abordagem geomorfológica da Caverna de Pedra Branca, Maruim, Sergipe. *Direto do Centro da Terra* 1 (1): 33-39.

ALVARES C. A., STAPE J. L., SENTELHAS P. C., GONÇALVES J. D. M. & SPAROVEK G. 2014. — Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22 (6): 711-728. https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507

ANDERSON L. E. 1954. — Hoyer's solution as a rapid permanent mounting medium for mryophytes. *The Bryologist* 57 (3): 242. https://doi.org/10.2307/3240091

ARAUJO P. B. & BUCKUP L. 1994. — Two new species of terrestrial Isopoda from southern Brazil (Crustacea, Isopoda, Oniscidea). *Spixiana* 17: 269-274.

ARCANGELI A. 1929. — Isopodi terrestri raccolti in Cuba dal Prof. F. Silvestri. *Bollettino del Laboratoriodi Zoologia generale e agraria della R. Scuola superiore d'Agricoltura in Portici* 23: 129-148.

ARCANGELI A. 1930. — Contributo alla conoscenza del "micorgenton" di Costa Rica. I. Isopodi terrestri. *Bollettino del Laboratorio di Zoologia generale e agraria della R. Scuola superiore d'Agricoltura in Portici* 25: 1-29.

ARCANGELI A. 1931. — *Circoniscus bezzii* Arc., nuova specie di isopodo terrestre del Brasile. *Bollettino di Zoologia* 11: 115-122. https://doi.org/10.1080/11250003109434857

ARCANGELI A. 1936. — Un genere e due specie nuovi di isopodi terrestri del Brasile. *Archivio Zoologico Italiano* 23: 201-208.

ARCANGELI A. 1941. — Crustacea, Isopoda. Crustacea, Isopoda, *in* ZAVATTARI E. (ed.), *Missione biologica Sagan-Omo. Zoologia. 6. Myriapoda, Arachnida, Tardigrada, Crustacea, Mollusca*, Vol. 12. Reale Accademia d'Italia, Centro Studi per l'Africa Orientale Italiana, Rome: 5-18.

ARCANGELI A. 1957. — I generi *Diploexochus*, *Venezillo*, *Paramardillo* [sic] (crostacei isopodi terrestri). *Bollettino dell'Istituto e Museo di Zoologia dell'Università di Torino* 5: 101-142.

AULER A. S., RUBBIOLI E. L. & BRANDI R. 2001. — *As grandes Cavernas do Brasil*. Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, Belo Horizonte: 227 p.

BARNARD K. H. 1932. — Contribution to the fauna of South Africa. 11. Terrestrial Isopoda. *Annals of the South African Museum* 30: 179-388.

BARNARD K. H. 1958. — Terrestrial isopods and amphipods from Madagascar. *Mémoires de l'Institute scientifique de Madagascar*, Série A 12: 67-111.

BARNARD K. H. 1960. — A new species of *Calmanesia* from Madagascar. *Mémoires de l'Institute scientifique de Madagascar*, Série A 14: 59-61.

BASTOS-PEREIRA R., SOUZA L. A. & FERREIRA R. L. 2017. — A new amphibious troglobitic styloniscid from Brazil (Isopoda, Oniscidea, Synocheta). *Zootaxa* 4294 (2): 292-300. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4294.2.11

BASTOS-PEREIRA R., SOUZA L. A., SANDI B. S. & FERREIRA R. L. 2022. — A new species of *Spelunconiscus* (Isopoda: Oniscidea: Styloniscidae) for Brazilian caves: new record for the type species and an emended diagnosis for the genus. *Nauplius* 30: e2022018. https://doi.org/10.1590/2358-2936e2022018

BEDEK J., TAITI S. & GOTTSTEIN S. 2011. — Catalogue and atlas of cave-dwelling terrestrial isopods (Crustacea: Oniscidea) from Croatia. *Natura Croatica* 20 (2): 237-354. https://hrcak.srce.hr/75047

BEDEK J., GOTTSTEIN S. & TAITI S. 2019. — Taxonomy of *Alpioniscus* (*Illyrionethes*): *A. magnus* and three new species from the Dinaric Karst (Isopoda: Oniscidea: Trichoniscidae). *Zootaxa* 4657 (3): 483-502. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4657.3.4

BICHUETTE M. E. & RIZZATO P. P. 2012. — A new species of cave catfish from Brazil, *Trichomycterus rubbioli* sp. n., from Serra do Ramalho karstic area, São Francisco River basin, Bahia State (Silurifomes: Trichomycteridae). *Zootaxa* 3480 (1): 48-66. https://doi.org/10.11646/zootaxa.3480.1.2

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: 1-33. https://doi.org/10.3897/subtbiol.29.30418

BOGGIANI P. C. & CLEMENTE J. 1999. — A questão do Licenciamento Ambiental de empreendimentos turísticos no Planalto da Bodoquena-Mato Grosso do Sul. *Revista de Geografia* 2: 29-40.

BOONE L. 1934. — New and rare Cuban and Haitian terrestrial Isopoda. *Bulletin of the American Museum of natural History* 66: 567-598. http://hdl.handle.net/2246/961

BOYKO C. B., BRUCE N. L., HADFIELD K. A., MERRIN K. L., OTA Y., POORE G. C. B. & TAITI S. 2008 onwards. — *Trichorhina* Budde-Lund, 1908. Accessed by World Register of Marine, available at https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=249422. Accessed 10th October 2022.

BRANDT J. F. 1831. — Isopoda. Gleichfüßler, *in* BRANDT J. F. & RATZEBURG J. C. T. (eds), *Medizinische Zoologie oder getreue Darstellung und Beschreibung der Tiere die in der Arzneimittellehre in Betracht kommen, in systematischer Folge herausgegeben*, Vol. 2. Isopoda. Hirschwald, Berlin: 70-84, pls. 12-13. https://doi.org/10.5962/bhl.title.120464

BRANDT J. F. 1833. — Conspectus Monographiae Crustaceorum Oniscodorum Latreillii. *Byulleten Moskovskogo Obshchestva Ispŷtateleĭ Prirodŷ* 6: 171-193, pl. 4.

BRAZIL 2008. — Decreto-Lei n°. 6640, de 7 de novembro de 2008. Dá nova redação aos arts. 1°, 2°, 3°, 4° e 5° e acrescentaos arts. 5-A e 5-B ao Decreto no 99.556, de 1° de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. Brasília: Diário Oficial [da República Federatica do Brasil]. Available at: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6640.htm (accessed 17 November 2022).

BUDDE-LUND G. 1885. — *Crustacea Isopoda Terrestria per Familias et Genera et Species Descripta*. Nielsen & Lydiche, Copenhagen: 319 p.

BUDDE-LUND G. 1893. — Landisopoder fra Venezuela, indsamlede af Dr. Fr. Meinert. *Entomologiske Meddelelser* 4: 111-129.

BUDDE-LUND G. 1904. — A revision of Crustacea Isopoda terrestria, with additions and illustrations. pt. 1 *Eubelum*, pt. 2 Spherilloninae, pt. 3 *Armadillo*. H. Hagerup, Copenhagen: 33-144, pls 6-10.

BUDDE-LUND G. 1908. — Isopoda von Madagaskar und Ostafrika mit Diagnosen verwandter Arten, *in* VOELTZKOW A. (ed.), *Reise in Ostafrika in den Jahren 1903-1905*, Vol. 2. Wissenschaftliche Ergebnisse, Stuttgart: 265-308, pls 12-18. https://doi.org/10.5962/bhl.title.12989

BUDDE-LUND G. 1913. — Terrestrial Isopoda, particularly considered in relation to the distribution of the southern Indo-Pacific species. *Transactions of the Linnean Society of London, 2nd Series* 15: 367-394. https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1912.tb00107.x

CAMPANHA G. A. C., BOGGIANI P. C., SALLUN-FILHO W., SÁ F. R., ZUQUIM M. P. S. & PIACENTINI T. 2011. — A Faixa de dobramento Paraguai na Serra da Bodoquena e Depressão do Rio Miranda, Mato Grosso do Sul. *Geologia USP, Série Científica* 11 (3): 79-96. https://doi.org/10.5327/Z1519-874X2011000300005

CAMPOS-FILHO I. S. & ARAUJO P. B. 2011. — Two new troglobitic species of Scleropactidae (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) from Pará, Brazil. *Nauplius* 19: 27-39. https://www.scielo.br/j/nau/a/yV87PFZJBH3YXpq6Lkd9rHM/?lang=en

CAMPOS-FILHO I. S., ARAUJO P. B., BICHUETTE M. E., TRAJANO E. & TAITI S. 2014. — Terrestrial isopods (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) from Brazilian caves. *Zoological Journal of the Linnean Society* 172 (2): 360-425. https://doi.org/10.1111/zoj.12172

CAMPOS-FILHO I. S., TAITI S. & ARAUJO P. B. 2015. — Taxonomic revision of the genus *Benthana* Budde-Lund, 1908 (Isopoda: Oniscidea: Philosciidae). *Zootaxa* 4022: 1-73. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4022.1.1

CAMPOS-FILHO I. S., BICHUETTE M. E. & TAITI S. 2016. — Three new species of terrestrial isopods (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) from Brazilian caves. *Nauplius* 24: e2016001. https://doi.org/10.1590/2358-2936e2016001

CAMPOS-FILHO I. S., CARDOSO G. M. & AGUIAR J. O. 2018a. — Catalogue of terrestrial isopods (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) from Brazil: an update with some considerations. *Nauplius* 26: e2018038. https://doi.org/10.1590/2358-2936e2018038

CAMPOS-FILHO I. S., CARDOSO G. M. & AGUIAR J. O. 2018b. — A new species of *Novamundoniscus* Schultz, 1995 (Isopoda, Oniscidea, Dubioniscidae) from the state of Tocantins, Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia* 58: e20185860. http://doi.org/10.11606/1807-0205/2018.58.60

CAMPOS-FILHO I. S., CARDOSO G. M. & BICHUETTE M. E. 2022c. — Isopoda: Oniscidea, *in* ZAMPAULO R. A. & PROUS X. (ed.), *Fauna Cavernícola do Brasil*. Editora Rupestres, Belo Horizonte: 362-387. http://editorarupestre.com.br/dados/arquivo/2/arquivo/fauna_cavernicola_do_Brasil.pdf

CAMPOS-FILHO I. S., FERNANDES C. S., CARDOSO G. M., BICHUETTE M. E., AGUIAR J. O. & TAITI S. 2019. — Two new species and new records of terrestrial isopods (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) from Brazilian caves. *Zootaxa* 4564 (2): 422-448. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4564.2.6

CAMPOS-FILHO I. S., FERNANDES C. S., CARDOSO G. M., BICHUETTE M. E., AGUIAR J. O. & TAITI S. 2020. — New species and new records of terrestrial isopods (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) of the families Philosciidae and Scleropactidae from Brazilian caves. *European Journal of Taxonomy* 606: 1-38. https://doi.org/10.5852/ejt.2020.606

CAMPOS-FILHO I. S., GALLO J. S., GALLÃO J. E., TORRES D. F., HORTA L., CARPIO-DÍAZ Y. M., LÓPEZ-OROZCO C. M., BORJA-ARRIETA R., AGUIAR J. O. & BICHUETTE M. E. 2022a. — Unique and fragile diversity emerges from Brazilian caves – two new amphibious species of *Xangoniscus* Campos-Filho, Araujo & Taiti, 2014 (Oniscidea, Styloniscidae) from Serra do Ramalho karst area, state of Bahia, Brazil. Subterranean Biology 42: 1-22. https://doi.org/10.3897/subtbiol.42.75725

CAMPOS-FILHO I. S., GALLO J. S., GALLÃO J. E., TORRES D. F., CARPIO-DÍAZ Y. M., LÓPEZ-OROZCO C. M., BORJA-ARRIETA R., TAITI S. & BICHUETTE M. E. 2022b. — Expanding the knowledge on the diversity of the cavernicolous Styloniscidae Vandel, 1952 (Oniscidea, Synocheta) from Brazil, with descriptions of two new species from the semiarid karst regions. *Zookeys* 1101: 35-55. https://doi.org/10.3897/zookeys.1101.79043

CAMPOS-FILHO I. S., MISE K. M. & SESSEGOLO G. C. 2015b. — A new species of *Trichorhina* Budde-Lund, 1908 (Isopoda: Oniscidea: Platyarthridae) from Paraná caves, southern Brazil. *Nauplius* 23: 112-119. https://doi.org/10.1590/S0104-64972015002324

CAMPOS-FILHO I. S., MONTESANTO G., ARAUJO P. B. & TAITI S. 2017. — New species and new records of terrestrial isopods (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) from Brazil. *Iheringia, Série Zoologia* 107: e2017034. https://doi.org/10.1590/1678-4766e2017034

CAMPOS-FILHO I. S. & TAITI S. 2021. — Oniscidea taxonomy: present and future. Abstract book of the 11th International Symposium on Terrestrial Isopod Biology. Spinicornis, Ghent, 9. Available at https://spinicornis.be/istib2021/presentations/.

CAMPOS-FILHO I. S., TAITI S. & ARAUJO P. B. 2015a. — Taxonomic revision of the genus *Benthana* Budde-Lund, 1908 (Isopoda: Oniscidea: Philosciidae). *Zootaxa* 4022 (1): 1-73. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4022.1.1

CARDOSO G. M., BASTOS-PEREIRA R., SOUZA L. A. & FERREIRA R. L. 2020a. — New troglobitic species of *Xangoniscus* (Isopoda: Styloniscidae) from Brazil, with notes on their habitats and threats. *Zootaxa* 4819 (1): 84-108. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4819.1.4

CARDOSO G. M., BASTOS-PEREIRA R., SOUZA L. A. & FERREIRA R. L. 2020b. — New cave species of *Pectenoniscus* Andersson, 1960 (Isopoda: Oniscidea: Styloniscidae) and an identification key for the genus. *Nauplius* 28: e2020039. https://doi.org/10.1590/2358-2936e2020039

CARDOSO G. M., BASTOS-PEREIRA R., SOUZA L. A. & FERREIRA R. L. 2021. — *Chaimowiczia*: a new Iuiuniscinae genus from Brazil (Oniscidea, Synocheta, Styloniscidae) with the description of two new troglobitic species. *Subterranean Biology* 39: 45-62. https://doi.org/10.3897/subtbiol.39.65305

CARDOSO G. M., BASTOS-PEREIRA R. & FERREIRA R. L. 2022a. — A new species of *Chaimowiczia* from the karstic Serra do Ramalho plateau, Brazil (Oniscidea, Synocheta, Styloniscidae). *Subterranean Biology* 42: 139-149. https://doi.org/10.3897/subtbiol.42.80274

CARDOSO G. M., BASTOS-PEREIRA R. & FERREIRA R. L. 2022b. — Two new troglobitic species of *Iansaoniscus* from Brazilian caves (Crustacea, Isopoda, Pudeoniscidae). *Subterranean Biology* 43: 127-143. https://doi.org/10.3897/subtbiol.43.81308

CARDOSO G. M., BASTOS-PEREIRA R. & FERREIRA R. L. 2023. — Cave-dwellers *Diploexochus* (Isopoda, Armadillidae): new species and new records of the genus from Brazil. *Nauplius* 31: e2023008. https://doi.org/10.1590/2358-2936e2023008

CARPIO-DÍAZ Y. M., LÓPEZ-OROZCO C. M., CAMPOS-FILHO I. S. & NAVAS-S. G. R. 2018. — Terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea) of the Botanical Garden of Cartagena "Guillermo Piñeres", Colombia, with the description of three new species. *Arthropoda Selecta* 27 (4): 301-318. https://doi.org/10.15298/arthsel.27.4.05

CECAV – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. 2022. — Base de Dados espacializados das Cavernas do Brasil. Available at http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/mapas.html (Accessed 10th October 2022).

COLLINGE W. E. 1916. — Contributions to a knowledge of the terrestrial Isopoda of India, Part II. *Record of the Indian Museum* 12: 115-128, and plates 9-19. https://biostor.org/reference/58898

COLLINGE W. E. 1922. — On two new terrestrial isopods from Madagascar. *Journal of the Linnean Society*, Zoology 35: 107-113, and plate 9. https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1922.tb00466.x

CORDEIRO L. M., BORGHEZAN R. & TRAJANO E. 2014. — Biodiversidade subterrânea na área cárstica da Serra da Bodoquena, bacia do Rio Paraguai, Estado do Mato Grosso do Sul, Sudoeste do Brasil. *Biota Neotropica* 14 (3): 1-28. https://doi.org/10.1590/1676-06032014011414

DIMITRIOU A. C., TAITI S. & SFENTHOURAKIS S. 2019. — Genetic evidence against monophyly of Oniscidea implies a need to revise scenarios for the origin of terrestrial isopods. *Nature Scientific Reports* 9: 18508. https://doi.org/10.1038/s41598-019-55071-4

DOLLFUS A. 1893. — Voyage de M. E. Simon au Venezuela (Decembre 1887-April 1888). 25e mémoire. Isopodes terrestres. *Annales de la Société entomologique de France* 62: 339-346, pls. 9-10.

DOLLFUS A. 1896. — On West Indian terrestrial isopod crustaceans. *Proceedings of the Zoological Society of London* 1896: 388-400. https://archive.org/details/biostor-107939

FABRICIUS J. C. 1798. — *Supplementum entomologiae systematicae: emendata et aucta, secundum classes, ordines, genera, species, adjectis synonimis, locis, observationibus, descriptionibus. Impensis Christ*. Gottl. Proft & Storch, Hafniae: 296-306. https://doi.org/10.5962/bhl.title.122153

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

FERNANDES C. S., CAMPOS-FILHO I. S., ARAUJO P. B. & BICHUETTE M. E. 2019. — Synopsis of terrestrial isopods (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) from Brazilian caves, with emphasis on new records from north, midwest, northeast and southeast regions. *Journal of Natural History* 53 (17-18): 1095-1129. https://doi.org/10.1080/00222933.2019.1634225

GALLÃO J. E. & BICHUETTE M. E. 2018. — Brazilian obligatory subterranean fauna and threats to the hypogean environment. *ZooKeys* 746: 1-23. https://doi.org/10.3897/zookeys.746.15140

GALVÃO A. L. O., FERREIRA C. F., ROSSATO R. M., REINO J. C. R., JANSEN D. C. & VILELA C. V. 2012. — Breve descrição do patrimônio espeleológico do município de São Desidério – BA. *Revista Brasileira de Espeleologia* 2 (1): 13-28.

JAVIDKAR M., COOPER S. J. B., KING R. A., HUMPHREYS W. F. & AUSTIN A. 2015. — Molecular phylogenetic analyses reveal a new southern hemisphere oniscidean family (Crustacea: Isopoda) with a unique water transport system. *Invertebrate Systematics* 29: 554-577. https://doi.org/10.1071/IS15010

JAVIDKAR M., KING R. A., COOPER S. J. B., HUMPHREYS W. F. & AUSTIN A. 2017. — Taxonomy of *Paraplatyarthrus* Javidkar and King (Isopoda: Oniscidea: Paraplatyarthridae) with description of five new species from Western Australia, and comments on Australian *Trichorhina* Budde-Lunde, 1908 (Platyarthridae). *Zootaxa* 4243 (3): 401-431. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4243.3.1

JOÃO X. S. J., TEIXEIRA S. G. & FONSECA D. D. F. 2013. — *Geodiversidade Do Estado Do Pará, Programa Geologia Do Brasil – Levantamento da Geodiversidade*. Companhia Pesquisa de Recursos Minerais [CPRM], Belém, 258 p.

KARMANN I. & SÁNCHEZ L. E. 1979. — Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil. *Espeleo-Tema* 13: 105-167.

KASHANI G. M., DASHAN M. & SADEGHI S. 2016. — Description of *Protracheoniscus faramarzi,* n. sp., the first troglophilic terrestrial isopod (Isopoda: Oniscidea) from Iran. *Iranian Journal of Animal Biosystematics* 12 (1): 51-56. https://doi.org/10.22067/ijab.v12i1.48820

KINAHAN J. 1857. — Analysis of certain allied genera of terrestrial isopods; with description of a new genus, and a detailed list of the British species of *Ligia*, *Philougria*, *Philoscia*, *Porcellio*, *Oniscus* and *Armadillium* [sic]. *Natural History Review* 4: 258-282, pls 19-22.

KÖPPEN W. 1948. — *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Economica, Pánuco: 479 p.

KWON D. H. & TAITI S. 1993. — Terrestrial Isopoda (Crustacea) from southern China, Macao and Hong Kong. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde*, Serie A 490: 1-83. https://biostor.org/reference/95840

KWON D. H., FERRARA F. & TAITI S. 1992. — Two new species of *Laureola* Barnard, 1960 from India and Vietnam (Crustacea, Oniscidea, Armadillidae). *Revue suisse de Zoologie* 99: 645-653. https://doi.org/10.5962/bhl.part.79844

LAMOREUX J. F., MORRISON J. C., RICKETTS T. H., OLSON D. M., DINERSTEIN E., MCKNIGHT M. W. & SHUGART H. H. 2006. — Global tests of biodiversity concordance and the importance of endemism. *Nature* 440 (9): 212-214. https://doi.org/10.1038/nature04291

LEISTIKOW A. 1997. — Terrestrial isopods from Costa Rica and a redescription of *Ischioscia variegata* (Dollfus, 1893) (Crustacea: Isopoda: Oniscidea). *Canadian Journal of Zoology* 75 (9): 1415-1464. https://doi.org/10.1139/z97-768

LEISTIKOW A. 1999. — *Androdeloscia* gen. n., a new genus of South American terrestrial isopods with description of 13 new species (Crustacea: Oniscidea: "Philosciidae"). *Revue suisse de Zoologie* 106: 813-904. https://doi.org/10.5962/bhl.part.80105

LEISTIKOW A. 2001a. — A new species of *Caraiboscia* Vandel, 1968 from South America, and a type species for *Colombophiloscia* gen. n. (Crustacea: Oniscidea: Crinocheta). *Journal of Natural History* 35 (4): 497-514. https://doi.org/10.1080/00222930151098170

LEISTIKOW A. 2001b. — Phylogeny and biogeography of South American Crinocheta, traditionally placed in the family "Philosciidae" (Crustacea: Isopoda: Oniscidea). *Organisms, Diversity & Evolution*, Electronic Supplement 4: 1-85. https://doi.org/10.1078/1439-6092-00020

LEISTIKOW A. & WÄGELE J. W. 1999. — Checklist of the terrestrial isopods of the new world (Crustacea, Isopoda, Oniscidea). *Revista brasileira de Zoologia* 16 (1): 1-72. https://doi.org/10.1590/S0101-81751999000100001

LEMOS DE CASTRO A. 1960. — Sôbre as espécies americanas de *Phalloniscus* Budde-Lund (Isopoda, Oniscidae), com descrição de 4 espécies novas, in Actas y Trabajos de Primer Congreso Sudamericano de Zoologia, La Plata, 2: 203-211.

LEMOS DE CASTRO A. 1967. — Isópodos terrestres da Amazônia Brasileira (Isopoda, Oniscoidea). *Atas do Simpósio sôbre a Biota Amazônica* 5: 311-336.

LEWIS F. 1998. — Oniscidea (Isopoda) from Lord Howe Island. *Crustaceana* 71 (7): 743-777. https://www.jstor.org/stable/20106052

LILLEMETS B. & WILSON G. 2002. — Armadillidae (Crustacea: Isopoda) from Lord Howe Island: New taxa and biogeography. *Records of the Australian Museum* 54: 71-98. https://archive.org/details/biostor-257437

LOPES E. R. C. & ARAUJO P. B. 2003. — New species of *Novamundoniscus* Schultz (Isopoda, Oniscidea, Dubioniscidae) para o Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista brasileira de Zoologia* 20 (4): 611-614. https://doi.org/10.1590/S0101-81752003000400008

MIERS E. 1877. — On a collection of Crustacea, Decapoda and Isopoda, chiefly from South America, with descriptions of new genera and species. *Proceedings of the Zoological Society of London* 1877: 653-679, pls 66-69. https://biostor.org/reference/60097

MONTESANTO G. 2015. — A fast GNU method to draw accurate scientific illustrations for taxonomy. *ZooKeys* 515: 191-206. https://doi.org/10.3897/zookeys.515.9459

MONTESANTO G. 2016. — Drawing setae: a GNU way for digital scientific illustrations. *Nauplius* 24: e2016017. https://doi.org/10.1590/2358-2936e2016017

MORRONE J. J., ESCALANTE T., RODRÍGUEZ-TAPIA G., CARMONA A., ARANA M. & MERCADO-GÓMEZ J. D. 2022. — Biogeographic regionalization of the Neotropical region: New map and shapefile. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 94 (1): e20211167. https://doi.org/10.1590/0001-3765202220211167

MULAIK S. 1960. — Contribución al conocimiento de los isópodos terrestres de México (Isopoda, Oniscoidea). *Revista de la Sociedad Mexican de Historia Natural* 21: 79-292.

NIMER E. 1979. — *Climatologia do Brasil*. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 422 p.

NOGUEIRA A. C. R. A. 2003. — *Plataforma carbonática Araras no sudoeste do Cráton Amazônico, Mato Grosso: estratigrafia, contexto paleoambiental e correlação com os eventos glaciais do neoproterozóico*. Ph.D. thesis, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 173 p.

OLIVEIRA H. F. M., SILVA D. C., ZANGRANDI P. L. & DOMINGOS F. M. C. B. 2022. — Brazil opens highly protected caves to mining, risking fauna. *Nature*, *Correspondence* 602: 386. https://doi.org/10.1038/d41586-022-00406-x

PAOLI P., FERRARA F. & TAITI S. 2002. — Morphology and evolution of the respiratory apparatus in the family Eubelidae (Crustacea, Isopoda, Oniscidea). *Journal of Morphology* 253 (3): 272-289. https://doi.org/10.1002/jmor.10008

PEARSE A. S. 1911. — Report on the Crustacea collected by the University of Michigan-Walker Expedition in the state of Vera Cruz, Mexico. *Report of the Michigan Academy of Science* 13: 108-114.
PEARSE A. S. 1917. — Isopoda collected by the Bryant Walker Expedition to British Guiana, with notes on Crustacea from other localities. *Occasional Papers, Museum of Zoology, University of Michigan* 46: 1-8.
PEREIRA R. F., ROCHA A. J. D., PEDREIRA A. J., ETCHEVARNE C., NOLASCO M., PASCOAL-JUNIOR P. S. & TORLAY R. 2017. — *Geoparque Serra do Sincorá, BA: proposta*. Companhia Pesquisa de Recursos Minerais [CPRM], Salvador, 90 p. https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/18230
REBOLEIRA A. S. P. S., EUSÉBIO R. P. & TAITI S. 2022. — Species conservation profiles of cave-adapted terrestrial isopods from Portugal. *Biodiversity Data Journal* 10: e78796. https://doi.org/10.3897/BDJ.10.e78796
REBOLEIRA A. S. P. S., GONÇALVES P. O. & TAITI S. 2015. — The cavernicolous Oniscidea (Crustacea: Isopoda) of Portugal. *European Journal of Taxonomy* 161: 1-61. https://doi.org/10.5852/ejt.2015.161
RICHARDSON H. 1912. — Terrestrial isopods of Colombia. *Mémoires de la Société des Sciences naturelles de Neuchâtel* 5: 29-32.
RIOJA E. 1951. — Descripción de una nueva especie del género *Cubaris* de la Cueva de los Sabinos (San Luis Potosí). *Anales del Instituto de Biología*, *Universidad de México* 22: 517-524.
RIOJA E. 1954. — Algunas especies de armadilidos de las cuevas de México. *Anales del Instituto de Biología*, *Universidad de México* 25: 275-288.
RIOJA E. 1955. — Observaciones acerca de dos nuevas especies de isópodos cavernícolas de Chiapas. *Anales del Instituto de Biología*, *Universidad de México* 26: 199-209.
RUBBIOLI E., AULER A., MENIN D. & BRANDI R. 2019. — Cavernas-Atlas do Brasil Subterrâneo. ICMBio Brasília, DF, 340 pp.
SALLUN FILHO W. & KARMANN I. 2007. — Geomorphological map of the Serra da Bodoquena karst, west-central Brazil. *Journal of Maps* 3 (1): 282-295. https://doi.org/10.1080/jom.2007.9710845
SCHMALFUSS H. 1984. — Eco-morphological strategies in terrestrial isopods. *Symposia of the Zoological Society of London* 53: 49-63.
SCHMALFUSS H. 2003. — World catalog of terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie A* 654: 1-341.
SCHMALFUSS H. & FERRARA F. 1978. — Terrestrial isopods from West Africa, Part 2: families Tylidae, Ligiidae, Trichoniscidae, Styloniscidae, Rhyscotidae, Halophilosciidae, Philosciidae, Platyarthridae, Rhyscotidae, Trachelipidae, Porcellionidae, Armadillidiidae. *Monitore Zoologico Italiano*, *Nuova Serie*, *Supplemento* 11 (1): 15-97. https://doi.org/10.1080/03749444.1978.10736575
SCHMALFUSS H. & FERRARA F. 1983. — Terrestrial isopods from West Africa, Part 3: Family Armadillidae Verhoeff, 1917. *Monitore zoologico italiano*, *Nuova Serie*, *Supplemento* 18: 111-157. https://doi.org/10.1080/00269786.1983.11758568
SCHMIDT C. 2002. — Contribution to the phylogenetic system of the Crinocheta (Crustacea, Isopoda). Part 1 (Olibrinidae to Scyphaidae s. str.). *Mitteilungen aus dem Museum fur Naturkunde in Berlin*, *Zoosystematics and Evolution* 78: 275-352. https://doi.org/10.1002/mmnz.20020780207
SCHMIDT C. 2003. — Contribution to the phylogenetic system of the Crinocheta (Crustacea, Isopoda). Part 2 (Oniscoidea to Armadillidiidae). *Mitteilungen aus dem Museum für Naturkunde in Berlin*, *Zoosystematics and Evolution* 79: 3-179. https://doi.org/10.1002/mmnz.20030790102
SCHMIDT C. 2007. — Revision of the Neotropical Scleropactidae (Crustacea: Oniscidea). *Zoological Journal of the Linnean Society* 151 (Suppl. 1): 1-339. https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2007.00286.x
SCHMIDT C. 2008. — Phylogeny of the Terrestrial Isopoda (Oniscidea): a Review. *Arthropod Systematics & Phylogeny* 66 (2): 191-226. https://www.senckenberg.de/wp-content/uploads/2019/08/66_2_schmidt_191-226.pdf
SCHMIDT C. & LEISTIKOW A. 2004. — Catalogue of genera of the terrestrial Isopoda (Crustacea: Isopoda: Oniscidea). *Steenstrupia* 28: 1-118.
SCHULTZ G. A. 1982. — Terrestrial isopod crustaceans (Oniscoidea) from Mulu Caves, Sarawak, Borneo. *Journal of natural History* 16: 101-117. https://doi.org/10.1080/00222938200770081
SCHULTZ G. A. 1995. — Terrestrial isopod crustaceans (Oniscidea) from Paraguay with definition of a new family. *Revue suisse de Zoologie* 102: 387-424. https://doi.org/10.5962/bhl.part.80471
SFENTHOURAKIS S. & TAITI S. 2015. — Patterns of taxonomic diversity among terrestrial isopods. *ZooKeys* 515: 13-25. https://doi.org/10.3897/zookeys.515.9332
SILVESTRI F. 1918. — Contribuzione alla conoscenza dei termitidi e termitofili dell'Africa occidentale. II. Termitofili. Parte prima. Arthropoda. Crustacea. Isopoda. *Bollettino del Laboratorio di Zoologia generale e agraria della R. Scuola superiore d'Agricoltura in Portici* 12: 290-294.
SNIF – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS 2018. — Sistema Nacional de Unidades de Conservação – Mapas. Available at http://snif.florestal.gov.br/pt-br/dados-complementares/212-sistema-nacionalde-unidades-de-conservacao-mapas (Accessed 10th October 2022).
SOARES B., JÚNIOR N. A. G., DOURADO R. & NETO A. R. 2005. — Topografia das grutas dos Angicos e Pé do Morro, Ituaçu – Bahia.
SOUZA L. A. & LEMOS DE CASTRO A. 1991. — The genus *Circoniscus* Pearse, 1917 in Brazil, with a description of three new species (Isopoda Oniscidea Scleropactidae). *Tropical Zoology* 4 (1): 45-64. https://doi.org/10.1080/03946975.1991.10539474
SOUZA L. A., SENNA A. R. & KURY A. B. 2010. — A new species and first record of *Gabunillo* Schmalfuss & Ferrara, 1983 (Isopoda, Oniscidea, Armadillidae) from the Neotropics. *Zootaxa* 2677: 1-14. https://doi.org/10.11646/zootaxa.2677.1.1
SOUZA-KURY L. A. 1993. — Notes on *Trichorhina* I. Two new species of Northeastern Brazil (Isopoda, Oniscidea, Platyarthridae). *Revue Suisse de Zoologie* 100: 197-210. https://doi.org/10.5962/bhl.part.82507
SOUZA-KURY L. A. 1997. — Two new species of *Trichorhina* from Brazilian Amazonia (Isopoda, Oniscidea, Platyarthridae). *Crustaceana* 70 (2): 180-190. https://www.jstor.org/stable/20105849
TAITI S. 2014. — New subterranean Armadillidae (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) from Western Australia. *Tropical Zoology* 27 (4): 153-165. https://doi.org/10.1080/03946975.2014.984510
TAITI S. 2018. — A new termitophilous species of Armadillidae from South Africa (Isopoda: Oniscidea). *Onychium* 14: 9-15. https://doi.org/10.5281/zenodo.1218897
TAITI S. & CARDOSO G. M. 2020. — New species and records of *Exalloniscus* Stebbing, 1911 from southern Asia (Malacostraca, Isopoda, Oniscidea). *Tropical Zoology* 33 (4): 125-158. https://doi.org/10.4081/tz.2020.83
TAITI S. & FERRARA F. 1979. — Il genere *Pseudodiploexochus* Arcangeli, 1934 (Armadillidae, Oniscoidea, Isopoda). *Revue de Zoologie africaine* 93: 151-184.
TAITI S. & FERRARA F. 1980. — Nuovi studi sugli isopodi terrestri dell'Arcipelago Toscano. *Redia* 63: 249-300.
TAITI S. & FERRARA F. 1987. — Contributions to the knowledge of the mountain fauna of Malawi. 6. Terrestrial isopods (Crustacea). *Revue de Zoologie africaine* 101: 69-102.
TAITI S. & GRUBER G. A. 2010. — The genus *Tuberillo* Schultz 1982 (Crustacea Oniscidea Armadillidae) with descriptions of four new species. *Tropical Zoology* 23: 205-230.
TAITI S. & MONTESANTO G. 2018. — New species of subterranean and endogean terrestrial isopods (Crustacea, Oniscidea) from Tuscany (central Italy). *Zoosystema* 40 (11): 197-226. https://doi.org/10.5252/zoosystema2018v40a11
TAITI S. & MONTESANTO G. 2020. — Troglobiotic terrestrial isopods from Myanmar, with descriptions of a new genus and three new species (Crustacea, Oniscidea). *Raffles Bulletin of Zoology*, Supplement 35: 109-122.

TAITI S. & ROSSANO C. 2015. — Terrestrial isopods from the Oued Laou basin, north-eastern Morocco (Crustacea: Oniscidea), with descriptions of two new genera and seven new species. *Journal of Natural History* 49 (33-34): 2067-2138. https://doi.org/10.1080/00222933.2015.1009512

TAITI S., PAOLI P. & FERRARA F. 1998. — Morphology, biogeography, and ecology of the family Armadillidae (Crustacea, Oniscidea). *Israel Journal of Zoology* 44: 291-301. https://doi.org/10.1080/00212210.1998.10688952

TAITI S., ARGANO R., MARCIA P., SCARPA F., SANNA D. & CASU M. 2018. — The genus *Alpioniscus* Racovitza, 1908 in Sardinia: taxonomy and natural history Isopoda, Oniscidea, Trichoniscidae. *ZooKeys* 801: 229-263. https://doi.org/10.3897/zookeys.801.24102

TRAJANO E. 2000. — Cave faunas in the Atlantic Tropical rain forest: composition, ecology, and conservation. *Biotropica* 32 (4b): 882-893. http://www.jstor.org/stable/2663925

TRAJANO E. & CARVALHO M. 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: 1-26. https://doi.org/10.3897/subtbiol.22.9759

TRAJANO E., GALLÃO J. E. & BICHUETTE M. E. 2016. — Spots of high diversity of troglobites in Brazil: the challenge of measuring subterranean diversity. *Biodiversity and Conservation* 25: 1805-1828. https://doi.org/10.1007/s10531-016-1151-5

VAN NAME W. G. 1920. — Isopods collected by the American Museum Congo Expedition. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 43: 41-108. http://hdl.handle.net/2246/1851

VAN NAME W. G. 1926. — Forest isopods from Barro Colorado Island, Panama Canal Zone. *American Museum Novitates* 206: 1-25. http://hdl.handle.net/2246/4148

VAN NAME W. G. 1936. — The American land and freshwater isopod Crustacea. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 71: 1-535. http://hdl.handle.net/2246/1185

VAN NAME W. G. 1940. — A supplement to the American land and freshwater isopod Crustacea. *Bulletin of the American Museum of natural History* 77: 109-142. http://hdl.handle.net/2246/1073

VANDEL A. 1952. — Étude des isopodes terrestres récoltés au Vénézuela par le Dr. G. Marcuzzi. *Memorie del Museo Cívico di Storia Naturale di Verona* 3: 59-203.

VANDEL A. 1962. — Isopodes terrestres (Deuxième partie). Fédération française des Sociétes de Sciences naturelles, Paris (Faune de France 66): 417-931.

VANDEL A. 1968. — Isopodes terrestres, *in* LELEUP N. & J. (eds), *Mission zoologique belge aux îles Galapagos et en Ecuador* Vol 1. Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique, Brüssel: 37-168.

VANDEL A. 1973. — Les isopodes terrestres (Oniscoidea) de la Mélanésie. *Zoologische Verhandelingen* 125: 1-160.

VERHOEFF K. W. 1928a. — Isopoden aus Formosa. 39. Isopoden-Aufsatz. *Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum in Berlin* 14: 199-226.

VERHOEFF K. W. 1928b. — Über einige Isopoden der Zoologischen Staatssammlung in München. *Zoologischer Anzeiger* 76: 25-36, 113-123.

VERHOEFF K. W. 1938. — Weltstellung der Isopoda terrestria, neue Familien derselben und neues System. *Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere* 71: 253-264.

VERHOEFF K. W. 1941. — Über eine neue südamerikanische Gattung der Isopoda terrestria. Zoologischer Anzeiger 134: 169-173.

VERHOEFF K. W. 1942. — Äthiopische Isopoda terrestria der Hamburger Zoologischen Museums. *Zoologischer Anzeiger* 140: 1-26, 61-87, 149-163.

VERHOEFF K. W. 1949. — Über Land-Isopoden aus der Türkei. III. *Istanbul Universitesi Fen Fakultesi Mecmuasi*, *Seri B* 14: 21-48.

ZARDO C. M. L. 1989. — Uma nova especie de *Phalloniscus* Budde-Lund, 1908 (Crustacea, Oniscoidea) do sul do Brasil. *Revista brasileira de Zoologia* 6 (4): 611-615. https://doi.org/10.1590/S0101-81751989000400006

Submitted on 27 September 2022;
accepted on 24 April 2023;
published on 18 October 2023.

Zootaxa 5383 (3): 352–364
https://www.mapress.com/zt/
Copyright © 2023 Magnolia Press

Article

ISSN 1175-5326 (print edition)
ZOOTAXA
ISSN 1175-5334 (online edition)

https://doi.org/10.11646/zootaxa.5383.3.4
http://zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:60450DAA-8F62-4A75-BE63-84B6F97972C4

A new species of *Pinelema* Wang & Li, 2012, a relictual telemid spider inhabiting caves in Brazil (Araneae, Telemidae)

ANTONIO DOMINGOS BRESCOVIT[1], JONAS EDUARDO GALLÃO[2] & IGOR CIZAUSKAS[3]
[1]*Laboratório de Coleções Zoológicas, Instituto Butantan, Av. Vital Brasil, 1500, Butantã, 05503-900, São Paulo, São Paulo, Brazil*
antonio.brescovit@butantan.gov.br; *https://orcid.org/0000-0002-1511-5324*
[2]*Laboratório de Estudos Subterrâneos, Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington Luis, Km 235, SP-310, 13565-905, São Carlos, Brazil*
jonasgallao@gmail.com; *https://orcid.org/0000-0002-5268-7946*
[3]*Organização de Apoio à Pesquisa da Biodiversidade (OAPBio), Rua Frei Inácio da Conceição 238, 05362-040, São Paulo, São Paulo, Brazil*
icizauskas@gmail.com; *https://orcid.org/0009-0003-2198-1119*

Abstract

A new species of the genus *Pinelema* Wang & Li, 2012, occurring in caves of the state of Bahia in Northeastern Brazil, is described and illustrated. This species has the typical troglobitic characters, such as the absence of eyes, elongation of legs and setae, and pale, almost depigmented, somatic coloration. Data on the natural history of populations of *P. elinae* **sp. nov.** from caves in the Serra do Ramalho, State of Bahia, are presented. This work represents the first description of a relictual species of Telemidae spiders in Brazil.

Key words: Taxonomy, *Telema*, new species, troglobitic, China, Serra do Ramalho, Bahia

Introduction

Telemidae Fage, 1913 are a small family of spiders, with 16 genera and about 100 species distributed mainly in Africa and Asia, but poorly represented in Europe and the Americas (World Spider Catalog, 2023). In the Americas, only six species in three genera have been described: *Usofila* Keyserling, 1891 with four species, unique to the United States of America (Emerit, 1986; Ubick *et al.*, 2020); *Telema* Simon, 1882 with six species, but with a single species in South America, *T. mayana*, described by Gertsch (1973) from Guatemala; and the monotypic genus *Kinku*, proposed by Dupérré & Tapia (2015) with the species *K. turumanya* described from Ecuador.

In Brazil, the genus *Usofila* sp. is reported from the Gruta Lapa do Bode cave, in Itaetê, State of Bahia, as the first Telemidae from Brazilian caves (Gnaspini & Trajano, 1994; Pinto-da-Rocha, 1995). Unfortunately, this material could not be recovered because it was not located in any of the arachnid collections in Brazil. Therefore, here we report here the first collection of specimens of this family from Brazil, discovered in caves from two regions in the State of Bahia, in the northeast of the country. Although the recent specimens have been collected in the State of Bahia, we cannot state that they are *Usofila* sp., as reported in Gnaspini & Trajano (1994).

Therefore, in this work, we describe a new species of the genus *Pinelema* Wang & Li, 2012. More than 50 species of this genus occur in China, Laos, and Vietnam, in the Asian region (Zhao *et al.*, 2020), and this is the first record in the Neotropical region. This record certainly represents a relict species of the Telemidae family from caves in northeastern Brazil. The species has typical troglomorphic characteristics, such as the absence of eyes, long and very thin legs, and pale and almost depigmented somatic coloration. We also present detailed data on the sexual structures of the species and information on the natural history of more than 100 specimens from the populations of four caves in the state of Bahia.

Material and Methods

Taxonomic descriptions. Specimens are deposited in the following Brazilian collections (Abbreviation and curator

 Accepted by M. Arnedo: 27 Nov. 2023; published: 12 Dec. 2023

in parentheses): Instituto Butantan, São Paulo (IBSP, A.D. Brescovit); Laboratório de Estudos Subterrâneos, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos (LES, M.E. Bichuette) and Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (MNRJ, A.B. Kury).

Descriptions and morphological terms follow Zhao *et al.* (2018). All measurements in the descriptions are given in millimeters. Measurements were made with a LEICA 165C stereomicroscope, and photographs were taken with a Leica DFC 500 digital camera mounted on a Leica MZ16A stereomicroscope. Focal length images were made using Leica Application Suite software, version 2.5.0. Total and femur lengths were measured in lateral view and attached to the specimen. Female genitalia were excised with a sharp needle, placed on a microscope slide in Hoyer's mounting medium, and photographed. For scanning electron microscopy (SEM), body parts were dehydrated in a series of graded ethanol washes (80% to 100%), critical point dried, mounted on metal stubs using copper adhesive tape and nail polish, and coated with gold. SEM images were taken with FEI Quanta 250 and LEO 1450VP scanning electron microscopes, at the Laboratório de Biologia Estrutural of Instituto Butantan, São Paulo, in Brazil.

The map was produced with the software QuantumGis Desktop 3.6.0 software (QGis Open Source Geospatial Foundation). Coordinates were obtained during field trips to the study location with a Global Positioning System (GPSGarmin 60CSx).

Abbreviations of morphological structures used in the figures and legends: **A**, Atrium; **Ca**: Cymbial apophysis; **Co**: Colulus; **DP**: Distal Projection; **Em**: Embolus; **Ep**: Epigynal plate; **Re**: Receptaculum; **SR**: Spiral ridge on embolus; **T**: Tegulum.

Study areas

Chapada Diamantina region, central Bahia: The Chapada Diamantina region has caves in two lithologies. Sandstone caves occur in the central part and high altitudes, whereas limestone caves are found at lower altitudes. Both Gruta do Lapão and Gruna Veio de Aurélio are sandstone caves located in the Chapada Diamantina National Park, central state of Bahia (Fig. 9). Gruta do Lapão is one of the most important touristic caves in siliciclastic rocks of Brazil. The rocks of Chapada Diamantina belong to the Tombador Formation, Chapada Diamantina Geomorphological group, consisting mainly of conglomerate and sandstone (Guimarães *et al.* 2008). These caves are located in the geomorphological context of Serra do Sincorá, at the northern end of Serra do Espinhaço, a series of mountain ranges with steep walls supported mainly by rocks of the Tombador Formation (Pereira *et al.* 2017). The phytophisiognomy around these sandstone caves is formed by Campos de Altitude and Atlantic Forest remnants, with a tropical semi-arid climate (Aw—is tropical with dry winter) (Köppen, 1948; Aparecido et. al., 2016). The cave surroundings and interior have a long history of use for mineral extraction, especially diamond mining, which permanently alters some of its natural environmental characteristics.

Serra do Ramalho karst area, southwestern Bahia: The Serra do Ramalho karst area, in the southwestern state of Bahia (Figs 8, 9), Brazil, includes the municipalities of Coribe, Feira da Mata, Carinhanha, and Serra do Ramalho. It is located on the west of the city of Serra do Ramalho, in the left side of the middle São Francisco River basin, formed by a carbonate rock plateau belonging to the Bambuí Geomorphological group, and contains a high number of caves, most of them several kilometers long (Rubbioli *et al.* 2019). The climate is tropical dry, with a dry winter and an annual precipitation of about 640 mm (Köppen 1948). The main phytophisiognomy is Caatinga, composed of mesophytic and xeromorphic forests interspersed with Cerrado (Bichuette & Rizzato 2012). The Serra do Ramalho karst area is extremely relevant from the subterranean fauna point of view, considered a hotspot cave diversity in Brazil (Trajano *et al.* 2016). Despite the uniqueness of its subterranean fauna, current laws do not protect Serra do Ramalho.

Results

Taxonomy

Family Telemidae Fage 1913

Genus *Pinelema* Wang & Li, 2012

Type species: *Pinelema bailongensis* Wang & Li, 2012

Species included: 55 Asian species and one in the Neotropical region.

***Pinelema elinae* sp. nov.**
Figs 1–9

Type specimens. Holotype male and paratype female from Lapa do Boqueirão, Carinhanha, Serra do Ramalho karst area, Bahia, Brazil, 25/VI/2022, M.E. Bichuette, J.E. Gallão, F. Chaimowicz & L. S. Horta col., sample 92, deposited in IBSP 289839. Paratypes: same data, 1♂ 2♀ (IBSP 289838); Gruna do Engrunado, Coribe, Serra do Ramalho karst area, Bahia, Brazil, 13/X/2020, M.E. Bichuette, D.F. Torres, L. S. Horta, J. S. Gallo & J. E. Gallão col., 1♂ 1♀, sample RAM I-186 (LES 0029019).

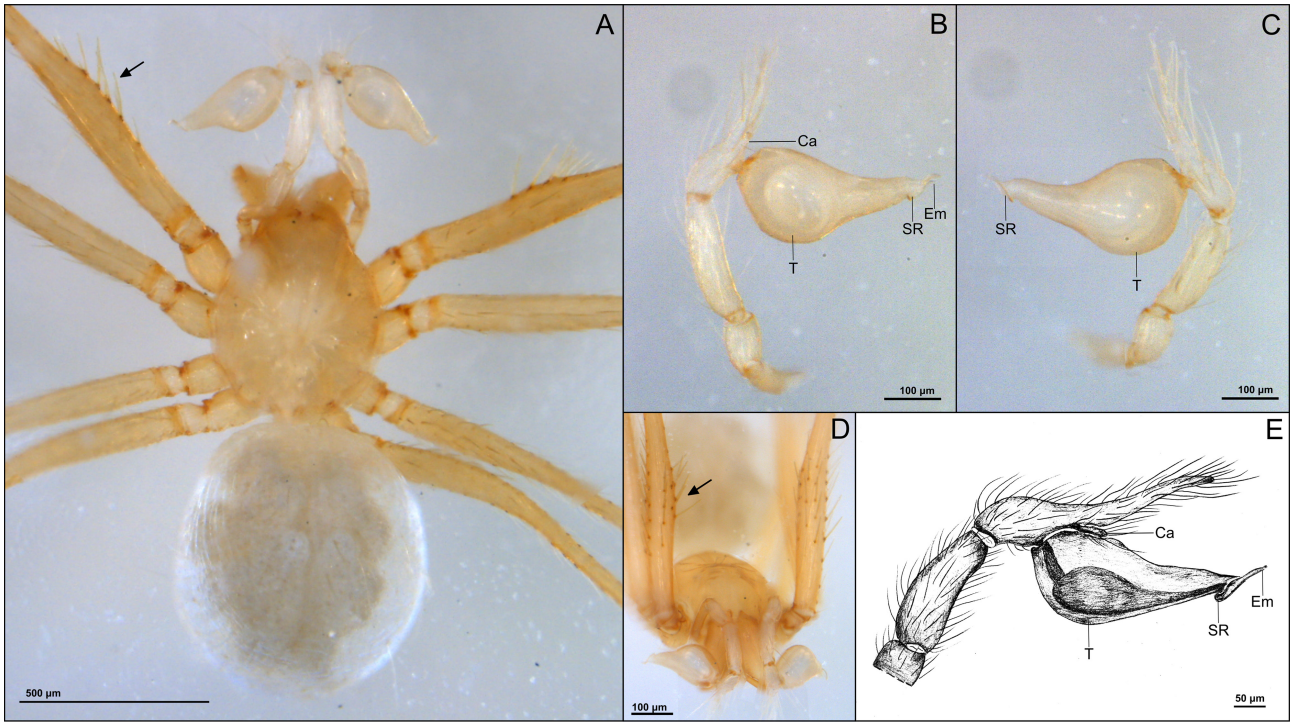


FIGURE 1. *Pinelema elinae* **sp. nov.**, male (IBSP 289839). **A** Habitus, dorsal view (arrow: set of spines on leg I, prolateral view); **B,** Left palp, prolateral view; **C** Same, retrolateral view; **D** Carapace, frontal view (arrow: set of spines on leg I); **E** Left palp, prolateral view. Abreviations: Ca: cymbial apophysis; Em: embolus; SR: Spiral ridge on embolus; T: Tegulum.

Other material examined. BRAZIL. **Bahia**: Lençóis, Gruta do Lapão, 12°32'24"S 41°24'09"W, 17/II/2020, M.E. Bichuette, D. F. Torres, G. C. Rabello & J. E. Gallão col., 1♀ (LES 0029018); Andaraí, Igatu county, Gruna Veio de Aurélio (12°51'37"S 41°18'12"W), 28/X/2010, M.E. Bichuette & J.E. Gallão col., 1♀ (IBSP 196421); Serra do Ramalho karst area, Serra do Ramalho, Gruna das Três Cobras, 13°37'06" S 43°45'09" W, 30/V/2012, M.E. Bichuette, N. Hattori & J. E. Gallão col., 2♀ (LES 0029020); Coribe, Gruna do Engrunado (13°49′44″S 44°27′14″W), 13/X/2020, M.E. Bichuette, D.F. Torres, L.S. Horta, J.S. Gallo & J.E. Gallão col., 9 immatures, sample ex RAM I-186 (LES 0029021); same data, 5♀ 1 imm., sample ex RAM I-186 (LES 0029022); 3♀ 3 immatures (IBSP 289842); Carinhanha, Lapa do Boqueirão, 13°46'51"S 44°02'18" W, 28/VI/2001, R.L.C. Baptista col., 1♂ 1♀ (MNRJ 06338); 3 imm. (MNRJ 06338); 1♂ 1♀ (MNRJ ex 06338; SEM ♂); Carinhanha, Lapa do Boqueirão, 25/IV/2022, M.E. Bichuette, L.S. Horta, J.E. Gallão & F. Chaimowicz col., sample 92, 1♀ 2 immatures (LES 0029023); 25/IV/2022, 1♀ (IBSP 289841); Carinhanha, Gruna Pedro Cassiano, 13°47'48"S 43°54'50"W, 10/IX/2021, M.E. Bichuette & J.E. Gallão col., 1♂ 1♀ (LES 0029024); same data, 1♂ 1♀ (IBSP 289839); Carinhanha, Gruna Água Clara, 13°48'03"S 43°57'05"W, 28/IV/2022, M.E. Bichuette & J.E. Gallão col., sample Boq249, 1♀ (LES 0029025); same data, 1♀ (IBSP 289840).

Etymology. The specific name is in honor of the researcher Maria Elina Bichuette, specialist in the taxonomy, behavior, ecology and evolution of subterranean fauna in Brazil. Her work has contributed much to the knowledge and conservation of the Brazilian cave fauna.

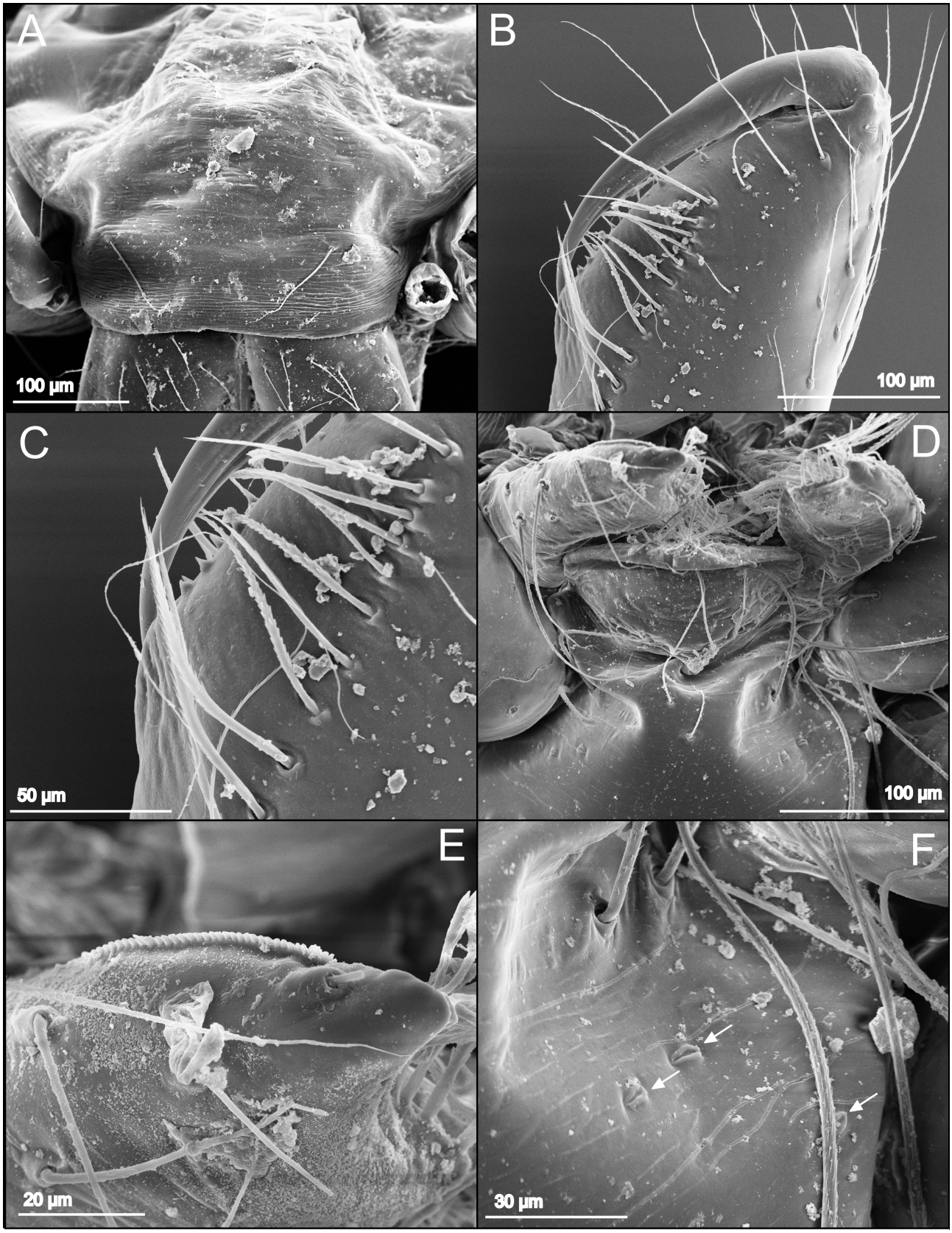


FIGURE 2. *Pinelema elinae* **sp. nov.**, male (MNRJ ex 06338). SEM images. **A** carapace, anterio-dorsal view; **B** chelicerae, ventral view; **C** same, detail of teeth; **D** labium and endites, ventral view; **E** endites, serrula, distal view; **F** sternum**,** ventral view (arrows indicating the slit sense organs).

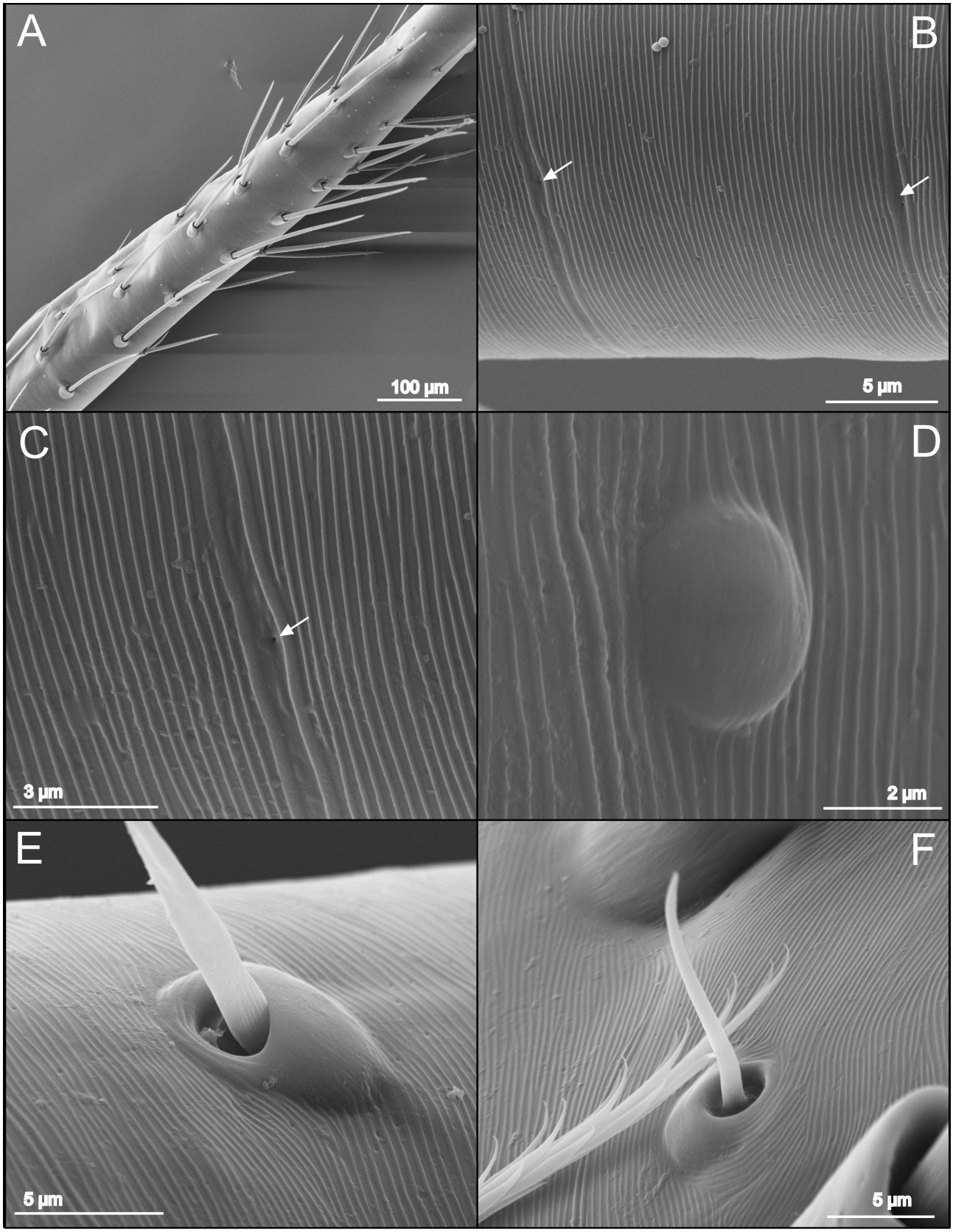


FIGURE 3. *Pinelema elinae* **sp. nov.**, male (MNRJ ex 06338). SEM images. **A** femur I, showing the set of spines, ventral view; **B** tibia I, transverse grooves (arrows), ventral view; **C** same, detail of localization of the Emerit´s gland (arrow); **D** same, Emerit's gland, detail, dorsal view; **E** same, trichobothria, dorsal view; **F** same, sensory hairs, dorsal view.

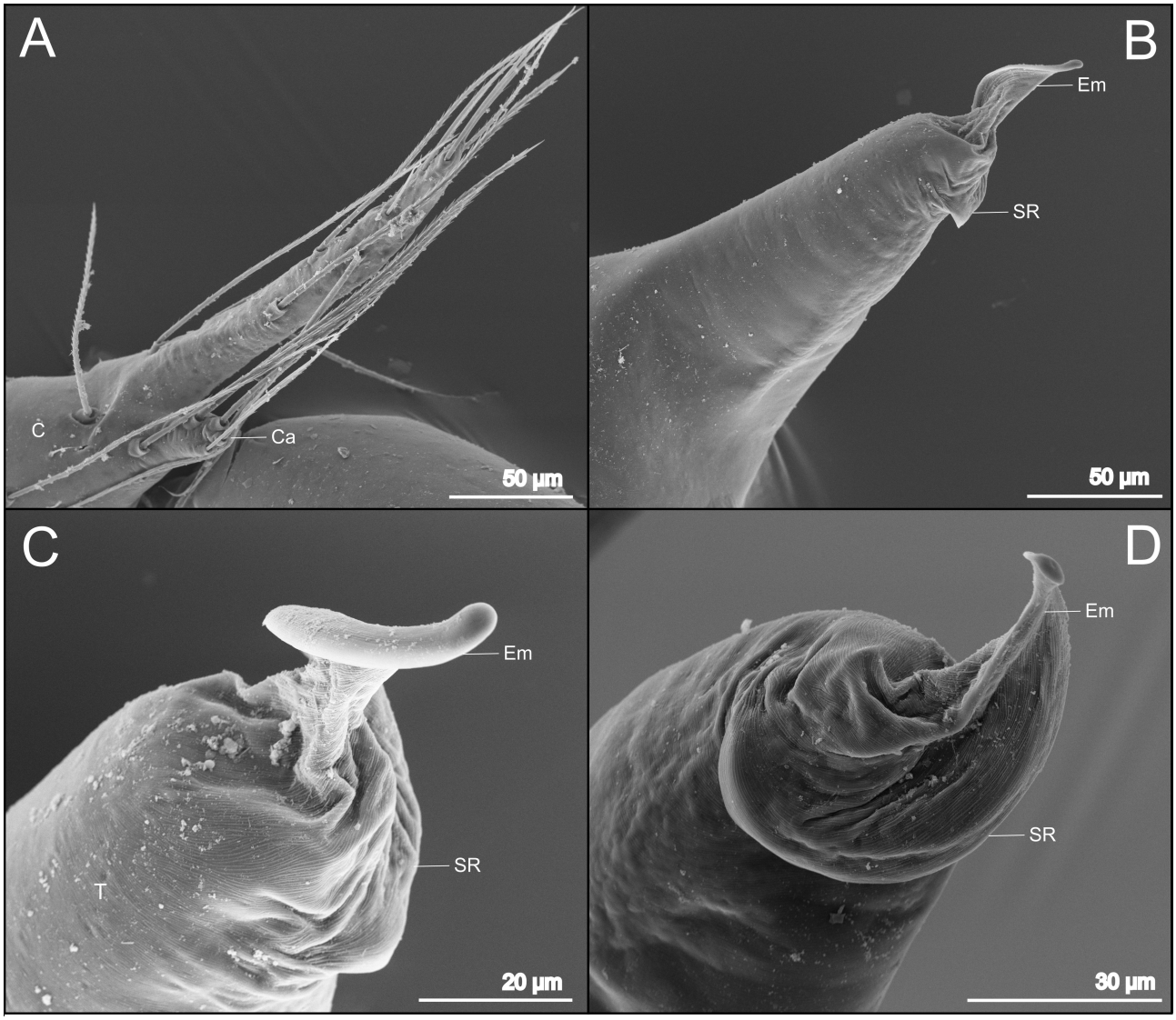


FIGURE 4. *Pinelema elinae* **sp. nov.**, male (MNRJ ex 06338). SEM images. **A** cymbium, distal area, prolateral view; **B** bulb, distal area, prolateral view; **C** same, detail showing embolus and spiral ridge; **D** same, frontal view. Abbreviations: Ca, cymbial apophysis; Em, embolus; SR, spiral ridge on embolus.

Diagnosis. *Pinelema elinae* **sp. nov.** resembles the species of the *Pinelema feilong* group by the triangular and short embolus (relative to bulb length) in males and the U-shaped or coiled receptacle in the genitalia of females (see Zhao *et al.*, 2020, figs 2C, 3A; Lin & Li, 2010, fig. 13B–C). Males can be distinguished by the set of ventral spines on the femora of leg I (Figs 1A, D, 3A) and the pear-shaped bulb, almost without folds (Figs 1B–C, E, 6A), and the females by the receptacle with a membranous tube, very thin, long and with a small mushroom-shaped distal projection (Fig. 5E–F).

Description. Male. (Holotype). Total length 1.8. Prosoma 0.7 long, 0.55 wide. Prosoma orange, brilliant, nearly rounded, smooth (Fig. 1A, D). Fovea absent with two elongated setae (Fig. 2A). Eyes absent (Fig. 2A). Chelicerae orange, half the length of the carapace, fang furrow with five promarginal teeth and 8–10 plumose setae, with seven retromarginal tiny denticles (Fig. 2B–C). Endites longer than labium, with conical distal area and elongated serrula presenting more than 40 teeth (Fig. 2D–E). Labium triangular, rebordered and not fused to sternum (Fig. 2D). Sternum 0.45 long, 0.3 wide, yellow, heart-shaped, with two pairs of anterior median slit sense organs (arrow in Fig. 2F), long lateral bristles and projecting between the legs IV. Legs yellow, bearing a dorsal spine on patella distally and a dorsal spine on each tibia medially. Femora I with set of 20–30 elongated and robust ventral spines (Fig. 1D, 3A). Tibiae with transverse grooves bearing small, circular tibial glands (Fig. 3B–C), globose Emerit glands lacking

openings (Fig. 3D), slightly elevated trichobothria with smooth bothrium (Fig. 3E) and short sensitive hairs (Fig. 3F). Leg measurements: I 8.0 (2.5, 0.25, 2.5, 1.9, 0.85); II 7.1 (2.4, 0.2, 2.2, 1.6, 0.7); III 5.05 (1.7, 0.2, 1.5, 1.1, 0.55); IV 6.45 (2.2, 0.25, 1.9, 1.4, 0.7). Leg formula: I-II-IV-III. Opisthosoma 1.0 long, 0.8 wide, grayish, globose (1A), dorsally with sparse long setae. Palp cream, white bulb. Femur equal to two times the length of the patella, tibia about two times the length of the patella. Cymbium as long as the tibia, broad proximally and narrow distally, with a prolateral median finger-like prolateral cymbial apophysis (Figs 1E, 4A). Palpal bulb pear-shaped; spiral ridge slightly sclerotized and short; embolus enlarged and slightly sclerotized distally (Figs 1B–C, 4B–D).

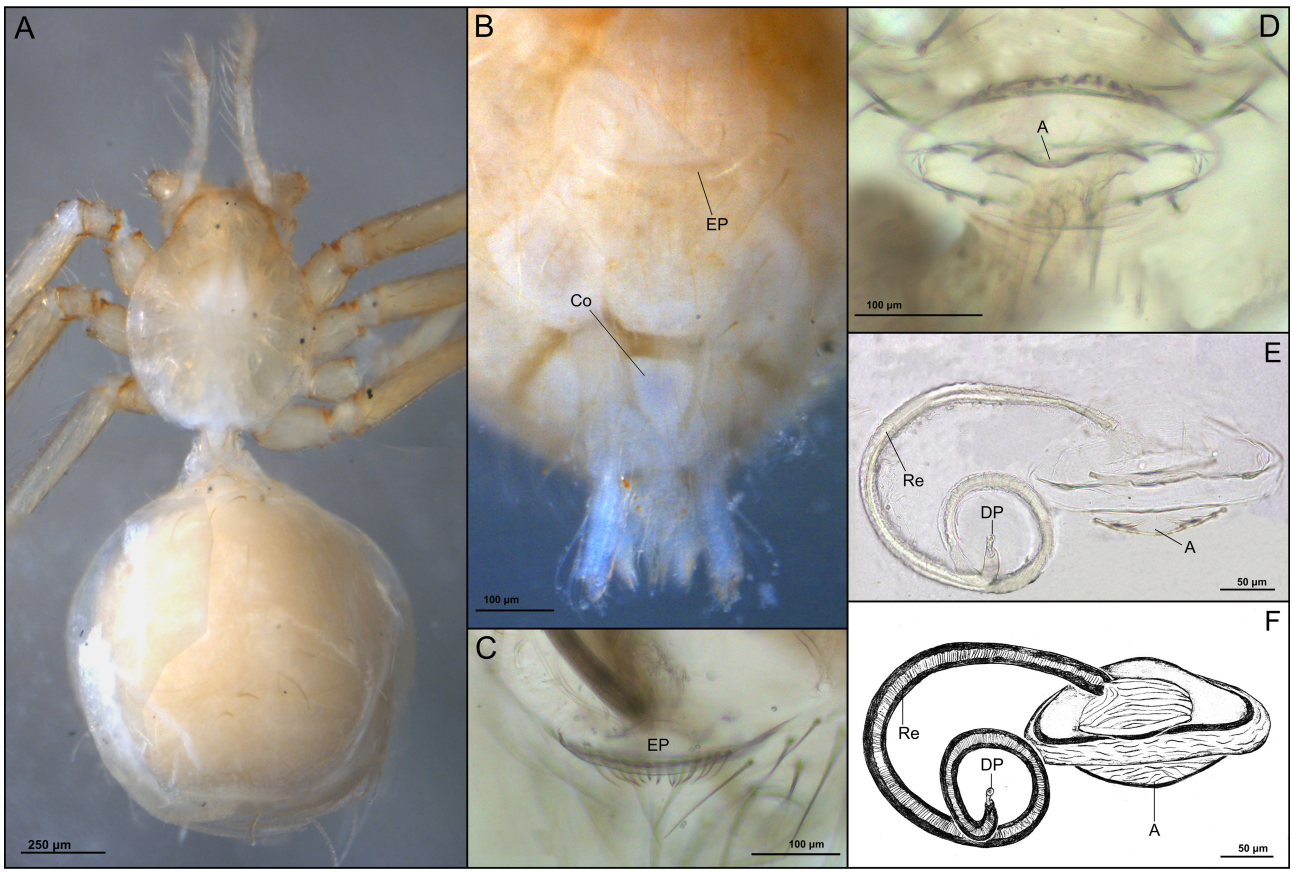


FIGURE 5. *Pinelema elinae* **sp. nov.**, female (IBSP 289838). **A** Habitus, dorsal view; **B** Abdomen, ventral view; **C–F** Female genitalia, cleared (LES 0029022); **C** Epigynal plate, posterior border, ventral view; **D** Atrium, posterior view; **E** receptacle, internal view; **F** same, internal view. Abbreviations: A. atrium, Co, colulus; DP, distal projection; EP, epigynal plate; Re, receptaculum.

Female (Paratype, IBSP 289838**).** Total length 1.9. Prosoma 0.8 long, 0.7 wide. Sternum 0.6 long, 0.4 wide. Opisthosoma 0.9 long, 0.8 wide. Same coloration and general characters as in male (Fig. 5A–B), except: chelicerae with three promarginal teeth and 5–6 plumose setae, and six retromarginal tiny denticles (Fig. 6A). Pedipalpal tarsus with elongated setae (Fig. 6B). Leg measurements: I 8.05 (2.6, 0.25, 2.6, 1.9, 0.7); II 8.1 (2.3, 0.3, 3, 1.7, 0.8); III 5.0 (1.8, 0.25, 1.6, 0.8, 0.55); IV 6.85 (2.3, 0.25, 2.2, 1.5, 0.6). Leg formula: I-II-IV-III. Three claws, paired curved with 4–5 teeth, unpaired curved, tapered and toothless (Fig. 6C). Colulus rhomboidal in shape and pilose (Fig. 6D). Genital area with anterior border slightly sclerotized and bordered by a row of black setae (Fig. 5B–D); atrium with sinuous margin in the copulatory opening (Fig. 5D). Receptacle very long, tube-shaped, slightly sclerotized and coiled (Fig. 5E–F).

Distribution. Known only from caves of the State of Bahia, in Brazil (Fig. 9).

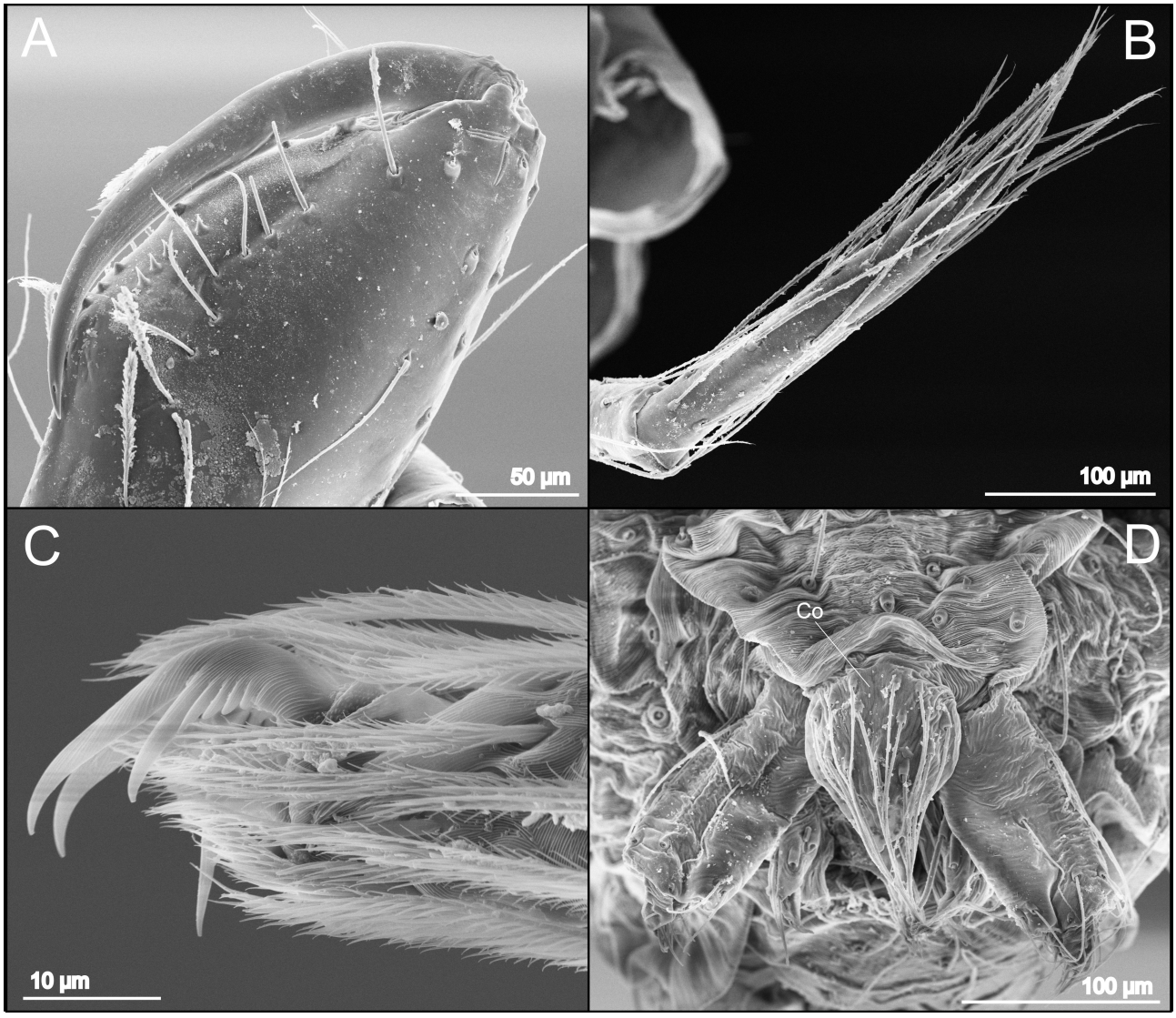


FIGURE 6. *Pinelema elinae* **sp. nov.**, female (LES 0029022), SEM images. **A** Chelicerae, ventral view; **B** Pedipalp, prolateral, distal view; **C** Tarsus III, claw, lateral view; **D** Spinnerets, colulus, ventral view. Abbreviations: Co, colulus.

Natural history. Telemid spiders are found in many and diverse humid microhabitats such as leaf litter, rotten logs, under rocks, and in caves (Dippenaar-Schoeman & Myburgh, 2009, Dupérré & Tapia, 2015, Ubick *et al.*, 2020). *Pinelema elinae* **sp. nov.** was found in two sandstone caves from Chapada Diamantina and five limestone caves from the Serra do Ramalho karst area. Specimens of *Pinelema elinae* **sp. nov.** were found only in the aphotic zones of the caves where the relative humidity was very high (ca > 96%). They were gently sampled with aid of a fine brush from their irregular but delicate webs (Fig. 7A, C) on the cave walls or from crevices in the walls (Fig.7B, D). In the two caves from Chapada Diamantina, only one female was found in each cave demonstrating the rarity of this spider in the sandstone caves of this region, despite several years of collection efforts (Gallão & Bichuette, 2015). The examination of these specimens showed no morphological difference between spiders collected in karst caves and those from sandstone caves.

In recent years, four caves from Serra do Ramalho karst area (Fig. 8) have been studied and 103 specimens of *Pinelema elinae* **sp. nov**. Most specimens were immatures, with the following data: Gruna do Engrunado cave (October 2020: 25 specimens; 1♂ 7♀ 17 imm.); Gruna do Engrunado cave (July 2021: 25 specimens: 1♂ 5♀ 19 imm.); Gruna Pedro Cassiano cave (September 2021: 10 specimens; 2♂ 2♀ 06 imm.); Lapa do Boqueirão cave (April 2022: 33 specimens: 4♂ 12♀ 17 imm.); Gruna Água Clara cave (April 2022: 10 specimens: 4♀ 6 imm.). The spiders were always solitary on their webs, but in some places of the cave, there were up to 10 spiders, mainly

immature, about 20 cm close to each other, probably because of the low dispersal of the spiders, and the immature ones remained near the mother. The number of females and immature spiders is much higher than the number of males, indicating the rarity of males of *Pinelema elinae* **sp. nov.**



FIGURE 7. *Pinelema elinae* **sp. nov.**, female, collected in aphotic zones in the Gruna do Engrunado cave, Bahia, Brazil. **A** Female in web, ventral view; B Female walking in a crevice on cave wall; C Female in web, lateral view; D Web with a dipteran as a prey.

This high number of specimens per cave shows that the species is quite common and seems to have remained abundant despite to the very poor preservation of the Serra do Ramalho karst area. The caves of Serra do Ramalho are a patch of subterranean biodiversity in the region, with troglobite species in various groups, such as springtails, coleoptera, arachnids, amphipods, isopods, millipedes, gastropods, planarians and fish (Trajano *et al.*, 2016).

Discussion

Relationships

The diversity of *Pinelema* species is currently restricted to Asia, with 55 described species (World Spider Catalog, 2023), and it would be natural to imagine that this group is exclusive to this region. It was a surprise to find Telemidae specimens with characters of this genus occurring in the Neotropical region. As is common for species of this genus in the Asian region, all specimens of *P. elinae* **sp. nov.** were collected exclusively in cave environments (Zhao *et al.*, 2018). Perhaps this species could have been introduced into Brazil like several others from the Asian region, such as *Labahita marginata* (Kishida, 1936) (Filistatidae), *Micropholcus fauroti* (Simon, 1887) (Pholcidae), *Hasarius adansoni* (Audouin, 1826) (Salticidae) and *Heteropoda venatoria* (Linnaeus, 1767) (Sparassidae) (for distribution, see the World Spider Catalog, 2023), all common and strongly adapted to urbanized environments. *P.*

elinae **sp. nov**. it has only been found in natural and relatively unaltered environments, such as the caves of Serra do Ramalho and therefore, we do not consider it to be an exotic species.



FIGURE 8. Microhabitats of *Pinelema elinae* **sp. nov.** in the Lapa do Boqueirão (A) and Gruna do Engrunado (B, C and D) caves. **A,** Pile of clay; **B,** Rocky wall; **C,** Web in a crevice on the wall; **D,** Web on the rocky wall.

Therefore, they also have troglomorphic characteristics, such as the absence of eyes, pale coloration, and very long and very thin legs (Figs 1A, 2A, 5A, 7B–C). Furthermore, *P. elinae* **sp. nov.** displays morphological characters that define the genus, such as the belt-shaped tibial glands (arrows in Fig. 3B–C), the male palp with a cymbial apophysis (Fig. 4A) and a triangular embolus (Fig. 4B–D), and the long seminal receptacle of the female genitalia with an extended distal area (Fig. 5E–F). Perhaps the only exclusive character of these species, probably an autapomorphy, is the presence of a set of ventral spines on the femur I of the male leg (Figs 1D, 3A).

Among the groups proposed by Zhao *et al.* (2020), this species could be related to the *feilong* group. The species included in this group have a short, triangular-shaped embolus in relation to the bulb, in addition to an oval bulb and the junction of the bulb and the cymbium located ventro-basally (Fig. 4B–D) on the palp. In relation to females, the receptacle is rod-shaped, which is very elongated (Fig. 5E–F).

The relationships of this species with the species of the *feilong* group need to be studied in the future, mainly through a phylogeny using molecular data, which has not yet been possible for the Brazilian species.

Conservation remarks. Both areas, the sandstone caves of Chapada Diamantina region and Serra do Ramalho karst area have remarkable troglobitic species and are considered hotspots of subterranean fauna (Trajano *et* al., 2016). For example, in the sandstone caves of Chapada Diamantina occur other troglobitic arachnids such as *Ctenus igatu* Polotow, Cizauskas & Brescovit, 2022 and *Tmesiphantes hypogeus* Bertani, Bichuette & Pedroso, 2013, the opilionid *Discocyrtus pedrosoi* Kury, 2008, and the scorpion *Troglorhopalurus translucidus* Lourenço, Baptista & Giupponi, 2004. The sandstone caves of Chapada Diamantina had a history of intensive hand mining due to diamond exploration, but nowadays these caves are somewhat protected within the Chapada Diamantina National Park.

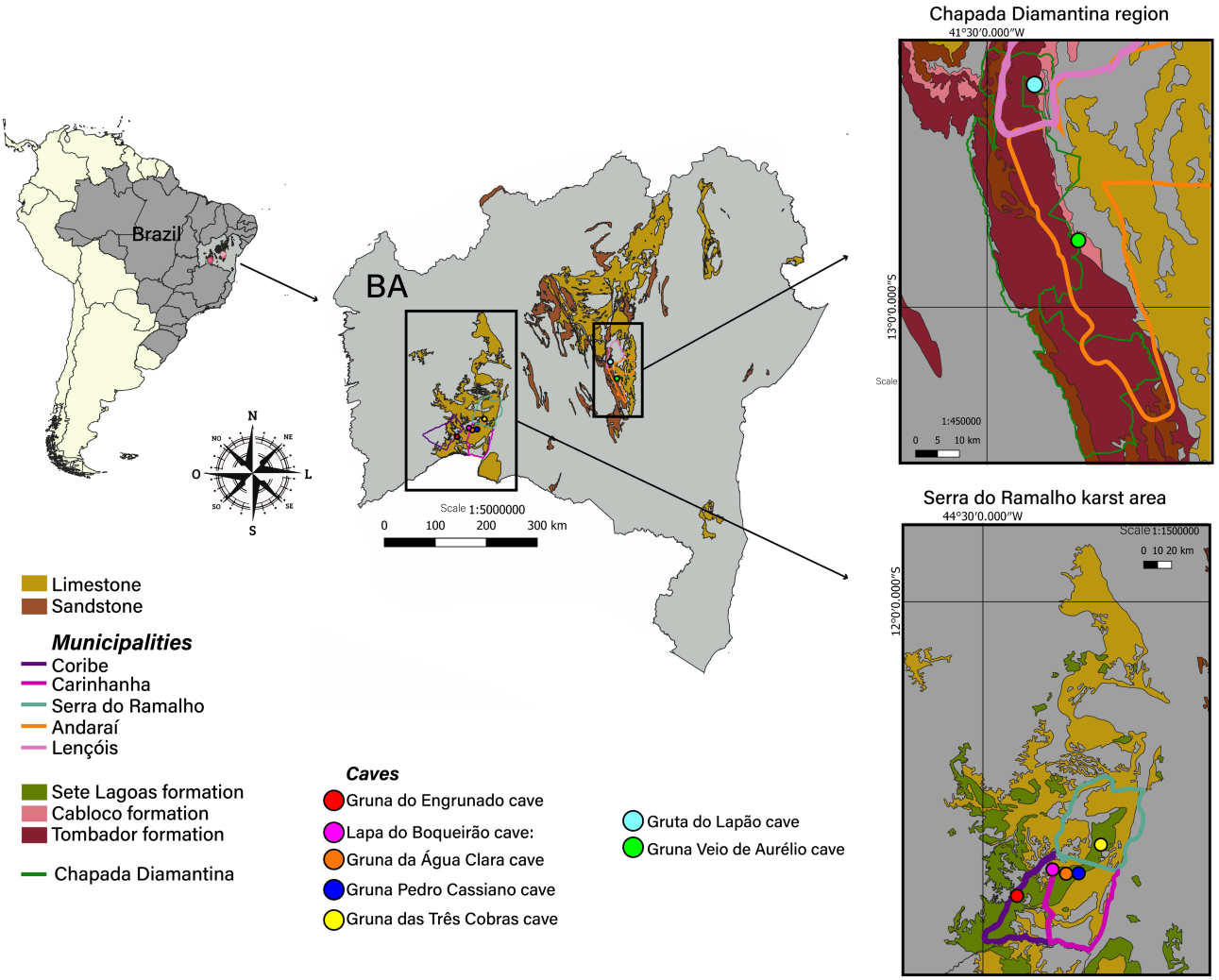


FIGURE 9. *Pinelema elinae* **sp. nov.**, distribution map, location of the study areas in the state of Bahia, Brazil.

To Serra do Ramalho karst area, also there is a remarkable troglobitic arachnofauna, such as the amblypygid *Charinus troglobius* Baptista & Giupponi, 2002, the opilionid *Giupponia chagasi* Pérez & Kury, 2002 and the pseudoscorpion *Pseudochthonius ramalho* Assis, Schimonsky & Bichuette, 2021. In contrast to the former region, the caves of the Serra do Ramalho karst area are not yet legally protected. This area has been suffering from non-sustainable activities such as intense deforestation in addition to huge mining projects planned for the near future (Gallão & Bichuette, 2018). It is noteworthy that the troglophilic populations (in both inside and outside caves) of both regions are notable, and there are many troglobitic species in both areas that not yet been described.

Indeed, the description of obligatory cave-dwelling species is one of the most important acts for the conservation of caves (Gallão & Bichuette, 2018). *Pinelema elinae* **sp. nov.** is a relict species and its description will help in the acts for conservation of the Serra do Ramalho karst area, a hotspot of subterranean biodiversity.

Acknowledgements

We would like to thank Beatriz Mauricio, microscope technician from Centro de Microscopia Eletrônica at the Instituto Butantan, for the SEM images. Special thanks to the editor Miquel A. Arnedo, and the reviewers D. Ubick and Y. Tong for their careful reading of the manuscript. This work was supported Organização de Apoio à Pesquisa da Biodiversidade (OAPBio) and CNPq (ADB grant PQ 303903/20019-8). Thanks go to Maria Elina Bichuette for photographs, to Leonardo de Assis for the map confeccion, to Maria E. Bichuette, Jéssica S. Gallo, Lilia S. Horta,

Flávio Chaimowcz, Dayana F. Torres for helping in field work, and to Instituo Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) for collecting permits in caves and for financial support to our project. The Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS)/ICMBio/Vale S.A. provided the postdoctoral scholarship to JEG and financial support to M.E. Bichuette (Teste de metodologias propostas em legislação ambiental relacionadas à fauna subterrânea e proposição de novas áreas prioritárias para conservação de cavernas; TCCE ICMBio/Vale No. 02/2020: speleological compensation agreement signed between Vale S.A. and ICMBio, with operational management by the IABS). Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS) for the financial support to conduct the Speleological Management Plan of Gruta do Lapão. Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade/Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (ICMBio/CECAV), and Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS) for the financial support to the project Estudos para definição de áreas prioritárias para a Conservação de Proteção Espeleológico na Serra do Ramalho—BA.

Acknowledgement

We also thanks Grupo Bambuí de Pesquisas Espelológicas for all support to the projects of LES.

References

Aparecido, L.E. de O., Rolim, G. de S., Richetti, J., Souza, P.S. & Johann, J.A. (2016) Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. *Ciência e Agrotecnologia*, 40 (4), 405−417. https://doi.org/10.1590/1413-70542016404003916

Bichuette, M.E. & Rizzato, P.P. (2012) A new species of cave catfish from Brazil, *Trichomycterus rubbioli* sp.n., from Serra do Ramalho karstic area, São Francisco River basin, Bahia State (Silurifomes: Trichomycteridae). *Zootaxa,* 3480 (1), 48−66. https://doi.org/10.11646/zootaxa.3480.1.2

Dippenaar-Schoeman, A.S. & Myburgh, J.G. (2009) A review of the cave spiders (Arachnida: Araneae) from South Africa. *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 64, 53−61. https://doi.org/10.1080/00359190909519237

Dupérré, N. & Tapia, E. (2015) Discovery of the first telemid spider (Araneae, Telemidae) from South America, and the first member of the family bearing a stridulatory organ. *Zootaxa,* 4020 (1), 191−196. https://doi:10.11646/zootaxa.4020.1.9

Emerit, M. (1986) L'appareil glandulaire tegumentaire de la patte des Telemidae (Araneae): un critère phylogénique? *Mémoires de Biospéologie*, 12, 91−96.

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), 209–217. https://doi.org/10.1590/0001-3765201520140312

Gallão, J.E & Bichuette, M.E. (2018) Brazilian obligatory subterranean fauna and threats to the hypogean environment. *Zookeys,* 746, 1–23. https://doi.org/10.3897/zookeys.746.15140

Gertsch, W.J. (1973) A report on cave spiders from Mexico and Central America. *Association for Mexican Cave Studies Bulletin,* 5, 141−163.

Gnaspini, P. & Trajano, E. (1994) Brazilian cave invertebrates, with a checklist of troglomorphic taxa. *Revista Brasileira de Entomologia*, 38 (3), 549−584.

Guimarães, J.T., Santos, R.A. & Melo, R.C. (2008) Geologia da Chapada Diamantina Ocidental (Projeto Ibitiara-Rio de Contas). *Série Arquivos Abertos*, 31, 1−68.

Köppen, W. (1948) Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de 1993 Cultura Economica, Pánuco: 479 p.

Lin, Y.C. & Li, S.Q. (2010) Long-legged cave spiders (Araneae, Telemidae) from Yunnan-Guizhou plateau, southwestern China. *Zootaxa*, 2445, 1–34. https://doi.org/10.11646/zootaxa.2445.1.1

Pereira, R.F., Rocha, A.J.D., Pedreira, A.J., Etchevarne, C., Nolasco, M., Pascoal-Junior, P. S. & Torlay, R. (2017) *Geoparque Serra do Sincorá, BA: proposta*. Companhia Pesquisa de Recursos Minerais [CPRM], Salvador: 90 pp. [https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/18230]

Pinto-da-Rocha, R. (1995) Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907–1994). *Papéis Avulsos de Zoologia*, 39 (6), 61–172.

Rubbioli, E., Auler, A., Menin, D. & Brandi, R. (2019) *Cavernas, Atlas do Brasil Subterrâneo*. ICMBio Brasília, DF, 340 pp.

Trajano, E., Gallão, J.E. & Bichuette, M.E. (2016) Spots of high diversity of troglobites in Brazil: the challenge of measuring subterranean diversity. *Biodiversity and Conservation*, 25 (10), 1805−1828.

https://doi.org/10.1007/s10531-016-1151-5.
Ubick, D., Paquin, P., Cushing, P.E. & Roth, V. (2020) *Spider genera of North America: an identification manual*, 2nd Edition. American Arachnological Society, Keene, New Hampshire, USA.
Wang, C.X. & Li, S.Q. (2012) Description of *Pinelema bailongensis* gen. nov. et sp. nov. (Araneae, Telemidae) from Guangxi, China. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 37, 76−83.
World Spider Catalog (2023) World Spider Catalog. Version 24. Natural History Museum Bern. Available from: http://wsc.nmbe.ch (accessed 10 June 2023)
Zhao, H.F., Li, S.Q. & Zhang, A.B. (2020) Taxonomic revision of Telemidae (Arachnida, Araneae) from East and Southeast Asia. *ZooKeys*, 933, 15−93.
https://doi:10.3897/zookeys.933.38653
Zhao, H.F., Yao, Z.Y., Song, Y. & Li, S.Q. (2018) Taxonomic study of the *Pinelema bailongensis* species group with descriptions of six new species from China (Araneae, Telemidae). *ZooKeys*, 784, 7−57.
https://doi:10.3897/zookeys.784.27758

ZOOLOGIA 40: e22048
ISSN 1984-4689 (online)
scielo.br/zool

RESEARCH ARTICLE

Contribution to the knowledge of Brazilian troglobitic Pseudoscorpiones (Arachnida): description of *Pseudochthonius lubueno* sp. nov. (Chthoniidae) from Serra do Ramalho karst area, state of Bahia, Brazil

Leonardo de Assis[1], Diego Monteiro von Schimonsky[1], Jonas Eduardo Gallão[1], Maria Elina Bichuette[1]

[1]*Laboratório de Estudos Subterrâneos, Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos. Rodovia Washington Luís, km 235, Caixa Postal 676, 13565-905 São Carlos, SP, Brazil. E-mails:* assisleo.les@gmail.com, dmvschimonsky@gmail.com, lina.cave@gmail.com
*Corresponding author: Jonas Eduardo Gallão (*jonasgallao@gmail.com*)*

https://zoobank.org/8DF089BD-F032-493C-B2DE-76FFCF415F7A

ABSTRACT. *Pseudochthonius lubueno* **sp. nov.**, a new obligatory cave-dwelling pseudoscorpion species is described from Gruna da Altina cave, the fifth species of the genus in the region of Serra do Ramalho karst area, southwestern Bahia, Brazil. This genus occurs in South and Central America, sub-Saharan central Africa, and in the Arabian Peninsula. The new species can be identified by the following combination of characters: eyes or eyespots absent, coxa I with two and coxa II with 4–5 coxal spines, without microdenticles on the fixed pedipalpal finger, rallum with five blades, ratio ist–est/ist–esb = 1.9. With this new description, the genus now includes 15 species from Brazil: *P. biseriatus* Mahnert, 2001, *P. brasiliensis* Beier, 1970, *P. diamachi* Prado & Ferreira, 2023, *P. gracilimanus* Mahnert, 2001, *P. heterodentatus* Hoff, 1946, *P. homodentatus* Chamberlin, 1929, *P. koinopoliteia* Prado & Ferreira, 2023, *P. lubueno* sp. nov., *P. orthodactylus* Muchmore, 1970, *P. olegario* Schimonsky, 2022, *P. pali* Prado & Ferreira, 2023, *P. ramalho* Assis, Schimonsky & Bichuette, 2021, *P. ricardoi* Mahnert, 2001, *P. strinatii* Beier, 1969 and *P. tuxeni* Mahnert, 1979. The new species shows troglomorphic characteristics such as the depigmentation of the carapace and the absence of eyes. In addition, illustrations, diagnoses, an identification key for cave-dwelling species of the genus, and distribution maps for all Brazilian species of *Pseudochthonius* are provided.

KEY WORDS. Caves, northeastern Brazil, subterranean, taxonomy, troglomorphic.

INTRODUCTION

Brazilian pseudoscorpion fauna is remarkable with 183 species distributed in 15 families (Harvey 2013, Schimonsky and Bichuette 2019, Assis et al. 2021, Schimonsky et al. 2022, World Pseudoscorpiones Catalog 2022, Prado and Ferreira 2023). Chthoniidae is the most diverse family, with 881 species and 54 genera. It is distributed worldwide except in Antarctica, with its greatest diversity occurring in the USA (150 species), Spain (98), Italy (91), China (57), Croatia (43), Australia (36), France (35), and Greece (35) (World Pseudoscorpiones Catalog 2022, Hou et al. 2023). In Brazil, Chthoniidae is represented by 34 species in 11 genera: *Heterolophus* Tömösváry, 1884 (2), *Tridenchthonius* Balzan, 1887 (2), *Lechthyia* Balzan, 1892 (1), *Pseudochthonius* Balzan, 1892 (14), *Compsaditha* Chamberlin, 1929 (1), *Tyrannochthonius* Chamberlin, 1929 (4), *Austrochthonius* Chamberlin, 1929 (4), *Soroditha* Chamberlin & Chamberlin, 1945 (1), *Neoditha* Feio, 1945 (1), *Cryptoditha* Chamberlin & Chamberlin, 1945 (2) and *Lagynochthonius* Beier, 1951 (2) (World Pseudoscorpiones Catalog 2022).

Pseudochthonius is characterized by the absence of an intercoxal tubercle, the presence of coxal spines on coxae I and II, and in most cases, having strongly sigmoid palpal chelal fingers (Muchmore 1986, Mahnert and Adis 2002). To date, *Pseudochthonius* includes 34 extant species distributed in America Central – six living species of which two are troglobites: *P. troglobius* Muchmore, 1986 from Mexico

(Muchmore 1986) and *P. arubensis* Wagenaar-Hummelinck, 1948, from the Netherlands Antilles (Wagenaar-Hummelinck 1948) and one fossil species (Schawaller 1980) – and of South (with 14 species are from Brazil), sub-Saharan central Africa (five species distributed in the Republic of Congo and Ivory Coast), and the Middle East in the Arabian Peninsula, with one species (World Pseudoscorpiones Catalog 2022).

The known diversity of *Pseudochthonius*, as well as that of Chthoniidae, has been recently increased with the description of five troglobitic species from Brazilian caves (already added to the general numbers herein presented); *P. ramalho*, from a single cave in the Serra do Ramalho karst area, state of Bahia, *Pseudochthonius diamachi* Prado & Ferreira, 2023, *Pseudochthonius koinopoliteia* Prado & Ferreira, 2023, *Pseudochthonius pali* Prado & Ferreira, 2023, also from Serra do Ramalho karst area, and *P. olegario* from a single cave in municipality of Presidente Olegário, state of Minas Gerais (Assis et al. 2021, Schimonsky et al. 2022, Prado and Ferreira 2023). All areas belong to the Bambuí geomorphological group, the largest geomorphological unit in Brazil. Of the 14 *Pseudochthonius* from Brazil, nine occur inside caves, of which seven are considered troglobites: *P. biseriatus*, *P. strinatii*, *P. ramalho, P. olegario*, *P. diamachi*, *P. koinopoliteia*, and *P. pali* (Mahnert 2001, Harvey 2013, Assis et al. 2021, Schimonsky et al. 2022, Prado and Ferreira 2023). The present study provides the description of a new troglobitic *Pseudochthonius* species found in a single cave in municipality of Serra do Ramalho, in the Serra do Ramalho karst area, southwestern Bahia, Brazil. We also provide data regarding the conservation status of the new species and the area. A discussion about troglomorphisms in the genus is also provided.

MATERIAL AND METHODS

Study area

The Serra do Ramalho karst area comprises the municipalities of Coribe, Feira da Mata, Carinhanha, and Serra do Ramalho. Plateaus are made of limestone rocks belonging to the Bambuí geomorphologic group (Rubbioli et al. 2019). This region is located in southwestern Bahia and comprises extensive limestone landscapes with several caves and karst systems (Figs 1, 2). It belongs to the Sete Lagoas formation, Bambuí group, composed of dark, heterogeneous limestones, interspersed with layers of claystone, deposited approximately 750 to 600 million years ago (Rubbioli et al. 2019), and belongs to middle São Francisco River basin. The climate is tropical dry with a dry winter and the annual precipitation varies between 800 and 1000 mm (Gonçalves et al. 2018). The region is considered a spot of subterranean fauna (Trajano et al. 2016, Gallão and Bichuette 2018) and the obligatory cave-dwelling fauna is remarkable with representatives in a large variety of taxa (e.g., Bichuette and Trajano 2004, 2005, Bichuette and Rizzato 2012, Gallão and Bichuette 2018).

Material examined and treatment of specimens

Specimens were prepared by immersion in 85% lactic acid at room temperature for two weeks (Judson 1992). They were then examined by preparing temporary slide mounts with 10 mm coverslips supported by sections of nylon fish line (Harvey 2021). Specimens were examined with Nikon SMZ660 Stereomicroscope and Leica DMLS compound microscope and the male holotype was illustrated with the aid of a camera lucida.

Maps were produced with QuantumGis Desktop 3.10.12 (QGis Open Source Geospatial Foundation). Coordinates were obtained from field trips to the study location with a global positioning system (GPS-Garmin 60CSx).

The examined specimens are deposited in Laboratório de Estudos Subterrâneos, at Universidade Federal de São Carlos (LES, curator: Maria Elina Bichuette), and Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP, curator: Ricardo Pinto-da-Rocha).

Comparative material

Brazil – Caatinga province • *Pseudochthonius ramalho*; 1 male, Serra do Ramalho karst area, Serra do Ramalho, Bahia, Gruna do Vandercir cave; 13°38'11.40"S, 43°50'5.10"W; 31.V.2012; Bichuette ME, Gallão JE, Hattori N leg.; LES 009601. Parana Forest Province • *Pseudochthonius biseriatus*; 1 male, Itacarambi, Minas Gerais, Olhos d'Água cave, 15°7'0.10"S, 44°10'0.10"W, 24.VII.2012, Bichuette ME, Gallão JE and Rizzato PP leg.; LES 009433.

Parana Forest Province • *Pseudochthonius strinatii*; 1 male, São Paulo, Iporanga, Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira, Sumidouro da Passoca cave; 24°33'57"S, 48°43'W; 03.XII.2013; Bichuette ME, Gallão JE, Fernandes CS, Rizzato PP, Fonseca R and Arnone I leg.; LES 009391. Atlantic province • *Pseudochthonius olegario*, 1 male, Minas Gerais, Presidente Olegário, Lapa Zé de Sidinei cave; 18.30156°S, 46.09462°W, Galena village, 16.iv.2014, Zepon T, Resende LA and Damasceno G leg.; MZSP76522.

Terminology and measurements

The terminology and measurements mostly follow Chamberlin (1931), except for legs, pedipalps, and trichobothria follow Harvey (1992); for chelal movable finger

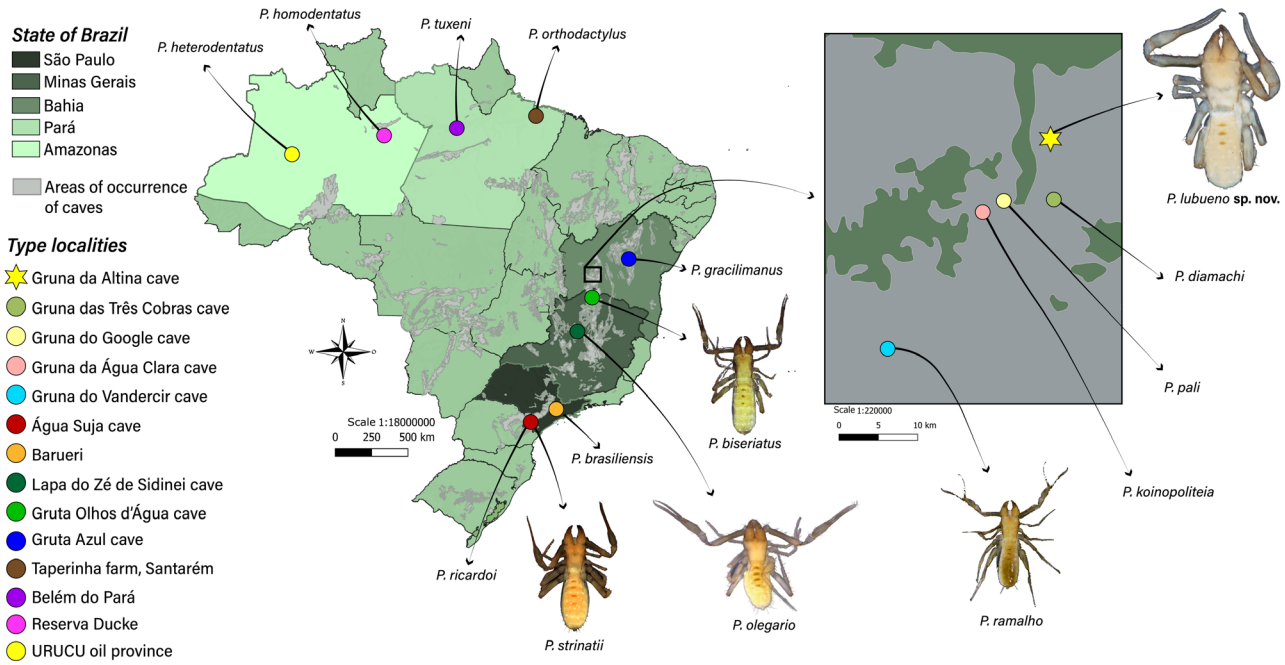


Figure 1. Map showing the distribution of *Pseudochthonius lubueno* sp. nov. in Gruna da Altina cave, located in Serra do Ramalho, Bahia, and the distribution of Brazilian epigean and hypogean *Pseudochthonius* species, with the troglobitic representatives

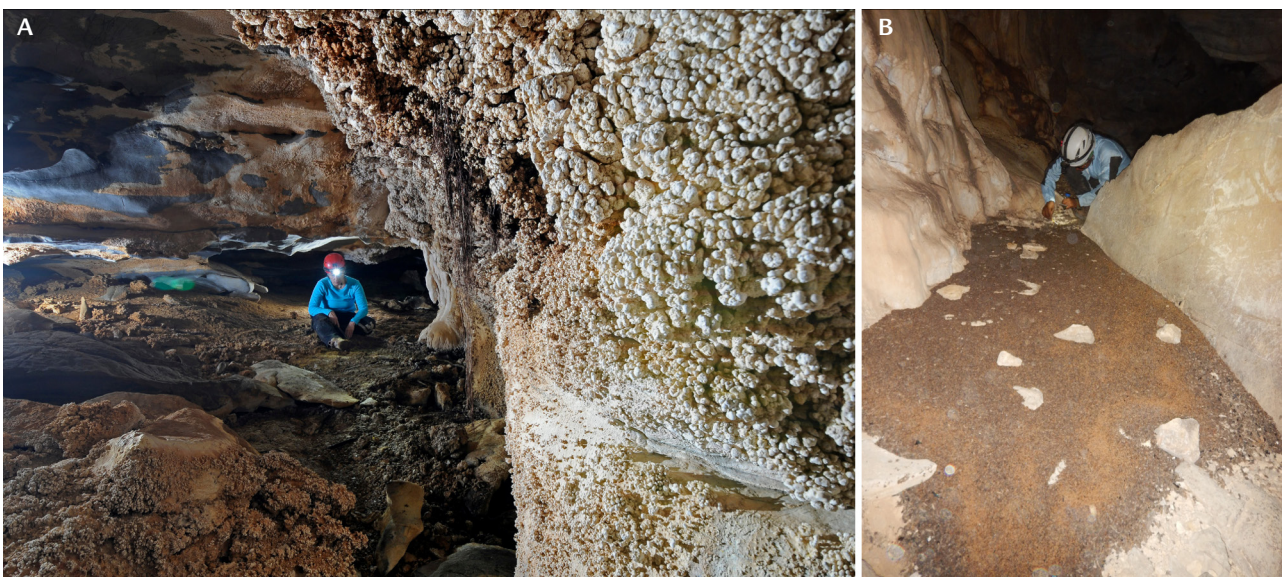


Figure 2. Gruna da Altina cave: (A) details of the microhabitat of *P. lubueno* sp. nov., Photo A. Gambarini; (B) Guano piles, a typical substrate of occurrence of the new species, Photo: M.E. Bichuette.

follow Mahnert et al. (2014); and for chelicera Judson (2007). The chaetotactic formulae of chelicera follow Gabbutt and Vachon (1963) and the duplex trichobothria follow Judson (2018). Abbreviations. Chelal trichobothria: (b) basal, sb sub–basal, (st) sub-terminal, (t) terminal, (ib) interior basal, (isb) interior sub–basal, (ist) interior sub-terminal, (it) interior

terminal, (eb) exterior basal, (esb) exterior sub-basal, (est) exterior sub-terminal, (et) exterior terminal, (dx) duplicate trichobothria. Cheliceral setae: (gl) galeal, (dt) dorsal terminal, (dst) dorsal sub-terminal, (db) dorsal basal, (vt) ventral terminal, (vb) ventral basal, (di) isolated subapical tooth.

TAXONOMY

Chthoniidae Daday, 1889

Chthoniinae Daday, 1889

Chthoniini Daday, 1889

Pseudochthonius Balzan, 1892

Pseudochthonius lubueno sp. nov.

Fig. 3

https://zoobank.org/01864229-28C0-4FB4-B705-02A200D8AD89

Type material. Holotype male. BRAZIL: Bahia, Caatinga province, Serra do Ramalho karst area, Serra do Ramalho, Gruna da Altina cave; 13°33'39.2"S, 43°45'10.3"W; 27.XI.2015; Bichuette ME, Gallão JE leg.; LES 0014723. Paratype female, same data as holotype; LES 0014724.

Diagnosis. *Pseudochthonius lubueno* sp. nov. bears similarities to the troglobitic species of *Pseudochthonius*, *P. strinatii*, *P. biseriatus*, *P. ramalho*, *P. olegario*, *P. diamachi*, *P. koinopoliteia* and *P. pali*, due to it is a moderately sized troglomorphic species with elongate appendages and absence of body pigmentation. However, it differs in other characters and can be identified by the following combination: *P. lubueno* sp. nov. has the rallum with five blades (nine in *P. biseriatus*, 7 in *P. olegario*, seven in *P. diamachi*, seven in *P. koinopoliteia*, and seven in *P. pali*); one distal isolate teeth in movable finger of chelicera (isolated teeth in booth fingers in *P. diamachi*); has epistome with anterior margin slightly serrate on the sides and distinctly serrate with median denticles in the middle (in *P. ramalho*, the anterior margin distinctly serrate with median denticles larger than lateral ones); 1.10 male, 1.24 female body length (1.55 male, 1.45 female in *P. ramalho*, 1.20 male, 1.58–1.60 female in *P. olegario*, 2.02–2.33 female in *P. diamachi*, 1.69 male, 1.7–1.95 female in *P. koinopoliteia* and 1.33 male, 1.70 female in *P. pali*); eyes or eyespots absent (eyespots present in *P. strinatii* and *P. ramalho*); posteriorly constricted carapace (in *P. koinopoliteia* carapace rectangular practically without posterior constriction); without microdenticles on the fixed pedipalpal finger (2 present in *P. ramalho*), 30–31 teeth on the fixed chelal finger (41 in *P. diamachi*, 38 in *P. koinopoliteia*, and 34–39 in *P. pali*, and heterodentate chelal teeth on the fixed finger (homodentate in *P. strinatii*); trichobothrium et near to dx and it (et distal to it in *P. diamachi* and *P. koinopoliteia*). Concerning the position of trichobothrium ist, closer to esb than to est, *P. lubueno* sp. nov. has the ratio ist–est/ist–esb = 1.90 (3.0 in *P. strinatii*, 1.98 in *P. ricardoi*, 1.22 in *P. gracilimanus*, 4.71 in *P. ramalho*, 1.02 in *P. diamachi*, 0.68 in *P. koinopoliteia*, 2.46 in *P. pali*, 2.37 in *P. tuxeni*, 2.34 in *P. brasiliensis* and 2.06 in *P. orthodactylus*); 3 setae on tergites I–II (2 setae in *P. biseriatus,* 2–4 in *P. diamachi*); coxa I with 2 and coxa II with 4–5 coxal spines (in *P. biseriatus*, I 5+3–4 and II 5+5–6, in *P. ramalho* I 3-5 and coxa II 5–3, in *P. diamachi* I 3–5 and II 4, in *P. koinopoliteia* I 5–6 and II 4–5, *P. pali* I 3–5 and II 5–6, in *P. olegario* I 4 and II 5). The following characters are also different from other Brazilian cave species of *Pseudochthonius*: *P. lubueno* sp. nov. absent eyes, 30–31 teeth on the fixed chelal finger (in *P. gracilimanus* due to the presence of 2 small eyes and 23–26 teeth; in *P. ricardoi* due to 2 eyespots and 43 teeth). *Pseudochthonius lubueno* sp. nov. also differ from *Pseudochthonius* of the world: differs from *P. arubensis*, by the rallum with 6 blades (5 blades in *P. lubueno* sp. nov.) and the number of chelal fixed and movable finger with 28 teeth (in *P. lubueno* sp. nov. fixed finger with 34 male/32 female and movable finger with 29 male/30 female); differ from *P. troglobius* by the rallum with 8 blades, the homodentate chelal teeth on the fixed finger, with 65 teeth and the presence of one small coxal spine on coxa III (in *P. lubueno* sp. nov. rallum with 5 blades, 30 acute teeth and coxal spines on coxa III absent). In the case of ratio trichobothrium ist, ist–est/ist–esb, (*P. lubueno* sp. nov. = 1.90), 2.4 in *P. arubensis* and 1.72 in *P. galapagensis* Beier, 1977.

There are also differences in the proportions of some body parts: *P. lubueno* sp. nov. 1.3 (1.0 female) times longer than carapace and 2.6 (2.8 female) times longer than patella, differs from the *P. strinatii* 1.3 and 2.0 (2.5 female), and *P. ramalho* 1.4 (1.2 female) and 2.2 (2.6 female); *P. lubueno* sp. nov. pedipalp femur 3.0–4.5 times longer than broad, differs from the *P. biseriatus* (6.4–6.6), *P. strinatii* (5.3–6.8), *P. homodentatus* (4.6–4.9); *P. lubueno* sp. nov. pedipalp chela 5.3 (5.4 female), differs *P. biseriatus* (7.5–8.0), *P. strinatii* (6.7–7.4), *P. diamachi* (7.7–7.8) and *P. ricardoi* (6.0); in *P. biseriatus* femur 1.89 (1.77 female) longer than patella, in *P. ricardoi* 1.72 longer than patella, differs of the *P. lubueno* sp. nov. 3.7 (2.25 female) longer than patella.

Description (male and female). Body: coloration of specimens in 70% ethanol generally pale yellow, tergites III–V with a dark median mark (Fig. 3); Male is slightly smaller than female.

Chelicera (Fig. 4C). Five setae on hand, with one seta (dt) on the basal position of the fixed finger and one seta (gl) close to the basal seta on the movable finger, with

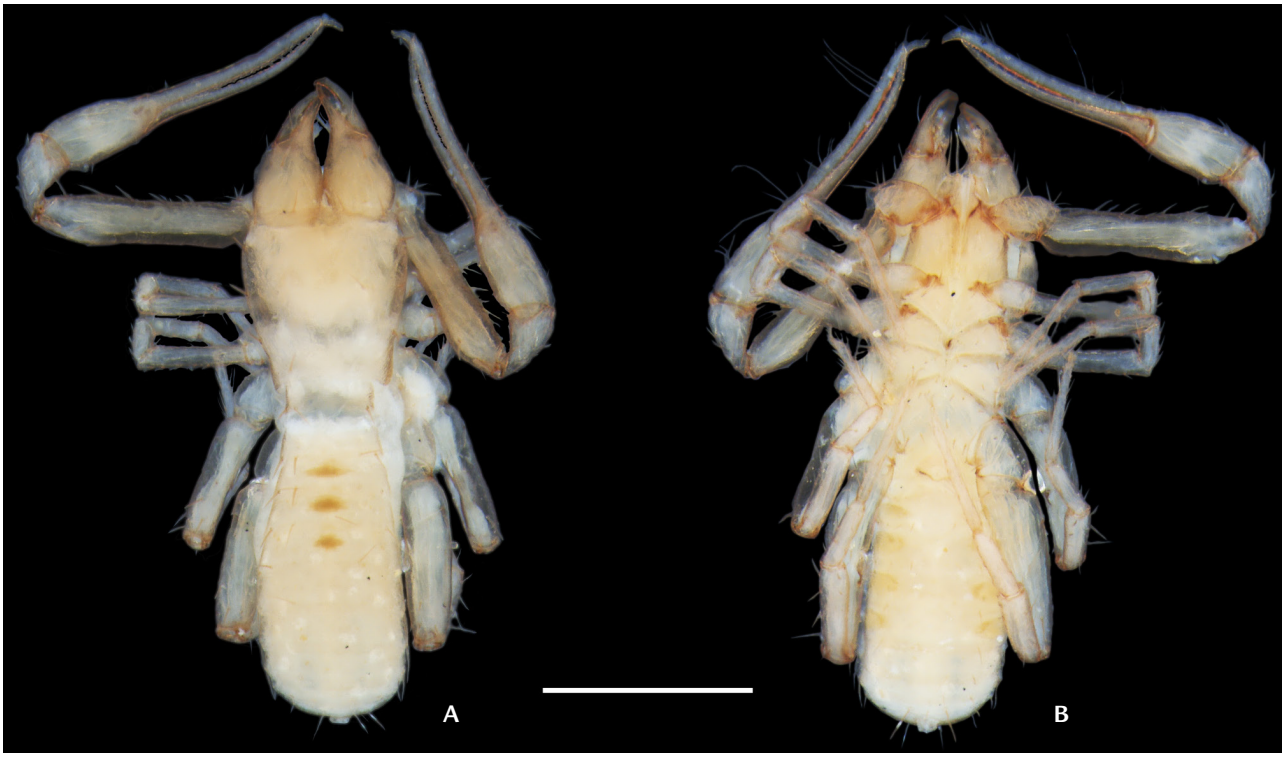


Figure 3. *Pseudochthonius lubueno* sp. nov. Paratype female, habitus: (A) dorsal view; (B) ventral view. Scale bar: 0.5 mm. Photo: Luciana Bueno dos R. Fernandes.

lateral microsetae (vb); All setae acuminate; Fixed finger with 7 (male)/8 (female) teeth proximally reduced in size; Movable finger with 8 (male)/9 (female) teeth proximally reduced in size with subapical isolated tooth (di); Serrula exterior with 12 (male), 13 (female) lamellae; Rallum with 5 blades pectinated (Fig. 4D); Dorsal face of cheliceral palm with 4 lyrifissures, 2 situated near setae it and vb, 1 lyrifissure positioned anteriorly on the fixed finger.

Carapace (Fig. 4A). Anterior margin slightly serrated on the sides and distinctly serrate with median denticles in the middle; Epistome prominent and dentate; without any traces of eyes; posteriorly constricted; Chaetotaxy 6:4:4:2:2 (18), of which one pair are preocular microseta; 2 lyrifissures anteriorly and 1 posteriorly.

Pedipalp (Fig. 5AB). 1.4 (male), 1.2 (female) × longer than carapace and 2.2 (male), 2.6 (female) × longer than patella; movable finger 1.6 (male), 1.9 (female) × longer than hand; fixed finger 1.65 (male), 1.72 (female) × longer than hand. Fixed chelal finger long and strongly sigmoid in its distal half. Fixed finger with 34(male)/32(female) acute teeth, distinctly separated from each other, but paired and in each pair, one tooth is slightly directed retrolaterally and the other prolateral. Movable finger with 29(male)/32(female) flattened and separated teeth. Trichobothria. ib and isb situated close to each other sub–medially in the dorsal region of the chelal hand; eb closer to esb than to ist, forming a straight oblique row at the base of the fixed chelal finger; ist closer to esb than to the est (ratio ist-est/ist-esb = 1.9); et slightly near the tip of the fixed finger, near to the chelal teeth; dx, located near to the end of the fixed finger; t closer to st and situated at the same level as est.

Abdomen. Chaetotaxy of tergites I–XI: male, 3: 3: 4: 3: 5: 4: 4: 3: 4: 4: 3; female, 4: 4: 4: 4:5: 6: 6: 6: 6: 5: 3. Chaetotaxy of sternites III–XI: (male/female) 12: 13: 8: 8: 8: 8: 6: 5: 2, anal cone 0/2 setae.

Genital area (Fig. 4F, G): Anterior genital operculum with 9(male)/8(female) marginal and discal setae, genital opening slit-like triangular in male, with 10 marginal setae on each side; posterior operculum with 8 setae in female.

Coxae (Fig. 4E): Manducatory process distally acute, with 2 setae; Pedipalpal coxa with 3 setae; Coxa I with 2 setae on anterior margin and coxa II with 4–5 highly dented coxal spines in decreasing size distally, Coxa III with 6 setae and coxa IV with 8 setae; Intercoxal tubercle absent.

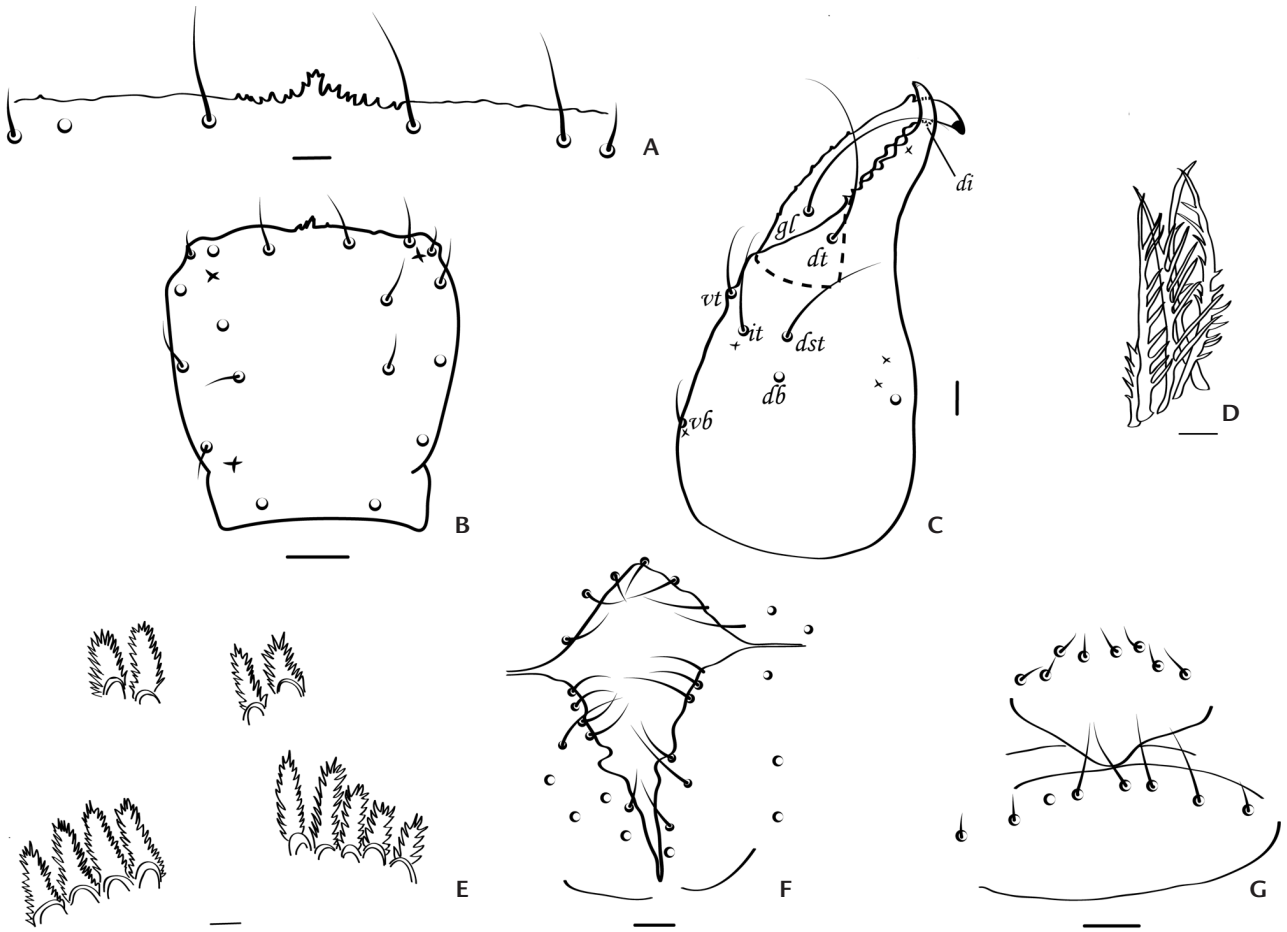


Figure 4. *Pseudochthonius lubueno* sp. nov., male holotype (A-F) and female paratype (G): (A) carapace dorsal view; (B) detail of the anterior margin, with the epistome; (C) left chelicera; (D) rallum; (E) coxal spines of coxae I–II; (F) genital opening; (G) genital opening, paratype. Scale bars: A, C, E, F-G = 0.05 mm, B = 0.2 mm, D = 0.02 mm.

Legs (Fig. 5C, D): Leg I (Fig. 5C): femur 5.9 (male)/7.2 (female) times longer than deep and 1.94 (male)/2.25 (female) longer than patella, patella 3.6 (male)/3.2 (female) times longer than deep, tibia 5.2 (male)/3.8 (female) times longer than deep, tarsus 11 (male)/9.6 (female) times longer than deep, tarsus 1.6 (male)/1 (female) times longer than tibia. Leg IV (Fig. 5D): Trochanter 1.1 (male)/1.2 (female) times longer than broad, femur + patella 2.7 (male)/5.8 (female); Tibia 4.8 (male)/3.2 (female) times longer than deep; basitarsus 4.3(male)/3.6 (female) times longer than deep; telotarsus 10.5 (male)/14 (female) times longer than deep.

Measurements and ratios: see Table 1.

Etymology. The specific epithet is a combination in honor of Luciana Bueno dos Reis Fernandes, technician of Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos, an excellent photographer, illustrator, and enthusiast of cave fauna; it is a noun in apposition.

Key to cave-dwelling *Pseudochthonius*

1. Eyeless, eyespots present; trichobothrium ist at least 3×further away from est than from esb (ratio ist-est/ist-esb ≥ 3.0)..... 2
1'. Eyeless, eyespots absent; trichobothrium ist less than 2.8× further away from est than from esb (ratio ist-est/ist-esb ≤ 2.8)..... 3
2. Ratio ist-est/ist-esb = 4.71; chelal length = 0.82–0.90; pedipalpal patella larger (4.1), pedipalpal femur smaller (4.1); endemic to Gruna do Vandercir cave, Bahia, Brazil..... ..... *P. ramalho* Assis, Schimonsky & Bichuette, 2021

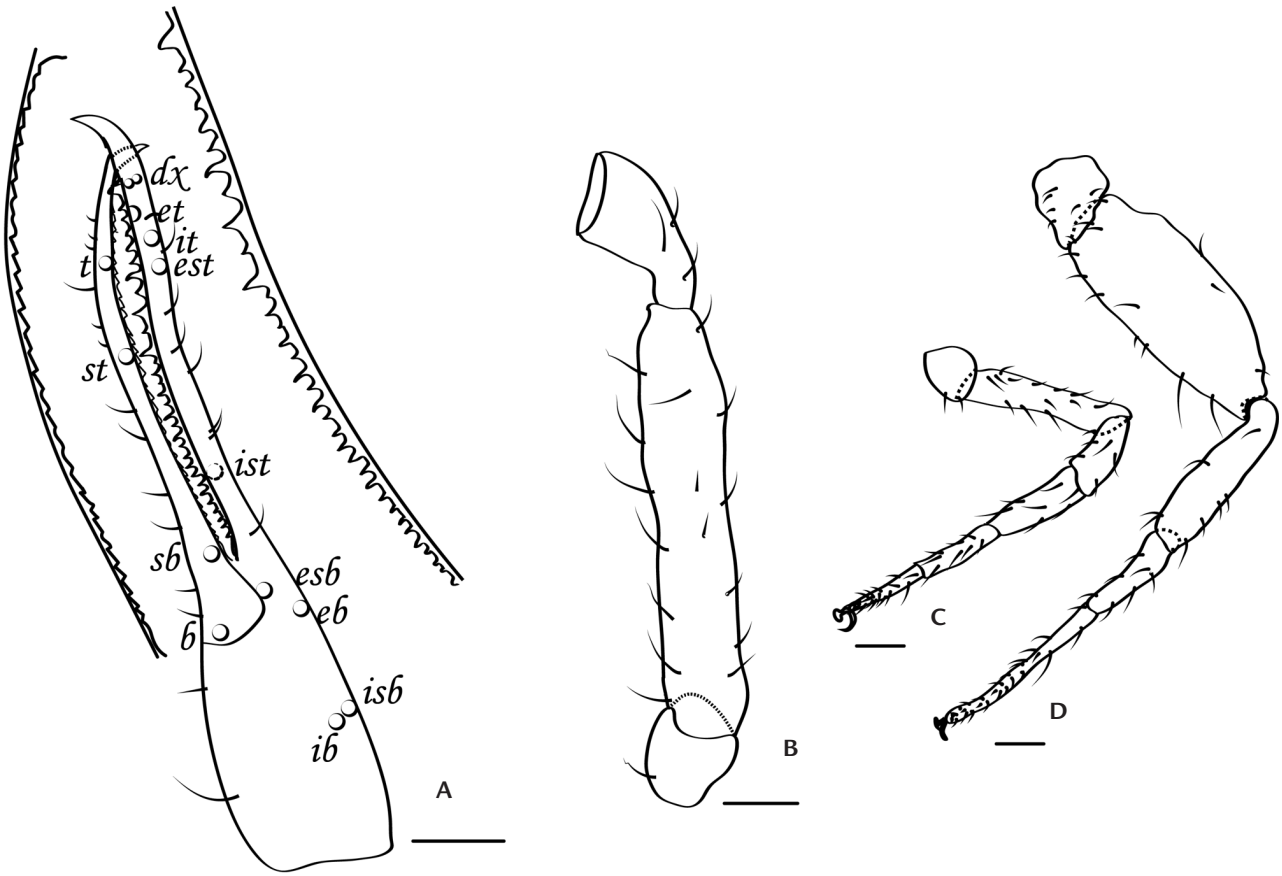


Figure 5. *Pseudochthonius lubueno* sp. nov., male holotype: (A) left chela, lateral view; (B) left palpal trochanter, femur, and patella; (C) leg I, lateral view; (D) leg IV, lateral view. Scale bars: 0.2 mm.

2'. Ratio ist-est/ist-esb = 3.0; chelal length = 0.82–1.06; pedipalpal patella smaller (2.0), pedipalpal femur larger (5.3–6.1); occurrence in São Paulo, Minas Gerais and Paraná, Brazil..... *P. strinatii* Beier, 1969
3. Tergite I with 2 setae and tergite II with 4 setae 4
3'. Setae configuration other than the step above 5
4. Ratio ist-est/ist-esb = 1.02–1.11; coxa II with 4 coxal spines; chelal length = 1.43–1.59 pedipalpal femur larger (6.8)..... *P. diamachi* Prado & Ferreira, 2023
4'. Ratio ist-est/ist-esb = 2.46–2.77; coxa II with 5-6 coxal spines; chelal length = 0.87–0.98, pedipalpal femur smaller (5.7) .....*P. pali* Prado & Ferreira, 2023
5. Tergite I and II each with 2 setae 6
5'. Tergite I and II each with 4 setae 7
6. Ratio ist-est/ist-esb = 1.78–2.10; chelal length = 1.24–1.39; pedipalpal femur smaller (6.3–6.6); endemic to Olhos d'Água cave, Minas Gerais, Brazil..... ..... *P. biseriatus* Mahnert, 2001
6'. Ratio ist-est/ist-esb = 0.68–0.85; chelal length = 1.04–1.16, pedipalpal femur larger (6.8)..... .....*P. koinopoliteia* Prado & Ferreira, 2023
7. Carapace with 20 setae, including four on posterior margin; coxal spines numerous and varied on coxae I and II and including one small spine on coxa III; ist-est/ist-esb = 1.0; chelal length= 1.73; occurrence at Cueva del Cenote Xtolok, Chichkn Itza, Yucatan, Mexico.. ..... *P. troglobius* Muchmore, 1986
7'. Carapace with 18 setae, including two on posterior margin; coxal spines present on coxae I and II, but absent from coxa III; trichobothrium ist closer to esb than to est (2.40 ≤ ist-est/ist- esb≤2.49)..... 8
8. Rallum with five blades; ist-est/ist-esb = 1.9; chelal length = 0.53–0.76; coxa I with 2 spines, coxa II with 4–5 spines; pedipalpal fixed finger with 30–32 teeth, movable finger with 29–30 teeth; endemic to Gruna da Altina cave, Bahia, Brazil .....*P. lubueno* sp. nov.

8'. Rallum with six or more blades; 2.40 ≤ ist-est/ist-esb ≤ 2.49 9
9. Coxa I with 2–3 spines, coxa II with 3–4 spines; ist-est/ist-esb = 2.40; chelal length = 0.7; rallum with six blades; occurrence at the cave of Quadirikiri, Aruba... ..... *P. arubensis* Wagenaar-Hummelinck, 1948
9'. Coxa I with 4 spines, coxa II with 5 spines; ist-est/ist-esb = 2.49; chelal length = 0.89–0.99; rallum with seven blades; occurrence at Zé de Sidinei cave, Minas Gerais, Brazil..... *P. olegario* Schimonsky, 2022

DISCUSSION

Distribution of *Pseudochthonius* in Brazil

The Chthoniidae are characterized by the intercoxal tubercle (when present) with the existence of two setae (bisetosis) and transverse spiracles (Harvey 1992). The family is distributed in most regions of the world in both epigean and hypogean habitats (Harvey 2013, Schimonsky and Bichuette 2019). In Brazil, the family is now represented by 35 valid species (World Pseudoscorpiones Catalog 2022), with a higher incidence in the center of the country, being considered the second with the most described species, 11% of the total for the country (second only to the family Chernetidae, with 39%) and occurring in high expressiveness in caves (Schimonsky and Bichuette 2019).

The species of *Pseudochthonius* occur in five Brazilian states (Fig. 1): in the state of São Paulo (southeastern Brazil) with representatives of *P. strinatii* and *P. ricardoi* (Alto Ribeira karst area), and *P. brasiliensis* (in the region of Barueri); in state of Minas Gerais (southeastern Brazil), with the troglobitic species *P. biseriatus* endemic to the cave Olhos d'Água and *P. olegario* endemic to Lapa Zé de Sidinei cave; in the state of Bahia (northeastern Brazil), with the species herein described *P. lubueno* sp. nov., troglobitic and endemic to Gruna da Altina cave, *P. ramalho* endemic of the Gruna do Vandercir cave, *P. diamachi* found in Gruna das Três Cobras cave, *P. koinopoliteia* uncovered in Gruna da Água Clara and Pedro Cassiano caves, *P. pali* found Gruna do Google cave and also *P. gracilimanus* found in Gruta Azul cave; in the state of Pará (northern Brazil) with representatives *P. orthodactylus* and *P. tuxeni*; and in the state of Amazonas (northern Brazil) the species *P. homodentatus* has been found in the Ducke Reserve, and *P. heterodentatus* in the Urucu Oil Province. However, recently, this genus was recorded in other karst areas and biogeographical provinces, increasing

Table 1. Measurements in milimmeters and proportions (l/b, length/breadth; l/d, length/depth) of the holotype male and paratype female of *Pseudochthonius lubueno* sp. nov.

	Holotype (Paratype)	Holotype (Paratype) l/b; l/d
Body	1.10 (1.24)	
Carapace	0.30/0.26 (0.47/0.39) narrower part posteriorly 0.19 (0.28)	1.1 (1.2)
Pedipalpal trochanter	0.11/0.07 (0.12/0.08)	1.6 (1.5) l/b
Pedipalpal femur	0.34/0.11 (0.50/0.11)	3.0 (4.5) l/b
Pedipalpal patella	0.13/0.08 (0.18/0.10)	1.6 (1.8) l/b
Pedipalpal chela	0.53/0.10 (0.76/0.14)	5.3 (5.4) l/d
Pedipalpal hand	0.16/0.10 (0.26/0.14)	1.6 (1.8) l/d
Pedipalpal fixed finger	0.38/0.02 (0.54/0.03)	
Pedipalpal movable finger	0.34/0.01 (0.53/0.02)	
Chelicera	0.22/0.10 (0.36/0.18)	2.2 (2.0) l/b
Chelicera movable finger	0.10 (0.17)	
Leg I femur	0.30/0.04 (0.36/0.05)	7.5 (7.2) l/d
Leg I patella	0.10/0.05 (0.16/0.05)	2.0 (3.2) l/d
Leg I tibia	0.12/0.04 (0.15/0.04)	3.0 (3.8) l/d
Leg I tarsus	0.19/0.02 (0.29/0.03)	9.5 (9.7) l/d
Leg IV trochanter	0.18/0.16 (0.16/0.13)	1.1 (1.2) l/b
Leg IV femur + patella	0.43/0.18 (0.70/0.12)	2.4 (5.8) l/d
Leg IV tibia	0.24/0.05 (0.16/0.05)	4.8 (3.2) l/d
Leg IV basitarsus	0.13/0.03 (0.18/0.05)	4.3 (3.6) l/d
Leg IV telotarsus	0.21/0.02 (0.28/0.02)	10.5 (14) l/d

its distribution to 37 more caves (Schimonsky and Bichuette 2019). *Pseudochthonius lubueno* sp. nov. is the 24 troglobitic pseudoscorpion from Brazil (Schimonsky et al. 2022).

Conservation remarks

Serra do Ramalho karst area emerges as one of the most important karst regions with obligatory cave-dwelling fauna in Brazil (Trajano et al. 2016, Gallão and Bichuette 2018). Up to now, there are troglobitic representatives in many groups such as collembolas, coleopterans, amblypygids, opilionids, amphipods, isopods, diplopods, gastropods, planarians, fishes and pseudoscorpions, and many more are waiting for formal description. Indeed, the description of obligatory cave-dwelling species is one of the most important acts for the conservation of caves (Gallão and Bichuette 2012, 2018).

Gruna da Altina cave is the type locality of *Loxosceles cardosoi* Bertani, von Schimonsky & Gallão, 2018, a troglophile Sicariidae more related to the Amazonian brown recluse spider, as well as *Loxosceles carinhanha* Bertani, von Schimonsky & Gallão, 2018, from another cave in the same region (Bertani et al. 2018). Bertani et al. (2018) pointed out Serra do Ramalho karst area as an important center of *Loxosceles* distribution. The same is observed for pseudoscorpions. In addition to the remarkable troglobitic fauna, Serra do Ramalho karst area also presents a high diversity of troglophilic species. In this way, conservation acts are extremely urgent for the extraordinary Serra do Ramalho karst area.

Pseudochthonius lubueno sp. nov. is possibly endemic to Gruna da Altina cave since specimens were collected in only one of several collections in this cave. Also, we sampled more than 10 caves close to Gruna da Altina cave with no records of *P. lubueno* sp. nov. Up to now, there is no legal protection for Serra do Ramalho karst area, a spot of subterranean biodiversity that suffers with non-sustainable activities as deforestation (Gallão and Bichuette 2018). Official and legal protection in addition to long-term studies is needed to effectively protect this unique and fragile species from Serra do Ramalho karst area.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Finance Code 001) as a scholarship to LA; PROTAX II project (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP 2016/50381-9 and CAPES 88887.159166/2017-00, project number 440646/2015-4), by FAPESP (process 2010/08459-4) and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for productivity research fellow to MEB (308557/2014-0 and 310378/2017-6). We thank Luciana Bueno R. Fernandes for taking the stereomicroscope images and for image editing; A. Gambarini for the images of the cave habitat in Fig. 2A; Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas (GBPE) for sharing information about Serra do Ramalho and to all support to MEB. To Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) for collecting permit in caves (SISBIO 20165 and 28992), and for financial support to the project "Estudos para definição de áreas prioritárias para a Conservação de Proteção Espeleológico na Serra do Ramalho - BA", executed by the Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas (GBPE), coordinated by Ezio Rubbioli and integrated by MEB. The Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS)/ ICMBio/Vale S.A. provided the postdoctoral scholarship to JEG (TCCE ICMBio/Vale 02/2020: speleological compensation agreement signed between Vale S.A. and ICMBio, with operational management by the IABS). We thank to three anonymous reviewers for their valuable suggestions.

LITERATURE CITED

Assis L, von Schimonsky DM, Bichuette ME (2021) The first troglobitic *Pseudochthonius* Balzan, 1892 (Pseudoscorpiones, Chthoniidae) from the karst area of Serra do Ramalho, Brazil: a threatened species. Subterranean Biology 40: 109–128. https://doi.org/10.3897/subtbiol.40.77451

Bertani R, von Schimonsky DM, Gallão JE, Bichuette ME (2018) Four new troglophilic species of *Loxosceles* Heinecken & Lowe, 1832: contributions to the knowledge of recluse spiders from Brazilian caves (Araneae, Sicariidae). ZooKeys 806: 47–72. https://doi.org/10.3897/zookeys.806.27404

Bichuette ME, Rizzato PP (2012) A new species of cave catfish from Brazil, *Trichomycterus rubbioli* sp. nov., from Serra do Ramalho karstic area, São Francisco River basin, Bahia State (Siluriformes: Trichomycteridae). Zootaxa 3480: 48–66. https://doi.org/10.11646/zootaxa.3480.1.2

Bichuette ME, Trajano E (2004) Fauna troglóbia da Serra do Ramalho, Bahia: propostas para sua conservação. O Carste 20(2): 76–81.

Bichuette ME, Trajano E (2005) A new cave species of *Rhamdia* (Siluriformes: Heptapteridae) from Serra do Ramalho, northeastern Brazil, with notes on ecology and behavior. Neotropical Ichthyology 3(4): 587–595. https://doi.org/10.1590/S1679-62252005000400016

Chamberlin JC (1931) The arachnid order Chelonethida. Stanford University Publications, Biological Sciences 7(1): 1–284.

Gabbutt PD, Vachon M (1963) The external morphology and life history of the pseudoscorpion *Chthonius ischnocheles* (Hermann). Proceedings of the Zoological Society of London 140: 75–98. https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1963.tb01855.x

Gallão JE, Bichuette ME (2012) The List of Endangered Fauna and Impediments to Inclusion of Species – the Example of Brazilian Troglobitic Fish. Brazilian Journal of Nature Conservation 10(1): 83-87. http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/natcon.2012.014

Gallão JE, Bichuette ME (2018) Brazilian obligatory subterranean fauna and threats to the hypogean environment. Zookeys 746: 1–23. https://doi.org/10.3897/zookeys.746.15140

Gonçalves MVP, Cruz MJM, Alencar CMM, Santos RA, Ramos Junior ABSR (2018) Geoquímica e qualidade da água subterrânea no município de Serra do Ramalho, Bahia (BR). Engenharia Sanitária e Ambiental 23(1): 159–172. https://doi.org/10.1590/s1413-41522018167893

Harvey MS (1992) The phylogeny and classification of the Pseudoscorpionida (Chelicerata: Arachnida). Invertebrate Taxonomy 6: 1373–1435. https://doi.org/10.1071/IT9921373

Harvey MS (2013) Pseudoscorpions of the World. Version 3.0. Western Australian Museum, Perth. http://www.museum.wa.gov.au/catalogues–beta/pseudoscorpions [Accessed: 15/04/2022]

Harvey MS (2021) A new genus of the pseudoscorpion family Chernetidae (Pseudoscorpiones) from southern Australia with Gondwanan affinities. Journal of Arachnology 48: 300–310. https://doi.org/10.1636/JoA-S-20-038

Hou Y, Feng Z, Zhang F (2023) Diversity of cave-dwelling pseudoscorpions from Guizhou in China, with the description of twenty-four new species of the genus *Tyrannochthonius* (Pseudoscorpiones, Chthoniidae). Zootaxa 5062(1): 1-158. https://doi.org/10.11646/zootaxa.5262.1.1

Judson MLI (1992) A simple, slow-diffusion method for clearing small arthropods. The News-letter British Arachnological Society 64: 6–7.

Judson MLI (2007) A new and endangered species of the pseudoscorpion genus *Lagynochthonius* from a cave in Vietnam, with notes on chelal morphology and the composition of the Tyrannochthoniini (Arachnida, Chelonethi, Chthoniidae). Zootaxa 1627: 53–68.

Judson MLI (2018) Ontogeny and evolution of the duplex trichobothria of Pseudoscorpiones (Arachnida). Zoologischer Anzeiger 273: 133–151. https://doi.org/10.1016/j.jcz.2017.12.003

Mahnert V (2001) Cave-dwelling pseudoscorpiones (Arachnida, Pseudoscorpiones) from Brazil. Revue Suisse de Zoologie 108: 95–148. https://doi.org/10.5962/bhl.part.79622

Mahnert V, Adis J (2002) Pseudoscorpiones. In: Adis J (Ed.) Amazonian Arachnida and Myriapoda. Sofía, Pensoft Publisher, 367–380.

Mahnert V, Sharaf M, Aldawood AS (2014) Further records of pseudoscorpions (Arachnida, Pseudoscorpiones) from Saudi Arabia. Zootaxa 3764(3): 387–393. https://doi.org/10.11646/zootaxa.3764.3.8

Muchmore WB (1986) Additional pseudoscorpions, mostly from caves, in Mexico and Texas (Arachnida: Pseudoscorpionida). Texas Memorial Museum, Speleological Monograph 1: 17–30.

Prado GC, Ferreira RL (2023) Three new troglobitic species of *Pseudochthonius* Balzan, 1892 (Pseudoscorpiones, Chthoniidae) from northeastern Brazil. Zootaxa 5249(1): 92–110. https://doi.org/10.11646/Zootaxa.5249.1.5

Rubbioli E, Auler A, Menin D, Brandi R (2019) Cavernas – Atlas do Brasil Subterrâneo. Instituto Chico Mendes da Biodiversidade, Brasília, 340 pp.

Schawaller W (1980) Fossile Chthoniidae in Dominikanischen Bernstein, mit phylogenetischen Anmerkungen (Stuttgarter Bernsteinsammlung: Arachnida, Pseudoscorpionidea). Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, B 63: 1–19.

Schimonsky DMV, Bichuette ME (2019) Distribution of cave-dwelling pseudoscorpions (Arachnida) in Brazil. Journal of Arachnology 47: 110–123.

Schimonsky DMV, Gallão JE, Bichuette ME (2022) A new troglobitic *Pseudochthonius* (Pseudoscorpiones: Chthoniidae) from Minas Gerais State, south-east Brazil. Arachnology 19: 38–46.

Trajano E, Gallão JE, Bichuette ME (2016) Spots of high diversity of troglobites in Brazil: the challenge of measuring subterranean diversity. Biodiversity and Conservation 25(10): 1805–1828. https://doi.org/10.1007/s10531–016–1151–5

Wagenaar-Hummelinck P (1948) Studies on the fauna of Curaçao, Aruba, Bonaireand the Venezuelan Islands: Pseudoscorpions of the genera *Garypus*, *Pseudochthonius*, *Tyrannochthonius* and *Pachychitra*. Natuurwetenschappelijke Studiekring voor Suriname en Curaçao 5: 29–77.

World Pseudoscorpiones Catalog (2022) World Pseudoscorpiones Catalog. Natural History Museum Bern, avalaible online at http://wac.nmbe.ch [Accessed: 12/05/2022]

Submitted: June 28, 2022
Accepted: July 7, 2023
Editorial responsibility: Ricardo Pinto da Rocha

Author Contributions

LdA: Conceptualization, Formal Analysis, Investigation, Writing – original draft. DMvS: Conceptualization, Formal Analysis, Writing – original draft. JEG: Data curation, Formal Analysis, Writing – original draft, Writing – review & editing. MEB: Conceptualization, Funding acquisition, Project administration, Resources, Supervision, Writing – original draft.

Competing Interests

The authors have declared that no competing interests exist.

How to cite this article

Assis L de, von Schimonsky DM, Gallão JE, Bichuette ME (2023) Contribution to the knowledge of Brazilian troglobitic Pseudoscorpiones (Arachnida): description of *Pseudochthonius lubueno* sp. nov. (Chthoniidae) from Serra do Ramalho karst area, state of Bahia, Brazil. Zoologia 40: e22048. https://doi.org/10.1590/S1984-4689.v40.e22048

Published by

Sociedade Brasileira de Zoologia at Scientific Electronic Library Online (https://www.scielo.br/zool)

Copyright

© 2023 The Authors.

animals

MDPI

Article

A New Species of *Spelaeometra* Polhemus & Ferreira, 2018 (Hemiptera: Heteroptera: Hydrometridae) from a Hotspot of Troglobites in Brazil, Serra do Ramalho Karst Area †

Isabelle R. S. Cordeiro [1,*], Maria Elina Bichuette [2] and Felipe F. F. Moreira [1,*]

[1] Laboratório de Entomologia, Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro 21045-900, Brazil
[2] Laboratório de Estudos Subterrâneos, Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos 13565-905, Brazil; lina.cave@gmail.com
* Correspondence: rocha.belle@gmail.com (I.R.S.C.); ppmeiameiameia@gmail.com (F.F.F.M.)
† Zoobank: urn:lsid:zoobank.org:pub:86F3F602-7A1B-45FC-992C-EFBB75BB7DC9.

Simple Summary: Water measurers (Hemiptera: Heteroptera: Hydrometridae) can be found mainly on marginal vegetation or on plants on the surface of freshwater bodies. Recently, two monotypic genera restricted to subterranean habitats were described from Brazil, namely *Cephalometra* Polhemus & Ferreira, 2018 and *Spelaeometra* Polhemus & Ferreira, 2018. Here, a second species of *Spelaeometra* is described based on material collected in a hotspot of subterranean animals in the Serra do Ramalho karst area, Brazil.

Abstract: *Spelaeometra* Polhemus & Ferreira, 2018 (Hemiptera: Heteroptera: Hydrometridae) is a monotypic and troglobitic genus, recently described based on material collected in the state of Minas Gerais, Brazil. From specimens collected in the Gruna do Enfurnado Cave in the Serra do Ramalho karst area, municipality of Coribe, state of Bahia, Brazil, we describe *Spelaeometra hypogea* Cordeiro & Moreira, sp. nov. and compare it with *Spelaeometra gruta* Polhemus & Ferreira, 2018. The new species is diagnosed by the general body color being pale-yellow to light-brown; antennal segments I and II being subequal in length; the reduced gular lobe, not covering any labial segment; the male proctiger without apical projections; and the male paramere with convex dorsal margin after the curvature, with a narrow hook-like apex.

Keywords: caves; semiaquatic bugs; taxonomy; troglomorphism

check for updates

Citation: Cordeiro, I.R.S.; Bichuette, M.E.; Moreira, F.F.F. A New Species of *Spelaeometra* Polhemus & Ferreira, 2018 (Hemiptera: Heteroptera: Hydrometridae) from a Hotspot of Troglobites in Brazil, Serra do Ramalho Karst Area. *Animals* **2023**, *13*, 3199. https://doi.org/10.3390/ani13203199

Academic Editor: Kenji Saitoh

Received: 13 July 2023
Revised: 17 August 2023
Accepted: 18 August 2023
Published: 13 October 2023

Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

1. Introduction

Semiaquatic bugs (Hemiptera: Heteroptera: Gerromorpha) are a key component of the environments they occupy and the most successful animal group at the air–water interface [1]. Most of its representatives live on the surface or on the margins of free freshwater bodies, but they can be found from the few square centimeters of water accumulated in bromeliads to the millions of square kilometers of the surface of the oceans [1–3]. There are also some that live in different types of terrestrial environments located close to bodies of water or isolated from them [4].

Spelaeometra Polhemus & Ferreira, 2018 (Gerromorpha: Hydrometridae) is a monotypic and troglobitic genus, recently described based on material collected in the Peruaçu Caves region and adjacent areas, northern state of Minas Gerais, Brazil. Individuals of the genus display some of the most common troglomorphisms, such as reduced eyes, very elongated appendages, and light-colored body [5,6]. It was allocated in Hydrometridae for having the antennal segment IV with an apical invagination and specialized bristles, eyes located far from the anterior margin of the pronotum, the posterior pair of cephalic trichobothria being inserted in distinct tubercles, for lacking ocelli, and for lacking evidence of the opening of the metasternal and abdominal scent glands [7].

Spelaeometra can be distinguished from most other genera of the family mainly by its troglomorphisms and the complete absence of wings. When compared with the other troglobitic hydrometrid genus, *Cephalometra* Polhemus & Ferreira, 2018, it has a much shorter antenna, not reaching the apex of the body, and a more robust antennal segment I. Based on three specimens originating from the Gruna do Enfurnado Cave, municipality of Coribe, southwestern state of Bahia, Brazil, we present here the description of a new species of *Spelaeometra*, which is restricted to the cave habitat and therefore troglobitic.

2. Materials and Methods

The Gruna do Enfurnado Cave is located at the Serra do Ramalho karst area, municipality of Coribe, state of Bahia, Brazil. This karst area includes several caves and is subject to many threats, without any legal protection so far [8,9]. Serra do Ramalho is located in the southwestern portion of the state of Bahia, part of the Middle São Francisco River basin (Figure 1). According to the [10] classification, the climate is tropical dry (=semiarid), of "Aw" type, characterized by a dry winter (March to October) and an annual precipitation of around 640 mm [11]. The native regional vegetation consists of Caatinga (mesophytic and xeromorphic forests) interspersed with Cerrado (savannah-like).

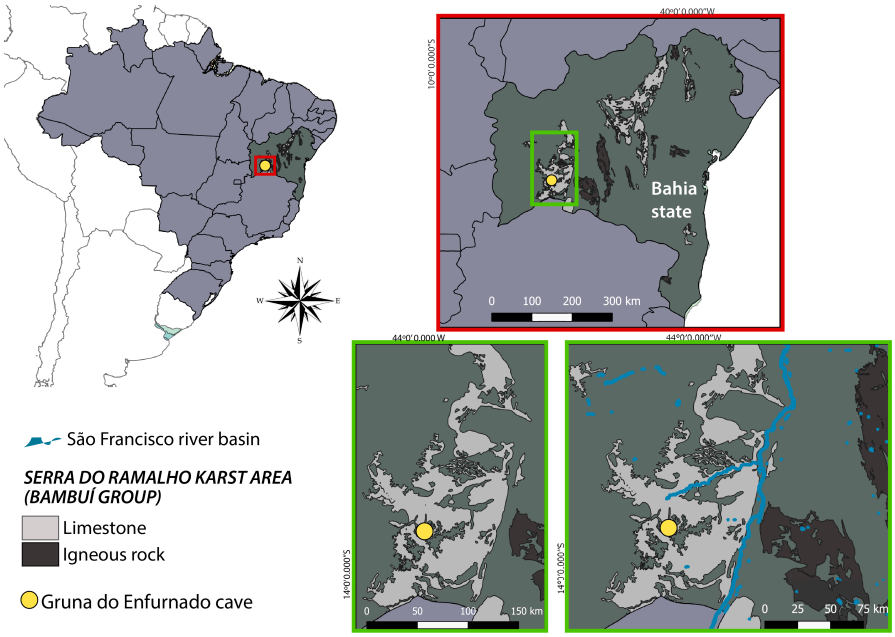


Figure 1. Geographic location of Gruna do Enfurnado Cave, Serra do Ramalho karst area, municipality of Coribe, state of Bahia, Brazil.

Serra do Ramalho is dominated by a plateau formed by carbonatic (limestone) rocks of the Bambuí Group [8]. The Gruna do Enfurnado Cave has ca. 7600 m of passageways and about 3000 m of subterranean drainage [8,12]. It is one of the main caves in Serra do Ramalho, with a large population of a troglobitic catfish, *Rhamdia enfurnada* Bichuette & Trajano, 2005, and other troglobitic organisms [12].

The depth of the water body where our specimens were collected varied from 0.2 m to 4.0 m. The hydrometrids were found mainly in lentic reaches, with bottoms formed by silt, pebbles, and boulders, plus plant debris (Figure 2). Physicochemical water parameters measured (April 2017, end of the rainy season) were temperature = 20.9 °C; pH = 8.01; conductivity = 0.611 ms/cm; dissolved oxygen (DO) = 0.91 mg/L; salinity = 0.04%. The high pH and conductivity values are typical of karst waters. Large amounts of organic matter are present along the drainage due to floods during the rainy season, including large tree trunks. The aquatic cave fauna is highly dependent on allochthonous items carried from the surface mainly in this season.

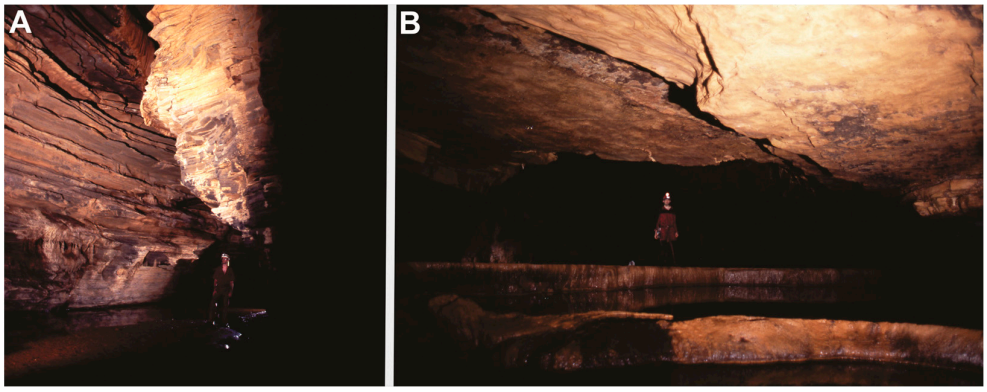


Figure 2. Habitat of *Spelaeometra hypogea* Cordeiro & Moreira, sp. nov. Gruna do Enfurnado Cave, state of Bahia, Brazil. (**A**) A river conduit in the aphotic zone, with bottom formed by silt. (**B**) Travertine pools with lentic waters in the aphotic zone.

Specimens were collected using small hand nets, fixed in 70% ethanol, and deposited in the Coleção Entomológica do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brazil (CEIOC). Descriptions, photographs, and scanning electron micrographies were produced based on dry specimens. Abbreviations used for measurements are as follows: body length (BL), head length (HL), anteocular length (ANTL), maximum anteocular width (ANTWmax), minimum anteocular width (ANTWmin), transocular width (TOW), interocular width (IOW), postocular length (POSTL), maximum postocular width (POSTWmax), minimum postocular width (POSTWmin), clypeal length (CLL), basal clypeal width (BCLW), maximum clypeal width (CLWmax), length of antennal segments I–IV (ANT I, II, III, IV), length of labial segments I–IV (LB I–II, III, IV), ocular length (OL), maximum ocular width (EYE), pronotum length at midline (PL), pronotum width at anterior margin (PWAM), maximum pronotum width (PWmax), forecoxa/midcoxa distance (DIST1), midcoxa/hindcoxa distance (DIST2), femoral length (FEM), tibial length (TIB), length of tarsomeres I–III (TAR I, II, III), abdominal length (ABL), maximum abdominal width (ABWmax), minimum abdominal width (ABWmin), length of abdominal mediotergites I–VII (TERL I, II, III, IV, V, VI, VII), and maximum width of abdominal mediotergites I–VII (TERW I, II, III, IV, V, VI, VII). All measurements are given in millimeters.

For the micrographies, uncoated specimens were analyzed and illustrated with a Quanta 250 Scanning Electron Microscope (FEI Company, Hillsboro, OR, United States) in low-vacuum mode. Regular digital photographs were taken with a DFC 295 camera attached to a M205 C stereomicroscope with a Planapo 1.0× objective (Leica Camera AG, Solms, Germany). Figures were produced from stacks of images using LAS (Leica Application Suite) v3.7. The map was produced using QGIS Desktop 3.6.0 (QGIS Development Team, https://qgis.org/en/site/, accessed on 12 July 2023).

3. Results

Spelaeometra hypogea Cordeiro & Moreira, sp. nov. (Figures 3–6)
urn:lsid:zoobank.org:act:A7248254-188B-4D29-9F36-6A853D62127F

Material examined. Holotype. BRAZIL–Bahia • Coribe, Gruna do Enfurnado Cave; 15 April 2010; M.E. Bichuette & J.E. Gallão leg.; 1 male, CEIOC 82865. Paratypes. Same data as holotype, 1 male, 1 female, CEIOC 82866.

Measurements. Apterous male holotype (paratype). BL: 2.85 (3.05), HL: 0.85 (0.86), ANTL: 0.55 (0.55), ANTWmax: 0.30 (0.34), ANTWmin: 0.30 (0.30), TOW: 0.31 (0.31), IOW: 0.28 (0.28), POSTL: 0.22 (0.24), POSTWmax: 0.30 (0.34), POSTWmin: 0.28 (0.32), CLL: 0.18 (0.20), BCLW: 0.06 (0.08), CLWmax: 0.10 (0.10), ANT: I: 0.35 (0.37), II: 0.34 (0.34), III: 1.24 (1.24), IV: 1.60 (1.60), LB: I: 0.12 (0.12), II: 0.08 (0.08), III: 1.54 (1.56), IV: 0.50 (0.57), OL: 0.06 (0.07), EYE: 0.01 (0.01), PL: 0.48 (0.48), PWAM: 0.32 (0.34), PWmax: 0.48 (0.50), DIST1: 0.30 (0.30), DIST2: 0.30 (0.30), Foreleg-FEM: 1.00 (1.05), TIB: 1.30 (1.30), TAR: I: 0.04 (0.04), II: 0.28

(0.28), III: 0.12 (0.13), Midleg-FEM: 1.20 (1.20), TIB: 1.44 (1.46), TAR: I: 0.04 (0.04), II: 0.28 (0.30), III: 0.12 (0.14), Hindleg-FEM: 1.54 (1.58), TIB: 2.25 (2.30), TAR: I: 0.05 (0.05), II: 0.42 (0.42), III: 0.14 (0.14), ABL: 1.60 (1.80), ABWmax: 0.44 (0.54), ABWmin: 0.28 (0.30), TERL: I: 0.20 (0.20), II: 0.20 (0.20), III: 0.20 (0.20), IV: 0.20 (0.22), V: 0.22 (0.24), VI: 0.24 (0.24), VII: 0.26 (0.30), TERW: I: 0.36 (0.40), II: 0.32 (0.34), III: 0.30 (0.32), IV: 0.30 (0.30), V: 0.26 (0.30), VI: 0.24 (0.28), VII: 0.20 (0.20).

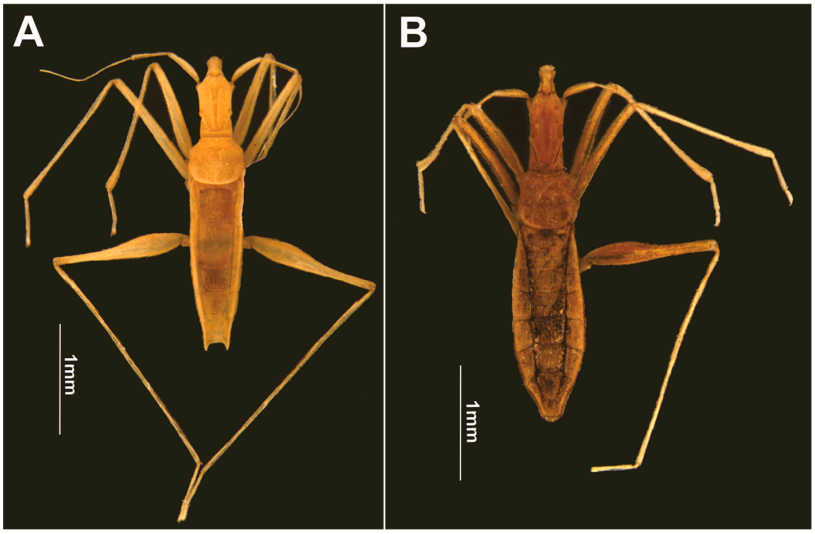


Figure 3. *Spelaeometra hypogea* Cordeiro & Moreira, sp. nov., habitus, dorsal view. (**A**) Male with genital capsule removed. (**B**) Female.

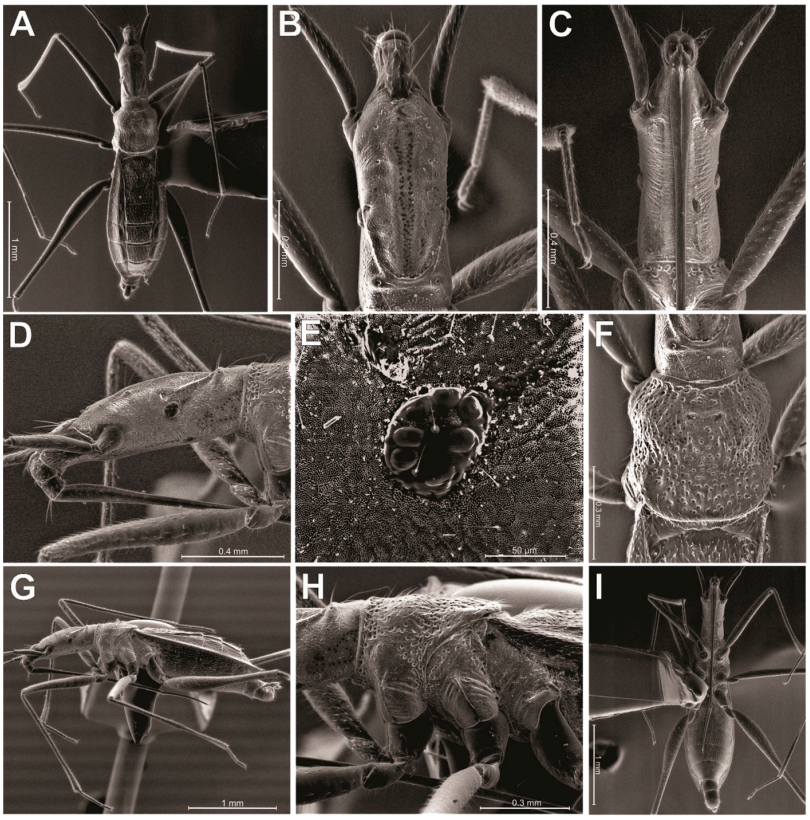


Figure 4. *Spelaeometra hypogea* Cordeiro & Moreira, sp. nov., scanning electron microscopy. (**A**) Male, habitus, dorsal view. (**B**) Head, dorsal view. (**C**) Head, ventral view. (**D**) Head, lateral view. (**E**) Reduced eye with seven ommatidia. (**F**) Pronotum. (**G**) Male, habitus, lateral view. (**H**) Thorax, lateral view. (**I**) Male, habitus, ventral view.

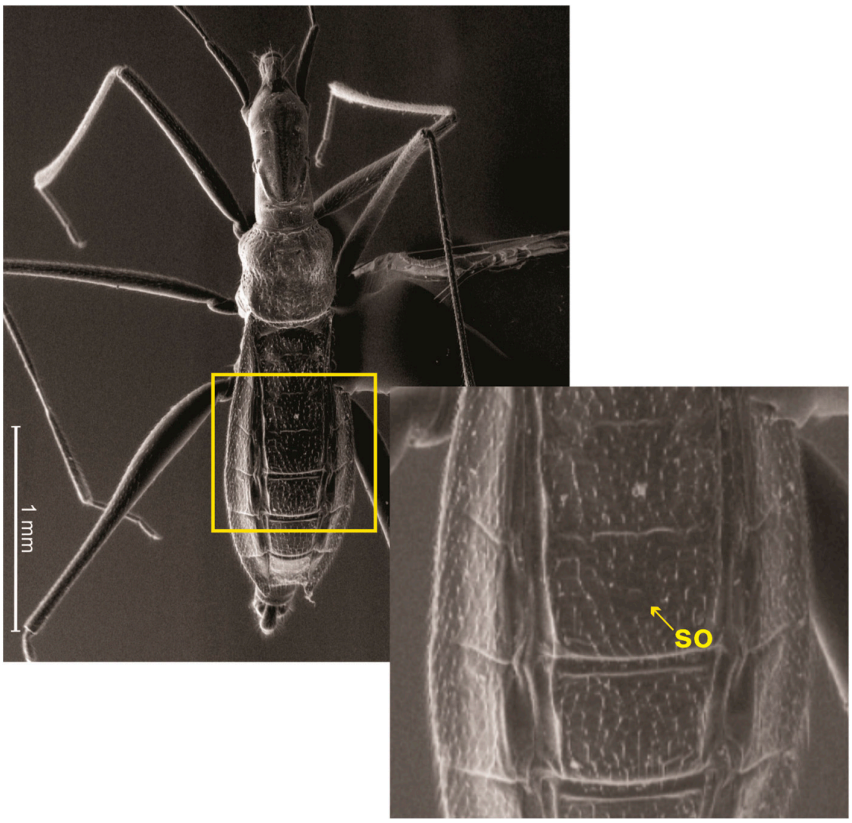


Figure 5. *Spelaeometra hypogea* Cordeiro & Moreira, sp. nov., scanning electron microscopy, male, habitus, dorsal view, and detail of abdominal mediotergites III–V (yellow square) showing scent orifice (SO) located at the middle of mediotergite IV.

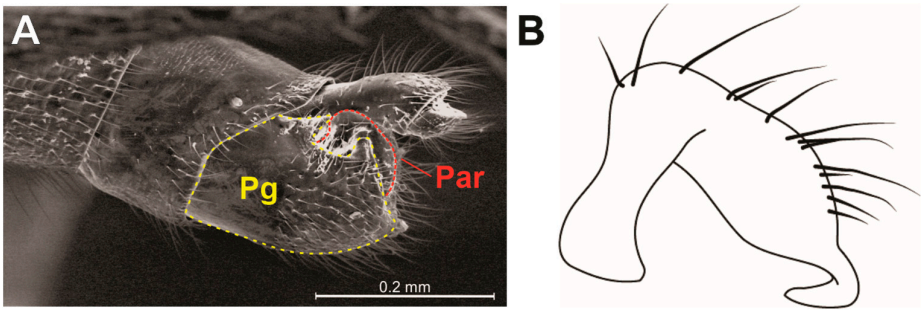


Figure 6. *Spelaeometra hypogea* Cordeiro & Moreira, sp. nov., male terminalia. (**A**) Genital capsule, lateral view, with pygophore (Pg) and paramere (Par) delimited by dotted lines. (**B**) Left paramere, lateral view.

Description. General color pale-yellow to yellowish-brown, with translucent appearance on appendages (Figure 3A). Head elongated, almost three times longer than wide; dorsal punctations concentrated medially (Figure 4B). Clypeus elongated, with truncated anterior margin and slightly emarginated lateral margins, almost hourglass-shaped; five long filiform setae distributed as an anterior pair, a single one centrally and a posterior pair (Figure 4B). Eye highly reduced, composed of just seven ommatidia, with two ocular setae (Figure 4D,E). A punctuation located dorsally to eye (Figure 4E). Antennal tubercle prominent in lateral view (Figure 4D). Antenna filiform; antennal segment I slightly arched; subequal in length to II; III and IV thinner than I and II; IV longest (Figure 3A). Dorsum of head with a pair of dorsal ridges rising near eyes and converging on the postocular region (Figure 4B). Posterior trichobothrium inserted on a tubercle, elongated, reaching anterior lobe of pronotum (Figure 4D,F). Ventral region of head flattened, with a pair

of submedian longitudinal ridges (Figure 4C). Labium elongated, surpassing middle of abdomen; segments I and II short; segment III about three times as long as IV (Figure 4G,I). Pronotum subquadrate, with many punctures (Figure 4F); anterior and posterior lobes not well-defined. Pro- and mesopleura with punctations (Figure 4H). Pro-/meso- and meso-/metacetabula equidistant, without punctations (Figure 4H). Legs generally long, slender, except robust base of hind femur (Figures 3A and 4A,I). Tarsi with three segments; tarsomere II longest. Claws well developed. Arolia absent. Abdomen 3.3 to 3.6 times longer than wide. Abdominal scent gland apparatus present, with scent orifice located at the middle of mediotergite IV (Figure 5). Abominal segment VIII cylindrical (Figures 4G and 6A). Pygophore elongated, lateral margin with U-shape emargination (Figure 6A). Proctiger lacking basolateral and apical projections. Paramere large, twisted, facing mesally to genital capsule; hook-shaped apex facing mesal surface of the structure (Figure 6B).

Measurements. Apterous female. BL: 3.15, HL: 0.90, ANTL: 0.60, ANTWmax: 0.32, ANTWmin: 0.30, TOW: 0.32, IOW: 0.28, POSTL: 0.24, POSTWmax: 0.32, POSTWmin: 0.32, CLL: 0.18, BCLW: 0.08, CLWmax: 0.10, ANT: I: 0.34, II: 0.34, III: 1.25, IV: 1.55, LB: I: 0.12, II: 0.08, III: 1.50, IV: 0.75, OL: 0.07, EYE: 0.01, PL: 0.48, PWAM: 0.36, PWmax: 0.52, DIST1: 0.20, DIST2: 0.20, Foreleg-FEM: 0.95, TIB: 1.20, TAR: I: 0.04, II: 0.27, III: 0.12, Midleg-FEM: 1.22, TIB: 1.35, TAR: I: 0.05, II: 0.28, III: 0.13, Hindleg-FEM: 1.55, TIB: 2.30, TAR: I: 0.08, II: 0.40, III: 0.14, ABL: 1.70, ABWmax: 0.68, ABWmin: 0.24, TERL: I: 0.20, II: 0.20, III: 0.20, IV: 0.24, V: 0.24, VI: 0.24, VII: 0.14, TERW: I: 0.40, II: 0.34, III: 0.30, IV: 0.30, V: 0.26, VI: 0.24, VII: 0.14.

Description. Very similar to apterous male. General color light-brown. Anterior portion of head and distal half of femora yellowish-brown. Antennae, tibiae and tarsi pale-yellow (Figure 3B).

Etymology. The specific epithet hypogea (Latin, feminine adjective), meaning "underground", refers to the cave habitat of this species.

4. Discussion

The authors of *Spelaeometra* [7] mentioned the lack of evidence of the scent orifice at abdominal mediotergite IV in this genus. However, we can observe the orifice in scanning electron microscopy images of *S. hypogea* Cordeiro & Moreira, sp. nov. (Figure 5). Such a structure is not observable under optical microscope (Figure 3) due to the coloration of the specimens and light diffraction, and is probably also present in *S. gruta*.

The new species described here resembles *S. gruta* Polhemus & Ferreira, 2018 in general shape and proportions of the body and appendages. *Spelaeometra hypogea* Cordeiro & Moreira, sp. nov., however, can be distinguished from it based on the following characteristics: (1) the general body color being pale-yellow to light-brown (Figure 3) (vs. orange to reddish-brown); (2) antennal segments I and II being subequal in length (vs. I longer than II); (3) the reduced gular lobe, not covering any labial segment (vs. covering segment I); (4) the male proctiger without apical projections (Figure 6A) (vs. with apical projections); and (5) the male paramere with convex dorsal margin after the curvature, with a narrower hook-like apex (Figure 6B) (vs. straight dorsal margin after the curvature, with wider subtriagular apex).

5. Conclusions

The Serra do Ramalho karst area is currently not protected by law, and the local biodiversity is subject to severe threats, including the extraction of the original vegetation and the development of mining projects. The Gruna do Enfurnado Cave harbors endemic troglobitic species, such as isopods, fishes, opilionids, and the new species described here. There is reason for major concern about the future of these endemic species and others not yet formally described. The proposition of a new conservation unit including the Gruna do Enfurnado Cave is a way to ensure their protection.

Author Contributions: Conceptualization, M.E.B.; methodology, I.R.S.C.; validation, F.F.F.M.; formal analysis, I.R.S.C.; investigation, I.R.S.C.; resources, M.E.B.; data curation, F.F.F.M.; writing—original draft, I.R.S.C.; writing—review and editing, M.E.B. and F.F.F.M.; visualization, I.R.S.C. and M.E.B.; supervision, F.F.F.M.; funding acquisition, M.E.B. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was funded by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) via productivity fellowships provided to MEB (#310378/2017-6) and FFFM (#301942/2019-6); the Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS)/ICMBio/Vale S.A. via financial support to MEB (TCCE ICMBio, Vale No. 02/2020: speleological compensation agreement signed between Vale S.A. and ICMBio); the Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ processes E-26/201.362/2021 and E-26/200.649/2023) via grants to FFFM; and the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES process 88882.426016/2019-01), the FAPERJ (E-26/203.271/2022) and the CNPq (152055/2022-3) via scholarships and fellowships to IRSC.

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available in the article.

Acknowledgments: We thank Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas (GBPE) for all support provided to MEB at the Serra do Ramalho region; J.E. Gallão and N. Hattori, part of the Laboratório de Estudos Subterrâneos/UFSCar team, for helping in the fieldtrips and organization of the material; Angélica Maria Penteado Martins Dias for the use of the stereomicroscope and scanning electron microscope (INCT Hympar Sudeste–processes FAPESP 2008/57949-4 and CNPq 573802/2008-4), and Luciana B. R. Fernandes for the images obtained using the stereomicroscope and scanning electron microscope; E. L. Rubbioli for taking the photos in the fieldwork; L. de Assis for map execution; and SISBIO/ICMBio for collection permits to MEB (#28992).

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Andersen, N.M. *The Semiaquatic Bugs (Hemiptera, Gerromorpha). Phylogeny, Adaptations, Biogeography and Classification*; Scandinavian Science Press: Klampenborg, Denmark, 1982; pp. 1–455.
2. Zettel, H. *Hebrus muphyi*, new species (Heteroptera: Hebridae) from an intertidal mangrove habitat in Burias Island, Philippines. *Raffles Bull. Zool.* **2004**, *52*, 75–77.
3. Cheng, L. A bug on the ocean waves (Heteroptera, Gerridae, Halobates Eschscholtz). *Denisia* **2006**, *19*, 1033–1040.
4. Polhemus, J.T.; Polhemus, D.A. Global diversity of true bugs (Heteroptera; Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia* **2008**, *595*, 379–391. [CrossRef]
5. Trajano, E.; Bichuette, M.E. Diversity of Brazilian subterranean invertebrates with a list of troglomorphic taxa. *Subt. Biol.* **2010**, *7*, 1–16.
6. Trajano, E.; Bichuette, M.E. Relevância de cavernas: Porque estudos ambientais espeleobiológicos não funcionam. *Espeleo-Tema* **2010**, *21*, 105–112.
7. Polhemus, D.A.; Ferreira, R.L. Two unusual new genera of cavernicolous Hydrometridae (Insecta: Heteroptera) from eastern Brazil. *Tijdschr. Entomol.* **2018**, *161*, 25–38. [CrossRef]
8. Auler, A.; Rubbioli, E.; Brandi, R. *As Grandes Cavernas do Brasil*; Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas: Belo Horizonte, Brazil, 2001; pp. 1–228.
9. Gallão, J.E.; Bichuette, M.E. Brazilian obligatory subterranean fauna and threats to the hypogean environment. *ZooKeys* **2018**, *746*, 1–23. [CrossRef] [PubMed]
10. Köeppen, W. *Climatología*; Fondo de Cultura Económica: Ciudad de Mexico, Mexico, 1948; pp. 1–478.
11. Instituto Nacional de Meteorologia. INMET: Clima. Available online: https://clima.inmet.gov.br/ (accessed on 22 June 2023).
12. Bichuette, M.E.; Trajano, E. A new cave species of *Rhamdia* (Siluriformes: Heptaperidae) from Serra do Ramalho, northeastern Brazil, with notes on ecology and behavior. *Neotrop. Ichthyol.* **2005**, *3*, 587–595. [CrossRef]

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

Neotropical Entomology (2023) 52:560–570
https://doi.org/10.1007/s13744-023-01054-0

INSECT TAXONOMY AND BIODIVERSITY

A Second New Species of *Tamanduamyia* Rafael and Limeira-de-Oliveira (Diptera, Mythicomyiidae, Mythicomyiinae) from Brazil, with Discussion of the Possible First Cave Dwelling Record of a Micro-bee fly

Carlos José E. Lamas[1] · Luanna L. Mendes[1] · Rafaela L. Falaschi[2] · Neal L. Evenhuis[3]

Received: 16 March 2023 / Accepted: 10 May 2023 / Published online: 27 June 2023
© Sociedade Entomológica do Brasil 2023

Abstract
A new species of *Tamanduamyia* (Diptera, Mythicomyiidae, Mythicomyiinae) is described from Serra do Ramalho, Carinhanha, Bahia, Brazil, *Tamanduamyia bichuettae* sp. nov. The type series was actively collected with falcon tubes when resting at the entrance of a limestone cave in the rock exudations. The species is described and illustrated in detail, including the male terminalia and female spermathecae. This is the first record of a micro-bee fly species in the state of Bahia (Brazil) and may also represent the first recorded association of a Mythicomyiidae species with cave environments.

Keywords Biodiversity · Limestone cave · Neotropical Region · *Tamanduamyia* · Taxonomy · Micro-bee flies

Introduction

Mythicomyiidae, or micro-bee flies, are tiny flies (0.5–3.0 mm) that are found throughout most parts of the world except the highest altitudes and latitudes (Greathead and Evenhuis 2001). Rafael and Limeira-de-Oliveira (2014) erected the genus *Tamanduamyia* to include a single species, *T. bandeira*, which type series was collected in a protected arid area of typical Caatinga biome (Serra das Confusões National Park) in the state of Piauí, Brazil.

As stated in recently published papers (e.g., Rafael and Limeira-de-Oliveira 2014; Lamas et al. 2015; Mendes et al. 2019, 2022), the significant increase in the number of known genera and species of the family in Brazil suggests the family should be much more diverse in the Neotropical Region and present in different types of biomes.

Studying specimens donated to the MZUSP collection by Dr. Bichuette's speleology research team, the authors described and illustrated *Tamanduamyia bichuettae* sp. nov. herein, which represents the second known Brazilian species of this genus, the first record of a micro-bee fly species in the state of Bahia (Brazil) and may also represent the unprecedented discovery of an association between a Mythicomyiidae species with cave environments. A new diagnosis for the genus, a distribution map, and an identification key to both *Tamanduamyia* species are also presented.

Material and methods

All specimens examined in this study were sampled at the entrance of a limestone cave, which belongs to the Bambuí geomorphological unit (Fig. 1a–c) during a 2-year

Edited by Douglas Zeppelini

✉ Carlos José E. Lamas
einicker@usp.br

Luanna L. Mendes
llms.luanna@gmail.com

Rafaela L. Falaschi
rlfalaschi@gmail.com

Neal L. Evenhuis
neale@bishopmuseum.org

[1] Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brazil

[2] Departamento de Biologia Estrutural, Molecular e Genética, Programa de Pós-Graduação em Biologia Evolutiva, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, Brazil

[3] J. Linsley Gressitt Center for Research in Entomology, Bishop Museum, Honolulu, HI, USA

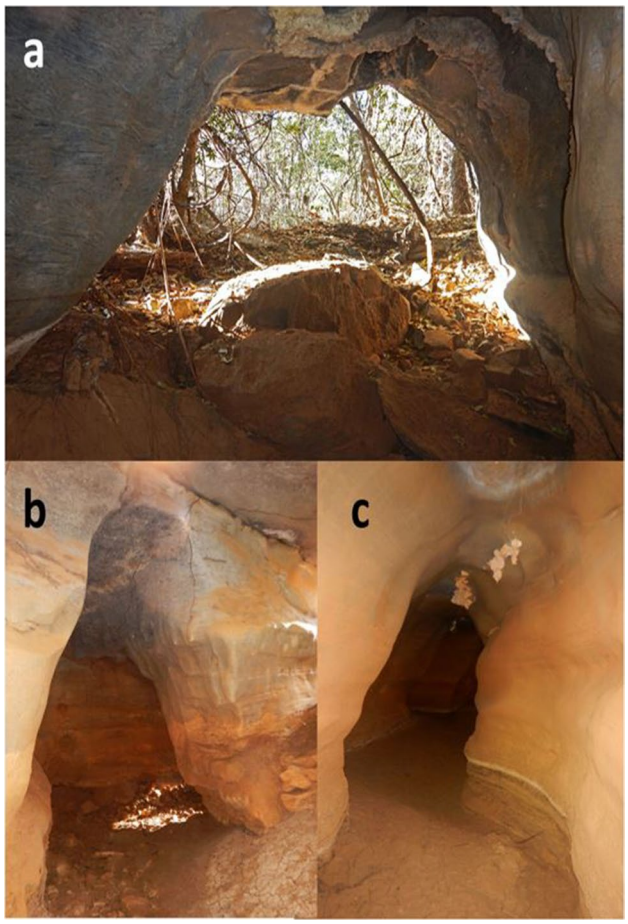


Fig. 1 Collection area of *Tamanduamyia bichuettae* sp. nov. **a–c** Entering zones of the cave. The specimens were found lying on the entrance walls

monitoring study. Unfortunately, this region is not part of a Conservation Unit and, as such, is suffering from mining impacts. The environment is placed at the Caatinga biome in an area where there are no drains nearby, that is, these flies were in the rock (in the exudation of it, well moist, as the water percolates in limestone). The flies were parietal in the cave, all collected specimens were resting, quiet, and were very easily collected, the collectors put the falcon with the opening against the ceiling of the cave and the flies fell into the alcohol. They were very abundant.

Type material is deposited in the Diptera collection of the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP). The material is preserved in absolute ethyl alcohol and the male and female genitalia are preserved in a microvial with glycerin. Wings were mounted as permanent slide preparations in Canada balsam. The male and female terminalia of some specimens were detached and heated in KOH 10% at 40 °C for 15–30 min and temporarily mounted on cavity slides with glycerin. Terminalia macerated in KOH were subsequently washed in a series of baths (i.e., water, followed by acetic acid) in order to stop the clearing action by the KOH solution. Photographs were taken under a ZEISS Discovery V20 Stereomicroscope with a ZEISS AxioCam Mrc5 camera attached, connected to a desktop computer through ZEISS AxioVs40 v. 4.8.2.0 software. Scanning electron micrographs (SEM) of the female paratype were taken with an SEM LEO440 (Carl Zeiss Microimaging GMBH, Göttingen, Germany). Image stacks were assembled in Helicon Focus 8 software, with some further editing with Adobe Photoshop CS6. Drawings were made under *camera lucida* and redrawn using Adobe Illustrator CS6. Morphological

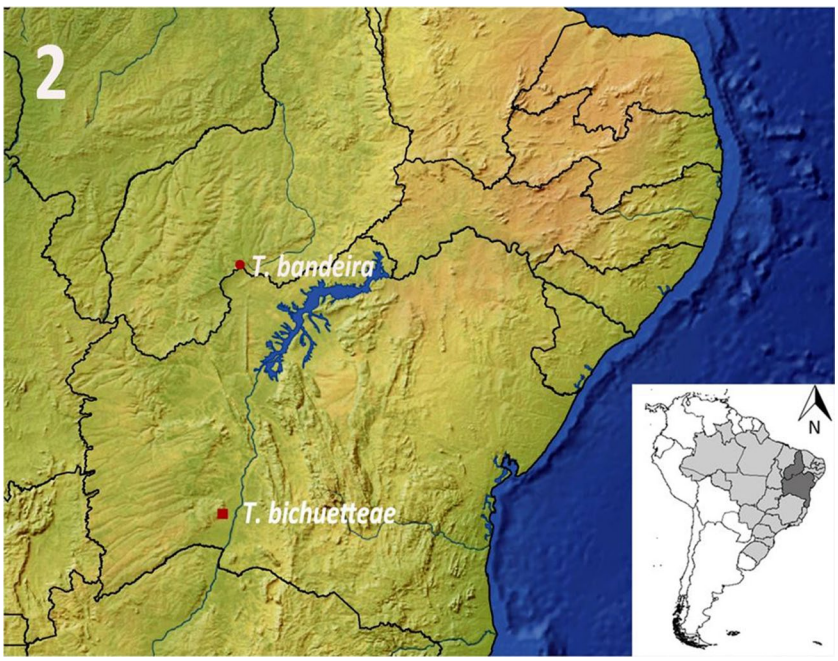


Fig. 2 Distribution map of *Tamanduamyia* species

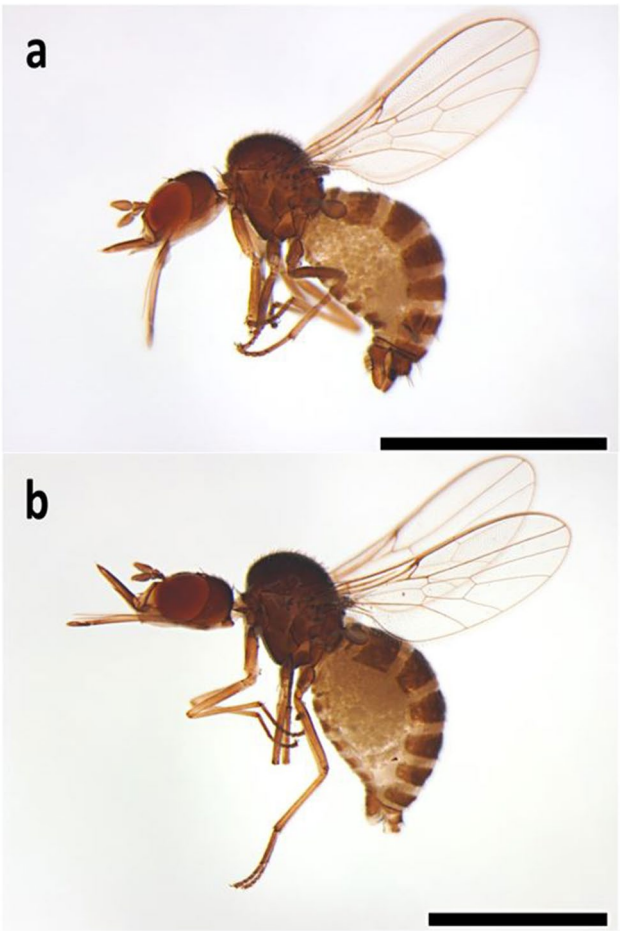


Fig. 3 *Tamanduamyia bichuettae* sp. nov. **a** male habitus (holotype); **b** female habitus (paratype). Scale bar: 1 mm

descriptive terminology follows Cumming and Wood (2017) and Evenhuis (2017). The map of the geographic distribution of the species was prepared using ArcGIS 10.1.

Results

Taxonomy

Tamanduamyia Rafael and Limeira-de-Oliveira

Tamanduamyia Rafael and Limeira-de-Oliveira 2014: 594. Type species: *Tamanduamyia bandeira* Rafael and Limeira-de-Oliveira 2014, by original designation.

Diagnosis Postcranium extremely developed with a conspicuous semicircular keel connecting postgenae; oral cavity with distinct ventral sulcus; postpedicel with segmented and inconspicuous distal stylus; rather robust setae on ocellar tubercle, pronotum, postpronotal lobe, posterior dorsocentral, notopleuron, supra-alar, postalar and scutellum; part of wing veins covered by row of modified, usually short and spatulate setae; costal vein circumambient; R_{4+5} rather straight; *r-m* crossvein placed slightly before basal quarter of cell *dm*; cell *dm* short; cross vein *dm-cu* slightly longer than *m-m* crossvein; vein M_1 rather straight, almost two times cell *dm* length; A_1 short, incomplete, ending at level of alular incision; anal lobe not keel-shaped; the fused (or unilobed) gonostylus; three spermathecae, each spermathecal duct elongate with no apparent modifications, ending in thin elongate spermathecal reservoir folded in half on itself with each half thin, elongate, of equal width, extremely thin at fold.

Geographical records Brazil (Piauí and Bahia) (Fig. 2).

Tamanduamyia bichuettae sp. nov.

urn:lsid:zoobank.org:act:F1B5C32B-21DB-4E38-A50A-70BAE8999EC3

Diagnosis Anepisternum, anepimeron, and katepisternum entirely brown (Fig. 3); gonocoxite trapezoidal shaped in dorsal view, uniformly sclerotized, with a row of apical macrosetae; sperm pump elliptical shaped (Figs. 9, 10); phallus S-shaped in lateral view (Fig. 8b).

Material examined **HOLOTYPE** ♂ BRAZIL, Bahia, Carinhanha, Serra do Ramalho, Gruna da Água Fina (zona de entrada), 13°41′55.6″S, 43°48′04.5″W, 29.v.2012. 803 m, Bichuette, M.E. & eq. col. Preserved in alcohol, genitalia in glycerin [MZ053465]; **PARATYPES**: Same data as Holotype. 1 ♂ preserved in permanent slide [MZ053465]; 1 ♂ and 2 ♀ mounted on standard aluminum stubs (SEM images) [MZ053465]; 1 ♂ pinned [MZUSP-MZ053406]; 3 ♂ preserved in alcohol; all missing parts [MZ053465]; 12 ♂ preserved in alcohol [MZ053465]; 1 ♂ preserved in alcohol, genitalia in glycerin [MZ053465]; 1 ♀ preserved in alcohol, genitalia in glycerin and wing between two cover slides, in Canada Balsam [MZ053465]; 1 ♀ preserved in alcohol, genitalia in glycerin [MZ053465]; 6 ♀ same data as Holotype, preserved in alcohol [MZ053465].

Etymology The specific epithet is a patronym honoring Prof. Dr. Maria Elina Bichuette from Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)—a great researcher, reference in the studies of cave fauna, in the struggle for the conservation of Brazilian caves and an example, especially for young Brazilian female zoologists.

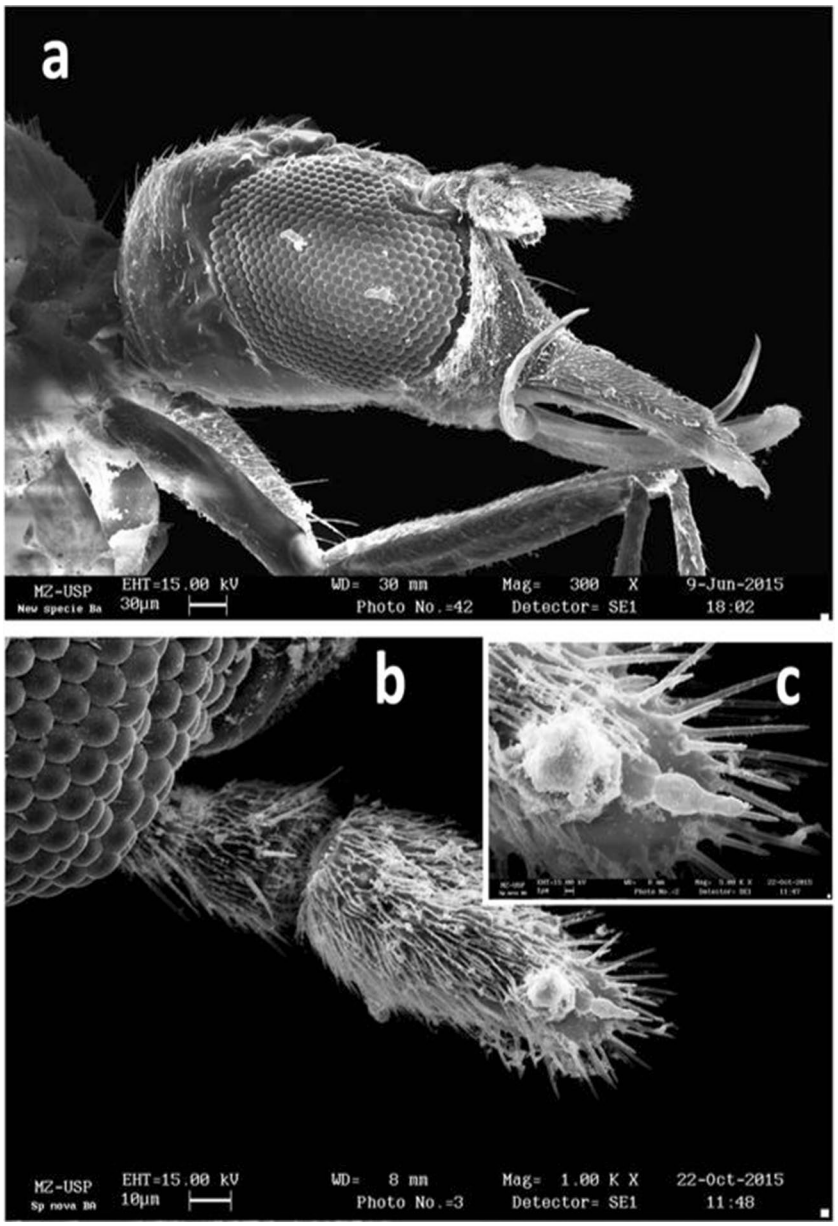


Fig. 4 *Tamanduamyia bichuettae* sp. nov., female paratype, SEM. **a** head, lateral view; **b** antenna; **c** second flagellomere, detail of the minute stylus

Description **Male** (Fig. 3a). Measurements: Body length: 2.2 mm. Wing: 1.2 mm long, 0.4 mm wide. **Head** (Fig. 4a). Light brown, two times longer than wide (including clypeus), eyes dichoptic, well separated, reddish brown; ocellar tubercle light brown, concolorous with occiput and frons, with one anterior pair of more robust light brown setae between lateral ocelli; ocelli yellowish brown, elliptical; lateral ocellus rounded, almost touching eye margin; occiput light brown, covered by sparse light brown microsetae longer near occipital foramen; frons light brown, slightly higher than wide, subparallel sided, with a row of marginal proclinate setae (5–6) surrounding eye margin; postcranium light brown, subshining, sparsely brown dusted with covering of short proclinate dark brown setae only dorsally, last posterior setae more robust; postcranium extremely developed, half of eye length; postgena developed, with semicircular keel connecting right side to left side; oral cavity with ventral sulcus; antenna yellowish brown, entirely covered by microsetae (Fig. 4b); scape and pedicel with dark brown setae at upper margin; postpedicel entirely covered by yellowish brown microsetae; scape two times wider on apex; pedicel subquadrate; postpedicel two times longer than wide, with two segmented minute inconspicuous distal stylus surrounded by short setae (Fig. 4b, c); apical segment of stylus bowling pin

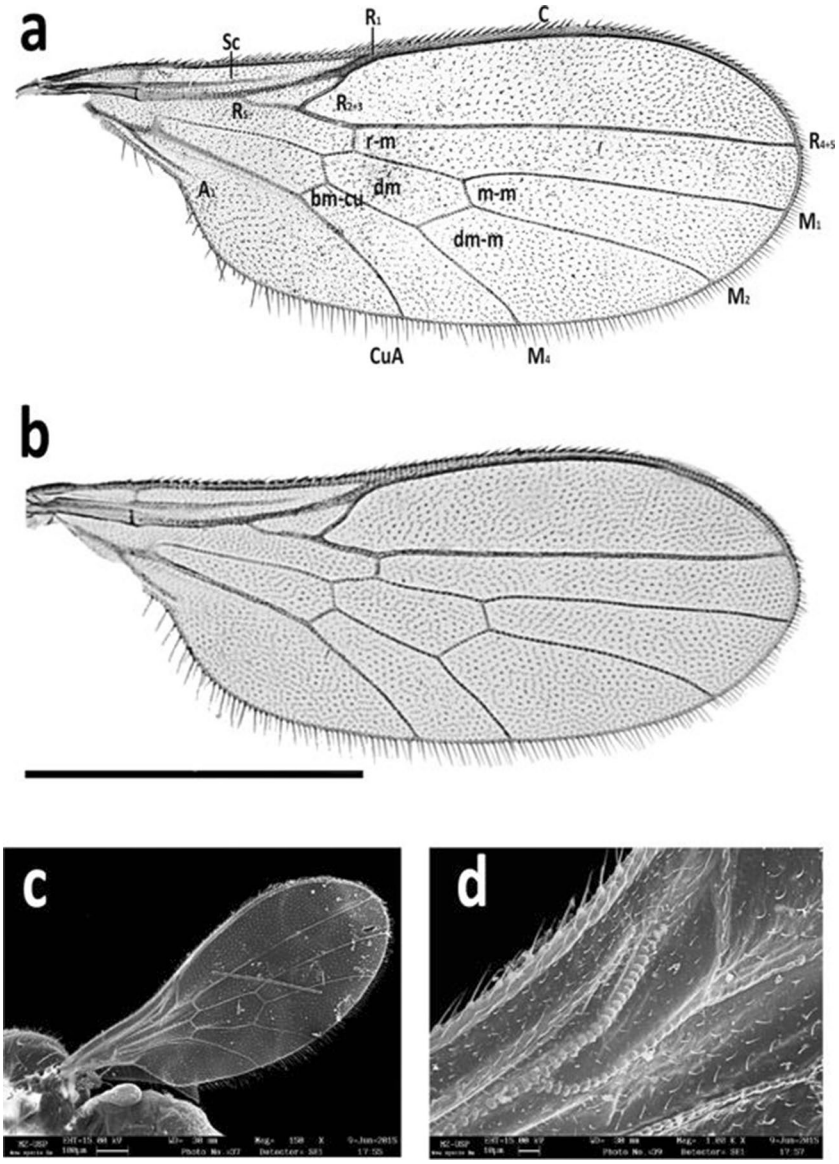


Fig. 5 Wings of *Tamanduamyia*. **a** *Tamanduamyia bichuettae* sp. nov., female, paratype; **b** *Tamanduamyia bandeira* (modified from Rafael and Limeira-de-Oliveira 2014); scale bar: 0.2 mm; **c** *Tamanduamyia bichuettae* sp. nov., wing SEM; **d** *Tamanduamyia bichuettae* sp. nov., detail of R_1 vein wing covered with a row of modified setae, SEM. Abbreviations: A_1 first branch of anal vein, *bm-cu* basal medial–cubital crossvein, *C* costal vein, *CuA* anterior branch of cubital vein, *CuP* posterior branch of cubital vein, *dm* discal medial cell, *dm-m* discal medial-medial crossvein, M_1 first branch of media, M_2 second branch of media, M_4 fourth branch of media, *m-m* medial crossvein, R_1 anterior branch of radial vein, R_{2+3} second branch of radius, R_{4+5} third branch of radius, *r-m* radial-medial crossvein, R_S radial sector, *Sc* subcostal vein

shaped (Fig. 4c). Face light brown, narrow, almost inconspicuous, bare; clypeus light brown, prominent, bulging, almost reaching base of antenna, with 1 pair of dorsal setae, entirely covered by microsetae; proboscis yellowish brown, 1/3 longer than head length in lateral view (Figs. 3a and 4a); labrum light brown, covered with microsetae, as long as higher diameter of eye; palpus absent. Thorax (Fig. 3a). Pronotum light brown with two pairs of setae, external pair shorter; mesonotum light brown, subshining, covered with light brown microsetae, with scattering of short, light setae, rather randomly distributed, a prealar and a pair of supra-alar dark brown macrosetae; scutellum dark brown, subshining, with two pairs of setae, apical pair longer; postpronotal lobe yellow brown with eight more robust setae; postalar callus yellowish brown, bare; notopleura light brown; anepisternum with sparse dark brown setae (3–4), with one more robust than remainder; anepisternum, katepisternum, anepimeron, katepimeron, laterotergite and metepisternum light brown, bare; meron light brown with upper 1/3 yellow; halter stem and knob yellowish, covered with microsetae (Fig. 6a). **Wing** (Fig. 5a, c, d). Hyaline; entirely covered with microsetae; two times longer than wide (Fig. 5a, c); veins yellowish brown; costal vein circumambient; vein *Sc* incomplete, ending at about middle of *Rs*; R_{2+3} originating from *Rs* about midpoint from R_1 to *r-m* crossvein; base of *Rs* and R_1 veins, R_{2+3}/R_{4+5} fork and vein of *br* cell covered with row of short and spatulate setae (Fig. 5d); R_{4+5} rather straight; *r-m* crossvein placed at basal quarter of cell *dm*;

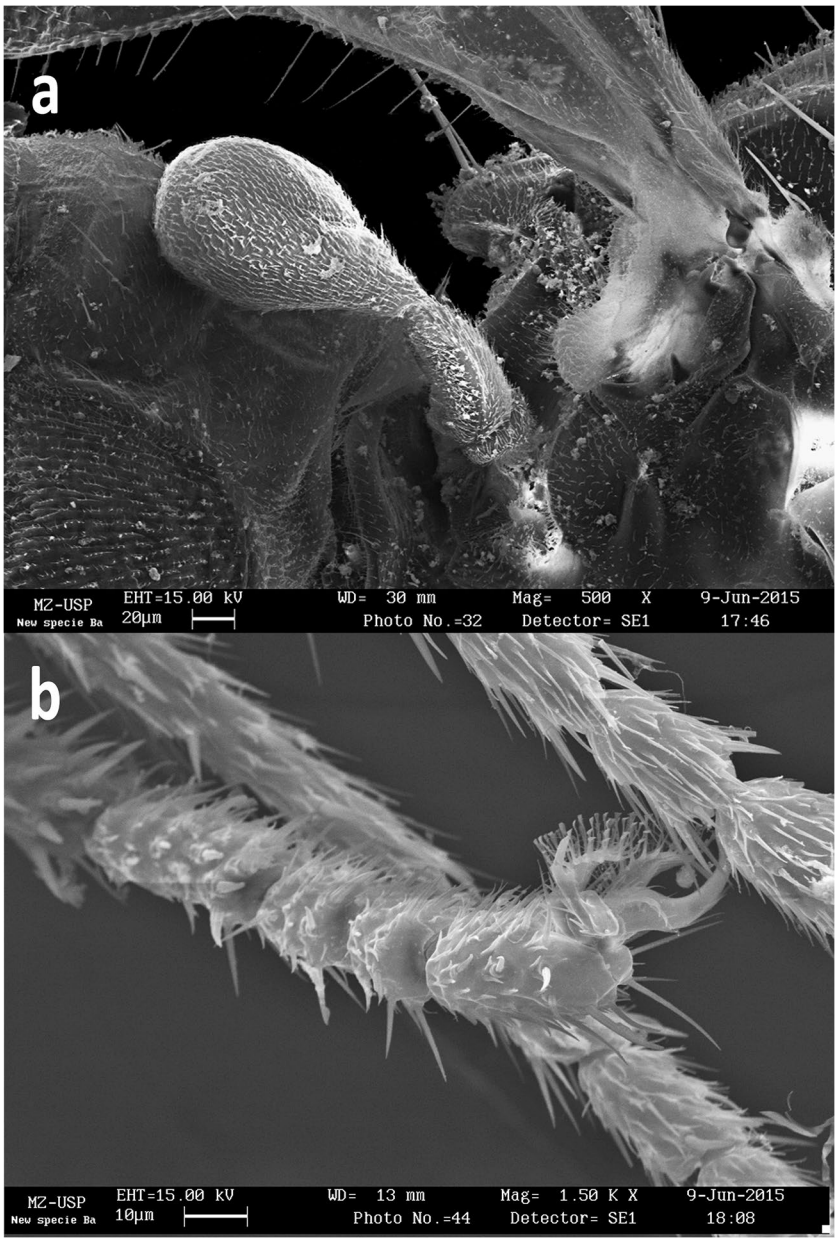


Fig. 6 *Tamanduamyia bichuettae* sp. nov., female paratype, SEM. **a** halter; **b** detail of the claw

crossvein *dm-cu* longer than *m-m* crossvein; vein M_1 slightly curved basally, almost two times cell *dm* length; M_2 more distinctly curved than M_1; M_4 and *CuA* reaching the wing margin; *CuP* evanescent, incomplete, surpassing *bm-cu* vein; A_1 vein short, stopping at alular incision level; alula reduced. **Legs** (Fig. 3a). Foreleg lighter than mid and hind legs; coxae light brown, femora light brown and yellowish at apical third; tibiae and tarsi yellowish brown with fine, short, sparse light brown setae; tarsal claws (Fig. 6b) dark brown in apical half. **Abdomen** (Figs. 3a and 7). Tergites and sternites light brown, dark on center; tergites broad, membranous, with sparse dark brown short macrosetae on the sclerotized area, between two stripes/bands of microsetae on the membranous area; T7 and T8 with long macrosetae on the posterior margin (Fig. 7); sternites with sparse short dark brown macrosetae; pleura densely covered with microsetae; sternites membranous, with few sparse macro and microsetae. **Terminalia** (Fig. 8). Rotate through 180°; Hypopygium light brown; gonocoxites fused ventrally, trapezoidal shaped in dorsal view, with a row of apical macrosetae, hooked shaped in lateral view (Fig. 8b), gonostylus fused (or unilobed), dark brown sclerotized, with delicate apical macrosetae distally; phallus with a single opening at the apex of the distiphallus; anterior arm of parameral sheath

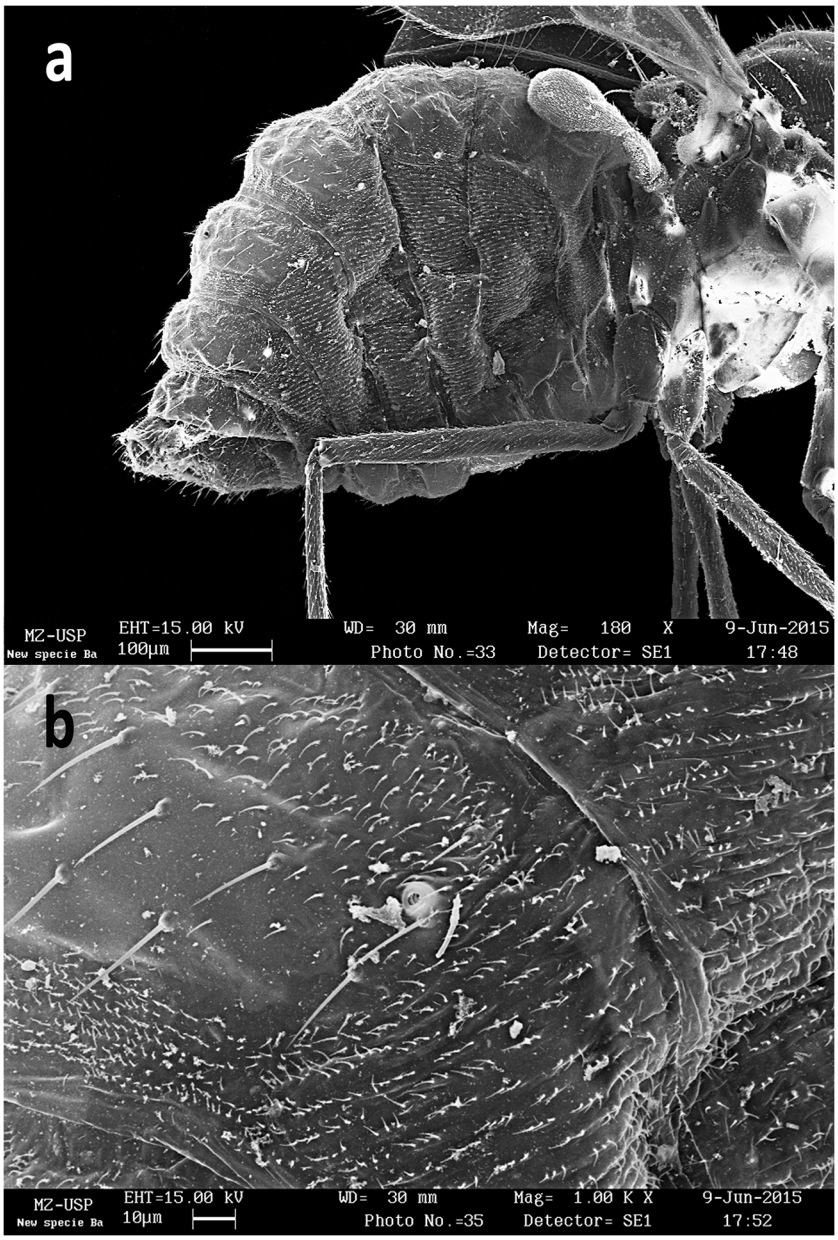


Fig. 7 *Tamanduamyia bichuettae* sp. nov., female paratype, SEM. **a** abdomen, lateral view; **b** detail of the abdomen pilosity

elongate (Fig. 8a, b); ejaculatory apodeme long, well sclerotized, rounded on lateral view (Fig. 8b); lateral ejaculatory process sclerotized; epiphallus longer than gonocoxite; parameral sheath subtriangular with two long lateral arms (Fig. 8a, b); epandrium placed ventrally with apex curved inwards, covered with microsetae and with strong macrosetae contouring the apical margin; cerci subtriangular, covered with macrosetae (Fig. 8b, c).

Female (Fig. 3b). Measurements: body length: 2.7 mm. Wing: 1.5 mm long, 0.5 mm wide. As in male, except distinguished by legs with same color pattern, but lighter; T7 and T8 with short macrosetae on the posterior margin; T9-10, S9-10 and cerci light brown; cerci rounded. Terminalia (Figs. 9 and 10): genital fork (Fig. 10b) curved and horseshoe-shaped, thick, with small invagination medially at vaginal orifice; spermatheca light brown (Figs. 9 and 10a) folded in half on itself with each half thin, elongate, of equal width, extremely thin at fold, connected to sperm pump by a long and thin apical duct; apical duct (Fig. 10a) ca. 4.5 × length of sperm pump; sperm pump elliptical shaped; membranous basal duct same length of sperm pump, confluent with a short common spermathecal duct (Fig. 10a).

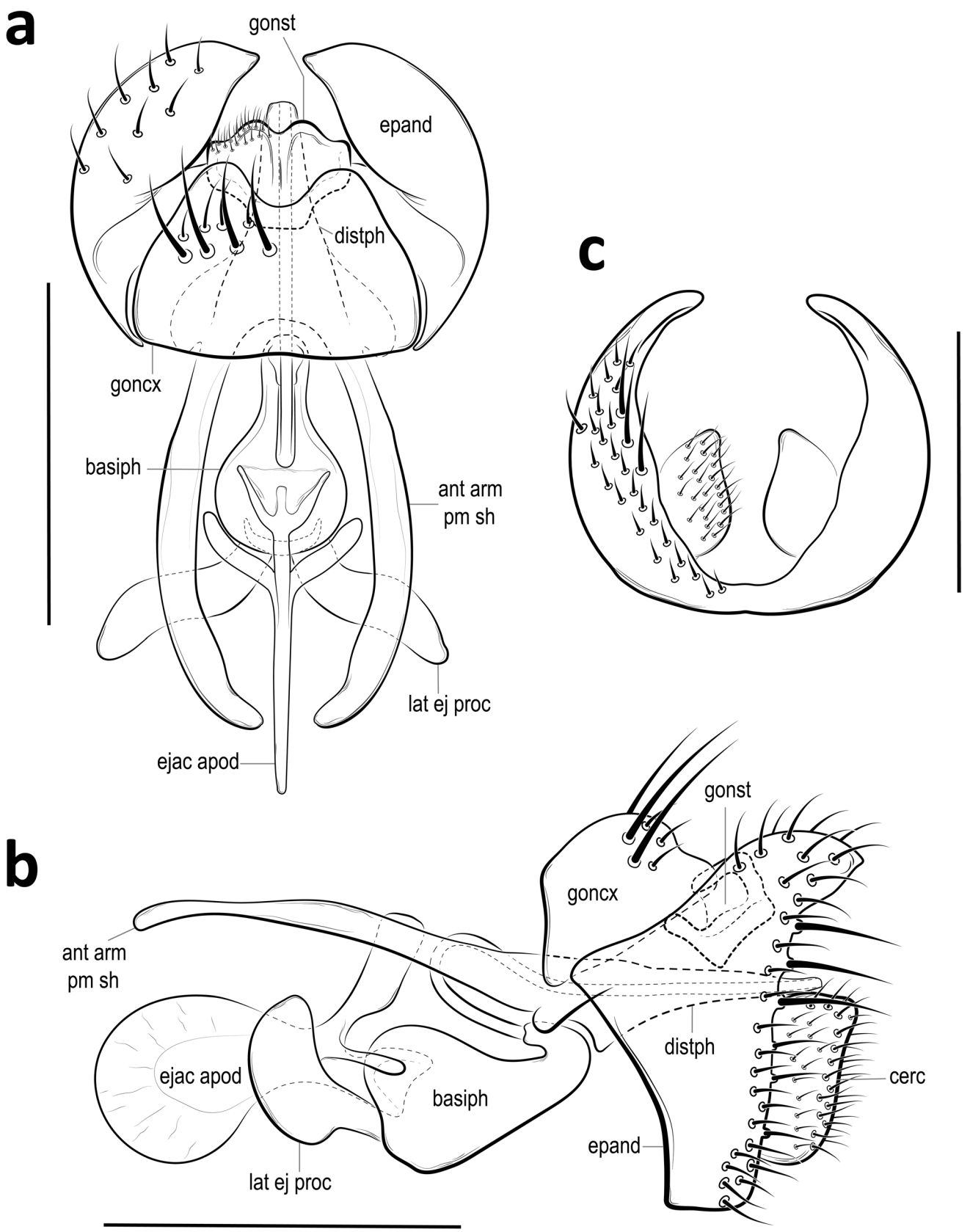


Fig. 8 *Tamanduamyia bichuettae* sp. nov., male, paratype. **a** genitalia, dorsal view; **b** genitalia, lateral view; **b** epandrium and cerci, posterior view. Scale bar: 0.2 mm. Abbreviations: *ant arm pm sh* anterior arm of parameral sheath, *basiph* basiphallus, *cerc* cercus, *distph* distiphallus, *ejac apod* ejaculatory apodeme, *epand* epandrium, *goncx* gonocoxite, *gonst* gonostylus, *lat ej proc* lateral ejaculatory process

Remarks *Tamanduamyia bichuettae* sp. nov. is morphologically very similar to *T. bandeira*, causing difficulties in quickly species identification, but can be separated from it by the following characters: anepisternum, anepimeron and katepisternum entirely brown (lightly gray-brown dusted with yellow marks on anepisternum anteriorly and narrowly dorsally, katepisternum obliquely dorsally, anepimeron dorsally in *T. bandeira*); gonocoxite trapezoidal shaped, uniformly sclerotized (gonocoxite more sclerotized on its upper lateral sides and pointed in *T. bandeira*); sperm pump elliptical shaped (Figs. 9 and 10) (sperm pump elongate, coniform in *T. bandeira*); phallus S-shaped in lateral view (Fig. 8b) (phallus not curved in S-shaped in lateral view in *T. bandeira*).

Discussion

There are two important issues to be discussed in this paper. The first is related to the presence of *Tamanduamyia bichuettae* sp. nov. at the entrance of a limestone cave. Are they there just occasionally, searching for the water that percolates from the limestone rocks or they should be considered part of the fauna that inhabits the entrance and twilight zone of limestone caves? It is important to consider that the Serra das Confusões National Park in the state of Piauí (Brazil), type-locality of *T. bandeira*, is rugged in its lower portions, with rocky outcrops holding small caves and springs of water (PMPNSC 2003; Gregorin et al. 2008) and despite Rafael and Limeira-de-Oliveira (2014) not indicating such an association, it may be the case for both recorded localities. The presence of *T. bichuettae* specimens at the entrance of this cave in the state of Bahia was observed in all expeditions carried out during the two-year monitoring study. (Bichuette, 2023, *in litteris*). Only further monitoring studies will be able to clarify this question and eventually certify the presence of *Tamanduamyia* species in other caves.

The second issue is related to the endemicity of the genus *Tamanduamyia* to the caatinga biome, as intensive collecting efforts have not yet sampled specimens of this genus in other Brazilian biomes. At least in Brazil, the micro-bee flies' fauna was only yet recorded in the most xeric biomes (Caatinga, Cerrado, and Chaco). However, the knowledge of Neotropical Mythicomyiidae diversity is still embryonic and the systematics and taxonomic studies should continue to be strongly fomented and incentivized. Eight years ago, we knew only a single genus and species from Brazil (*Pieza kake* Evenhuis 2002), but now, the knowledge of the diversity of the family has increased exponentially, as this fauna is currently represented by five genera and 16 species: *Pieza* Evenhuis (9 spp.), *Amydrostylus* Lamas, Falaschi and Evenhuis (1 sp.), *Glabellula* Bezzi (3 spp.), *Mitinha* Rafael and Limeira-de-Oliveira (1 sp.), and *Tamanduamyia* (2 spp.), and no doubt many more to be found.

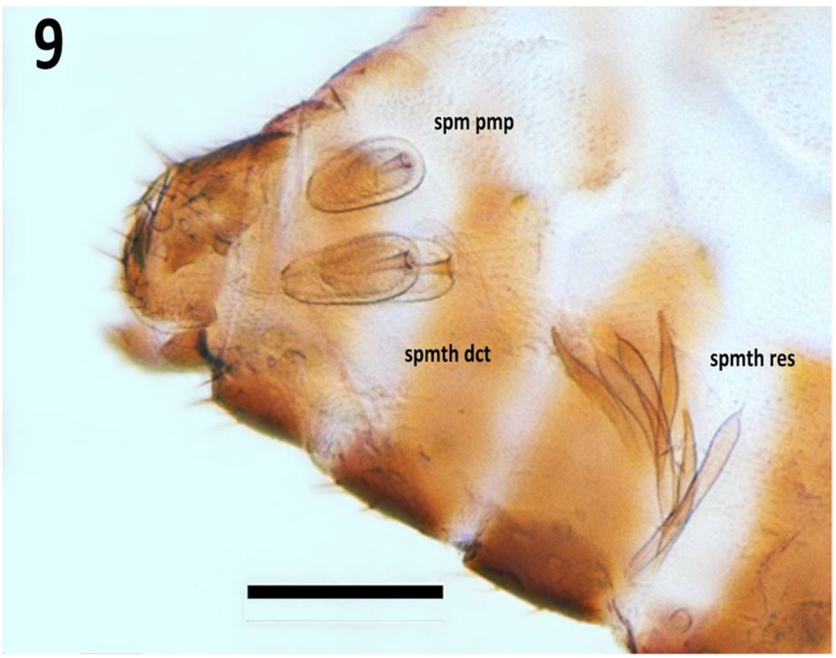


Fig. 9 *Tamanduamyia bichuettae* sp. nov., female paratype, spermathecal reservoir. Scale bar: 0.1 mm. Abbreviations: *spm pmp* sperm pump, *spmth dct* spermathecal duct, *spmth res* spermathecal reservoir

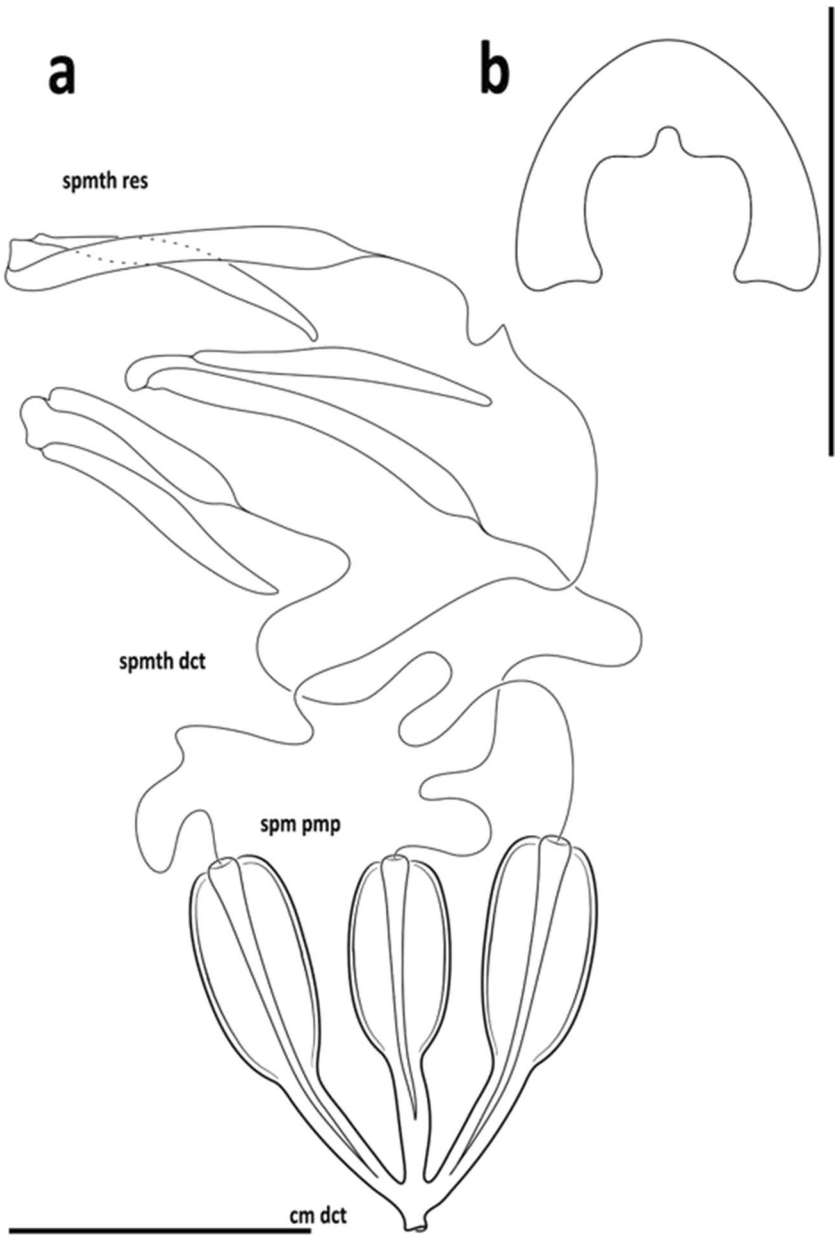


Fig. 10 *Tamanduamyia bichuettae* sp. nov., female paratype. **a** Spermathecal reservoir; **b** furca. Scale bar: 0.1 mm. Abbreviations: *cm dct* common duct, *spm pmp* sperm pump, *spmth dct* spermathecal duct, *spmth res* spermathecal reservoir

Acknowledgements We thank Maria Elina Bichuette (UFSCar) for the material donation, information and photos from the collection area (Fapesp grant #2010/08459-4); Maria Isabel P.A. Balbi and Diego A. Fachin (FFCLRP-USP) for special help in specimen preparation and illustrations with valuable advice; Lara Guimarães (MZUSP) who helped in critical-point-drying of specimens and for providing excellent assistance on the Scanning Electron Microscope.

Nomenclature Zoobank Registration number: http://zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:03C125F5-4538-4681-B171-32DA9EE2441C

Author Contribution All authors planned, designed, and participate in drafting the manuscript. All authors read and approved the manuscript.

Funding Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – (FAPESP) (grants 2021/08741–6, 2013/16524–9); Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (302751/2019–0, 441410/2020–0, 140006/2021–4); Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior—Brazil (CAPES)—Finance Code 001.

Data Availability Data sharing is not applicable to this article as no datasets were generated or analyzed during the current study.

Declarations

Conflict of Interest The authors declare no competing interests.

References

Cumming JM, Wood DM (2017) Chapter 3. Adult morphology and terminology. *In*: Kirk-Spriggs AH, Sinclair BJ (Eds.), Manual of Afrotropical Diptera. Vol. 1. Introductory chapters and keys to Diptera families. Suricata 4, South African National Biodiversity Institute, Pretoria, pp 89–133

Evenhuis NL (2002) *Pieza*, a new genus of microbombyliids from the New World (Diptera: Mythicomyiidae). Zootaxa 36:1–28. https://doi.org/10.11646/zootaxa.36.1.1

Evenhuis NL (2017) Mythicomyiidae. In: Kirk-Spriggs AH, Sinclair BJ (eds) Manual of Afrotropical Diptera. Vol. 2 Nematocera & Lower Brachycera, SANBI Publishing, Pretoria, pp 1005–1018

Greathead DJ, Evenhuis NL (2001) Annotated keys to the genera of African Bombylioidea (Diptera: Bombyliidae; Mythicomyiidae). Afr Invertebr 42:105–224

Gregorin R, Carmignotto AP, Percequillo AR (2008) Quirópteros do Parque Nacional da Serra das Confusões, Piauí, nordeste do Brasil. Chiroptera Neotrop 14(1):366–383

Lamas CJE, Falaschi RL, Evenhuis NL (2015) A new genus and species of micro bee flies from Brazil (Diptera: Mythicomyiidae: Psiloderoidinae). Zootaxa 3955(3):403–416. https://doi.org/10.11646/zootaxa.3955.3.7

Mendes LL, Lamas CJE, Evenhuis NL, Limeira-de-Oliveira F (2019) New *Pieza* Evenhuis (Diptera, Mythicomyiidae, Mythicomyiinae) from Northeast Brazil. Zootaxa 4629(1):1–25. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4629.1.1

Mendes LL, Evenhuis NL, Limeira-de-Oliveira F, Lamas CJE (2022) First record of *Glabellula* Bezzi (Diptera, Mythicomyiidae: Glabellulinae) in South America, with description of three new species from Brazil. Zootaxa 5124(2):205–215. https://doi.org/10.11646/zootaxa.5124.2.5

Plano de Manejo do Parque Nacional Serra das Confusões (2003) Ministério do Meio Ambiente. Brasília, Brasil. 2003. https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/caatinga/lista-de-ucs/parna-da-serra-das-confusoes/arquivos/parna_serra_das_confusoes.pdf

Rafael JA, Limeira-de-Oliveira F (2014) *Mitinha* and *Tamanduamyia*, two new genera of Mythicomyiinae (Diptera, Mythicomyiidae) from northeast Brazil. Zootaxa 3827(4):591–598. https://doi.org/10.11646/zootaxa.3827.4.9

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Springer Nature or its licensor (e.g. a society or other partner) holds exclusive rights to this article under a publishing agreement with the author(s) or other rightsholder(s); author self-archiving of the accepted manuscript version of this article is solely governed by the terms of such publishing agreement and applicable law.