

**GIOVANNA MONTICELLI CARDOSO**

**Espécies de *Hyaella* Smith, 1874 (CRUSTACEA, AMPHIPODA, DOGIELINOTIDAE) encontradas em ambientes subterrâneos.**

**Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biologia Animal.**

**Área de Concentração: Biologia Comparada**

**Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Paula Beatriz de Araujo**

**Co-orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Alessandra A. de Pádua Bueno**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
PORTO ALEGRE**

**2013**

**Espécies de *Hyaella* Smith, 1874 (CRUSTACEA, AMPHIPODA,  
DOGIELINOTIDAE) encontradas em ambientes subterrâneos.**

**GIOVANNA MONTICELLI CARDOSO**

Dissertação de mestrado aprovada em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

---

Prof. Dr. Luiz Alexandre Campos

---

Prof. Dra. Daniela da Silva Castiglioni

---

Prof. Dr. André Rezende de Senna

## AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Paula Beatriz Araujo, em primeiro lugar, por toda orientação, incentivo e apoio sem os quais não seria possível para a realização deste trabalho. Obrigada por todo carinho!

À Profa. Dra. Alessandra Bueno, pelo incentivo e orientação. Por ter me tornado parte de sua família. Obrigada por ter me inserido no mundo dos crustáceos. Eu agradeço do fundo do meu coração!

Ao Prof. Dr. Rodrigo e sua equipe pela doação do material biológico e por todo o apoio e auxílio em campo. Vocês foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

À Dra. Georgina Bond-Buckup e ao Dr. Ludwig Buckup, por todo o carinho e atenção que me dedicaram.

Aos meus colegas de Laboratório de Carcinologia da UFRGS: Lara, Diego, Bianca, Bárbara, Mariana, Kelly, Viviane, Tainã, Silvana, Ivan que rapidamente me agregaram a turma e fizeram com que me sentisse em casa. Aos nossos pós-docs: Carolina, Luciane e Maurício que atuaram como nossos mentores e estavam sempre dispostos a nos auxiliar. Obrigada por todos os momentos de descontração e alto astral que possibilitaram meu dia-a-dia mais divertido, nós criamos boas histórias. Também agradeço por todo o ensinamento, pelos momentos de trocas de informações e discussão sobre minha pesquisa. Vocês foram uma importante peça na construção deste trabalho. A todos meus amigos, em especial àqueles que me acompanham desde a época da graduação. Obrigada pelos conselhos, amparo, companhia e momentos de descontração. Às meninas da carcino da UFLA - Stella, Rafaela, Silvia, Sarah e ao Mauro por toda amizade, apoio e auxílio.

A toda minha grande família, em especial meus irmãos, pais e avós. Obrigada por todo o amor, confiança e conselhos infalíveis. Obrigada por acreditarem em mim.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal por todo o apoio fornecido no decorrer destes dois anos. Aos professores do Programa de Pós-graduação em Biologia Animal da UFRGS pelos conhecimentos compartilhados e aos funcionários sempre tão solícitos.

Por fim, à CAPES pela bolsa a mim concedida permitindo maior dedicação a pesquisa realizada e possibilitando a ampliação de meus conhecimentos.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b>	v
<b>ABSTRACT</b>	vii
<b>INTRODUÇÃO</b>	1
1.1. Aspectos Gerais	
Sistemática do Sub-filo Crustacea	1
1.2. Panorama geral sobre o conhecimento do gênero <i>Hyaella</i> Smith, 1874	3
1.3. O gênero <i>Hyaella</i> em ambientes subterrâneos	4
1.4. Ambientes subterrâneos	6
1.5. Áreas cársticas no território brasileiro	8
1.6. Breve histórico e contextualização legal referente ao Patrimônio Espeleológico	
Nacional	10
<b>JUSTIFICATIVA</b>	13
<b>OBJETIVO</b>	14
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	15
1. Procedência dos espécimes	15
2. Área de amostragem dos exemplares de <i>Hyaella</i>	15
2.1 Presidente Olegário – Lapa Vereda da Palha – Minas Gerais	15
2.2 Ponta Grossa – Caverna das Andorinhas – Paraná	16
2.3 PETAR e PEI – São Paulo	17
3. Taxonomia	18
<b>RESULTADOS</b>	24
Chave de identificação para espécies subterrâneas brasileiras de <i>Hyaella</i>	24
<i>Hyaella</i> sp. nov. 1	24
<i>Hyaella</i> sp. nov. 2	36
<i>Hyaella</i> sp. nov. 3	47
Registro de ocorrência de <i>Hyaella warmingi</i>	57
<b>DISCUSSÃO</b>	59
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	61
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	62
<b>ANEXO- NORMAS DA REVISTA ZOOTAXA</b>	71

## RESUMO

---

O gênero *Hyaella* Smith, 1874 abriga os anfípodos gamarídeos de ambientes de água doce, restritos ao continente americano. O Brasil apresenta uma alta diversidade de espécies quando comparado a outros países, mas a fauna subterrânea ainda é pouco conhecida. O presente estudo tem como objetivo identificar e descrever as espécies de *Hyaella* encontradas em áreas subterrâneas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. *Hyaella* sp. nov. 1 é a primeira espécie troglóbia descrita para o estado de Minas Gerais, com distribuição restrita a Gruta Vereda da Palha. A espécie apresenta caracteres troglomórficos como a redução dos olhos, ausente em alguns exemplares; as antenas possuem tamanhos similares; cinco setas serradas na face medial do própodo do gnatópodo 1; gnatópodo 2 com palma irregular, fortemente inclinada e urópodo 1 com uma seta curva no ramo interno. *Hyaella* sp. nov. 2 é a primeira espécie troglóbia descrita para o estado do Paraná, restrita a Caverna das Andorinhas. Esta espécie possui caracteres morfológicos troglomórficos como olhos ausentes e antena 1 maior que a antena 2; o gnatópodo 1 com formato do própodo oval e cinco setas serradas na face medial ventral; gnatópodo 2 com própodo alongado e oval, com palma lisa fortemente inclinada; dácilo longo, ultrapassa a metade do comprimento do própodo e urópodo 1 com uma seta curva no ramo interno. *Hyaella* sp. nov. 3 possui uma ampla distribuição pelos rios epígeos e hipógeos dos parques PEI e PETAR no estado de São Paulo, o que a classifica como uma espécie troglófila, suas características incluem os olhos bem desenvolvidos e pigmentados; antena 1 menor que antena 2; própodo do gnatópodo 1 com sete a treze setas serradas na face medial ventral e gnatópodo 2 com a palma do própodo irregular, pouco inclinada. A adição de um novo caracter morfológico em relação ao ângulo de inclinação da palma do gnatópodo 2 pode auxiliar na identificação de todas as espécies de *Hyaella*. Este trabalho evidencia a semelhança entre três, das

cinco espécies hipógeas encontradas no Brasil: *H. imbya* Rodrigues & Bueno, 2012; *Hyaella* sp. nov. 1; *Hyaella* sp. nov. 2, que apresentam a palma fortemente inclinada, enquanto a *Hyaella* sp. nov. 3 é a única espécie até o momento que apresenta a palma pouco inclinada. Além da descrição de duas espécies hipógeas e uma epígea do gênero *Hyaella*, uma chave de identificação foi proposta para as espécies troglomórficas brasileiras e, novas localidades de ocorrência são registradas para *Hyaella warmingi* Stebbing, 1899. Com a adição destas espécies o percentual de espécies troglomórficas brasileiras aumenta de 17,6% para 25%.

## ABSTRACT

---

The genus *Hyaella* Smith, 1874 is composed by freshwater amphipods, restricted to American continental waters. Brazil shows a high diversity of species compared to other countries, but the subterranean fauna still is poorly known. This study aims to identify and describe the species of *Hyaella* found in subterranean areas in the South and Southeast of Brazil. *Hyaella* sp. nov. 1 is the first troglobite species described for the state of Minas Gerais, with restricted distribution to Vereda da Palha cave. The species has troglomorphic characters such as eye reduction, absent in some specimens; antennae with similar size; gnathopod 1 with five setae on the medial face of propodus; gnathopod 2 with palm irregular and strongly inclined and uropod 1 with a curved seta. *Hyaella* sp. nov. 2 is the first troglobite species described for the state of Paraná, restricted to Andorinhas cave. This species has troglomorphic characters such as missing eyes and antenna 1 longer than antenna 2; propodus of gnathopod 1 elongated and oval, with five setae on the medial face; propodus of gnathopod 2 is elongated and oval, with palm smooth strongly inclined; dactylus long, exceeds half the length of propodus and uropod 1 with a curved seta. *Hyaella* sp. nov. 3 has a wide distribution in epigeal and hypogean rivers in two state parks of São Paulo, which classifies the species as troglophile, its features include eyes well developed and pigmented; antenna 1 shorter than antenna 2; propodus of the gnathopod 1 with seven to thirteen setae on the medial face and propodus of gnathopod 2 with irregular palm, slightly tilted. The addition of a new morphological character referred to the palm inclination of the gnathopod 2 can help identify all species of *Hyaella*. This study highlights the similarity between three of five species found in Brazil hypogean waters: *H. imbya* Rodrigues & Bueno, 2012; *Hyaella* sp. nov. 1; *Hyaella* sp. nov. 2, that have palm

strongly tilted, while *Hyaella* sp. nov. 3 is the only species so far that shows palm slightly tilted. Besides the description of two new hypogean species and one epygean of the genus of *Hyaella*, an identification key was proposed for troglomorphic species of Brazil and new localities of occurrence are recorded for *Hyaella warmingi* Stebbing, 1899. With the addition of these species the percentage of Brazilian troglomorphic species increases from 17.6% to 25%.



## INTRODUÇÃO

---

### Aspectos Gerais

#### Sistemática do Subfilo Crustacea

Os crustáceos são animais invertebrados altamente diversificados morfológicamente e seu sucesso evolutivo permitiu que dominassem vários ecossistemas no planeta (Martin & Davis, 2001). Os crustáceos compartilham com demais artrópodes, características como os apêndices articulados e o exoesqueleto de quitina. No entanto, apresentam características únicas como a presença de apêndices birremes, 2 pares de antenas e uma fase larval conhecida como náuplio (Brusca & Brusca, 2007). Recentemente a monofilia de Arthropoda foi comprovada por Regier *et al.* (2010) com base em estudos moleculares, no entanto, suportam a hipótese dos crustáceos como um grupo parafilético. Apesar das controvérsias, ainda é utilizada a classificação de Martin & Davis (2001). Nesta classificação o subfilo Crustacea possui seis classes: Remipedia, Cephalocarida, Branchiopoda, Ostracoda, Maxillopoda e Malacostraca.

Na classe Malacostraca, encontra-se inserida a Superordem Peracarida, cuja principal característica é presença do marsúpio na fêmea (Poore, 2005). O marsúpio é formado pela expansão da superfície ventral dos apêndices torácicos, entre o segundo e quinto segmento, na base dos pereópodos. O conjunto destas expansões forma uma bolsa incubadora ventral onde os ovos são fecundados e armazenados até a eclosão dos embriões, que apresentam desenvolvimento direto (Poore, 2005; Garcia-Schroeder & Araujo, 2009).

A ordem Amphipoda pertence a Superordem Peracarida e apresenta uma grande diversidade em ambientes marinhos, apenas 20% de suas espécies pode ser encontrada em

ambientes de água doce, além de possuir alguns representantes terrestres, a maioria alocada na família Talitridae Rafinesque, 1815 (Vainola *et al.*, 2008).

A subordem Gammaridea abrange cerca de 130 famílias (Martin & Davis, 2001), inclusive a família Hyalellidae Bulycheva, 1957 que foi reclassificada por Serejo (2004) e a tornou sinônimo da família Dogielinotidae Gurjanova, 1953 e, juntamente com Najnidae Barnard, 1972 passam a ser tratadas como subfamílias.

Aproximadamente 45% dos anfípodos gamarídeos ocorrem em ambientes subterrâneos, e as maiores diversidades concentram-se nas famílias Niphargidae Bousfield, 1977, Crangonyctidae Bousfield, 1973, Hadziidae Karaman, 1943 e Bogidiellidae Hertzog 1936 na Europa e Ásia (Holsinger, 1994; Sket, 1999; Vainola *et al.*, 2008).

A morfologia dos anfípodos gamarídeos pode ser sinteticamente descrita pelo corpo lateralmente comprimido e sem carapaça. O cefalotórax é composto por um par de olhos compostos e sésseis que podem ser perdidos completamente em espécies cavernícolas; dois pares de antenas e as peças bucais que incluem um par de mandíbulas, maxilas I, maxilas II e maxilípodos. A forma básica da mandíbula é composta por uma projeção dental ou incisivo; um molar; uma fileira de setas, “lacinia mobilis” e um palpo com três artículos. O tórax ou pereon é composto por sete pares de apêndices unirremes, os pereópodos; o primeiro e segundo par, os gnatópodos, são modificados portando quelas ou subquelas. As brânquias encontram-se inseridas na porção interna da coxa e geralmente encontram-se do segundo ao sexto segmento torácico. O abdômen ou pléon possui apêndices birremes, sendo dividido em duas partes: a anterior com pleópodos típicos e a posterior (urossomo) com apêndices modificados em urópodos. O télson é o segmento final do corpo e encontra-se fundido ao último urossomito (Pennak, 1978; Mclaughlin, 1982; Barnard & Karaman, 1991).

A maioria dos gamarídeos possui o segundo par de gnatópodos dos machos mais desenvolvido, com importante atuação no sucesso reprodutivo dessas espécies (Hume *et al.*, 2005). No entanto, Borowsky (1984) demonstra que, em espécies de *Hyaella*, *Gammarus* Latreille, 1802 e *Melita* Bousfield, 1973 apenas o primeiro par é utilizado para carregar a fêmea durante o comportamento de pré-cópula.

Os macroinvertebrados, incluindo os anfípodos gamarídeos, constituem importantes elos da cadeia trófica, participando do fluxo energético do ambiente onde se encontram. Alimentam-se de fitoplâncton, partículas orgânicas e minerais do sedimento, atuando na decomposição de matéria orgânica (Macneil *et al.*, 1997). Alguns de seus predadores incluem peixes, aves e outros macroinvertebrados, além de serem hospedeiros intermediários de parasitas (Conlan, 1994).

### **Panorama geral sobre o conhecimento do gênero *Hyaella***

O gênero *Hyaella* é restrito aos ambientes de água doce no continente americano. Atualmente, o gênero possui 59 espécies descritas no continente americano, dentre elas 45 espécies ocorrem na América do Sul (Bueno *et al.*, in press), que podem ser encontradas em rios, lagos, áreas alagadas e cavernas (Grosso & Peralta, 1999). A maior parte das espécies é bentônica e encontra-se aderida à vegetação, são onívoros e possuem uma dieta baseada principalmente em detritos, tecidos vegetais e biofilmes (Hargrave, 1970; Acosta & Prat, 2011).

No Brasil, o gênero *Hyaella* tem registro nas regiões Sul e Sudeste. Devido à formação de grupos de pesquisa na área taxonômica, um grande número de espécies foi descrita na última década. Atualmente são conhecidas 17 espécies: *H. gracilicornis* (Faxon, 1876); *H. longistila* (Faxon, 1876); *H. warmingi* Stebbing, 1899; *H. meinerti* Stebbing,

1899; *H. curvispina* Shoemaker, 1942; *H. caeca* Pereira, 1989; *H. brasiliensis* Bousfield, 1996; *H. montenegrinae* Bond-Buckup & Araujo, 1998; *H. pseudoazteca* González & Watling, 2003; *H. dielai* Pereira, 2004; *H. castroi* González, Bond-Buckup & Araujo, 2006; *H. pleoacuta* González, Bond-Buckup & Araujo, 2006 (González *et al.* 2006; Santos *et al.* 2008); *H. spelaea* Bueno & Cardoso, 2011; *H. carstica* Bastos-Pereira & Bueno, 2012; *H. imbya* Rodrigues & Bueno, 2012; *Hyaella* sp. Bueno & Araujo (in press); *Hyaella* sp. Araujo & Cardoso (in press) (Cardoso *et al.*, 2011; Bastos-Pereira & Bueno, 2012; Rodrigues & Bueno, 2012; Bueno *et al.*, in press).

A diversidade do gênero é mais elevada no estado do Rio Grande do Sul, onde existe o registro de ocorrência de sete espécies; são registradas cinco espécies para o estado de São Paulo, três espécies para o estado de Minas Gerais, três espécies para o estado do Rio de Janeiro e uma espécie para o estado do Paraná (González *et al.*, 2006; Rodrigues & Bueno, 2012; Bueno *et al.*, in press). Pesquisas recentes, descrevendo novas espécies indicam que a diversidade do gênero ainda encontra-se subestimada (Cardoso *et al.*, 2011; Bastos-Pereira & Bueno, 2012).

### **O gênero *Hyaella* em ambientes subterrâneos**

Atualmente, cinco espécies de *Hyaella* são registradas exclusivamente em ambientes subterrâneos. *H. anophthalma* Ruffo, 1957 foi a primeira espécie troglomórfica descrita e possui sua distribuição restrita à Cueva de Río Gueque em Falcon, Venezuela. Seus caracteres troglomórficos constituem a perda dos olhos e a despigmentação do corpo (Ruffo, 1957).

Posteriormente, *H. caeca* foi descrita no Brasil, na Gruta Tobias de Baixo no município de Iporanga, SP. A espécie ainda se destaca por possuir troglomorismos

semelhantes a *H. anophthalma* como a ausência de olhos e o alongamento das antenas e dos pereópodos (Pereira, 1989).

Em 2000, a primeira espécie troglóbia norte americana foi descrita. *Hyaella muerta* Baldinger, Shepard and Threlhoff, 2000 ocorre no Death Valley National Park, Califórnia, Estados Unidos, e assemelha-se com *H. anophthalma* e *H. caeca* pela ausência de olhos, além de apresentar um comprimento diferenciado das antenas, isto é, antena 1 mais longa que antena 2 e a presença de brânquias esternais entre o terceiro e o sétimo pereonito (Baldinger *et al.*, 2000).

Em 2011, outra espécie troglóbia foi descrita no Brasil para o estado de São Paulo, *H. spelaea*, a qual ocorre na Gruta da Toca no município de Itirapina. Diferente das demais espécies troglóbias, *H. spelaea* possui olhos, porém reduzidos (Cardoso *et al.*, 2011).

Recentemente foi descrita *H. imbya*, uma espécie troglomórfica de habitat hipotelminorreico, isto é, típica de ambientes subterrâneos superficiais. A espécie ocorre em ambientes alagados no município de Roque Gonzales, RS e possui troglomorfismos semelhantes as demais espécies como a ausência de olhos e o comprimento das antenas semelhante a *H. muerta* (Rodrigues & Bueno, 2012).

Outro importante registro de *Hyaella* em ambientes subterrâneos refere-se a *H. warmingi*, que possui registro de ocorrência para o município de Lagoa Santa, MG, mas que também foi coletada na Gruta Mirassol, SP, ampliando sua área de distribuição (González & Watling, 2003). Com isso, a espécie claramente trata-se de uma espécie troglófila (ver adiante).

## **Ambientes subterrâneos**

Os ambientes subterrâneos ou cavernícolas são definidos como cavidades naturais na rocha, sendo sua principal característica a ausência de luz (Aden, 2005). A maioria das cavidades é formada pela ação da água que se torna acidulada ao associar-se ao dióxido de carbono presente no solo. Essa água ácida infiltra-se na rocha removendo minerais e partículas cimentantes, formando pequenas fissuras que se expandem gradativamente com o tempo, até formarem uma rede de passagens ou galerias (Herman, 2005).

O processo de dissolução da rocha forma paisagens características que compõem o sistema cárstico, tais como drenagens subterrâneas, dolinas (depressões fechadas), vales, sumidouros (quando a drenagem superficial escoar para o meio subterrâneo) e abrigos rochosos. Esse fenômeno ocorre predominantemente em rochas calcárias, que possuem minerais mais solúveis (Culver & White, 2005). Entretanto alguns fatores como a temperatura podem catalisar o processo de dissolução de rochas menos solúveis como quartzitos, dolomitos e arenitos (Gilbert, 1997).

O interior das cavernas, conhecido como cavernícola ou hipógeo (subterrâneo), em oposição ao meio epígeo (de superfície), possui uma tendência à estabilidade ambiental. A temperatura é relativa às médias anuais externas e a umidade pode apresentar-se elevada quando associadas a corpos d'água. No entanto, o ambiente não é totalmente constante, pois alguns parâmetros como o nível da água, podem apresentar variação ao longo do ano, dependendo do regime de chuvas (Culver & Pipan, 2009).

A luz é o principal fator limitante aos organismos no ambiente cavernícola e exclui a possibilidade de ocorrência de produtores primários (Sarbu *et al.*, 1996). Ao contrário dos ambientes de superfície que possuem um grande número de organismos fotossintetizantes, as cavernas podem ser consideradas ambientes pobres em nutrientes (Ferreira, 2004; Culver

& Pipan, 2009). A cadeia trófica se baseia em animais detritívoros que utilizam produtos de origem secundária ou importada do meio epígeo (Howarth, 1983; Souza-Silva, 2003). Logo, é importante que haja equilíbrio nos ecossistemas onde as cavernas estão inseridas, visto que impactos naturais ou causados pela ação antrópica são diretamente refletidos em seu ecossistema (Ferreira & Martins, 1999).

A ausência de luz também afeta os organismos que habitam os ambientes subterrâneos, por isso, alguns organismos encontrados em cavernas podem apresentar especializações morfológicas, fisiológicas e comportamentais a esse modo de vida (Romero, 2009). Assim, a fauna encontrada em cavernas pode ser classificada de acordo com as características morfológicas e o nível de dependência em relação ao seu habitat (Romero, 2009).

Os animais cavernícolas, isto é, aqueles que se desenvolvem e vivem na condição subterrânea, são conhecidos como troglóbios e são incapazes de estabelecer uma população viável no ambiente externo; geralmente apresentam caracteres adaptativos chamados de troglomorfismos, enquanto que os organismos que podem viver dentro e fora da caverna, mas não apresentam troglomorfismos, mesmo estando ligados ao ambiente subterrâneo são chamados de troglófilos. Já os organismos que utilizam a caverna ocasionalmente, mas não são capazes de completar seu ciclo de vida nesse ambiente são chamados de troglógenos (Sket, 2008).

Para alguns autores não existe um padrão de características troglomórficas (Romero, 2009). Entretanto, características como a perda de olhos e o alongamento de apêndices, são compartilhadas por algumas espécies subterrâneas (Culver *et al.*, 1995). Esse fenômeno pode envolver processos de convergências adaptativas ou paralelismo, devido à semelhança ambiental apresentada pelas diferentes cavernas em relação aos ambientes de superfície,

isto é, pressões seletivas semelhantes atuam sobre a fauna subterrânea (Vainola *et al.*, 2008; Culver & Pipan, 2009). Como ressaltado anteriormente, além da estabilidade do sistema, muitas vezes, a ausência de predadores possibilita a existência de populações estáveis (Sket, 1999).

Algumas hipóteses sugerem que a existência de organismos no ambiente subterrâneo pode ser resultado de alterações climáticas durante os períodos de glaciações, uma vez que potencializaram o isolamento e a especiação das populações (Sket, 1999). Os ambientes cavernícolas propiciaram abrigos ideais para os animais, pois representavam ambientes mais estáveis que a superfície. O grau de isolamento dessas populações aumentou à medida que as populações externas tornavam-se extintas. Com isso, o resultado de todo o processo pode ser visto atualmente através das vastas áreas cársticas com o grande potencial de isolamento geográfico e ecológico (Sket, 1999).

### **Áreas cársticas no território brasileiro**

Vastas áreas cársticas são encontradas no território brasileiro, entre elas, o Grupo Bambuí é considerado o mais extenso, ocorrendo entre os estados de Minas Gerais, Bahia e Goiás; outros carstes também são considerados significativos, por exemplo, o Grupo Açungui que ocorre entre os estados do Paraná e São Paulo, e o Grupo Corumbá no estado do Mato Grosso do Sul (Auler & Farrant, 1996). Algumas dessas áreas foram mais intensamente estudadas em regiões específicas, por exemplo, a região de São Domingos, GO, pertencente ao Grupo Bambuí (Bichuette & Trajano, 2003); e a região do Alto Ribeira, SP, do Grupo Açungui (Pinto-Da-Rocha, 1993).

A fauna cavernícola do Brasil é relativamente bem conhecida (Trajano & Gnaspini-Netto, 1991; Pinto-Da-Rocha, 1993; Pinto-Da-Rocha, 1995; Trajano, 2000; Trajano &



Bichuette, 2010). Porém, a maior parte destas comunidades está classificada apenas em nível de família, com isso muitos estudos ainda são necessários para o conhecimento da real diversidade presente nestes ambientes (Trajano, 2000).

O Vale do Ribeira, localizada no Sul do estado de São Paulo, possui uma grande diversidade subterrânea, entre elas, três espécies de Decapoda do gênero *Aegla* Dana, 1852 *A. microphthalma* Bond-Buckup & Buckup, 1994, *A. leptochela* Bond-Buckup & Buckup, 1994 e *A. cavernicola* Turkay, 1972; o Amphipoda *H. caeca* Pereira, 1989; e o Isopoda *Benthana iporangensis* Lima & Silveira-Serejo, 1993 (Trajano & Bichuette, 2010).

Outras espécies de crustáceos podem ser encontradas em cavernas brasileiras, por exemplo, as espécies da superordem Peracarida das águas subterrâneas na Serra da Bodoquena, MS, *Megagidiella azul* Koenemann & Holsinger, 1999 e o *Potiiocoara brasiliensis* Pires, 1987 (Trajano & Bichuette, 2010); e os isópodos *Circoniscus buckupi* Campos-Filho & Araujo, 2011 e *Circoniscus carajasensis* Campos-Filho & Araujo, 2011 de cavernas no estado do Pará (Campos-Filho & Araujo, 2011) e *Brasileirinho cavaticus* Prevorčnik, Ferreira & Sket, 2012 encontrado numa caverna no estado da Bahia (Prevorčnik *et al.*, 2012).

O Brasil possui um grande potencial espeleológico ainda não conhecido e apenas uma pequena parcela das mais de 10.000 cavernas cadastradas no Cadastro Nacional de Cavidades Naturais do Brasil foi explorada (Jansen *et al.*, 2012). Dessa forma, a diversidade da fauna como um todo pode ser ainda maior.

## **Breve histórico e contextualização legal referente ao Patrimônio Espeleológico Nacional**

Nas últimas décadas, a preocupação com a conservação do meio ambiente tem crescido (Agostinho *et al.*, 2005). Algumas atividades como a mineração, urbanização, exploração de água, desflorestamento e a expansão agrícola exercem grande pressão sobre os recursos naturais e são os principais impactos que atuam sobre as áreas cársticas. Desta forma, ficou evidente a necessidade da criação de políticas públicas que garantissem a proteção do Patrimônio Espeleológico Nacional (Jansen *et al.*, 2012).

A década de 1980 foi marcada pela incorporação do Patrimônio Espeleológico na Constituição Federal, com isto, as cavidades naturais subterrâneas foram definidas como bens da União, impondo ao Poder Público o dever de preservar tais ambientes (BRASIL, 1988). Neste período foi criado o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), que passou a administrar questões ambientais de forma integrada. O IBAMA é um órgão executivo vinculado ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), que desenvolve diversas atividades para a preservação e conservação do patrimônio natural, além de exercer o controle, a fiscalização e o licenciamento dos recursos naturais (Brasil, 1990).

Em 2004, a Resolução nº 347 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) aprimorou o Programa Nacional de Proteção do Patrimônio Espeleológico, disciplinando e normatizando o uso deste patrimônio. E, assim como nos decretos prévios, definiu que atividades potencialmente poluidoras ou degradadoras do Patrimônio Espeleológico, dependerão de licenciamento prévio concedido pelo órgão ambiental (Brasil, 2004).

A resolução instituiu procedimentos de monitoramento e controle ambiental visando evitar e minimizar a degradação e destruição das cavidades. No entanto, não pode ser

integralmente aplicada, pois o decreto anterior não mencionava o grau de relevância do patrimônio ou de seus atributos (Brasil, 2004).

Buscando conciliar interesses ambientais e econômicos, em 2008, o Decreto nº 6.640 reformulou alguns artigos do Decreto nº 99.556 (1990). Neste novo decreto as cavidades naturais passaram a ser classificadas de acordo com seu grau de relevância (máximo, alto, médio e baixo), este definido através de seus atributos ecológicos, biológicos, geológicos, hidrológicos, paleontológicos, entre outros. Com isso, as cavidades com máximo grau de relevância são determinadas, por exemplo, pela presença de um animal troglóbio raro ou quando for habitat essencial para a preservação de uma população genética viável de espécies troglóbias endêmicas. Além disto, de acordo com o decreto, a cavidade e suas áreas de influencia não podem sofrer impactos negativos irreversíveis. Entretanto, cavernas com alto, médio ou baixo nível de relevância podem sofrer impactos negativos irreversíveis mediante o licenciamento ambiental (Brasil, 2008).

Ainda em 2008, foi criado o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), a partir de uma reestruturação do IBAMA, que passou a ser responsável pela gestão das unidades de conservação. O Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas (CECAV), foi reformulado e passou a ser denominado Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas, sendo hoje o responsável pela conservação do Patrimônio Espeleológico Nacional. Sua principal função é produzir, por meio da pesquisa científica, o conhecimento necessário à conservação do Patrimônio Espeleológico, bem como executar e auxiliar ações de manejo para a conservação dos ambientes cavernícolas e suas espécies associadas (Brasil, 2009).

Embora, as práticas de conservação desses ambientes tenham sido implementadas recentemente, é possível observar avanços nesse cenário. A atenção voltada para os

ambientes subterrâneos tem aumentado desde a criação do Patrimônio Espeleológico na Constituição Federal. No entanto, com a reformulação do decreto de 1990, o nível de proteção dos ambientes subterrâneos é reduzido, apesar de assegurar a proteção das áreas de máxima relevância.

## JUSTIFICATIVA

---

O Brasil possui as maiores reservas de água doce da América do Sul e uma grande diversidade de fauna associada a esses ambientes. Os crustáceos anfípodos, inseridos nesses ambientes constituem, atualmente, uma fauna ainda pouco conhecida. As evidências vêm das recentes publicações que, em pouco tempo, adicionaram cerca de oito espécies novas para o Brasil.

Os ambientes subterrâneos, uma fonte menos ainda explorada, por certo, ainda deverão revelar uma importante riqueza de espécies cujo conhecimento permitirá, no futuro, compreender melhor a dinâmica de ocupação e estabelecimento de espécies nestes ambientes particulares. Assim, o estudo de material proveniente de cavernas tem uma importância ímpar na construção deste conhecimento que ainda está fragmentado. Além disso, frente às constantes mudanças na legislação, um ajuste natural às demandas da sociedade, é necessário que o conhecimento científico permeie não somente as discussões, mas também a tomada de decisões. Neste sentido, argumentos em favor da preservação dos ambientes cavernícolas poderão ser fundamentados no conhecimento científico e este, em primeiro lugar, está baseado no conhecimento das espécies que constituem a comunidade do meio hipógeo.

As atividades antrópicas tais como desmatamento, agricultura intensiva, turismo desorganizado, mineração e poluição ameaçam destruir esses ambientes subterrâneos. O reconhecimento das espécies representará, portanto, uma contribuição importante para a biodiversidade e conservação dos ambientes aquáticos subterrâneos.

## **OBJETIVO**

---

Identificar e descrever espécies de crustáceos do gênero *Hyaella* encontradas em áreas cársticas das regiões Sul e Sudeste do Brasil.

### **Objetivos específicos**

1. Identificar espécies de *Hyaella* encontradas em cavernas;
2. Descrever as espécies novas de *Hyaella* encontradas em caverna;

## MATERIAL E MÉTODOS

---

### 1. Procedência dos espécimes

O material utilizado no presente estudo foi obtido através de empréstimos das coleções: do Laboratório de Carcinologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA - MG); Laboratório de Ecologia de Cavernas da Universidade Federal de Lavras (UFLA - MG) e do Laboratório de Ecologia Subterrânea (LES) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR - SP). Esse material é proveniente de diferentes expedições no Sul e Sudeste brasileiro, coletados entre os anos de 1999 e 2011. Parte deste material foi doada para a Coleção de Carcinologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Para fins comparativos, os parátipos de *Hyaella caeca* foram solicitados ao Museu Nacional do Rio de Janeiro (MNRJ - RJ) e uma busca foi realizada no acervo da Coleção Zoológica do Museu da Universidade de São Paulo (MZUSP - SP).

### 2. Áreas de amostragem dos exemplares de *Hyaella*

#### 2.1. Presidente Olegário – Lapa Vereda da Palha – Estado de Minas Gerais

A Lapa Vereda da Palha (Fig. 1) é uma caverna localizada no município de Presidente Olegário, próximo ao distrito de Varjão ( $18^{\circ}15'17''S - 46^{\circ}07'32''W$ ) (Fig. 2). A rocha onde se insere, pertence ao Grupo Bambuí, uma extensa área cárstica presente entre os estados de Minas Gerais, Goiás e Bahia (Auler & Farrant, 1996). A área está situada na Bacia do Rio São Francisco. A caverna apresenta extensão mapeada correspondente a 1300 metros, possuindo pelo menos três níveis. O nível de base é ativo, e banhado por um pequeno riacho que oscila entre os períodos de seca e chuva. Tal conduto, de cerca de 500

metros de desenvolvimento apresenta morfologia meândrica e teto predominantemente baixo (menos de 1 metro). O segundo nível (habitat de uma nova espécie troglóbia do gênero *Hyalrella*, que foi alvo do presente estudo) compreende um conduto cujo piso é conformado por uma sucessão de represas de travertinos, preenchido por águas de percolação provavelmente proveniente de compartimentos epicársticos. Finalmente, a caverna possui um nível superior, formado por uma série de galerias anastomóticas, predominantemente secas (Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil, 2012).

## **2.2. Ponta Grossa – Caverna das Andorinhas – Estado do Paraná**

A Caverna das Andorinhas (25°08'39"S 49°55'58"W) localiza-se próximo ao município de Ponta Grossa e encontra-se inserida nos arenitos da Formação Furnas (Fig. 3). A área possui as feições marcadas pela presença de abismos ou furnas predominantemente verticais. A caverna é composta essencialmente por arenito e sua entrada encontra-se no interior de uma falha coberta por vegetação densa, seu entorno encontra-se bastante alterado, especialmente em função de atividades agrícolas (Fig. 4). A caverna possui cerca de 140 metros de extensão (Fig. 5), cujo piso é de forte inclinação descendente e em sua porção mais profunda existe um lago habitado por *Hyalrella* sp. nov. 2 (Spinardi & Lopes, 1990; Melo *et al.*, 2011). O pequeno lago possuía as bordas mais rasas, no entanto, seu fundo seguia a mesma inclinação do salão, de modo que o mesmo “mergulhava” por sob a parede lateral da caverna. Os materiais orgânicos observados compreenderam pouquíssimos fragmentos vegetais aportados do exterior. O nível freático parece variar ao longo do ano, de modo que a configuração da superfície deste pequeno lago pode ser variável, dependendo da estação do ano. Outras falhas são observadas na região, embora aparentemente não sejam conectadas com o nível freático. Embora o único habitat acessível



desta espécie compreenda a Caverna das Andorinhas é bastante provável que a distribuição da espécie seja mais ampla, compreendendo parte do nível freático na área.

### **2.3. Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR) e Parque Estadual Intervales (PEI) – Estado de São Paulo**

Os parques PETAR e PEI representam duas importantes Unidades de Conservação contínuas de remanescentes da Mata Atlântica no Vale do Ribeira, no sul do estado de São Paulo (Fig. 6). Ambas encontram-se na da Serra do Paranapiacaba, nome local dado à porção Sul da Serra do Mar. A região é caracterizada pelo relevo escarpado e cárstico, pertencente ao Grupo Açungui. Juntamente com outros parques estaduais: Parque Estadual Carlos Botelho - PECB, Estação Ecológica de Xitué - EEcXitue, APA dos Quilombos do Médio Ribeira e parte da APA da Serra do Mar formam o Contínuo Ecológico de Paranapiacaba (Fundação Florestal, 2001; Melo *et al.*, 2001; Araujo *et al.*, 2010; Fundação Florestal, 2010).

O PETAR situa-se entre os municípios de Apiaí e Iporanga. O Parque abriga mais de 300 cavernas cadastradas pela SBE (Sociedade Brasileira de Espeleologia) (Melo *et al.*, 2001). O PEI encontra-se entre os municípios de Ribeirão Grande, Guapiara, Sete Barras, Eldorado e Iporanga e possui cerca de 50 cavernas cadastradas (Araujo *et al.*, 2010).

O Vale do Ribeira possui uma grande diversidade de espécies cavernícolas, porém, a maior parte das comunidades conhecidas está classificadas apenas em nível de família, com isso muitos estudos ainda são necessários (Trajano, 2000).

Uma parte do material utilizado pertence a coleção científica do Laboratório de Ecologia Subterrânea (LES) da UFSCAR, e foi coletado em diversos rios que atravessam

cavernas do PETAR pela Dra. Maria Elina Bichuette (UFSCAR - SP) e colaboradores entre os anos de 1999 e 2009. A segunda parte das amostras foi coletada em diversos riachos no PEI pelo Dr. Adriano Melo e Cláudio Froehlich (no ano de 1997) em estudos realizados pelo programa de Pós-graduação em Ecologia do Museu de História Natural, IB, da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP - SP) no ano de 1997 em córregos pertencentes ao tributário do Rio do Carmo na Bacia do Rio Pilões.

### 3. Taxonomia

O material biológico obtido nas diversas coleções encontrava-se preservado em álcool 70%. Em laboratório, os exemplares de cada espécie de *Hyaella* foram quantificados e mensurados com auxílio de um estereomicroscópio com escala milimétrica.

Apenas os espécimes maduros sexualmente foram utilizados na descrição das espécies, sendo os machos (Fig. 7A) aqueles indivíduos com gnatópodos desenvolvidos e as fêmeas (Fig. 7B) pela presença de oostegitos entre o segundo e quinto segmento torácico. A identificação dos anfípodos foi baseada na morfologia das peças bucais (maxila 1, maxila 2, maxilípodo e mandíbula), gnatópodos, placas coxais e urópodos. Características como o formato dos apêndices, o tipo e a disposição das setas foram também importantes caracteres avaliados no presente trabalho (Poore, 2005).

As medidas referentes ao comprimento do cefalotórax (mm) foram obtidas a partir do rostro até a margem posterior da cabeça; o comprimento corporal total (mm) foi obtido a partir do rostro até a inserção do télso. Além disto, ambas as antenas foram mensuradas.

Os espécimes foram dissecados e montados em lâminas permanentes com meio de Hoyer. As características morfológicas de cada apêndice foram observadas em microscopia óptica, e ilustradas sob câmara lúcida. As imagens foram escaneadas e vetorizadas através

do programa CorelDraw X15. Para a identificação dos detalhes cuticulares e da morfologia das setas foi utilizado o Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) no Centro de Microscopia Eletrônica (CME) da UFRGS. Para a realização dessa técnica, os espécimes foram desidratados em série alcoólica (75%, 80%, 85%, 90%, 95%, 100%), finalizando com a imersão em álcool e acetona em concentração 1:1; após a série de imersão os animais permaneceram em um recipiente com sílica e foram deixados para secar naturalmente. Este método foi adaptado a partir da metodologia seguida por Zimmer *et al.* (2009).

Os trabalhos de González & Watling (2003) e González *et al.* (2006) foram utilizados como base para a descrição das espécies e o trabalho de Zimmer *et al.* (2009) para a terminologia das setas. Outras bibliografias (Pereira, 1989; Santos *et al.*, 2008; Bastos-Pereira & Bueno, 2012; Rodrigues *et al.*, 2012) foram consultadas para a comparação dos espécimes de *Hyaella*. Após a identificação, os exemplares de *Hyaella* foram depositados no Museu de Zoologia da USP (MZUSP).

Um novo caráter morfológico foi estabelecido no presente estudo e adicionado para a identificação das espécies de *Hyaella*. Esse caráter é referente ao ângulo de inclinação da palma do segundo gnatópodo dos machos (Fig. 8), e a metodologia utilizada para o cálculo do ângulo da palma foi baseada no trabalho de Poore & Lowry (1997).

Para a determinação do ângulo foi traçado um eixo central (reta “b”) partindo da base (ponto de encontro entre o própodo e o carpo) ao ápice (ponto inserção do dátilo); a segunda reta (reta “a”) forma um ângulo perpendicular ao eixo central e tem como ponto de referência a seta cuspidada no final da palma do própodo (ponto A); a reta “c” corta a reta “a” no ponto A e tem como referência o início da palma (Fig. 8). O ângulo alfa é formado

no ponto A, entre a interseção das retas “c” e “a”. Além disso, o comprimento do gnatópodo (reta “b”) foi medido.

A partir dos dados obtidos (Tabela I), foi possível definir três grupos: palma pouco inclinada, com ângulo de inclinação  $< 40^\circ$ ; palma moderadamente inclinada, com ângulo de inclinação entre  $40^\circ$  e  $57^\circ$ ; e palma fortemente inclinada, com ângulo de inclinação da palma  $> 57^\circ$ .



Figura 1. Foto da entrada da Lapa Vereda da Palha ( $18^\circ 15' 17''\text{S} - 46^\circ 07' 32''\text{W}$ ), Estado de Minas Gerais.

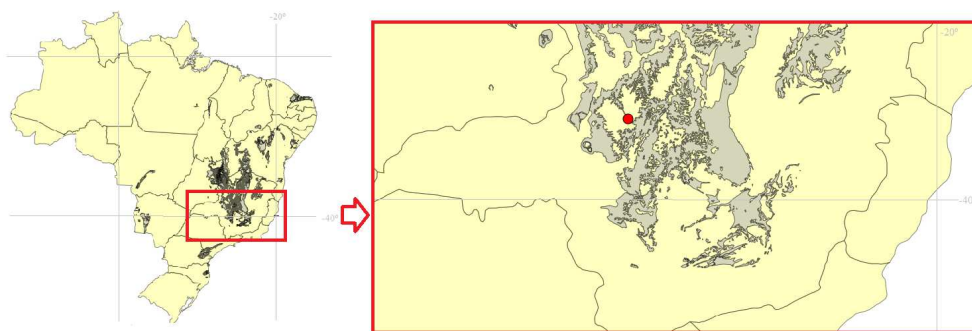


Figura 2. Mapa das regiões carsticas do Brasil (áreas em cinza), ponto de coleta de *Hyalella* sp. nov.  
1: Lapa Vereda da Palha ( $18^\circ 15' 17''\text{S} - 46^\circ 07' 32''\text{W}$ ), município de Varjão de Minas, Minas Gerais.

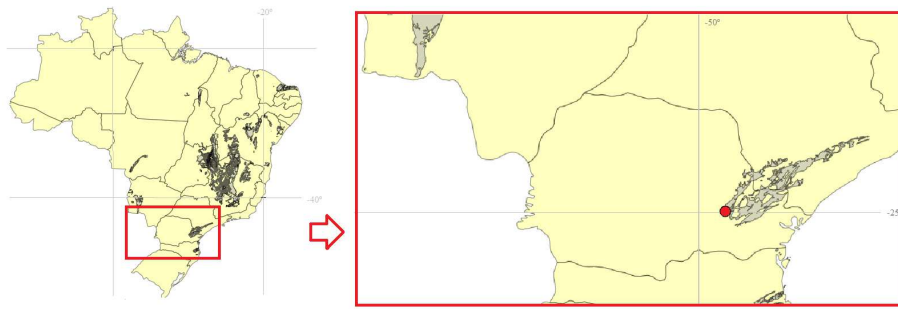


Figura 3. Mapa das regiões carsticas do Brasil (áreas em cinza), ponto de coleta de *Hyaella* sp. nov.

2: Caverna das Andorinhas (25°08'39"S 49°55'58"W), município de Ponta Grossa, Paraná.



Figura 4. Caverna das Andorinhas (25°08'39"S 49°55'58"W), município de Ponta Grossa, estado do Paraná. Fonte: Google Earth 2013.

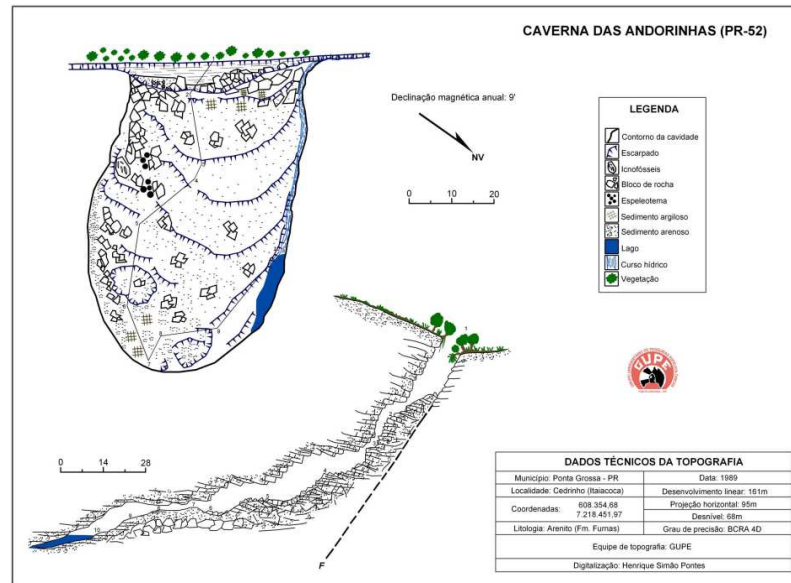


Figura 5. Mapa topográfico da Caverna das Andorinhas ( $25^{\circ}08'39''S$   $49^{\circ}55'58''W$ ), município de Ponta Grossa, estado do Paraná. Fonte: Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (GUPE).

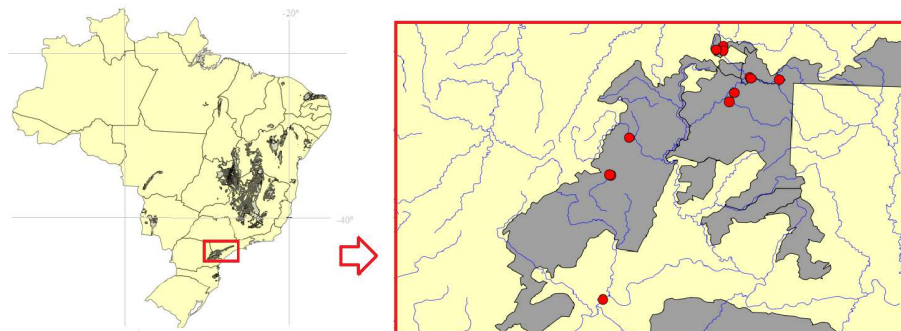


Figura 6. Mapa com os pontos de coletas de *Hyalella* sp. nov. 3. A área em cinza corresponde aos parques: Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR) e Parque Estadual Intervales (PEI) no estado de São Paulo.



Figura 7. A. Exemplar macho de *Hyalella* n. sp. 3; B. Exemplar fêmea de *Hyalella* n. sp. 3 (Escala: 1 mm).

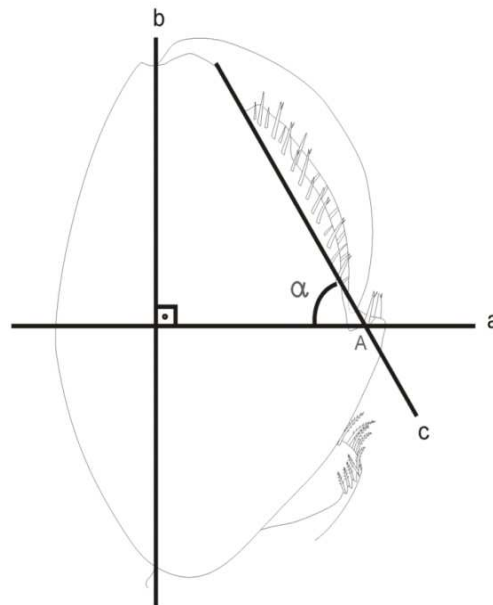


Figura 8. Modelo esquemático da inclinação na palma do gnatópodo 2 dos machos. Eixo central (reta “b”) traçado a partir da base (ponto de encontro entre o própodo e o carpo) ao ápice (ponto inserção do dácilo); reta “a” forma um ângulo perpendicular ao eixo central cruzando o ponto A (seta cuspidada no final da palma do própodo); reta “c” corta a reta “a” no ponto A e o início da palma. Ângulo alfa (no ponto A) é determinado entre as retas “c” e “a”.

## RESULTADOS

---

**Família Dogielinotidae Gurjanova, 1953**

**Subfamília Hyalellinae Bulycheva, 1957**

**Genêro *Hyalella*, Smith, 1874**

**Espécie tipo: *Hyalella dentata* Smith, 1874**

### **Chave de identificação para espécies subterrâneas brasileiras de *Hyalella*.**

1. Ramo interno do urópodo 1 com seta curva \_\_\_\_\_ 2  
Ramo interno do urópodo 1 sem seta curva \_\_\_\_\_ 4
2. Brânquias esternais presentes do segundo ao sétimo segmento torácico \_\_\_\_\_ 3  
Brânquias esternais presentes do terceiro ao sétimo segmento torácico \_\_\_\_\_ *H. imbya*
3. Própodo do gnatópodo 2 com palma irregular e “comb scales” na margem posterior  
\_\_\_\_\_ *Hyalella* n. sp. 1  
Própodo do gnatópodo 2 com palma lisa, sem “comb scales” na margem posterior  
\_\_\_\_\_ *Hyalella* n. sp. 2
4. Olhos reduzidos \_\_\_\_\_ *H. spelaea*  
Olhos ausentes \_\_\_\_\_ *H. caeca*

### ***Hyalella* sp. nov. 1 (Figs. 9 - 13)**

**Material examinado.** Holótipo macho: cefalotórax 0,4 mm, comprimento total 4,7 mm, Brasil, estado de Minas Gerais, município de Presidente Olegário, Gruta Vereda da Palha (18°15'17"S 46°07'32"W), MZUSP28420; 13.X.2010, Ferreira, R. & cols. Parátipos:



UFRGS5542 (1 macho, 1 fêmea), MZUSP28421 (1 macho, 1 fêmea), UFLA0261 (2 machos, 2 fêmeas), mesmos dados do holótipo.

**Diagnose.** Olhos redondos e pigmentados, com número reduzido de omatídeos, encontrando-se ausentes em alguns exemplares. Antena 1 com tamanho semelhante à antena 2. Carpo do gnatópodo 1 com padrão poligonal na margem posterior do lobo, duas fileiras de dentículos em “comb scales”; cinco setas serradas na face medial ventral do própodo, margem posterior com dentículos em “comb scales”; dátilo com dentículos em “comb scales” na margem. Carpo do gnatópodo 2 com padrão poligonal na margem posterior do lobo, duas fileiras de dentículos em “comb scales” e uma fileira de setas serradas; margem posterior do própodo com dentículos em “comb scales”; palma irregular mais longa que a margem posterior, fortemente inclinada. Ramo interno do urópodo 1 com uma seta curva no ápice seguido por uma seta cuspidada. Pedúnculo do urópodo 3 com quatro setas cuspidadas distais com seta acessória; ramo uniarticulado com três a quatro setas cuspidadas distais.

**Descrição do macho** (Fig. 9 e 10A). Média ( $\pm$  desvio padrão) do comprimento do cefalotórax:  $0,4 \pm 0,09$  mm, média ( $\pm$  desvio padrão) do comprimento total:  $4,3 \pm 0,99$  mm (n=15). Superfície corporal lisa. Placas epimerais lisas, não acuminadas. Olhos redondos e pigmentados, com poucos omatídeos, alguns exemplares, 4,4% não apresentaram olhos (n=45).

Antena 1 (Fig. 10B) com tamanho semelhante à antena 2. Pedúnculo ultrapassa o primeiro segmento do tórax (comprimento total alcança o quinto segmento torácico).

Flagelo com nove a onze artículos, com um a dois estetascos em cada artículo a partir do quinto.

Antena 2 (Fig. 10C) com pedúnculo que ultrapassa o primeiro segmento do tórax (comprimento total alcança o sexto segmento torácico). Flagelo com nove a onze artículos.

Lábio superior (Fig. 10D) com margem arredondada; margem distal coberta com sétulas nas faces ventral e dorsal.

Mandíbula (Fig. 10E) com formato básico dos anfípodos (de acordo com Watling, 1993), sem palpo; incisivo dentado; mandíbula esquerda com cinco dentes na “lacinia mobilis”, seguida por uma fileira de setas com três setas paposas, mandíbula direita com três setas paposas; processo molar largo e cilíndrico com seta acessória.

Lábio inferior (Fig. 10F) com lobo arredondado, com sétulas nas faces dorsal e ventral.

Maxila 1 (Fig. 10G) com ramo interno mais curto que o ramo externo, com duas setas paposerradas no ápice, e sétulas na margem. Ramo externo com oito a nove setas serradas. Palpo curto, uniarticulado com algumas setas distais.

Maxila 2 (Fig. 10H) com ramo interno e externo subiguais; ramo interno com duas setas paposerradas, cinco setas serruladas e várias setas simples; ramo externo com várias setas simples no ápice.

Maxilípodo (Fig. 10I) com ramo interno com três setas cuspidadas apicais, várias setas paposas e simples na margem interna. Ramo externo com setas simples na margem;

palpo com quatro artículos portando várias setas simples. Dáctilo unguiforme, menor que o terceiro artículo, com setas simples e unha distal.

Gnatópodo 1 (Fig. 11A) subquelado; coxa, ísquio e mero com setas simples; carpo mais longo que largo e mais longo que o própodo, margem posterior do lobo com padrão poligonal, duas fileiras de dentículos em “comb scales” e uma fileira de setas serradas; comprimento do própodo 1,5 vezes a largura (retangular), “hammer-shaped”, face medial ventral com cinco setas serradas, margem posterior com dentículos em “comb scales”; dáctilo em forma de garra com setas simples, uma seta plumosa e com dentículos em “comb scales” na margem (Fig. 11B).

Gnatópodo 2 (Fig. 11C) subquelado; coxa, ísquio e mero com setas simples na margem posterior; carpo mais largo que longo, lobo posterior alongado, margem posterior do lobo com padrão poligonal, duas fileiras de dentículos em “comb scales” e uma fileira de setas serradas; própodo longo, comprimento 1,4 vezes a largura (retangular), margem posterior com dentículos em “comb scales”, palma irregular, fortemente inclinada com ângulo de inclinação  $61,6^{\circ} \pm 3,1^{\circ}$  e 1,1 vezes mais longa que a margem posterior, margem convexa com várias setas simples e setas cuspidadas com seta acessória (15-18); dáctilo em forma de garra com uma seta plumosa (Fig. 11D).

Pereópodos 3 a 7 (Figs. 12A-B) com mero, carpo e própodo com a margem posterior com grupos de setas cuspidadas com seta acessória; dáctilo  $1/3$  do comprimento do própodo; margens dorsal e distal do própodo com algumas setas simples, pereópodo 3 e 4 com tamanhos aproximados, maiores que o pereópodo 5, pereópodo 6 menor que o pereópodo 7, que é cerca de 1,2 vezes maior que o pereópodo 3.

Pleópodos (Fig. 12C) com pedúnculo mais curto que os ramos, com “coupling spines” distais; ramos com várias setas plumosas na margem.

Urópodo 1 (Fig. 12D) com pedúnculo mais curto que os ramos, com cinco setas cuspidadas com seta acessória; ramo interno mais longo que o ramo externo com duas setas cuspidadas na margem, uma seta curva apical seguida por uma seta cuspidada (Fig. 12E); margem do ramo externo com três setas cuspidadas com seta acessória, três setas cuspidadas e uma seta simples distal (U1 cerca de 5 vezes o comprimento do U3).

Urópodo 2 (Fig. 12F) menor que o urópodo 1; pedúnculo mais curto que os ramos, com três setas cuspidadas na margem; ramo interno mais longo que o ramo externo, margem com uma seta cuspidada com seta acessória, ápice com três setas cuspidadas e duas setas cuspidadas com seta acessória; ramo externo com uma seta cuspidada com seta acessória na margem, ápice com quatro setas cuspidadas, uma delas com seta acessória.

Urópodo 3 (Fig. 12G) menor que o urópodo 2, pedúnculo mais longo que largo com quatro setas cuspidadas distais com seta acessória; ramo uniarticulado, com o mesmo comprimento que o pedúnculo, com três a quatro setas cuspidadas distais.

Télson (Fig. 12H) quadrado, com duas setas cuspidadas apicais e três setas plumosas lateralmente.

Brânquias coxais nos segmentos 2 a 6. Brânquias esternais nos segmentos 2 a 7.

**Descrição da fêmea.** Média ( $\pm$  desvio padrão) do comprimento do cefalotórax:  $0,4 \pm 0,05$  mm, média ( $\pm$  desvio padrão) do comprimento total:  $4,5 \pm 0,99$  mm (n=3). Gnatópodo 1 (Fig. 13A) menor que o gnatópodo 2, porém mais largo; carpo mais longo que largo, margem posterior do lobo com padrão poligonal e dentículos em “comb scales” na

margem; própodo mais longo que largo, com quatro setas serradas na face medial ventral. Gnatópodo 2 (Fig. 13B) com carpo mais longo que largo, margem posterior do lobo com padrão poligonal e denticulos em “comb scales”; própodo retangular, mais longo que largo (2 vezes), com três setas serradas na face medial. Urópodo 1 (Fig. 13C) com pedúnculo mais longo que os ramos, com quatro setas cuspidadas; ramo interno com duas setas cuspidadas na margem, ápice com cinco setas cuspidadas, três delas com setas acessórias; ramo externo com três setas cuspidadas na margem e quatro setas cuspidadas distais, uma delas com seta acessória.

**Distribuição.** Endêmica à Gruta Vereda da Palha, Presidente Olegário, estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil.

**Habitat.** Rios de água doce, hipógeo. Ocorre na Gruta Vereda da Palha localizada no município de Presidente Olegário próximo à localidade de Varjão. A área cárstica pertence ao Grupo Bambuí, que se estende pelos estados de Minas Gerais, Goiás e Bahia. A gruta apresenta extensão mapeada correspondente a 1.300 metros, possuindo pelo menos três níveis. O nível mais basal se caracteriza pela presença de uma drenagem hipógea, formada por um riacho que penetra por uma das entradas da caverna. Nenhum indivíduo foi observado nesta drenagem. Indivíduos da espécie foram encontrados somente no segundo nível, no qual se observa uma sucessão de represas de travertinos, preenchidas por águas de percolação provavelmente proveniente de compartimentos epicársticos, especialmente nos períodos secos do ano. O principal recurso orgânico observado nestas poças compreendeu material vegetal particulado. Na primeira coleta (13.x.2010), dezenas de indivíduos foram observados caminhando sobre um pequeno tronco submerso, em uma poça bastante profunda. A água encontrava-se cristalina, permitindo a fácil visualização dos substratos de

fundo e dos espécimes. Nesta mesma visita, foram encontrados vários casais em pré-copula. Em uma visita posterior à caverna (31.i.2011), apenas um indivíduo foi observado. Na ocasião, a água das represas de travertinos encontrava-se bastante turva, o que indica que o habitat da espécie é bastante alterado ao longo do ano, não recebendo somente águas provenientes do epicarste. A ausência de indivíduos nesta ocasião indica que eventualmente os organismos são capazes de migrar para outros compartimentos subterrâneos, evitando assim, águas mais turvas.

**Considerações.** *Hyaella* sp. nov. 1 representa a primeira espécie troglóbia descrita para o de Minas Gerais, sudeste do Brasil. *Hyaella* sp. nov. 1 assemelha-se a *H. spelaea*, pois ambas apresentam olhos reduzidos, enquanto *H. caeca*, *H. imbya*, *H. anophthalma* e *H. muerta* não possuem olhos. Entretanto, a população de *Hyaella* sp. nov. 1 apresentou uma pequena parcela de indivíduos (4,4%) sem olhos. Culver *et al.* (1995) descreveram um processo semelhante em populações cavernícolas de *Gammarus minus* Say, as quais apresentam diferentes graus de redução ocular e diferentes tamanhos de antenas. Estes mesmos autores sugerem que a variação intraespecífica pode ser reflexo do tempo e o grau de isolamento da população nos ambientes subterrâneos.

Além dos olhos, *Hyaella* sp. nov. 1 apresenta o tamanho das antenas diferenciado, no qual as antenas 1 e 2 possuem comprimento subigual, diferindo de *H. imbya* e *H. muerta*, que apresentam a antena 1 maior que a antena 2, e também da maioria das espécies epígeas, que apresentam a antena 1 menor que a antena 2.

O formato do gnatópodo 2 dos machos apresentado por *Hyaella* sp. nov. 1 é semelhante a *H. spelaea*, *H. anophthalma* e *H. muerta*, que apresentam a palma irregular,

diferente de *H. caeca* e *H. imbya* que possuem a palma lisa. A inclinação da palma é semelhante a *H. imbya*, pois apresentam o grau de inclinação maior que 60° (Tabela I).

A presença da seta curva no ramo interno do urópodo 1 é semelhante a *H. imbya*. Ainda observa-se outros caracteres que diferenciam *Hyalella* sp. nov. 1 das demais espécies troglóbias referente ao número de setas serradas no própodo do gnatópodo e a setação do urópodo 3 (Fig.23).



*Hyalella* sp. nov. 1, holótipo, macho, comprimento do cefalotórax 0,4 mm, comprimento total 4,7 mm. Escala: 0,5 mm.

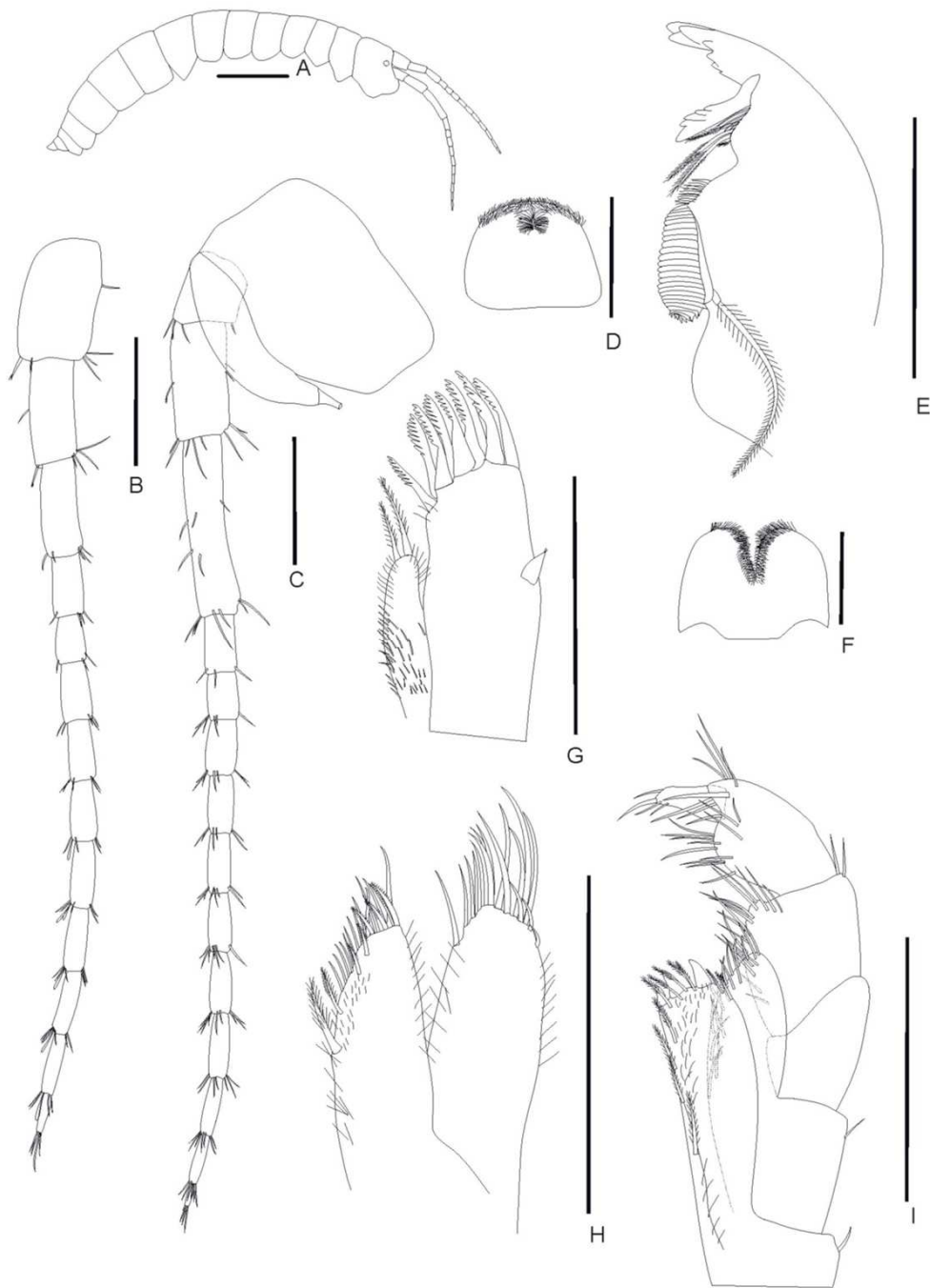


Fig. 10. *Hyalella* sp. nov. 1, macho. A, habitus; B, antena 1; C, antena 2; D, lábio superior; E, mandíbula; F, lábio inferior; G, maxila 1; H, maxila 2; I, maxilípede. Escala (A): 1,00 mm, (B-I): 0,02 mm.



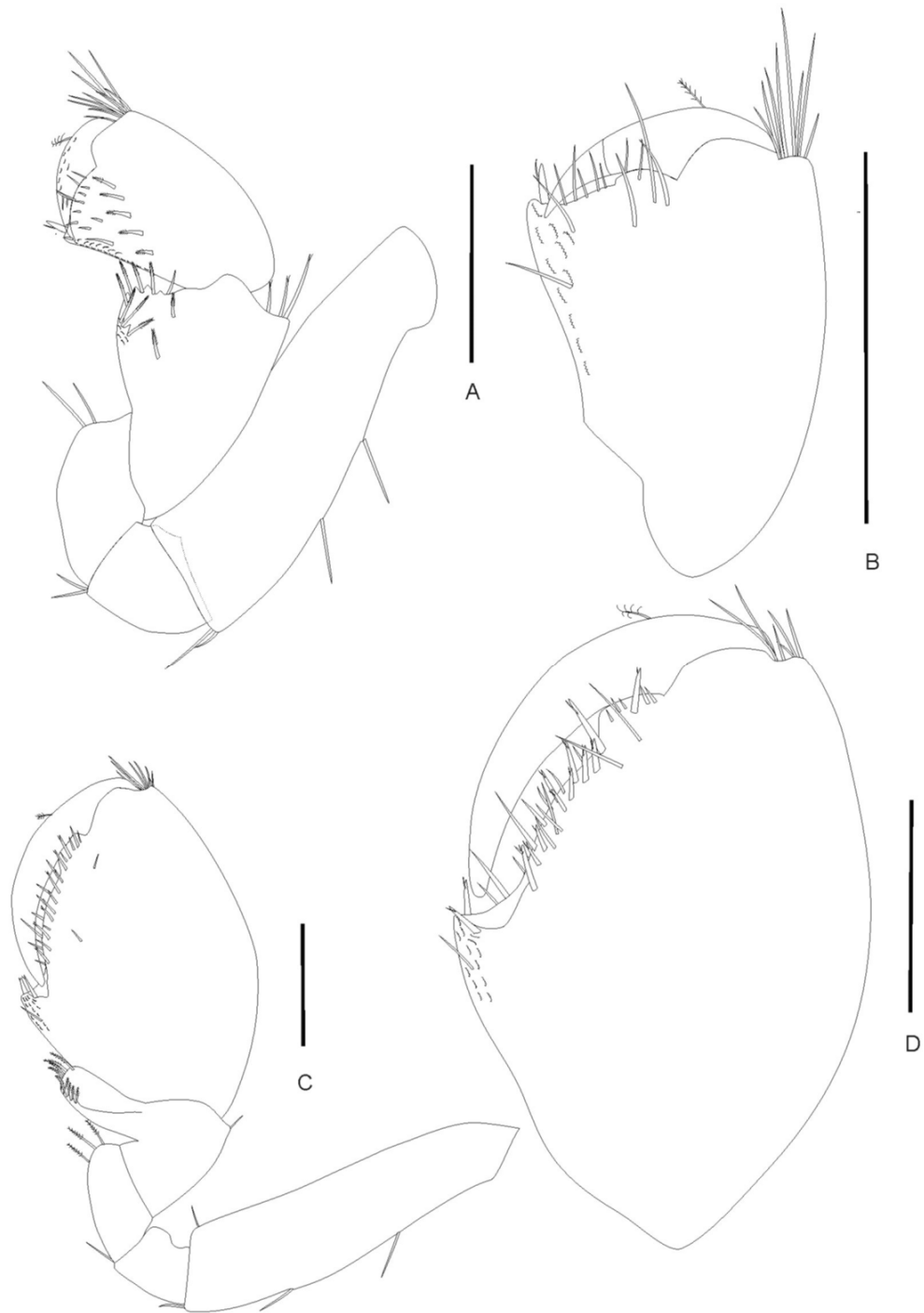


Fig. 11. *Hyalella* sp. nov. 1, macho. A, face ventral do gnatópodo 1; B, detalhe do própodo e dáctilo do gnatópodo 1; C, face ventral do gnatópodo 2; D, detalhe do própodo e dáctilo do gnatópodo 2. Escala: 0,02 mm.



Fig. 12. *Hyalella* sp. nov. 1, macho. A, pereópodo 3; B, pereópodo 7; C, pleópodo; D, urópodo 1; E, detalhe da seta curva do urópodo 1; F, urópodo 2; G, urópodo 3; H, télson.

Escala: 0,02 mm.



Fig. 13. *Hyalella* sp. nov. 1, fêmea. A, gnatópodo 1; B, gnatópodo 2; C, urópodo 1. Escala: 0,02 mm.

***Hyalella* sp. nov. 2 (Figs. 14 - 18)**

**Material examinado** Holótipo macho: cefalotórax 0,4 mm, comprimento total 5,6 mm, Brasil, estado do Paraná, Município de Ponta Grossa, Gruta das Andorinhas (25°08'39"S 49°55'58"W), MZUSP28419; 24.VII.2011, Ferreira R. & cols. Parátipos: UFRGS5543 (2 lâminas de machos, 1 lâmina de fêmea), UFLA0260 (1 macho, 1 fêmea). Todas as amostras possuem os mesmos dados do holótipo.

**Diagnose.** Olhos ausentes. Antena 1 com onze a treze artículos no flagelo, maior que a antena 2 com oito a dez artículos no flagelo. Carpo do gnatópodo 1 com padrão poligonal na margem posterior do lobo e uma fileira de setas serradas; formato do própodo oval, sem projeções na margem posterior, face medial ventral com cinco setas serradas. Carpo do gnatópodo 2 com padrão poligonal na margem posterior do lobo e uma fileira de setas serradas; própodo alongado com formato oval, sem projeções na margem posterior, palma lisa fortemente inclinada, mais longa que a margem posterior; dátilo longo, ultrapassa a metade do comprimento do própodo. Ramo interno do urópodo 1 com uma seta curva. Pedúnculo do urópodo 3 mais longo que largo com uma seta cuspidada distal; ramo uniarticulado, com uma seta cuspidada e duas a três setas simples distais.

**Descrição do macho** (Fig. 14 e 15A). Média ( $\pm$  desvio padrão) do comprimento do cefalotórax:  $0,4 \pm 0,08$  mm, média ( $\pm$  desvio padrão) do comprimento total:  $5,4 \pm 0,9$  mm ( $n=3$ ). Superfície corporal lisa. Placas epimerais lisas, não acuminadas. Olhos ausentes.

Antena 1 (Fig. 15B) com comprimento maior que a antena 2; pedúnculo não ultrapassa o primeiro segmento do tórax (comprimento total alcança o quarto segmento

torácico); flagelo com onze a treze artículos, cada um com um ou dois estetascos a partir do terceiro artículo.

Antena 2 (Fig. 15C) com pedúnculo que não ultrapassa o primeiro segmento do tórax (comprimento total alcança o quarto segmento torácico); flagelo com oito a dez artículos.

Lábio superior (Fig. 15D) com margem arredondada; margem distal coberta com sétulas nas faces ventral e dorsal.

Mandíbula (Fig. 15E) com formato básico dos anfípodos (de acordo com Watling, 1993), sem palpo; incisivo dentado; mandíbula direita com cinco dentes na “lacinia mobilis”, fileira com duas setas paposas; mandíbula esquerda com três setas paposas; processo molar largo e cilíndrico com seta acessória.

Lábio inferior (Fig. 15F) com lobo arredondado, sétulas nas faces dorsal e ventral.

Maxila 1 (Fig. 15G) com ramo interno de comprimento menor que o ramo externo, com duas setas paposerradas no ápice, e sétulas na margem; ramo externo com nove setas serradas; palpo curto, uniarticulado com uma seta distal.

Maxila 2 (Fig. 15H) com ramo interno externo de comprimento subigual; ramo interno com duas setas paposerradas, nove setas serradas e várias setas simples; ramo externo com várias setas simples no ápice e uma longa seta plumosa.

Maxilípodo (Fig. 15I) com ramo interno com três setas cuspidadas apicais, margem interna com várias setas paposas e simples; ramo externo com setas simples e duas setas serradas na margem; palpo com quatro artículos portando várias setas simples; dátilo unguiforme, menor (1/2) que o terceiro artículo, com setas simples e unha distal.

Gnatópodo 1 (Fig. 16A) subquelado; coxa, ísquio e mero com setas simples; carpo mais longo que largo e mais curto que o própodo, a margem posterior do lobo possui padrão poligonal e uma fileira de setas serradas; comprimento do própodo 1,5 vezes a largura (retangular), com formato oval, sem projeções na margem posterior, face medial ventral com cinco setas serradas; dácilo em forma de garra com setas simples e uma seta plumosa (Fig. 16B).

Gnatópodo 2 (Fig. 16C) subquelado; coxa, ísquio e mero com setas simples na margem posterior; carpo mais largo que longo, margem posterior do lobo com padrão poligonal e uma fileira de setas serradas; própodo alongado com formato oval, sem projeções na margem posterior, comprimento 1,4 vezes a largura (retangular); palma lisa, fortemente inclinada com ângulo de inclinação  $62^{\circ} \pm 1,4^{\circ}$  e 1,5 vezes mais longa que a margem posterior, com doze a vinte setas cuspidadas com seta acessória; dácilo em forma de garra, longo, ultrapassando a metade do comprimento do própodo (Fig. 16D).

Pereópodos 3 a 7 (Figs. 17A-B) com mero, carpo e própodo com grupos de setas cuspidadas com seta acessória na margem posterior; dácilo 1/3 do comprimento do própodo; margens dorsal e distal do própodo com algumas setas simples; pereópodo 3 e 4 com tamanho aproximado, maiores que o pereópodo 5, pereópodo 6 maior que o pereópodo 5, pereópodo 7 maior que o pereópodo 6 e cerca de 1,5 vezes maior que o pereópodo 3.

Pleópodos (Fig. 17C) com pedúnculo mais curto que os ramos, com “coupling spines”; ramos com várias setas plumosas nas bordas.

Urópodo 1 (Fig. 17D) com pedúnculo mais longo que os ramos, com quatro setas cuspidadas com seta acessória; ramo interno com uma seta curva apical (Fig. 17E); margem do ramo externo com três setas cuspidadas com seta acessória na margem, ápice com

quatro setas cuspidadas distais, uma delas com seta acessória (U1 cerca de 5 vezes o comprimento do U3).

Urópodo 2 (Fig. 17F) mais curto que o urópodo 1; margem do pedúnculo com quatro setas cuspidadas com seta acessória; ramo interno mais longo que o ramo externo com uma ou duas setas cuspidadas com seta acessória na margem, ápice com cinco setas cuspidadas com seta acessória; margem do ramo externo com três setas cuspidadas com seta acessória, ápice com três a quatro setas cuspidadas, duas delas com seta acessória.

Urópodo 3 (Fig. 17G) mais curto que os demais urópodos, pedúnculo mais longo que largo com uma seta cuspidada distal; ramo uniarticulado, com uma seta cuspidada e duas a três setas simples distais.

Télson (Fig. 17H) arredondado, com quatro setas cuspidadas apicais e três setas plumosas lateralmente.

Brânquias coxais nos segmentos 2 a 6. Brânquias esternais nos segmentos 2 a 7.

**Descrição da fêmea.** Comprimento do cefalotórax igual a 0,4 mm; comprimento total igual a 5,0 mm (n=1). O espécime possui os caracteres morfológicos semelhantes ao macho exceto pelos seguintes caracteres. Gnatópodo 1 (Fig. 18A) semelhante ao gnatópodo 1 do macho, menor que o gnatópodo 2; carpo mais largo que longo, margem posterior do lobo com padrão poligonal; própodo mais longo que largo, com cinco setas serradas na face medial ventral. Gnatópodo 2 (Fig. 18B) semelhante ao gnatópodo 1, ligeiramente maior, com carpo mais largo que longo, margem posterior do lobo com padrão poligonal; própodo retangular, mais longo que largo, com cinco setas serradas na face medial ventral. Urópodo 1 com pedúnculo mais longo que os ramos, margem com cinco setas cuspidadas com seta

acessória; ramo interno com duas setas cuspidadas distais; margem do ramo externo com duas setas cuspidadas com seta acessória, ápice com quatro setas cuspidadas (Fig. 18C).

**Distribuição.** Restrito a Gruta das Andorinhas, Ponta Grossa, estado do Paraná, Sul do Brasil.

**Habitat e considerações ambientais.** Lençol freático, hipógeo. *Hyalella* sp. nov. 2 ocorre na Caverna das Andorinhas localizada próxima ao município de Ponta Grossa. A caverna é composta essencialmente por arenito. Sua entrada encontra-se no interior de uma falha coberta por vegetação densa, embora todo o entorno encontre-se bastante alterado, especialmente em função de atividades agrícolas (Figura 4). A caverna compreende um salão elíptico de cerca de 140 metros de extensão, cujo piso é de forte inclinação descendente e em sua a porção mais profunda existe um lago, habitado por *Hyalella* sp. nov. 2 (Spinardi & Lopes, 1990; Melo *et al.*, 2011). Dezenas de indivíduos foram observados nadando na coluna d'água do lençol freático. O pequeno lago possuía as bordas mais rasas, no entanto, seu fundo seguia a mesma inclinação do salão, de modo que o mesmo “mergulhava” por sob a parede lateral da caverna. Os materiais orgânicos observados compreenderam pouquíssimos fragmentos vegetais aportados do exterior. O nível freático parece variar ao longo do ano, de modo que a configuração da superfície deste pequeno lago pode ser variável, dependendo da estação do ano. Outras falhas são observadas na região, embora aparentemente não sejam conectadas com o nível freático. Embora o único habitat acessível desta espécie compreenda a caverna das Andorinhas é bastante provável que a distribuição da espécie seja mais ampla, compreendendo parte do nível freático na área.



**Considerações.** A nova espécie apresenta caracteres troglomórficos tais como a perda de olhos semelhante a *H. caeca*, *H. imbya*, *H. anophthalma* e *H. muerta*; e a relação de comprimento das antenas, com antena 1 maior que antena 2, semelhante a *H. imbya* e *H. muerta*.

O própodo do gnatópodo 2 com a palma lisa de *Hyaella* sp. nov. 2 é semelhante a *H. caeca* e *H. imbya*, enquanto *H. spelaea*, *H. anophthalma* e *H. muerta* apresentam a palma irregular. *Hyaella* sp. nov. 2 ainda é semelhante a *H. imbya* pela inclinação da palma do gnatópodo 2, ambas com a palma fortemente inclinada (Tabela I); pela ausência de dentículos na margem posterior no carpo dos gnatópodos (Fig. 23), e pela presença da seta curva no urópodo 1. No entanto a nova espécie apresenta o formato do gnatópodo 1 distinto das demais espécies que apresentam o padrão “hammer-shaped” (González & Watling, 2003), além de apresentar diferentes números de setas serradas no própodo do gnatópodo 1 e no urópodo 3.



Fig. 14. *Hyalella* sp. nov. 2, holótipo, macho, cefalotórax 0,4 mm, comprimento total 5,6 mm. Escala: 0,5 mm.

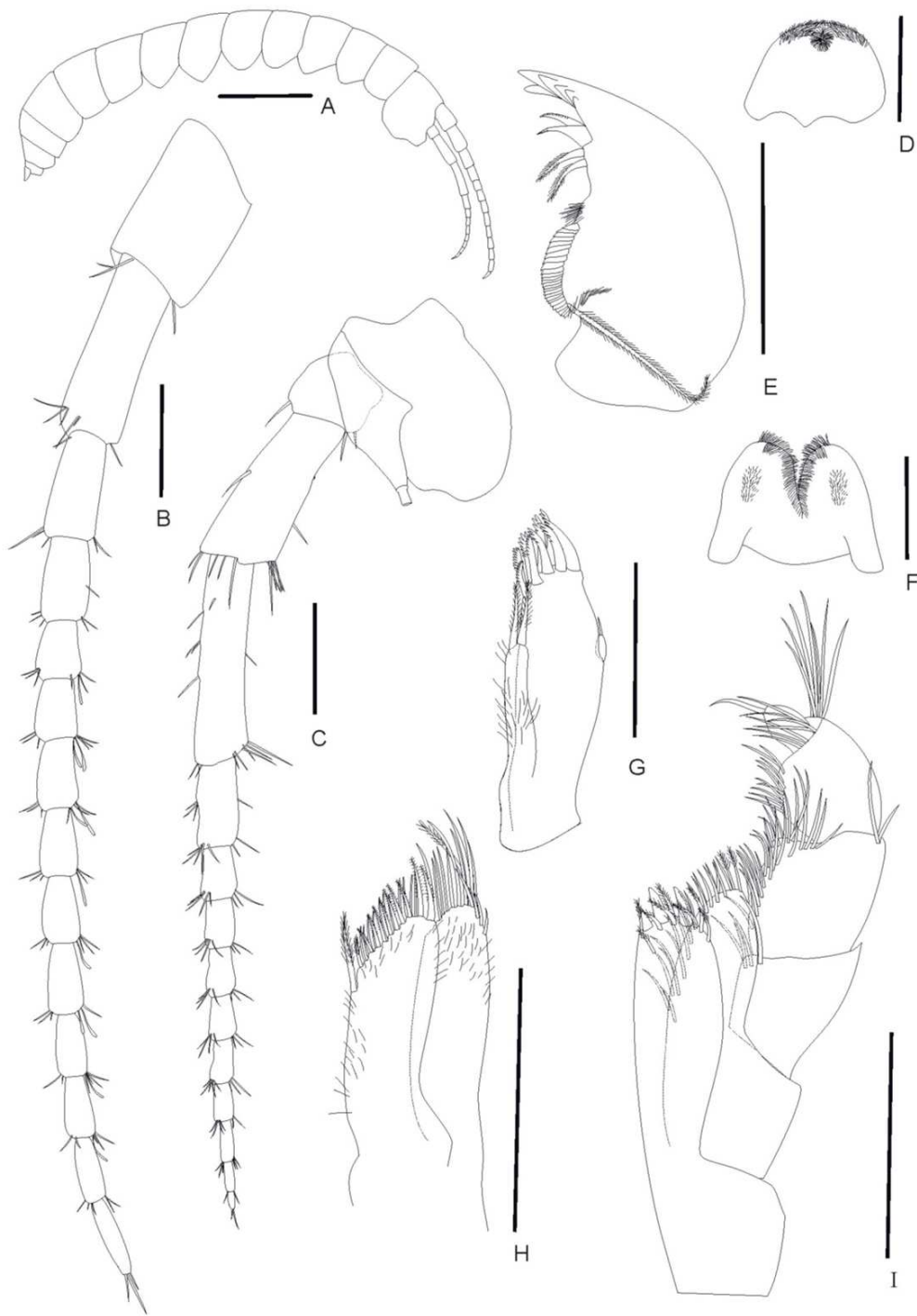


Fig. 15. *Hyalella* sp. nov. 2, macho. A, habitus; B, antena 1; C, antena 2; D, lábio superior; E, mandíbula; F, lábio inferior; G, maxila 1; H, maxila 2; I, maxilípede. Escala (A): 1,00 mm, (B-I): 0,02 mm.

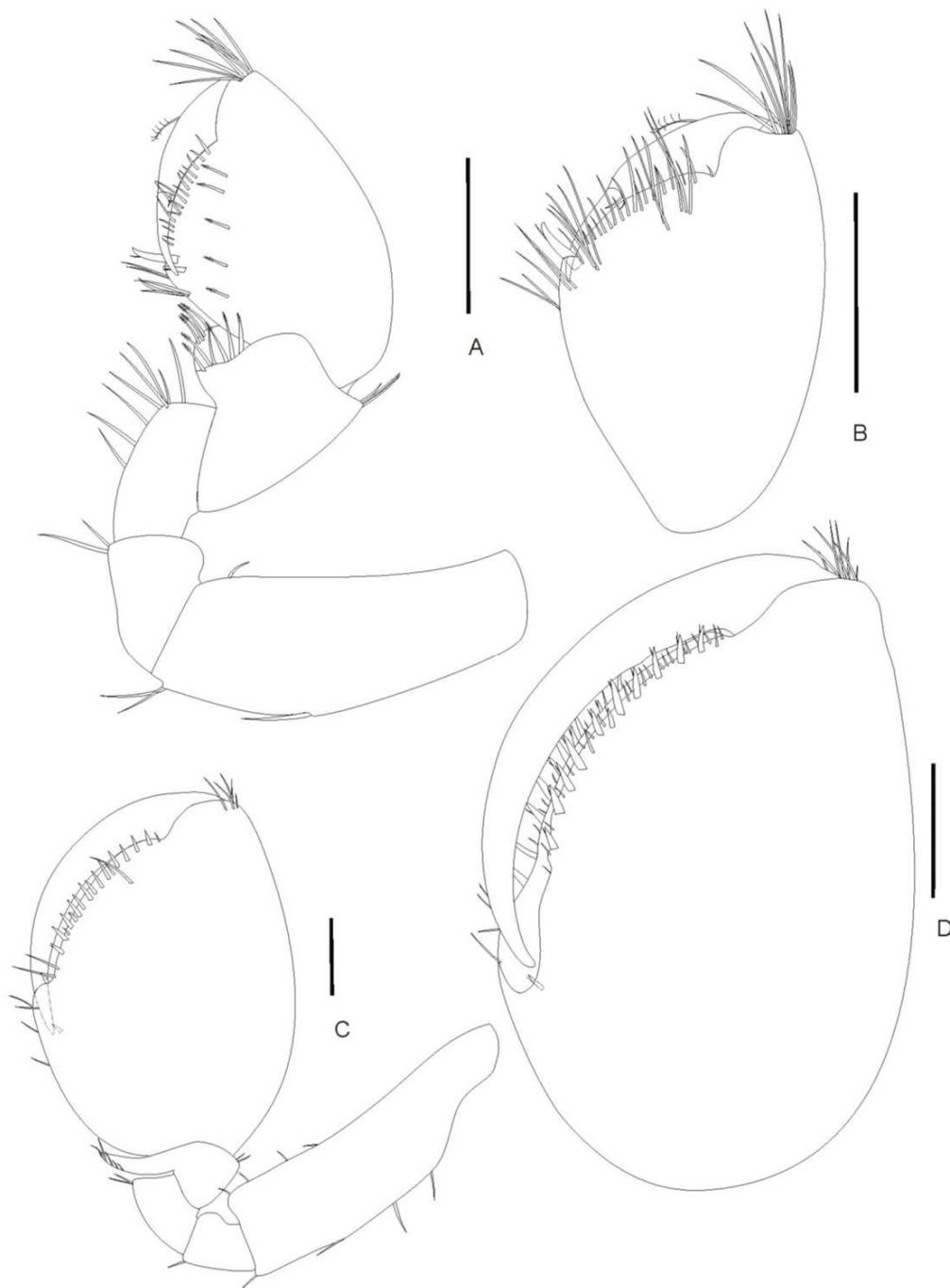


Fig. 16. *Hyalella* sp. nov. 2, macho. A, face ventral do gnatópodo 1; B, detalhe do própodo e dáctilo do gnatópodo 1; C, gnatópodo 2; D, detalhe própodo e dáctilo do gnatópodo 2.

Escala: 0,02 mm.

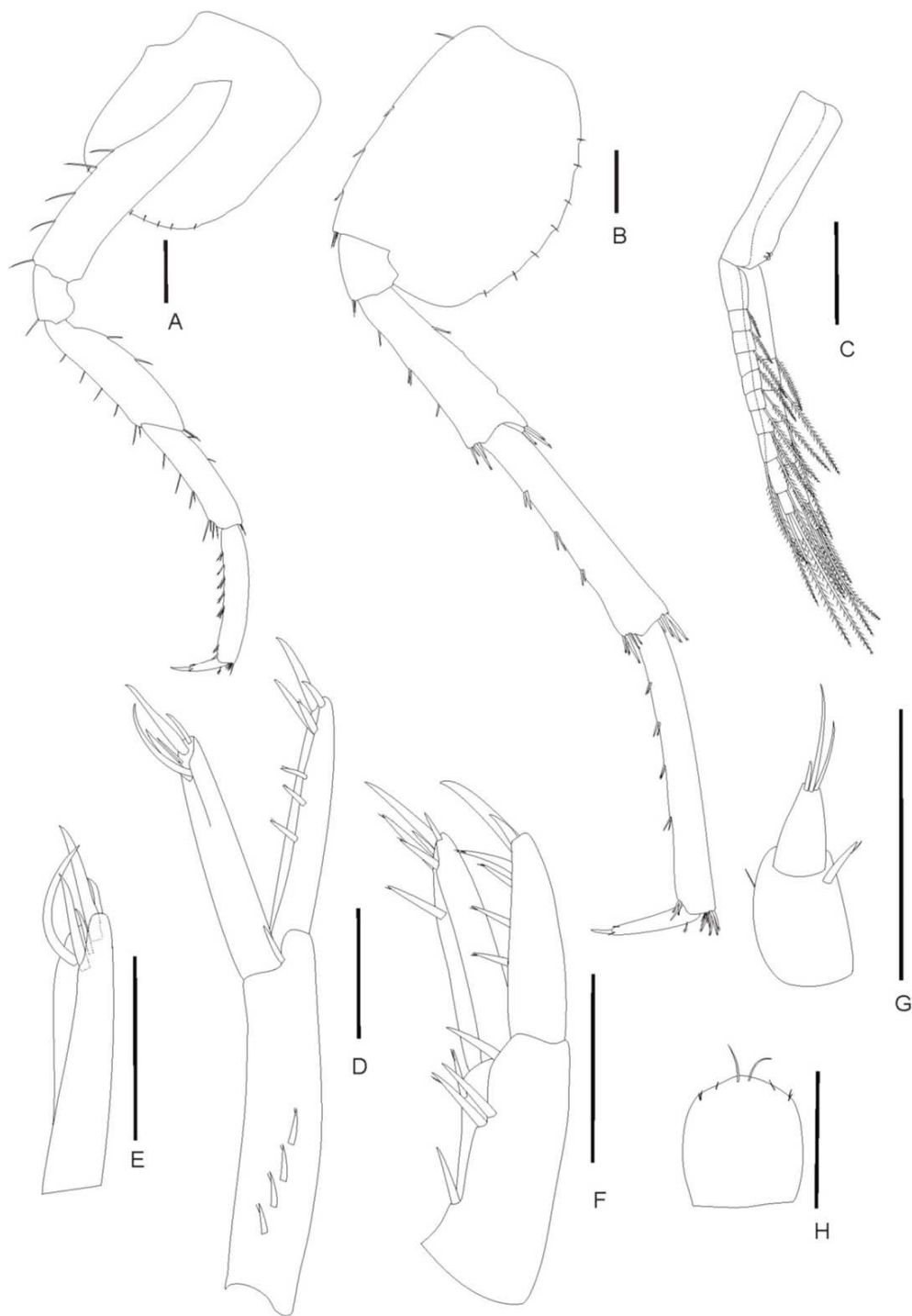


Fig. 17. *Hyalella* sp. nov. 2, macho. A, pereópodo 3; B, pereópodo 7; C, pleópodo; D, detalhe da seta curva do urópodo 1; E, urópodo 1; F, urópodo 2; G, urópodo 3; H, télson.

Escala: 0,02 mm.

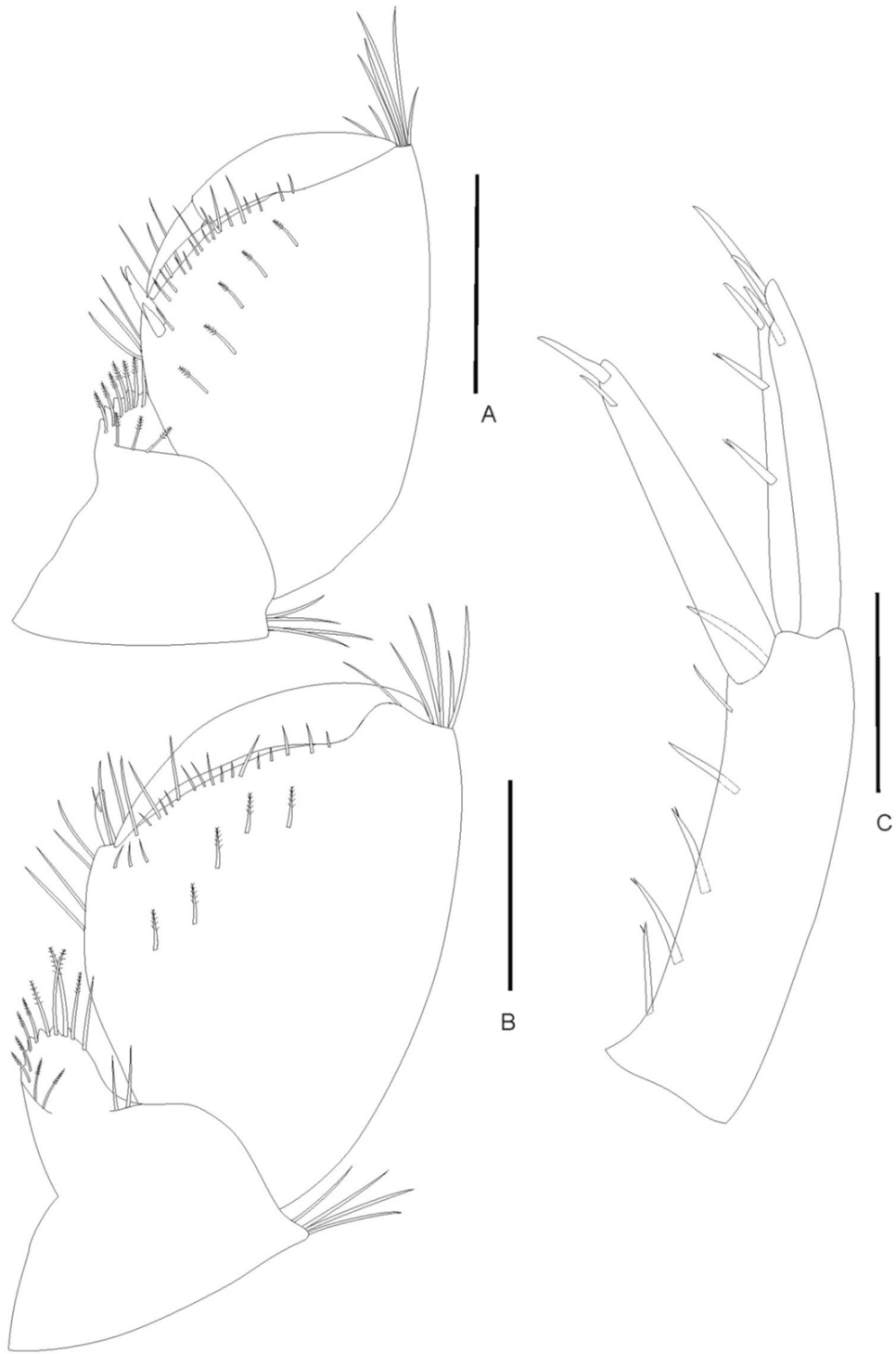


Fig. 18. *Hyalella* sp. nov. 2, fêmea. A, gnatópodo 1; B, gnatópodo 2; C, urópodo 1. Escala: 0,02 mm.

***Hyalella* sp. nov. 3 (Figs. 19 - 22)**

**Material examinado.** Holótipo macho: cefalotórax 0,8 mm, comprimento total 13,4 mm, Brasil, estado de São Paulo, Município de Iporanga, 29.III.2009 (24°23'3.56"S 48°34'6.62"W), M.E. Bichuette e col. Parátipos: 1 lâmina de macho e 1 lâmina de fêmea (LES 890), Gruta Temimina, 29.III.2009 (24°23'3.56"S 48°34'6.62"W); 1 lâmina de macho (LES 1008), Gruta do Fendão, 27.III.2009 (24°16'22.09"S 48°26'43.18"W); 1 lâmina de fêmea (LES 1129), Rio da Bocaina, 09.X.2009 (24°16'20"S 48°27'15"W), coletados por M.E. Bichuette e colaboradores em Apiaí, estado de São Paulo: 1 lâmina de macho (LES 1245), Gruta Chapéu Mirim, 07.XI.2009 (24°25'55"S 48°35'12"W); Iporanga, SP: 1 lâmina de macho (LES 1894), Gruta das Aranhas, 27.V.1996 (24°25'52"S 48°35'18"W), coletados por E. Trajano e colaboradores em Iporanga, estado de São Paulo; 3 fêmeas, 12 juvenis (UFRGS 5544) Riacho Carmo Base, 1997 (24°18'26"S 48°24'43"W); 4 machos, 2 fêmeas, 4 juvenis (UFRGS 5545) Caeté, 1997 (24°18'31"S 48°24'37"W); 9 machos, 16 fêmeas, 20 juvenis (UFRGS 5546) Riacho Barranquinho, 1997 (24°18'37"S 48°22'27"W); 6 machos, 5 fêmeas (UFRGS 5547) Riacho Mortes, 1997 (24°20'17"S 48°26'16"W); 2 machos, 4 fêmeas, 4 juvenis (UFRGS 5548) Riacho Três Córregos, 1997 (24°19'17"S 48°23'31"W) coletados pelo Dr. Adriano Melo e colaboradores em Iporanga, estado de São Paulo, coletados pelo Dr. Adriano Melo e colaboradores.

**Diagnose.** Olhos bem desenvolvidos e pigmentados. Antena 1 menor que antena 2. Carpo do gnatópodo 1 com padrão poligonal na margem posterior do lobo; própodo com sete a treze setas serradas na face medial ventral e margem posterior com dentículos em padrão poligonal. Carpo do gnatópodo 2 com padrão poligonal na margem posterior do lobo e uma fileira de setas serradas; própodo com dentículos em padrão poligonal na

margem posterior; palma irregular pouco inclinada. Ramo interno do urópodo 1 com três setas cuspidadas na margem, e seis setas cuspidadas no ápice. Pedúnculo do urópodo 3 com quatro setas cuspidadas distais; ramo com uma seta cuspidada e sete a onze setas simples no ápice.

**Descrição do macho** (Fig. 19 e 20A). Média ( $\pm$  desvio padrão) do comprimento do cefalotórax:  $0,8 \pm 0,2$  mm, média ( $\pm$  desvio padrão) do comprimento total:  $8,5 \pm 2,7$  mm (n=10). Olhos bem desenvolvidos e pigmentados. Superfície corporal lisa. Placas epimerais lisas, não acuminadas.

Antena 1 (Fig. 20B) menor que antena 2, seu comprimento total alcança o terceiro segmento torácico e ultrapassa o pedúnculo da antena 2; flagelo com quatorze a vinte artículos, com um a dois estetascos a partir do quinto artículo.

Antena 2 (Fig. 20C) com pedúnculo que alcança o segundo segmento torácico segmento do tórax, o comprimento total alcança o quinto segmento torácico; flagelo com dezesseis a vinte artículos.

Lábio superior (Fig. 20D) com margem arredondada; margem distal coberta com sétulas nas faces ventral e dorsal.

Mandíbula (Fig. 20E) com formato básico dos anfípodos (de acordo com Watling, 1993), sem palpo; incisivo dentado; mandíbula esquerda com cinco dentes na “lacinia mobilis”, seguida por uma fileira de setas com três setas paposas, mandíbula direita com três setas paposas; processo molar largo e cilíndrico com seta acessória.

Lábio inferior (Fig. 20F) com lobo arredondado, com sétulas nas faces dorsal e ventral.



Maxila 1 (Fig. 20G) com ramo interno mais curto que o ramo externo, com duas setas paposerradas no ápice e sétulas na margem; ramo externo com nove setas serradas; palpo curto, uniarticulado com uma seta apical.

Maxila 2 (Fig. 20H) com ramo interno com tamanho semelhante ao ramo externo com duas setas paposerradas, oito a onze setas serradas e várias setas simples; ramo externo com várias setas simples no ápice.

Maxilípodo (Fig. 20I) com ramo interno com três setas cuspidadas apicais, várias setas paposas e simples na margem interna; ramo externo com setas simples na margem; palpo com quatro artículos portando várias setas simples; dácilo unguiforme, menor que o terceiro artículo, com setas simples e unha distal.

Gnatópodo 1 (Fig. 21A) subquelado; coxa, ísquio e mero com setas simples; carpo mais longo que largo, mais longo que o própodo, margem posterior do lobo com padrão poligonal; comprimento do própodo 1,5 vezes a largura (retangular), “hammer-shaped”, face medial ventral com sete a treze setas serradas, margem posterior com dentículos em padrão poligonal; dácilo em forma de garra (Fig. 21B).

Gnatópodo 2 (Fig. 21C) subquelado; coxa, ísquio e mero com setas simples na margem posterior; carpo mais largo que longo com lobo posterior alongado, margem posterior do lobo com padrão poligonal e uma fileira de setas serradas; própodo longo, comprimento 1,3 vezes a largura (retangular), margem posterior com dentículos em padrão poligonal; palma irregular, pouco inclinada com ângulo de inclinação  $35,6^\circ \pm 3,3^\circ$ , mais curta que a margem posterior com várias setas simples e setas cuspidadas (19-24) com seta acessória; dácilo em forma de garra (Fig. 21D).

Pereópodos 3 a 7 (Figs. 22A - B) com mero, carpo, própodo com a margem posterior com grupos de setas cuspidadas com seta acessória; dátilo 1/3 do comprimento do própodo; margens dorsal e distal do própodo com algumas setas simples; pereópodo 3, 4 e 5 com tamanhos aproximados, pereópodo 6 e 7 maiores que os demais, pereópodo 7 cerca de 1,3 vezes maior que pereópodo 3.

Pleópodos (Fig. 22C) com pedúnculo mais curto que os ramos, com “coupling spines” distais; ramos com várias setas plumosas na margem.

Urópodo 1 (Fig. 22D) com pedúnculo mais curto que os ramos, com três setas cuspidadas com seta acessória; ramo interno mais longo que o ramo externo com três setas cuspidadas na margem, e seis setas cuspidadas no ápice; margem do ramo externo com quatro setas cuspidadas com seta acessória, duas setas cuspidadas e duas setas simples distais (U1 cerca de 4 vezes o comprimento do U3).

Urópodo 2 (Fig. 22E) menor que o urópodo 1; pedúnculo mais curto que os ramos, com quatro setas cuspidadas na margem; ramo interno mais longo que o ramo externo, margem com três setas cuspidadas com seta acessória, ápice com três setas cuspidadas e duas setas cuspidadas com seta acessória; ramo externo com quatro setas cuspidadas com seta acessória na margem, ápice com quatro setas cuspidadas, uma delas com seta acessória.

Urópodo 3 (Fig. 22F) menor que o urópodo 2, pedúnculo mais longo que largo com quatro setas cuspidadas distais; ramo uniarticulado, com uma seta cuspidada e sete a onze setas simples no ápice.

Télsón (Fig. 22G) quadrado, com quatro a sete setas cuspidadas apicais e três setas plumosas lateralmente.

Brânquias coxais nos segmentos 2 a 6. Brânquias esternais nos segmentos 2 a 7.

**Descrição da fêmea.** Média ( $\pm$  desvio padrão) do comprimento do cefalotórax:  $0,8 \pm 0,2$  mm, média ( $\pm$  desvio padrão) do comprimento total:  $8,8 \pm 2,2$  mm (n=4). Gnatópodo 1 (Fig. 22H) menor que o gnatópodo 2, porém mais largo; carpo mais longo que largo, margem posterior do lobo com padrão poligonal na margem; própodo mais longo que largo, com quatro setas serradas na face medial ventral. Gnatópodo 2 (Fig. 22I) com carpo mais longo que largo, margem posterior do lobo com padrão poligonal; própodo retangular, mais longo que largo, com três setas serradas na face medial, margem posterior do própodo com denticulos em padrão poligonal. Urópodo 1 com pedúnculo mais longo que os ramos, com quatro setas cuspidadas; ramo interno com duas setas cuspidadas na margem, ápice com cinco setas cuspidadas, duas delas com setas acessórias; ramo externo com três setas cuspidadas na margem e quatro setas cuspidadas distais, uma delas com seta acessória.

**Habitat.** Rios de água doce de 1º a 4º ordem, epígeos e hipógeos.

**Distribuição.** A espécie ocorre nos municípios de Iporanga e Apiaí, estado de São Paulo, nos Tributários do Rio do Carmo.

**Considerações.** *Hyalella* sp. nov. 3 possui uma ampla distribuição pelos rios dos parques PEI e PETAR, ocorrendo inclusive em riachos epígeos e hipógeos, além disso a ausência de caracteres troglomórficos confere a espécie a característica de uma espécie troglófila. Uma distribuição similar pode ser notada em *H. warmingi* que ocorre no município de Lagoa Santa, estado de Minas Gerais e na Gruta Mirasol, estado de São Paulo

(Gonzales *et al.*, 2006). As duas espécies compartilham algumas características como o formato do gnatópodo 2, com a palma irregular e menor que a margem posterior.

Entre as espécies que ocorrem no estado de São Paulo: *H. warmingi*; *H. meinerti*; *H. caeca*; *H. dielai* e *H. spelaea*, pode-se observar algumas características semelhantes como o número de setas serradas na face interna do própodo do gnatópodo 1 e a ausência de seta curva no ramo interno do urópodo 1. No entanto, *Hyaella* sp. nov. 3 distingue-se no formato do própodo do gnatópodo 2 sendo a única espécie a apresentar a palma pouco inclinada, com ângulo menor que 40°, além de apresentar denticulos na margem posterior do própodo do gnatópodo 2 e um diferente número de setas no urópodo 3 (Fig. 23).

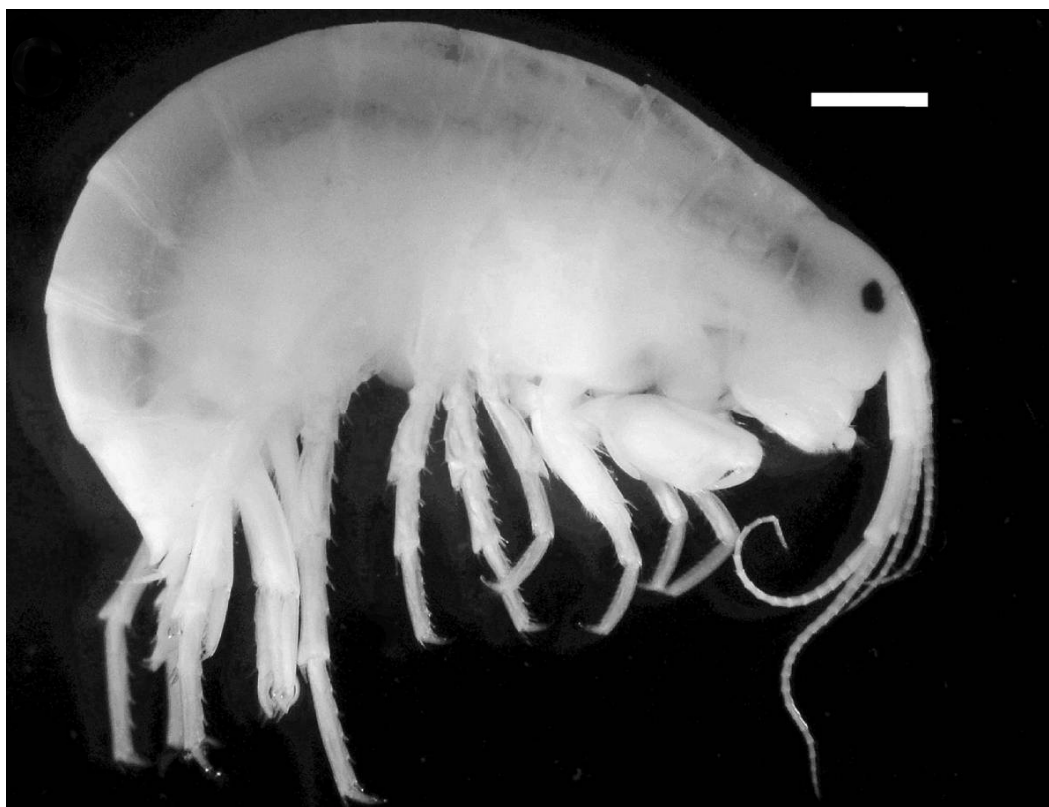


Fig. 19. *Hyaella* sp. nov. 3, parátipo, macho: cefalotórax 1,0 mm, comprimento total 12,5 mm. Escala: 1,00 mm.

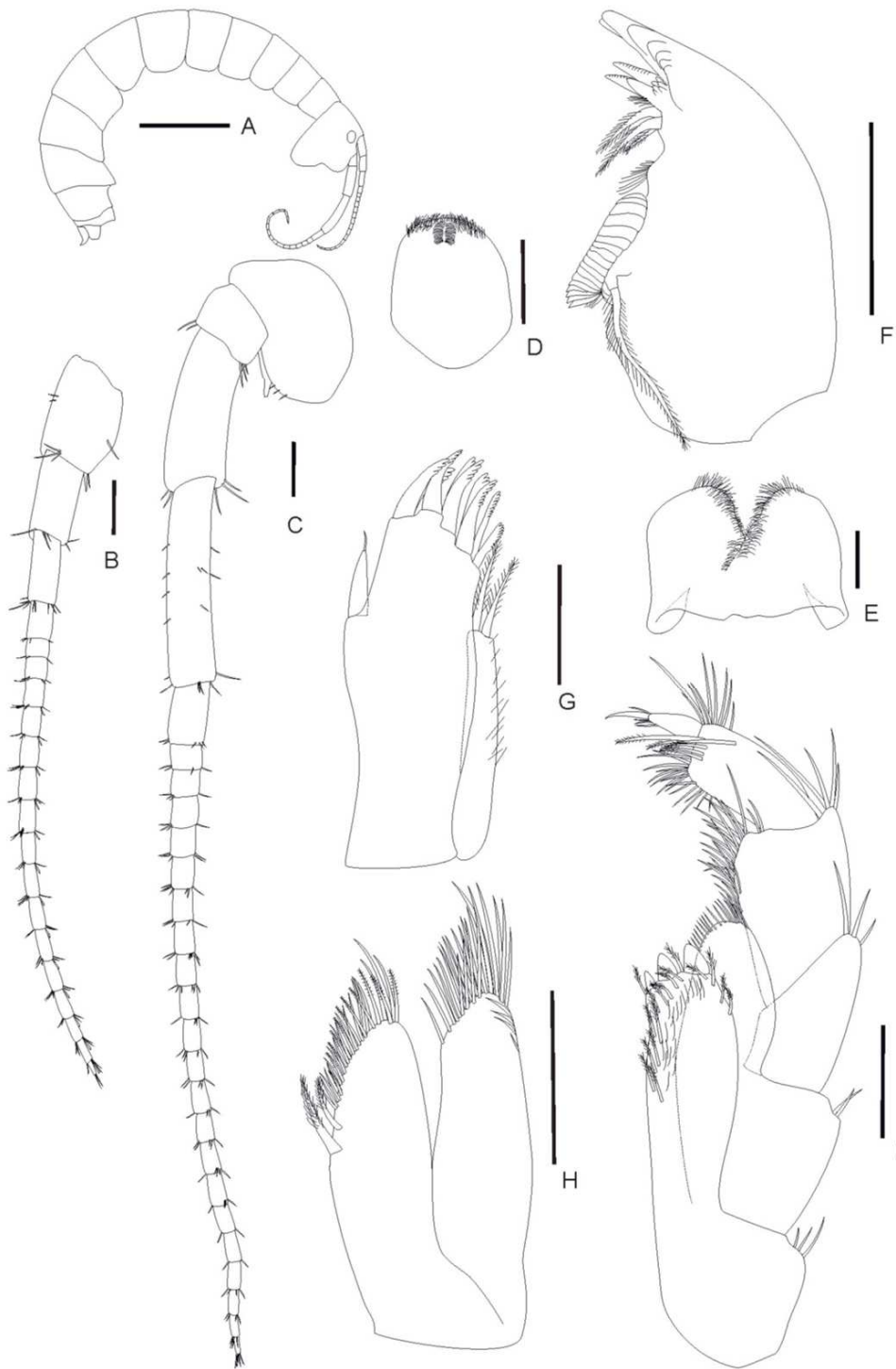


Fig. 20. *Hyalella* sp. nov. 3, macho. A, habitus; B, antena 1; C, antena 2; D, lábio superior; E, mandíbula; F, lábio inferior; G, maxila 1; H, maxila 2; I, maxilípede. Escala (A): 1,00 mm, (B-I): 0,02 mm.



Fig. 21. *Hyalella* sp. nov. 3, macho. A, face ventral do gnatópodo 1; B, detalhe do própodo e dáctilo do gnatópodo 1; C, gnatópodo 2; D, detalhe do própodo e dáctilo do gnatópodo 2 face dorsal. Escala: 0,02 mm.

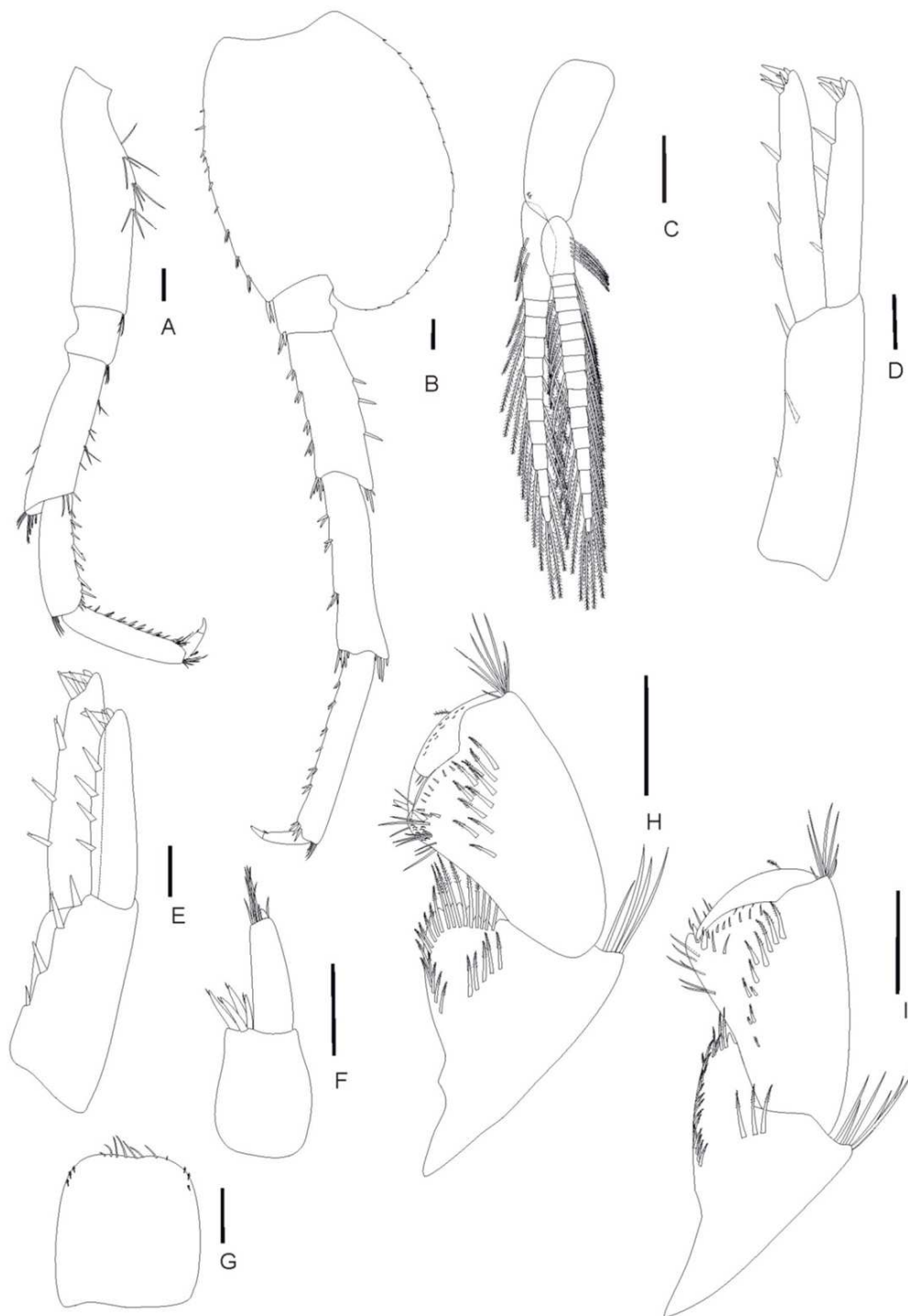


Fig. 22. *Hyalella* sp. nov. 3, macho. A, pereópodo 3; B, pereópodo 7; C, pleópodo; D, urópodo 1; E, urópodo 2; F, urópodo 3; G, télson. Fêmea. H, gnatópodo 1; I, gnatópodo 2. Escala: 0,02 mm.

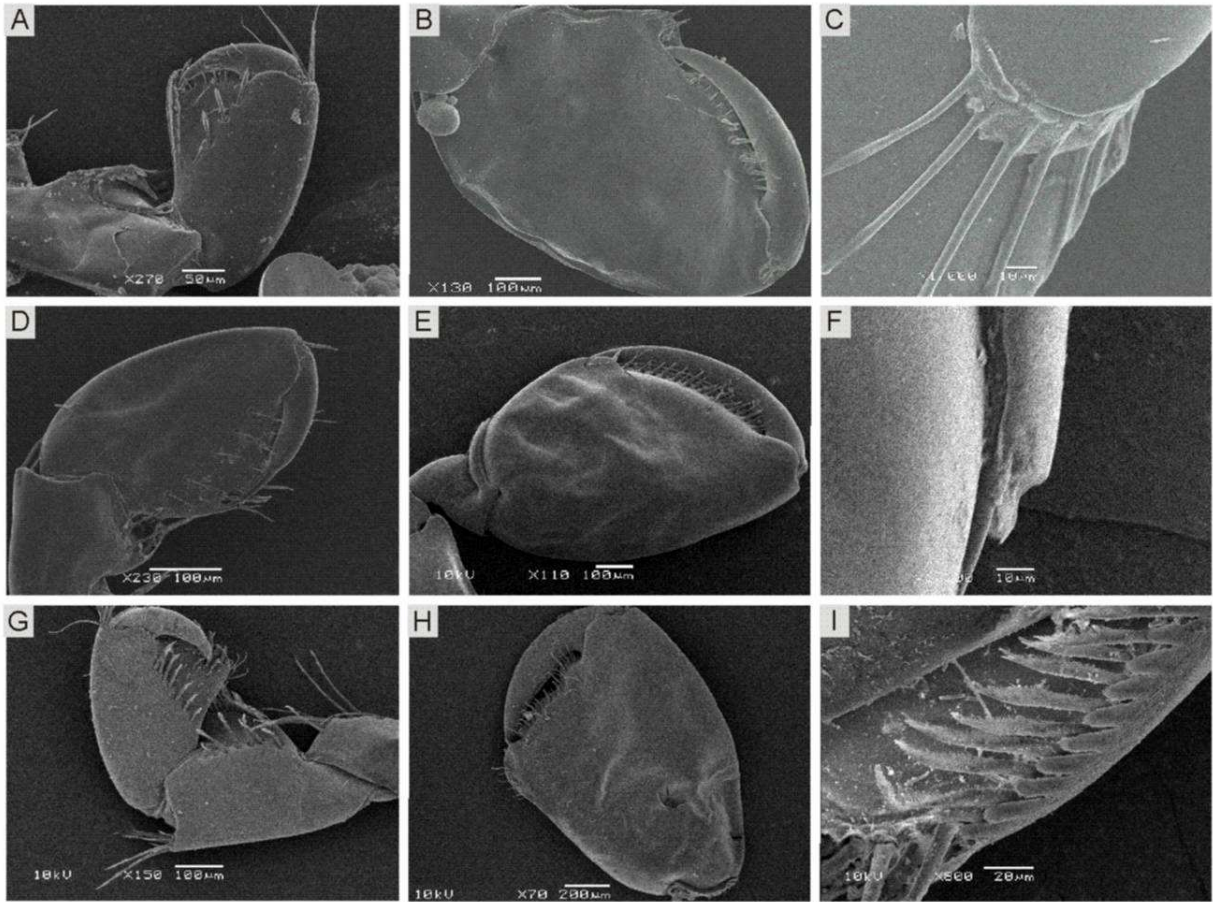


Fig. 23. Fotos de Microscopia Eletrônica de Varredura. *Hyalella* sp. nov. 1, parátipo macho: (A) gnatópodo 1; (B) gnatópodo 2; (C) carpo do gnatópodo 2. *Hyalella* sp. nov. 2, parátipo macho: (D) gnatópodo 1; (E) gnatópodo 2; (F) carpo do gnatópodo 2. *Hyalella* sp. nov. 3, parátipo macho: (G) gnatópodo 1; (H) gnatópodo 2; (I) carpo do gnatópodo 2.



*Hyalella warmingi* Stebbing, 1899

**Material examinado.** Brasil, município de Iporanga, estado de São Paulo, Gruta Jane Mansfield, (24°16'S 48°26'W), 28.III.2009, LES 935 (1 macho), Bichuette, M.E., Scatolini, T.L.C., Pereira, P.L., Monteiro-Neto, D.; Gruta do Paraná, município de Altinópolis, estado de São Paulo (21°01'S 47°22'W).

**Localidade tipo.** Brasil, Lagoa Santa, estado de Minas Gerais (19° 38' S 43° 53'W).

**Habitat.** Ambientes de água doce, epígeo, hipógeo.

**Distribuição.** Município de Lagoa Santa, estado de Minas Gerais; Gruta Mirasol, município de Mirasol, estado de São Paulo (20°00'S 49°00'W); Gruta Jane Mansfield, município de Iporanga, estado de São Paulo; Gruta do Paraná, município de Altinópolis, estado de São Paulo.

**Considerações.** A espécie era conhecida para o município de Lagoa Santa, estado de Minas Gerais e posteriormente foi coletada na Gruta Mirasol, Mirasol, estado de São Paulo (González & Watling, 2003). As amostras na Gruta Jane Mansfield, município de Iporanga, estado de São Paulo e na Gruta do Paraná, município de Altinópolis, estado de São Paulo ampliam a área de distribuição da espécie.

**Tabela I.** Ângulo de inclinação da palma do gnatópodo 2 dos machos de *Hyaella*.

<b>Espécies</b>	<b><math>\bar{X}</math> Ângulo de Inclinação</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>N</b>
<i>Hyaella</i> sp. nov. 3	35,6	3,3	13
<i>Hyaella</i> sp.	48,3	3,37	10
<i>Hyaella curvispina</i>	50,6	2,7	11
<i>Hyaella castroi</i>	51,5	3,5	10
<i>Hyaella pleoacuta</i>	53,6	3,5	10
<i>Hyaella imbya</i>	59,9	4,6	5
<i>Hyaella</i> sp. nov. 1	61,6	3,13	5

## DISCUSSÃO

---

Na última década, os estudos taxonômicos sobre o gênero *Hyalessa* cresceram substancialmente no Brasil. Até o ano de 2002, oito espécies haviam sido descritas e, desde então, houve um acréscimo de nove espécies, totalizando 17 (Bueno *et al.*, in press). Dentre elas, três são consideradas troglomórficas: *H. caeca* (Estado de São Paulo), *H. spelaea* (Estado de São Paulo) e *H. imbya* (Estado do Rio Grande do Sul). Com a descrição de duas novas espécies hipógeas, número de espécies troglomórficas brasileiras conhecidas é ampliado de 17,6% para 25%. Além disso, com a descrição de mais uma espécie epígea a diversidade de espécies do gênero *Hyalessa* no Brasil eleva-se o para 20.

A adição do novo caráter, referente à inclinação da palma do gnatópodo 2, pode auxiliar na identificação de todas as espécies de *Hyalessa*. Este caráter mostrou-se similar em três das cinco espécies subterrâneas brasileiras de *Hyalessa*: *H. imbya*; *Hyalessa* sp. nov. 1; *Hyalessa* sp. nov. 2 que apresentam a palma fortemente inclinada, indicando um possível caráter troglomórfico, entretanto mais estudos precisam ser realizados para confirmar esta tendência. Outros caracteres troglomórficos podem ser notados entre as espécies subterrâneas de *Hyalessa* que ocorrem no Brasil como a degeneração dos olhos em *H. caeca*, *H. imbya* e *Hyalessa* sp. nov. 2; e a variação do comprimento das antenas observado em *H. imbya*, *Hyalessa* sp. nov. 2 e *Hyalessa* sp. nov. 2.

O formato do gnatópodo 2 dos machos apresentado por *Hyalessa* sp. nov. 1 é semelhante a *H. spelaea*, *H. anophthalma* e *H. muerta*, que apresentam a palma irregular, diferindo de *Hyalessa* sp. nov. 2, *H. caeca* e *H. imbya* que possuem a palma lisa. A presença

da seta curva no ramo interno do urópodo 1 pode ser observado em três espécies subterrâneas: *Hyaella* sp. nov. 1, *Hyaella* sp. nov. 2 e *H. imbya*, assim como nas espécies epígeas: *H. brasiliensis*; *H. carstica*; *H. castroi*; *H. curvispina*; *H. pleoacuta* e *H. montenegrinae*. *Hyaella* sp. nov. 3 não apresenta uma seta curva no ramo interno do urópodo 1, a ausência deste caráter também é observado em *H. caeca*; *H. dielai*; *H. gracilicornis*; *H. longistila*; *H. meinerti*; *H. pseudoazteca*; *H. spelaea* e *H. warmingi*.

As espécies de *Hyaella* apresentam muitas características morfológicas similares, por exemplo, a disposição das setas, o formato dos apêndices, a disposição das brânquias. Sendo assim, estudos genéticos são necessários para conhecer a dimensão da diversidade existente no gênero, assim como o estudo realizado com as espécies de *Hyaella* norte americanas, que evidenciaram a existência de várias espécies crípticas e endêmicas (Witt *et al.*, 2006).

As áreas cársticas do Brasil foram intensamente estudadas, no entanto o território brasileiro apresenta um grande potencial espeleológico ainda desconhecido (Jansen, 2012). Atualmente é inferido que apenas 5% das cavernas sejam conhecidas, logo a diversidade biológica nos ambientes subterrâneos ainda encontra-se subestimada (Pilo & Auler, 2011). Além disso, os ambientes subterrâneos podem ser considerados frágeis e frequentemente apresentam uma fauna associada com distribuição restrita. Neste contexto, as espécies de *Hyaella* podem ser incluídas por apresentar uma capacidade de dispersão limitada e, vulnerabilidade frente à degradação ambiental.

Assim, o conhecimento sobre a diversidade desses organismos pode subsidiar construção de planos de manejo e ações para a conservação do ecossistema cavernícola.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

Os resultados dessa pesquisa ampliaram o conhecimento da diversidade de espécies subterrâneas de *Hyaella* para o território brasileiro e ressalta a necessidade do desenvolvimento de ações e políticas públicas relacionadas à conservação das espécies hipógeas.

Uma vez que qualquer alteração no meio pode ser refletida diretamente em seu ambiente, as cavernas são locais sujeitos a diversos tipos de ameaças como o desmatamento, a poluição, agricultura e a mineração. Além disso, os organismos de cavernas são raros, com distribuição restrita e representam linhagens evolutivas únicas.

*Hyaella* sp. nov. 1 e *Hyaella* sp. nov. 2 se aplicam a este conceito por encontrarem-se restritas a suas respectivas cavernas, logo podem ser classificadas em um alto nível de ameaça. Suas respectivas cavernas encontram-se inseridas em propriedades privadas, sendo assim recomenda-se o desenvolvimento de estratégias de educação junto aos moradores, para a conservação do ambiente e seu entorno. Além disso, recomenda-se a ampliação dos esforços de pesquisa sobre a biologia das espécies para estabelecer estratégias de manejo e conservação adequadas.

## BIBLIOGRAFIA

---

Acosta, R. & Prat, N. (2011) Trophic Ecology of *Hyalella* sp. (Crustacea: Amphipoda) in a High Andes Headwater River with Travertine Deposits. *International Review of Hydrobiology*, 96(3): 274-285.

Aden, E. (2005) Adaptation to Darkness. In: Culver, D.C. & White, W.B. (Eds), *Encyclopedia of caves*. Elsevier Academic Press, pp. 1-4.

Agostinho, A.A., Thomas, S.M. & Gomes, L.C. (2005) Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. *Megadiversidade*, 1(1): 70-78.

Araujo, C.O., Condez, T.H., Bovo, R.P., Centeno, F.C. & Luiz, A.M. (2010) Amphibians and reptiles of the Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP: an Atlantic Forest remnant of Southeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 10(4): 257-274.

Auler, A. & Farrant, A.R. (1996) A brief introduction to karst and caves in Brazil. *Proceedings of University of Bristol Speleological Society*, 20(3):187-200

Baldinger, A.J., Shepard, W.D. & Threlhoff, D.L. (2000) Two new species of *Hyalella* (Crustacea: Amphipoda: Hyalellidae) from Death Valley National Park, California, U.S.A. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 113: 443-457.

Barnard, J.L. & Karaman, G.S. (1991) The families and genera of marine gammaridean Amphipoda (except marine gammaroids). *Records of the Australian Museum*, 13(2): 419-866.

Bastos-Pereira, R. & Bueno, A.A.B. (2012) New species and new report of *Hyalella* S.I. Smith, 1874 (Crustacea: Amphipoda: Dogielinotidae) from Minas Gerais state, Southeastern Brazil. *Zootaxa*, 3350: 58-68.

Bichuette, M.E. & Trajano, E. (2003) Epigeal and subterranean ichthyofauna from the São Domingos karst area, Upper Tocantins River basin, Central Brazil. *Journal of Fish Biology*, 63: 1100-1121.

Borowsky, B. (1984) The use of the males' gnathopods during precopulation in some gammaridean amphipods. *Crustaceana*, 47 (3):245-250.

Brasil, Constituição (1988) Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal, 1988.

Brasil, Decreto nº 99.556. 1º de outubro (1990) Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e dá outras providências. Brasília, 1º de outubro de 1990.

Brasil, CONAMA. Resolução CONAMA. nº. 347. 10 de setembro (2004) Dispõe sobre a proteção do Patrimônio Espeleológico. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, nº 176, de 13/09/2004, pp. 54-55.

Brasil, Decreto nº. 6.640. 7 de novembro (2008) Dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. Diário Oficial da União - Seção 1 - 10/11/2008, p. 8.

Brasil, Portaria nº 78. 3 de setembro (2009) Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, nº 170, 4/07/2009.

Brusca, R.C. & Brusca, G.J. *Invertebrados*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007 (2º ed.), pp. 968.

Bueno, A.A.P., Araujo, P.B., Cardoso, G.M., Gomes, K.M. & Bond-Buckup, G. (in press) Two new species of *Hyaella* (Amphipoda, Dogielinotidae) from Brazil. *Crustaceana*.

Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (2012) Disponível em: <http://www.sbe.com.br/cnc>

Campos-Filho, I.S. & Araujo, P.B. (2011) Two new troglobitic species of Scleropactidae (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) from Pará, Brazil. *Nauplius*, 19(1): 27-39.

Cardoso, G.M.; Bueno, A.A.P & Ferreira, R.L. (2011) A new troglobiotic species of *Hyaella* (Crustacea, Amphipoda, Dogielinotidae) from Southeastern Brazil. *Nauplius*, 19(1): 17-26.

Conlan, K.E. (1994) Amphipod crustaceans and environmental disturbance: a review. *Journal of Natural History*, 28(3): 519-554.

Culver, D.C.; Kane, T.C. & Fong, D.W. (1995) Adaptation and Natural Selection in Caves: The Evolution of *Gammarus minus*. Harvard University Press, Cambridge, MA, pp. 223.

Culver, D.C. & White, W.B. (2005) *Encyclopedia of caves*. Elsevier Academic Press, 654 pp.

Culver, D.C. & Pipan, T. (2009) The subterranean domain. In: Culver, D.C. & Pipan, T. (eds.) *The Biology of Caves and Other Subterranean Habitats*. Oxford University Press Inc., New York, pp. 1-22.

Ferreira, R.L. & Martins, R.P. (1999) Trophic structure and natural history of bat guano invertebrate communities with special reference to Brazilian caves. *Tropical Zoology*, 12(2): 231-259.



Ferreira, R.L. (2004) *A medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos*. Tese de Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, UFMG, pp. 161.

Fundação Florestal do Estado de São Paulo. (2001) Parque Estadual Intervales. 1 ed. São Paulo: Fundação Florestal do Estado de São Paulo, p. 189-20 Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/planos-de-manejo/planos-de-manejo-planos-concluidos/>

Fundação Florestal do Estado de São Paulo (2010) Plano de Manejo PETAR, Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira, Versão Dez 2010.

Garcia-Schroeder, D.L. & Araujo, P.B. 2009. Post-marsupial development of *Hyalella pleoacuta* (Crustacea: Amphipoda): stages 1-4. *Zoologia*, 26(3): 391-406.

Gibert, J. (1997) The importance of ecotones in karstland. *In*: Sasowsky, D., Fong, D. W. & White, E. L. (Eds.) *Conservation and Protection of the Biota of Karst*. Karst Water Institute, University of Akron, Akron. pp. 17-19.

González, E.R. & Watling, L. (2003) A new species of *Hyalella* from Brazil (Crustacea: Amphipoda: Hyalellidae), with redescription of three species in the genus. *Journal of Natural History*, 37(17): 2045-2076.

González, E.R., Bond-Buckup, G. & Araujo, P.B. (2006) Two new species of *Hyalella* from southern Brazil (Amphipoda: Hyalellidae) with a taxonomic key. *Journal of Crustacean Biology*, 26(3): 355-365.

Grosso, L.E. & Peralta, M. (1999) Anfípodos de agua dulce sudamericanos: revisión del género *Hyalella* Smith I. *Acta Zoologica Lilloana*, 45(1): 79-98.

- Hargrave, B.T. (1970) The Utilization of Benthic Microflora by *Hyalella azteca* (Amphipoda). *Journal of Animal Ecology*, 39(2): 427-437.
- Herman, J.S. (2005) Water Chemistry in Caves. *In*: Culver, D.C. & White, W.B. (Eds), *Encyclopedia of caves*. Elsevier Academic Press, pp. 609-614.
- Holsinger, J.R. (1994) Pattern and process in the biogeography of subterranean amphipods. *Hydrobiologia*, 287: 131-145.
- Howarth, F.G. (1983) Ecology of cave arthropods. *Annual Review of Entomology*, 28:365-389.
- Hume, K.D.; Elwood, R.W.; Dick, J.T.A. & Morrison, J. (2005) Sexual dimorphism in amphipods: the role of male posterior gnathopods revealed in *Gammarus pulex*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 58: 264–269.
- Jansen, D.C., Cavalcanti, L.F. & Lamblém, H.S. (2012) Mapa de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil, na escala 1:2.500.000. *Revista Brasileira de Espeleologia*, 2(1): 42- 57.
- Martin, J.W. & Davis, G.E. (2001) An updated classification of the recent crustacea. *Natural History Museum of Los Angeles County*, pp.132.
- Melo, A.S. & Froehlich, C.G. (2001) Macroinvertebrates in neotropical streams: richness patterns along a catchment and assemblage structure between 2 seasons. *Journal of the North American Benthological Society*, 20(1):1-16.
- McLaughlin, P.A. (1982) Comparative morphology of crustacean appendages. *In*: Bliss, D.E. (ed.) *The Biology of Crustacea*, New York Academic Press, 2: 197-256.
- Macneil, C., Dick, J.T.A. & Elwood, R.W. (1997) The trophic ecology of freshwater *Gammarus* (Crustacea: Amphipoda): Problems and perspectives concerning the functional feeding group concept. *Biological Reviews*, 72: 349-364.

Pennak, R.W. (1978) *Fresh-water invertebrates of the United States*. Wiley, J. & Sons (2° Edition), New York, 803 pp.

Pereira, V.F.G.C. (1989) Uma nova espécie de anfípode cavernícola do Brasil: *Hyaella caeca* sp. n. (Amphipoda, Hyaellidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 6(1): 49-55.

Piló, L.B. & Auler, A.S. (2011) Introdução à Espeleologia. *In: Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental*. Belo Horizonte: Instituto Terra Brasilis, p. 7-23. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/nucleo-de-informacoes-espeleologicas/publicacoes/curso-de-espeleologia-e-licenciamento-ambiental.html>>.

Acesso em: 23/01/2013.

Pinto-da-Rocha, R. (1993) Invertebrados Cavernícolas da porção meridional da Província Espeleológica do Vale do Ribeira, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 10 (2): 229-255.

Pinto-da-Rocha, R. (1995) Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907-1994). *Papéis Avulsos de Zoologia*, 39(6): 61-173.

Poore, A.G.B. & Lowry, J.K. (1997) New ampithoid amphipods from Port Jackson, New South Wales, Australia (Crustacea: Amphipoda: Ampithoidae). *Invertebrate Taxonomy*, 11: 897-941.

Poore, G.C.B. (2005) Peracarida: monophyly relationships and evolutionary success. *Nauplius*, 13(1): 1-27.

Prevorčnik, S., Ferreira, R.L. & Sket, B. (2012) Brasileirinidae, a new isopod family (Crustacea: Isopoda) from the cave in Bahia (Brazil) with a discussion on its taxonomic position. *Zootaxa*, 3452: 47-65.

Regier, J.C., Shultz, J.W., Zwick, A., Hussey, A., Ball, B., Wetzer, R., Martin, J.W. & Cunningham, C.W. (2010) Arthropod relationships revealed by phylogenomic analysis of nuclear protein-coding sequences. *Nature*, 463: 1079-1083.

Rodrigues, S.G., Bueno, A.A.P. & Ferreira, R. L. (2012) The first hypothelminorheic Crustacea (Amphipoda, Dogielinotidae, *Hyaella*) from South America. *ZooKeys*, 236: 65-80.

Romero, A. (2009) *Cave Biology: Life in darkness*. New York: Cambridge University Press, p.291.

Ruffo, S. (1957) Una nuova specie troglobia di *Hyaella* del Venezuela (Amphipoda: Talitridae). *Museo Civico di Storia Naturale de Verona*, 363-369.

Santos, A.L., Araujo, P.B. & Bond-Buckup, G. (2008) New species and new reports of *Hyaella* (Crustacea, Amphipoda, Dogielinotidae) from Argentina. *Zootaxa*, 1760: 24-36.

Sallun Filho, W. & Karmann, I. (2007) Dolinas em arenitos da Bacia do Paraná: evidências de carste subjacente em Jardim (MS) e Ponta Grossa (PR). *Revista Brasileira de Geociências*, 37(3): 551-564.

Sarbu, S.M., Kane, T.C., Kinkle, B.K. (1996) A chemoautotrophically based cave ecosystem. *Science*, 272: 1953-1955.

Serejo, C.S. (2004) Cladistic revision of talitroidean amphipods (Crustacea, Gammaridea), with proposal of a new classification. *Zoologica Scripta*, 33: 551-586.

Sket, B. (1999) The nature of biodiversity in hypogean waters and how it is endangered. *Biodiversity & Conservation*, 8: 1319-1338.

Sket, B. (2008) Can we agree on an ecological classification of subterranean animals? *Journal of Natural History*, 42: 1549-1563.

Spinardi, R.D. & Lopes, M.C. (1990) Levantamento espeleológico da Caverna das Andorinhas – PR 052. *In: Anais do IV Seminário de Pesquisa*. Guarapuava. Unicentro, p. 39-40.

Souza-Silva, M. (2003) Influência da disponibilidade e consumo de detritos na composição e estrutura de mesofauna cavernícola. Dissertação de mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, pp. 80.

Trajano, E. (2000) Cave Faunas in the Atlantic Tropical Rain Forest: Composition, Ecology, and Conservation. *Biotropica*, 32(4b): 882-893.

Trajano, E. & Bichuette, M.E. (2010) Diversity of Brazilian subterranean invertebrates, with a list of troglomorphic taxa. *Subterranean Biology*, 7: 1-16.

Trajano, E. & Gnaspini-Netto, P. (1991) Composição da fauna cavernícola brasileira, com uma análise preliminar da distribuição dos táxons. *Revista Brasileira de Zoologia*, 7(3): 383-407.

Vainola, R., Witt, J.D.S., Grabowski, M., Bradbury, J.H., Jazdzewski, K. & Sket, B. (2008) Global diversity of amphipods (Amphipoda: Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595:241–255.

Watling, L. (1993) Functional Morphology of the Amphipod Mandible. *Journal of Natural History*, 27: 837-849.

Witt, J.D.S., Threlhoff, D.L. & Hebert, P.D.N. (2006) DNA barcoding reveals extraordinary cryptic diversity in an amphipod genus: implications for desert spring conservation. *Molecular Ecology*, 15: 3073–3082.

Zimmer, A.; Araujo, P.B. & Bond-Buckup, G. 2009. Diversity and arrangement of the cuticular structures of *Hyalella* (Crustacea, Amphipoda, Dogielinotidae) and their use in taxonomy. *Zoologia*, 26(1): 127-142.

## NORMAS DA REVISTA

---



### Information for authors

- **Aim and scope**
  - Research article
  - Correspondence
  - Special issues with collected papers (e.g. Festschrift)
- **Preparation of manuscripts**
- **Submission of manuscripts**
- **Review process**
- **Publication**
  - Page charge and colour plates
  - Open access
  - Reprints

### Aim and scope

*Zootaxa* is a peer-reviewed international journal for rapid publication of high quality papers on any aspect of systematic zoology, with a preference for large taxonomic works such as monographs and revisions. *Zootaxa* considers papers on all animal taxa, both living and fossil, and especially encourages descriptions of new taxa. All types of taxonomic papers are considered, including theories and methods of systematics and phylogeny, taxonomic monographs, revisions and reviews, catalogues/checklists, biographies and bibliographies, identification guides, analysis of characters, phylogenetic relationships and zoogeographical patterns of distribution, descriptions of taxa, and nomenclature. Open access publishing option is strongly encouraged for authors with research grants and other funds. For those without grants/funds, all accepted manuscripts will be published but access is secured for subscribers only. All manuscripts will be subjected to peer review before acceptance. *Zootaxa* aims to publish each paper within one month after the acceptance by editors.

Based on length, two categories of papers are considered.

#### 1) **Research article**

Research articles are significant papers of four or more printed pages reporting original research. Papers between 4 and 59 printed pages are published in multi-paper issues of 60, 64 or 68 pages. Monographs (60 or more pages) are individually issued and bound, with ISBNs.

*Zootaxa* encourages large comprehensive taxonomic works. There is no upper limit on the length of manuscripts, although authors are advised to break monographs of over 1000 pages into a multi-volume contribution simply because books over 1000 pages are difficult to bind and too heavy to hold.

Very short manuscripts with isolated descriptions of a single species are generally discouraged, especially for taxa with large number of undescribed species. These short manuscripts may be returned to authors without consideration. Short papers on species of economic, environmental or phylogenetic importance may be accepted at the discretion of editors, who will generally encourage and advise authors to add value to the paper by providing more information (e.g. checklist of or key to species of the genus, biological information.....). Short papers of 4 or 5 pages accepted for publication may be shortened for publication in the Correspondence section.

## 2) Correspondence

High quality and important short manuscripts of normally 1 to 4 pages are considered to fill blank pages in multi-paper issues. *Zootaxa* publishes the following six types of correspondence:

- opinions and views on current issues of interests to systematic zoologists (e.g. *Zootaxa* 1577: 1-2)
- commentary on or additions/corrections to papers previously published in *Zootaxa* (e.g. *Zootaxa* 1494: 67-68)
- obituary in memory of deceased systematic zoologists (e.g. *Zootaxa* 545: 67-68)
- taxonomic/nomenclatural notes of importance
- book reviews meant to introduce readers to new or rare taxonomic monographs (interested authors/publishers must write to subject editors before submitting books for review; editors then prepare the book review or invite colleagues to prepare the review; unsolicited reviews are not published)
- and short papers converted from manuscripts submitted as research articles but are too short to qualify as formal research articles.

These short contributions should have no more than **20 references** and its **total length should not exceed four printed pages (except editorials)**. Neither an abstract nor a list of key words is needed; major headings (Introduction, Material and methods...) should NOT be used, except for new taxon heading and references. A typical correspondence should consist of (1) a short and concise title, (2) author name and address (email address), (3) a series of paragraphs of the main text, and (4) a list of references if any. For correspondence of 3 or 4 pages, the first or last paragraph may be a summary.

Commentaries on published papers are intended for scholarly exchange of different views or interpretations of published data and should not contain personal attack; authors of concerned papers may be invited to reply to comments on their papers.

### Special issues

Special issues with collected papers such as a Festschrift (see *Zootaxa* 1325 and *Zootaxa* 1599) within the scope of the journal are occasionally published. Guest editors should send the proposal to the chief editor for approval and instructions. Although guest editors for special issues are responsible for organising the peer review of papers collected within these issues, they must follow *Zootaxa*'s style, standard and peer review procedures. If any papers by the guest editors are to be included in the special issue, then these papers must be handled by editors/colleagues other than the editor(s) involved. Special issues must be 60 or more pages. Normally funding is required to offset part of the production cost. Author payment for open access is strongly encouraged. Reprints can be ordered for the entire issue or for individual papers.

## Preparation of manuscripts

1) *General*. All papers must be in English. Authors whose native language is not English are encouraged to have their manuscripts read by a native English-speaking colleague before submission. Nomenclature must be in agreement with the *International Code of Zoological Nomenclature* (4th edition 1999), which came into force on 1 January 2000. Author(s) of species name must be provided when the scientific name of any animal species is first mentioned (the year of publication needs not be given; if you give it, then provide a full reference of this in the reference list). Authors of plant species names need not be given. Metric systems should be used. If possible, use the common font New Times Roman and use as little formatting as possible (use only **bold** and *italics* where necessary and indentions of paragraphs except the first). Special symbols (e.g. male or female sign) should be avoided because they are likely to be altered when files are read on different machines (Mac versus PC with different language systems). You can code them as m# and f#, which



can be replaced during page setting. The style of each author is generally respected but they must follow the following general guidelines.

2) The **title** should be concise and informative. The higher taxa containing the taxa dealt with in the paper should be indicated in parentheses: e.g. A taxonomic revision of the genus *Aus* (Order: family).

3) The **name(s) of all authors** of the paper must be given and should be typed in the upper case (e.g. ADAM SMITH, BRIAN SMITH & CAROL SMITH). The address of each author should be given in *italics* each starting a separate line. E-mail address(es) should be provided if available.

4) The **abstract** should be concise and informative. Any new names or new combinations proposed in the paper should be mentioned. Abstracts in other languages may also be included in addition to English abstract. The abstract should be followed by a list of **key words** that are not present in the title. Abstract and key words are not needed in short correspondence.

5) The arrangement of the **main text** varies with different types of papers (a taxonomic revision, an analysis of characters and phylogeny, a catalogue etc.), but should usually start with an **introduction** and end with a list of **references**. References should be cited in the text as Smith (1999), Smith and Smith (2000) or Smith *et al.* 2001 (3 or more authors), or alternatively in a parenthesis (Smith 2000; Smith & Smith 2000; Smith *et al.* 2001). All literature cited in the text must be listed in the references in the following format (see [a sample page here](#) in PDF).

A) **Journal paper:**

Smith, A. (1999) Title of the paper. *Title of the journal in full*, volume number, page range.

B) **Book chapter:**

Smith, A. & Smith, B. (2000) Title of the Chapter. *In*: Smith, A, Smith, B. & Smith, C. (Eds), *Title of Book*. Publisher name and location, pp. x–y.

C) **Book:**

Smith, A., Smith, B. & Smith, C. (2001) *Title of Book*. Publisher name and location, xyz pp.

C) **Internet resources**

Author (2002) *Title of website, database or other resources*, Publisher name and location (if indicated), number of pages (if known). Available from: <http://xxx.xxx.xxx/> (Date of access).

Dissertations resulting from graduate studies and non-serial proceedings of conferences/symposia are to be treated as books and cited as such. Papers not cited must not be listed in the references.

Please note that (1) **journal titles must be written in full (not abbreviated)**; (2) journal titles and volume numbers are followed by a ","; (3) page ranges are connected by "n dash", not hyphen "-", which is used to connect two words. For websites, it is important to include the last date when you see that site, as it can be moved or deleted from that address in the future.

On the use of dashes: (1) Hyphens are used to link words such as personal names, some prefixes and compound adjectives (the last of which vary depending on the style manual in use). (2) En-dash or en-rule (the length of an 'n') is used to link spans. In the context of our journal that means numerals mainly, most frequently sizes, dates and page numbers (e.g. 1977–1981; figs 5–7) and also geographic or name associations (Murray–Darling River; a Federal–State agreement). (3) Em-dash or em-rule (the length of an 'm') are used far more infrequently, and are used for breaks in the text or subject, often used much as we used parentheses. In contrast to parentheses an em-dash can be used alone; e.g. What could these results mean—that Niel had discovered the meaning of life? En-dashes and em-dashes should not be spaced.

6) Legends of **illustrations** should be listed after the list of references. Small illustrations should be grouped into plates. When preparing illustrations, authors should bear in mind that the journal has a matter size of 25 cm by 17 cm and is printed on A4 paper. For species illustration, line drawings are preferred, although good quality B&W or colour photographs are also acceptable. See a guide [here](#) for detailed information on preparing plates for publication.

7) **Tables**, if any, should be given at the end of the manuscript. Please use the table function in your word processor to build tables so that the cells, rows and columns can remain aligned when font size and width of the table are changed. Please do not use Tab key or space bar to type tables.

8) **Keys** are not easy to typeset. In a typical dichotomous key, each lead of a couplet should be typed simply as a paragraph as in the box below:

1 Seven setae present on tarsus I ; four setae present on tibia I; leg I longer than the body; legs black in color  
... Genus A

- Six setae present on tarsus I; three setae present on tibia I; leg I shorter than the body; legs brown in color.. 2  
2 Leg II longer than leg I ... Genus B

- Leg II shorter than leg I ... Genus C

Our typesetters can easily convert this to a proper format as in this [PDF file](#).

## Deposition of specimens

Whenever possible, authors are advised to deposit type specimens in national or international public museums or collections. Authors are also advised to request registration numbers of deposited material in advance of the acceptance of papers to avoid unnecessary delay of publication. Some countries (e.g. Australia) require that primary type specimens be deposited in collections of the country of origin; authors are advised to take this into consideration.

## Submission

Please follow the above basic guidelines and check if your manuscript has been prepared according to the style and format of the journal. Authors are encouraged to submit manuscripts by e-mail as attachments to the subject [Editors](#) responsible for your taxa or subject areas; manuscripts on small insect orders without subject editors should be submitted to Dr **Ernest Bernard** ([ebarnard@utk.edu](mailto:ebarnard@utk.edu)); manuscripts on other invertebrate taxa without subject editors should be submitted to the [Chief editor](#).

Prior to submitting a manuscript and figures to an editor, please check our [website](#) if there are two or more editors per subject, and then contact one of these to announce your intention to submit a manuscript for review. Please indicate the size of the manuscript, the number of figures and the format of these files. Your editor can then respond with special instructions, especially for the submission of many image files. When you submit your manuscript to your editor, it will be more expedient to the review process if you offer the names of three or more potential reviewers with their complete postal and email addresses. It is also important to include the following statements in your cover letter:

1) All authors agree to its submission and the Corresponding author has been authorized by co-authors; 2) This Article has not been published before and is not concurrently being considered for publication elsewhere (including another editor at Zootaxa); 3) This Article does not violate any copyright or other personal proprietary right of any person or entity and it contains no abusive, defamatory, obscene or fraudulent statements, nor any other statements that are unlawful in any way.

Otherwise, your manuscript will not be processed.

For manuscripts with numerous illustrations, which might be saved as separate TIFF or JPG files, for the purpose of review, it will be easier and more efficient for the subject editors and reviewers to have the figures converted into one larger [PDF](#) (Portable Document Format) file, instead of requiring the subject editor to save many files, cutting and copying these into a string of messages/files to the reviewers. You should retain the original figures in a higher resolution format for the final production of the accepted paper. For the text, PDF file along with RTF (Rich Text format) files are preferred. The advantage of submitting a rtf file for the text part of the manuscript is that the reviewers can emend the manuscript electronically. If you can not prepare PDF files, then submit text in RTF and the figures in TIFF (line drawing scanned at 600 dpi and half tone at 300 dpi; please use LZW compression, if you can, to reduce the size of e-files for easy transmission); if halftone TIFF files are too big (exceeding 2 MB), then submit them in jpeg. See [here](#) for detailed information on preparing plates for publication.

Vector files (charts, maps etc) are best submitted as EMF.

If you do not have access to e-mail, you can send three copies of the manuscript by post. Please double space your ms and leave ample margins for printed manuscripts.

Authors of accepted papers will be asked to submit an electronic version of the manuscript so that the publisher needs not to re-key or scan the ms. At this stage, the text part of the ms must be submitted as RTF or MS Word files and figures as TIFF files. Authors please be aware that line drawings must be scanned at 600 or 900 dpi as line art (=1 bit); they must NOT be scanned as 8 bit or full colour images. Please read details [here](#).

In submitting the final version of revised manuscript to editors, authors are asked to provide the following information to all proper typesetting and indexing of the manuscript:

- 1) Corresponding author name and email
- 2) Author last name and running title (<40 characters; to be used in footer)
- 3) Number of plates and cited references
- 4) High taxon name (i.e. taxon section in Zootaxa website) and number of new taxa described in the paper

Authors need to complete and return an [Assignment of Copyright](#) form when paper is accepted for publication. Authors of institutions that do not allow transfer of copyrights to publishers (e.g. government institutions such as USDA, CSIRO) should attach a copyright waiver or similar documents.

## Review process

When a manuscript is received by the [Editor](#), he/she will have it reviewed by at least two peers qualified to evaluate the manuscript and he/she normally asks the reviewers to complete the review in one month. However, the reviewing process will normally take longer, depending on the length of the manuscript and reviewer's responses.

## Publication

Once the manuscript is accepted by your subject editor, final files, produced according to [Zootaxa requirement](#), will be forwarded by your subject editor to the chief editor, who will then link with author and the printer to ensure that the paper is published without unnecessary delay. Normally the proof will be sent to the author for checking 1 to 3 weeks after the final files are accepted. The paper will usually be published with two weeks (for larger papers it will take longer) once the corrections to the proof are received.

**Page charge and colour plates.** There is **no page charge** for publishing with *Zootaxa*. Publication of **colour figures/photographs** in online edition is also free of charge (print version in black and white). If colour plates in the print edition are desired, authors will be asked to contribute towards the full cost. Current rates: 300 USD for the first colour page; 200 USD for each additional colour page.

**Open access.** *Zootaxa* endorses the open access of taxonomic information and has published more open access taxonomic papers than any other journal. Authors who have funds to publish are strongly encouraged to pay a fee of 20 US\$ per printed page to give free online access of their papers to all readers at this site or their own site. Open access papers are read by more people and are expected to have higher citation rates.

**Reprints.** Each author will be given a **free e-reprint** (PDF) for personal use (printing a copy for own use or exchange with other researchers, but not for deposition in a library/website/ftp-site for public access).

Printed copies of each paper/monograph in the form of the regular reprint can also be produced by the Publisher for purchase by authors [at cost to authors](#), with a discount based on the number of copies ordered.