



35^o
Bonito - MS

ANAIS do 35^o Congresso Brasileiro de Espeleologia
19 - 22 de julho de 2019 - ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 35^o Congresso Brasileiro de Espeleologia disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br.

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

COSTA, B.G.; FERREIRA, R.L.; PELLEGRINI, T.P. Alimentação na escuridão: estudo de caso sobre a análise do conteúdo estomacal de larvas de plecoterias em cavernas quartzíticas brasileiras. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, 2019. Bonito. *Anais...* Campinas: SBE, 2019. p.688-699. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais35cbe/35cbe_688-699.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.
Consulte outras obras disponíveis em www.cavernas.org.br

ALIMENTAÇÃO NA ESCURIDÃO: LARVAS DE PLECOPTERAS SÃO BOAS INDICADORAS DE RIACHOS DE REFERÊNCIA EM CAVERNAS? ESTUDO DE CASO USANDO ANÁLISE DE CONTEÚDO ESTOMACAL EM CAVERNAS QUARTZÍTICAS BRASILEIRAS

FEEDING ON THE DARK: ARE STONEFLY NYMPHS GOOD INDICATORS OF REFERENCE CAVE STREAMS? A CASE STUDY USING GUT CONTENT ANALYSIS IN BRAZILIAN QUARTZITE CAVES

Bárbara Goulart COSTA (1); Rodrigo Lopes FERREIRA (1); Thais Giovannini PELLEGRINI (2)

- (1) Centro de Estudos em Biologia Subterrânea; Setor de Zoologia Geral; Departamento de Biologia; Universidade Federal de Lavras (UFLA); Campus Universitário; Caixa postal 3037; CEP: 37200-000; Lavras; Brazil.
- (2) Programa Nacional de PósDoutorado (PNPD/CAPES); Setor de Ecologia; Departamento de Biologia; Universidade Federal de Lavras (UFLA); Campus Universitário; Caixa postal 3037; CEP: 37200-000; Lavras; Brazil.

Contatos: baaarbara_3@hotmail.com, drops@dbi.ufla.br, thais.g.pellegrini@gmail.com.

Resumo

Macroinvertebrados bentônicos são considerados importantes bioindicadores de qualidade de água, sendo sua distribuição influenciada por diversos fatores, dentre eles, a alimentação. Este é um fator essencial à vida de todos os seres vivos, permitindo compreender dinâmicas temporais e espaciais além das relações deles com seus respectivos habitats. No entanto pouco se sabe da relação dos plecopteras com as cavernas sendo poucos os estudos nestes ambientes, e os que existem possuem uma abordagem taxonômica. O presente trabalho teve como objetivo analisar a dieta de ninfas da ordem Plecoptera associados a cavernas quartzíticas do sul do estado de Minas Gerais. Foram analisados os conteúdos estomacais de 58 Plecopteras, onde a maioria se encontrava vazia. Dos que possuíam conteúdo estomacal o mais frequente foi a matéria orgânica particulada fina. O grande número de organismos vazios pode indicar uma baixa tolerância dos plecopteras ao ambiente subterrâneo.

Palavras-Chave: subterrâneo; alimentação; Plecoptera; recursos alimentares; bentos; bioindicadores.

Abstract

Benthic macroinvertebrates are considered important bioindicators of water quality, and their distribution is influenced by several factors, among which, the feeding preferences. This is an essential factor for all living beings, determining aspects of temporal and spatial population dynamics and their relations with their respective habitats. The present work aimed to analyze the diet of nymphs of the order Plecoptera associated to quartzite caves located in Southern Minas Gerais state, Brazil. The stomach contents of 58 specimens were analyzed, and most were empty. The most frequent of those with stomach contents was fine particulate organic matter. This may indicate a low tolerance of these organisms to the underground environment.

Keywords: *subterranean; feeding; Plecoptera; food resources; benthos; bioindicators.*

1. INTRODUÇÃO

O entendimento sobre padrões de diversidade de grupos bioindicadores de qualidade de água se torna especialmente interessante quando se pretende realizar predições de efeitos de mudanças globais sob a biodiversidade (BRITO ET AL., 2018). Dentre os macroinvertebrados bentônicos, três grupos se destacam Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT`s). Tais organismos

são sensíveis à mudanças ambientais, relativamente fáceis de serem identificados, possuem um elevado número de táxons, e são bem distribuídos em riachos tropicais de pequena ordem (MARTINS ET AL., 2017; SIEGLOCH ET AL., 2017). Os EPT`s são considerados bons bioindicadores de qualidade de água e, portanto, utilizados no desenvolvimento de índices e métricas que podem levar à uma boa caracterização do estado de preservação de rios e riachos (COUCEIRO ET AL., 2012). Por outro

lado, a exploração de alguns dados métricos de uma região para outra geralmente requer adaptações que levam em conta as características físicas e geológicas das regiões avaliadas (SILVEIRA ET AL., 2005; COUCEIRO ET AL., 2012). Dessa forma, antes de atribuir uma má qualidade de habitat à riachos de pequena ordem que não possuem tais grupos de organismos, é necessário se certificar de que os mesmos estão presentes em sua “condição de referência”. Aqui usamos o termo de condição de referência como sendo aquela em “condição minimamente perturbada” (CMP) de acordo com Stoddard et al. (2006) “refere-se ao estado biológico que mostram apenas pequenos sinais de distúrbios humanos”.

Geralmente associados a condições de referência, os Plecopteras possuem sua distribuição influenciada pela alimentação, condições físicas e químicas da água e outros fatores (FERREIRA, 2013). Tais atributos do grupo permitem que se obtenha uma medida ecológica das condições ambientais a partir de dados de ocorrência e frequência dos organismos (ILIOPOULOU-GEORGUDAKI et al., 2003) e também de alimentação. Muitos desses organismos são considerados predadores (GALLO ET AL., 2010; LÓPEZ-RODRÍGUEZ ET AL., 2012), mas atuam ainda como importantes fragmentadores, sendo um dos principais consumidores primários em riachos com vegetação ripária (CARVALHO & UIEDA, 2009). Além disso, muitas espécies podem, ainda, servir de presas para outros organismos aquáticos de maior porte (LOUREIRO ET AL., 2015).

Ainda que seja rara a ocorrência de Plecopteras exclusivamente em cavernas (TIERNO DE FIGUEROA & LÓPEZ-RODRÍGUEZ, 2010), tais organismos podem acessar facilmente riachos cavernícolas alogênicos. Tais riachos compreendem aqueles que percorrem a superfície e depois acessam o ambiente cavernícola sem que haja sumidouros em seu percurso (MILLER, 1996), havendo alta conectividade com o ambiente epígeo (superfície). No entanto, uma vez que tenha acessado o ambiente cavernícola, tais organismos não necessariamente são capazes de estabelecer populações viáveis, uma vez que existem restrições, principalmente à recursos alimentares no meio subterrâneo, podendo sua ocorrência ser acidental. Partimos então da hipótese de que o fato dos plecopteras ocorrerem em baixas frequências no ambiente subterrâneo não significa, necessariamente, que riachos alogênicos possuem baixa qualidade ambiental. O objetivo deste estudo foi avaliar se as ninfas de plecoptera são boas indicadores de riachos de cavernas em

condições de referência. Para verificar se os plecopteras são adequados para riachos subterrâneos em condição minimamente perturbada (CMP), foi acessado o conteúdo estomacal de espécimes imaturos coletados em três riachos associados a cavidades quartzíticas. A ocorrência de um elevado número de organismos com o estômago vazio seria um indicador de uma baixa afinidade com o ambiente em estudo.

2. METODOLOGIA

Área de estudo

Três cavernas quartzíticas com drenagens alogênicas foram amostradas: Gruta do Mandembe (S 21°32'3810" W 44°47'5730"), Gruta Serra Grande (S 21°33'3350" W 44°49'1070") e Gruta da Toca (S 21°28'2400" W 44°40'0200"), todas inseridas na região Sul do estado de Minas Gerais, Brazil. Embora exista atividade antrópica nas regiões dos municípios listados acima (pecuária e mineração), as matas ciliares se encontram aparentemente íntegras tanto à montante quanto à jusante das cavernas, de modo que os riachos podem ser considerados como em “condição minimamente perturbada” (Figura 1). Durante cada evento de amostragem, vários parâmetros físico-químicos foram registrados (Tabela 1).

Amostragem e identificação de invertebrados

Em cada caverna as coletas foram realizadas ao longo de um trecho de 100 metros de riacho dividido em 11 transectos. Em cada transecto realizou-se a coleta de três amostras com o auxílio de uma rede de *surberde* 400 cm². As coletas foram repetidas mensalmente, completando 11 eventos amostrais em cada caverna. A partir das amostras obtidas em campo, os Plecopteras foram separados das demais espécies de organismos bentônicos através do uso de estereomicroscópio (ZEIS – STEMI 2000). Em seguida, os organismos foram identificados até o nível de gênero. A identificação foi realizada com o auxílio da chave taxonômica presente no livro Manual de Identificação de Macroinvertebrados Aquáticos do Rio de Janeiro (MUGNAI et. al. 2010), além de estereomicroscópio (ZEIS – STEMI 2000).

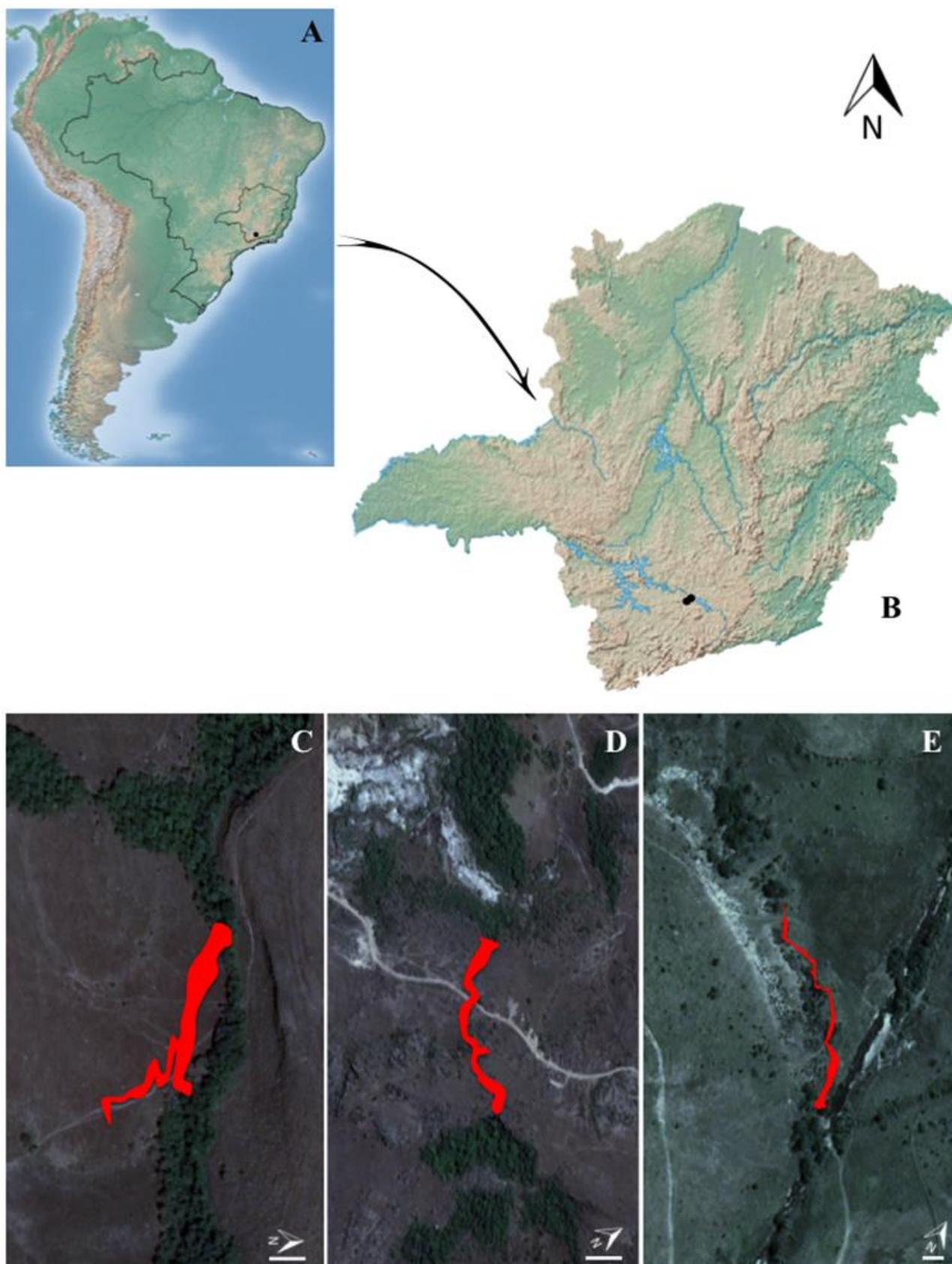


Figura 1: Localização geográfica das cavernas estudadas. A) América do Sul com Brasil e o estado de Minas Gerais em detalhe. B) Zoom no estado de Minas Gerais mostrando a localização geográfica das cavernas na bacia do rio Paraná. C) Mapa de representação da Caverna do Mandembe; escala bar = 20m. D) Mapa de representação da caverna Serra Grande; escala bar= 50m. E) Mapa de representação da caverna Gruta da Toca; escala bar = 20m.

Tabela 1: Características físico-químicas das três cavernas durante o período de amostragem. O ponto de amostragem a jusante representa a área de entrada da caverna. O trecho médio da caverna representa o ponto médio indo para frente no córrego da caverna. O ponto a montante representa o último ponto de coleta no córrego da caverna e o ponto mais distante da área de entrada. Temp. = Temperatura; Condu. = Condutividade.

		Temp. (°C)	pH	Condu. (ms/cm)	O ₂ (mg/L)	Turbidez (NTU)	
Caverna do Mandembe	Jusante	Mean	18.09	4.94	0.01	5.34	0.25
		SD	2.10	0.62	0.00	0.41	0.28
		Min	15.21	3.53	0.00	4.73	0.00
		Max	20.81	5.61	0.01	5.89	0.80
	Trechomédio	Mean	18.35	4.98	0.00	6.67	0.90
		SD	2.31	0.58	0.00	3.02	1.93
		Min	15.04	3.74	0.00	4.35	0.00
		Max	21.30	5.74	0.01	15.52	6.62
	Montante	Mean	21.78	5.02	0.00	4.74	1.21
		SD	0.72	0.58	0.00	0.91	2.29
		Min	20.86	3.69	0.00	3.43	0.00
		Max	22.60	5.75	0.00	6.95	7.40
Caverna Serra Grande	Jusante	Mean	17.90	4.93	0.01	6.08	1.66
		SD	2.07	0.34	0.01	3.80	1.91
		Min	14.21	4.29	0.00	3.91	0.00
		Max	19.92	5.41	0.02	17.31	6.00
	Trechomédio	Mean	18.26	5.18	0.00	5.18	1.30
		SD	1.86	0.27	0.00	0.86	1.49
		Min	14.95	4.74	0.00	4.12	0.00
		Max	19.80	5.51	0.00	6.68	4.20
	Montante	Mean	18.49	5.29	0.00	5.11	1.47
		SD	1.53	0.22	0.00	0.62	1.76
		Min	16.10	4.74	0.00	4.02	0.00
		Max	20.00	5.51	0.01	6.03	4.60
Caverna Gruta da Toca	Jusante	Mean	20.58	4.70	0.01	5.04	2.88
		SD	2.76	0.40	0.00	0.58	2.69
		Min	17.20	4.04	0.01	4.02	0.00
		Max	27.75	5.37	0.02	6.11	7.50
	Trechomédio	Mean	21.14	4.39	0.01	5.16	2.62
		SD	2.39	1.19	0.00	0.80	2.77
		Min	18.96	0.95	0.00	3.93	0.00
		Max	27.75	5.47	0.02	6.51	8.70
	Montante	Mean	21.39	4.78	0.01	4.57	3.73
		SD	2.29	0.32	0.02	0.47	3.51
		Min	19.50	4.33	0.00	3.71	0.00
		Max	27.75	5.49	0.06	5.29	12.10

Análise de conteúdo estomacal

Para avaliar o conteúdo estomacal, cada espécime teve seu abdômen dissecado e o estômago

aberto com auxílio de um bisturi e alfinetes entomológicos. Todo o conteúdo estomacal foi retirado, montado em lâminas e lamínulas e posteriormente analisado em microscópio. O

conteúdo estomacal foi classificado em 4 categorias: *i*) MOPF (Matéria orgânica particulada fina, representada por pedaços fragmentados menores do que 1mm); *ii*) MOPG (Matéria orgânica particulada grossa, representada por pedaços fragmentados maiores do que 1mm); *iii*) TV (Tecido vegetal) e *iiii*) TA (Tecido animal) de acordo com a categorização proposta por Azzouz & Sánchez-Ortega (2000). Por fim, os conteúdos estomacais foram analisados pelo método de frequência de ocorrência de cada item alimentar, sendo este o método mais eficiente para analisar qualitativamente a dieta (AZZOUZ & SÁNCHEZ-ORTEGA, 2000). Com base na análise do conteúdo estomacal de todos os espécimes, foi elaborada uma lista com os vários tipos de alimento, na qual registrou-se a presença ou ausência dos itens alimentares em cada espécime analisado. Após a análise de todos os espécimes, a proporção dos organismos que continham um ou mais de um dado tipo de alimento foi calculada como a frequência de ocorrência para aquele tipo de alimento.

3. RESULTADOS

Foram analisados os conteúdos estomacais de 58 indivíduos de Plecoptera e representam cerca

de 4,5% do total de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera encontrados nos riachos subterrâneos em estudo (Tabela 2). Dentre os plecopteras, 34 foram coletados na Gruta Mandembe, 15 na Gruta Serra Grande e 9 na Gruta da Toca. Deste total, 23 pertenciam à família Perlidae, distribuídos nos gêneros *Kempnyia*, *Anacroneuria* e *Macrogynoplax*. 35 eram pertencentes à família Gripopterygidae, distribuídos nos gêneros *Tupiperla*, *Gripopteryx* e *Paragripopteryx*.

Nenhum dos espécimes analisados apresentou MOPG (Matéria orgânica particulada grossa) ou TV (Tecido vegetal) no conteúdo estomacal. Do total de indivíduos analisados, 26 estavam vazios, representando cerca de 45% do total de indivíduos encontrados. Dentre os organismos com conteúdo estomacal vazio, 16 pertencem à família dos Gripopterygidae e somente 10 pertenciam à família Perlidae. O item alimentar mais amplamente distribuído entre os organismos analisados foi o MOPF (matéria orgânica particulada fina) (Tabela 3, Figura 2), presente em cerca de 48% do total de organismos analisados. Dentre os itens alimentares encontrados foi possível identificar organismos das famílias Simuliidae e Chironomidae, ambos pertencentes à ordem Diptera.

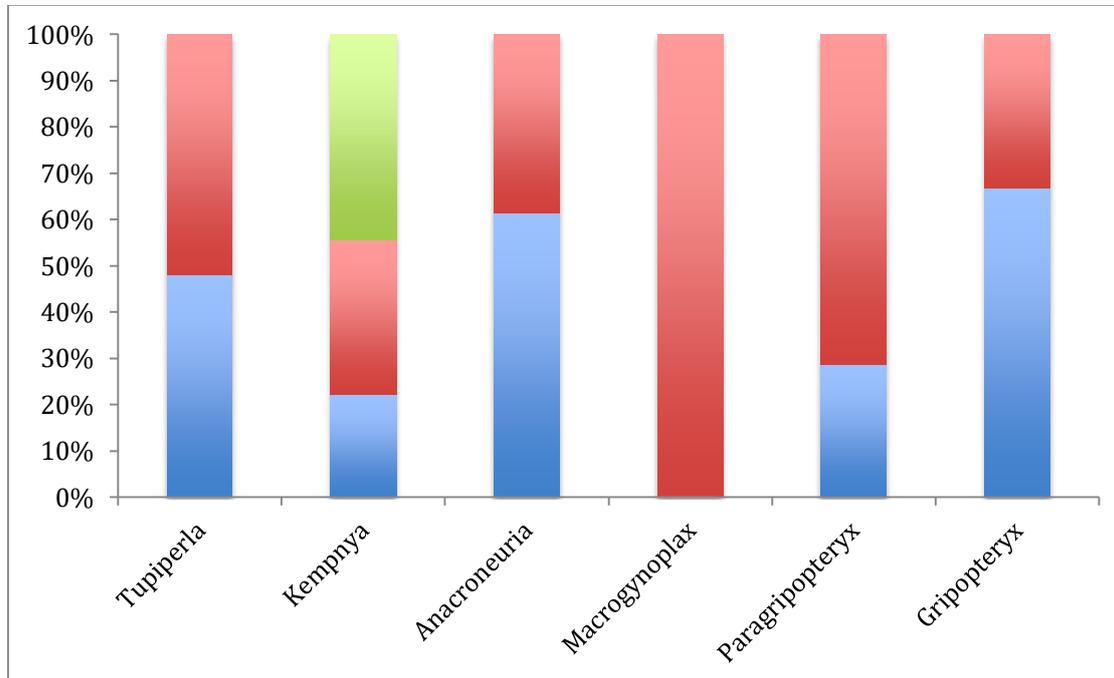


Figura 2: Porcentagem de item alimentar digerido por cada gênero de ninfa de plecoptera. A linha vermelha representa a porcentagem de MOPF; Linha azul representa a porcentagem de organismos vazios; Linha verde representa a porcentagem de tecido animal.

Tabela 2: Abundância do gênero EPT em cada caverna.

	Gruta da Toca	Gruta Mandembe	Gruta Serra Grande
EPHEMEROPTERA			
Baetidae			
<i>Adebrotus</i>		4	
<i>Americabaetis</i>		8	5
<i>Apobaetis</i>		1	1
<i>Baetodes</i>		7	
<i>Cloeodes</i>	12	18	12
<i>Paracloeodes</i>	1	11	
<i>Tupiara</i>		1	
<i>Waltzoyphius</i>	4	56	
<i>Zelusia</i>	1	78	14
Caenidae			
<i>Caenis</i>	1		
Leptohyphidae			
<i>Tricorythopsis</i>		4	
Leptophlebiidae			
<i>Askola</i>	1	286	78
<i>Hagennulopsis</i>			36
<i>Hagenulopsis</i>		188	
<i>Massartella</i>		23	
<i>Simothraulopsis</i>		338	11
Leptophlebiidae			
<i>Askola</i>			2
PLECOPTERA			
Gripopterygidae			
<i>Gripopteryx</i>	1	3	
<i>Paragripopteryx</i>	3	7	
<i>Tupiperla</i>	8	32	2
Perlidae			
<i>Anacroneuria</i>	9	1	4
<i>Kempnyia</i>	0	13	4
<i>Macrogynoplax</i>			1
<i>Perlidae</i>			1
TRICHOPTERA			
Anomalopsychidae			
<i>Cotulma</i>			2
Calamoceratidae			
<i>Phylloicus</i>	43	23	11
Ecnomidae			
<i>Austrotinodes</i>	1		
Helichopsychidae			
<i>Helicopsyche</i>		13	
Helicopsychidae			
			3

	Gruta da Toca	Gruta Mandembe	Gruta Serra Grande
<i>Helicopsyche</i>		13	3
Hydrobiosidae			3
<i>Atopsyche</i>		8	3
Hydrophilidae			
<i>Derallus</i>			1
Hydropsychidae			
<i>Leptonema</i>	16		1
<i>Macrostemum</i>		6	
<i>Smicridea</i>	16	1	1
Hydroptilidae			
<i>Alisotrichia</i>	14	86	10
<i>Leucotrichia</i>		1	
<i>Neotrichia</i>	2	211	34
<i>Oxyethira</i>		8	
Leptoceridae			
<i>Grumichella</i>		10	
<i>Nectopsyche</i>	1	23	10
<i>Nectopsyche</i>		1	
<i>Notalina</i>		13	1
<i>Oecetis</i>	3	14	13
<i>Triplectides</i>	7	3	
Odontoceridae			
<i>Barypenthus</i>		6	
<i>Marilia</i>		1	
Odontoceridae			
<i>Barypenthus</i>		1	
<i>Marilia</i>		1	
Polycentropodidae			
<i>Cyrnellus</i>			0
<i>Polycentropus</i>	5	18	21
TOTAL	149	1540	282

Tabela 3: Frequência de cada item alimentar para cada gênero de ninfas de plecoptera. MOPF, matéria orgânica particulada fina; TV, tecido vegetal; TA, tecido animal; MOPG, matéria orgânica particulada grossa.

Familia	Gênero	Vazio	MOPF	TA	TV	MOPG
	<i>Tupiperla</i>	12	13	0	0	0
Gripopterygidae	<i>Gripopteryx</i>	2	1	0	0	0
	<i>Paragripopteryx</i>	2	5	0	0	0
	<i>Kempniya</i>	2	3	4	0	0
Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	8	5	0	0	0
	<i>Macrogynoplax</i>	0	1	0	0	0
Total / percentagem		26 (44.8%)	28 (48.3%)	4 (6.9%)	0	0

4. DISCUSSÃO

Nesse trabalho foram encontrados poucos organismos da ordem Plecoptera quando comparado a outros grupos que compõem os EPT's encontrados nas mesmas cavernas. A proporção desses organismos tende a ser muito maior em comunidades de invertebrados aquáticos de superfície (AZZOUZ & SÁNCHEZ-ORTEGA, 2000; KIKUCHI & UIEDA, 2005; LOUREIRO ET AL., 2015). In general, Trichoptera are more diverse and tolerant to a wider range of conditions than Plecoptera and Ephemeroptera (GALDEAN ET AL., 2000). De forma geral, o fato das cavernas compreenderem ambientes com recursos limitados faz com que ocorra um gradiente longitudinal de colonização, sendo as zonas de entradas mais ricas e abundantes em invertebrados quando comparadas às zonas mais interiores (WATSON, 2010; GOMES ET AL., 2009). Embora seja esperada uma baixa abundância de organismos predadores como os Perlidae (VANNOTE ET AL., 1980; WATSON, 2010), ainda assim a abundância encontrada foi extremamente baixa. A menor riqueza das comunidades cavernícolas em relação às epígeas é um fato amplamente conhecido na literatura (SILVA, 2008; GOMES ET AL., 2009; KONOPCZYK, 2011; OLIVEIRA NATIVO & ALMEIDA, 2017). As características peculiares desses ambientes acabam por restringir a sua colonização (PIPAN & CULVER, 2012), de modo que frequentemente as comunidades aquáticas cavernícolas representam subconjuntos da comunidade associada aos riachos de superfície (GUNN ET AL., 2000; WATSON, 2010).

Ainda que seja caracterizado como um ambiente oligotrófico, a gruta do Mandembe foi a caverna com o maior número de indivíduos de Plecoptera. Provavelmente por ser a menor caverna em estudo e conseqüentemente estar sob maior influência do meio epígeo, esta caverna apresentou maior colonização pelos Plecoptera. A colonização de ambientes lóticos cavernícolas, muitas vezes se dá por meio da deriva (KOHLENER, 1985). No entanto, uma vez que o organismo se depara com um ambiente com baixa disponibilidade de recursos alimentares e total ausência de luz, muitos se soltam na corrente a fim de encontrarem um ambiente mais favorável (DEATH, 1989). Com isso, cavernas de maior extensão favorecem esse comportamento, fazendo com que poucos indivíduos de fato se estabeleçam nas cavernas.

Além disso, organismos da ordem Plecoptera são sensíveis à perturbações e sua ocorrência é dependente da qualidade do ambiente

aquático (FERREIRA, 2013). Desta forma, a busca por ambientes mais favoráveis se torna ainda mais evidente. Além disso, a disponibilidade de matéria orgânica no interior do ambiente lótico da cavernícola é dependente da importação de recursos alóctones, e estes por sua vez, estão diretamente relacionados ao regime de vazões do riacho cavernícola. Dada a pequena vazão dos riachos em estudo, a importação de matéria orgânica para o interior das cavernas é sutil, prejudicando severamente a alimentação dos Plecopteras. Com isso, uma vez que se encontram em um ambiente pouco favorável ao forrageamento por alimentos, as cavernas podem acabar por configurarem-se com ambientes de transição para os Plecopteras à procura de ambiente mais favorável à alimentação. Além disso foram encontrados poucos organismos com presas no conteúdo estomacal e uma grande proporção de plecopteras com o estômago totalmente vazio.

O fato do ambiente ser oligotrófico não determina que deva haver alta incidência de organismos de estômagos vazios. Um estudo conduzido em lagoas de altas altitudes do Himalaia, ambientes também considerados extremamente oligotróficos, não foram encontrados tantos indivíduos de estômagos vazios, cerca de apenas 11% dentre os Capniidae avaliados (BOGGERO et al., 2014). O Plecoptera cavernícola *Protonemuragevi* Tierno de Figueroa & Lopes-Rodrigues 2010, é adaptado ao ambiente subterrâneo, e apresenta uma taxa de estômagos vazios bem menor, cerca de 39% (LÓPEZ-RODRÍGUEZ & TIerno DE FIGUEROA, 2015). Portanto, outros fatores devem ter contribuído para a grande ocorrência de organismos sem conteúdo estomacal nas cavernas em estudo. Plecopteras são oportunistas e a comida ingerida pode variar dependendo do estágio de desenvolvimento da espécie e se seu alimento preferencial estiver em baixa abundância (STEWART, 1984). As ninfas podem até passar períodos sem se alimentar, e isso pode ocorrer devido à falta de presa ou durante as fases de muda da larva.

Além disso, os predadores (representados pelos Perlidae) possuem períodos em que permanecem naturalmente sem se alimentar, e isso ocorre seja pela falta de disponibilidade de presas ou no período de muda (FERREIRA, 1996; ALENCAR ET AL., 1999). Sendo que a taxa de predação de Plecopteras sobre suas presas diminui à medida que as condições ambientais se tornam mais estressantes (THOMSON ET AL., 2002). Somente organismos do gênero *Kempnyiadentre* os Perlidae tiveram presas no seu conteúdo estomacal, e ainda

assim não se pode afirmar que os mesmos tenham se alimentando no interior das cavernas. Dado o pequeno comprimento das cavernas, as ninfas podem ter se alimentado no ambiente de superfície e logo em seguida coletadas no ambiente cavernícola. A predação ocorre com a detecção da presa por uma combinação de aparatos mecânicos, quimiossensores e visuais (PECKARSKY, 1982), sendo, portanto, prejudicada em um ambiente com total ausência de luz.

Dos plecoptera que haviam se alimentado, a maioria estava com MOPF no estômago, confirmando que os plecopteras contribuem para a fragmentação do detrito foliar presente nos riachos (GRAÇA, 2001; LOUREIRO ET AL., 2015; AZZOUZ & SÁNCHEZ-ORTEGA, 2000). Contrariamente, dentre os indivíduos cavernícolas de *P. gevi*, o principal item alimentar encontrado foi o MOPG (LÓPEZ-RODRÍGUEZ & TIerno DE FIGUEROA, 2015). Sua adaptação ao ambiente cavernícola provavelmente lhe confere aparatos diferenciados que lhe permitem o acesso aos recursos alimentares de forma mais eficiente em ambiente afótico e oligotrófico. Por outro lado, em ambientes oligotróficos de altas altitudes, a família Capniidae, que geralmente é categorizada como coletor-colhedor e triturador, se torna majoritariamente coletor-colhedor, se alimentando de MOPF, em função da baixa disponibilidade de MOPG (BOGGERO ET AL., 2014). Tais distorções nas proporções de itens alimentares são esperadas

nos plecopteras de superfície que acessam as cavernas e a grande proporção de indivíduos de estômago vazio fornecem forte indicativo da baixa adaptação dos mesmos ao meio subterrâneo.

Ainda que nos últimos anos tenha sido descrito o primeiro Plecoptera verdadeiramente cavernícola como listado anteriormente, *P. gevi*, as cavernas quartzíticas em estudo se mostraram um ambiente pouco favorável à colonização por este grupo. A partir dos resultados desse estudo pode-se concluir que, uma vez que possuem baixa afinidade com o ambiente subterrâneo, os Plecopteras não devem compor índices biológicos de qualidade de habitat em cavernas. Mas ainda assim, estudos mais aprofundados do grupo, que abranjam um número maior de cavernas amostradas são necessários, para um melhor entendimento da dinâmica do grupo nesse ambiente altamente peculiar.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve o apoio da equipe do Centro de Estudos em Biologia Subterrânea, que coletou os dados. Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Vale S.A. e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AZZOUZ, M., & SÁNCHEZ-ORTEGA, A. (2000). Feeding of the nymphs of nine stonefly species (Insecta: Plecoptera) from North Africa (Rif Mountains, Morocco). **Zool. Baetica** 11, 35-50.
- BOGGERO, A., BO, T., ZAUPA, S., & FENOGLIO, S. (2014). Feeding on the roof of the world: the first gut content analysis of very high altitude Plecoptera. **Entomofennica** 25(4): 220-224.
- CALLISTO, M., MORETTI, M., & GOULART, M. (2001). Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Rev. Bras. Recursos Hídricos** 6(1): 71-82.
- DE CARVALHO, E.M. & UIEDA, V.S. (2009). Diet of invertebrates sampled in leaf-bags incubated in a tropical headwater stream. **Zoologia-Curitiba** 26(4): 694-704.
- COSTA, B.G., PELLEGRINI, T.G., DE OLIVEIRA BERNARDI, L.F., & FERREIRA, R.L. (2017). Notes on predator-prey relationships among Tanypodinae larvae (Diptera, Chironomidae) and mites (Acariformes) in Brazilian subterranean aquatic environments. **SubterraneanBiology** 22: 67-74.
- COUCEIRO, S.R.M., HAMADA, N., FORSBERG, B.R., PIMENTEL, T.P., & LUZ, S.L.B. (2012). A macroinvertebratemultimetric index to evaluate the biological condition of streams in the Central Amazon region of Brazil. **Ecol. Indic.** 18: 118-125.

CHESHIRE, K.I.M., BOYERO, L.U.Z., & PEARSON, R.G. (2005). Food webs in tropical Australian streams: shredders are not scarce. **Freshw. Biol.** 50(5): 748-769.

DEATH, R.G. (1989). The effect of a cave on benthic invertebrate communities in a South Island stream. **New Zealand Natural Sciences** 16: 67-78.

DE OLIVEIRA NATIVO, A., & ALMEIDA, S. (2017). Comunidade de invertebrados de uma gruta dolomítica no Alto Paranaíba, Minas Gerais, p. 35-42. In: Rasteiro MA, Teixeira-Silva CM, Lacerda SG (orgs.), 34o Congresso Brasileiro De Espeleologia, Ouro Preto. Anais do 34o Congresso Brasileiro de Espeleologia Available in: <http://www.cavernas.org.br/anais34cbe/34cbe_035-042.pdf>. Data of Access: March 1st 2019.

FERREIRA, W. (2013). Relações de habitats físicos, parâmetros físicos e químicos da água com riqueza, distribuição e conteúdo alimentar de macroinvertebrados bentônicos em riachos de cabeceira no cerrado. 98pp. Tese (Doutorado em Ecologia) Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.

FERREIRA, R.L., & HORTA, L.C.S. (2001). Natural and human impacts on invertebrate communities in Brazilian caves. **Revista Brasileira de Biologia** 61(1): 7-17.

FOCHETTI, R., & TIerno DE FIGUEROA, J.M. (2008). Global diversity of stoneflies (Plecoptera; Insecta) in freshwater. In: Balian, E.V., Lévêque, C., Segers, H., & Martens, K. (eds.) Freshwater Animal Diversity Assessment. **Developments in Hydrobiology**, vol 198. Springer, Dordrecht

GALDEAN, N., CALLISTO, M., & BARBOSA, F.A.R. (2000). Lotic ecosystems of Serra do Cipó, southeast Brazil: water quality and a tentative classification based on the benthic macroinvertebrate community. **Aquat. Ecosyst. Health** 3(4): 545-552.

GALLO, L., LUCADAMO, L., RODRÍGUEZ, M.J.L., Tierno de Figueroa, J.M., Bo, T., & Fenoglio, S (2010). Nymphal diet of two Perlidae species (Insecta: Plecoptera) in Southern Apennines (Calabria, Italy). **Boletín de la SEA** 46: 363-366.

GOMES, F.T.D.M.C., FERREIRA, R.L., & JACOBI, C.M. (2001). Comunidade de artrópodes de uma caverna calcária em área de mineração: composição e estrutura. **Revista Brasileira de Zoociências** 3(2): 1517-6770.

GRAÇA, M.A.S., FERREIRA, R.C.F., & COIMBRA, C.N. (2001). Litter processing along a stream gradient: the role of invertebrates and decomposers. **J. N. Am. Benthol. Soc.** 20(3): 408-420.

GUNN, J., HARDWICK, P., & WOOD, P.J. (2000). The invertebrate community of the Peak–Speedwell cave system, Derbyshire, England—pressures and considerations for conservation management. **Aquat. Conserv.** 10(5): 353-369.

ILIOPOULOU-GEORGUDAKI, J., KANTZARIS, V., KATHARIOS, P., KASPIRIS, P., GEORGIADIS, T., & MONTESANTOU, B. (2003). An application of different bioindicators for assessing water quality: a case study in the rivers Alfeios and Pineios (Peloponnisos, Greece). **Ecol. Indic.** 2(4): 345-360.

KOHLER, S.L. (1985). Identification of stream drift mechanisms: an experimental and observational approach. **Ecology** 66(6): 1749-1761.

KIKUCHI, R.M., & UIEDA, V.S. (2005). Composição e distribuição dos macroinvertebrados em diferentes substratos de fundo de um riacho no município de Itatinga, São Paulo, Brasil. **Entomologia y Vectores** 12(2): 193-231.

KONOPCZYK, R.M.G., DE CORTES, J.P.S., STUMPF, C.F., DA SILVA, MARTINS, J.E., & DA SILVA, A.P.B. (2011). Caracterização biológica da Gruta do Bambu, município de Vazante, MG. In: Rasteiro, M.A., Moss, D.F., & Pontes, H.S. 31o Congresso Brasileiro De Espeleologia, Ponta Grossa. Anais do 31o Congresso Brasileiro de Espeleologia, Campinas, 477-484. Disponível em:<http://www.cavernas.org.br/anais31cbe/31cbe_477-484.pdf>.

LÓPEZ-RODRÍGUEZ, M.J., TRENZADO, C.E., DE FIGUEROA, J.T., & SANZ, A. (2012). Digestive enzyme activity and trophic behavior in two predator aquatic insects (Plecoptera, Perlidae). A comparative study. *Comp. Biochem. Phys.* A 162(1): 31-35.

LOUREIRO, R.C., URBIM, F.M., TONELLO, G., RESTELLO, R.M., & HEPP, L.U. (2015). Larvas de Gripopterygidae (Insecta: Plecoptera) associadas a fragmentação de detritos foliares em riachos subtropicais. *Perspectiva*, Erechim 39(145): 61-71.

MAGNI-DARWICH, S., ALENCAR, Y.B., & HAMADA, N. (1999). Stomach content analysis of potential predators of Simuliidae (Diptera: Nematocera) in two lowland forest streams, Central Amazonia, Brazil. *An. Soc. Entomol. Brasil* 28(2): 327-332.

MILLER, T.E. (1996). Geologic and hydrologic controls on karst and cave development in Belize. *J. Cave Karst Stud.* 58(2): 100-120.

MUGNAI, R., NESSIMIAN, J.L., & BAPTISTA, D.F. (2010). **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro**: para atividades técnicas, de ensino e treinamento em programas de avaliação da qualidade ecológica dos ecossistemas lóticos. Technical Books Editora, Rio de Janeiro, Brazil: 174pp.

HAMADA, N. (2004). A key to Brazilian genera of Plecoptera (Insecta) based on nymphs. *Zootaxa* 651: 1-15.

PECKARSKY, B.L. (1982). Aquatic insect predator-prey relations. *BioScience* 32(4): 261-266.

PELLEGRINI, T.G., POMPEU, P.S., & FERREIRA, R.L. (2018). Cave benthic invertebrates in south-eastern Brazil: are there 'key' factors structuring such communities? *Mar. Freshwater Res.* 69(11): 1762-1770. doi.org/10.1071/MF18025.

PIPAN, T., & CULVER, D.C. (2012). Convergence and divergence in the subterranean realm: a reassessment. *Biol. J. Linn. Soc.* 107(1): 1-14.

SILVA, A.P.B. (2008). Enriquecimento trófico em ambientes subterrâneos e suas aplicações para a conservação da biodiversidade de invertebrados aquáticos. Unpublished Msc. Thesis, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brazil, 153pp.

SILVEIRA, M.P. (2004). **Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, 68pp.

SILVEIRA, M.P., BAPTISTA, D.F., BUSS, D.F., NESSIMIAN, J.L., & EGLER, M. (2005). Application of biological measures for stream integrity assessment in South-East Brazil. *Environ. Monit. Assess.* 101(1-3): 117-128.

STODDARD, J.L., LARSEN, D.P., HAWKINS, C.P., JOHNSON, R.K., & NORRIS, R.H. (2006). Setting expectations for the ecological condition of streams: the concept of reference condition. *Ecol. Appl.* 16(4): 1267-1276.

TIERNO DE FIGUEROA, J.M., & LÓPEZ-RODRÍGUEZ, M.J. (2010). *Protonemuragevi* sp. n., a cavernicolous new species of stonefly (Insecta: Plecoptera). **Zootaxa** 2365: 48–54.

VANNOTE, R.L., MINSHALL, G.W., CUMMINS, K.W., SEDELL, J.R., & CUSHING, C.E. (1980). The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37(1): 130-137.

WATSON, T.N. (2010). The structuring of aquatic macroinvertebrate communities within cave streams. M.Sc. Thesis, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.