

ESTRUTURA DAS COMUNIDADES DE INVERTEBRADOS EM CINCO CAVERNAS INSULARES E INTERTIDAIS NA COSTA BRASILEIRA

INVERTEBRATES COMMUNITIES OF FIVE BRAZILIAN ISLAND CAVES

Marconi Souza Silva^I & Rodrigo Lopes Ferreira^{II}

(I) Laboratório de Ecologia/Zoologia do Centro Universitário de Lavras (UNILAVRAS).
(II) Departamento de Biologia/Setor de Zoologia – Universidade Federal de Lavras (UFLA).
Contatos: marconisouza@unilavras.edu.br; drops@ufla.br

Resumo

Apesar das ilhas do litoral brasileiro possuírem cavernas intertidais ou costeiras, as comunidades presentes nestas cavernas ainda eram desconhecidas. Assim, o presente estudo inventariou os invertebrados cavernícolas e recursos alimentares em cinco cavernas insulares e intertidais na costa brasileira com o intuito de promover uma análise comparativa da composição, abundância, riqueza, diversidade, dominância e similaridade das comunidades. Foram encontradas 97 espécies de invertebrados distribuídas nos taxons Coleoptera (15 spp.), Araneae (13 spp.), Diptera (11 spp.), Mollusca (9 spp.), Hymenoptera (6 spp.), Isopoda (5 spp.), Acari (4 spp.), Chilopoda (4 spp.), Ensifera (4 spp.), Psocoptera (3 spp.), Annelida (2 spp.), Opiliones (2 spp.), Pseudoscorpiones (2 spp.), Amphipoda (2 spp.), Decapoda (2 spp.), Collembola (2 spp.), Lepidoptera (2 spp.), Zygentoma (2 spp.), Granuloreticulosa (1 sp.), Cnidaria (1 sp.), Platyhelminthes (1 sp.), Amblypygi (1 sp.), Cirripedia (1 sp.), Dictyoptera (1 sp.) e Diplura (1 sp.). Foram encontrados 3 indivíduos de Coleoptera (Carabidae: Trechini) com características troglomórficas (despigmentação e anoftalmia). De forma geral, as cavidades apresentaram elevadas riquezas e baixos valores de similaridade qualitativa e quantitativa. A estrutura das comunidades de invertebrados nas cavernas insulares costeiras e intertidais parece estar relacionada à frequência e magnitude de distúrbios naturais e antrópicos.

Palavras-Chave: Cavernas; Zona Intertidal; Invertebrados.

Abstract

The Brazilian islands have coastal and intertidal caves, but invertebrate communities present in these caves were still unknown. Thus, this study aimed to sample cave invertebrates and food resources in five coastal/intertidal caves. The aim was to promote a comparative analysis of the composition, abundance, richness, diversity, dominance and similarity of invertebrate communities. A total of 97 species distributed in Coleoptera (15 spp.), Araneae (13 spp.), Diptera (11 spp.), Mollusca (9 spp.), Hymenoptera (6 spp.), Isopoda (5 spp.), Acari (4 spp.), Chilopoda (4 spp.), Ensifera (4 spp.), Psocoptera (3 spp.), Annelida (2 spp.), Opiliones (2 spp.), Pseudoscorpiones (2 spp.), Amphipoda (2 spp.), Decapoda (2 spp.), Collembola (2 spp.), Lepidoptera (2 spp.), Zygentoma (2 spp.), Granuloreticulosa (1 sp.), Cnidaria (1 sp.), Platyhelminthes (1 sp.), Amblypygi (1 sp.), Cirripedia (1 sp.), Dictyoptera (1 sp.) and Diplura (1 sp.) were found. Three beetles (Carabidae: Trechini) presented troglomorphic traits (depigmentation and lack of the eyes). Overall, the caves showed high richness and low values of qualitative and quantitative similarity. The communities' structure in coastal/intertidal caves seems to be related to the frequency and magnitude of natural and anthropogenic disturbances.

Keywords: Caves; Intertidal Zone; Invertebrates Diversity.

Eixo temático: Ecologia
Recebido em: 01.dez.2009

Enviado para avaliação em: 01.dez.2009

Aprovado em: 11.dez.2009

Introdução

Cavernas são ambientes hipógeos formados pela ação abrasiva física e química da água sobre rochas de litologias variadas (carbonatos, granitos, arenitos quartzítos, etc.). Geoambientes que possuem cavernas e outras formas de relevo determinadas por processos de dissolução (e.g. carbonatos), são denominados *carstes*. Por outro lado, onde existe a predominância de processos erosivos na determinação das formas do relevo rochoso, temos ambientes *pseudocársticos* (Lino 2001). Ambientes cársticos e pseudocársticos caracterizam-se como unidades funcionais de aquíferos perenes e/ou temporários, superficiais e subterrâneos (Gibert *et al* 1994).

O termo “*cavernas marinhas*” tem sido largamente utilizado para referir-se a ambientes que contém águas de origem marinha ou oceânica, incluindo cavernas anquialinas, submarinas e litorâneas (Iliffe *et al* 1984, Bibiloni *et al.* 1984, Bowman *et al* 1985, Stok *et al* 1986, Sket 1999, Bell 2002, Secord & Muller-Parker 2005, Bussotti *et al* 2006). Cavernas marinhas litorâneas podem se formar em diversos tipos de rocha devido a ação abrasiva das ondas e ou infiltração de água da chuva, sendo abundantes em muitas áreas costeiras ao longo do mundo (Bunnell 2004, Mylroie 2005).

Ambientes cavernícolas são caracterizadas por apresentarem uma alta estabilidade ambiental (temperatura constante e umidade do ar elevada), ausência permanente de luz e conseqüentemente, ausência de produtores fotossintetizantes. Os recursos alimentares que compõe a base das teias tróficas são escassos e de origem alóctone (guano de morcegos, carcaças, detritos vegetais e raízes). Nos ambientes aquáticos de cavernas, o quimioautotrofismo realizado por biofilme bacteriano e os detritos particulados e dissolvidos em águas lânticas e lólicas são os principais recursos alimentares para a fauna (Simon *et al* 2007).

Estudos em cavernas submarinas, anquialinas e insulares costeiras têm revelado uma rica fauna de invertebrados talassóides, além de táxons relictos e interessantes processos simbióticos nestes ambientes peculiares (Riedl, 1966, Hart *et al* 1985, Iliffe 1994, Juberthie & Iliffe 1994, Secord & Muller-Parker 2005).

Apesar disto, a ecologia deste ambientes ainda é pouco conhecida e a maior parte dos estudos se concentra em cavernas submersas, de forma que existe uma quantidade ainda menor de informações publicadas acerca de cavernas intertidais (Todaro *et al* 2006).

Apesar de muitas ilhas do litoral brasileiro possuírem cavernas intertidais, (e.g. Fernando de Noronha, Trindade, Ilha Bela e Ilha Grande), as comunidades presentes nestas cavernas ainda são desconhecidas. Deste modo, este estudo, pioneiro em biologia de cavernas insulares costeiras e intertidais no Brasil teve como objetivos principais inventariar invertebrados cavernícolas e recursos alimentares para fauna, além de promover uma análise comparativa da composição, abundância, riqueza, diversidade e status de conservação das comunidades nestes ambientes subterrâneos.

Metodologia

Local de Estudo

O estudo foi desenvolvido em três cavernas que recebem águas intertidais (grutas Cueira I e II e gruta da Serraria) e duas cavernas insulares costeiras permanentemente secas (Toca da Onça I e II), todas presentes na Mata Atlântica brasileira (figura 1).

As grutas da praia da Cueira I e II, localizadas na Ilha de Boipeba (Foz do Rio Ariti, Cairu, Ba), são totalmente inundáveis pelo mar. A gruta da Serraria, na Praia da Serraria (Ilha Bela, SP), apresenta uma pequena parte do piso coberto por água de origem marinha e água doce que goteja do teto da caverna.

A ilha de Boipeba, extremo Sul da Bahia está inserida no Corredor Central de Biodiversidade. A ilha Bela, SP encontra-se inserida no Corredor de biodiversidade da Serra do Mar. Tais corredores de biodiversidade são áreas estrategicamente destinadas à conservação ambiental em escala regional (Galindo & Câmara 2005). Ilha Bela está inserida dentro do Parque Estadual de Ilha Bela (decreto estadual nº 9414 de 20 de janeiro de 1977).

Apesar da ilha de Boipeba e Ilha Bela serem importantes pólos turísticos e sofrerem pressão antrópica, ainda guardam grande parte de sua vegetação atlântica preservada.

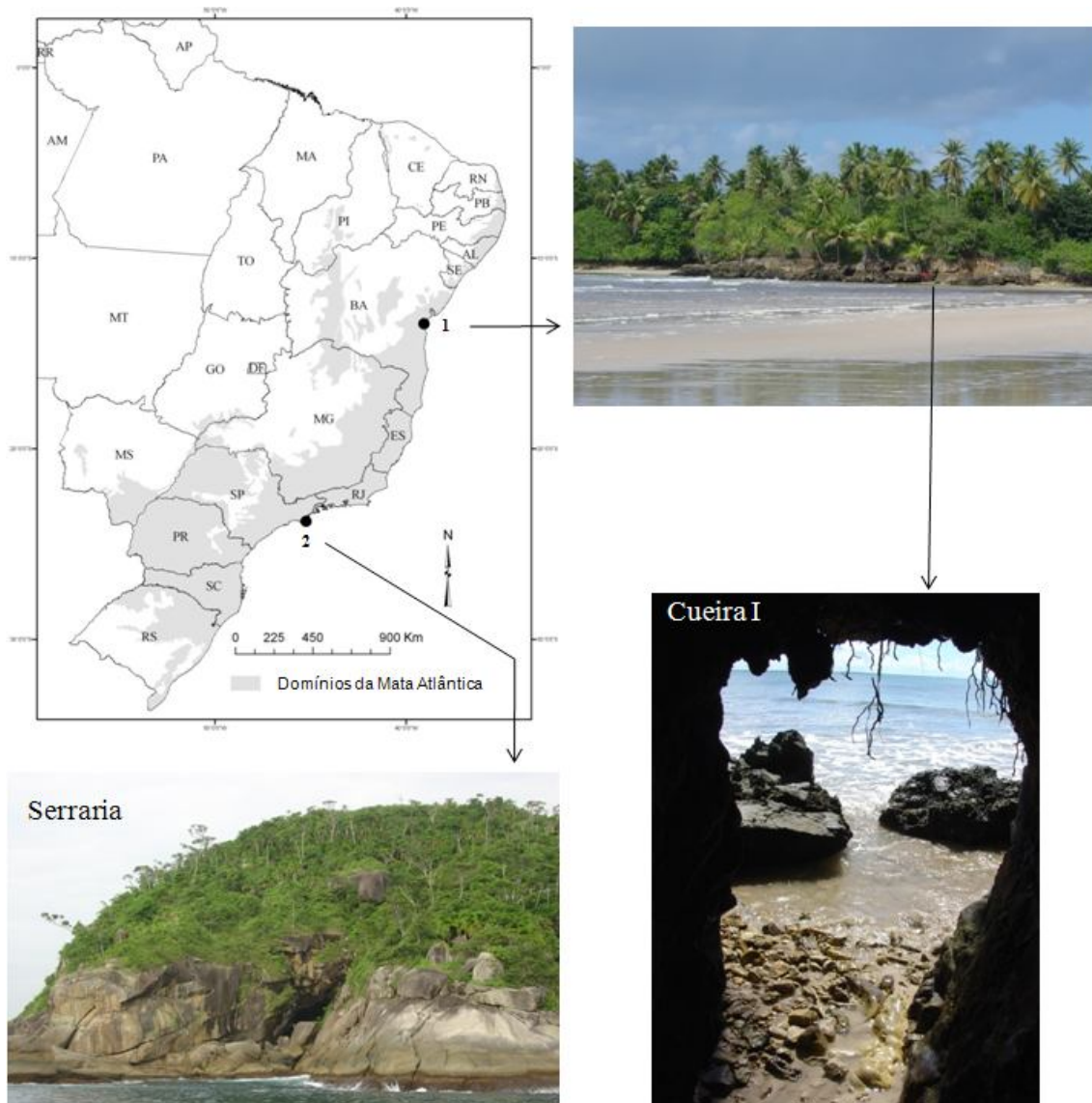


Figura 1 - Localização da Ilha de Boipeba, BA (1) e da Ilha Bela, SP (2), na Mata Atlântica Brasileira e fotos da entrada das cavernas.

Grutas da Cueira I e II (praia da Cueira, Ilha de Boipeba, extremo Sul da Bahia) - A vegetação atlântica do entorno das cavernas é composta por vegetação de restinga e coqueiral. Distantes 15 metros uma da outra, as cavernas em calcarenito desenvolvem-se sobre a ação erosiva do mar, em condutos semi-meândricos de 10 e 8 metros de comprimento respectivamente. Os condutos apresentam largura de 1 metro e altura de 1,8 metros ao longo do desenvolvimento principal, sendo que estas medidas reduzem-se abruptamente ao final dos condutos onde a rocha fraturada permite a formação de espaços intersticiais (mesocavernas). As duas grutas apresentam somente zonas disfóticas.

Toca da Onça I e II (Ilha de Boipeba, extremo sul da Bahia) - A vegetação atlântica

do entorno compõe-se de mangue e pastagens. Distantes 5m uma da outra, as cavernas em calcarenito têm piso seco e localizam-se a cerca de 30 metros do mar. A Toca da Onça II possui 5 metros de desenvolvimento linear e não possui zona afótica. Sua entrada semi-circular possui 2 metros de altura e 2 metros de largura. O piso está coberto por pequenos blocos não cimentados oriundos de uma atividade de mineração artesanal. A Toca da Onça I possui entrada triangular de 0,8 metros de altura e 0,6 metros de largura. Um único conduto afótico desenvolve-se por 20 metros em altura de 1,5 metros e encerra-se em teto baixo.

A gruta da Serraria (Ilha Bela, São Paulo) - Possui 190 metros de condutos em gnaiss desenvolvidos na forma de Y. A gruta possui

duas entradas triangulares, localizadas uma ao lado da outra. O nível altimétrico e a concentração de blocos abatidos em uma das entradas impedem a entrada de água do mar durante maré alta. Entretanto, durante maré alta a água pode acessar parte dos condutos através da segunda entrada situada pouco acima do nível do mar. O grande pórtico das entradas e a morfologia quase retilínea dos condutos permitem extensas zonas iluminadas, zonas disfóticas e zonas afóticas na cavidade.

Procedimentos de coleta de dados

Os invertebrados terrestres foram coletados manualmente em todos os biótopos potenciais existentes e plotados em croqui esquemático de cada caverna (Ferreira 2004). Para medidas de comprimento das cavidades utilizou-se uma trena. As coletas de invertebrados foram sempre manuais com o auxílio de pinças, pincéis e redes entomológicas, priorizando microhabitats como troncos, depósitos de guano, espaços sob pedras, locais úmidos e coleções de água corrente ou parada. Todos os organismos encontrados foram identificados até o nível taxonômico possível e agrupados em morfoespécies (Oliver & Baettie 1996).

A caracterização trófica qualitativa das cavernas foi realizada concomitante às coletas de invertebrados. Para tal foram anotados todos os recursos orgânicos presentes e quando possível caracterizada as suas vias de acesso ao interior das cavidades. Usos e alterações ambientais nas cavernas e entorno foram avaliados com base em observações de campo. Para tal, foi observado o estado físico do interior e do entorno imediato de cada cavidade.

Análise de dados

A riqueza potencial de espécies foi estimada pelas curvas de rarefação e pelo índice Jack-Knife 1 (Magurran 2004). A rarefação representa uma ferramenta analítica para estimar o número esperado de espécies dentro de uma dada área ou entre áreas de estudo. Em uma perspectiva de paisagens, as curvas de rarefação são diretamente relacionadas à heterogeneidade dos locais amostrados (Rocchini et. al. 2009).

A similaridade qualitativa e quantitativa da fauna foi obtida por meio do índice de Bray-Curtis, a dominância através do índice de Berger-Parker e a diversidade e equitabilidade foram estimadas através do índice de Shannon-Wiener (Magurran 2004). O programa utilizado para as análises foi o PAST (Hammer et al 2001).

Resultados

Foram encontradas, nas cinco cavernas avaliadas, 97 espécies de invertebrados distribuídas nos taxa: Coleoptera (15 spp.), Araneae (13 spp.), Diptera (11 spp.), Mollusca (9 spp.), Hymenoptera (6 spp.), Isopoda (5 spp.), Acari (4 spp.), Chilopoda (4 spp.), Ensifera (4 spp.), Psocoptera (3 spp.), Annelida (2 spp.), Opiliones (2 spp.), Pseudoscorpiones (2 spp.), Amphipoda (2 spp.), Decapoda (2 spp.), Collembola (2 spp.), Lepidoptera (2 spp.), Zygentoma (2 spp.), Protozoa (1 sp.), Cnidaria (1 sp.), Platyhelminthes (1 sp.), Amblypygi (1 sp.), Cirripedia (1 sp.), Blattodea (1 sp.), Diplura (1 sp.) (Tabela 1).

Na gruta da Cueira I foram encontrados 461 indivíduos distribuídos em 18 morfoespécies. Na gruta Cueira II foram coletados 527 indivíduos distribuídos em 7 morfoespécies (tabela 2). Nestas duas cavernas as marcantes características intertidais promovem ambientes distintos aos invertebrados:

- (1) Protozoa (Granuloreticulosa), Cnidária (Anthozoa) e Crustacea (Amphipoda) foram encontrados somente nas piscinas, sendo caracterizados como exclusivamente marinhos.
- (2) Lepidoptera (Tineidae), Diptera (Ceratopogonidae), Araneae (*Mesabolivar* sp., Scytodidae e Theridiidae) ocupam somente o ambiente terrestre das duas cavernas.
- (3) Mollusca (Gastropoda) Crustacea (Cirripedia, Decapoda e *Ligia* sp.) ocuparam os ambientes terrestre e aquático das cavernas. Os recursos tróficos observados nestas cavernas foram poucas fezes de morcegos nas paredes, além de troncos, raízes e palhas de coqueiro. As características disfóticas nas duas cavernas permitem a presença de micro e meso algas nas paredes por toda em quase toda a extensão destas cavidades. Apesar da proximidade destas cavernas a uma praia acessada por banhistas, não foram observadas alterações antrópicas nas mesmas.

Tabela 1 – Composição, riqueza e abundância de taxa de invertebrados em cavernas insulares costeiras e intertidais na Mata Atlântica brasileira

Composição dos taxa	R	Composição dos taxa	Gruta Cueira I		Gruta Cueira II		Toca da Onça I		Toca da Onça II		Gruta Serraria		
			R	AB	R	AB	R	AB	R	AB	R	AB	R
Protozoa	1	Granuloreticulosa	1	2	1								
Cnidaria	1	Actiniaria	1	1	1								
Platyhelminthes	1	Turbellaria	1				1	1					
Mollusca	9	Gastropoda	9	231	6	271	4	1	1		31	2	
Annelida	2	Annelida (NI)	2					100	1	2	1		
Acari	4	Uropodina	3					202	2			1	1
		Uropodidade	1						1	2	1		
Amblypygi	1	Charinidae (<i>Charinus</i> sp.)	1									3	1
Opliones	2	Opliones (NI)	2							2	2		
Pseudoscorpiones	2	Chernetidae	2							1	1	3	1
Araneae	3	Araneae (NI)	1					1	1				
		Ctenidae	1					1	1	22	1		
		Gnaphosidae	1									4	1
		Oonopidae	2							1	1	100	1
		Pholcidae											
		(<i>Mesabolivar</i> sp.)	2	7	1			27	1	12		1	1
		Scytodidae	2	2	1					3	1		
		Theraphosidae	1					1	1				
		Theridiidae	3	1	1			25	3	2	1		
Chilopoda	4	Geophilomorpha	2					2	1	2	1		
		Litobiomorpha	1							1	1		
		Symphyla	1					4	1	3	1		
Amphipoda	2	Amphipoda (NI)	2	10	1							25	1
Cirripedia	1	Cirripedia (NI)	1	100	1	100	1						
Decapoda	2	Decapoda (NI)	2	3	2	3	1	1	1	1	1		
Isopoda	5	Isopoda (NI)	1					8	1				
		Ligiidae (<i>Ligia</i> sp)	1	100	1	150	1					27	1
		Platyarthridae (<i>Trichorrina</i> sp.)	3					60	1	1	1	100	1
Coleoptera	5	Coleoptera (NI)	7					8	5	4	2		
		Staphylinidae	3					5	2			2	1
		Carabidae (Trechini*)	1					3	1				
		Tenebrionidae	1					4	1				
		Curculionidae	3									108	3
Collembola	2	Collembola (NI)	2					30	1	67	2		
Dictyoptera	1	Dictyoptera (NI)	1					33	1	20	1		
Diplura	1	Campodeidae	1									3	1
Diptera	1	Diptera (NI)	3					1	1			8	2
		Cecidomyiidae	2									2	2
		Ceratopogonidae	2	2	1			1	1	1	1		
		Lauxanidae	1									21	1
		Sciaridae	1									1	1
		Sphaeroceridae	1									11	1
		Stratiomyidae	1									1	1
Ensifera	4	Phalangopsidae (<i>Endecous</i> sp.)	3					100	1	16	2	13	1
		Tetigoniidae	1									1	1
Hymenoptera	6	Formicidae (<i>Odontomachus</i> sp)	5					18	4	13	3		
		Sphecidae	1									1	1
Lepidoptera	2	Tineidae	2	2	1					3	1	1	1
Psocoptera	3	Psocoptera (NI)	2							1	1	1	1
		Psyllipsoscidae	1							1	1		
Zygentoma	2	Machilidae	1									8	1
		Lepidotrichidae	1					2	1				
Totais			97	461	18	524	7	640	36	182	28	477	30

Na Toca da Onça I foram encontrados 640 indivíduos distribuídos em 36 morfoespécies de invertebrados. Coleoptera (9 spp.) foi o taxa mais rico e Acari (202 ind.) o mais abundante. Foram encontrados 3 indivíduos de Coleoptera (Carabidae:Trechini) com características troglomórficas (despigmentação e anofthalmia). A gruta não possui quaisquer corpos de água e apresenta uma entrada pequena e o piso coberto por guano de morcegos frugívoros que ainda se abrigam na cavidade. Por ser uma gruta superficial, a presença de raízes da vegetação externa é freqüente no piso da cavidade. Na Toca da Onça II foram encontrados 182 indivíduos distribuídos em 28 morfoespécies de invertebrados. Araneae (4 spp) foi o taxa mais rico e Collembola (67 ind.) o mais abundante. Nesta caverna não foram identificados recursos orgânicos macroscópicos. As duas cavernas apresentam o entorno (aproximadamente 30m) desmatado e substituído por cultura de subsistência (mandioca, coco, pasto). Os moradores locais relataram a extração artesanal de fragmentos de rocha no entorno das cavernas e a visitação esporádica.

Na gruta da Serraria foram encontrados 477 indivíduos distribuídos em 30 morfoespécies de invertebrados. Coleoptera Curculionidae (3 spp) foi o taxa mais rico e também o mais abundante (108 ind.). Nos dois condutos disfóticos da caverna foram observadas duas situações físicas e tróficas distintas: (1) O conduto mais elevado em relação ao nível do mar é pobre em recursos alimentares, possuindo o piso arenoso e ressequido com algumas carapaças de invertebrados marinhos (até 50m da entrada) que provavelmente foram transportados por ressacas até o interior da gruta. (2) O conduto mais rebaixado topograficamente é inundado pela água salobra (aproximadamente 50m), mas não apresenta locais de contato direto com o mar. Neste conduto sem recursos orgânicos visíveis o piso é totalmente pedregoso. Entretanto, na zona afótica da caverna, ao final do conduto principal, ocorre uma ampla variedade de recursos alimentares para a fauna. Neste local, uma camada de madeira particulada cobre quase todo o piso. Além disto, ocorrem restos de fogueira e inúmeros troncos de madeira parcialmente decompostos, além de fragmentos de ossos de peixes, de pequenos roedores, de capivaras,

de baleia e fezes de animais piscívoros. O entorno da caverna encontra-se preservado e, pelo difícil acesso, o interior da gruta não é freqüentemente visitado.

A diversidade foi maior na gruta da Serraria (tabela 2). A curva cumulativa de espécies mostrou um padrão crescente no número de espécies coletadas em função do número de indivíduos amostrados, chegando à estabilização somente nas cavernas da Cueira I e II (figura 2). O número de espécies observadas nas cavernas foi menor do que o estimado pelo índice Jack-knife 1 (figura 3). De forma geral, as cavidades apresentaram baixos valores de similaridade qualitativa e quantitativa entre as comunidades, tendo sido evidenciado somente um valor acima de 80% entre as grutas da Cueira I e II (figuras 4 e 5).

Discussão

Estudos relativos à biologia de cavernas no Brasil ainda são incipientes. Além disso, não existem quaisquer informações publicadas referentes à fauna associada às cavernas insulares e intertidais brasileiras. Os principais trabalhos realizados com distribuição e/ou ecologia de invertebrados de cavernas continentais na Mata Atlântica foram realizados por Trajano (2000), Ferreira (2005) e Souza-Silva (2008). No conjunto, estes estudos amostraram pouco mais de 120 cavernas.

Os valores de diversidade encontrados para as grutas insulares são similares a aqueles apresentados por Souza-Silva (2008) para cavernas de dimensões comparáveis presentes na Mata Atlântica Brasileira. Em 15 cavernas com extensões entre 8 e 20 metros, a média da diversidade foi de 2,04, valor próximo à média de 1,97 para as cavernas do presente trabalho. A diversidade média apresentada por Souza-Silva é oriunda de cavernas graníticas e ferruginosas continentais. As cavernas ferruginosas na Mata Atlântica tendem a apresentar uma maior diversidade de invertebrados do que cavernas em outras litologias de mesma extensão (Souza-Silva 2008). Assim a diversidade nas cavernas amostradas neste estudo pode ser considerada alta uma vez que se equiparam com os valores de cavernas continentais de elevada diversidade (ferruginosas). Está alta diversidade nas cavernas intertidais pode dever-se à heterogeneidade de habitats nestas

cavernas que aumenta as possibilidades de colonização e permanência de muitas espécies de invertebrados. Nestas cavernas, durante o regime de maré, a água do mar não inunda toda a extensão nem mesmo deixa o piso

totalmente seco permitindo a ocorrência de invertebrados aquáticos obrigatórios, organismos anfíbios e aqueles exclusivamente terrestres.

Tabela 2. Riqueza, Abundância, equitabilidade, dominância e diversidades da fauna de invertebrados de cinco cavernas insulares costeiras e intertidais na Mata Atlântica brasileira.

	Cueira I	Cueira II	Toca da Onça I	Toca da Onça II	Serraria
Riqueza (S)	18	7	36	28	30
Abundância	461	524	640	182	477
Diversidade (H')	1,83	1,43	2,26	2,35	2,39
Equitabilidade	0,63	0,73	0,62	0,69	0,70
Dominância	0,21	0,27	0,16	0,17	0,13

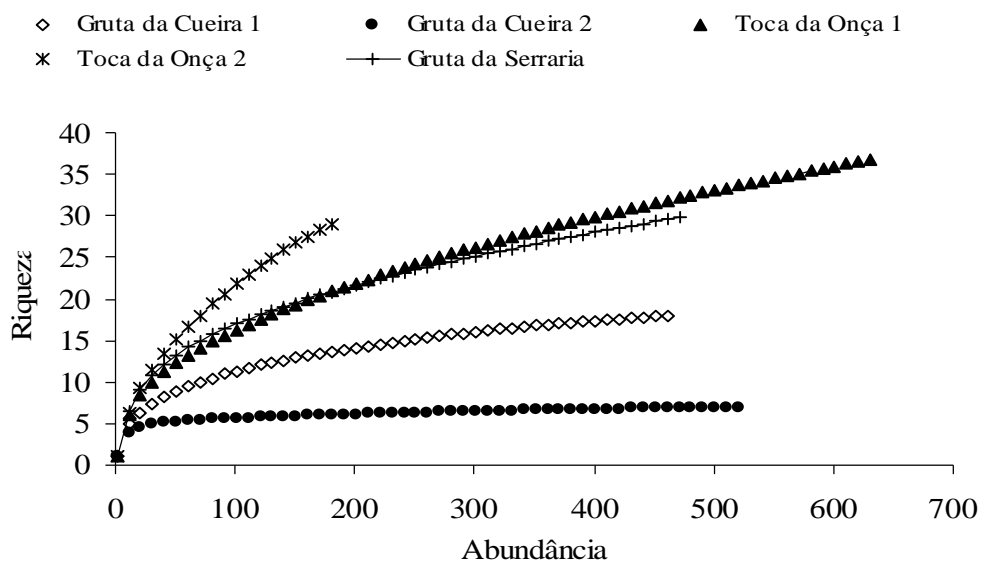


Figura 2. Curvas cumulativas de espécies de invertebrados em função da abundância (rarefação) em cinco cavernas insulares litorâneas e intertidais na Mata Atlântica.

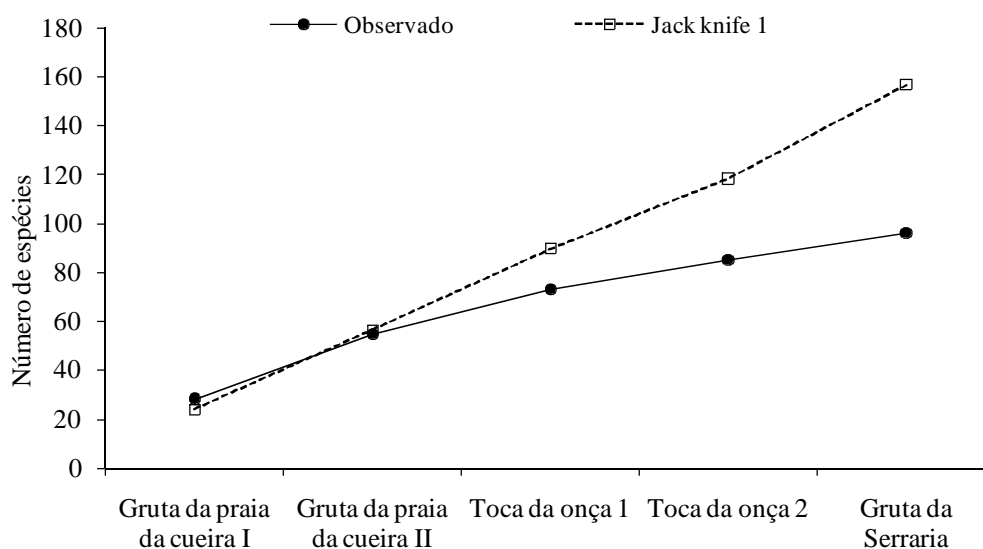


Figura 3. Estimativas de espécies de invertebrados em cinco cavernas insulares litorâneas e intertidais na Mata Atlântica.

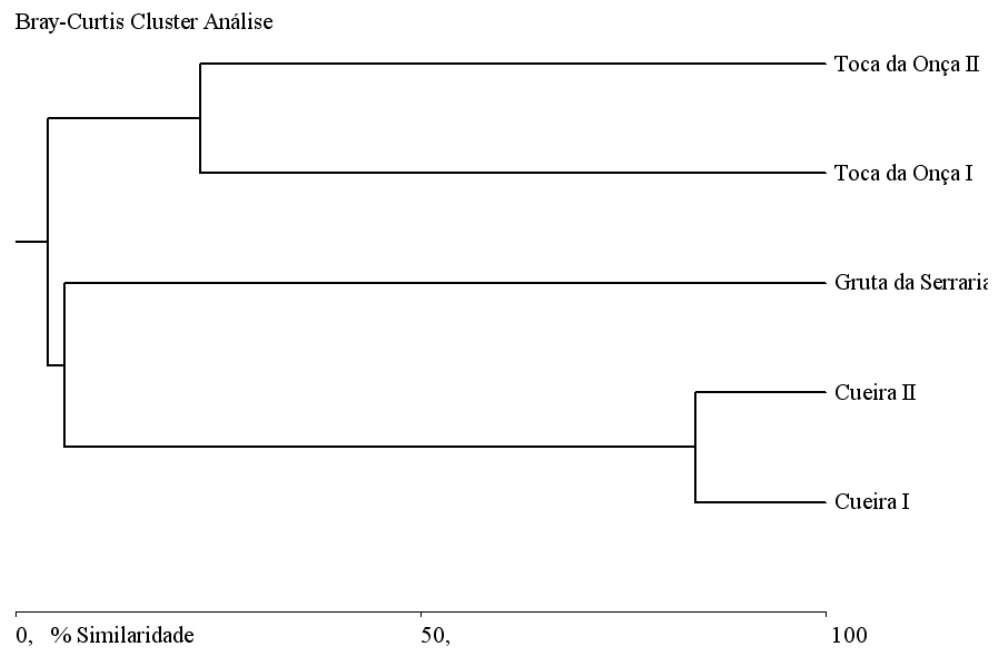


Figura 4. Dendrograma de similaridade quantitativa da fauna de invertebrados de cavernas insulares litorâneas e intertidais.

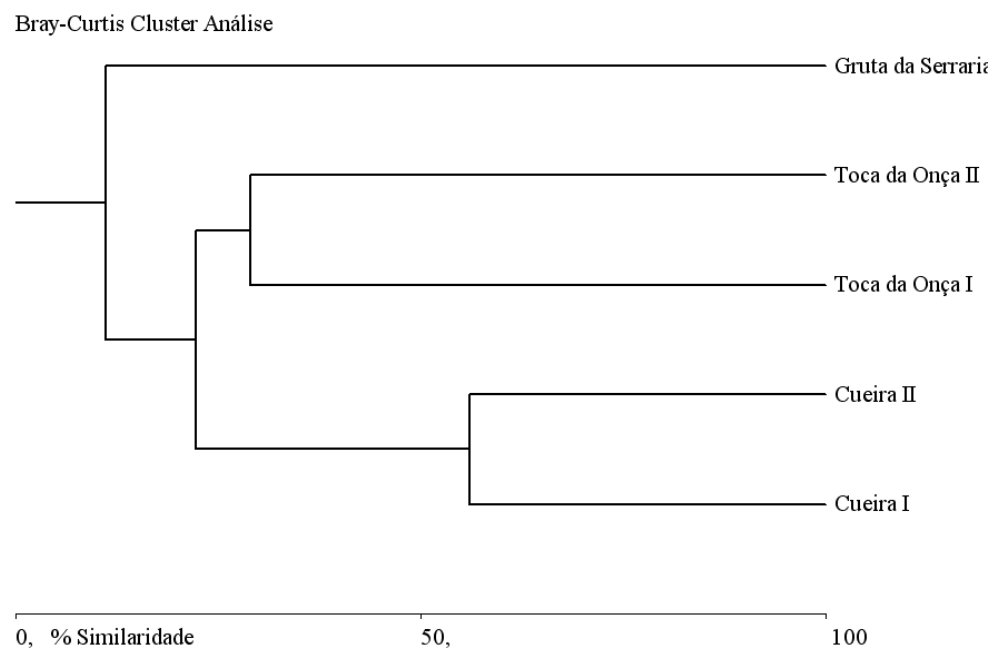


Figura 5. Dendrograma de similaridade qualitativa da fauna de invertebrados de cavernas insulares, litorâneas e intertidais.

As menores riquezas de invertebrados encontradas nas cavernas intertidais da ilha de Boipeba (Cueira I e II) em comparação às demais deste estudo, pode dever-se à pequena extensão destas cavernas e ao alto grau de distúrbios que o ambiente sofre em consequência dos regimes de maré. Durante os eventos de maré alta o piso torna-se totalmente inundado e a força das ondas pode alterar periodicamente a disponibilidade e

estrutura de microhabitats, além de lixiviar os detritos depositados, afetando o estabelecimento de espécies exclusivamente terrestres ou exclusivamente marinhas. Durante os eventos de maré baixa, represas formadas no solo pedregoso e arenoso mantêm o piso parcialmente inundado e desconectado do ambiente marinho, permitindo a permanência de espécies exclusivamente aquáticas. Entretanto, estas espécies

residentes devem ser aptas a tolerar condições físico-químicas diferentes daquelas ocorrentes durante a maré alta. Altas temperaturas e stress de dessecação têm sido considerados importantes determinantes na distribuição de organismos em ambientes rochosos intertidais pelo fato destas condições afetarem a fisiologia, dominância competitiva e estrutura de comunidades de invertebrados (Helmuth & Hofmann 2001).

Além disso, a variação na luminosidade desde a entrada até o fundo da caverna limita o crescimento de algas nas paredes pouco iluminadas, promovendo uma redução na produção primária de recursos alimentares. O gradiente de luz em cavernas intertidais pode limitar também a ocorrência de invertebrados que utilizam recursos alimentares oriundos de simbiose com protistas fotossintetizantes, e.g. Cnidária em simbiose com zooxantelas e zoclorelas (Balduzzi *et al* 1989, Martí *et al* 2004, Secord & Muler-Parker 2005).

A origem e a morfologia dos condutos de uma caverna marinha podem determinar um contínuo físico e biológico, na variação da intensidade de luz, hidrodinâmica, disponibilidade de alimento e distribuição da fauna (Zibrowius 1978, Gili *et al.* 1986; Balduzzi *et al.* 1994, Bianchi 1994). A fauna tende a responder a este contínuo, sendo possível distinguir “zonas” horizontais e verticais (com diferenças em composição de espécies ou de estrutura das comunidades) de acordo com a preferência por certos microhabitats que determinam a ocupação diferencial de espécies nestas cavernas (Harmelin 1985, Micael *et al* 2006).

Por outro lado, a caverna da Serraria apresenta longos condutos secos com pisos não revolvidos por água, indicando que a mesma não sofre freqüentes alterações oriundas do regime de maré. Entretanto, apesar desta “estabilidade”, foi encontrada uma baixa riqueza de invertebrados nesta caverna. Tal fato pode eventualmente dever-se às alterações antrópicas históricas no interior da caverna. Os resquícios de madeira e fogueira indicam um intenso uso antrópico histórico relacionado a um possível quilombo (Le Bret 1975). Os inúmeros fragmentos de madeira e carvão presentes no final da caverna são testemunhos das fogueiras frequentemente produzidas no passado em seu interior. Segundo depoimentos de

moradores locais, estas fogueiras foram produzidas por quilombolas ou indígenas que utilizavam a caverna como abrigo. Além da produção de fumaça que afugenta invertebrados, tal prática poderia provocar alterações na temperatura e umidade da caverna, impedindo a presença de muitas espécies de invertebrados.

Na gruta da Serraria o conduto inundado da caverna apresenta-se isolado do ambiente marinho e possui morfologia que dificulta a entrada de detritos alóctones. Além disso, sua condição disfótica limita a produção primária por algas, fato que pode impedir a manutenção de muitas espécies de invertebrados em função da provável escassez de recursos alimentares.

As maiores riquezas de invertebrados encontradas para as cavernas Toca da Onça I e II, considerando o reduzido tamanho das mesmas, pode dever-se às suas condições ambientais mais estáveis (ausência de distúrbios das marés) disponibilidade de recursos tróficos e facilidade de colonização por invertebrados terrestres. Para a Toca da Onça I a grande entrada em relação ao seu desenvolvimento linear favorece a colonização de um maior número de espécies de invertebrados que compõe as comunidades para-epígeas (Ferreira & Martins, 2001). O piso da caverna, recoberto de fragmentos de rocha, promove muitos abrigos úmidos para a fauna. Por outro lado, a Toca da Onça II, apesar de apresentar uma pequena entrada, é mais úmida além de possuir variados recursos alimentares disponíveis para os invertebrados (guano, raízes, etc).

Os altos valores de dominância nas grutas Cueira I e II devem-se à elevada abundância de Cirripedia, *Ligia* sp. e Mollusca. Estes táxons são bem tolerantes às variações de umidade nos ambientes intertidais ocorrendo em populações abundantes. Além disto, Mollusca e Cirripedia apresentam estruturas de fixação ao substrato rochoso que os tornam capazes de resistir à força mecânica das ondas, impedindo sua remoção (Almeida 2008).

Por outro lado, as elevadas abundâncias de alguns táxons, como Annelida e Uropodidae nas comunidades terrestres das cavernas Toca da Onça I e II e Curculionidae, Platyarthridae e Oonopidae na gruta da Serraria são provavelmente determinadas pela maior

quantidade de recursos alimentares específicos (presas, guano e madeira particulada).

A não estabilização da curva de espécies observada para as cavernas revela um número potencial de espécies de invertebrados superior ao amostrado neste estudo (figuras 2 e 3). A tendência à não estabilização das curvas de rarefação para as cavernas Toca da Onça I e II e gruta da Serraria pode dever se provavelmente ao fato que a heterogeneidade de microhabitats nas mesmas dificulta a coleta de algumas espécies. Provavelmente a presença de fissuras, blocos abatidos e corpos de água, permitem que algumas espécies não sejam acessadas pelo método de coleta visual. É esperado que ambientes heterogêneos apresentem uma alta diversidade de espécies, abrigadas em micro e meso habitats (Palmer et al. 2002).

Assim, os modelos de curva acumulativa de espécies, as variações na diversidade e na dominância e a baixa similaridade entre as cavernas constituíram circunstâncias já esperadas, uma vez que se optou por trabalhar com coletas únicas em cavernas espacialmente disjuntas e em distintas litologias, ao invés de se trabalhar exaustivamente com várias cavernas de uma determinada área. Desta forma, estendendo-se os inventários em longo prazo, incluindo as demais cavernas que possam existir em cada uma das áreas inspecionadas neste trabalho, pode-se alcançar o valor obtido no estimador de riqueza. Deste modo, existe a clara necessidade de novas coletas nas regiões para que se possa aproximar, eventualmente, dos valores de riqueza exibidos pelos modelos.

O baixo valor de similaridade qualitativa obtido entre o conjunto de grutas Cueira I e II e a gruta da Serraria parece ser influenciado pela distância entre estas cavernas e a amplitude das marés no piso das cavernas que pode determinar a presença de uma mesma espécie em cavernas distintas. Tal fato reflete o agrupamento das cavernas com regime interdital. Entretanto, a maior similaridade ocorre entre cavernas próximas, onde as condições intertidais e a fauna colonizadora devem provavelmente ser mais similares (Cueira I e Cueira II) (figura 4).

A baixa similaridade quantitativa entre as cinco cavernas estudadas reflete as grandes diferenças nas abundâncias de determinadas

espécies nas diferentes cavernas, provavelmente influenciadas pela heterogeneidade destes ambientes (figura 5).

Apesar de não serem observados usos e alterações antrópicas atuais na maioria das cavernas estudadas, nota-se que a potencialidade de alterações é elevada em função da localização das cavernas em regiões de intenso turismo e fácil acesso. Apesar do difícil acesso, a gruta da Serraria sofreu alterações antrópicas históricas oriundas de quilombos. Além disto, as Tocas da Onça I e II e respectivos entornos sofreram ação de mineração artesanal, sendo que atualmente existe agricultura de subsistência.

Estudos relacionados a cavernas marinhas mostram que uma das principais características destes habitats é a presença de distintas comunidades e condições ecológicas (Harmelin *et al.* 1985, Bussotti et al 2006). Este estudo, embora restrito em número de cavernas, demonstra claramente que estas cavernas, além de apresentarem uma riqueza significativa, possuem uma combinação única de condições que produzem comunidades atipicamente “compartimentalizadas” (organismos terrestres, marinhos e “anfíbios”) em situações de potencial interação que provavelmente só ocorrem nestes ambientes. Desta forma, estudos devem ser realizados para que a estrutura destas comunidades tão excepcionais possa ser descrita em detalhe.

Agradecimentos

Ao Critical Ecosystem Parthenership Fund (CEPF), Curso de Pós Graduação em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre (ECMVS-UFMG), Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), Centro de Estudos, Proteção e Manejo de Cavernas (CECAV-IBAMA). Leopoldo Ferreira de O. Bernardi e Randerley Flósculo.

Bibliografia

- Almeida, V., F. 2008. *Importância dos costões rochosos nos ecossistemas costeiros*, Cadernos de Ecologia Aquática 3 (2) : 19-32.
- Balduzzi, A., Bianchi, C., N., Boero, F., Cattaneo-Viatti, R., Pansini, M., and Sará, M. 1989. *The suspension-feeder communities of a Mediterranean sea cave*. Scienta marina 53(2-3):387-395.

- Balduzzi A., Bianchi C.N., Cattaneo-Vietti R., Cerrano C., Cocito S., Cotta S., Degl'Innocenti F., Diviacco G., Morgigni M., Morri C., Pansini M., Salvatori L., Senes L., Sgorbini S. and Tunesi L. 1994. *Primi lineamenti di bionomia bentica dell'isola Gallinaria (Mar Ligure)*. In: Albertelli G., Cattaneo-Vietti R. and Piccazzo M. (a cura di) (eds), *Atti del 10 congresso della Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia*. AIOL, Genova, pp. 603–617.
- Bell, J., J. 2002. *The Sponge Community in a Semi-Submerged Temperate Sea Cave: Density, Diversity and Richness*, *Marine Ecology* 23 (4): 297–311.
- Bianchi C.N. 1994. *Biologia delle grotte marine del Mediterraneo*. In: Fiorentini A. (ed.), *Mare Ed Ecologia Provincia di Genova*. URPL (Unione Regionale Province Liguri) & Marevivo, Genova, pp. 35-44.
- Bibiloni M., Gili J.G. and Ros J. 1984. *Les Coves Submarines de les illes Medes*. In: Ros J. (ed.), *Els sistemes naturals de les illes Medes*. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, vol. 73, pp. 707–773.
- Bowman, T E., and Iliffe T. M.. 1985. *Mictocaris halope, a new unusual peracaridan crustacean from marine caves on Bermuda*. *Journal of Crustacean Biology* 5(1):58-73.
- Bussotti, S., Terlizzi, A., Frascchetti, S., Belmonte, G. and Boero, F. 2006. *Spatial and temporal variability of sessile benthos in shallow Mediterranean marine caves*, *Mar Ecol Prog Ser* 325: 109–119
- Culver, D. C. 1982. *Cave Life*. Harvard University Press. Cambridge, 189 pp.
- Dessen, E. M B., Eston V. R., Silva M. S., M. Temperini-Beck T. e Trajano, E. 1980. *Levantamento preliminar da fauna de cavernas de algumas regiões do Brasil*. *Ciência e Cultura*. 32 (6):714-725.
- Ferreira R. L. e Martins, R. P. 2001. *Cavernas em risco de extinção*. *Ciência Hoje* 173(29): 20-28.
- Ferreira R. L. 2004. *A medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos*. Tese apresentada ao programa de pós-graduação em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 158pp.
- Ferreira R. L. 2005. *A vida subterrânea nos campos ferruginosos*. *O Carste*. 3(17):106-115.
- Galindo, L. C. e Câmara, I. G. 2005. *Status do hotspot Mata Atlântica: uma síntese*. In: *Mata Atlântica; biodiversidade, ameaças e perspectivas*. GALINDO-LEAL, C. & CÂMARA, I. G. Eds. Belo Horizonte; Centro de Ciências Aplicadas e Biodiversidade, 471p.
- Gibert, J., D. L. Danielopol & Stanford J. A.. 1994. *Groundwater Ecology*. Academic Press New York, 571 pp.
- Gili J., Riera T. and Zabala M. 1986. *Physical and biological gradients in a submarine cave on the Western Mediterranean coast (north-east Spain)*. *Marine Biol.* 90: 291–297.
- Gnaspini-Neto, P. and Trajano, E. 1994. *Brazilian cave invertebrates with a checklist of troglomorphic taxa*. *Revista Brasileira de Entomologia* 38: 549-584.
- Bunnell, D. 2004. *Littoral caves* in *Encyclopedia of caves and karst science*, edited by Gunn, J., Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. Pages 1050 - 1054.
- Hammer, O., Harper, D.A.T., and Ryan P. D. 2001. *PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis*. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.
- Hart C. W., Jr., Manning R. B., and Iliffe T. M. 1985. *The fauna of Atlantic marine caves: evidence of dispersal by sea floor spreading while maintaining ties to deep waters* *Proc. Biol. Soc. Wash.* 98(1): 288-292
- Harmelin J.G., Vacelet J. and Vasseur P. 1985. *Les grottes sour-marine obscures: un milieu extreme et un remarquable biotope refuge*. *Tethys* 11(3–4): 214–229.
- Helmuth. B. S. T. and Hofmann G. E. 2001. *Microhabitats, thermal heterogeneity and patterns of physiological stress in the rocky intertidal zone*, *Bio Bull*, 201:374-384.
- Iliffe, T. M., Wilkens H, Parzefall J. and Williams, D. 1984. *Marine Lava Cave Fauna: Composition, Biogeography, and Origins* *Science* 4659(225):309 – 311.
- Juberthie C. and Iliffe, T. M. 1994. *Faune souterraine in Bermuda*. In *Encyclopaedia Bioespeologica Tome I* page 417-424.
- Le Bret, M. 1975. *Maravilhoso Brasil subterrâneo*. Editora Japi Ltda. Jundiaí, SP. 204 pp.

- Lino C. F. 2001. *Cavernas; O fascinante Brasil subterrâneo*. 288pp. Editora Gaia LTDA. São Paulo.
- Magurran, A. E. 2004. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Cromm Helm, London, 179 pp.
- Martí, R., Uriz, M., J., Ballesteros, E. and Turon, X. 2004. *Benthic assemblages in two Mediterranean caves: species diversity and coverage as a function of abiotic parameters and geographic distance*, Journal of the Marine Biological, 84:3:557-572
- Micael J., Azevedo J.M.N. and Costa A.C. 2006. *Biological characterisation of a subtidal tunnel in Sao Miguel island (Azores)*, Biodiversity and Conservation 15:3675–3684
- Myloie, J. E. 2005. *Coastal caves*, in Encyclopedia of caves edited by David C. Culver and William B. White, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. Pages 122-127.
- Oliver I and Beattie, A. J. 1996. *Invertebrate morpho-species as surrogates for species: a case study*. Conservation Biology. 1(10): 99-109.
- Palmer, M.W., Earls, P., Hoaglan, D, B.W., White, P.S. and Wohlgemuth, T., 2002, *Quantitative tools for perfecting species lists*. Environmetrics, 13, pp. 121–137.
- Pinto-da-Rocha R. 1995. *Sinopse da fauna cavernícola do Brasil*. Papéis Avulsos de Zoologia 39 (6):61-173.
- Prous, X.; Ferreira R. L. and Martins, R. P. 2004. *Ecotone Delimitation: Epigean–Hypogean Transition In Cave Ecosystems*. Austral Ecology 29, 374–382
- Riedl, R. 1966. *Biologie der Meereshoehlen [Biology of Sea Caves]*. Parey, Hamburg/Berlin, 636 pp.
- Rocchini, D., Ricotta C., Chiarucci, A., De Dominicis V., Cirillo I and Maccherini, S. 2009. *Relating spectral and species diversity through rarefaction curves*, International Journal of Remote Sensing 10(30): 2705–2711
- Secord, D. and Muller-Parker, G. 2005. *Symbiont distribution along a light gradient within an intertidal cave*. Limnol. Oceanogr. 50(1): 272-278.
- Simon, K. S., Pipan T., and Culver D.C, 2007. *A conceptual model of the flow and distribution of organic carbon in caves*. Journal of Cave and Karst Studies, 2(69):279–284.
- Sket, B. 1999. *The ecology of anchihaline caves*. Trends in ecology and evolution 5(11):221-225
- Souza-Silva, M. 2008 *Ecologia e conservação das comunidades de invertebrados cavernícolas na Mata Atlântica Brasileira*. Tese de Doutorado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre, ICB- UFMG 226 pp.
- Stock, J., H., Iliffe, T. M. and Willians D. 1986. *The concept “anchialine” reconsidered*. Stygologia, 2(1/2):90-92
- Trajano E. 2000. *Cave faunas in the Atlantic tropical rain forest: composition, ecology and conservation*. Biotropica 32: 882-893.
- Todaro, M., A., Leasi, F., Bizzarri, N. and Tongiorgi, P. 2006. *Meiofauna densities and gastrotrich community composition in a Mediterranean sea cave*. Marine Biology, 149: 1079–1091
- Zibrowius H. 1978. *Les Scleractiniaires ds grottes sous-marines en Me´ diterranne´ e et dans l’Atlantique Nord Orientale (Portugal, Made´ re, Canaries, Açores)*. Pubbl. Staz. Zool. Napoli 40: 516–545.



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.sbe.com.br/espeleo-tema.asp