



## ANAIS do 33º Congresso Brasileiro de Espeleologia

Eldorado SP, 15-19 de julho de 2015 - ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 33º Congresso Brasileiro de Espeleologia disponível gratuitamente em [www.cavernas.org.br/33cbeanais.asp](http://www.cavernas.org.br/33cbeanais.asp)

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

BILATE CURY PUIDA, D.; YANKOUS GONÇALVES FIALHO, M.; PARREIRAS MIRANDA, F.. Diagnóstico dos estudos bioespeleológicos realizados para a análise de relevância de cavidades naturais subterrânea. In: RASTEIRO, M.A.; SALLUN FILHO, W. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 33, 2015. Eldorado. *Anais...* Campinas: SBE, 2015. p.1-5. Disponível em: <[http://www.cavernas.org.br/anais33cbe/33cbe\\_001-005.pdf](http://www.cavernas.org.br/anais33cbe/33cbe_001-005.pdf)>. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.  
Consulte outras obras disponíveis em [www.cavernas.org.br](http://www.cavernas.org.br)

# DIAGNÓSTICO DOS ESTUDOS BIOESPELEOLÓGICOS REALIZADOS PARA A ANÁLISE DE RELEVÂNCIA DE CAVIDADES NATURAIS SUBTERRÂNEA

DIAGNOSTIC OF SPELEOBIOLOGICAL STUDIES CARRIED IN ANALYSIS OF RELEVANCY OF  
NATURAL SUBTERRANEAN CAVES

**Daniele BILATE CURY PUIDA; Mariana YANKOUS GONÇALVES FIALHO;  
Fabíola PARREIRAS MIRANDA**

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais – SEMAD, Belo Horizonte MG.

Contatos: [daniele.bc@gmail.com](mailto:daniele.bc@gmail.com), [mari.yankous@gmail.com](mailto:mari.yankous@gmail.com).

## Resumo

Inventários de Fauna constituem o principal instrumento para realização de diagnóstico do meio biótico. No Brasil, inventários da fauna cavernícola têm aumentado progressivamente nos últimos anos, em razão da necessidade da elaboração de estudos de relevância de cavidades naturais subterrâneas para o licenciamento ambiental. De acordo com a legislação brasileira, 20 atributos biológicos devem ser avaliados para a definição da relevância de uma cavidade. Entretanto, não há um instrumento regulatório que normatize a forma pela qual os inventários de fauna subterrânea devem ser conduzidos. Nós apresentamos aqui um diagnóstico dos inventários de fauna subterrânea realizados na região central do Estado de Minas Gerais, desenvolvidos para a análise de relevância de cavidades. Nossos resultados demonstram que, no geral, os inventários são desenvolvidos com poucos critérios técnicos. A necessidade da formulação de um Termo de Referência para a execução de inventários da fauna subterrânea é urgente, a fim de aprimorar a aquisição de dados e melhor subsidiar a tomada de decisão pelo poder público.

**Palavras-Chave:** Inventários de fauna, Bioespeleologia, Instrução Normativa MMA Nº 2/2009.

## Abstract

*Fauna inventories are the main tool for performing diagnosis of biota. In Brazil, inventories of cave fauna have progressively increased in recent years due to the need to draw up studies of relevancy of natural caves for environmental licensing. According to Brazilian law, 20 biological attributes should be evaluated to define the relevance of a cave. However, there is no regulatory instrument regulating the way that inventories of cave fauna should be conducted. We present here a diagnosis of inventories of cave fauna conducted in central Minas Gerais state and developed for the analysis of relevancy of natural caves. Overall, our results show that the inventories are developed with few technical criteria. The need for the formulation of a Terms of Reference for the execution of the inventories of cave fauna is urgent in order to improve data acquisition and better support decision making by the government.*

**Key-words:** Fauna inventories, Speleobiology, Instrução Normativa MMA Nº 2/2009.

## 1. INTRODUÇÃO

Inventários de Fauna constituem o principal instrumento para realização do diagnóstico do meio biótico. No licenciamento ambiental de empreendimentos efetiva ou potencialmente degradadores dos recursos naturais, o instrumento regulador da amostragem da fauna até 2009 foi a Instrução Normativa IBAMA 146/2007. Desde então, a IN 146/2007 ficou restrita ao licenciamento de usinas hidrelétricas e a amostragem de fauna para outros tipos de empreendimentos é regulamentada pela resolução CONAMA 237/97, de caráter mais geral.

Inventários da fauna cavernícola têm aumentado progressivamente nos últimos anos, após a publicação do Decreto nº 6640/2008 que flexibilizou a instalação e operação de empreendimentos em áreas cársticas brasileiras. A promulgação do Decreto nº 6.640/2008 trouxe mudanças significativas para a proteção das cavidades naturais subterrâneas do Brasil, ao permitir a sua supressão em áreas de interesse econômico. A fim de regulamentar as supressões uma série de critérios foram definidos, dentre eles a necessidade de se estabelecer a relevância das cavidades para conservação.

O decreto 6640/2008 foi seguido pela Instrução Normativa MMA Nº 2/2009, que define os atributos para classificação da relevância das cavidades naturais subterrâneas. Embora a IN 2/2009 defina os atributos bióticos a serem avaliados durante a análise de relevância, a maneira pela qual esses atributos serão levantados e analisados fica a cargo do cientista responsável pela elaboração e execução dos estudos, na ausência de um marco regulatório que defina procedimentos para o inventário da fauna subterrânea.

Minas Gerais é o estado com maior número de cavidades identificadas no Brasil, detendo cerca de 40% das cavidades conhecidas no País (CECAV, 2015). Duas importantes províncias espeleológicas estão localizadas no Estado, a região cárstica de Lagoa Santa e o quadrilátero ferrífero. Essas áreas encontram-se sobre forte pressão antrópica, sobretudo devido às atividades de mineração e também pela expansão urbana. Dada à alta demanda de licenciamento de atividades com impactos potenciais ou reais sobre as cavidades nessas áreas, é esperado que o número de inventários da fauna cavernícola e de estudos bioespeleológicos continue a crescer rapidamente.

Nosso objetivo é avaliar como estão sendo executados os estudos bioespeleológicos no contexto da análise de relevância de cavidades naturais subterrâneas na região central do Estado de Minas Gerais. Pretendemos, especificamente, diagnosticar os métodos empregados nos inventários da fauna cavernícola e avaliar a qualidade técnica dos estudos, considerando questões inerentes a produção de conhecimento científico como delineamento amostral, adequação dos métodos de amostragem e de análise de dados.

## 2. METODOLOGIA

Nós realizamos a consulta e análise de 18 estudos bioespeleológicos entregues ao órgão ambiental do Estado de Minas Gerais e desenvolvidos para o licenciamento de atividades minerárias. Nós restringimos a análise aos processos de licenciamento de atividades minerárias dada à obrigatoriedade da apresentação da análise de relevância das cavidades já na primeira etapa do licenciamento, o requerimento da licença prévia.

Para cada estudo foram levantadas a apresentação e análise de oito variáveis: i) esforço amostral empregado; ii) métodos de amostragem utilizados; iii) avaliação da suficiência amostral; iv) realização de amostragem no meio epígeo; v)

métodos utilizados na identificação das espécies; vi) descrição das condições ambientais do habitat; vii) análise da estrutura da comunidade (métricas de riqueza, abundância e similaridade) e viii) comparação dos resultados encontrados com outros estudos obtidos na região.

Uma tabela foi construída contendo cada uma das oito variáveis avaliadas e cada estudo recebeu um código identificador (iniciado pela sigla BE). Para as variáveis i, ii, v, vii, foi descrita a maneira pela qual elas foram avaliadas pelos estudos, enquanto para as variáveis iii, iv, vi e viii apenas sua presença ou ausência nos estudos foi registrada.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todos os estudos avaliados, o inventário da fauna cavernícola foi feito em, no máximo, duas ocasiões de amostragem. Esse período é curto para que flutuações populacionais sejam verificadas, bem como o *turnover* de espécies. Gallão e Bichuette (2015) demonstraram que o número de espécies encontradas durante o inventário da fauna subterrânea, incluindo espécies troglóbias e troglomórficas, aumenta após um segundo evento de amostragem. Consequentemente, a avaliação ecológica e o diagnóstico da relevância das cavidades são prejudicados por uma duração tão reduzida da amostragem da fauna.

Verificamos que a maioria dos estudos (66%) não informa qual foi o esforço amostral adotado e, dentre os que o fazem, a informação é muitas vezes apenas parcialmente apresentada (Tabela 1). Aliado a isso, a ausência da avaliação da eficiência amostral também foi comum entre os estudos (Tabela 1), o que não permite avaliar se a comunidade cavernícola foi suficientemente caracterizada. Quando empregados, o método de avaliação da suficiência amostral adotado foi a construção da curva do coletor. Esse método de análise é pouco informativo, considerando que em regiões megadiversas como o Brasil, a assíntota dificilmente será alcançada.

A ausência de avaliação do esforço amostral pode acarretar grandes prejuízos à análise do estudo. Por exemplo, muitas espécies troglóbias, para as quais maior destaque é dado na legislação, apresentam baixa abundância. A não detecção destas espécies durante um inventário da fauna subterrânea pode ser decorrente da subamostragem. Sem a avaliação do esforço amostral, não há como garantir que a comunidade foi suficientemente caracterizada e que essas espécies estejam ausentes. Um os

métodos disponíveis para avaliação do esforço amostral é a análise de rarefação de riqueza de espécies (Gotelli e Colwell, 2010). Comparando a riqueza observada em campo com a estimada para a

área de estudo, é possível avaliar se o número de espécies encontrado está dentro do esperado para a área, possibilitando avaliar se o esforço empregado foi suficiente para a caracterização da fauna.

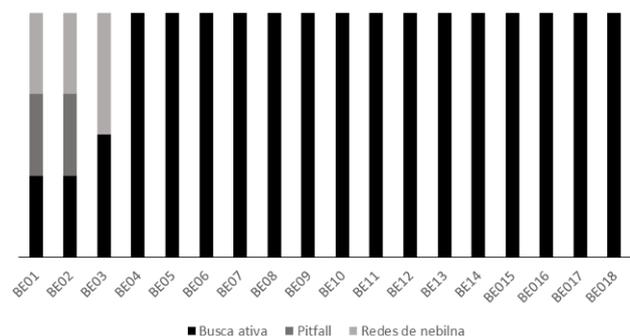
**Tabela 1.** Avaliação das variáveis referentes ao esforço amostral e as métricas da comunidade apresentadas nos estudos bioespeleológicos analisados. NA = Não avaliado, NE = Não especificado no relatório apresentado.

Estudo	Esforço amostral empregado	Suficiência amostral	Estrutura da comunidade		
			Riqueza	Abundância	Similaridade
BE01	NE	NA	Observada	Observada	NA
BE02	5 min/m <sup>2</sup> /coletor	NA	Observada	Observada	NA
BE03	NE	Sim	Observada	Observada	Sim
BE04	NE	NA	Observada	Observada	Sim
BE05	NE	Sim	Observada e estimada	Observada	Sim
BE06	NE	NA	Observada	Observada	Sim
BE07	3 min/m <sup>2</sup> /coletor	Curva do coletor	Observada	Observada	NA
BE08	NE	Curva do coletor	Observada	Observada	Sim
BE09	NE	NA	Observada	Observada	Sim
BE10		Sim	Observada	Observada	NA
BE11	30 min/10 m <sup>2</sup>	NA	Observada	Observada	NA
BE12	NE	NA	Observada	Observada	NA
BE13	NE	NA	Observada	Observada	NA
BE14	NE	NA	Observada	Observada	NA
BE015	NE	NA	Observada	Observada	NA
BE016	30 min/10 m <sup>2</sup> /coletor; 120 h pitfall	NA	Observada	Observada	Sim
BE017	5 min/m <sup>2</sup> /2 coletores	Sim	Observada	Observada	Sim
BE018	NE	NA	Observada	Observada	NA

Em todos os estudos avaliados, a estrutura da comunidade foi avaliada considerando apenas a riqueza e a abundância absoluta (Tabela 1). O processo de detecção de um organismo em campo raramente é perfeito e constante, podendo ser influenciado tanto pela raridade das espécies, como pelo próprio observador e pelas condições ambientais no momento da amostragem (MacKenzie et al., 2006). Quando medidas de riqueza e abundância são calculadas considerando-se apenas valores absolutos, assume-se que a detecção é perfeita, uma premissa raramente alcançada (Kellner e Swihart, 2014). Muitos métodos estão disponíveis para o tratamento da detecção imperfeita (Williams et al. 2002, MacKenzie et al. 2006, Royle e Dorazio, 2008), entretanto, nenhum dos estudos avaliados considerou essas ferramentas durante a análise da comunidade. Assim, é possível que os resultados encontrados representem subestimativas da estrutura da comunidade cavernícola, prejudicando novamente a análise dos estudos.

A maior parte dos estudos empregou apenas um método de amostragem durante sua execução (Figura 1). A composição de espécies obtida durante os inventários da fauna subterrânea

está relacionada aos métodos de coleta empregados (Oliveira, 2014), e a adoção de métodos complementares permite a obtenção de listagens de fauna mais completas (Pellegrini e Ferreira, 2012). Sugerimos que essa recomendação seja adotada na execução de inventários futuros.

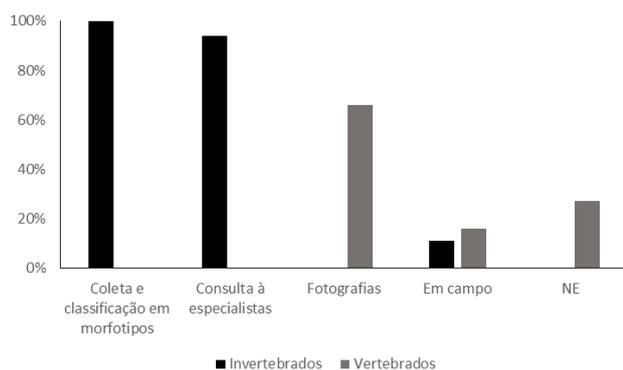


**Figura 1.** Métodos de amostragem empregados para o inventário da fauna cavernícola. Cada barra representa um estudo avaliado.

Apenas um entre os 18 estudos avaliados realizou a amostragem do meio epígeo. Esse procedimento permite complementar a caracterização da comunidade quanto a existência de organismos acidentais ou raros. A amostragem no meio epígeo é também a única maneira de

comprovar que os troglomorismos apresentados por um indivíduo não são decorrentes do isolamento no meio subterrâneo. Sugerimos que os inventários da fauna subterrânea sejam estendidos ao ambiente do entorno das cavidades objeto de estudo, possibilitando inclusive melhor avaliação dos atributos de relevância.

Houve padronização entre os estudos quanto aos métodos adotados para identificação dos invertebrados (Figura 2). Todos os estudos classificaram os indivíduos capturados em morfotipos e realizaram a consulta a taxonomistas a fim de obter auxílio nas identificações. Entretanto, as listas de espécies de todos os estudos apresentam identificações superficiais dos táxons encontrados, com muitos indivíduos identificados apenas em gêneros e famílias. No Brasil, a carência de taxonomistas em muitos grupos é amplamente reconhecida. Muitos estudos não conseguem chegar a um maior refinamento na identificação das espécies, pois muitos grupos sequer foram descritos ou revisados. Enquanto isso, muitas espécies aguardam sua descrição em coleções de referência (Trajano e Bichuette, 2010; Brescovit, A. e Zepellini, D., Com. pessoal). Essas dificuldades serão superadas apenas em longo prazo, com maior estímulo a formação de taxonomistas. No momento, a iniciativa privada poderia contribuir para o incremento do conhecimento da diversidade subterrânea no país através do financiamento de editais públicos voltados para a descrição dessas espécies.



**Figura 2.** Métodos de identificação dos espécimes encontrados durante o inventário da fauna subterrânea adotados pelos estudos analisados.

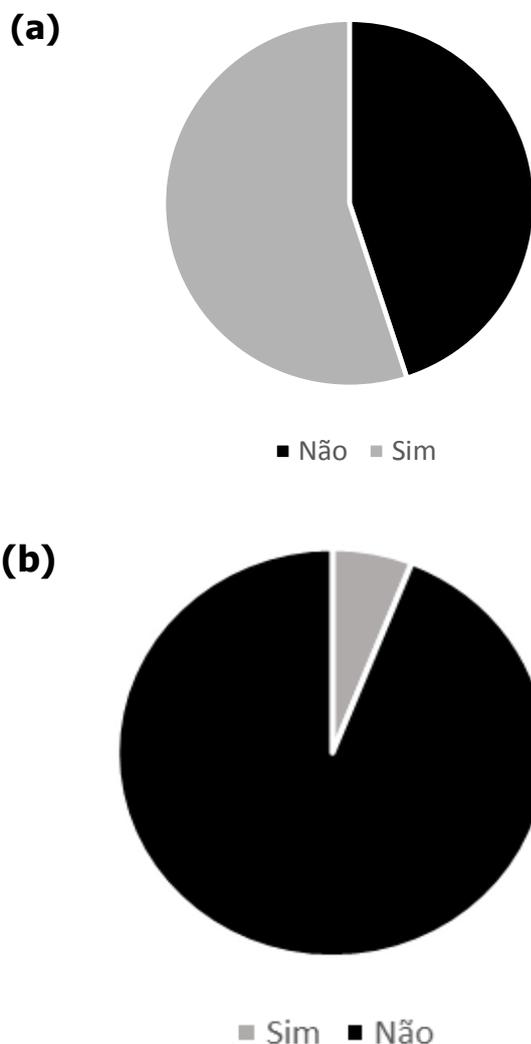
Ainda com relação a identificação dos espécimes, percebe-se uma clara distinção dos métodos empregados entre os grupos de invertebrados e vertebrados (Figura 2). Se para o primeiro existe uma prática corrente de coleta de material testemunho e consulta a especialistas que auxiliem na identificação, a amostragem e

identificação de vertebrados não é realizada através de métodos consagrados. Nenhum dos estudos avaliados buscou sistematizar as coletas de maneira a obter a melhor caracterização das espécies que utilizam as cavidades. A ausência de captura e coleta de material testemunho também compromete a identificação precisa das espécies.

Dentre os vertebrados, o grupo dos quirópteros é o que recebe maior atenção na IN MMA Nº 2/2009, dada a reconhecida associação entre o grupo e as cavidades. Algumas colônias de morcego apresentam comportamento itinerante, e a escolha do abrigo é influenciada pela densidade de cavidades (Trajano, 1996). Colônias permanentes de morcegos são geralmente encontradas quando a densidade de abrigos é reduzida (Trajano, 1996). Nenhum dos estudos considerou essas questões durante a amostragem do grupo, prejudicando inclusive a análise de parâmetros da IN MMA Nº 2/2009, como “População residente de quirópteros” e “Presença de troglóxeno obrigatório”. Assim, consideramos fundamental a realização de inventários sistematizados para a amostragem dos quirópteros, a fim de garantir que as cavidades não constituem abrigos essenciais para as espécies da área. Sugerimos que a amostragem da quiropterofauna seja realizada sempre com o uso de métodos complementares à busca ativa, além da adoção de métodos de captura, marcação e recaptura. A coleta de material testemunho também é fundamental para identificação precisa do material e para a elaboração de uma coleção de referência para o local, única maneira de conferir credibilidade científica aos inventários de fauna.

Com relação a avaliação das condições ambientais das cavidades, 55% dos estudos abordaram esta variável (Figura 3a), investigando principalmente condições de luminosidade, temperatura, umidade e disponibilidade de substratos orgânicos. No entanto, os estudos abordam apenas a avaliação qualitativa e descritiva dos substratos. Nenhuma caracterização trófica foi apresentada. A relação entre a fauna cavernícola encontrada e as condições ambientais também não é explorada. A identificação de processos ecológicos é complexa e frequentemente demanda um longo prazo para sua caracterização. Embora essenciais para compreensão do sistema subterrâneo, esses fatores são ignorados pela IN MMA Nº 2/2009, que se atem apenas a preservação das espécies, mas não dos processos ecológicos. A caracterização da estrutura trófica das cavidades é fundamental para compreensão do funcionamento do ecossistema subterrâneo e deveriam ser também considerados

como um atributo para a valoração das cavidades naturais subterrâneas.



**Figura 3.** Porcentagem dos estudos que avaliou as condições ambientais das cavidades inventariadas (a) e porcentagem dos estudos que realizou a comparação dos resultados obtidos com outros inventários de fauna realizados na região (b).

Verificamos que na maior parte dos estudos foi realizada uma análise pontual, focada na construção de uma lista de espécies e na detecção dos atributos da IN MMA N°2/2009.

## BIBLIOGRAFIA

BRASIL. Decreto n° 6640 de 7 de Novembro de 2008.

CECAV. Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE). Disponível em <[www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html](http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html)>. Acesso em: 30 abr. 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução N° 237 de 19 de Dezembro de 1997.

Frequentemente, não há uma contextualização dos resultados obtidos nesses estudos com outros realizados na região (Figura 3b) ou uma análise da similaridade na composição da fauna encontrada em outras cavidades num contexto local ou regional (Tabela 1). A comparação com outros estudos permitiria a melhor avaliação de alguns atributos, como a raridade e distribuição das espécies. O levantamento de dados secundários também é relevante para a construção de uma listagem de espécies com potencial ocorrência na área de estudo, permitindo a comparação da composição de espécies entre as diversas cavidades em um contexto regional. Entretanto, a comparação entre estudos é influenciada pela metodologia utilizada (Oliveira, 2014). Somente através da padronização dos métodos de inventário seria possível comparar os resultados obtidos em diferentes estudos, permitindo avaliar especificidades na composição de fauna em determinada cavidade e a melhor compreensão da distribuição da fauna subterrânea em um contexto regional.

## 4. CONCLUSÕES

Nenhum dos estudos analisados atendeu plenamente a todas as variáveis objeto da análise desse diagnóstico. Nossos resultados demonstram que, no geral, os inventários de fauna realizados para a análise de relevância de cavidades naturais subterrâneas são desenvolvidos com poucos critérios técnicos. Uma das soluções para melhora da situação presente é a elaboração de um Termo de Referência contendo diretrizes para a realização dos estudos bioespeleológicos. Na ausência de um marco regulatório que oriente a execução de inventários da fauna subterrânea, tempo e dinheiro poderão continuar sendo desperdiçados, com atrasos no processo de licenciamento ambiental, prejuízos para a tomada de decisão e para a compreensão dos impactos do empreendimento sobre a fauna subterrânea.

- GALLÃO, J.E.; BICHUETTE, M.A. **Taxonomic distinctness and conservation of a new high biodiversity subterranean area in Brazil.** Anais da Academia Brasileira de Ciências 87(1) p.209-217, 2015.
- GOTELLI, N.J.; COLWELL, R.K. **Estimating Species Richness.** In MAGURRAN, A.E.; MCGILL, B.J. Biological Diversity. Frontiers in Measurement and Assessment. Oxford University Press, p. 39-54, 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Instrução Normativa Nº 146** de 10 de Janeiro de 2007.
- KELLNER, K.F.; SWIHART, R.K. **Accounting for Imperfect Detection in Ecology: A Quantitative Review.** Plos One, 9(10), e111436, 2014.
- MACKENZIE, D.I.; NICHOLS, J.D.; POLLOCK, L.L. ET AL. **Occupancy estimation and modeling: Inferring patterns and dynamics of species occurrence.** Amsterdam: Academic Press, 2006.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Instrução Normativa MMA Nº 2** de 20 de Agosto de 2009.
- OLIVEIRA, M.P.A. **Os métodos de coleta utilizados em cavernas são eficientes para a amostragem da fauna subterrânea?** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, 2014.
- PELLEGRINI, T.G.; FERREIRA, R.L. **Metodologias diferenciadas aumentam a eficiência de inventários faunísticos em cavernas?** Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico – UFMG, v.21(1), p. 111-121, 2012.
- ROYLE, J.A.; DORAZIO, R.M. **Hierarchical modeling and inference in Ecology: The analysis of data from populations, metapopulations and communities.** London: Academic Press, 2008.
- TRAJANO, E. **Movements of Cave Bats in Southeastern Brazil, with Emphasis on the Population Ecology of the Common Vampire Bat, *Desmodus rotundus* (Chiroptera).** BIOTROPICA 28(1), p.121-129, 1996.
- TRAJANO, E.; BICHUETTE, M.E. **Diversity of Brazilian subterranean invertebrates, with a list of troglomorphic taxa.** Subterranean Biology 7: 1-16, 2009.
- WILLIAMS, B.K.; J.D.NICHOLS; M.J.CONROY. **Analysis and management of animal populations.** San Diego: Academic Press, 2002