

# RELEVÂNCIA DE CAVERNAS: PORQUE ESTUDOS AMBIENTAIS ESPELEBIOLÓGICOS NÃO FUNCIONAM

## RELEVANCE OF CAVES: WHY ENVIRONMENTAL STUDIES HAVE BEEN INADEQUATE

Eleonora Trajano<sup>I</sup> & Maria Elina Bichuette<sup>II</sup>

(I) Departamento de Zoologia, Inst. Biociências da USP, São Paulo-SP.

(II) Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, UFSCar, São Carlos-SP.

Contatos: [etrajano@usp.br](mailto:etrajano@usp.br); [bichuette@ufscar.br](mailto:bichuette@ufscar.br)

### Resumo

Estudos ambientais recentes visando à classificação de cavernas de acordo com seu grau de relevância têm falhado nesse objetivo, pois seguem protocolos insuficientes para se testar a ausência dos atributos de máxima relevância estabelecidos no Decreto 6640, de 2008 (os quais, por sua vez, também são insuficientes), de tal modo que não é cientificamente válido classificar as cavidades assim estudadas em qualquer categoria que não seja a de relevância máxima. Entre as muitas falhas da Instrução Normativa do MMA – IN nº 2, de 2009, está a definição de critérios “mínimos” de estudo que estão muitíssimo aquém do que é efetiva - e cientificamente - mínimo. São aqui discutidos aspectos que devem ser incorporados aos estudos biológicos de modo a gerar protocolos, tanto gerais como específicos, compatíveis com os objetivos da classificação conforme grau de relevância dos sistemas subterrâneos, começando pela comprovação estatística da suficiência amostral, e passando pela determinação da diversidade beta, graus de endemismo, raridade, grau de ameaça e risco de extinção de espécies/populações, além da importância das cavernas para ecossistemas epígeos. Ecossistemas subterrâneos são únicos, singulares, de modo que, em princípio, todos devem ser considerados de relevância máxima.

**Palavras-Clave:** relevância de cavernas; estudos ambientais; suficiência amostral; Decreto 6640.

### Abstract

*Recent environmental studies aiming to classify caves in accordance with the degree of relevance have been failing because their protocols are not sufficient to test for the absence of attributes of maximum relevance as established by the Decree n. 6640, from 2008. Therefore, it is not possible to classify any of the studied caves in any category other than that of maximum relevance. The minimum criteria for speleobiological study protocols, as established in the Ordinance MMA n. 2, from 2009, are far beyond the scientifically acceptable and should be revised. Herein, we discuss important aspects to be also taken into account, including tests of sample sufficiency, beta diversity, endemism, rarity, threat degree and extinction risk, and also the importance of caves for epigeal communities. Each subterranean ecosystem is unique, thus they all merit to be treated as systems of maximum relevance.*

**Keywords:** Cave relevance; environmental studies; sample sufficiency; Decree 6640.

Eixo temático: Opinião  
Recebido em: 09. ago.2010

Aprovado em: 13.ago.2010

## Singularidade dos ecossistemas subterrâneos

Todo ecossistema é resultado da interação entre fatores históricos e ecológicos atuais, incluindo evolução geológica e geomorfológica da região, clima regional e sua história, oportunidades de colonização, dispersão e isolamento, hidrologia e conectividade, topografia (não existem duas cavernas iguais), heterogeneidade de habitat e sua proporção, disponibilidade de recursos alimentares adequados às diferentes espécies, conjunto de espécies interagindo e sua abundância relativa etc., além de fatores estocásticos.

Em função da pluralidade de variáveis interagindo, cada ecossistema cavernícola é único, tal como um indivíduo que compartilha, com seus co-específicos, os padrões gerais da espécie, mas que pode ser distinguido de todos os demais por suas particularidades. O caso evidente de singularidade é o de cavernas com espécies troglóbias exclusivas. Menos evidente, porém igualmente relevante, é o de cavernas com espécies troglóbias cuja distribuição ultrapassa seus limites topográficos. Mesmo nestes casos, as populações encontradas em cada uma das cavernas de ocorrência da espécie podem ser fundamentais para a manutenção de sua variabilidade (diretamente relacionada à capacidade de adaptação a novas situações) e mesmo integridade, dependendo o tamanho efetivo mínimo para manutenção da espécie. Mesmo cavernas sem registro de troglóbios são singulares à medida que abrigam conjuntos distintos de espécies, interagindo de forma particular e diferenciada. De fato, diferenças nas abundâncias relativas das populações, componentes da diversidade  $\beta$  ao lado da riqueza de espécies, podem resultar em ecossistemas funcionalmente distintos. Isto ficou evidenciado nos estudos espeleobiológicos específicos realizados em 2009 nas 32 cavernas incluídas nos Planos de Manejo Espeleológico dos Parques Estaduais Intervalas, Turístico do Alto Ribeira e Mosaico de Unidades de Conservação de Jacupiranga: em nenhum caso a composição da fauna de duas cavernas foi coincidente, mesmo quando excluídos os troglóbios e outras espécies raras (Bichuette, Pellegatti-Franco & Trajano, dados não publicados). Ou seja, em termos faunísticos e funcionais, cada ecossistema cavernícola tem suas particularidades.



Figura 1. Exemplos de animais cavernícolas que conferem relevância a cavernas. A. *Racekiela cavernicola* da Lapa dos Brejões, Morro do Chapéu (BA) – primeira esponja cavernícola registrada no Brasil (Foto: Adriano Gambarini); B, Aranha Prodidomidade, sp. n., da caverna Água Suja, Alto Ribeira (SP) – primeiro registro da família em cavernas, troglófila ou troglóbionta (Foto: Flávia Pellegatti-Franco); C, Novo opilião troglóbiont (Gonyleptidae: Pachylinae), recentemente descoberto na Caverna Santana, Alto Ribeira (SP) Foto: Flávia Pellegatti-Franco.

## Estudos ambientais e licenciamento de empreendimentos em áreas com cavernas e outros ambientes subterrâneos

Com o Decreto 6640, de 2008, que flexibilizou o uso de cavernas em todo o território nacional, as quais eram integralmente protegidas pelo Decreto 99.556, de 1990, a lei mudou, mas seu espírito permanece: não se admitem impactos que levem à perda irreversível de biodiversidade subterrânea. Isto fica bem claro na análise dos critérios que conferem relevância máxima a cavidade, conforme Instrução Normativa do MMA - IN nº2, de 20 de agosto de 2009 – trata-se de atributos de singularidade, que conferem importância fundamental à cavidade para a manutenção da biodiversidade, tanto biológica e geológica, como cultural. Essas normas legais apresentam várias falhas, das quais uma das maiores é centrar toda a análise na cavidade (que, na definição, equivale a caverna, por sua vez definida através de critério antropocêntrico, que são as dimensões do espaço), e não no ecossistema em si, o qual em muito a ultrapassa geograficamente, além de ignorar sumariamente a existência de outros habitats subterrâneos igualmente relevantes. Chamamos, ainda, a atenção para o fato indiscutível de que a metodologia do estudo visando à detecção desses atributos deve ser adequada à classificação do grau de relevância de qualquer cavidade, em qualquer escala espacial e temporal. Só assim se poderia apontar, com certeza estatisticamente significativa, os casos de cavernas que não apresentam nenhum desses atributos e que, portanto, não seriam consideradas de relevância máxima, podendo ser impactadas.

Por outro lado, a análise de estudos ambientais que visem a embasar decisões de licenciamento de empreendimentos deve ser sempre norteada pelo princípio maior da Precaução, que direciona todas as ações e decisões no campo da Conservação e outros, como é o caso do campo jurídico (*In dubio, Pro Reu* – todos são inocentes até prova em contrário). Para a Conservação, isto significa que, havendo dúvidas em função da existência de evidências de ameaça, deve-se assumir o cenário de maior risco.

Principalmente no âmbito de empreendimentos com impactos irreversíveis ou dificilmente reversíveis, é evidente que todo estudo visando à determinação do grau de

relevância do patrimônio espeleológico deve ser absolutamente conclusivo, sem deixar qualquer margem à dúvida (novamente cabe aqui a analogia com o sistema jurídico humano, que não admite condenação em caso de “dúvida razoável”), quanto aos seguintes aspectos (para uma discussão sobre método científico e teste de hipóteses de presença *versus* ausência de atributos, ver Trajano, 2009a, 2009b):

**1) Suficiência amostral**, que deve ser testada através de métodos estatísticos robustos, como as **Curvas de Acumulação de Espécies**, a fim de se demonstrar que amostra é efetivamente representativa do sistema sob estudo. Note-se aqui a impossibilidade matemática de dois pontos amostrais (mínimo determinado na IN n. 2, Art. 16) definirem uma curva. Dados de literatura, assim, como nossa experiência pessoal, indicam que mais de 10 pontos (= ocasiões amostrais), distribuídos por vários ciclos anuais, são necessários para uma curva de acumulação atingir sua assíntota, que representa estabilização da amostragem, permitindo inferir sua suficiência em termos de número de coletas.

Outro aspecto da frequência de amostragem a ser considerado é a sua periodicidade, pois não adianta concentrar as ocasiões de amostragem em um curto período de tempo, já que uma eventual assíntota refletiria apenas uma situação pontual. Ora, todo sistema biológico é dinâmico, o que equivale a dizer que existe uma dimensão temporal igualmente determinante das propriedades e funcionamento desses sistemas. Um dos componentes temporais mais importantes dos ecossistemas naturais é a sazonalidade, que equivale a padrões com período de cerca de um ano (“circa-anuais”). Para a detecção de padrões rítmicos estatisticamente significantes, é necessário estender o estudo por pelo menos três vezes o período desses ritmos, ou seja, três anos no caso da sazonalidade. Se a descrição e compreensão do funcionamento de um determinado ecossistema é o objetivo do estudo, este deve necessariamente incorporar a dimensão temporal em sua metodologia, sendo a sazonalidade um ritmo amplamente reconhecido como de grande importância. É indiscutível que estudos visando à classificação de cavernas em termos de relevância enquadram-se aqui.

Um claro exemplo da necessidade de estudos espeleobiológicos de médio a longo prazos são as tentativas de se caracterizar ecossistemas subterrâneos com base em aspectos pontuais, como manchas de guano e outros substratos instáveis. Há fortes evidências da ocorrência de variações temporais na distribuição, localização específica e permanência dessas manchas, como decorrência da freqüente itinerância das colônias de morcegos cavernícolas, sobretudo em áreas com alta diversidade de abrigos em rocha. Do mesmo modo, é comum observar-se acentuadas alterações na distribuição de substratos ripários (à beira d'água) e mesmo de bancos de sedimento não tão próximos assim de rios, sobretudo após anos muito chuvosos. Estudos focados nesses substratos podem ser interessantes no âmbito da comparação horizontal entre cavidades, mas certamente não permitem caracterizar o ecossistema.

Relativamente poucas cavernas brasileiras tiveram sua fauna estudada ao longo de dois ou mais ciclos anuais. Nestas, e sobretudo naquelas percorridas por riachos permanentes ou temporários, o que se tem observado são variações ano a ano acentuadas, sobretudo no que diz respeito às comunidades terrestres. São exemplos muito bem documentados as cavernas Lage Branca, nos arredores do PETAR, estudada por Pellegatti-Franco (2004), Areias de Cima, no PETAR (estudada recentemente por Bessi-Pascoalotto, 2005), e gruna do Enfurnado, na Serra do Ramalho (Trajano e col., dados não publicados). Estas cavernas foram estudadas em detalhe ao longo de dois (cavernas do PETAR) ou três (Enfurnado) ciclos anuais consecutivos, tendo ficado muito clara a necessidade de continuidade dos estudos por mais alguns ciclos para a detecção minimamente confiável de padrões. Mesmo para cavernas secas e pequenas, que se "supõe" serem mais estáveis (ver abaixo), é inquestionável a insuficiência de apenas uma ou duas coletas para fins de aplicação de critérios de relevância, pois, conforme acima mencionado, dois pontos não permitem a construção de uma curva.

**2) Grau de endemismo**, tanto em termos de restrição ao meio subterrâneo (que define, de fato, a condição de troglóbio) como de distribuição nesse meio, definindo troglóbio amplamente distribuído *versus* troglóbio de

distribuição restrita. Entra aqui outra questão importante, que é a definição e delimitação de espécies. Não existe consenso absoluto, nem entre os sistematas, quanto ao conceito de espécie que deve basear decisões taxonômicas como, por exemplo, o reconhecimento de uma espécie válida e a consequente atribuição de nome a essa entidade, seguindo o Código Internacional de Nomenclatura Zoológica vigente. Quando se detectam discontinuidades entre grupos de indivíduos na forma de diferenças que separam totalmente os dois conjuntos, não há grandes discussões quanto a se tratarem de espécies nominais distintas. No entanto, como a evolução é um processo contínuo, existe uma zona nebulosa, com populações que ainda não se diferenciaram a ponto de serem distinguidas através dos caracteres taxonômicos usuais. Nestes casos, a investigação de outros caracteres pode revelar diferenças que não estavam inicialmente aparentes. Neste aspecto, a biologia molecular tem trazido uma contribuição fundamental, mostrando diferenças genéticas não visíveis na morfologia, mas que caracterizam espécies distintas. De fato, para a maioria das espécies terrestres e de água doce de ampla distribuição estudadas, a pesquisa de um número crescente de caracteres, tanto moleculares como morfológicos, fisiológicos e ecológicos, mostra que existem várias espécies escondidas sob um nome único. Ou seja, deve-se sempre desconfiar de espécies de distribuição muito ampla, pois a tendência é verificarmos que a diversidade biológica é muito maior do que se supõe e que a grande maioria dos troglóbios é endêmica de áreas restritas, dentro do esperado tendo em vista a fragmentação típica dos habitats subterrâneos, geradora de diferenciação.

Além disso, para se determinar com confiança o grau de endemismo de uma espécie no que diz respeito à sua condição de possível troglóbio é imprescindível estender a investigação a áreas epígeas subjacentes ao sistema subterrâneo em questão e também outras áreas cársticas da região onde se localiza o empreendimento. Como a densidade populacional de troglófilos no meio epígeo é frequentemente bem inferior à das populações hipógeas, é esperado que o esforço de coleta na superfície seja maior que em cavernas, devendo ter sua suficiência igualmente testada. Estudos epígeos conclusivos fornecem a única

base para se afirmar que uma dada espécie troglomórfica (i.e., com redução de olhos e/ou pigmentação) não é troglóbia, caso sejam encontradas populações da mesma em habitats superficiais. Enquanto isto não ocorre, pelo Princípio da Precaução, toda população troglomórfica deve ser tratada como troglóbia.

**3) Diversidade  $\beta$**  (beta), que leva em consideração não apenas a riqueza de espécies (diversidade  $\alpha$ ) como também a abundância relativa de cada uma – este é um componente fundamental de todo ecossistema, determinando seu modo funcionamento. De fato, mesmo que a riqueza de espécies mantenha-se, impactos podem provocar diminuição na diversidade  $\beta$  se uma ou mais espécies que não o eram anteriormente tornarem-se dominantes. Ou seja, não basta fornecer uma lista de espécies com ocorrência na área de estudo, a determinação das abundâncias relativas é igualmente importante tanto para o cálculo dos índices de diversidade  $\beta$  para fins de decisão de licenciamento, como para um eventual monitoramento. Há ainda outros problemas, relacionados às premissas dos testes, como por exemplo, seguir a aleatoriedade, evitando-se a escolha de pontos de coleta. A aleatoriedade é exigência para testes estatísticos, entretanto, no caso de cavernas, há a possibilidade dos pontos caírem em locais inacessíveis (cachoeiras, abismos), sendo assim, escolher pontos de amostragem pode representar uma estratégia para maximização da coleta. Varredura completa é praticamente impossível em cavernas com extensão superior a 1 km, sendo exequível apenas em cavernas com pequeno desenvolvimento.

O atributo VIII de relevância máxima da IN n.2 refere-se a “troglóbio raro”. Ora, raridade é definida por diferentes aspectos, abrangendo tanto casos de populações com distribuição muito restrita (independentemente de sua densidade) como daquelas com densidades populacionais muito baixas (independentemente da distribuição), ou ambos. A raridade também pode referir-se a atributos morfológicos, fisiológicos, ecológicos ou comportamentais únicos da espécie em relação ao grupo taxonômico a que pertence: por exemplo, bagres *Rhamdiopsis* troglóbios da Chapada Diamantina são especializados na utilização do recurso guano, o que é certamente uma raridade para bagres; anuros pipídeos formam populações aparentemente

troglófilas em poucas cavernas da Amazônia, uma situação também rara em termos de registro de tetrápodes troglófilos no país. Também se enquadram nesse atributo de relevância máxima espécies que constituem os únicos troglóbios conhecidos da Família, ou mesmo da Ordem, como o escorpião *Troglophalurus translucidus*, o novo onicóforo da Serra da Bodoquena (L. M. Cordeiro, comum. pessoal) e a esponja de Brejões. Mesmo no caso de troglófilos, a raridade em termos de representação na fauna subterrânea deve ser levada em consideração. Ou seja, a avaliação do atributo “raridade” passa necessariamente por um amplo domínio da literatura zoológica e conhecimento faunístico aprofundado.

Em termos de ocorrência, a verificação desse atributo (ou, mais importante, a demonstração de sua ausência = “não há troglóbios raros”) depende da aplicação das chamadas curvas de acumulação, que são curvas que trazem o número acumulado de espécies registradas a cada ocasião de coleta (número de espécies encontradas em um dado evento de coleta + todas as que já haviam sido registradas antes, mesmo que não apareçam nesse evento em particular). Estas curvas são particularmente importantes para populações com baixas densidades, cuja probabilidade de registro em uma dada ocasião de captura é muito baixa. A verificação do referido atributo depende também de estudos populacionais incluindo densidades e abundâncias relativas – a raridade é um conceito relativo, que passa necessariamente pela comparação com outras populações epígeas e hipógeas –, e da ampliação geográfica do levantamento para determinação do grau de endemismo. Na prática, sabemos que quase todos os troglóbios enquadram-se na categoria de táxons raros de acordo com pelo menos algum dos critérios acima, pois por definição todos são endêmicos de áreas relativamente restritas (quando comparados com organismos epígeos em geral, exceto aqueles que ocupam habitats igualmente restritos, como ilhas, cabeceiras e poças) e apresentam baixas densidades populacionais, pois vivem em ambiente com forte limitação de alimento. Além disso, a especialização às condições particulares do meio subterrâneo frequentemente resulta em adaptações singulares, que devem ser preservadas através da proteção à espécie. Ou seja, tanto estatisticamente como pelo princípio

da Precaução, todos são raros até prova em contrário.

Do mesmo modo, a averiguação do atributo IX (“interações ecológicas únicas”) da IN n.2 passa necessariamente por estudos ecológicos no nível de ecossistemas.

**4) Grau de fragilidade do sistema**, que passa pelo estudo dos fatores bióticos (incluindo abundâncias relativas) e abióticos, que são determinantes de sua **resiliência** (capacidade de tolerar perturbações sem perda de biodiversidade). Neste âmbito, a área de influência é um dos aspectos mais importantes a serem considerados: se sua delimitação é relevante para estudos para empreendimentos epígeos sem repercussão importante para os habitats subterrâneos, no caso daqueles incluindo o meio hipógeo, que normalmente depende de recursos importados da superfície, ela é inegociável e fundamental, devendo ser baseada em método científico robusto, com teste de hipótese. Isto significa estudos caso a caso, já que, dada a complexidade dos sistemas, não é possível determinar *a priori* o tamanho e formato de áreas de influência com a precisão suficiente para garantir a proteção da diversidade subterrânea.

Há casos mostrando claramente que áreas de influência são difíceis de serem delimitadas. Por exemplo, a região de Irecê, no estado da Bahia, a qual abrange uma área de cerca de 9.000 km<sup>2</sup>, é conhecida por sua potencialidade agrícola, com destaque para a cultura do feijão, cenoura, beterraba e cebola. Tem-se observado, nesta região, um aumento desordenado de áreas irrigadas, utilizando águas subterrâneas do aquífero cárstico, cuja superfície piezométrica acompanha a topografia regional e tem o fluxo subterrâneo em direção às calhas dos rios da região. Medidas de nível freático do aquífero e das precipitações regionais realizadas entre os anos 2002 e 2004 revelaram que o manejo inadequado das práticas de irrigação na região, em associação ao uso das águas para abastecimento humano e animal, tem provocado o contínuo rebaixamento do seu nível hidrostático durante os últimos 20 anos e indica que o mesmo está sendo utilizado de forma não-sustentável (Ramos *et al.*, 2007). Fica claro, então, que a área de influência do aquífero deve ser muito maior do que a considerada para estudos de impacto.

No caso de haver fragmentação da paisagem (por exemplo, por derrubada parcial da vegetação nativa), é fundamental proceder a estudos sobre a ecologia dos morcegos que frequentam as cavernas, contribuindo para a entrada de nutrientes através da deposição de guano, uma vez que a capacidade de travessia de matrizes depende das características destas (e as matrizes de mineração são as mais hostis) e da biologia dos morcegos.

**5) Importância das cavidades para a sobrevivência de populações epígeas.** Cavernas não são entidades independentes e isoladas, elas estão inseridas no contexto geológico e biológico regional, fornecendo abrigo, local de reprodução, alimento etc. para espécies regularmente encontradas na superfície. Cavernas são particularmente importantes para os chamados troglóxenos obrigatórios, como vários morcegos e certos opiliões – nos Estados Unidos, há casos bem documentados de espécies de morcegos quase levadas à extinção por conta de impactos em uma ou pouquíssimas cavernas. A definição do status de troglóxeno obrigatório também passa por estudo populacional ao longo de pelo menos alguns ciclos anuais. As dificuldades inerentes ao estabelecimento do status de troglóxeno obrigatório estão bem ilustradas para o opilião *Acutisoma spelaeum*, do Alto Ribeira, objeto de uma tese de Doutorado (Gnaspini, 1993) e uma dissertação de Mestrado (Santos, 1998), esta última voltada especificamente para a atividade locomotora e uso de cavernas – o tipo de estudo necessário à compreensão da importância das cavernas para os troglóxenos. Note-se que, por sua dependência tanto dos habitats epígeos como de cavernas, *A. spelaeum* (e sabe-se lá quantos mais troglóxenos ainda não estudados) enquadra-se no atributo IX (“interações ecológicas únicas”). Ou seja, estudos espeleobiológicos visando ao licenciamento de atividades com impactos irreversíveis devem necessariamente contemplar a ecologia dos troglóxenos, tanto vertebrados como invertebrados.

**6) Presença de espécies em risco de extinção**, referente ao atributo VI da IN n.2 (“Abrigo essencial para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies animais em risco de extinção, constantes de listas oficiais”). Qualquer tentativa de verificar este atributo através de estudos de curto prazo (menos de 2-3 anos) é uma falácia, uma vez

que a inclusão em listas de espécies ameaçadas depende da aplicação de um ou mais dos seguintes critérios: populações de distribuição muito restrita (endêmicas); com densidades baixas; com declínios observados ao longo de anos (por causas conhecidas ou não) e/ou submetidas a impactos. Portanto, são necessários estudos populacionais de médio e longo prazo. Outro problema é o fato das listas nacionais virem exigindo exigirem a descrição formal da espécie para que esta seja inclusa, mesmo que já se tenha certeza de tratar-se de espécie nova para a ciência. Considerando-se que a IN preconiza que um ano de estudos ambientais pode ser suficiente para se ter idéia da fauna subterrânea de uma região a ser impactada, e tendo em vista que descrições de espécies demoram entre dois e quatro ou mais anos para serem finalizadas (devido a escassez de especialistas para vários grupos faunísticos, p. ex. Blattaria, Diplopoda Polydesmida, Platyhelminthes Turbellaria), é praticamente impossível pressupor que os estudos ambientais contemplarão este item. Ou seja, a lenta burocracia, que envolve muitos passos e leva muito tempo até a inclusão de qualquer espécie em listas oficiais, é incompatível com as necessidades de uma política ambiental eficiente, que deveria ser ágil e nortear-se fundamentalmente pelo princípio da Precaução. Pela lógica e pela Precaução, e atendo-se ao princípio da lei, que é o de proteger espécies ameaçadas, o atributo VI da IN n.2 deve ser entendido como se aplicando a qualquer espécie que cumpra requisitos de inclusão em listas de táxons ameaçados.

Em suma, os critérios mínimos para estudos ambientais visando determinação de relevância de cavernas, estipulados na IN, estão muito aquém do mínimo necessário de fato, abrindo margem para a imposição, por parte das empresas contratantes, de protocolos inadequados aos objetivos de um estudo que visa fornecer as bases científicas para uma decisão que implica na destruição sumária de ecossistemas inteiros. Assim, independentemente da competência da equipe, a metodologia dos estudos que vem sendo realizados não permite a averiguação da ausência de todos os atributos de relevância máxima de cavernas e, portanto, não pode ser utilizado como base para se descartar a hipótese de que qualquer uma das cavernas na área de estudo não seja de relevância máxima

e, portanto, possa ser destruída. Como consequência da inadequação do protocolo, tais estudos vêm falhando em todos os requisitos acima detalhados (demonstração de suficiência amostral, determinação do grau de endemismo das espécies e de fragilidade do ecossistema etc), devendo ser tratados como estudos exploratórios, preliminares, cujo objetivo é direcionar o estudo ambiental de fato, que poderá embasar o pedido de licenciamento. Isto não significa que seus resultados devam ser ignorados, ao contrário. A demonstração de relevância máxima através da constatação de atributos como os listados na IN (que também são insuficientes) já pode ser considerada definitiva. O que não se pode em absoluto afirmar, tendo em vista o caráter preliminar do estudo, é que qualquer uma das demais cavernas presentes na área do empreendimento não seja de relevância máxima – por Precaução, e até que estudos conclusivos provem o contrário, todas devem ser consideradas como tal.

### Considerações finais

Concluindo, a IN nº 2, de 2009, que regulamenta o Decreto 6640, é completamente inadequada, e, portanto, ineficaz, aos objetivos a que, na teoria, se proporia, quais sejam de regulamentar os procedimentos visando à classificação de cavernas de acordo com sua relevância, revelando seja despreparo técnico científico do(s) responsável(is) pela elaboração em sua forma final, seja um tremendo viés político atendendo a pressões do poder econômico totalmente descompromissado com o futuro do país. De qualquer modo, Decreto e IN são uma bem estruturada farsa, escondendo pensamentos do tipo “*nós destruiremos subterrâneos inteiros, mas deixaremos vocês salvarem algumas cavernas – desde que não estejam em áreas que nos interessam muito*”.

Propomos aqui aspectos a serem considerados no estabelecimento de protocolos de estudos que permitam efetivamente testar a presença *versus* ausência dos atributos de relevância. Além disso, defendemos que os critérios constantes do Decreto 6640 devem ser revistos e ampliados, para fins de consistência e coerência com a realidade biológica. Consequentemente, a IN também deve ser totalmente revista. Por outro lado, deve-se

notar que a proposição de protocolos gerais também não esgota a questão, na medida que ajustes - no sentido de acréscimos ou adaptações, jamais de reduções - são frequentemente necessários para os casos particulares. Ou seja, estudos preliminares devem ser realizados antes da, e para a definição de protocolos definitivos.

Enfatizamos neste texto as singularidades dos ecossistemas subterrâneos, mas é fundamental ter em vista que são as semelhanças entre eles que revelam padrões, em diferentes escalas espaciais e temporais. É o estudo desses padrões que permite compreender a origem e o funcionamento dos ecossistemas e de seus componentes. Portanto, a análise de qualquer empreendimento com impactos importantes deve incorporar uma visão ampla, tanto geográfica quanto ecossistêmica, que permita comparações naquelas diferentes escalas. Terminamos, assim, com um outro aspecto a ser considerado: o papel das cavidades ou sistemas em questão para a compreensão da origem e funcionamento dos ecossistemas subterrâneos em geral.

## Referências

- BESSI-PASCOALOTO, R. 2005. Dinâmica populacional do carabídeo cavernícola *Schizogenius ocellatus* Whitehead, 1972 (Coleoptera) e sua recuperação após eventos de enchentes (Sudeste do Estado de São Paulo, Brasil). Instituto de Biociências, São Paulo. Tese de Doutorado, 205 pp.
- BRASIL. 1990. Decreto nº. 99.556, de 1º de outubro de 1990. Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e dá outras providências. **Casa Civil**, Brasília, DF, 1º out. 1990.
- BRASIL. 2008. Decreto nº. 6640, de 7 de novembro de 2008. Dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. **Casa Civil**, Brasília, DF, 7 nov. 2008.
- BRASIL. 2009. Instrução Normativa nº. 2, de 20 de agosto de 2009. Resolve instituir a metodologia de classificação das cavidades naturais subterrâneas. **Ministério do Meio Ambiente**, Brasília, DF, 02 agosto 2009.
- GNASPINI, P., 1993. Biologia de opiliões cavernícolas da Província Espeleológica do Vale do Ribeira, SP/PR (Arachnida: Opiliones). Instituto de Biociências, São Paulo. Tese de Doutorado, 101 pp.
- PELLEGATTI-FRANCO, F., 2004. Biologia e ecologia populacional de *Ctenus fasciatus* Mello-Leitão e *Enoploctenus cyclothorax* (Bertkau) em cavernas do Alto Ribeira, Iporanga, SP (Araneae: Ctenidae). Instituto de Biociências, São Paulo. Tese de Doutorado, 136 pp..
- SANTOS, F. H. S. dos, 1998. Estudo da atividade locomotora do opilião cavernícola *Goniosoma spelaeum* (Arachnida, Opiliones, Gonyleptidae). Instituto de Biociências, São Paulo. Dissertação de Mestrado, 77 pp.
- RAMOS, S. O.; LEAL, L. R. B.; ARAÚJO, H. A.; LUZ, J. A. G.; DUTTON, A. R. 2007. Variação temporal do nível freático do aquífero cárstico de Irecê - Bahia: contribuição para o uso e gestão das águas subterrâneas no semi-árido. *Revista Brasileira de Geociências*, 34: 1079-1085.
- TRAJANO, E., 2009a. Relevância de sistemas subterrâneos: método é essencial. *Conexão Subterrânea*, RedespeleoBrasil, 73: 3-4 (Especial Decreto 6640/2008).
- TRAJANO, E., 2009b. Conservação e critérios biológicos de relevância de cavernas: análise crítica e proposta de sistema de classificação. *Conexão Subterrânea*, RedespeleoBrasil, 76: 2-3.



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](http://www.sbe.com.br/espeleo-tema.asp)