



# ESPELEO-TEMA

REVISTA BRASILEIRA DEDICADA AO ESTUDO DE CAVERNAS E CARSTE

ISSN 0102-4701 (impresso)  
ISSN 2177-1227 (on-line)

Volume 20 Número 1 e 2  
Ano 2009



Salão central da gruta Aroê-Jari, MT. Foto de José Ayrton Labegalini.  
Fonte: Hardt et al. (2009)

## Artigos Originais

### Exemplos Brasileiros de Carste em Arenito: Chapada dos Guimarães (MT) e Serra de Itaqueri (SP)

Rubens Hardt, Joël Rodet, Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto & Luc Willems

### Estrutura das Comunidades de Invertebrados de Cinco Cavernas Insulares e Intertidais na Costa Brasileira

Marconi Souza Silva & Rodrigo Lopes Ferreira

### Capacidade de Carga Turística em Cavernas: Estado-da-Arte e Novas Perspectivas

Heros Augusto Santos Lobo, José Alexandre de Jesus Perinotto & Paulo César Boggiani

### O Geoturismo em Espaços Sagrados de Minas Gerais

Rosa Lane Guimarães, Luiz Eduardo Panisset Travassos, Lana Iracy Duarte da Cunha, Úrsula Ruchkys de Azevedo e Mayana Vinti

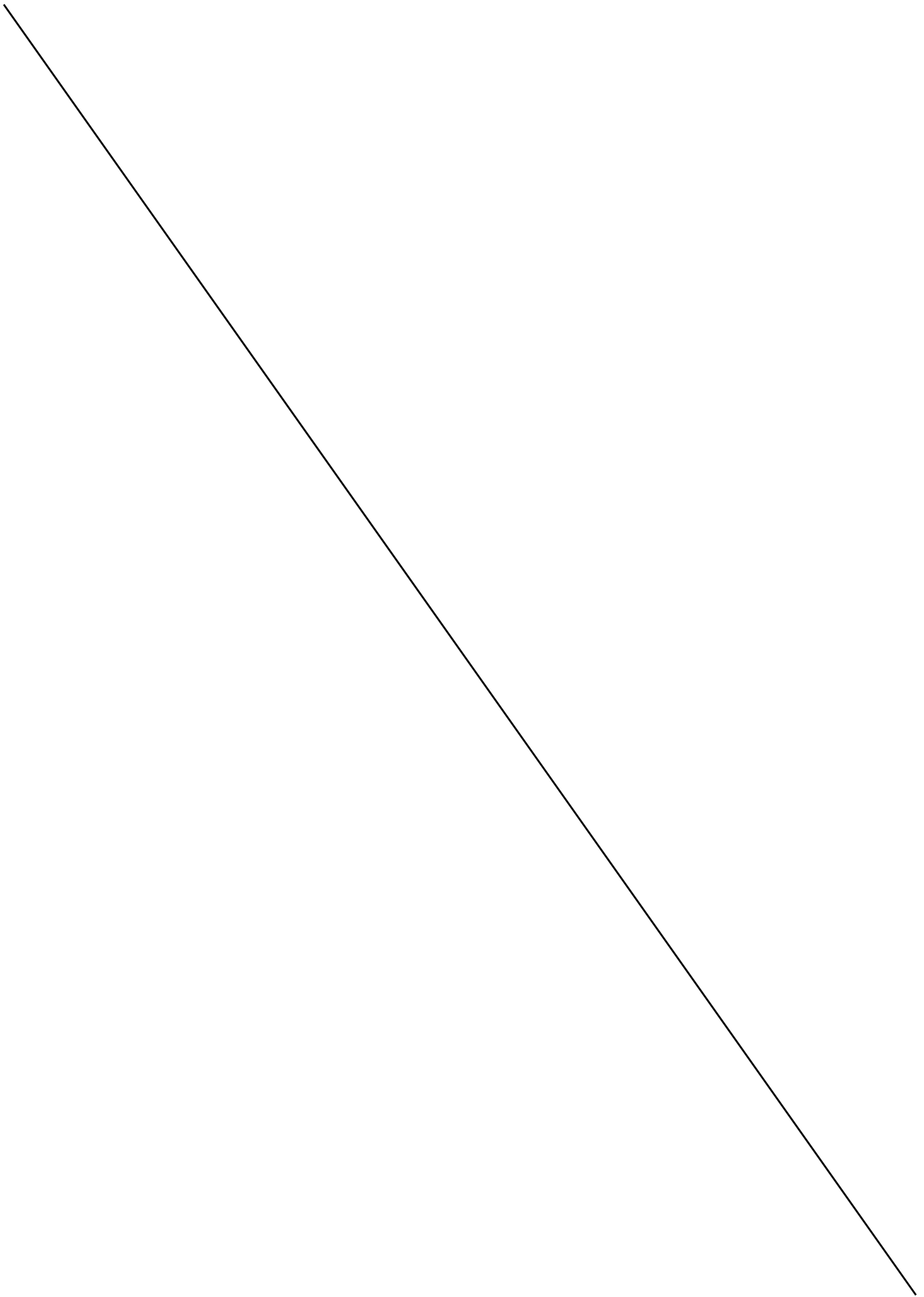
## Resumos de Teses e Dissertações

### Uvala - Contribution to the Study of Karst Depressions (With Selected Examples From Dinarides and Carpatho-Balkanides)

Jelena Calic

# Sociedade Brasileira de Espeleologia

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



## EXPEDIENTE

---



**Sociedade Brasileira de Espeleologia**  
(Brazilian Society of Speleology)

**Diretoria 2009-2011**

Presidente: Luiz Afonso Vaz de Figueiredo  
Vice-presidente: Ronaldo Lucrécio Sarmento  
Tesoureira: Delci Kimie Ishida  
1º Secretário: Luiz Eduardo Panisset Travassos  
2º Secretário: Pável Ênio Carrijo Rodrigues

**Conselho Deliberativo 2009-2011**

Rogério Henry B. Magalhães (Presidente)  
Heros Augusto Santos Lobo  
Carlos Leonardo B Giunco  
Angelo Spoladore  
Thiago Faleiros Santos

**Suplentes**

Paulo Rodrigo Simões  
Emerson Gomes Pedro

---

### Espeleo-Tema

**Editor-Chefe** (*Editor-in-Chief*)

MSc. Heros Augusto Santos Lobo  
*Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – IGCE/UNESP*

**Conselho Editorial** (*Editorial Board*)

Dr. William Sallun Filho  
*Instituto Geológico do Estado de São Paulo – IG/SMA*

Dra. Maria Elina Bichuette  
*Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR*

MSc. Luiz Eduardo Panisset Travassos  
*Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC/Minas; Faculdade Promove*

**Editor Assistente** (*Assistant Editor*)

Esp. Marcelo Augusto Rasteiro  
*Sociedade Brasileira de Espeleologia – SBE*

**Editores Associados**  
(Associate Editors)

**Antropologia**

MSc. Elvis Pereira Barbosa  
*Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC*

**Arqueologia**

Dr. Walter Fagundes Morales  
*Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC*

**Carste em Litologias Não-Carbonáticas**

MSc. Rubens Hardt  
*Universidade Estadual Paulista – UNESP*

**Climatologia**

Dr. Emerson Galvani  
*Universidade de São Paulo – USP*

**Ecologia**

Dr. Rodrigo Lopes Ferreira  
*Universidade Federal de Lavras – UFLA*

**Educação Ambiental**

MSc. Luiz Afonso Vaz de Figueiredo  
*Fundação Santo André – FSA*

**Espaço e Território**

Dr. Eduardo Pazera Júnior  
*Grupo de Estudos Espeleológicos da Paraíba – GEP*

**Espeleobiologia**

Dra. Maria Elina Bichuette  
*Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR*

**Geodiversidade e Geoconservação**

Dr. Paulo César Boggiani  
*Universidade de São Paulo – USP*

**Geomorfologia**

Dr. William Sallun Filho  
*Instituto Geológico do Estado de São Paulo – IG/SMA*

**História da Espeleologia**

MSc. Luiz Eduardo Panisset Travassos  
*Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC/Minas; Faculdade Promove*

**Legislação Ambiental**

Dr. Marcos Paulo de Souza Miranda  
*Ministério Público Estadual de Minas Gerais – MPE/MG*

**Manejo Ambiental**

MSc. Heros Augusto Santos Lobo  
*Universidade Estadual Paulista – UNESP*

**Mapeamento e Prospecção de Cavernas**

Fábio Kok Geribello  
*União Paulista de Espeleologia – UPE*

**Micologia**

Dr. Eduardo Bagagli  
*Universidade Estadual Paulista – UNESP*

**Mineração**

Dr. Hélio Shimada  
*Instituto Geológico do Estado de São Paulo – IG/SMA*

**Patogenias e Vetores**

Dra. Eunice Bianchi Galatti  
*Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo – FSP/USP*

**Percepção e Interpretação Ambiental**

Dr. Jadson Rebelo Porto  
*Universidade Federal do Amapá – UNIFAP*

**Religião e Religiosidade**

MSc. Luiz Eduardo Panisset Travassos  
*Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC/Minas; Faculdade Promove*

**Geoprocessamento e SIGs**

Dr. Carlos Henrique Grohmann  
*Universidade de São Paulo – USP*

**Outros temas: Espeleogênes e; Geologia; Hidrologia; Paleontologia; Paleoclimatologia; Patrimônio Espeleológico (Editores em processo de convite/seleção).**

---

**Apoio à Tradução**  
(Translation support)

Dra. Linda Gentry El-Dash  
*Universidade de Campinas – Unicamp*

## SUMÁRIO (CONTENTS)

---

<b>Editorial</b>	<b>4</b>
 <b>ARTIGOS ORIGINAIS / ORIGINAL ARTICLES</b>	
<b>Carste em Litologias Não-Carbonáticas:</b> <b>Exemplos Brasileiros de Carste em Arenito: Chapada dos Guimarães (MT) e Serra de Itaqueri (SP)</b> <i>Brazilian Examples of Sandstone Karst: Chapada dos Guimarães (MT) and Serra de Itaqueri (SP)</i> Rubens Hardt, Joël Rodet, Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto & Luc Willems	<b>7</b>
<b>Ecologia:</b> <b>Estrutura das Comunidades de Invertebrados em Cinco Cavernas Insulares e Intertidais na Costa Brasileira</b> <i>Invertebrates Communities of Five Brazilian Island Caves</i> Marconi Souza Silva & Rodrigo Lopes Ferreira	<b>25</b>
<b>Manejo Ambiental:</b> <b>Capacidade de Carga Turística em Cavernas: Estado-da-Arte e Novas Perspectivas</b> <i>Tourist Carrying Capacity in Caves: State-of-Art and New Perspectives</i> Heros Augusto Santos Lobo, José Alexandre de Jesus Perinotto & Paulo César Boggiani	<b>37</b>
<b>Religião e Religiosidade:</b> <b>O Geoturismo em Espaços Sagrados de Minas Gerais</b> <i>Geotourism at Some Sacred Spaces of Minas Gerais</i> Rose Lane Guimarães, Luiz Eduardo Panisset Travassos, Lana Iracy Duarte da Cunha, Úrsula Ruchkys de Azevedo & Mayana Vinti	<b>49</b>
 <b>RESUMOS DE TESES E DISSERTAÇÕES</b>	
<b>Uvala – Contribution to the Study of Karst Depressions (With Selected Examples From Dinarides and Carpatho-Balkanides)</b> Jelena Čalić	<b>59</b>

---



---

## EDITORIAL

Ao encerrar a edição do volume 20 da revista *Espeleo-Tema*, me vi tomado por um sentimento de honra, por diversos motivos, dos quais vou expor apenas três pontos, os quais considero fundamentais.

O primeiro deles é a sensação positiva de ver um legítimo canal de comunicação da comunidade espeleológica brasileira retomar sua circulação. O *Espeleo-Tema* se iniciou como um boletim interno da Sociedade Brasileira de Espeleologia e, ao longo dos anos, foi transformado em periódico científico. Trabalhos célebres da espeleologia nacional já foram publicados nestas páginas – não posso deixar de lembrar do emblemático artigo *Distribuição das Rochas Carbonáticas e Províncias Espeleológicas do Brasil*, publicado no volume 13, em 1979, pelos espeleólogos Ivo Karmann e Luiz Enrique Sánchez – hoje professores doutores da Universidade de São Paulo. Ou então das sínteses sobre a espeleologia nacional, publicadas, respectivamente, pelo espeleólogo Pierre Martin – um dos fundadores da SBE – sob o título *Espeleologia no Brasil* na edição de 1979, e por Augusto Sarreiro Auler, sob o título *Espeleologia no Brasil: Uma Abordagem Histórica*, em 1997. Ou então dos diversos trabalhos, em sua maioria pioneiros, sobre a espeleobiologia, dos quais destaco as *Observações Sobre a Mesofauna Cavernícola do Alto Vale do Ribeira, SP*, publicado em 1986 pelos espeleólogos e professores do IB/USP, Eleonora Trajano e Pedro Gnaspini-Netto. Sem dúvida, estes e outros podem ser considerados marcos e referências obrigatórias ainda hoje, para diversas áreas de conhecimento que perpassam o estudo das cavernas e dos ambientes cársticos.

Mas, além disso, o *Espeleo-Tema* volta em formato novo. A versão digital auxilia em uma maior abrangência de distribuição, e na democratização do acesso ao conhecimento, alinhando o *Espeleo-Tema* às principais tendências mundiais de uso da *internet* como canal de comunicação ágil e amplo. Mas ainda manteremos a luta, para retomar a revista também em versão impressa.

O segundo ponto remete ao relançamento em data tão oportuna – nossa SBE comemorando 40 anos de existência! Uma homenagem mais do que justa e merecida, a esta Sociedade composta por amantes do mundo subterrâneo, que sempre se manteve viva com base na paixão do caráter voluntário de todos que, de uma forma ou outra, nela atuam. O logotipo na capa é uma das homenagens da criatura – o *Espeleo-Tema* – ao seu criador – a SBE –, aqui materializada por meio das hábeis mãos do espeleólogo Carlos Zaith, o 249. Há 15 anos atrás, coincidentemente, uma de suas ilustrações também estampava a capa do *Espeleo-Tema* de número 17, publicado em 1994 sob a gestão do prof. Luiz Enrique Sánchez.

Ao citar o colega, chego ao terceiro e último ponto que me faz sentir honrado. Ao observar os nomes daqueles que já atuaram na gestão e colaboração editorial da *Espeleo-Tema*, me deparo com colegas que até hoje admiro por sua dedicação e profissionalismo - muito embora alguns deles já tenham nos deixado para explorar cavernas em outras dimensões. Além do prof. Sánchez, outros como Pierre Martin, Peter Slavec, Guy Christian Collet, Clayton Ferreira Lino, Lucy Ishibe, Ivo Karmann, Rosely Rodrigues, Cristina Duchere, Peter Elemer Milko, Lélia Francês Jordan, Marli B. Vaccaro Sumi, Ozanan de Paula Rosa, Eleonora Trajano, Erika Marion, Robrahn-González, Pedro Gnaspini-Netto, Silvio Ferraz dos Santos, Marcelo Fernandes Dias, Carlos Alberto de Oliveira, Augusto Sarreiro Auler, Cláudia Inês Parellada, Luís Beethoven Piló, Jorge Higa, José Fernando Madureira Guedes, Nivaldo Colzato, Bárbara Eveline Pires Fonseca Rodrigues, Ângelo Spoladore, Jadson Luis Rebelo Porto, Linda Gentry El-Dash, Marcelo Augusto Rasteiro e tantos outros, entre membros de diretorias anteriores, autores, leitores, colaboradores e anônimos, que já deram parte de sua competência para a existência da revista. A todos, agradeço profundamente pela coragem e dedicação que, dentro de seu alcance, puderam dar ao *Espeleo-Tema*. Finalizo esta parte do editorial externalizando um desejo – e de certa forma, um convite – para tê-los em breve novamente figurando em nossas páginas, quer como editores, quer como revisores, quer como autores de artigos.

Para o presente número, quatro artigos originais representando distintas áreas do conhecimento e um resumo de tese oferecem aos leitores uma interessante jornada subterrânea de leitura.

O primeiro artigo, assinado por Rubens Hardt, Joël Rodet, Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto e Luc Willems, nos traz uma extensa revisão e uma bela discussão sobre os conceitos de carste em rochas não carbonáticas, com especial destaque ao carste em arenitos. O trabalho dos autores não se ateve à revisão bibliográfica, apresentando resultados de pesquisas de campo nas regiões da Chapada dos Guimarães-MT e Serra de Itaqueri-SP. Em suas considerações finais, os autores pontuam que o carste se desenvolve também em rochas não-carbonáticas, com ênfase nos arenitos.

O segundo artigo resulta de um trabalho feito por Marconi Souza Silva e Rodrigo Lopes Ferreira. Os autores pesquisaram as comunidades faunísticas em cavernas insulares e costeiras no Brasil, buscando preencher uma evidente lacuna nos estudos do meio biótico destas localidades. Em sua discussão, comparam os resultados encontrados com pesquisas anteriores feitas em cavernas na Mata Atlântica continental, encontrando uma alta diversidade relativa de fauna nas cavernas estudadas. Concluem ainda que a estrutura das comunidades de invertebrados pode estar relacionada à frequência e magnitude de distúrbios naturais e antrópicos.

No terceiro artigo tive a oportunidade de contribuir com a presente edição, em parceria com meus orientadores de doutorado, José Alexandre de Jesus Perinotto e Paulo César Boggiani. Em nosso trabalho, apresentamos uma revisão bibliográfica e documental sobre a capacidade de carga turística de cavernas. Nos resultados, propomos uma classificação dos métodos identificados, de modo a tentar demonstrar as vantagens e limitações de cada uma das correntes metodológicas propostas. Ao fim, levantamos questões na tentativa de contribuir com a continuidade dos estudos sobre o tema.

O quarto artigo, produzido por Rosa Lane Guimarães, Luiz Eduardo Panisset Travassos, Lana Iracy Duarte da Cunha, Úrsula Ruchkys de Azevedo e Mayana Vinti, versa sobre uma das formas mais antigas de uso das cavernas no Brasil, a religião. Os autores pesquisaram o uso geoturístico das cavernas e outros ambientes naturais em Minas Gerais. Sua discussão permeia conceitos de geoturismo, turismo cultural e religioso, com ênfase na descrição do processo histórico-cultural por que sacralizou estes espaços e os transformou em lugar de manifestação da fé, externalizada por romarias, missas e procissões, entre outras festas religiosas.

Fechando o volume 20, um resumo de tese defendida na Sérvia, apresentando uma contribuição ao estudo das depressões cársticas, com exemplos de uvalas estudadas no carste Dinárico e no carste dos Cárpatos-Balcãs.

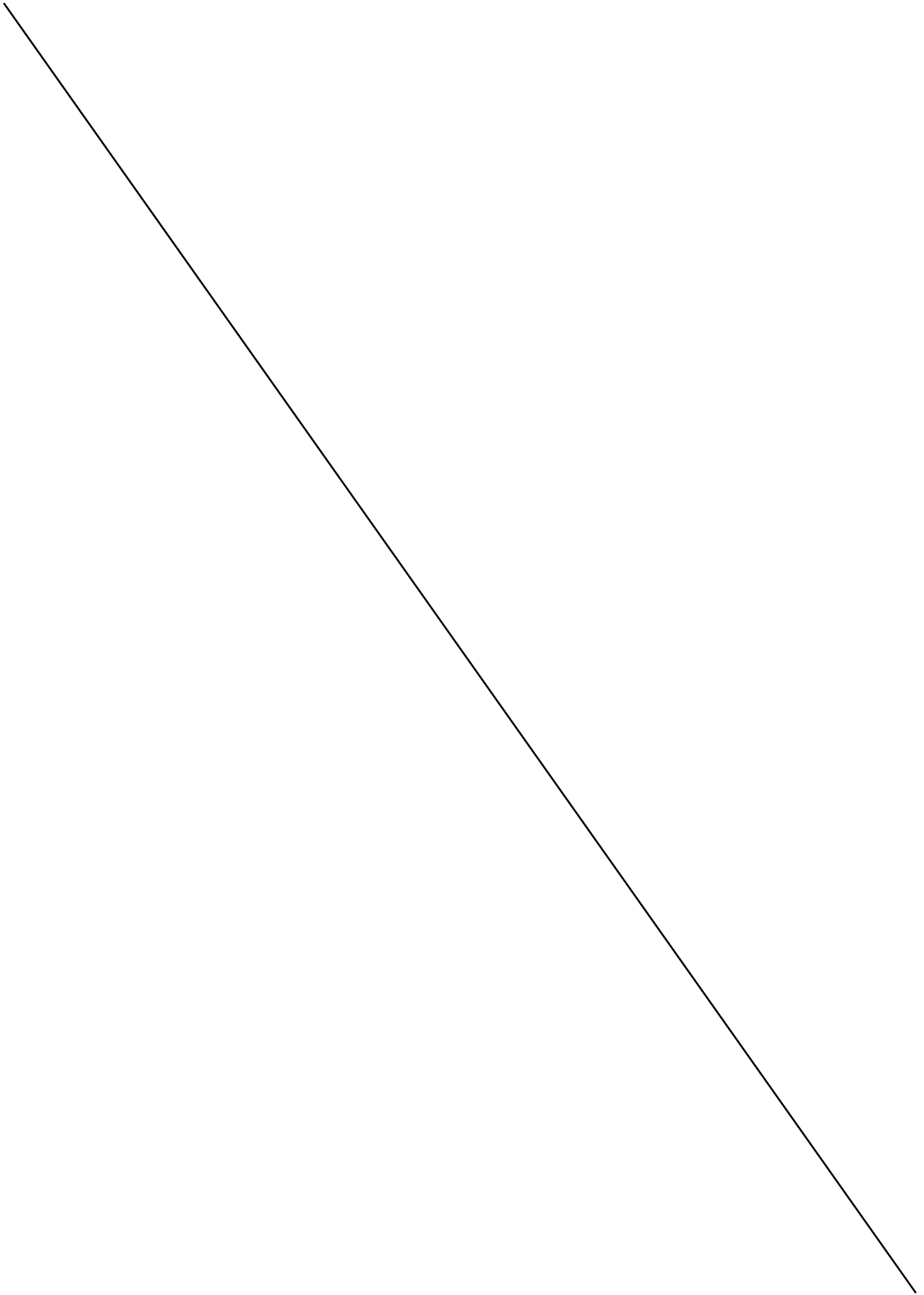
Desejamos a todos uma excelente leitura e boas reflexões sobre os estudos espeleológicos e carstológicos. E mais do que isso, esperamos que a *Espeleo-Tema* possa ser considerada como o seu canal de comunicação com a comunidade técnico-científica espeleológica.

*Heros Augusto Santos Lobo*  
Editor-Chefe



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)





# EXEMPLOS BRASILEIROS DE CARSTE EM ARENITO: CHAPADA DOS GUIMARÃES (MT) E SERRA DE ITAQUERI (SP)

## BRAZILIAN EXAMPLES OF SANDSTONE KARST: CHAPADA DOS GUIMARÃES (MT) AND SERRA DE ITAQUERI (SP)

Rubens Hardt<sup>I, II</sup>, Joël Rodet<sup>II</sup>, Sergio dos Anjos Ferreira Pinto<sup>I</sup> & Luc Willems<sup>III</sup>

- (I) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP/Rio Claro-SP.  
(II) Université de Rouen, França.  
(III) Université de Liege, Bélgica.

Contatos: [rubens.hardt@gmail.com](mailto:rubens.hardt@gmail.com); [joel.rodet@univ.rouen.fr](mailto:joel.rodet@univ.rouen.fr); [sanjos@rc.unesp.br](mailto:sanjos@rc.unesp.br);  
[luc.willems@hech.be](mailto:luc.willems@hech.be)

### Resumo

A questão do carste não carbonático ainda é controversa nos meios acadêmicos, havendo resistência por parte de pesquisadores do carste clássico. No entanto, em diversas pesquisas de abrangência mundial, o carste não carbonático é uma constante. Embora sua existência seja controversa, tal se deve principalmente pela ainda pequena quantidade de pesquisas realizadas nestas rochas, não tendo gerado uma quantidade de informação suficiente para que se possa estabelecer linhas gerais de comparação com o carste carbonático, identificando limites e diferenças. Neste artigo, buscou-se mostrar um pouco da evolução do conceito através da bibliografia e apresentar dois exemplos de carste em arenito no Brasil.

**Palavras-chave:** Carste em Arenito;  
Geomorfologia do Carste.

### Abstract

*The issue of non-carbonate karst is still controversial in academic circles, there is resistance from classical karst researchers. However, in many studies throughout the world, the karst in non-carbonate rocks is a constant. Although their existence is controversial, this is due to the small amount of research conducted in these rocks had not generated a sufficient amount of information that would establish general comparison with the carbonate karst, identifying boundaries and differences. In this article, we attempted to show some of the evolution of the concept through the literature and present two examples of sandstone karst in Brazil.*

**Keywords:** Sandstone Karst; Karst  
Geomorphology

Eixo temático: Carste em Litologias Não-Carbonáticas

Recebido em: 01.dez.2009

Enviado para correção em: 11.dez.2009

Enviado para avaliação em: 03.dez.2009

Aprovado em: 18.dez.2009

### Introdução

Este trabalho se desenvolve sob a luz da geomorfologia. Ou seja, o estudo se ocupa do relevo, como este é produzido e alterado, portanto com os processos que atuam no mesmo. Por consequência, também busca compreender a dinâmica de evolução do relevo e como os diversos processos interagem entre si, funcionando como um sistema.

Neste contexto, este trabalho se foca no chamado relevo cárstico. O que identifica um carste é um conjunto de formas de relevo

distintas, estudados cientificamente pela primeira vez na região de *Kras*, nos limites da Eslovênia com a Itália, onde tal relevo é denominado *carso*, incluindo ainda porções da Áustria e Croácia atuais. A palavra eslovena *kras*, deu origem nas línguas germânicas a palavra *karst*, nome pelo qual é conhecida a região, e nome que acabou definindo o tipo de relevo mundialmente (Sweeting, 1972; Ford e Williams, 1987). A predominância do termo germânico sobre o termo de origem eslava ou italiana, se explica pelo fato histórico de que, quando dos primeiros estudos científicos da

região, esta se encontrava sob o domínio do Império Austro-húngaro. Como resultado, as pesquisas iniciais foram publicadas em língua germânica, e por esta razão, o nome germânico predominou e é utilizado até hoje.

Por outro lado, carste (o nome em português do Brasil<sup>1</sup>), também pode indicar os processos que dão origem ao relevo. Para diferenciar, utiliza-se o termo carstificação para o processo. Assim, a carstificação é o processo que dá origem ao carste. Este processo, como foi identificado no relevo originalmente estudado, é a dissolução química da rocha. Quando o intemperismo químico predomina na definição das formas, sobre os processos de ordem mecânica, as formas de relevo são então moldadas dando origem ao carste.

Quando em uma determinada área, ocorrem os processos de carstificação, aparecem as formas típicas de relevo, dando origem ao carste. Este conjunto de formas associado aos processos geradores, constitui um sistema cárstico.

Mas o carste foi inicialmente identificado em rochas carbonáticas, altamente solúveis. Como então explicar a presença do carste em rochas como o arenito sem cimento carbonático, uma rocha com muito baixo grau de solubilidade? Alguma condição específica deve ocorrer, portanto, para que possa evoluir o carste em rochas pouco solúveis. Existem algumas explicações, como um longo tempo de exposição aos processos intempéricos, existência de elementos catalizadores desta dissolução, como presença de minério de ferro, matéria orgânica, ambientes básicos, ou ainda, características climáticas.

Neste contexto de carste não carbonático, a geomorfologia leva vantagem sobre outras abordagens do carste, pois se baseia em formas de relevo para inferir os processos formadores, e, como consequência, não depende de análises de laboratório, tendo sido esta razão, talvez, que fez com que as primeiras propostas de denominar uma área

como carste ter partido de geomorfólogos, independente da litologia.

Neste trabalho, pretende-se fazer uma rápida revisão de literatura sobre carste não carbonático, em especial sobre arenitos, apresentando duas áreas brasileiras cujas características morfológicas permitem identificar um carste. Espera-se com isso, contribuir para o reconhecimento da existência do carste em rochas silicosas, notadamente o arenito, em território brasileiro.

### Carste e pseudo-carste

Para se chegar a entender o que é o carste, é preciso ter em mente que o conceito de carste está em franca evolução, tendo mudado diversas vezes desde a década de 1960 até o presente. Uma das mais recentes, proposta por Klimchouk e Ford (2000), fala não mais em "relevo cárstico", mas em "sistema cárstico", com uma organização peculiar.

Os autores citados definem carste como sendo um sistema de transferência de massa integrado, em rochas solúveis, com permeabilidade estrutural dominada por condutos estabelecidos pela dissolução do material rochoso e organizado para facilitar a circulação de fluídos (Klimchouk e Ford, 2000).

Esta definição não inclui o tipo de rocha, demonstra a importância da dissolução de rocha (qualquer que seja), e da hidrologia característica de um sistema cárstico. Foca-se menos nas formas e mais nos processos, embora estes processos vão, em maior ou menor grau, originar o relevo cárstico.

Portanto, o carste pode originar-se em rochas consideradas pouco solúveis, desde que o intemperismo químico condicione o surgimento da morfologia (ou seja, embora talvez não seja o processo preponderante, a solubilidade da rocha determina a existência da forma cárstica) e a formação de condutos, organizando uma rede de drenagem ao menos parcialmente subterrânea.

Podendo então, o carste, desenvolver-se em rochas pouco solúveis, porque então durante muito tempo, formas consideradas "cársticas", mas em rochas não carbonáticas, foram simplesmente denominadas pseudo-carste? Dois motivos são fundamentais para a discussão. O primeiro, é de origem histórica: o carste foi inicialmente estudado em

<sup>1</sup> Na verdade, o termo "carste" é um neologismo brasileiro do termo Karst, de origem germânica, mas adotado internacionalmente. Em português de Portugal, utiliza-se o termo "carso", advindo do nome latino da área de origem, portanto mais ligado a origem da língua portuguesa. Este é um problema para os estudiosos da língua portuguesa resolverem. Neste texto, adota-se "carste" e não "carso", por ser o termo de uso corrente no Brasil.

carbonatos, então adotou-se, na definição, que "carste é um relevo que ocorre no calcário". Quando os pesquisadores encontraram as mesmas formas de relevo em outras rochas, simplesmente designaram tais formas a categoria de não cársticas, sem qualquer estudo feito sobre sua gênese, porque se acreditava que tais formas teriam outra origem que não a dissolução.

O segundo motivo, um pouco mais complexo, é com relação aos processos. Uma forma de relevo está associada a determinado processo ou processos formadores. Como o processo de formação do relevo cárstico estava ligado à dissolução do calcário, se a rocha não contém carbonatos, então não seria carste, pois não haveria dissolução destes. O problema é que a dissolução pode ocorrer em outras rochas, com reações químicas diferentes.

Portanto, em havendo um processo de dissolução, independente dos minerais envolvidos, cujo resultado seja um conjunto de formas cársticas, tem-se o processo dando origem a forma. Logo, é carste. Os pesquisadores do carste (ou carstólogos, adaptando um termo muito em uso na Europa), sobretudo vindos da geomorfologia, tiveram a percepção, analisando o relevo em áreas não carbonáticas, que os processos formadores eram de ordem química, pois de outra forma, não seria possível existir tal relevo. Pseudo-carste passou a ter então, uma abrangência específica, ou seja, somente formas de relevo que se assemelham ao carste mas que, comprovadamente, não tenham sua origem associada ao processo de dissolução química da rocha. Daí surgem as primeiras propostas de conceituar o carste não incluindo a rocha, mas baseados em evidências morfológicas e na dissolução química (qualquer que fosse a reação).

Ainda na década de 1950, pesquisadores franceses já identificavam feições cársticas desenvolvidas em rochas areníticas no continente africano (Renault, 1953). Na década de 1960, pesquisadores norte-americanos e europeus e venezuelanos, trabalhando no continente sul-americano, verificaram a existência de formas cársticas em rochas consideradas "insolúveis", principalmente o quartzito (White et al., 1967). Na década de 70, trabalhando, sobretudo, no continente Africano, Mainguet (1972) apresenta evidências de

carste em quartzito e arenito. A partir da década de 1980, geógrafos australianos vêm trabalhando com o conceito de carste em arenito, e mais recentemente, pesquisadores europeus estão desenvolvendo estudos sobre carstificação em granitos (Marescaux, 1973; Jennings, 1983; Chalcraft e Pye, 1984; Young, 1986, 1987, 1988; Young e Young, 1992; Doerr, 1999; Willems et al., 2004, 2008).

Renault (1953), talvez tenha sido o primeiro pesquisador a propor a identificação do tipo de carste em função da litologia, tendo proposto o termo "*karst gréseux*" (carste arenítico), para diferenciar do carste carbonático, ou simplesmente do carste como então compreendido.

Trabalhando no continente africano, Mainguet (1972), constata a existência de carste nos arenitos e quartzitos, utilizando principalmente evidências morfológicas para demonstrar que as rochas silicosas desenvolvem um carste, e que este é desenvolvido em função da dissolução química da rocha.

Marescaux (1973), em pesquisa realizada no Gabão, identifica o carste em arenitos, quartzitos e óxidos de ferro (itabiritos), atribuindo a sua formação a dissolução da rocha, que ocorreria devido a quatro condições: 1) que a água possa circular na rocha; 2) que a coesão da rocha seja tal que a cavidade criada por dissolução não seja destruída pelo abatimento das rochas; 3) que a erosão subaérea não tenha velocidade superior que a erosão subterrânea e 4) que se considere a maior ou menor solubilidade da rocha, demandando um tempo suficiente que permita a ação da dissolução sobre volumes significativos de rocha.

Os trabalhos de Martini (1978; 1981) são importantes, pois apresentam casos de carstificação em quartzitos e meta-arenitos no continente africano, comparando com as descrições dadas para as grutas dos Tepuys venezuelanos, demonstrando a ação química nos grãos de quartzo. Uma síntese de seus trabalhos, bem como de suas propostas para a dissolução da sílica pode ser encontrada em Martini (2000).

Em 1980, Brichta et al. apresentam evidências de dissolução do quartzito da gruta do Salitre (MG), associando a formação da cavidade (e possivelmente de outras na área) a

dois fatores: a estrutura tectônica e a dissolução da sílica em ambientes tropicais.

Embora Martini já viesse ganhando respeito com seus trabalhos sobre carste não carbonático, o artigo que quebra o paradigma de que o carste não existiria fora de rochas solúveis, em língua inglesa, é o trabalho de Jennings (1983), ao dizer que definir carste ou pseudo-carste é em parte uma questão terminológica, pois provém da nossa incerteza dos processos que operam sobre as formas. O autor ainda discute que, definir carste em função da litologia é arbitrário, e que carste deve ser definido "*em termos de processo, dissolução, a qual é entendida como crítica (mas não necessariamente dominante) no desenvolvimento das formas de relevo e drenagens características do carste*"<sup>2</sup> (Jennings, 1983). O autor também apresenta exemplos de relevos cársticos em arenito na Austrália, citando e comparando com outros trabalhos, em especial com o de Mainguet (1972).

Uma extensa lista de artigos pode aqui ainda ser citada, todas oscilando em torno das mesmas ideias. Dentre os mais importantes, os de Young (1986; 1987 e 1988), que discute carste em arenito na Austrália; Urbani (1986, 1990), sobre o carste nos Tepuy Venezuelanos; Young e Young (1992), que discorrem sobre os relevos em arenito, inclusive o carste; Doerr (1999), que também trabalha sobre os quartzitos venezuelanos; Wray (1997a; 1997b; 2009), que discute sobre a natureza do carste em rochas não carbonáticas; Self e Mullan (2005), que apresentam exemplos de carste em arenito na Inglaterra, e Turkington e Paradise (2005).

Este último merece uma atenção especial, trata-se de uma revisão sobre o intemperismo no arenito, incluindo a dissolução química, com descrições das diversas hipóteses, escalas de atuação de processos, e uma expressiva lista de artigos revisados. Também demonstra a pouca atenção dada aos processos intempéricos no arenito, e as novas perspectivas de estudo neste campo.

Em termos nacionais, encontramos referências diversas, como o trabalho de

Wernick et al. (1973), Troppmair e Tavares (1984), Martins (1985), Karmann (1986), Veríssimo e Spoladore (1995), Correa Neto e Batista Filho (1997), Correa Neto (2000), Monteiro e Ribeiro (2001), Hardt (2003), Auler (2004), Silva (2004), Spoladore (2006), Willems et al. (2005, 2008), Uagoda et al. (2006), Hardt e Pinto (2008), Hardt (2009), Morais (2009), entre muitos outros, principalmente a partir de 2000. Nos mais antigos, os autores evitam falar em carste, restringindo-se a avaliar os elementos encontrados e sua influência na formação das cavidades e formas. Nos mais recentes, o termo carste é adotado com frequência, mostrando já uma mudança de posicionamento.

Se no início o conceito de carste estava intimamente associado a litologia, atualmente isso mudou, e como visto, vários exemplos de carste em rochas não carbonáticas foram identificados e estão sendo estudados no mundo afora. O que não se pode aceitar mais é simplesmente atribuir um termo genérico e pouco claro a uma área, denominando-a pseudo-carste, simplesmente porque não se trata de calcário. Por outro lado, não é porque existem formas que se assemelham ao carste em uma determinada área que é necessariamente carste. O equilíbrio tem de ser encontrado, e a definição se uma determinada área é ou não carste deve ser feita após estudos do relevo e processos que atuam ou atuaram na mesma.

Para concluir este aspecto bibliográfico, ressalta-se que há muitos anos a UIS (*Union Internationale de Spéléologie*) mantém regularmente um congresso de pseudo-carste. Nos últimos eventos, o termo vem sendo sistematicamente contestado, e o nome continua o mesmo muito em função da antiguidade. No entanto, concorda-se com as palavras de Glazek (2006), quando este coloca:

*Criamos uma nomenclatura científica com o objetivo de alcançar economia na comunicação, para abreviar longas descrições sem perder o significado e para omitir mal-entendidos. Desta forma, os termos propostos devem ser claros e seu escopo deve ser mais restrito que as palavras comuns. Por esta razão, "pseudo-carste" como um termo comum é apenas aparentemente preciso. Significa qualquer estrutura ou feição superficialmente similar*

<sup>2</sup> Original: "*in terms of the process, solution, which is thought to be critical (but not necessarily dominant) in the development of the landforms and drainage characteristic of karst.*" (Tradução não oficial de Rubens Hardt).



ao carste, mas evidentemente diferente deste (Glazek, 2006)<sup>3</sup>.

O mesmo autor continua, em outra parte do artigo: “Se a ciência que estuda o carste é razoavelmente denominada “carstologia”, não podemos aceitar uma ciência pseudo-carstologia”<sup>4</sup>.

O termo pseudo-carste deve ser extinto da literatura científica. Definições que indiquem com precisão o processo que dá origem a forma devem ser adotadas. Isso já vem acontecendo, com os termos vulcanocarste, que indica um relevo cárstico originados por processos vulcânicos, não por dissolução, ou o termo criocarste, para indicar um carste formado em gelo pela alternância do estado sólido do gelo para o líquido da água. No caso de rochas não carbonáticas, em que o carste aparece devido à atividade química, termos como carste em quartzito ou carste em arenito, permitem deixar claro que é um relevo cárstico (portanto, formado a partir da dissolução), cujos processos químicos diferem do carbonático em função dos minerais componentes da rocha.

### Exemplos Brasileiros: Itaqueri e Chapada dos Guimarães.

O Brasil é rico em exposição superficial de rochas silicosas. Entre estas, estão os arenitos. Neste estudo, duas áreas areníticas foram escolhidas por já serem conhecidas pelas expressões de relevo, notadamente as cavernas, sugerindo potencial cárstico. Os estudos realizados vêm comprovando esta hipótese inicial. As áreas escolhidas são mostradas na Figura 1.



**Figura 1: Localização das áreas estudadas.**  
1: Serra de Itaqueri, estado de São Paulo;  
2: Chapada dos Guimarães, Mato Grosso.

### A Serra de Itaqueri

#### Morfologia Externa

A Serra de Itaqueri se insere no contexto geomorfológico das "cuestas basálticas", conforme apresentado por Ab'Saber (1954), revisto e modificado por Almeida (1964), posteriormente detalhado por IPT (1981).

Segundo Almeida, tal relevo está associado a sucessão de camadas em que litologias poucos resistentes à erosão se alternam com outras, mais resistentes, que afloram em destaques topográficos, caracterizando a área com feições distintas de relevos assimétricos e *cuestas* típicas.

IPT (1981) relata que o platô de Itaqueri está situado em posição elevada sobre o rio Tietê, na região onde este rio atravessa as *cuestas*. Para IPT (1981), a jusante deste local, já na região de Jaú, o relevo possui cotas no intervalo de 440 a 600 metros, e caracteriza-se por colinas amplas, que não ocorre no platô de Itaqueri em virtude da maior intensidade da ação da erosão sobre tal área elevada, por serem estas, cabeceiras de drenagem consequente do reverso.

Tipicamente, um relevo cuestiforme se desenvolve na borda de uma bacia sedimentar, apresentado uma depressão periférica,

<sup>3</sup> Original: *We are creating scientific nomenclature with the aim to reach economy in communication, to abbreviate long description without losing the meaning and to omit misunderstanding. Thus the proposed terms should be clearer and their scope should be more restricted than that of common words. For this reason "pseudokarst" as a common term is only apparently precise. It means any structure or feature superficially similar to that of karst, but evidently different from it.* (Glazek, 2006). (Tradução não oficial de Rubens Hardt).

<sup>4</sup> Original: *If the science dealing with karst is reasonably named "karstology", we could not accepted a science "pseudokarstology".* (Tradução não oficial de Rubens Hardt).

associado a um desnivelamento abrupto, denominado *front de cuesta*, seguido por um reverso de declividade suave em direção ao centro da bacia. A Serra de Itaqueri corresponde a um apêndice de um relevo cuestiforme típico, apresentando estas três unidades de relevo bem definidas na paisagem (Figura 2).

Observa-se também, o acúmulo de material inconsolidado na base do *front de cuesta* (tálus). Em alguns pontos, lembram estruturas de antigos leques aluviais, hoje descaracterizados por drenagens, demonstrando que o relevo atual apresenta características transicionais de um clima mais seco (cuja manifestação se deu no último período glacial, encerrado a cerca de 10.000 anos AP), para o clima semi-úmido atual. Em 2005, após um início de ano bastante chuvoso, ainda se observava, apesar de o período de chuvas ter terminado três meses antes, diversas cicatrizes de escorregamento no *front de cuesta*. Na área de estudo, as *cuestas* são

delimitadas por escarpas festonadas, conforme definido por IPT (1981).

Localmente, pode-se observar diversas características interessantes, que ajudam a explicar a evolução do relevo. Além das bancadas lateríticas descritas pelos diversos autores, cabeceiras de drenagens superpostas, vales sem cabeceiras de drenagens, consumidas pela evolução da *cuesta*, dolinas, uvalas (Figura 3 "a" e "b"), e *kamenitzas* aparecem em pontos isolados da Serra de Itaqueri. *Canyons* e cachoeiras também se fazem presentes (Hardt, em andamento).

Estes elementos, em conjunto, mostram que mudanças vêm ocorrendo naquele planalto, com capturas de rios pela evolução da *cuesta*, rebaixamento do freático e soerguimento tectônico (Ladeira, 2000), provocando o aparecimento de cabeceiras de drenagens truncadas, além da atividade química, que produz as depressões em vários arranjos e tamanhos.



**Figuras: 2 - Relevo cuestiforme da Serra de Itaqueri, apresentando as três unidades típicas: Depressão Periférica, *front* e reverso (jun. 2005); 3 - Uvala no topo da Serra de Itaqueri. a) Época das secas, vislumbram-se várias dolinas em meio a uma área deprimida (Fev. 2004). b) Época úmida, as dolinas coalescem numa uvala (Jun. 2005). Fotos: Rubens Hardt.**



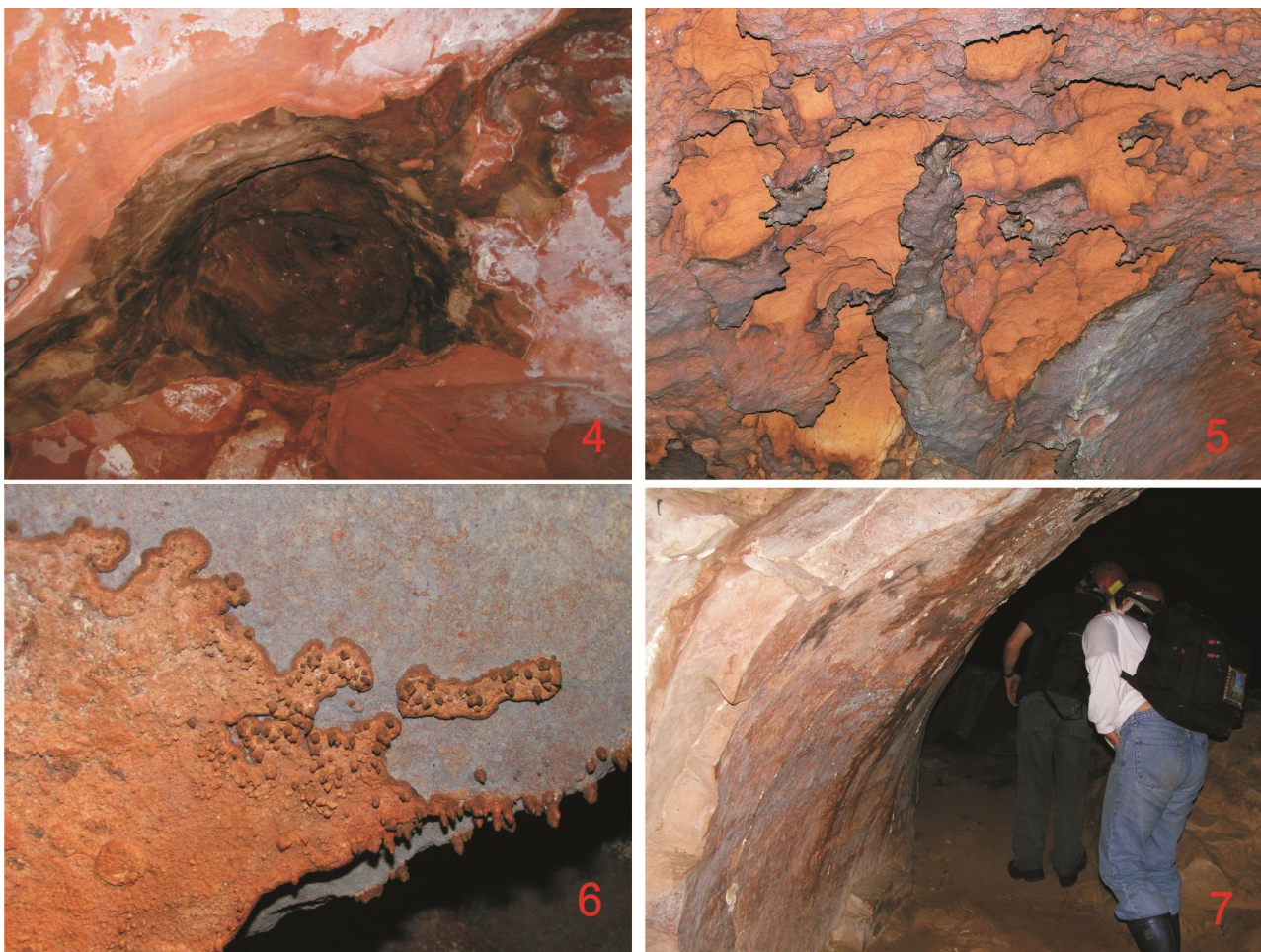
### Morfologia Interna

Diversas são as cavernas na Serra de Itaqueri, e pode-se relacionar as seguintes: gruta do Fazendão, gruta do Paredão, gruta do Rochedo, abrigo da Glória, gruta do Fóssil, gruta das Abelhas, gruta dos Macacos, abrigo do Bauru, gruta Boca do Sapo, entre outras de menor expressão.

As cavernas apresentam um forte controle estrutural, como já observado por diversos autores (Veríssimo e Spoladore, 1994; Monteiro e Ribeiro, 2001; Ribeiro e Ribeiro, 2007), com predominância de direções NNE, NW e WNW.

Não são, no entanto, cavernas desenvolvidas, pois são pequenas demais para serem enquadradas na caracterização de Palmer (1991), podendo serem enquadradas

nos estágios iniciais, transitando para maduro em alguns casos, conforme Rodet (2007), tendo, no entanto, tornado-se relicto (paleocarste) antes que atingisse o completo desenvolvimento. Esta classificação se justifica pois: as cavernas são pequenos condutos isolados, exceto pelas duas maiores, que apresentam salões interconectados e condutos paralelos e semi-paralelos entre si, denotando um estado intermediário entre o inicial e o maduro; existem nichos de dissolução (alvéolos), que acabam por se ligarem a outros por salões e condutos, indicando fases iniciais da espeleogênese; e algumas formas de dissolução encontrada nos tetos das cavernas são características de fluxo lento, apesar das dimensões do conduto, indicando que a água se movimentava lentamente, não havendo, ainda, um fluxo turbulento.



**Figuras: 4 - Cúpula de dissolução no teto da Gruta do Fazendão, característica de conduto totalmente inundado. (2008); 5 - Teto anastomosado, característico de conduto freático. Gruta do Fazendão. Observe as formas delicadas, indicando um fluxo lento, sem erosão mecânica e com erosão química (corrosão) (2008); 6 - Estalactites e concreções no teto da Gruta do Paredão, demonstrando atividade química de dissolução e deposição. As maiores estalactites possuem cerca de 4cm (2005); 7 - Fragmento de um conduto freático, típico de uma fase de completo alagamento da caverna. Gruta do Fazendão (2005). Fotos: Rubens Hardt.**

Também foram encontrados, nos tetos das cavernas, formas típicas de dissolução, como tetos anastomosados e cúpulas (Figuras 4 e 5), além de pequenos espeleotemas que demonstram que, após a completa saída da água, a dissolução continua, por percolação das águas pluviais por entre as fraturas da rocha, indo se depositar no interior da cavidade (Figura 6).

Os condutos existentes tendem a um formato de arco ou ogiva. Estes formatos apresentam uma estabilidade natural, com a distribuição do peso das rochas acima nas laterais do conduto. Grandes desmoronamentos aparecem em alguns salões de dimensões maiores, mas, mesmo nestes, é possível identificar vestígios do conduto freático (Figura 7) que antecedeu ao desmoronamento, indicando uma evolução em diversas fases.

Fica evidente, no arenito, que as principais formas de dissolução acabam preservadas no interior das cavernas, pois, exceto quando as formas ainda estão ativas, ou em desenvolvimento, estas tendem a desaparecer da paisagem quando expostas a outros processos intempéricos de natureza mecânica (chuva, vento, fluxos de água), devido à suscetibilidade deste tipo de rocha a estes processos.

## Chapada dos Guimarães

### *Morfologia externa*

A área de estudo situa-se no interior da feição morfológica conhecida por Chapada dos Guimarães. Segundo Gonçalves e Schneider (Apud Ross e Santos, 1982), um soerguimento do centro do continente, posterior a deposição da Formação Cachoeirinha, deu condições para a esculturação do relevo do centro-leste de Mato Grosso, formando, na parte Setentrional, vastos chapadões com mergulho para o Norte. Ainda segundo os autores, a borda Oeste da bacia do Paraná é assinalada por escarpa íngreme composta por sedimentos da Formação Furnas e rochas do embasamento cristalino. A erosão diferencial destacou as formações gerando feições variadas.

Moreira (1977, p. 14) discorrendo sobre o relevo mato-grossense, relata que:

*...a borda da Bacia Sedimentar é marcada por um vasto alinhamento de "cuestas" e Chapadas que vão desde o limite com o Paraguai, em Mato Grosso, até a depressão periférica modelada em rochas Pré-Cambrianas, no Triângulo Mineiro. As frentes das "cuestas" voltadas para o exterior da bacia são festonadas, com pontas avançadas ("trombas" em Mato Grosso) e profundas reentrâncias que abrigam os altos cursos dos tributários do rio Paraguai. No noroeste da bacia, a cobertura Cretácica coroa parte da serra do Caiapó ou recobre, localizadamente, o topo dos chapadões e "cuestas" talhadas nas formações Paleozóicas subjacentes. Em todo caso, porém, são as grandes vertentes esculpidas nas formações Paleozóicas areno-sílticas de colorações avermelhadas e estratificação horizontal ou entrecruzada, como na Chapada dos Guimarães, no nordeste de Cuiabá.*

O relevo local se desenvolve no reverso da cuesta. Neste reverso, de relevo suave, quase plano, levemente inclinado para norte, abrem-se vales escarpados e alargados, formando um relevo de transição de um clima árido para um clima úmido, com elementos morfológicos de ambas as condições climáticas, fato este observado por outros autores em áreas similares, como Passos (2000), e Hardt (2004).

Como consequência destas mudanças climáticas, no reverso da cuesta isolam-se pequenos tabuleiros, na forma de testemunho, limitados por escarpamento quase vertical, com paredões que por vezes ultrapassam 30 metros, sendo que em um destes testemunhos, alongado no sentido Oeste-Leste, em função de condicionantes estruturais, se desenvolve a gruta Aroê-Jari, motivo deste estudo, bem como outras duas grutas, também revestidas de importância, a gruta da Lagoa Azul e a gruta Kiogo-Brado. Esta última localiza-se em um apêndice de uma estrutura maior, separado do testemunho por um vale já bastante aprofundado e recoberto por uma mata densa tropical.

Depressões fechadas podem ser encontradas em partes do relevo. Uma das mais importantes é a depressão poligonal que



separa o testemunho onde se encontra a Aroê-Jari do maciço de onde este se destaca. Esta depressão de aspecto alongado e muito suave, não é perceptível localmente, sendo identificada apenas pelas drenagens que se concentram e correm para o interior da gruta.

Outras depressões importantes encontram-se na área superior do maciço, constituindo-se em uma dolina arredondada, e uma uvala elíptica, resultado da coalescência de duas dolinas, em cujos interiores se encontram grutas que permitem a comunicação entre ambas às depressões e que drenam a água que nelas se acumulam para um córrego interno, que desemboca no interior da gruta Aroê-Jari.

O mapa de compartimentação morfológica (Figura 8) apresenta os três compartimentos de relevo e sua localização, permitindo a compreensão do sistema. Os altos estruturais cercam vales. Nestes, diversas nascentes compõem a bacia do Monjolinho. A nascente difusa que forma a depressão poligonal pertence à mesma bacia, mas drena para esta através da caverna Aroê-Jari.

As escarpas, sejam dos testemunhos ou na estrutura maior, são sustentadas em parte por um arenito mais rígido, silicificado, que impede uma erosão mais acelerada, ou, eventualmente, por concreções ferruginosas (lateritas) (Vasconcelos, 2005), que afloram em alguns trechos das vertentes (Figuras 9 e 10).

Uma formação particularmente interessante, resultado desta diferença litológica, é a “Ponte de Pedra”, onde o arenito silicificado, mais rígido, sobreviveu aos processos de intemperismo, enquanto que a sua base, mais friável, foi completamente retirada. (Figura 11).

Na superfície cimeira, em geral bastante aplainada, os afloramentos rochosos são frequentes, demonstrando que os processos intempéricos são bastante ativos na dissecação do relevo, não permitindo o acúmulo de solos, sendo que o material intemperizado acaba transportado, por água ou vento, para o fundo dos vales. Tal superfície, pelo nivelamento topográfico e presença de concreções, trata-se provavelmente de uma antiga superfície de erosão.

Formações tipo “casco de tartaruga” (Figura 12) são observadas em diversas áreas,

tais formações se enquadram na categoria de “pavimentos tessalônicos”. A gênese de tais pavimentos ainda é questionável, e várias hipóteses foram aventadas (Branagan, 1983).

Relevos ruiformes aparecem nas escarpas, decorrente da erosão diferenciada que ocorre em pontos da rocha que sofreram diaclasamentos.

Este controle estrutural (diáclases) no substrato rochoso é importante, não só no lineamento dos vales, mas também dos altos estruturais, dando origem a formas alongadas, bem como morrotes residuais (hums), que se destacam das escarpas próximas. Também é o condicionante dos condutos das cavernas (Borghi e Moreira, 2002).

Formas de dissolução nas superfícies rochosas, conhecidas por *kamenitzas* (Figura 13), aparecem com frequência nas cimeiras dos altos estruturais, e somadas a outras formas em geral associadas ao relevo cárstico, como as ruiformes e os arcos, bem como *hums* e depressões fechadas, além das próprias cavernas, permitem demonstrar que esta área se comporta, desde um ponto de vista sistêmico, como um carste.

### *Morfologia interna*

As cavernas Aroê-Jari, Lagoa Azul e Kiogo-Brado, apresentam um nítido controle estrutural, que pode ser observado pelo diaclasamento visível, sobretudo no teto das cavidades, bem como no controle litológico decorrente do contato entre duas litologias distintas.

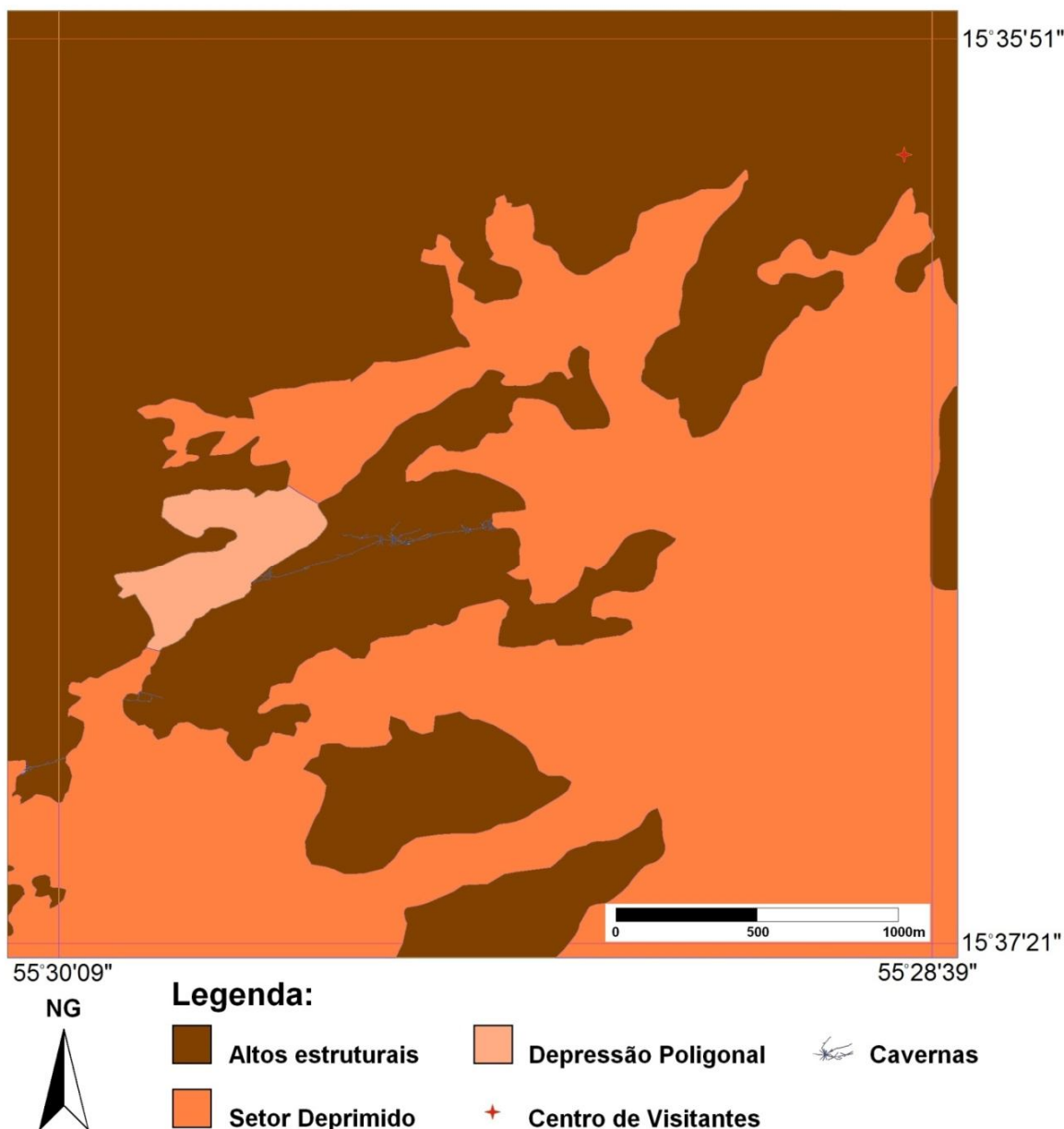
As diáclases condicionam a direção dos condutos, sentido ENE/OSO, dando uma feição linear, exceto na parte central da caverna Aroê-Jari, onde se observa a convergência de condutos em direção ao conduto principal, decorrente de um diaclasamento secundário.

Não é possível enquadrar com precisão a mencionada caverna na classificação de Palmer (1991). Tal se deve pelo fato de que tal classificação, elaborada para cavernas em rochas carbonáticas, não ser totalmente adequada para outras litologias. Aproxima-se, no entanto, ao que Palmer chama de “Caverna de passagem única”. Na visão de Rodet (2007), trata-se de um monocoletor.

Internamente, o plano de corte dos condutos é caracterizado por um conduto de teto. Observa-se nitidamente um alargamento da base em relação à porção superior do conduto, em função de um evento paragenético, com preenchimento do conduto inferior com sedimentos provocando a erosão do teto (Figuras 14 e 15).

O controle estrutural é nítido também nas cavernas Lagoa Azul e Kiogo-Brado. No

entanto, no caso da Kiogo-Brado uma única diáclase condiciona a formação do conduto, tornando-o estreito e alto. Nas cavernas Aroê-Jari e Lagoa Azul, duas diáclases próximas das laterais dos condutos determinam sua forma mais alargada, tendendo para um retângulo. As Figuras 16 e 17 apresentam os condutos típicos das grutas Lagoa Azul e Kiogo-Brado, respectivamente.



**Figura 8 – Mapa de compartimentação geomorfológica.** Em marrom, estão representados os altos estruturais, em geral separados dos vales (em laranja), por escarpamentos que podem atingir mais de 30m de desnível. Partes se conectam com o relevo dos vales de forma suave, neste caso, a linha divisória foi traçada a meia vertente. Os tons de laranja diferenciam as bacias. Estas estão conectadas pela caverna Aroê-Jari, mas para a compreensão do sistema, foram representadas separadamente. Organizado por Rubens Hardt, com base em observações de campo, dados coletados com GPS, bússola e clinômetro, e imagem disponível pela Internet através do provedor de imagens GoogleEarth. (2007).



Ainda na caverna Aroê-Jari, em vários pontos é possível observar cúpulas de dissolução. Tais feições são relevantes, pois são claros indicativos da dissolução da rocha. A existência de tais formas é significativa (Figura 18).

Outra feição importante sob esta perspectiva é o conjunto de travertinos encontrado no interior da caverna Aroê-Jari (Figura 19). Testes com soluções ácidas não resultaram em qualquer reação, indicando ausência de carbonatos.

### Considerações Finais

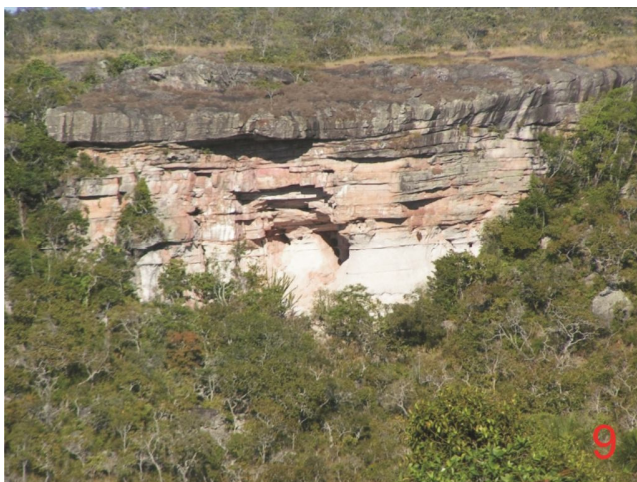
As observações feitas até o momento evidenciaram algumas características gerais dos relevos cársticos das áreas estudadas, permitindo a formulação de hipóteses mais

prováveis para explicar a existência destas formas cársticas e sua manifestação em uma cronologia relativa.

Assim sendo, alguns fatores são discutidos em cada área, demonstrando algumas semelhanças e diferenças entre elas.

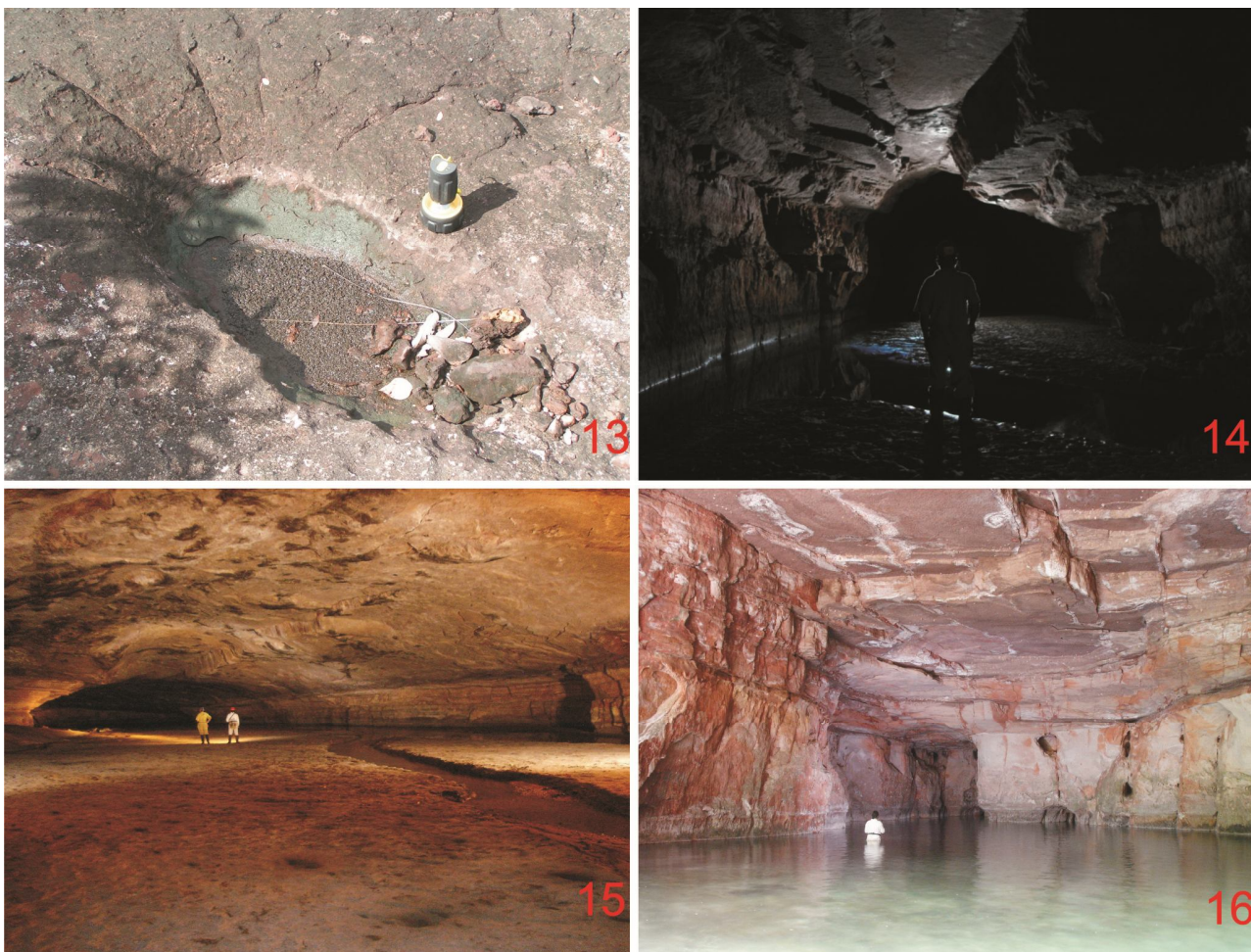
### Serra de Itaqueri

Considerando-se as cavernas, isoladamente, observa-se que estas ocorrem principalmente no setor leste da serra, em posição de contato entre o front e o tálus, estando, aproximadamente, no mesmo nível altimétrico, cerca de 840m SNM. Também se observam, em seu interior, como já apresentado no capítulo anterior, formas de dissolução, indicando a existência de uma fase freática anterior, hoje ausente.

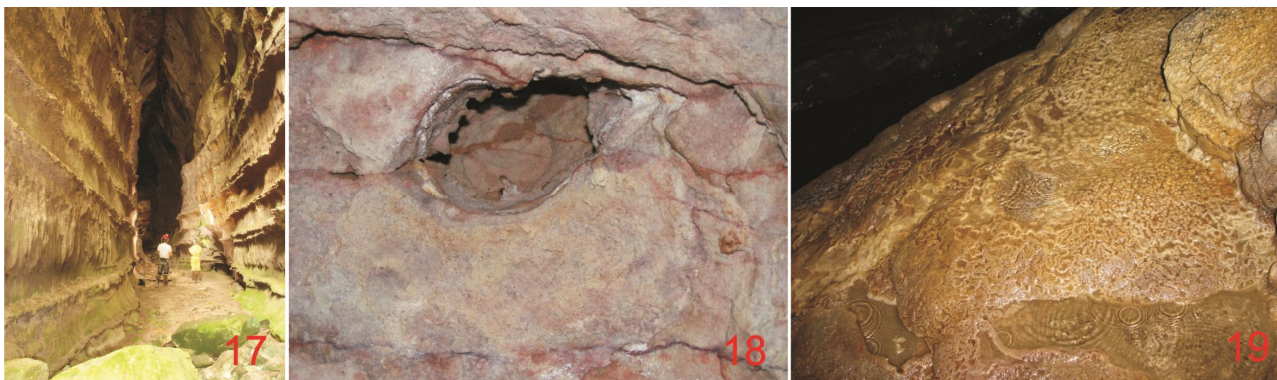


Figuras: 9 – Escarpamento sustentado por arenito rígido, silicificado (no topo), sobrepondo arenito mais friável (na base). Proximidades da caverna Aroê-Jari, junho de 2006; 10 – Fragmento de concreção laterítica no topo de alto estrutural, proximidade da caverna Aroê-Jari. Tamanho aproximado: 2,5 cm, fevereiro de 2006; 11 – “Ponte de Pedra”, formação decorrente do intemperismo diferenciado de duas litologias, junho de 2006; 12 – Formação tipo “casco de tartaruga”, junho de 2006. Fotos: Rubens Hardt.





**Figuras: 13** – Forma típica de dissolução, conhecida como Kamenitza, encontrada em superfície rochosa. Aparecem com frequência nos arenitos silicificados que sustentam os altos estruturais, fevereiro de 2006; **14** – O controle paragenético determina a forma do conduto. Observe na parte superior, o canal de teto, mais estreito que a parte inferior, em decorrência de um evento de entulhamento sedimentar da cavidade, junho de 2006; **15** – Salão central, gruta Aroê-Jari. Aqui também é possível observar a diferença devido à paragênese. Na parte superior, um conduto de teto estreito, enquanto que na parte inferior, um amplo salão domina. As dimensões deste salão estão relacionadas ao controle estrutural, com a convergência de condutos laterais e fluxo secundário de água. Observe também o nítido contato entre as duas formações litológicas nas proximidades do teto, fevereiro de 2006; **16** – Aparência típica do conduto da caverna Lagoa Azul, fevereiro de 2006.  
Fotos: 13 – Rubens Hardt; 14, 15 e 16 – José Ayrton Labegalini.



**Figuras: 17** – Aparência típica do conduto da caverna Kiogo-Brado, fevereiro de 2006; **18** – Cúpula de dissolução no teto de conduto da caverna Aroê-Jari, junho de 2006; **19** – Travertinos no interior da caverna Aroê-Jari, fevereiro de 2006. Fotos: 17 e 19 – José Ayrton Labegalini; 18 – Rubens Hardt.



O contexto geológico apresenta as cavernas inseridas no Arenito Botucatu, quase sempre associadas a afloramentos de basalto em posição altimétrica acima da posição das cavidades. Tal constatação é importante, pois, a presença do basalto permite a formação de aquíferos com um PH alto (básico), extremamente favorável a dissolução da sílica, que pode ajudar a explicar a formação destas cavidades.

Acredita-se que, em um passado geológico, situação semelhante a encontrada no município de Águas de São Pedro e proximidades, ocorreu, permitindo a formação de um aquífero com PH básico, favorecendo não apenas a dissolução dos arenitos, como também a formação de condutos, dando origem às cavernas.

Embora esta não seja a única origem possível para as cavernas regionais, as cavernas maiores e mais expressivas em termos morfológicos se encontram nestas áreas, mostrando que a presença do basalto pode ser significativa no desenvolvimento das cavidades. Trata-se portanto, de um paleocarste, um carste não mais ativo, decorrente da atividade química em meio freático, quando este nível se encontrava muitos metros acima do atual.

Seguiu-se uma fase em que, em função do rebaixamento do freático, as águas abandonaram as cavidades, gerando um segundo estágio de evolução, onde ocorreram grandes abatimentos, devido ao fato de as rochas que compunham o nível superior da cavidade formada estarem parcialmente intemperizadas, e a saída da água provocou perda de sustentação, induzindo ao colapso.

Uma terceira fase, a atual, encontra-se em desenvolvimento, com os condutos estabilizados, e a dissolução da rocha na parte superior da cavidade se dando devido à infiltração das águas intempéricas, depositando minerais em seu interior, como atestam os espeleotemas presentes ainda em formação.

Já na parte superior da *cuesta*, em seu reverso, formam-se dolinas muito nítidas, largas e rasas, cujo interior é tomado por turfeiras. Por se tratar de uma feição atual, o desenvolvimento dos processos cársticos se dá possivelmente, pelo acúmulo de matéria orgânica, como descrito por Bennett (1991). Tratam-se, portanto, de feições em plena

evolução, estando bastantes ativas na época das chuvas, quando se alagam, e pouco ativas no período das secas.

O controle estrutural está presente em todas as formas, acompanhando algum dos diversos lineamentos já identificados por diversos autores, como visto anteriormente. Estes são facilmente observados no interior das cavidades e podem ser inferidos na superfície por anomalias de drenagem e lineamentos nos *fronts de cuesta*.

As evidências de dissolução química também estão presentes, podendo-se observá-las tanto no interior das cavidades, quanto na área externa, demonstrando que processos de dissolução química vem atuando no modelado desde a muito tempo.

### Chapada dos Guimarães

Na área da Chapada dos Guimarães, as cavernas têm um nítido controle estrutural, facilmente observável no interior destas. A dificuldade encontra-se em demonstrar uma associação com fatores geoquímicos que permitam explicar a dissolução, uma vez que ao contrário do que ocorre na Serra de Itaqueri, não existem afloramentos de basalto. A explicação geoquímica mais provável, para a existência das cavidades está, possivelmente, associada a presença de matéria orgânica. Muita matéria orgânica em decomposição é encontrada no interior da cavidade, trazida pelas águas, criando um ambiente favorável a dissolução da sílica. Bancadas ferruginosas também podem ter contribuído, pois estas são encontradas em diversas partes do maciço. O fator litológico é também importante para explicar as dimensões das cavidades. Embora a dissolução química se apresente como o elemento fundamental para a existência destas, após ter-se estabelecido um fluxo turbulento, as paredes provavelmente se alargaram em função da erosão mecânica, atuando em uma litologia mais friável na parte inferior, preservando o teto na parte superior em função da resistência mecânica ao desabamento, decorrente da rocha superior (formação Alto Garças) ser muito mais rígida que a inferior (Formação Vila Maria), embora ambas sejam arenito.

As dimensões dos condutos também implicam que, em um passado geológico, houve um fluxo muito maior de água que no

presente. Hoje, o nível freático se encontra aflorando no interior da cavidade, sendo que em sua maior parte, raramente passa de um metro de profundidade, existindo, no entanto, partes com profundidades maiores. A quantidade de água, com uma vazão muito pequena, tem origem em afloramentos no próprio interior da cavidade, ou em nascentes difusas em uma depressão poligonal irregular nas proximidades da mesma, que migra para o seu interior. Como hoje a cavidade se encontra no reverso da *cuesta*, muito próximo de seu front (cerca de 1,5Km), é possível que, com a evolução da *cuesta*, um rio que antes drenava de forma consequente, passando pela gruta Aroê-Jari, tenha sido capturado para o *front* e depressão periférica, tornando-se obsequente e não mais correndo pelo interior da cavidade.

Na parte externa, a depressão poligonal próximo a caverna maior (Aroê-Jari), serve de nascente difusa e possui muita vegetação em seu interior, sendo possível observar depósitos de turfa nas mesmas. É uma área quase plana. Consequentemente, a drenagem é lenta, tendo pouca influência mecânica, como se pode observar pela ausência de sedimentos na água que penetra a cavidade, acredita-se que a presença de matéria orgânica é a principal responsável pela evolução da depressão, pois a base desta está tomada por turfeiras.

Na parte superior do maciço da Aroê-Jari, encontram-se dolinas de abatimento, permitindo o acesso a uma pequena cavidade, ligada a Aroê-Jari pela hidrologia, mas não por condutos penetráveis pelo homem. Algumas destas dolinas coalescem, formando pequenas uvalas.

Talvez as formas mais significativas de revelo cárstico, excetuando-se as cavernas, seja a presença de *kamenitzas*, relevo ruiforme, e principalmente, os *karrens*, que se apresentam em rochas hoje expostas, mas que indicam um desenvolvimento subcutâneo, na zona epicárstica.

Dentre as principais contribuições desta pesquisa, talvez seja a explicação proposta para as formas chamadas de "casco de tartaruga", fragmentos poligonais na superfície das rochas, conhecidos genericamente como pavimentos tessalônicos ou quebra poligonal, uma das mais importantes. Branagan (1983) apresenta uma distinção em quatro tipos de pavimentos, de acordo com a origem. Para o

autor, estes pavimentos se formam por redes de juntas (origem portanto associada ao tectonismo); pelo rápido resfriamento de rochas vulcânicas em superfície, provocando a quebra em polígonos; pelo ressecamento de argilas e posterior litificação, e um por fim, um tipo denominado genericamente pelo autor de "quarto tipo", nos quais se incluem os "cascos de tartaruga" ou, como denomina o autor, "pele de elefante", para o qual diversas explicações foram propostas, mas nenhuma explica completamente o fenômeno.

Opina-se que tais pavimentos teriam sua origem em fenômenos epicársticos, desenvolvendo-se no contato rocha-solo, onde a umidade do solo permitiria uma interação química lenta dos fluídos na superfície da rocha, induzindo, posteriormente, a sua quebra por stress, quando da perda desta umidade. Isto permite explicar porque tais pavimentos aparecem inclusive, em superfícies inclinadas da rocha, em posição vertical. Seriam, desta forma, exemplos de formas cársticas, corroborando a existência deste na referida área. Na literatura investigada, não se conhece interpretação semelhante.

### Considerações gerais

Os dados colhidos em campo demonstram a existência de formas de dissolução e também uma cronologia de evolução, ainda não completamente compreendidas, para ambas as áreas de estudo, corroborando com o conceito de que o carste se desenvolve em rochas não carbonáticas, notadamente o arenito, e tornando-se assim, uma contribuição ao conhecimento do carste em rochas de grande ocorrência em território brasileiro.

Existem grandes diferenças entre as manifestações cársticas em cada área. Estas diferenças, associadas com o estágio diferente de desenvolvimento do endocarste, podem auxiliar a compreender os mecanismos comuns de desenvolvimento do carste em arenitos, bem como expor características localizadas.

Em pesquisas futuras, pretende-se complementar os dados de campo, preenchendo lacunas que ainda carecem de explicação, bem como, em havendo possibilidade, realizar análises químicas que demonstrem, sob a perspectiva geoquímica, a

dissolução da rocha.

## Agradecimento

O Autor Rubens Hardt agradece a CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior o auxílio recebido através do Programa de Doutorado com Estágio no Exterior - PDEE, sem o qual este trabalho não seria possível

## Referências bibliográficas

- Ab'saber, A. N. 1954. A geomorfologia do Estado de São Paulo. In: *Aspectos geográficos da terra bandeirantes*. Rio de Janeiro: Cons. Nac. Geografia.
- Almeida, F. F. M. 1964. *Fundamentos geológicos do relevo paulista*. São Paulo: USP.
- Auler, A. S. 2004. Quartzite caves of South America. In: *Encyclopedia of Caves and Karst Science* (Gunn, J. ed.). Fitzroy Dearborn, New York, p.611-613
- Bennett, P. C. 1991. Quartz dissolution in organic-rich aqueous systems. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. Vol. 55. Pergamon: p. 1781-1797.
- Borghi, L.; Moreira, M. I. C. 2002. Caverna Aroe Jari, Chapada dos Guimarães, MT. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília: DNPM, p. 481-489.
- Branagan, D. F. 1983. Tesselated Pavements. In: Young, R. W.; Nanson, C. G. *Aspects of Australian Sandstone Landscapes*. Australian and New Zealand Geomorphology Group Special Publication No. 1. Wollongong: University of Wollongong.
- Chalcraft, D.; Pye, K. 1984. Humid tropical weathering of quartzite in Southeastern Venezuela. *Zeitschrift für Geomorphologie*. Berlin: v. 28, n. 3, p. 321-332.
- Correa Neto, A. V.; Batista Filho, J. 1997. Espeleogênese em Quartzitos da Serra do Ibitipoca, Sudeste de Minas Gerais. *Anuário do Instituto de Geociências*, 20, p. 75-87.
- Correa Neto, A. V. 2000. Speleogenesis in Quartzites from Southeastern Minas Gerais, Brazil. In Klimchouk, B. A.; Ford, D. C.; Palmer, A. N.; Dreybrodt, W. (ed.) *Speleogenesis - Evolution of Karst Aquifers*. Huntsville (USA). National Speleological Society, p. 452 - 457.
- Doerr, S. H. 1999. Karst-like landforms and hydrology in quartzites of the Venezuelan Guyana shield: Pseudokarst or "real" karst? *Zeitschrift für Geomorphologie* 43: 1-17.
- Ford, D.; Williams, P. 1989. *Karst Geomorphology and Hydrology*. London, Unwin Hyman.
- Glazek, J. 2006. Karst Related Phenomena - The Problem of Proper Nomenclature. *9th International Symposium on Pseudokarst (Abstracts)*. Institute of Nature Conservation. p. 47-48.
- Hardt, R. 2003. *Formas Cársticas em Arenito*. Monografia de Especialização. UNESP.
- Hardt, R. 2004. *Aspectos da morfologia cárstica da Serra do Calcário – Cocalinho – MT*. 2004. 98 f. Dissertação (Mestrado em Organização do Espaço) Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Hardt, R.; Pinto, S. A. F. 2008. Carste Em Rochas Não Carbonáticas. *VIII Sinageo* (anais CD-Rom).
- Hardt, R. 2009. Caracterização morfológica das cavernas Aroê-Jari, Lago Azul e Kiogo-Brado – MT. *XXX Congresso Brasileiro de Espeleologia* (Anais em CD Rom). Sociedade Brasileira de Espeleologia.
- IPT. 1981. *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo*. São Paulo: IPT.
- Jennings, J. N. 1983. Sandstone pseudokarst or karst? In: Young, R. W.; Nanson, G. C. *Aspects of Australian Sandstone Landscapes*. Wollongong: Australian and New Zealand Geomorphology Group Special Publication no. 1.
- Karmann, I. 1986. Caracterização geral e aspectos genéticos da gruta arenítica "Refúgio do Maroaga", AM-02. *Espeleo-Tema* 15: 9-18.
- Klimchouk, B. A.; Ford, D. C. 2000. Types of Karst and Evolution of Hydrogeologic Settings. In: Klimchouk, B. A.; Ford, D. C.; Palmer, A. N.; Dreybrodt, W. (editors) *Speleogenesis - Evolution of Karst Aquifers*. Huntsville (USA), National Speleological Society: 2000.
- Manguet, M. 1972. *Le modelé des grès: Problèmes Généraux*. Paris: Institut Géographique National.
- Marescaux, M. G. 1973. Les Grottes du Gabon nord-oriental : un Karst dans l'oxyde de fer et la silice. *Bulletin de l'Association de Géographes Français*. Paris: 410, Juillet-Octobre.

- Martini, J. E. J. 1979. Karst in Black Reef Quartzite near Kaapsehoop, Eastern Transvaal. *Annals of Geological Survey*. Pretoria p. 115-125.
- Martini, J. E. J. 1981. The Control of Karst Development With Reference to the Formation of Caves in Poorly Soluble Rocks in the Eastern Transvaal, South Africa. *VIII International Congress of Speleology (anais)*, p. 4-5.
- Martini, J. E. J. 2000. Dissolution of Quartz and Silicate Minerals. in Klimchouk, B. A.; Ford, D. C.; Palmer, A. N.; Dreybrodt, W. (editors) *Speleogenesis - Evolution of Karst Aquifers*. Huntsville (USA), National Speleological Society p. 171-174.
- Martins, S. B. M. P. 1985. *Levantamento dos Recursos Naturais do Distrito Espeleológico Arenítico de Altinópolis, SP*. Monografia de especialização, Rio Claro: UNESP.
- Monteiro, R. C.; Ribeiro, L. F. B. 2001. Espeleogênese de Cavernas Areníticas: algumas considerações aplicadas à Província Espeleológica da Serra de Itaqueri, Estado de São Paulo, Brasil. *XIII International Congress of Speleology. (Anais)*. Brasília: Sociedade Brasileira de Espeleologia.
- Morais, F. 2009. Contexto geológico das cavernas em arenito do Estado do Tocantins. *XXX Congresso Brasileiro de Espeleologia (Anais em CD Rom)*. Sociedade Brasileira de Espeleologia.
- Moreira, A. A. N. 1977. Relevô. In: IBGE. *Geografia do Brasil, Região Centro-Oeste (Vol. 4)* p. 1-34. Rio de Janeiro.
- Palmer, A. N. 1991. Origin and Morphology of Limestone Caves. *Geological Society of America Bulletin*, v. 103, pag. 1-25.
- Passos, M. M. 2000. *A construção da paisagem no Mato Grosso - Brasil*. Maringá: UEM; Presidente Prudente: UNESP.
- Renault, P. 1953. Caractères généraux des grottes gréseuses du Sahara méridional. *Anais I Congrès International de Spéléologie*. p. 275-289: 1953.
- Ribeiro, L. F. B.; Ribeiro, M. C. 2007. Controle morfoestrutural e morfotectônico das cavernas, tocas e abrigos de Ipeúna e Itirapina, SP, Brasil. *Espeleotema*. Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia. Vol 19, p. 15-30.
- Rodet, J. 2007. Karst de la Craie et aquifère de Normandie. *European Journal of Water Quality*. T. 38 Fasc. 1.
- Ross, J. L. S.; Santos, L. M. 1982. Geomorfologia. In: MME. *Projeto RADAMBRASIL*. Vol. 26 - Cuiabá. Rio de Janeiro, MME.
- Self, C. A. Mullan, G. J. 2005. Rapid Karst Development in an English Quartzitic Sandstone. *Acta Carsologica* 34/2 7 p. 415-424
- Silva, S. M. (2004) *Carstificação em Rochas Siliciclásticas: Estudo de caso na Serra do Ibitipoca, Minas Gerais* (Dissertação). Belo Horizonte: UFMG, 143p.
- Spoladore, A. 2006. *A geologia e a geoespeleologia como instrumentos de planejamento para o desenvolvimento do turismo – O caso de São Jerônimo da Serra / PR*. 2006. 304 f. Tese (Doutorado em Geologia) Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Sweeting, M. M. 1972. *Karst Landforms*. Londres: Macmillan.
- Troppmair, H.; Tavares, A. C. 1985. Observações Geomorfológicas e Biogeográficas na região Espeleológica de Altinópolis. *Boletim de Geografia Teorética*, 15, (29-30), p. 329-336.
- Turkington, A. V.; Paradise, T. R. 2005. Sandstone weathering: a century of research and innovation. *Geomorphology* 67, p. 229–253
- Uagoda, R.; Avelar, A. S.; Coelho Netto, A. L. 2006. Depressões Fechadas em Relevô Cárstico-Quartzítico, Bacia do Ribeirão Santana, Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. *Anuário do Instituto de Geociências*. 29 – 2, p. 87-100.
- Urbani, F. 1986. Notas sobre el origen de las cavidades en rocas cuarcíferas precámbricas del Grupo Roraima, Venezuela. *Interciência* 11: 298-300.
- Urbani, F. 1990. Bibliografia sobre cavidades desarrolladas en rocas no carbonáticas de la Guayana Venezolana. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología* 24: 1-4.
- Vasconcelos, T. N. N. 2005. Compartimentação geomorfológica do Mato Grosso. In: Moreno, G.; Higa, T. C. S. (Org.) *Geografia de Mato Grosso*. Cuiabá: Entrelinhas. p. 223-231.

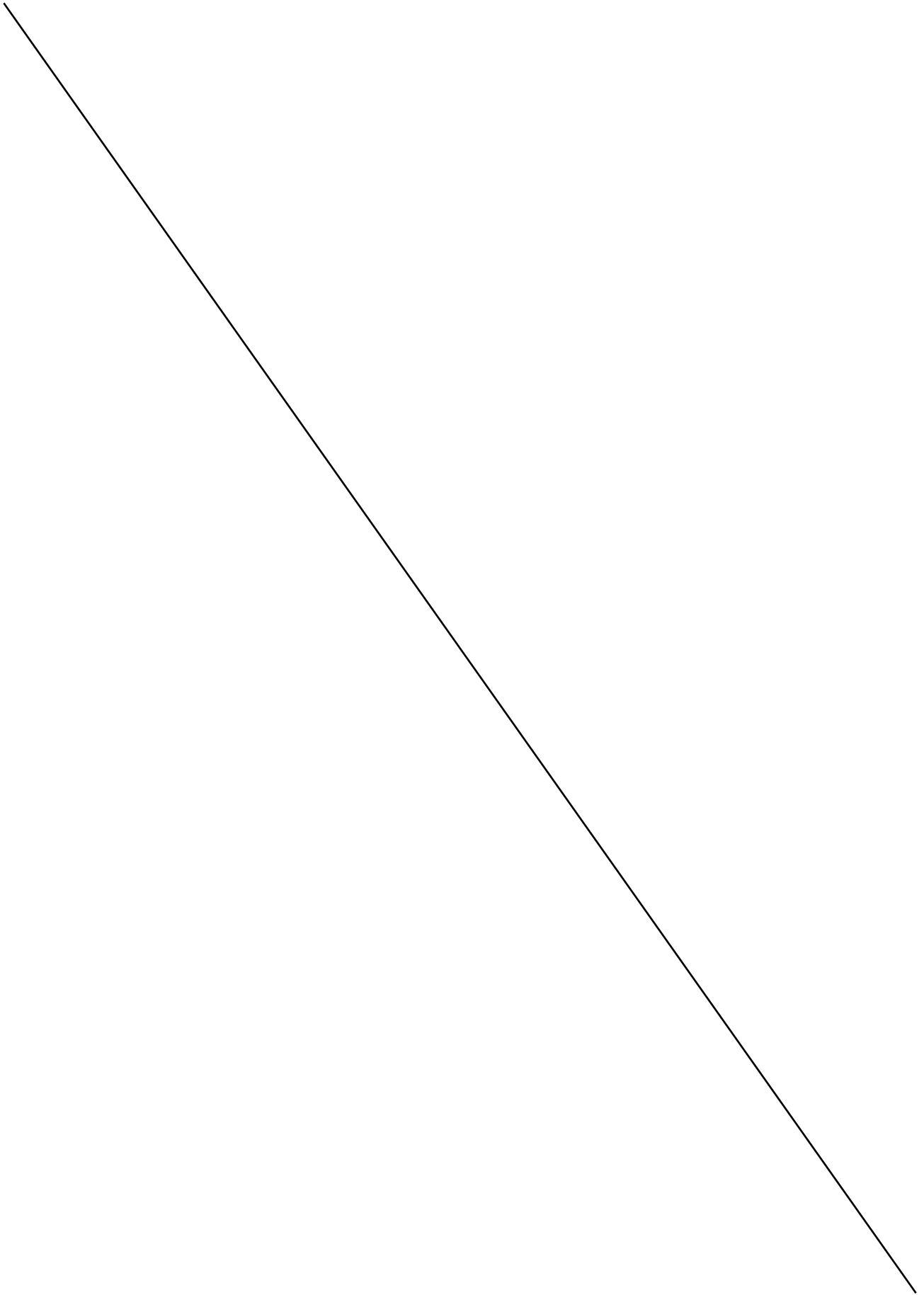


- Veríssimo, C. U. V.; Spoladore, A. 1994. Gruta do Fazendão (SP-170): Considerações geológicas e genéticas. *Espeleotema*. Vol. 17 p. 7-17.
- Wernick, E.; Pastore, E. L.; Pires Neto, A. 1973. Cavernas em arenito. *Notícia Geomorfológica* 13: 55-67.
- White, W. B.; Jefferson, G. L.; Haman, J. F. 1967. Quartzite Karst in Southeastern Venezuela. *International Journal of Speleology*. Vol. 2 (4), UIS.
- Willems, L.; Rodet, J.; Pouclet, A.; Rodet, M. J.; Hartert, F. Compère, P.; Auler, A. S.; 2004. Carste em Quartzito da Região de Diamantina: Gruta do Salitre e Parque Estadual do Rio Preto, Minas Gerais. / *Encontro Brasileiro de Estudos do Carste. Caderno de Resumos*. Belo Horizonte.
- Willems, L.; Rodet, J.; Pouclet, A.; Melo, S; Rodet, M; Compère, P.; Hatert, F.; Auler, A. S. 2008. Karst in sandstones and quartzites of Minas Gerais, Brazil. *Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe*. Coruña: Vol. 33, pp. 127 – 138.
- Wray, R. A. L. 1997a. A global review of solutional weathering forms on quartz sandstones. *Earth-Science Reviews* 42, p. 137-160.
- Wray, R. A. L. 1997b. Quartzite dissolution: karst or pseudokarst? *Cave and Karst Science* 24 (2), p. 81-86.
- Wray, R. A. L. 2009. Phreatic drainage conduits within quartz sandstone: Evidence from the Jurassic Precipice Sandstone, Carnarvon Range, Queensland, Australia. *Geomorphology* 110 p. 203–211.
- Young, R. W. 1986. Tower karst in sandstone: Bungle Bungle massif, northwestern Australia. *Zeitschrift fur Geomorphologie* 30, p. 189-202.
- Young, R. W. 1987. Sandstone Landforms of Tropical East Kimberly Region Northwestern Australia. *Journal of Geology*, V. 95 (2) p. 205-218.
- Young, R. W. 1988. Quartz etching and sandstone karst: Examples from the East Kimberleys, northwestern Australia. *Zeitschrift fur Geomorphologie* 32: 409-423.
- Young, R.; Young, A. 1992. *Sandstone Landforms*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.



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)





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

## INVERTEBRATES COMMUNITIES OF FIVE BRAZILIAN ISLAND CAVES

Marconi Souza Silva<sup>I</sup> & Rodrigo Lopes Ferreira<sup>II</sup>

(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](mailto:marconisouza@unilavras.edu.br); [drops@ufla.br](mailto: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

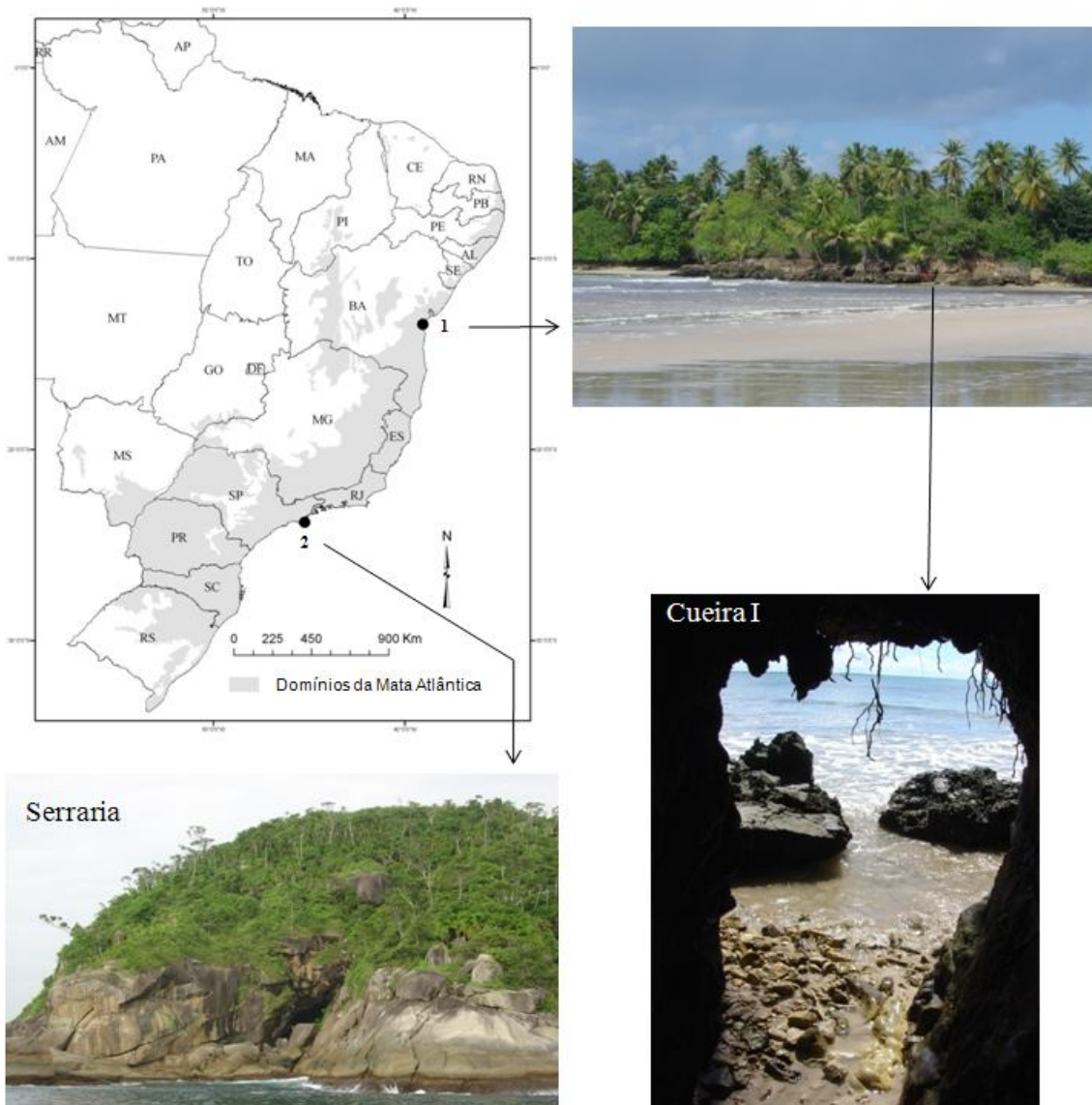
### *Local de Estudo*

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 gnaissé 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

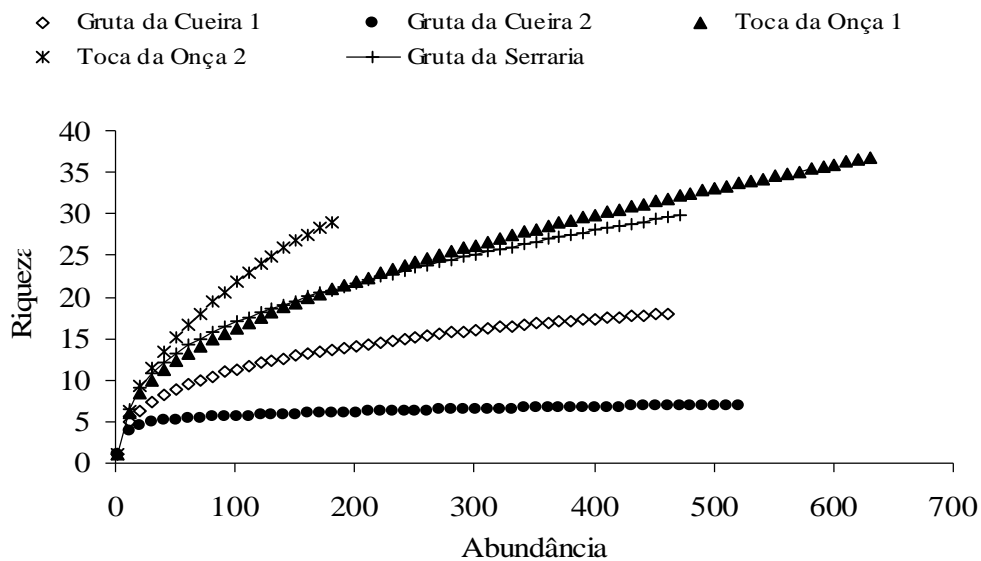


cavernas que aumenta as possibilidades de colonização e permanência de muitas espécies de invertebrados. Nestas cavernas, durante o regime de maré, a água do mar não inunda toda a extensão nem mesmo deixa o piso

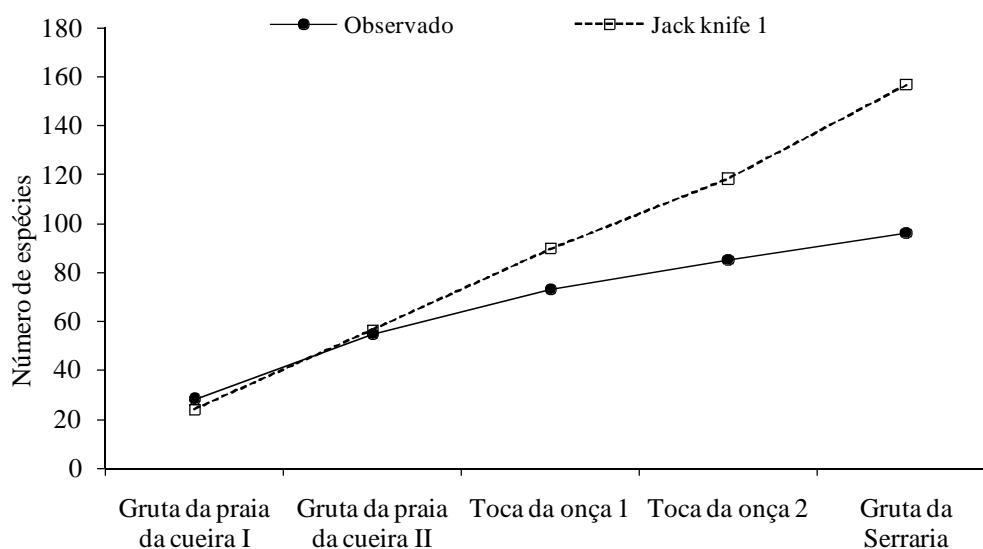
totalmente seco permitindo a ocorrência de invertebrados aquáticos obrigatórios, organismos anfíbios e aqueles exclusivamente terrestres.

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

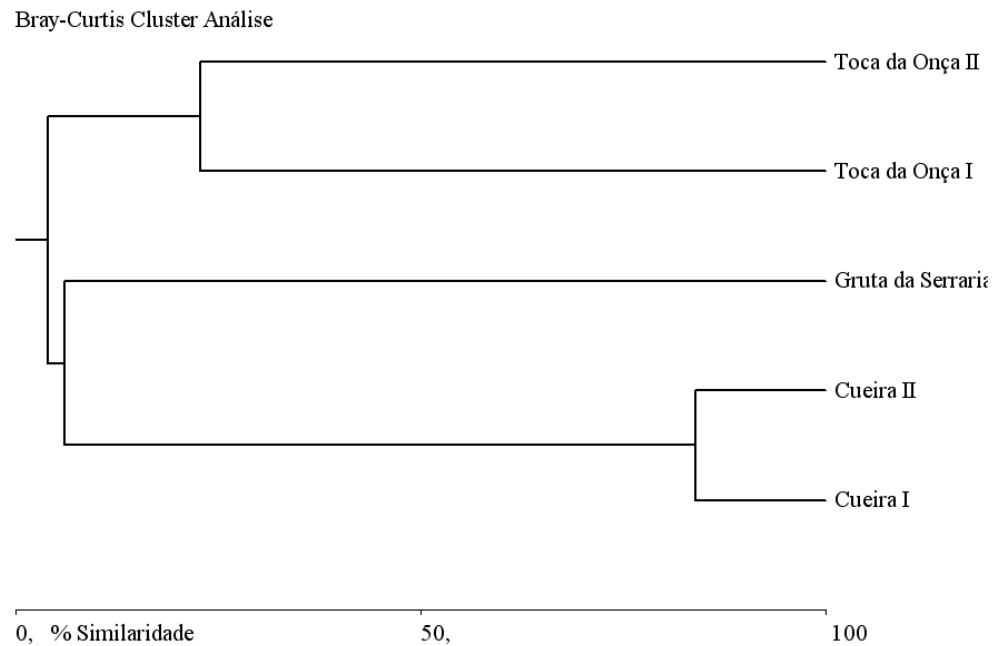
	Cueira I	Cueira II	Toca da Onça I	Toca da Onça II	Serraria
Riqueza (S)	18	7	36	28	30
Abundância	461	524	640	182	477
Diversidade (H')	1,83	1,43	2,26	2,35	2,39
Equitabilidade	0,63	0,73	0,62	0,69	0,70
Dominância	0,21	0,27	0,16	0,17	0,13



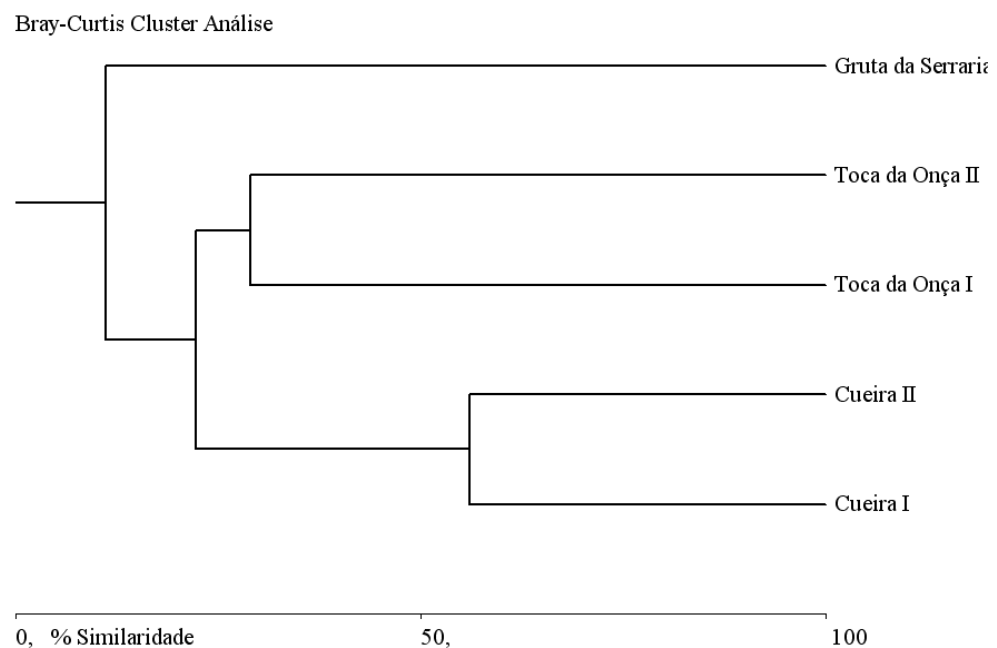
**Figura 2. Curvas cumulativas de espécies de invertebrados em função da abundância (rarefação) em cinco cavernas insulares litorâneas e intertidais na Mata Atlântica.**



**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*. Scientia 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. Aragone`s, J. (ed.), *Els sistems 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 boitope 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](http://www.sbe.com.br/espeleo-tema.asp)

# CAPACIDADE DE CARGA TURÍSTICA EM CAVERNAS: ESTADO-DA-ARTE E NOVAS PERSPECTIVAS<sup>1</sup>

## TOURIST CARRYING CAPACITY IN CAVES: STATE-OF-ART AND NEW PERSPECTIVES

Heros Augusto Santos Lobo<sup>I</sup>, José Alexandre de Jesus Perinotto<sup>II</sup> & Paulo César Boggiani<sup>III</sup>

(I) Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente – UNESP/Rio Claro-SP.

(II) Departamento de Geologia Aplicada – UNESP/Rio Claro-SP.

(III) Instituto de Geociências – IGc/USP, São Paulo-SP.

Contatos: [heroslobo@hotmail.com](mailto:heroslobo@hotmail.com); [perinoto@rc.unesp.br](mailto:perinoto@rc.unesp.br); [boggiani@usp.br](mailto:boggiani@usp.br)

### Resumo

Este artigo apresenta as principais tendências mundiais para a proposição de limites de visitação turística em cavernas por meio da capacidade de carga, incluindo também exemplos brasileiros. A pesquisa bibliográfica e documental se pautou em trabalhos publicados em diversas partes do mundo, para possíveis comparações com a realidade nacional. Foram encontradas três correntes principais de planejamento e gestão da visitação em cavernas: 1) o controle de um dos parâmetros ambientais; 2) o coeficiente de rotatividade e os cenários de visitação desejáveis; e 3) a capacidade de carga de Cifuentes. Conclui-se que a definição de limites espaciais e temporais, como nas propostas de coeficiente de rotatividade e de cenários desejáveis em voga no Brasil, são apenas passos preliminares para a definição da capacidade de carga de uma caverna. Na maioria dos casos, a capacidade de carga deve ser estudada em função das variações de intensidade e frequência da demanda, bem como da sazonalidade do próprio ambiente, incluindo parâmetros geoespeleológicos, bióticos e microclimáticos nos estudos realizados.

**Palavras-Chave:** Capacidade de Carga; Espeleoturismo; Gestão; Manejo Espeleológico.

### Abstract

*This work presents some studies related to the behavioral and physical limits for tourism in Brazilian caves, as well as trends in current research on speleotourist carrying capacity. The methods of research were based on surveys including world examples for any comparisons with caves in Brazil. Three main approaches were found for the management of tourist caves: 1) control of the environmental parameters; 2) coefficient of rotativity and the desired visitation scenarios; and 3) Cifuentes carrying capacity. It was concluded that limitations in time and space, such as used by the proposals of coefficient of rotativity and desired scenarios, popular in Brazil, are only preliminary steps for the definition of the carrying capacity of a cave. In the most of the cases, carrying capacity should be studied in function of the variations from intensity and frequency of public use, as well based in the seasonal fluctuations of the environment, including parameters of geospeleology, speleobiology and microclimate in the researches.*

**Keywords:** Carrying Capacity; Speleotourism; Management; Speleological Management.

Eixo temático: Manejo Ambiental

Recebido em: 01.set.2009

Enviado para avaliação em: 01.set.2009

Aprovado em: 02.dez.2009

### Introdução

O espeleoturismo é um segmento da atividade turística de grande expressão internacional. Cigna & Burri (2000) elencam

mais de duzentas cavernas com adaptações para a visitação turística ao redor do globo, com destaque para a Europa e Ásia e com apenas vinte localizadas no Brasil. Todavia, trata-se de uma visão parcial da atividade

espeleoturística no país, por considerar apenas algumas das cavernas com adaptações para o turismo institucionalizado. Grandes concentrações de cavernas visitadas, porém em outros contextos locais e regionais de uso público, deixam de ser consideradas, como os Parques Estaduais: Terra Ronca (GO), Turístico do Alto Ribeira – PETAR – (SP); e os Parques Nacionais: Chapada Diamantina (BA) e Cavernas do Peruaçu (MG) – apenas para citar exemplos de conhecimento notório. Estudos preliminares de Lobo et al. (2008) relacionam aproximadamente duzentas cavernas que, reconhecidamente, apresentam algum tipo de visitação turística no Brasil, com ou sem regulamentação. Deste vasto universo, menos de quarenta apresentam algum tipo de controle diário de visitação – preliminar ou definitivo –, das quais a maioria ainda não possui seus respectivos instrumentos legais de manejo elaborados.

Das muitas formas de manejo e gestão possíveis de se aplicar em cavernas, a capacidade de carga é um procedimento que visa identificar limites quantitativos de visitação baseados em limites aceitáveis de uso, com base em parâmetros ambientais – físicos e bióticos – e sociais. Estudos de referência sobre o assunto em nível mundial foram feitos por Cigna & Forti (1989), Pulido-Bosch et al. (1997), Hoyos et al. (1998), Song et al. (2000), Calaforra et al. (2003) e Fernández-Cortés et al. (2006a, b). No Brasil, os principais trabalhos já publicados sobre o assunto foram os de Boggiani et al. (2001, 2007) para as cavernas do Monumento Natural Gruta do Lago Azul, em Bonito, Estado de Mato Grosso do Sul e de Lobo (2005, 2007, 2008) para a caverna de Santana, no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), Estado de São Paulo.

Partindo deste cenário, o presente trabalho apresenta uma síntese sobre os estudos relacionados à capacidade de carga em cavernas, classificando os métodos utilizados em distintas categorias e buscando demonstrar em que casos cada um dos procedimentos identificados é mais adequado.

Os métodos de investigação se basearam em levantamentos secundários em artigos científicos, relatórios técnicos e monografias. Foram identificados exemplos de cálculos de capacidade de carga em cavernas situadas na Europa, Costa Rica e Brasil. Os procedimentos identificados nos diversos

lugares estudados foram analisados de forma a identificar as principais tendências praticadas em cada uma destas regiões.

### **Conceitos de capacidade de carga em cavernas**

A capacidade de carga é uma ferramenta de planejamento que permite aos gestores de uma área ou atrativo tomar decisões sobre a intensidade máxima de visitação permitida em um intervalo delimitado de tempo (Hoyos et al., 1998; Carranza et al., 2006). É o fluxo máximo aceitável de visitantes em uma caverna, sem que ocorra a alteração da dinâmica ambiental natural (Cigna & Forti, 1989; Cigna & Burri, 2000; Boggiani et al., 2007). Por outro lado, um certo nível de impactos é aceitável, desde que não altere em definitivo o estado geral de conservação do sistema natural (Mangin et al., 1999). De um modo geral, a capacidade de carga espeleoturística é definida como

*a possibilidade de limitação temporo-espacial de uso de uma caverna de forma a não gerar danos ambientais, tendo como fator chave a sua capacidade de resiliência. Sua origem deriva das possibilidades de manejo que uma porção territorial pode vir a receber, de forma a mitigar ou diluir em escalas mais amplas os impactos negativos do turismo, tomando como base para o manejo as fragilidades ambientais e as possibilidades de visitação (Lobo, 2008:383).*

A identificação da capacidade de carga depende da investigação de parâmetros ambientais em condições naturais, bem como de sua resposta às visitas monitoradas – preferencialmente antes da abertura da caverna como produto turístico –. Depende também das interferências naturais do ambiente externo no interno, em contraste com as alterações causadas pela presença humana (Fernández-Cortés et al., 2006a). Estas relações de causa e efeito podem variar, levando-se em conta os diferentes níveis de troca de massa e energia nos sistemas subterrâneos (Heaton, 1986; Hoyos et al., 1998; Cigna & Burri, 2000; Calaforra et al., 2003). Por outro lado, em muitos casos, é impossível conhecer as condições ambientais naturais de uma caverna, já que os estudos são realizados, em sua maioria, após o início da visitação (Calaforra et al., 2003). Por este e



outros motivos, normalmente é impossível definir um número máximo exato de visitantes em um determinado lugar, de modo que a capacidade de carga acaba sendo usada para satisfazer as necessidades de planejamento e gestão, mas nem sempre à conservação ambiental (Cigna & Burri, 2000). Nestes casos, pode-se dizer que a capacidade de carga corresponde ao número máximo de pessoas que o ambiente pode suportar, em função das intervenções realizadas e convenções de gestão adotadas (Cigna & Forti, 1989).

Os métodos de capacidade de carga são centrados no meio físico, com raras exceções de uso de aspectos do meio biótico na modelagem numérica adotada (Lobo, 2008). A maioria das metodologias conhecidas é de origem descritiva, sem levar em conta a importância da estrutura e distribuição da fauna em seus modelos de avaliação (Silva & Ferreira, 2009). Mas é importante que a identificação da capacidade de carga de uma caverna seja baseada em estudos multidisciplinares, e não somente em parâmetros do meio físico (Hoyos et al., 1998; Boggiani et al., 2007). Por outro lado, a maioria dos trabalhos consultados (e.g. Cigna & Forti, 1989; Pulido-Boch et al., 1997; Hoyos et al., 1998; Cigna & Burri, 2000; Cigna, 2002; Calaforra et al., 2003; Fernández-Cortés et al., 2006a, b; Boggiani et al., 2007; Lobo, 2008; Russell & McLean, 2008) apontam a necessidade do monitoramento climático como estudo mínimo para a identificação da capacidade de carga em cavernas, dado que a alteração em parâmetros atmosféricos, como a temperatura e a umidade relativa do ar, pode gerar consequências para o meio físico e para a fauna.

Além dos aspectos ambientais, também é preciso considerar a capacidade de carga perceptiva, ou seja, o limite aceitável de uso de modo que o excesso de pessoas não interfira na qualidade da atividade realizada (Papageorgiou & Brotherton, 1999; Doorne, 2000). Esta questão é essencialmente importante no caso das cavernas, dado seu maior confinamento espacial que, por vezes, restringe bastante o espaço disponível para o uso humano.

Muito embora, em termos conceituais, a capacidade de carga já esteja estabelecida, até o presente não foi identificado um procedimento padrão para a identificação

deste valor numérico inicial que serve de base para um programa de monitoramento ambiental (Lobo, 2008), existindo diversos métodos aceitos e praticados em escalas locais, regionais ou continentais, os quais dependem também das características da caverna e tipo de visitação turística.

Na presente análise, a partir dos estudos já publicados, foram observadas três correntes distinguíveis: o controle baseado em parâmetros ambientais, o uso do coeficiente de rotatividade e o método de Cifuentes, desenvolvido para o manejo de trilhas e aplicável com certas limitações em roteiros de cavernas.

### O controle dos parâmetros ambientais

Em cavernas que abrigam vestígios arqueológicos, como pinturas rupestres (e.g. Pulido-Bosch et al., 1997), ou em outras onde existem minerais raros em seu interior cuja estabilidade dependa do meio atmosférico (e.g. Fernández-Cortés et al., 2006b), é imprescindível o controle das variações ambientais em função da visitação ou até mesmo a restrição total ao uso público. Na maioria dos casos, os parâmetros ambientais mais utilizados são os atmosféricos, dada a facilidade de monitoramento por meio de soluções tecnológicas e a possibilidade de identificação de mecanismos de causa e efeito, relacionando a presença humana à variação identificada.

Um primeiro exemplo pode ser visualizado no trabalho de Hoyos et al. (1998), que determinaram um limite numérico de 32 pessoas simultaneamente dentro da cueva Candamo, na Espanha, em função dos impactos na temperatura do ar. Os autores postulam que as variações causadas pela visitação humana na temperatura do ar não devem exceder à amplitude natural de variação deste parâmetro, no caso, de 0,5° C. Princípio semelhante foi utilizado por Calaforra et al. (2003) na cueva del Agua de Iznalloz, Espanha. Os autores chegaram a um limite de 53 visitas simultâneas dentro da caverna, que geram alterações da ordem de 0,1° C na temperatura ambiente.

Em um último exemplo, no geodo gigante de Pulpí, também na Espanha, Fernández-Cortés et al. (2006b) explicaram a inviabilidade de sua visitação, não somente pelos impactos

diretos de pisoteio nos cristais de gipsita, mas também pela grande probabilidade de aumento nas taxas de condensação de vapor d'água na superfície dos espeleotemas, podendo levar à corrosão por condensação – conforme explicado nos trabalhos de Sarbu & Lascu (1997), Freitas & Schmekal (2003) e Dreybrodt et al. (2005), entre outros. Os autores constataram que apenas três pessoas, em menos de dez minutos, já são suficientes para acionar este mecanismo de condensação. Além disso, o tempo de normalização dos parâmetros atmosféricos excede um período de 24 horas, inviabilizando, desta forma, a visita constante.

No Brasil, foram realizados monitoramentos atmosféricos em cavidades naturais com o objetivo de contribuir para o fluxo de visita, como as grutas do Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida, em Bonito, MS (Boggiani et al. 2007) e as grutas do Chapéu (Sgarbi, 2003) e Santana (Scaleante, 2003), localizadas no PETAR. Em ambos os casos, os parâmetros atmosféricos não foram utilizados para a definição da capacidade de carga de visita. Em Bonito, por conta da variação natural relativamente alta da temperatura ambiente e umidade relativa do ar. No PETAR, por conta do curto período de monitoramento contínuo, impossibilitando o conhecimento amplo do sistema atmosférico subterrâneo das cavernas pesquisadas.

Outra característica associada a estes métodos é o uso constante de procedimentos estatísticos na análise dos resultados, como a análise de séries temporais com base na estatística descritiva (Pulido-Bosch et al., 1997; Hoyos et al., 1998; Boggiani et al., 2007), em transformadas de Fourier e análise espectral (Mangin et al., 1999; Calaforra et al., 2003; Fernández-Cortés et al., 2006a), geoestatística com superfícies de tendência (Fernández-Cortés et al., 2006a; Lobo & Zago, 2009) e coeficientes de correlação (Liñán et al., 2008; Lobo et al., 2009a).

A dificuldade gerada por este tipo de controle, sob a ótica da viabilidade econômica do turismo, é a excessiva limitação imposta ao número diário de visitantes. Como não são aceitas variações de nenhuma ordem nos parâmetros mensurados – com ênfase na temperatura ambiente, umidade relativa do ar e gás carbônico – e se adotam escalas demasiadamente ínfimas de análise, com um

pequeno número de pessoas já se atinge a suposta capacidade de carga do ambiente. A adoção deste nível de restrição se deve à inerente dificuldade de identificar, prever e mitigar as complexas relações denexo causal entre a presença humana e possíveis alterações em um ambiente confinado, estável e com uma dinâmica de fluxo relativamente baixa – se comparado ao meio externo.

### O coeficiente de rotatividade

O coeficiente de rotatividade é a forma mais simplificada de controle de visita, também utilizada em cavernas. Sua essência se baseia na identificação da quantidade de pessoas que podem ocupar, simultaneamente, uma determinada superfície espacial em função do número de vezes que um determinado evento de visita pode ocorrer. Este valor pode ser obtido conhecendo-se o tempo total disponível para o uso do espaço sob análise e o tempo efetivamente gasto para se cumprir o percurso determinado. Em suma, trata-se de uma relação básica de disponibilidade espacial e temporal.

Esta forma de identificar os limites de visita ainda é a mais utilizada no Brasil. A maioria das cavernas abertas ao uso público no país toma por base o tempo disponível para a visita, o tempo utilizado para cumprir o roteiro pré-estabelecido e a distância percorrida, em metros lineares, no circuito de visita previamente estabelecido. Nenhum parâmetro ou fator limitador do ambiente é usado para determinar o total de visitantes. O máximo que se aplica são propostas de aumento do intervalo de tempo entre os grupos de visita – o que torna o valor final mais restritivo, portanto, calcado em princípios de precaução – em conjunto com uma técnica cada vez mais empregada, conhecida como zoneamento ambiental. Trata-se de um parcelamento do espaço subterrâneo por meio da criação de categorias de manejo, que variam entre opções extremamente restritivas e outras mais permissivas quanto ao uso antrópico. Todavia, além dessa técnica de manejo ter sido concebida para áreas amplas como unidades de conservação – cuja realidade difere em muito de uma caverna –, muitas vezes este zoneamento é baseado em critérios perceptivos, sem estudos mais detalhados sobre os aspectos ambientais do ambiente subterrâneo. A grande deficiência

desta forma de obtenção de limites de visitação é que, muitas vezes, o potencial de uso de uma caverna pode ser sub ou superestimado. Sem o conhecimento e uso de qualquer critério ou parâmetro ambiental – biótico ou abiótico – torna-se praticamente impossível identificar os reais limites de uso de uma caverna. Todavia, ainda assim podem ser identificados bons exemplos.

O primeiro deles remete ao trabalho de Lobo (2009), cuja metodologia foi aplicada na elaboração do plano de manejo espeleológico de trinta cavernas no Estado de São Paulo. Neste caso, a metodologia propôs a utilização de cenários de visitação, que eram definidos à luz de um diagnóstico de uso público em conjunto com um levantamento de potencialidades espeleoturísticas. Os cenários eram definidos em escalas – número máximo de pessoas por grupo – e intensidade – número total de visitas diárias – de visitação. Em um processo de análise integrada, os cenários eram confrontados com mapas de fragilidade de cada caverna, o que permitia, ao final da discussão, estabelecer o zoneamento ambiental espeleológico e a sua respectiva capacidade de carga provisória.

Outro bom exemplo, também desenvolvido no Brasil, é bastante útil para o manejo de cavernas verticais. No caso do abismo Anhumas, localizado em Bonito-MS, o limite de visitação é estabelecido em função da dificuldade técnica e do tempo utilizado para se superar os 72 m de desnível na entrada, tanto para entrar quanto para sair, bem como pelo tempo gasto para a flutuação no lago em seu interior. Nesse caso, os limites de visitação obtidos são tão baixos (18 pessoas por período do dia, conforme informado em Costa Júnior, 2004) e a caverna é tão ampla, de forma a deixar claro que, pela ótica da conservação ambiental, seguramente mais pessoas poderiam adentrá-la em um mesmo dia. Além disso, o abismo Anhumas possui um estudo de zoneamento ambiental que leva em conta as fragilidades da caverna, não se atendo a uma visão meramente perceptiva sobre possíveis problemas causados pela visitação.

### **A capacidade de carga de Cifuentes**

A capacidade de carga de Miguel Cifuentes Arias é um método publicado em 1992 e republicado com pequenas adaptações

em 1999 (Cifuentes-Arias, 1992; Cifuentes-Arias et al., 1999). Foi originalmente concebido para o manejo de trilhas em áreas de florestas tropicais na Costa Rica. A primeira adaptação conhecida deste método para uso em cavernas foi feita para a gruta do Lago Azul, em Bonito-MS, em 1999 (publicada em Boggiani et al., 2001, 2007). Outros exemplos foram identificados na caverna Terciopelo, na Costa Rica (Carranza et al., 2006) na caverna Santana (Lobo, 2005, 2008) e na gruta do Morro Preto em um evento musical (Lobo et al., 2009a), ambas no PETAR.

O método é dividido em três etapas. Na primeira, chamada de Capacidade de Carga Física (CCF), identifica-se o coeficiente de rotatividade do roteiro de visitação estipulado. Na segunda, a Capacidade de Carga Real (CCR), são inseridos Fatores de Correção (FCs) – situações-problema acerca das fragilidades do ambiente e aspectos que dificultam a visitação – por meio de um índice de cálculo, que é aplicado à CCF, reduzindo-a percentualmente e de modo cumulativo. Na última fase, a Capacidade de Carga Efetiva (CCE), o total de visitantes da CCR é mantido ou reduzido, de acordo com a capacidade de manejo – desejada e existente – do órgão gestor responsável pelo roteiro em estudo.

Na gruta do Lago Azul foram utilizados como FCs principalmente aspectos de ordem antrópica, como a dificuldade de acesso do roteiro. Estudos microclimáticos foram realizados na caverna, mas não foram utilizados no cálculo devido à própria dinâmica atmosférica de grande troca gasosa entre o meio subterrâneo e o ambiente externo. Na gruta Terciopelo foi utilizado um FC sobre a fragilidade dos espeleotemas – embora os autores não expliquem quais os critérios utilizados para se determinar esse parâmetro. Na caverna de Santana, além de um FC de ordem antrópica ligado ao conforto na visitação, utilizou-se a proposta de Lobo & Zago (2007) com base no conceito de Heaton (1986) para os níveis de circulação de energia da caverna.

Dois problemas podem ser sumariamente identificados nessa metodologia. O primeiro deles é que a concepção metodológica original é aplicável a trilhas em florestas tropicais, carecendo de uma adaptação em praticamente todos os FCs sugeridos (chuva, insolação, erosão, conforto

social, grau de dificuldade, exposição radicular das plantas etc). O segundo problema consiste na própria sistemática de cálculo adotada, que sobrepõe os FCs entre si gerando uma redução drástica e injustificada na CCR. Neste caso, sugere-se a hierarquização dos fatores de correção, aplicando apenas o maior fator limitante – o gargalo de visitação – à CCF. Desta forma, seria possível testar os limites estipulados em função da variável limitante.

### Novas perspectivas em capacidade de carga espeleoturística

A capacidade de carga espeleoturística ainda apresenta grandes desafios para pesquisadores, planejadores e gestores ambientais, em busca de formas adequadas de manejo dos sistemas subterrâneos que contemplem as necessidades de conservação da geodiversidade e da biodiversidade em conjunto com o uso economicamente viável. Para tanto, três novas fronteiras são pontuadas neste trabalho, de modo a contribuir, por meio de apontamentos e questionamentos, com a continuidade das pesquisas sobre o tema.

A primeira questão tem seu enfoque centrado na necessidade de ampliação dos estudos de capacidade de carga com base em parâmetros bióticos. Mesmo fora de cavernas, foram encontrados bons exemplos de uso de fatores limitantes com base em estudos do substrato rochoso e dos solos (e.g. Takahashi et al., 2005; Rocha et al., 2007) e, por vezes, do estado de conservação da fauna e da flora (e.g. Cifuentes-Arias et al., 1999; Gualtieri-Pinto et al., 2007). Neste último caso, bem como em outros do mesmo gênero, as limitações se restringem à exposição de raízes em trilhas e, por vezes, ao dano físico, como quebra de galhos de árvores e arbustos ou supressão de vegetação rasteira pelo pisoteamento constante. Essa questão se encerra em si no caso de cavernas, onde a existência de vegetação se limita a algumas cavidades localizadas em áreas florestadas e, ainda assim, somente nas proximidades de seus pórticos e clarabóias. São casos especiais, como por exemplo, grande parte da gruta do Janelão (Figura 1a), no PARNA Vale do Peruaçu, em Minas Gerais ou da gruta do Temimina II, no PETAR, em São Paulo. Nestes casos, muitas vezes será necessário adotar parâmetros da capacidade de carga em trilhas para o manejo da caverna, ao invés de

métodos específicos focados nas particularidades do meio subterrâneo.

Todavia, aspectos como a reprodução, a mobilidade, a abundância, a diversidade ou a singularidade da fauna, entre outros fatores e variáveis, são pouco estudados sob a ótica do manejo e de suas inter-relações com o uso público. Este enfoque, necessário para o adequado uso das cavernas, ainda inicia seus primeiros passos.

Um exemplo positivo vindo do exterior foi identificado na Austrália. Doran et al. (1999) relatam a possibilidade de uso de uma aranha – *Hickmania troglodites* – como espécie indicadora para o manejo do ambiente cárstico, dado o seu alto potencial de resposta às diversas fontes de perturbação antrópica. No Brasil também foram observadas algumas tentativas de manejo e capacidade de carga com o uso de aspectos bióticos. Silva & Ferreira (2009), em seu trabalho sobre a gruta de Ubajara, no Ceará, pontuam duas limitações interessantes: a) diminuição no tempo de permanência dos turistas no interior da cavidade; e b) redução do total de pessoas por grupo, que chegava a trinta pessoas e foi estipulado em 12. Os autores ressaltam que estas são determinações preliminares, que devem ser corroboradas ou até mesmo revistas por estudos mais aprofundados. Em outro caso, no Estado de São Paulo, o método ZAE (Lobo, 2009) apresenta indicadores temáticos de fragilidade, por meio de índices numéricos que variam entre 0 e 100%. Em sua aplicação, os valores de fragilidade de fauna não chegaram a ser usados de forma matemática na redução do cenário de visitação proposto, mas ainda assim foram considerados por meio de uma discussão entre especialistas em uma oficina. Assim, cavernas como a Espírito Santo, localizada no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – PETAR –, foram fechadas ao uso turístico, dado que o índice de fragilidade de fauna para a cavidade era de 100%, em função da existência de diversas espécies troglóbias em seu interior (Lobo et al., 2009b).

A segunda questão remete à necessidade premente de considerar aspectos de sazonalidade na capacidade de carga. Estes podem estar relacionados a períodos de movimentação ou reprodução de espécies bem como ao regime climático.



Exemplos da fauna auxiliam a ilustrar esta questão. Na Inglaterra, Shirley et al. (2003) pesquisaram a relação entre a realização de eventos culturais musicais em cavernas e a presença de uma colônia de morcegos *Myotis daubentonii*. Neste estudo, é indicada a necessidade de limitar a música em determinados horários, fora do período de saída e retorno dos morcegos da caverna, para evitar que sejam afugentados. Para a gruta do Ouro Grosso, também no PETAR, o período de reprodução e posterior dispersão da prole do opilião *Serracutisoma spelaeum* (Figura 1b) foi decisivo na limitação sazonal de sua capacidade de carga, que foi delimitada em 320 visitas diárias entre os meses de outubro e abril e 180 visitas diárias entre maio e setembro. Além disso, os grupos de turistas devem sair da caverna até as 16:00h, de forma a evitar a passagem na estreita boca em horário de saída de opiliões e morcegos, que vão buscar alimento no meio externo quando o sol se põe (Lobo et al., 2009b).

Outro aspecto sazonal importante é o clima. A sua variação durante o ano condiciona uma série de situações que podem interferir na gestão de um roteiro espeleoturístico, como a variação no período luminoso do dia e a incidência de chuvas. Na gruta de São Miguel, em Bonito-MS, a capacidade de carga diminui no inverno, indo de 285 para 255 visitas diárias, dado que a luz natural é menor e prejudica o aspecto cênico da trilha de acesso (Lobo & Moretti, 2009). No mesmo destino, em alguns dias a gruta do Lago Azul é fechada ao uso público, dado que o excesso de chuvas torna o piso íngreme da caverna mais escorregadio e perigoso – fator este que foi considerado em sua capacidade de carga (Boggiani et al., 2007). Situação semelhante pode ser observada na caverna Santana, no PETAR, que em dias de chuva excessiva, tem a galeria do rio alagada, tornando o acesso mais perigoso e menos confortável (Figuras 1c e 1d). Nesta mesma caverna, dados preliminares de pesquisa em andamento<sup>1</sup> demonstram que existem variações nas trocas gasosas entre o ambiente interno e externo, o que pode gerar diferenças na dispersão de

impactos higrótérmicos da presença humana e, por consequência, em uma capacidade de carga com base microclimática. Em outra caverna da região, a Casa de Pedra, o acesso foi limitado ao período de estiagem, dado o eminente risco de alagamento em seu interior, em função do caudaloso rio que a atravessa.

Sem dúvida, os aspectos sazonais se constituem em desafios para a gestão, pois com estes critérios, os resultados de capacidade de carga de uma caverna serão diferentes para cada época do ano, o que leva a necessidade de maior controle e de uma divulgação focada em períodos específicos. Assim, um sistema de controle e reserva de roteiros que permita a distribuição do fluxo turístico, que é desejável em qualquer situação, é fundamental nestes casos.

### Considerações finais

Com base nos exemplos observados no Brasil e no exterior, conclui-se que até o presente não é possível classificar em níveis de qualidade dos resultados as diferentes formas de capacidade de carga em cavernas. Cada uma delas se presta a uma determinada situação, sendo fruto de uma série de aspectos da fragilidade do ambiente e da capacidade de gestão dos órgãos envolvidos.

Para algumas situações o coeficiente de rotatividade, o zoneamento com base no roteiro de visita ou o método de Cifuentes são suficientes para o ordenamento inicial do uso espeleoturístico. Ainda que baseadas apenas em aspectos tempo-espaciais e nas necessidades dos visitantes, técnicas como estas devem ser utilizadas para a obtenção de limites temporários de uso, que podem ser refinados a partir da realização de estudos técnico-científicos mais aprofundados.

Nas cavernas de maior complexidade morfofisiográfica, microclimática e biótica, bem como quando da existência de aspectos de extrema fragilidade – como pinturas rupestres ou minerais raros – torna-se imprescindível o uso de métodos mais focados nas limitações ao uso público com base no monitoramento de variáveis e indicadores ambientais. Neste caso, cabe o uso da definição da capacidade de carga por meio de um parâmetro ambiental de controle – na maioria dos casos, a temperatura do ar, mas existem exceções –, considerando, ao invés do impacto zero, a

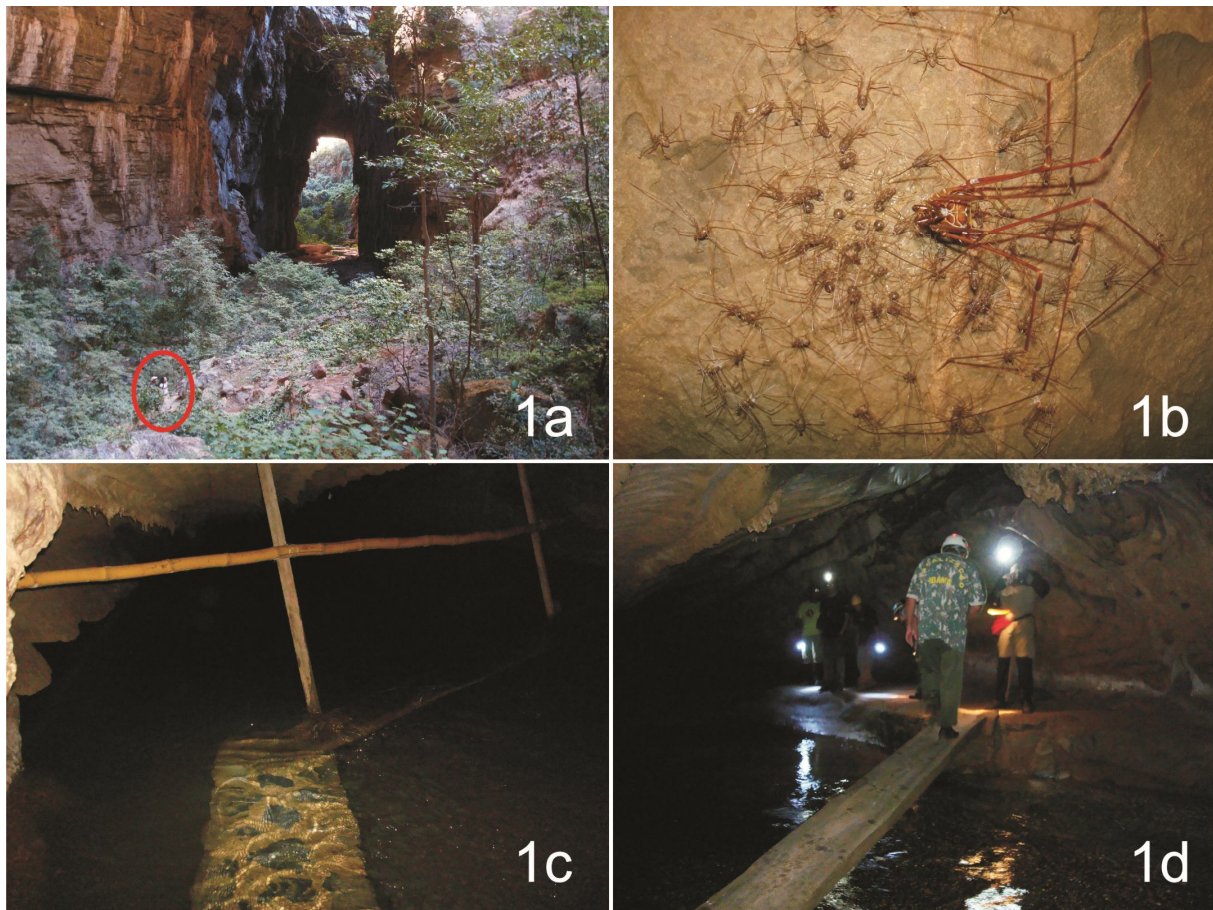
<sup>1</sup> Microclimatologia e Geoespeleologia da caverna Santana (PETAR, Iporanga-SP): Subsídios Para o Manejo Turístico. Doutorado em Geociências e Meio Ambiente, IGCE-UNESP, Rio Claro-SP. Doutorando: Heros Augusto Santos Lobo. Orientadores: Dr. José Alexandre de Jesus Perinotto e Dr. Paulo César Boggiani.

variação dentro da amplitude natural do parâmetro em função de uma escala temporal a ser estipulada – diária, semanal ou mensal, por exemplo.

É importante também pontuar que existem sutis diferenças entre a capacidade de carga como procedimento de gestão e a pesquisa científica sobre o tema. Muitas vezes, os limites de uso estipulados para uma caverna estarão muito aquém – ou em alguns casos, além – das reais possibilidades para o ambiente. Isto porque, na maioria das vezes, o que se deseja enquanto prática é um turismo que permita maior contato com a natureza, o que vai de encontro à ideia de grandes aglomerações humanas. Assim, os limites de gestão e de capacidade de suporte perceptiva podem até mesmo mascarar o possível nexa causal entre presença humana e alteração no

ambiente. De fato, apenas um monitoramento de parâmetros ambientais selecionados a cada caso, por um período temporal mais amplo – um a dois anos no mínimo, conforme sugerem autores como Cigna (2002) e Boggiani et al. (2007) – que possibilitará a obtenção de respostas mais precisas acerca dos impactos gerados pela visitação.

Por fim, ressalta-se que a capacidade de carga deve ser encarada de forma flexível e mutável, dada a ineficiência de se estipular quantidades fixas de uso em função das flutuações de pressão e de perfil da demanda e da própria sazonalidade temporal do ambiente. Cabe lembrar que a natureza é mutável, se renova e se altera constantemente. Estabelecer um valor fixo na relação com o meio implica em negligenciar este princípio fundamental e universal.



**Figura: 1a** – vista parcial da gruta do Janelão, ilustrando a vegetação em seu interior na parte iluminada. O círculo destaca duas pessoas como escala. Neste caso, os parâmetros de capacidade de carga devem ser semelhantes aos usados em trilhas em florestas; **1b** – *S. spelaenum* cuidando de prole, na gruta do Ouro Grosso. O período de reprodução e posterior dispersão da prole foi fundamental para a capacidade de carga da caverna; **1c** – Foto de uma das passarelas que atravessam o rio Roncador, interior da caverna Santana, tirada no dia 17.out.2009, no período da tarde, após chuvas moderadas ocorridas no dia anterior. A foto **1d**, tirada no dia 09.abr.2008, ilustra a vazão habitual de água do rio. Em muitos casos, os alagamentos temporários interferem na capacidade de carga e na gestão dos roteiros espeleoturísticos. Fotos: Heros A. S. Lobo.



## Referências

- Boggiani, P.C., Galati, E.A.B., Damasceno, G.A., Nunes, V.L.B., Shirakawa, M.A., Silva, O.J., Moracchioli, N., Gesicki, A.L.D., Ribas, M.M.E., Marra, R.J.C. & Sousa, B.P.C. de. 2001. Environmental diagnostics as a toll for the planning of tourist activity – The case of Lago Azul and Nossa Sra. Aparecida caves – Bonito/MS – Brazil. In: International Congress Of Speleology, 13, Brasília. *Proceedings*. p. 299-300.
- Boggiani, P.C., Silva, O.J. da, Gesicki, A.L.D., Gallati, E.A.B., Salles, L. de O. & Lima, M.M.E.R. 2007. Definição de capacidade de carga turística das cavernas do Monumento Natural Gruta do Lago Azul (Bonito,MS). *Geociências*, 26(4):333-348.
- Calaforra, J.M., Fernández-Cortés, A., Sánchez-Martos, F., Gisbert, J. & Pulido-Bosch, A. 2003. Environmental control for determining human impact and permanent visitor capacity in a potential show cave before tourist use. *Environmental Conservation*, 30(2):160-167.
- Carranza, G.Q., Fernández, I.B., Porras, J.J., Casco, M.E., Arana, I.G., Mahecha, S.L. & Céspedes, J.V. 2006. *Estudio de capacidad de carga para la caverna Terciopelo em el Parque Nacional Barra Honda*. San José, UED, 2006. Proyecto Final de Avances en Conservación Biológica, Mestrado en Manejo de Recursos Naturales, Universidad Estatal a Distancia. 43 p.
- Cifuentes-Arias, M.C. 1992. *Determinación de capacidad de carga turística en áreas protegidas*. CATIE, Turrialba.
- Cifuentes-Arias, M., Mesquita, C.A.B., Méndez, J., Morales, M.E., Aguilar, N., Cancino, D., Gallo, M., Ramirez, C., Ribeiro, N., Sandoval, E. & Turcios, M. 1999. *Capacidad de carga turística de las áreas de uso público del Monumento Nacional Guayabo, Costa Rica*. CATIE/WWF, Turrialba. 99 p.
- Cigna, A.A. 2002. Modern trend in cave monitoring. *Acta Carsologica*, 31(1):35-54.
- Cigna, A.A. & Forti, P. 1989. The environmental impact assessment of a tourist cave. In: Cave Tourism International Symposium at-170 Anniversary of Postojnska Jama, Postojna (Yugoslavia), Postojna. *Proceedings*. 29-38.
- Cigna, A.A. & Burri, E. 2000. Development, management and economy of show caves. *International Journal of Speleology*, 29(1):1-27.
- Costa Júnior, E.P.D. 2004. *Abismo Anhumas (MS 04): Plano de manejo espeleológico*. Anhumas, Bonito.
- Doorne, S. 2000. Caves, culture and crowds: carrying capacity meets consumer sovereignty. *Journal of Sustainable Tourism*, 8(2):116-130.
- Doran, N.E., Kiernan, K., Swain, R. & Richardson, A.M.M. 1999. *Hickmania troglodytes*, the Tasmanian cave spider, and its potential role in cave management. *Journal of Insect Conservation*, 3:257-262.
- Dreybrodt, W., Gabrovsek, F. & Perne, M. 2005. Condensation corrosion: A theoretical approach. *Acta Carsologica*, 34(2):317-348.
- Fernández-Cortés, A., Calaforra, J.M. & Sánchez-Martos, F. 2006a. Spatiotemporal analysis of air conditions as a tool for the environmental management of a show cave (Cueva del Agua, Spain). *Atmospheric Environment*, 40:7378-7394.
- Fernández-Cortés, A., Calaforra, J.M., Sánchez-Martos, F. & Gisbert, J. 2006b. Microclimate processes characterization of the giant geode of Pulpí (Almería, Spain): Technical criteria for conservation. *International Journal of Climatology*, 26:691-706.
- Freitas, C.R. de & Schmekal, A. Condensation as a microclimate process: Measurement, numerical simulation and prediction in the Glowworm cave, New Zealand. *International Journal of Climatology*, 23:557-575.
- Gualtieri-Pinto, L., Zica, L.M. de B., Zago, R.S.G. & Figueiredo, M. do A. 2007. Aspectos do pisoteio experimental na vegetação nas bordas de uma trilha ecoturística do Parque Nacional Serra do Cipó, MG. In: Congresso Nacional de Ecoturismo, 1, Itatiaia. *Anais*.
- Heaton, T. 1986. Caves: a tremendous range in energy environments on earth. *National Speleological Society News*, 8(44): 301-304.
- Hoyos, M., Soler, V., Cañaveras, J.C., Sánchez-Moral, S. & Sanz-Rubio, E. 1998. Microclimatic characterization of a karstic cave: Human impact on microenvironmental parameters of a prehistoric rock art cave (Candamo cave, Northern Spain). *Environmental Geology*, 33(4):231-242.
- Liñán, C., Vadillo, I. & Carrasco, F. 2008. Carbon dioxide concentration in air within the Nerja cave (Malaga, Andalusia, Spain). *International Journal of Speleology*, 37(2):99-106.

- Lobo, H.A.S. 2005. Considerações preliminares para a reestruturação turística da caverna de Santana – PETAR, Iporanga, SP. In: Congresso Brasileiro de Espeleologia, 28, Campinas. *Anais*. p. 77-87.
- Lobo, H.A.S. 2007. Os níveis de circulação de energia como fator de correção na capacidade de carga turística. In: Encontro Brasileiro de Estudos do Carste, 2, São Paulo. *Resumos Expandidos e Simples*. p. 107-112.
- Lobo, H.A.S. 2008. Capacidade de carga real (CCR) da caverna de Santana, PETAR-SP e indicações para o seu manejo turístico. *Geociências*, 27(3): 369-385.
- Lobo, H.A.S. 2009. Zoneamento Ambiental Espeleológico (ZAE): Aproximação teórica e delimitação metodológica. *Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas*, 2(2):113-129.
- Lobo, H.A.S. & Zago, S. 2007. Classificação dos níveis de circulação de energia no circuito turístico da Caverna de Santana – PETAR – Iporanga, SP. In: Encontro Brasileiro de Estudos do Carste, 2, São Paulo. *Resumos expandidos e simples*.
- Lobo, H.A.S. & Moretti, E.C. 2009. Tourism in caves and the conservation of the speleological heritage: The case of Serra da Bodoquena (Mato Grosso do Sul State, Brazil). *Acta Carsologica*, 38(2/3):265-276.
- Lobo, H.A.S. & Zago, S. 2009. Iluminação com carbureteiras e impactos ambientais no microclima de cavernas: Estudo de caso da lapa do Penhasco, Buritinópolis-GO. *Geografia*, 34(3): No prelo.
- Lobo, H.A.S., Perinotto, J.A. de J. & Boggiani, P.C. 2008. Espeleoturismo no Brasil: Panorama geral e perspectivas de sustentabilidade. *Revista Brasileira de Ecoturismo*, 1(1): 62-83.
- Lobo, H.A.S., Perinotto, J.A. de J., Boggiani, P.C. & Zago, S. 2009a. Eventos musicais causam impactos no microclima de cavernas? Avaliação das alterações na atmosfera subterrânea da gruta Morro Preto (PETAR, Iporanga-SP). *Geonomos*, 17(1):01-10.
- Lobo, H.A.S., Rodrigues, D., Laterza, F.V., Sampaio, D.S., Gonzales, D. & Slavec, G. 2009b. *Relatório operacional da oficina de zoneamento ambiental espeleológico*. Ekos Brasil, São Paulo. 62 p.
- Mangin, A., Bourges, F. & d'Hulst, D. 1999. La conservation des grottes ornées: Un problem de stabilité d'un système naturel (L'exemple de la grotte préhistorique de Gargas, pyrénées françaises). *Earth & Planetary Sciences*, 328:295-301.
- Papageorgiou, K. & Brotherton, I. 1999. A management planning framework based on ecological, perceptual and economic carrying capacity: The case study of Vikos-Aoos National Park, Greece. *Journal of Environmental Management*, 56:271-284.
- Pulido-Bosch, A., Martín-Rosales, W., López-Chicano, M., Rodríguez-Navarro, M. & Vallejos, A. 1997. Human impact in a tourist karstic cave (Aracena, Spain). *Environmental Geology*, 31(3-4):142-149.
- Rocha, C.H.B., Fontoura, L.M., Simiqueli, R.F. & Peccatiello, A.F.O. 2007. Análise ambiental da capacidade de carga antrópica nas trilhas dos circuitos das águas e pico do pião – Parque Estadual do Ibitipoca, MG. In: Congresso Nacional de Ecoturismo, 1, Itatiaia. *Anais*.
- Russell, M.J. & MacLean, V.L. 2007. Management issues in a Tasmanian tourist cave: Potential microclimatic impacts of cave modifications. *Journal of Environmental Management*, 87:474-483.
- Sarbu, S.M. & Lascu, C. 1997. Condensation corrosion in Movile cave, Romania. *Journal of Cave and Karst Studies*, 59(3):99-102.
- Scaleante, J.A.B. 2003. *Avaliação do impacto de atividades turísticas em cavernas*. UNICAMP, Campinas. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas.
- Sgarbi, M. 2003. *Metodologia de manejo em cavernas para minimização de impactos ambientais decorrentes de atividade antrópica: estudo de caso Gruta do Chapéu & Caverna Santana, Parque Estadual do Alto do Ribeira / SP*. UMC, Mogi das Cruzes. Relatório de Iniciação Científica, Universidade de Mogi das Cruzes.
- Shirley, M.D.F., Armitage, V.L., Barden, T.L., Gough, M., Lurz, P.W.W., Oatway, D.E., South, A.B. & Rushton, S.P. 2001. Assessing the impact of a music festival on the emergence behaviour of a breeding colony of daubenton's bats (*Myotis daubentonii*). *Journal of Zoology*, 254(3):367-373.



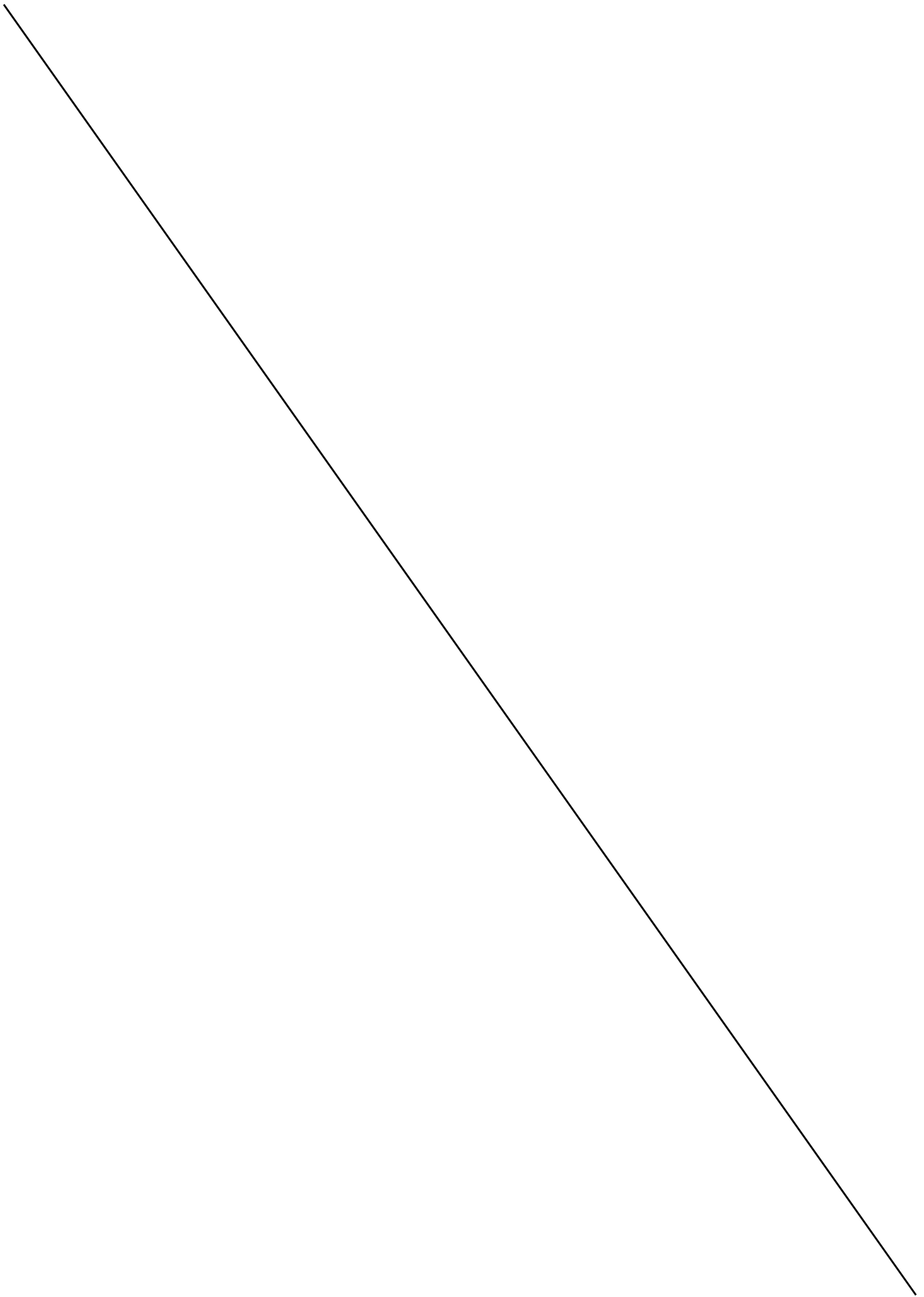
- Silva, M.S. & Ferreira, R.L. 2009. Caracterização ecológica de algumas cavernas do Parque Nacional de Ubajara (Ceará) com considerações sobre o turismo nestas cavidades. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 9(1):59-71.
- Song, L., Wei, X. & Liang, F. 2000. The influences of cave tourism on CO<sub>2</sub> and temperature in Baiyun cave, Hebei, China. *International Journal of Speleology*, 29:77-87.
- Takahashi, L.Y., Milano, M.S. & Tormena, C.A. 2005. Indicadores de impacto para monitorar o uso público no Parque Estadual Pico do Marumbi – Paraná. *Revista Árvore*, 29(1):159-167.



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)

---



# O GEOTURISMO EM ESPAÇOS SAGRADOS DE MINAS GERAIS

## GEOTOURISM AT SOME SACRED SPACES OF MINAS GERAIS

Rose Lane Guimarães<sup>I</sup>, Luiz Eduardo Panisset Travassos<sup>II</sup>, Lana Iracy Duarte da Cunha<sup>I</sup>, Úrsula Ruchkys de Azevedo<sup>III</sup>, Mayana Vinti<sup>I</sup>

- (I) Bolsista da FAPEMIG – Projeto Patrimônio Geológico e Geoconservação no Quadrilátero Ferrífero.
- (II) Laboratório de Estudos Ambientais do Programa de Pós-Graduação em Geografia da PUC Minas/Seção de História da Espeleologia e Comissão de Antropoespeleologia da SBE.
- (III) Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – Projeto Patrimônio Geológico e Geoconservação no Quadrilátero Ferrífero.

Contatos: [luizpanisset@uol.com.br](mailto:luizpanisset@uol.com.br); [tularuchkys@yahoo.com.br](mailto:tularuchkys@yahoo.com.br)

### Resumo

O texto apresenta e discute alguns exemplos de espaços sagrados em Minas Gerais e sua importância para o Geoturismo regional ou nacional. Por meio de estudos de caso discute a associação entre o geoturismo e o turismo cultural religioso desenvolvido em montanhas, cavernas e minas subterrâneas. Os autores descrevem o processo histórico-cultural por meio do qual estes espaços foram sacralizados e transformados em lugar de manifestação da fé, externalizada por romarias, missas e procissões, entre outras festas religiosas. Nestes casos, além do valor religioso estes espaços apresentam também valor paisagístico, representado pelas rochas, relevo, clima, vegetação e solos. Dessa forma, são foco não apenas do turismo religioso, mas também, de outros segmentos do turismo ligados à natureza e à cultura que os caracterizam. Entre estes segmentos está o geoturismo que, baseado nas características geológicas do território propõe, com o auxílio da interpretação, o uso sustentável do território e o desenvolvimento sócio-econômico e cultural de suas comunidades.

**Palavras-chave:** Geoturismo; Espaços Sagrados; Montanhas; Cavernas; Minas.

### Abstract

*The paper presents and discusses some examples of sacred spaces in Minas Gerais and its importance to the regional or national Geotourism. Based on case studies it discusses the association between the geotourism and cultural tourism in its religious dimension, developed in mountains, caves and underground mines. The authors describe the historical and cultural processes which these spaces are made sacred and processed as expressions of faith. They are externalized by pilgrimages, masses, processions, and other religious celebrations. In some cases, beyond the religious value, these spaces can also have the landscape value, represented by rocks, topography, climate, vegetation and soils. These sites are focused not only for the religious tourism, but also to other segments of tourism related to nature and culture. Between these segments there is the geotourism which proposes the sustainable usage and the socio-economic and cultural development of the territory and their communities.*

**Keywords:** Geotourism; Sacred Space; Mountains; Caves; Mines.

Eixo temático: Religião e Religiosidade

Recebido em: 01.dez.2009

Enviado para avaliação em: 01.dez.2009

Aprovado em: 17.dez.2009

## Introdução

O setor turístico possui diversos segmentos que variam conforme o tipo de atividade desenvolvida nas viagens. Ao viajar, um indivíduo ou grupo social são motivados por razões distintas. Assim, considera-se que o motivo ou a razão para se realizar uma viagem, entretanto, é o principal meio disponível para se segmentar esse tipo de mercado. Em relação a esta segmentação é possível identificar o turismo cultural, o religioso, de eventos, histórico, esportivo, geoturismo e espeleoturismo, entre outros. Para caracterizar os elementos que motivam as viagens, faz-se necessário compreender os conceitos de *espaço* e *lugar*.

Para o campo da Geografia, *espaço* e *lugar* são termos muito comuns, especialmente no estudo da relação *homem x meio*. O *espaço* pode ser considerado como qualquer parte da superfície terrestre construída e organizada pelo homem ao longo da história. É a base física, indispensável para a vida do homem, onde ocorrem as manifestações das realizações humanas. Observa-se que é algo dinâmico, ou seja, em permanente transformação e movimento. Pode ser considerado um produto histórico, econômico e cultural, de certa forma, bem definido (Guimarães et al., 2007).

Para Tuan (1983), quando o *espaço* passa a ser intimamente conhecido pelo indivíduo e recebe valores e significados, ele se transforma em *lugar*. Ao se relacionar com o meio, o indivíduo tende a criar uma identidade e um sentimento de pertencimento. Constrói, assim, laços afetivos. Dessa forma, o *lugar* é o resultado de sensações e experiências vividas por uma pessoa. São, portanto, representações mentais importantes para a compreensão de comportamentos ambientalmente corretos ou não de um grupo social.

Um exemplo disso pode ser observado no trabalho de Brito (2008). Sob essa ótica, o autor identifica as montanhas como lugares cheios de significados. São, por isso, tidas como lugares especiais que carregam valores que ultrapassam a simples existência física de suas formas naturais. As inúmeras representações a respeito dessas feições naturais são inspiradas tanto pela sua imagem no horizonte (captada pela percepção visual

das pessoas), como pela sua imagem simbólica de morada do bem ou do mal.

No Brasil, é possível encontrar vários exemplos de montanhas com designações que as relacionam ao mal: é possível identificar a Agulha do Diabo, na Serra dos Órgãos e os morros do Diabo, localizado em São Paulo e em Anhangava, no Paraná. Este último tem seu nome originário do tupi, que significa "*morada do espírito mau*" ou do "*diabo*" (Brito, 2008).

Ainda segundo Brito (2008), ao reconhecer a montanha como o último reduto da natureza maléfica e mágica, o ser humano sente a necessidade de dominá-la. O hábito de fixar cruzeiros no ponto mais alto das montanhas por todo o mundo, busca destacar seu controle simbólico e espiritual sobre tais feições topográficas. Uma cruz, por exemplo, visa atribuir energias positivas, afugentar possíveis entidades ou seres nocivos, bem como combater a associação desses com tais espaços. A imagem do Cristo Redentor constitui-se num exemplo claro dessa função. Ela demonstra a intenção de lançar, a partir do alto, uma benção protetora aos habitantes das terras que se situam abaixo dele.

Assim, os conceitos de *espaço* e *lugar* estão intimamente relacionados aos fatores que motivam as viagens. No mundo todo existem locais, sejam montanhas ou cavernas, que guardam significados sagrados transformando-se em templos para determinado grupo social. Tais locais são marcados pelas constantes peregrinações realizadas por fiéis peregrinos ao longo da evolução histórica local (Barbosa et al., 1999). Para Westwood (1995) a veneração de uma montanha é tão antiga que pode ser datada desde a pré-história. Especialmente na China, muitos adoravam (e ainda adoram) a natureza, principalmente, os rios e as montanhas. No noroeste da Espanha, o Santuário de São Tiago de Compostela, é visitado por milhares de fiéis que acreditam repousarem na Catedral, os restos mortais do Santo, filho de Zebedeu, apóstolo e primo de Cristo (Westwood, 1995).

Da mesma forma que as montanhas atraem as pessoas que as consideram sagradas, existe no mundo um grande número de cavernas associadas às religiões e utilizadas para a manifestação da fé, especialmente Católica (Guimarães, et al.,



2007). Menos comuns ou menos documentados, no entanto, são os casos relacionados aos rituais de matriz africana. Assim como os imponentes maciços rochosos, muitos desses espaços subterrâneos são venerados em diferentes civilizações por serem considerados lugares impregnados de energia.

### **O Geoturismo e alguns dos espaços sagrados de Minas Gerais**

O termo *geoturismo*, conhecido como um segmento do turismo de natureza, começou a ser divulgado na Europa a partir de 1995. À época, isso ocorreu por meio de publicação em uma revista de interpretação ambiental. Foi, então, definido pelo pesquisador inglês *Thomas Hose* que, citado por Nascimento et al. (2007) o definiu como a

*provisão de serviços e facilidades interpretativas que permitam aos turistas adquirirem conhecimento e entendimento da geologia e geomorfologia de um sítio (incluindo sua contribuição para o desenvolvimento das ciências da terra), além de mera apreciação estética. (Hose, 1995 apud Nascimento et al., 2007:1).*

Por se tratar de um segmento relativamente recente, ainda são poucos os autores nacionais que tratam do assunto. O termo foi, também, definido por Ruchkys (2007) como sendo parte da atividade turística que tem o patrimônio geológico como seu principal atrativo. Seu objetivo é a busca da proteção do patrimônio por meio da conservação de seus recursos e da sensibilização do turista. Para isso espera-se o uso da interpretação do patrimônio para torná-lo acessível ao público leigo, promovendo sua divulgação e o desenvolvimento das ciências da Terra.

Por todo o mundo o uso do termo *geoturismo* pode ser vinculado ao conceito de desenvolvimento sustentável do turismo. Geralmente as atividades geoturísticas oferecem aos visitantes o acesso ao patrimônio geológico e paleontológico proporcionando o conhecimento dos aspectos naturais da região, como por exemplo, a geologia regional. A partir de então, os visitantes contemplam, compreendem e interagem com paisagem composta pelas rochas, relevo, clima, vegetação e solos.

Tal processo pode ser observado em Travassos (2009) quando identifica o uso e a função do Parque Regional de Kozjansko, Eslovênia. A interpretação religiosa de um fenômeno natural é ilustrada pelo mito de criação de uma imensa dolina (parte das trilhas geológicas do parque) que teve sua gênese atribuída a um castigo divino. Assim, observa-se que as atividades geoturísticas fomentam o desenvolvimento regional/ nacional, mantendo uma estreita relação com a educação e o patrimônio imaterial da cultura de um grupo social.

O Brasil conta com um elevado número de locais propícios à prática da atividade geoturística. Devido à sua história geológica, bem como sua extensão territorial, o país apresenta diferentes tipos de sítios geológicos, geomorfológicos, mineralógicos, paleontológicos, arqueológicos e espeleológicos passíveis de serem utilizados para tal atividade.

Alguns exemplos são mencionados por Nascimento et al. (2008) que destacam serras, picos, chapadas e afloramentos rochosos. Como exemplo, identifica-se o Pão de Açúcar (no Rio de Janeiro), as Cataratas do Iguaçu (no Paraná), os picos vulcânicos do Cabugi (no Rio Grande do Norte) e de Nova Iguaçu (no Rio de Janeiro), a Chapada Diamantina (na Bahia), a Chapada dos Veadeiros (em Goiás) e a Chapada dos Guimarães (em Mato Grosso), por exemplo.

Além de tais sítios, faz-se necessário também, o destaque às áreas cársticas nacionais que contam com um total de cerca de 4.680 cavernas. Para Ruchkys et al (2005) o estado de Minas Gerais é tido como um dos principais locais para a prática do geoturismo. A autora cita como exemplo a Área de Proteção Ambiental Carste de Lagoa Santa, localizada a aproximadamente 30 km ao norte de Belo Horizonte. A região possui grande valor histórico-cultural, paisagístico e científico, sendo reconhecidamente, uma das mais importantes do país se levarmos em consideração os aspectos paleontológicos, arqueológicos e espeleológicos.

Com relação às cavidades subterrâneas artificiais, é possível afirmar que existem casos de propriedades particulares que podem ser consideradas como locais ou pontos geoturísticos. São eles a Mina da Passagem,

entre Ouro Preto e Mariana (MG) e a Mina da Brejuí em Currais Novos (RN).

Em relação aos espaços sagrados sob a ótica do turismo religioso, destaca-se sua oficialização a partir da década de 60. Desde então, tem chamado a atenção dos setores ligados à reflexão acadêmica sobre o turismo, dos empresários do setor turístico e da própria Igreja Católica. Silveira (2004) afirma que o termo é usado de forma menos científica, confundindo-se com outros termos como *romaria* e *peregrinação*, por exemplo.

Na definição oficial, de acordo com a Conferência Mundial de Roma realizada em 1960, o turismo religioso deve ser entendido como uma atividade que movimenta peregrinos em viagem pelos mistérios da fé ou pela devoção a algum Santo. Na prática, são viagens organizadas a locais sagrados ou para congressos e seminários ligados à evangelização. São também as viagens para festas religiosas celebradas periodicamente, para espetáculos e/ou representações teatrais de cunho religioso (Silveira, 2004)

Para Andrade (2004:77), o turismo religioso pode ser definido como o *“conjunto de atividades com utilização parcial ou total de equipamentos e a realização de visitas a receptivos que expressam sentimentos místicos ou suscitam a fé, a esperança, a caridade aos crentes ou pessoas vinculadas a religiões.”* Para o Ministério do Turismo,

*o Turismo Religioso configura-se pelas atividades turísticas decorrentes da busca espiritual e da prática religiosa em espaços e eventos relacionados às religiões institucionalizadas. Está relacionado às religiões institucionalizadas tais como as de origem oriental, afro-brasileiras, espíritas, protestantes, católica, compostas de doutrinas, hierarquias, estruturas, templos, rituais e sacerdócio. A busca espiritual e a prática religiosa, nesse caso, caracterizam-se pelo deslocamento a locais e para participação em eventos para fins de peregrinações e romarias, retiros espirituais, festas e comemorações religiosas, apresentações artísticas de caráter religioso, encontros e celebrações relacionados à evangelização de fiéis, visitação a espaços e edificações religiosas (igrejas, templos, santuários, terreiros e a*

*realização de itinerários e percursos de cunho religioso e outros (Brasil, 2008:19).*

No entanto, o público praticante do turismo religioso não é, necessariamente, constituído por religiosos, místicos, devotos, sacerdotes e profissionais de qualquer credo ou confissão religiosa. A diferença entre o turista religioso e o turista de outros segmentos do turismo é que o primeiro é, geralmente, motivado pela fé e sabe o que vai encontrar no lugar sagrado. No contato com o sagrado, o turista religioso procura a renovação da energia por meio da divindade. Entretanto, muitos deles apreciam atividades paralelas que ocorrem nos lugares santificados como a arquitetura ou as festas “profanas”.

Para que o turismo religioso ocorra, é imprescindível que haja motivações vinculadas às características culturais e naturais dos locais a serem visitados, além de uma boa infra-estrutura. Os lugares do turismo religioso são especiais. São Santuários. Podem ser naturais, metropolitanos, oficialmente sagrados ou festivamente profanos.

No Brasil, o turismo religioso tem apresentado um crescimento significativo. No entanto, ainda há muito que se explorar se considerada a dimensão territorial e as inúmeras manifestações culturais e religiosas existentes no território nacional. Em relação a Minas Gerais, Vitarelli (2001), sustenta que:

*é especificamente em Minas Gerais, onde se comemoram datas religiosas como a Semana Santa, Corpus Christi, os jubileus, as festas de padroeiros e demais santos, que o turismo religioso pode conseguir um avanço condizente com uma de suas vocações. Atualmente, essa atividade vive um imenso desenvolvimento informal. Minas Gerais, além de ser o Estado onde se concentra o maior número de católicos, possui uma grande riqueza em manifestações religiosas, e por todo o Estado existem curandeiros, rezadeiras, médiuns, aparições de santas milagrosas, romeiros e demais manifestações místicas. No norte do estado existe uma forte presença de rezadeiras, curandeiros e credices em milagres atribuídos a Nossa Senhora e a outros santos; no leste, romeiros fazem penitência, carregando pedras na cabeça, pedindo chuva; no Triângulo, o médium Francisco Xavier é a*

*expressão máxima do espiritismo, e a cidade de nome Romaria recebe inúmeros visitantes; no sul, encontram-se as várias seitas e dois religiosos indicados para beatificação, Nhá Chica e Padre Vitor; restando ainda as cidades históricas, onde ocorrem autênticas manifestações católicas [...]* (Vitarelli, 2001:25).

É importante ressaltar que o Ministério do Turismo (2008: 19) afirma que, se as viagens forem motivadas por um interesse cultural que seja traduzido pela apreciação estética do fenômeno ou do espaço religioso, essa viagem é considerada simplesmente como Turismo Cultural. Assim, destaca-se Moletta (1998) que afirma ser esse último, um tipo de turismo onde as pessoas se deslocam na busca de manifestações artísticas, científicas, históricas, culturais e religiosas.

O termo *cultura*, destacado no turismo cultural é entendido como algo natural, amplo e que abrange tanto a cultura própria do turista como o conjunto de hábitos, ideias e criações que ele pode ou não assimilar ao manter contato com novas realidades, costumes e valores espirituais diferentes. Assim, na maioria das vezes, as manifestações populares aproximam a religião do aspecto cultural.

No Brasil, as festas religiosas têm sua origem no calendário de romarias e devoções aos Santos e Santas europeus, herança portuguesa com influência da miscigenação com os índios e negros no Brasil colônia. Tais manifestações podem ser vistas tanto em vilarejos quanto em grandes cidades.

### **Alguns espaços sagrados de Minas Gerais**

Para Ferreira (1986), o termo sagrado é utilizado para designar um espaço ou coisa que tenha recebido uma consagração devido à religião, aos ritos, ao culto ou a um Santo em particular. Para Steil (1996:23-24) “o espaço ganha uma função metafórica e se apresenta como um texto que possibilita o acesso às múltiplas interpretações sobre os quais se funda esta sociedade entre os homens, santos e anjos se encontram diretamente implicativos, através de diferentes formas de trocas e de convivências”.

A Serra da Piedade, localizada na divisa dos municípios de Sabará e Caeté, constitui-se para Ruchkys (2007), um referencial religioso

para muitas pessoas. As lendas que envolvem seu passado fazem com que há séculos, a Serra exerça fascínio sobre quem a avista. Despertou interesses, inclusive, de vários naturalistas e viajantes europeus em incursões pelo Brasil, no século XIX. Foram eles Saint-Hilaire, Spix, Martius e Eschewege, entre outros.

Segundo Ruchkys (2007) a Serra é a mesma Serra do Sabarabuçu e, portanto, está ligada às muitas lendas a respeito de riquezas minerais que alimentavam o imaginário de portugueses e bandeirantes. Outra lenda existente é descrita por Santos Pires (1902) citado por Ruchkys (2007). Nela, “a muda da Penha” foi uma menina muda de nascença, filha de uma piedosa família cristã. Depois de ter visto a Virgem Santíssima com Jesus nos braços no alto da Serra, voltou a falar imediatamente. Desde então, a lenda da aparição da santa tornou-se o motivo para a construção de uma capela por parte de Antônio da Silva Bracarena. Para compô-la, uma imagem de Nossa Senhora da Piedade foi trazida de Portugal. Bracarena desejava que a capela fosse um referencial para o andarilho penitente, ansioso por um local adequado para orar e aproximar-se de Deus (Ruchkys, 2007).

O valor religioso da Serra fez com que, em novembro de 1958, o Papa João XXIII consagrasse a imagem de Nossa Senhora do Santuário como a Padroeira do Estado de Minas Gerais. Todos os anos, na época e no dia da Festa da Padroeira (entre 15/Ago. e 7/Set.), um grande fluxo de devotos visita a Serra da Piedade (Figura 1).

Além disso, de acordo com Ruchkys (2007: 5) a Serra constitui um importante sítio geológico associado à história da exploração do interior do Brasil pelos bandeirantes e à evolução geoecológica da Terra. “*Apresenta exposições de Itabirito da Formação Cauê (Supergrupo Minas) que indicam mudanças na composição da paleo-atmosfera iniciadas na passagem do Arqueano para o Proterozóico*”.

Do mesmo modo, o subterrâneo pode se apresentar como um local adequado para as manifestações religiosas. Para Travassos et al (2008), poucos são os registros oficiais de cavernas religiosas, pois das quase 5.000 cavernas conhecidas, apenas cerca de 15 podem ser consideradas de destaque para o uso religioso.



Embora os estudos acadêmicos da Geografia da Religião associado às cavernas sejam relativamente novos, Rosendahl (2002) destaca que o interesse por essa dimensão religiosa da Geografia é bem mais antigo.

Originaram-se na Antiguidade Clássica, seguido de estudos de Vidal de La Blache e da Geografia Cultural de Sauer, do início do século XX, até os anos 60.

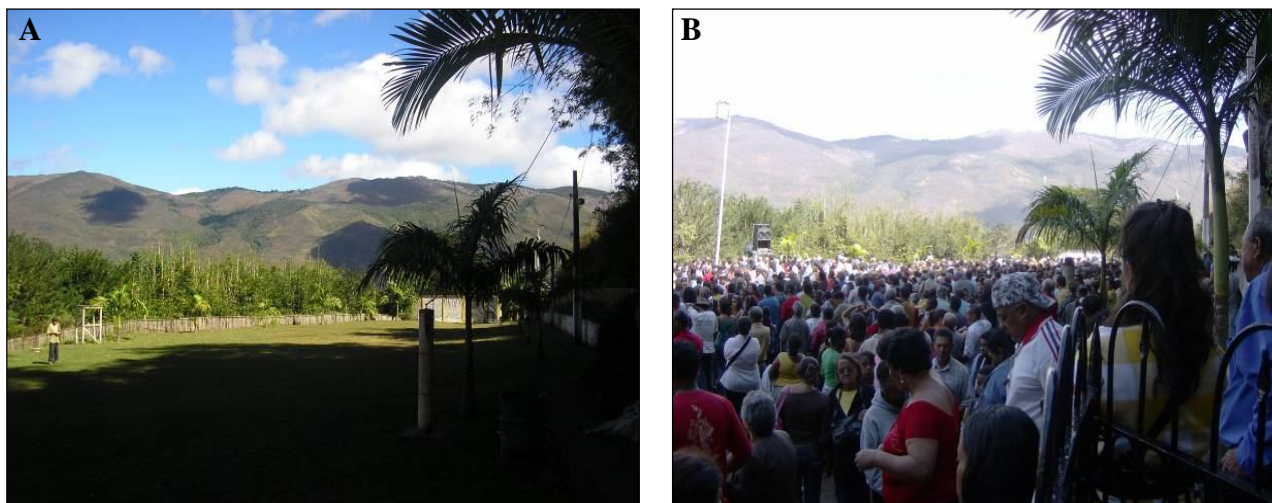


Figura 1 – Em “A” e “B” é possível observar o Crucifixo e os Romeiros no alto da Serra da Piedade (Foto A e C: Rose Lane Guimarães, 2008). Em “C”, detalhe da imagem de Nossa Senhora da Piedade (Foto B: Disponível em <[www.champagnat.org/images/giovani/big/BrasilSerraDaPiedade.jpg](http://www.champagnat.org/images/giovani/big/BrasilSerraDaPiedade.jpg)>).

Provavelmente atraídos pela beleza cênica e pelos mistérios dos subterrâneos, as pessoas passaram a frequentar tais santuários em função dos supostos poderes sobrenaturais que emanam destes espaços. Para Barbosa, Nogueira & Neves (1999:73) “a gruta apresenta-se como um local apropriado para o encontro do sagrado, uma vez que ali se materializam todos os sinais da religiosidade, como o sacrifício, a esperança de dias melhores, a volta do salvador, o local para penitência, o depositário dos votos de fé”.

Um exemplo disso ocorre na Lapa de Antônio Pereira, localizada no distrito de Antônio Pereira (Ouro Preto). Tal caverna apresenta sinais de devoção religiosa e é tema de uma tese de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da PUC Minas. Travassos et al. (2007) afirmam que, no local, existe a estória de que uma imagem da Santa foi encontrada na gruta por crianças que brincavam no seu entorno. Desde então, passaram a ser realizadas aí, missas mensais, festas religiosas próximas ao dia da Padroeira, procissões e missa no dia da Padroeira (15 de Agosto) (Figura 2).





**Figura 2 – Em “A” é possível observar o espaço a ser ocupado pelos romeiros. Em “B”, romeiros reunidos no dia 15 de agosto de 2008 em frente à gruta de Nossa Senhora da Lapa, Antônio Pereira (Foto: Rose Lane Guimarães, 2008).**

Para Paula et al. (2007:3), nas proximidades do altar principal, existe um pequeno conduto com um escoamento de calcita. “A este espeleotema é atribuído à imagem de Nossa Senhora da Conceição.” (Figura 3). Tal escoamento o qual os fiéis e romeiros atribuem valor, nos remetem as ideias de Mendes (2003) citado por Travassos (2007, p.31) quando afirma que cada sociedade cria seu imaginário como um meio de exprimir “(...) seu temperamento, seu caráter, suas dúvidas e anseios, na tentativa de dar um sentido de totalidade à existência humana. Tal fato leva as pessoas a compartilharem a mesma forma de pensar”.

Assim como as cavernas, uma mina subterrânea também pode se apresentar como um campo fértil para manifestações religiosas. É o que se observa na Mina de Passagem de Mariana, entre tantas outras no mundo.

No caso desse trabalho, por se tratar principalmente do estado de Minas Gerais, destaca-se a Mina de Passagem de Mariana, no município de Mariana, a cerca de 105 km de Belo Horizonte, na porção sudoeste do Quadrilátero Ferrífero. O sítio é uma antiga mina de ouro que é, atualmente, a maior mina de ouro aberta a visitação do mundo. O acesso é realizado por um pequeno *trolley*, uma espécie de vagão com bancos (Figura 4), que

leva as pessoas a mais de 120m de profundidade (Ruchkys, 2007).

Em seu interior, foi colocada uma imagem de Santa Bárbara, padroeira dos mineiros, sincretizada na religião afro-brasileira com *lansã*. Em homenagem à Santa fora colocado ao lado da imagem, uma mesa para depósitos de oferendas. Materiais como flores, bijuterias, vidros de perfumes, velas, batons, entre outros, podem ser identificados. Ali se materializam todos os sinais da religiosidade, quando o indivíduo deposita os anseios religiosos e as experiências de vida (Figura 5).

Além disso, a mina possui um rico patrimônio geológico visto que segundo Ruchkys (2007:143) “os corpos de minério de Passagem estão inseridos no Supergrupo Minas, na zona de contato entre a Formação Cauê, no topo, e o Grupo Caraça (Formação Moeda e Batatal) ou Grupo Nova Lima (Supergrupo Rio das Velhas). A Mina de Passagem encontra-se estruturada no Anticlinal de Mariana, localizando-se no flanco sul dessa estrutura”.

Segundo Ruchkys (2007) a mina constitui um bom exemplo de iniciativa de valorização e utilização de minas antigas para ao geoturismo, atividade já bastante difundida em muitos países.





Figura 3 – À esquerda é possível observar um detalhe do altar e da imagem de Nossa Senhora da Conceição da Lapa. À direita, destaca-se o local onde o escoamento de calcita é venerado como a imagem da Santa. Observa-se que o mesmo é protegido por uma moldura de vidro.  
(Foto: Luiz E.P. Travassos, 2006)



Figuras: 4 – Detalhe do *troller* que permite o acesso dos turistas na Mina de Passagem de Mariana, Minas Gerais (Foto: Ursula Ruchkys de Azevedo, 2007); 5 – Detalhe do altar de Santa Bárbara no interior da Minas de Passagem de Mariana, Minas Gerais (Foto: Rose Lane Guimarães, 2009).

## Considerações finais

De forma geral, o trabalho destacou a relação humana com alguns espaços sagrados do estado de Minas Gerais. Foram identificados montanhas, cavernas e minas subterrâneas que são utilizadas pelo geoturismo e pelo espeleoturismo.

A partir da revisão de literatura sobre o geoturismo e o turismo cultural, buscou-se identificar sua importância para o uso consciente de espaços naturais, bem como foram aplicados conceitos geográficos para a compreensão da relação humana com tais espaços.

Chama-se a atenção para a relevância do trabalho no sentido contribuir para a inserção da temática do uso religioso do Patrimônio Geológico, principalmente, para sua conservação e contribuição para o desenvolvimento social das comunidades do entorno.

Ressalta-se que não foi intenção dos autores esgotar o tema e sim, inserir a temática nos trabalhos acadêmicos atuais. Em função da linha editorial do periódico, destaca-se a importância dos trabalhos que enfatizem o uso cultural do subterrâneo.

## Referências

- Andrade, J. V. de. 2004. *Turismo: fundamentos e dimensões*. São Paulo, Editora Ática.
- Barbosa, E.P., Nogueira, K.A.B., Neves, N.G.S. 1999. Caverna, história e tradição popular no sertão baiano. In: Congresso Brasileiro de Espeleologia, 25, 1999. Vinhedo-SP, Grupo Trupe Vertical, *Anais...* 69-75.
- Brasil. Ministério do Turismo. 2008. *Turismo cultural: orientações básicas*. 2. ed. Brasília, Ministério do Turismo.
- Brito, A. G. 2008. *As montanhas e suas representações através dos tempos: buscando significados*. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geografia. 110p.
- Guimarães, R.L., Travassos, L.E.P., Varela, I.D. 2007. Cavernas e Religião: A Gruta da Macumba em Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil. In: Congresso Brasileiro De Espeleologia, 29, 2007, Ouro Preto. *Anais...* 1 CD-ROM. s.p.
- Nascimento, M.A.L., Ruchkys, U. de A, Mantesso Neto, V. 2008. *Geodiversidade, geoconservação e geoturismo: trinômio importante para a conservação do patrimônio geológico*. Sociedade Brasileira de Geologia.
- Nascimento, M.A.L., Ruchkys, U. de A, Mantesso Neto, V. 2007. Geoturismo, um novo segmento do turismo no Brasil. *Global Tourism*, 3 (2): 41-64.
- Rosendahl, Z. 2002. Geografia da Religião: uma Proposição Temática. *GEOUSP*. São Paulo, 11: 9-19.
- Ruchkys, U. de A. 2007. *Patrimônio geológico e geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: potencial para criação de um geoparque da UNESCO*, 211p.
- Ruchkys, U. de A, Renger, F.E., Noce, C. M., Machado, M.M.M. 2007. Serra da Piedade, Minas Gerais: da lenda do Sabarabuçu ao patrimônio histórico, geológico, paisagístico e religioso. In: Carlos Schobbenhaus; Diógenes de Almeida Campos; Emanuel Teixeira de Queiroz; Manfredo Winge; Mylene Luíza Berbert Born. (Orgs.). *Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*. Brasília, Ministério de Mnas e Energia; DNPM; CPRM; SIGEP, v. II, p. -.
- Ruchkys, U. de A. et al. 2005. *Definição de percursos geoturísticos na APA Carste de Lagoa Santa, Minas Gerais: aliando educação e turismo*. Belo Horizonte.
- Silveira, E.J.S. 2004. Turismo Religioso Popular? Entre a ambiguidade conceitual e as oportunidades de mercado. *Revista de Antropologia Experimental*. Espanha, 4: 1-16, Disponível em <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=852475&orden=15584&info=link>. Acesso em 24 abr 009.
- Steil. C. A. 1996. *O sertão das romarias: um estudo antropológico sobre o santuário de Bom Jesus da Lapa-Bahia*. Petrópolis: Vozes.
- Tkaczynski, A.; Rundle-Thiele, S. R.; Beaumont, N. 2009. Segmentation: A tourism stakeholder view. *Tourism Management*, 30, 169–175.
- Travassos, L.E.P., Góis, A.J., Guimarães, R.L., Varela, I.D. 2008. A Gruta de São Cosme e Damião e a Umbanda, Cordisburgo, Minas Gerais. *Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas*, 1 (2):165-172



- Travassos, L.E.P. 2007. *Caracterização do carste da região de Cordisburgo, Minas Gerais*, 2007. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial. 96p.
- Travassos, L.E.P. 2009. A caverna do eremita, Parque Kozjansko, Eslovênia. *Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas*, 2(1): p.17-25.
- Travassos, L.E.P., Varela, I.D., Rodrigues, E.R. & Guimarães, R.L. 2007. A Festa Religiosa de Nossa Senhora da Lapa, Antônio Pereira, Minas Gerais. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 2007, Ouro Preto. Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Espeleologia. Campinas/Ouro Preto, SBE/UFOP.
- Tuan, Y. 1983. Espaço e lugar: a perspectiva da experiência. Tradução de Livia de Oliveira. São Paulo, Difel.
- Vitarelli, Flávio. 2001. O turismo religioso da Mesopotâmia a Minas Gerais. *Revista Sagarana – turismo e cultura em Minas Gerais: Belo Horizonte*,2(5): 20-25.
- Walton, J.K. 2009. Prospects in tourism history: Evolution, state of play and future developments. *Tourism Management*, 30, 783–793.
- Westwood, J. 1995. Tai Shan: uma montanha sagrada chinesa. In: Westwood, J. *Atlas do extraordinário*. v.1. Lisboa, Edições Del Prado.
- Westwood, J. 1995. Santiago de Compostela: o santuário de São Tiago. In: Westwood, J. *Atlas do extraordinário*. v.1. Lisboa, Edições Del Prado.



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)

---



## UVALA – CONTRIBUTION TO THE STUDY OF KARST DEPRESSIONS (WITH SELECTED EXAMPLES FROM DINARIDES AND CARPATHO- BALKANIDES)

**UVALA – CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE DEPRESSÕES CÁRSTICAS (COM  
EXEMPLOS SELETOS DOS “DINARIDES E CARPATHO-BALKANIDES)**

**Jelena Čalić**

Instituto Geográfico “Jovan Cvijić” da Academia Sérvia de Ciências e Artes em Belgrado.

### Resumo

As Uvalas são um tipo particular de depressões cársticas fechadas. Embora outros tipos de depressões fechadas - dolinas e poljes – sejam regularmente listados e relativamente bem definidos em relação à morfologia da superfície cárstica, as uvalas são ou excluídas ou vagamente identificadas. A idéia principal da tese é iniciar um estudo sistemático das uvalas, a fim de obter um significado claro do termo uvala e evitar o seu abandono na carstologia e na geomorfologia geral. Dentro do estudo, 43 exemplos de uvalas foram selecionados. As uvalas selecionadas estão localizadas no carste Dinárico e no carste dos Cárpatos-Bálcãs. Todos os exemplos foram processados digitalmente da mesma maneira. A criação de modelos digitais de elevação de alta resolução permitiu a quantificação dos parâmetros morfométricos, a geração de mapas de declividade, bem como a aplicação descritiva, exploratória e inferencial das análises estatísticas. A construção do sistema de informações geográficas das uvalas estudadas foi feita utilizando softwares SIG. Em 12 uvalas estudadas, foi realizado um mapeamento geológico-estrutural detalhado que revelou o desenvolvimento dominante das uvalas ao longo de zonas tectonicamente fraturadas em escala regional. Várias questões delicadas relacionadas com a posição das uvalas no sistema carste de depressões fechadas são discutidas: problemas terminológicos, gênese, relação com outros processos geomorfológicos (fluviais e glaciais), bem como as direções para as futuras pesquisas. Uma definição revisada do termo uvala é sugerida, possibilitando oportunidades para futuras discussões e aprimoramentos.

**Palavras-chave:** Morfologia Cárstica Superficial; Depressão Cárstica; Uvala; Sistemas de Informação Espacial; Dinarides; Carpatho-Balkanides.

### Abstract

*Uvalas are a particular type of karst closed depressions. While other types of closed depressions – dolines and poljes – are regularly listed and relatively well defined in overviews of karst surface morphology, the uvalas are either excluded or their vague identification is stressed. The leading idea of the thesis is to start a systematic study of uvalas, in order to obtain the clear meaning of the term uvala and prevent its abandoning in karstology and general geomorphology. Within the study, 43 examples of uvalas have been selected. The studied uvalas are located in the Dinaric karst and karst of the Carpatho-Balkanides. All the case examples have been digitally processed in the same way. Creation of high-resolution digital elevation models enabled quantification of morphometrical parameters, generation of inclination maps and cross-sections, as well as application of descriptive, exploratory and inferential statistical analyses. Formation of the geographical information system of the studied uvalas was done using GIS software packages. In 12 studied uvalas, detailed structural-geological mapping has been carried out, which revealed dominant development of uvalas along tectonically broken zones of regional scale. Several delicate issues related to the position of uvalas in the system of karst closed depressions are discussed: terminological problems, genetic issues, relation to other geomorphological processes (fluvial and glacial), as well as some directions for future research. A revised definition of the term uvala is suggested, leaving the opportunity for further discussions and upgrades.*

**Keywords:** Karst Surface Morphology; Karst Depression; Uvala; Geographic Information System; Dinarides; Carpatho-Balkanides.

**Orientadores/Advisors:** Dr Andrej Kranjc e Dr Andrzej Tyc.

**Referência**

ČALIĆ, J. *Uvala* – Contribution To The Study Of Karst Depressions (With Selected Examples From Dinarides And Carpatho-Balkanides) Nova Gorica: University of Nova Gorica, 2009. 231 f. Dissertation (Doctorate in Karstology), University of Nova Gorica, 2009.

**Tradução do abstract:** Luiz Eduardo Panisset Travassos.

---



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)

---