The background of the entire page is a photograph of a cave interior. The cave is filled with numerous stalactites hanging from the ceiling and stalagmites growing from the floor. The lighting is warm and yellow, highlighting the textures of the rock formations. Several people are visible in the lower part of the image, providing a sense of scale to the large cave space.

Marcos Otavio Silverio

ATUAÇÃO DA ARQUITETURA NO USO PÚBLICO DE CAVERNAS

Conceitos, métodos e estratégias
para ocupação. Caverna do Diabo, SP

FAUUSP 2014

Universidade de São Paulo
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Marcos Otavio Silverio

atuação da arquitetura no uso público de cavernas

Conceitos, métodos e estratégias
para ocupação. Caverna do Diabo, SP

Dissertação de Mestrado

Orientação: Profa. Dra. Anália Maria Marinho
de Carvalho Amorim

São Paulo, dezembro de 2014

MARCOS OTAVIO SILVERIO

Atuação da arquitetura no uso público de cavernas

Conceitos, métodos e estratégias para ocupação. Caverna do Diabo, SP

Dissertação apresentada ao curso de Pós graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Projeto de Arquitetura.

Área de concentração

Projeto de Arquitetura: Teoria e Método

Orientadora

Profa. Dra. Anália Maria Marinho de Carvalho Amorim

São Paulo
2014

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

email: marcososilverio@gmail.com

EXEMPLAR REVISADO E ALTERADO EM RELAÇÃO À VERSÃO ORIGINAL, SOB RESPONSABILIDADE DO AUTOR E ANUÊNCIA DO ORIENTADOR.

O original se encontra disponível na sede do programa

São Paulo 22 de março de 2015

S587a Silverio, Marcos Otavio
Atuação da arquitetura no uso público de cavernas.
Conceitos, métodos e estratégias para ocupação. Caverna do Diabo, SP / Marcos Otavio Silverio. --São Paulo, 2014.
255 p. : il.

Dissertação (Mestrado - Área de Concentração: Projeto de Arquitetura) – FAUUSP.
Orientadora: Anália Maria Marinho de Carvalho Amorim

1.Projeto de arquitetura 2.Cavernas (Uso) 3.Espeleologia I.Título

CDU 72.011.22

folha de aprovação

SILVERIO, M. O. **Atuação da arquitetura no uso público de cavernas. Conceitos, métodos e estratégias para ocupação. Caverna do Diabo, SP.** 2014. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Dissertação apresentada ao curso de Pós graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre.

Aprovado em: 24.02.2015

Banca Examinadora

Profa. Dra. Anália Maria Marinho de Carvalho Amorim (Orient.) Instituição: FAU-USP

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. Paulo César Boggiani

Instituição: IGc-USP

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Profa. Dra. Helena Aparecida Ayoub Silva

Instituição: FAU-USP

Julgamento: _____

Assinatura: _____

*Hoje me sinto mais forte
Mais feliz, quem sabe
Só levo a certeza
De que muito pouco eu sei
Ou nada sei*

Tocando em Frente
Almir Sater & Renato Teixeira

para Enzo, Enrico, Janaina, Gerusa, Marcelo e Mamãe

agradecimentos

À Anália Amorim por ter me acolhido na Pós, pela orientação, carinho e interesse mesmo nas minhas longas ausências.

À Helena Ayoub (Leninha) por acreditar que este homem das cavernas podia se transformar em um pesquisador. *“Eu ainda chego lá”*. Por todo apoio na pesquisa, disciplinas, PAE, qualificação, pelo exemplo e pelas agradáveis festinhas.

Ao Rafael Perrone, pela amizade e apoio durante todo o percurso da pesquisa e por mostrar a importância do ser humano e a paixão pela arquitetura.

Ao Júlio Katinsky e ao Marcos Acayaba pela sugestão do tema da pesquisa ainda como aluno especial da Pós e pela torcida pela sua concretização.

Maria de Lourdes Zuquim (Lurdinha) pelo incentivo e sugestões na qualificação. *“Ser menos espeleólogo e mais arquiteto”*.

Aos professores e colegas das disciplinas cursadas na FAUUSP e no IGc por dividirem suas experiências e ouvirem as minhas inquietações. Em especial ao Jorge Bassani pela amizade e ajuda nos primeiros passos na pós graduação da FAUUSP. Ao Carlos Faggin pela generosidade e interesse. Ao Alexandre Delijaicov pelo apoio à pesquisa e pela oportunidade de participar das discussões durante a monitoria em projeto no PAE. Ao Marcelo Giacaglia pelo interesse, apoio e dicas para a pesquisa e pelas conversas sempre animadas com a turma da disciplina de informações espaciais. Ao Grupo de pesquisa Arquitetura: Projeto, Pesquisa e Ensino da FAUUSP.

Aos professores e alunos da graduação que me acolheram durante o PAE, oficinas e demais atividades na FAUUSP e na Escola da Cidade. Especialmente Abílio Guerra, Alexandre Delijaicov, Ana Barone, Antônio Carlos Barossi, Antonio Carlos Sant’Anna, Feres Lourenço Khoury, Helena Ayoub, Marcos Acayaba, Maria Assunção Ribeiro Franco, Marta Bogéa, Myrna Nascimento, Rafael Perrone e Rosana Miranda.

Ao Ivo Karmann e Francisco William da Cruz Junior (Chico Bill) pelas informações nas aulas e no campo no Vale do Ribeira na disciplina Geologia de Terrenos Cársticos no IGc.

À Mayra Simone e Demóstenes Magno pelo material para o projeto de pesquisa lá no início em 2011. À Juliana Fiorini e Moracy Amaral pela ajuda com o material da qualificação e pela convivência nas disciplinas e no PAE

À Cilda, Diná, Isa e todos da secretaria da Pós, ao pessoal da Biblioteca da FAUUSP e do IGc pelo apoio para conseguir materiais e com os prazos e agenda.

Ao Allan Calux pela amizade, materiais, informações e pela fundamental ajuda na revisão e sugestões. Ao Carlos Grohmann (Guano), pela amizade, revisão do texto e sugestões, mapas, imagens, dados da topografia e ajuda nos campos. À Leda Zogbi pela amizade, ajuda no campo, fotos e desenhos. Ao William Sallun Filho e à Bruna Cordeiro pelos materiais cedidos e pelo convite para o campo na Caverna do Diabo.

Ao pessoal do CECAV especialmente Cristiano, Diego, Jocy, Lindalva e Zeca. À Katia Pacheco e Josenei Cara (PECD) pela permissão de visitas à Caverna do Diabo e uso do chalé do PECD. À COTEC / IF pela autorização de pesquisa. À Biblioteca Guy Collet pelo acesso aos arquivos e Procad-SBE pela cessão do mapa da Caverna do Diabo.

Aos que me cederam material e informações: Amanda Santos Alves (PECD), Ana Laura Person (IGc), David Gibson (BCRA), Edwil Piva (Bedu), George Veni (NCKRI), Gilson Bruno (Fundação Maquiné), Heros Lobo, João Neto (PETAR), José Ayrton Labegalini, José Scaleante, Luciana Alt (GBPE), Marcelo Rasteiro (SBE), Mary Wilde (BRCA), Maurício Marinho, Renata Marinelli (UIS), Stephanie Rubio (NSS) e Vitor Moura (GBPE). Especialmente Andy Spate (OKM) e Rauleigh Webb (WASG) pelo esforço em selecionar e enviar materiais. E Fran Head, Greg, Ian Collete, Jude Shaw e Phil do Western Australian Speleological Group (WASG) por me apresentarem as cavernas de Margareth River.

Aos amigos pela colaboração nos trabalhos de campo Andrea Kern, Beatriz Hadler Boggiani, Carlos Grohmann, Christian Moraes, Daniel Menin, Leda Zogbi, Luciana Fackoury, Magna Pontes e Victória Dalla Hart.

Aos amigos, tios e primos que acompanharam a jornada em especial ao vovô Lázaro pelo exemplo. Está orgulhoso onde estiver. À família que me deu abrigo, compreensão, incentivo e educação. Especialmente à minha mãe, Marcelo, Gerusa, Lucas, Teresa e Alderico.

Agradecimento especial à Janaina por segurado a barra e ao Enzo e Enrico pela compreensão do tempo que lhes roubei. Que a vida seja uma grande aventura com um caminho que seja mais divertido do que árduo, é por vocês que estou aqui.

Ao Frank Gambale, Herbie Hancock, John Butler, John Scofield e Pat Martino por terem tornado a pesquisa ainda mais estimulante.

sumário

lista de siglas	XIV
resumo	XVI
abstract	XVII
introdução	18
apresentação	19
objeto e objetivos	20
estrutura da pesquisa	20
procedimentos metodológicos	21
estudo de caso	21
definição do escopo	22
definição dos estudos necessários	22
abrangência	22
1. cavernas e paisagens cársticas	24
1.1 cavernas	25
1.2 carste	26
1.3 formação das cavernas	29
1.4 espeleotemas	33
1.5 ecossistema cavernícola	34
1.6 registros do passado	36
1.7 onde estão as cavernas no Brasil	38
1.8 proteção das cavernas	40
2. relação dos homens com as cavernas ao longo dos tempos	41
2.1 espeleologia, a ciência das cavernas	44
2.2 espeleologia no Brasil	45
2.3 a natureza como local de recreação do homem moderno	49
2.4 aventuras na natureza	52

2.5 aventuras nas cavernas	53
2.6 turismo nas cavernas	55
2.7 uso público das cavernas no brasil	58
2.8 o uso público das cavernas em São Paulo	60
2.9 interdição das cavernas	65
2.10 breve histórico do manejo do uso público de cavernas no Brasil	66
2.11 avaliação do processo atual de manejo espeleológico no Brasil	68
3. caverna do diabo	78
3.1 histórico	81
3.2 espeleologia	82
3.3 investimento no turismo	85
3.4 projeto caverna do diabo - Procad	88
3.5 retomada das atividades	88
3.6 mapa do trecho turístico e Salão Erectus da Caverna do Diabo	91
3.7 imagens do PECD	92
4. pesquisa em projeto de arquitetura	95
4.1 arquitetura e natureza	96
4.1 projeto	97
4.2 desenho	98
4.3 atuação da arquitetura	100
5. manejo do uso público de cavernas e paisagens cársticas	103
5.1 planejamento ambiental	104
5.2 impactos ambientais	105
5.3 análise de impacto ambiental	106
5.4 impactos negativos em cavernas causados pelo uso público	107
5.5 impactos causados pelas estruturas de uso público	111
5.6 gestão	112
5.7 monitoramento	113

5.8 experiência do visitante	114
5.9 restauro	115
5.10 métodos construtivos	116
5.11 materiais utilizados	118
5.12 definição da trilha	125
5.13 iluminação artificial fixa	127
5.14 estruturas externas	131
6. proposta metodológica de análise espacial para planejamento da ocupação de cavernas	133
6.1 definição do objetivo e do escopo dos estudos	134
6.2 mapas de potencialidades e restrições	135
Características e atributos e analisados	136
6.3 Análise dos mapas	139
6.4 critérios para definição da trilha	141
6.5. estruturas de acesso, proteção e segurança	141
6.6 zoneamento	142
7. estratégias de atuação	143
7.1 escopo	144
7.1.1 Roteiro I - Turístico Tradicional	145
7.1.2 sistema construtivo	147
7.1.3 materiais	148
7.1.4 peças	149
7.1.5 peças de ligação e de fixação	151
7.1.6 fixação e ancoragem ao local	151
7.1.7 ferramentas necessárias	152
7.1.8 projeto de instalação	152
7.1.9 desenhos do módulo	153
7.2 Roteiro II - Salão Erectus	155
7.3 Roteiro III - Galeria do Rio	156

8. considerações finais - reflexão	157
9. referências	163
vídeos, filmes e documentários	181
lista de figuras	182
lista de tabelas	188
lista de quadros	188
apêndices	190
APÊNDICE A o vale do ribeira de iguape	190
APÊNDICE B caverna do diabo	196
APÊNDICE C avaliação da execução das instalações dos equipamentos de iluminação artificial fixa na Caverna do Diabo. Parque Estadual da Caverna do Diabo, SP	223
APÊNDICE D comentários sobre os roteiros turísticos alternativos sugeridos no Plano de Manejo Espeleológico da Caverna do Diabo: (1) Salão Erectus e (2) Galeria do Rio.	237
APÊNDICE E análise da Trilha da Cachoeira do Araçá. Parque Estadual da Caverna do Diabo, SP	240
APÊNDICE F análise da trilha do Mirante do Governador. Parque Estadual da Caverna do Diabo, SP	243
APÊNDICE G mapa do Trecho Turístico e Salão Erectus da Caverna do Diabo	246
anexos	248
ANEXO A código de mínimo impacto para espeleologia	248
ANEXO B diretrizes da IUCN para proteção de cavernas e do carste	251

lista de siglas

ACKMA - Australasian Cave and Karst Management Association Inc.
AIA - Análise de Impacto Ambiental
Amamel - Associação dos Monitores Ambiental de Eldorado
APA - Área de Proteção Ambiental
BCRA - British Cave Research Association
CAP - Clube Alpino Paulista
CECAV - Centro Nacional de Estudo, Conservação de Cavernas
CEU - Centro Excursionista Universitário
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
COTEC - Comissão Técnico Científica do Instituto Florestal de São Paulo
FAUUSP - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IUCN – International Union for Conservation of Nature
IGc - Instituto de Geociências da USP
IGC - Instituto Geográfico e Cartográfico
PECD - Parque Estadual Caverna do Diabo
PEI - Parque Estadual Intervales
PETAR - Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira
PME - Plano de Manejo Espeleológico
PROCAD - Projeto Caverna do Diabo
SBE - Sociedade Brasileira de Espeleologia
SEE - Sociedade Excursionista Espeleológica
SMA - Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo
SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SUDELPA - Superintendência de Desenvolvimento do Litoral Paulista
UC – Unidade de Conservação
UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e a Cultura
USP - Universidade de São Paulo
WASG - Western Australian Speleological Group
WWF – Worldwide Fund for Nature

Todo artista constrói o chão para os próximos passos

Flavio Motta

A ciência é uma aventura

Arthur Palmer

SILVERIO, M. O. **Atuação da arquitetura no uso público de cavernas. Conceitos, métodos e estratégias para ocupação. Caverna do Diabo, SP.** 2014. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

As cavernas são ambientes frágeis nos quais a escala de tempo excede em muito a nossa existência e preservam significativos vestígios da história da Terra e da nossa história. A importância cultural, ambiental e científica das cavernas as tornam espaços singulares para a educação ambiental, pesquisa e recreação. Porém o aumento do uso público sem planejamento tem causado impactos negativos à este ambiente único, que, quando destruído, perde-se para sempre. Nesta perspectiva, baseado na pesquisa em projeto de arquitetura e tendo como estudo de caso da Caverna do Diabo, este estudo propõe uma metodologia para avaliação, planejamento e projeto para atuação da arquitetura no uso público de cavernas segundo as boas práticas atuais de conservação e de vivência do espaço. Apresenta uma proposta metodológica de planejamento baseada na análise espacial de mapas de potencialidades e de restrições para a definição dos usos e do zoneamento ambiental com propósitos de conservação. No sétimo capítulo é apresentado um projeto para a Caverna do Diabo com a aplicação da estratégia proposta e um sistema construtivo modular baseado no uso de peças produzidas com compósito polimérico reforçado com fibra de vidro. Nas cavernas o tempo geológico, diferente do humano, e a ausência de luz, dominam o ambiente. Se a arquitetura é tempo e luz, resta à esta o percurso. Organizar o espaço, condução sutil, à fim de despertar as sensações do lugar. O desenho, então, é determinístico, o risco no chão. O caminhar, observar, estar, sentir.

Palavras-chave: Pesquisa em projeto de arquitetura, Uso público de cavernas, Caverna do Diabo, Cavernas, Espeleologia

SILVERIO, M. O. **Architecture acting in the public use of caves. Concepts, methods and strategies for occupancy. Caverna do Diabo, SP.** 2014. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

The caves are fragile environments in which the time scale exceeds largely our existence and preserve significant traces of Earth's history and our own history. The cultural, environmental and scientific importance of caves make them unique spaces for environmental education, research and recreation. However, increased public use without planning has caused negative impacts to this unique environment, which when destroyed is lost forever. In this perspective, based on research in architectural design and having *Caverna do Diabo* as a case study, this research proposes an evaluation methodology, a planning and an architecture project action to the public use of caves under the current good conservation practices and environment experience. This research proposes a methodological planning based on spatial analysis maps of potentiality and restrictions to the definition of access and environmental zoning for purposes of conservation. In the penultimate chapter is presented a project to the *Caverna do Diabo* with the implementation of the proposed strategy and a modular construction system based on the use of manufactured parts with polymeric composite reinforced with glass fiber. In the caves, geological time, different of humans, and the absence of light, dominate the environment. If architecture is time and light, remains to this the route. The purpose of the research is to organize the space, subtle leading, in order to awaken the place sensations. The drawing is then deterministic, the mark on the ground. Walk, observe, be, feel.

Keywords: Research in architectural design, public use of caves, *Caverna do Diabo*, Caves, Speleology

introdução

Era preciso vencer o medo; e o grande medo, meu maior medo na viagem, eu vencera ali, naquele mesmo instante, em meio à desordem dos elementos e à bagunça daquela situação. Era o medo de nunca partir. Sem dúvida, este foi o maior risco que corri: não partir.

Amyr Klink. Cem dias entre céu e mar, 1987.

apresentação

A história do homem não pode ser contada sem referir-se às cavernas. Expressão mais rudimentar do significado da arquitetura, as cavernas foram o primeiro abrigo do homem, locais simbólicos que desde a pré-história estimulam a curiosidade e atraem visitantes em busca de abrigo, aventura, mistério e beleza. Ninguém é capaz de ficar indiferente diante de uma caverna.

As cavernas caracterizam-se pela ausência permanente de luz, pelos depósitos cristalinos formados em seu interior, chamados de espeleotemas, como as estalactites e as estalagmites, e pela fragilidade de seu ecossistema. As cavernas tiveram um papel fundamental na história do homem e ainda hoje os registros que permanecem preservados em seu interior nos ajudam a compreender o nosso passado. (FORD & WILLIAMS, 1989; WHITE & CULVER, 2005, ROMERO, 2006; VENI, 2011)

Atualmente o uso de cavernas para recreação, exploração e pesquisa científica é importante para o seu conhecimento e conservação. Porém a falta de planejamento tem causado danos à este ambiente (BOGGIANI, 2007).

Neste contexto, a presente pesquisa propõe o desenvolvimento de uma base conceitual e metodológica para subsidiar estratégias para atuação da arquitetura no uso público de cavernas. Baseado na pesquisa em projeto de arquitetura e tendo como estudo de caso da Caverna do Diabo.

A escolha da Caverna do Diabo como laboratório da pesquisa se justifica por ser uma das mais conhecidas cavernas do Brasil, de beleza e importância reconhecidas mundialmente. A única caverna paulista com infraestrutura para turismo de larga escala, com iluminação elétrica fixa, escadarias e passarelas. E que também apresenta potencial para receber outros tipos de uso público.

A Caverna do Diabo chegou a receber mais de oitenta mil visitas ao ano na década de 1970 e atualmente recebe cerca de vinte e sete mil visitas anuais. Localizada no Vale do Ribeira de Iguape na região sul do Estado de São Paulo, uma das principais regiões cársticas do Brasil e um geossítio espeleológico que abriga a maior concentração de cavernas do Estado com mais de 600 cavernas descobertas e um complexo histórico social, cultural e ambiental. A região é o maior remanescente de mata atlântica do país e foi declarada Patrimônio Natural da Humanidade em 1999. (VALLE, 2001; SANTOS & TATTO, 2008)

objeto e objetivos

O objeto de pesquisa é a atuação da arquitetura no uso público de cavernas.

O objetivo principal deste trabalho é o de estabelecer uma base conceitual e metodológica para subsidiar a proposição de estratégias e diretrizes para a atuação da arquitetura no uso público de cavernas.

estrutura da pesquisa

A pesquisa organiza-se em três eixos estruturais: conceitos, métodos e estratégias. Os conceitos são apresentados nos três primeiros capítulos, onde procura-se compreender as cavernas e suas relações. No quarto capítulo apresenta-se o processo de pesquisa em projeto de arquitetura. O eixo metodológico é tratado no quinto capítulo, onde são analisadas as metodologias e o processo de planejamento do uso público de cavernas, e no sexto é apresentada uma proposta metodológica de planejamento baseada na análise espacial de mapas de potencialidades e de restrições para a definição dos usos e do zoneamento ambiental com propósitos de conservação. No sétimo capítulo é apresentada a estratégia de atuação da arquitetura baseada em um projeto de uso público para a Caverna do Diabo com a aplicação da metodologia proposta. No oitavo e último capítulo são apresentadas as considerações finais.

Fig.1 Pesquisa em projeto de arquitetura

procedimentos metodológicos

Esta pesquisa parte do princípio do projeto de arquitetura (fig.1) como produção de conhecimento, como uma tese, o “projeto como pesquisa em projeto”, tal qual definido por Katinsky (2001). O processo de pesquisa na área de arquitetura é investigativo e requer a proposição de estratégias de problematização para se encontrar a solução de uma questão que, geralmente, ainda não está clara no início. Nesta investigação formulam-se hipóteses e selecionam-se as mais adequadas à questão em vista, num processo de aproximação sucessiva. Para Foqué (2011)

O processo heurístico de investigação artística, baseado na observação, reflexão, experimentação e expressão, formulando questões e testando hipóteses durante o processo com objetivo de mudar a realidade com espírito crítico e criativo por meio de sondagens e intervenções e de posterior questionamento da validade destas intervenções.

Este processo difere, por exemplo, da pesquisa em ciências naturais por não ser uma resposta única à uma questão e não poder ser reproduzida, mas pode ser justificada segundo os critérios considerados pelo pesquisador para embasar a pesquisa, para Lima *et al.* (2011)

Embora as ciências tenham priorizado o raciocínio lógico e reduzido a importância da experiência prática, na arquitetura, e nas artes em geral, a experiência é fundamental para a construção de conhecimento

Foqué (2011) afirma que a validação dos resultados se dá por reconhecimento dos processos relativos à investigação, baseada em um modelo de consenso profissional, tornando os dados subjetivos como verdade, tal qual as comprovações científicas.

estudo de caso

A Caverna do Diabo é uma das mais conhecidas cavernas do Brasil e única caverna paulista com infraestrutura para turismo de larga escala, com iluminação elétrica fixa, escadarias e passarelas. Também é alvo de pesquisas científicas e atividades técnicas e apresenta potencial para

receber outros tipos de uso público. Localizada no Vale do Ribeira de Iguape na região sul do Estado de São Paulo, que é uma das principais regiões cársticas do Brasil, e apresenta um complexo histórico social, cultural e ambiental.

Devido às suas características e baseado na pesquisa em projeto de arquitetura a Caverna do Diabo foi selecionada como estudo de caso.

definição do escopo

À partir da definição do tema do estudo “atuação técnica da arquitetura no uso público de cavernas”, e segundo a metodologia de pesquisa, adotou-se o critério de escolha de termos significativos para o estudo, partindo do tema central para o geral, resultando em um planejamento de temas relacionados ao objetivo da pesquisa e na definição de sua estrutura.

A interface de comunicação da pesquisa entre áreas distintas obrigou a uma consulta à diversas fontes sobre os assuntos abrangidos pelo estudo: cavernas, uso público, manejo de áreas cársticas, conservação, materiais, técnicas construtivas, processos de projeto, entre outros.

definição dos estudos necessários

A segunda etapa consistiu na pesquisa de material relacionado aos temas selecionados no planejamento inicial e na definição o alcance do estudo. Resultando em uma grande quantidade de fontes as quais foram organizadas segundo os eixos estruturais da pesquisa e em virtude dos objetivos da pesquisa e dos recursos disponíveis.

Durante pesquisa foram realizadas saídas à campo para a Caverna do Diabo como complemento ao conhecimento já acumulado sobre a caverna e a região. Outras cavernas e parques visitados em Estados brasileiros (Bahia, Goiás, Minas Gerais, Pará, Paraná, Rio de Janeiro, São Paulo e Tocantins) e na Austrália foram úteis como repertório e referência de pesquisa.

abrangência

Por ser um tema potencialmente multidisciplinar, ao menos da arquitetura e da espeleologia, julgou-se necessário introduzir alguns assuntos na pesquisa que podem ser úteis para situar o estudo à quem tiver interesse de consultá-lo,

Umberto Eco (2009, p.115) lembra que

... uma tese é um trabalho que, por razões ocasionais, se dirige ao examinador, mas presume que possa ser lida e consultada, de fato, por muitos outros, mesmo estudiosos não versados diretamente naquela disciplina

E na esperança de que o trabalho contribua para a discussão sobre o planejamento do uso público de cavernas, citamos Eco (2009, p.173)

fazer uma tese significa divertir-se, e a tese é como porco: nada se desperdiça.

capítulo 1

1. cavernas e paisagens cársticas

De repente a estrada se destaca em escarpa sobre um barranco de várias centenas de metros de profundidade. São as gargantas do Betari! Picos, encostas de calcário aparecem revestidos de uma densa camada de floresta virgem.

Michel Le Bret. Maravilhoso Brasil Subterrâneo, 1975

1.1 cavernas

O termo caverna é comumente associado à vazios naturais, usualmente em rochas e grandes o bastante para admitir a presença humana (FORD & WILLIAMS, 1989; KLIMCHOUK, 2004; PALMER, 2007). Caracteriza-se pela ausência de luz e tendência à estabilidade ambiental, com pequenas variações de temperatura e elevada umidade do ar, relativa escassez trófica e dependência do meio externo para o aporte de nutrientes.

Cavernas são janelas pelas quais podemos acessar e estudar o mundo subterrâneo (KARMANN, 1994), o qual inclui vazios de dimensões variadas, preenchidos por ar ou água e habitados por espécies as quais interagem e circulam livremente por estes espaços (TRAJANO & BICHUETTE, 2006), aqueles que não estão conectados à superfície por entradas e os que não estão acessíveis ao homem, porém interconectados em um **sistema cárstico** (LINO & ALLIEVI, 1980; LINO, 1989; KLIMCHOUK, 2004; TRAJANO & BICHUETTE, 2006) ou **sistema espeleológico** (SANCHEZ, 1992).

Cavernas não são elementos isolados da paisagem, e “toda paisagem é sempre uma herança” (AB'SABER, 2003), com seus processos naturais e sua dimensão cultural. Ligadas ao lugar e ao território, as cavernas têm um papel fundamental na história e formação das sociedades humanas (WHITE & CULVER, 2005).

A caverna então pode ser definida como, “uma cavidade natural subterrânea acessível ao homem, formada por processos naturais, independentemente do tipo de rocha, com ou sem entrada identificada, seca, total ou parcialmente preenchida por água, com ou sem zona afótica, incluídos a rocha encaixante, seu ambiente, seu conteúdo mineral, arqueológico, paleontológico e cultural, as comunidades animais e vegetais ali existentes e sua área de influência¹” (atualizado de LINO, 1989; Decreto Federal nº 347/2004, Art. 2º, I, Decreto Federal nº 6.640/2008).

Os qualificativos utilizados para as cavernas variam para cada região: gruta, gruna, grunha, toca, lapa, loca, buraco, furna, abismo e abrigo. Sendo que os mais comuns são utilizados conforme definido pela CCEPE (SBE, 1997) a partir de Lino (1989), simplificada, como sendo gruta as cavernas com desenvolvimento predominantemente horizontal e abismo as cavernas com desenvolvimento predominantemente vertical. Sendo que o termo caverna define qualquer uma delas, independentemente de seu padrão de desenvolvimento.

¹ Área de influência, definida pela Resolução No 347/2004 (CONAMA, 2004) IV - área de influência sobre o patrimônio espeleológico: área que compreende os elementos bióticos e abióticos, superficiais e subterrâneos, necessários à manutenção do equilíbrio ecológico e da integridade física do ambiente cavernícola;

1.2 carste

A caverna é o componente subterrâneo de uma paisagem conhecida como **carste** (LINO & ALLIEVI, 1980; HAMILTON-SMITH, 1991). **Carste** é o termo utilizado para descrever um tipo de paisagem caracterizado por hidrologia e formas de relevo decorrentes de processos geoquímicos e hidrológicos, desenvolvido em rochas solúveis pela ação da água ácida (FORD & WILLIAMS, 1989). A água é o principal agente ativo modelador do relevo, especialmente os carbonatos de origem sedimentar (CARVALHO JUNIOR et al, 2008), como o calcário e o mármore.

Fig 2. Carste coberto com densa vegetação do Vale do Betari em Iporanga, SP. Silverio, 1995

Fig 3. Dolina em quartzito devido à carbonato subjacente. Buraco das Araras, Formosa, GO. Silverio, 2013

Fig 4. Lapiás, formas de dissolução superficial. São Desidério, BA. Silverio, 2013.

Fig 5. Morrote com vertentes tomadas de formas de dissolução. Formosa, GO. Silverio, 2013.

O termo **carste** é originário da palavra alemã **karst**, a qual corresponde à palavra pré-indo-européia **krs**, cujo significado é *terreno rochoso*, sendo as palavras karra/gara significando rocha (WILLIAMS, 2008). Utilizado a partir de 1840 para designar uma região situada a nordeste da Itália e noroeste da Eslovênia onde foi inicialmente cientificamente estudada (PILÓ, 1998, p.42;

WILLIAMS, 2008), conhecida atualmente como carste clássico. Em seguida foi utilizado como um termo genérico para uma tipologia de terreno.

O carste é caracterizado por formas de relevo típicas resultantes de processos de dissolução química das rochas, transporte e deposição de material dissolvido geralmente ocasionados pelo fluxo de água meteórica e acidulada por CO_2 da atmosfera e do solo, e também pela ação de águas profundas acidificadas por H_2S . Porém também podem estar envolvidos outros processos como a erosão, e outras formas de intemperismo.

O carste corresponde à aproximadamente 25% da superfície da Terra e é uma das mais diversas e fascinantes paisagens existentes. Cerca de um quinto da população vive, afeta ou é afetada pelo carste. As maiores fontes de água e os mais importantes sítios arqueológicos e paleontológicos estão no carste (VENI *et al.*, 2001; VENI, 2011; BEYNEN, 2011).

Fig 6. formas no relevo cárstico. Silverio, 2014

O carste fornece habitat para animais únicos e é também uma paisagem muito vulnerável aos impactos ambientais (FORD & WILLIAMS, 1989), os quais são exacerbados devido às suas características de alta permeabilidade e condutibilidade hídrica e a relação existente entre rocha,

água, ar, solo e vegetação (VENI, 2011). O Carste é um único e não renovável recurso com significativos valores, biológicos, hidrológicos, mineralógicos, científicos, culturais, recreacionais e econômicos (British Columbia, 2003).

1.2.1 formas superficiais do relevo

Na camada exposta da rocha desenvolvem-se formas superficiais do relevo ou exocarste (figs. 2 a 5) que podem ser divididas em: positivas - as residuais resultantes do processo de dissolução da rocha e transporte da solução - como lapiás (caneluras de dissolução), torres e mogotes e as deposições de sedimentos como as tufas, e as negativas, como as dolinas - depressões fechadas (CARVALHO JUNIOR *et al.*, 2008, p.185-213). As dolinas são formas distintivas do carste e consideradas diagnósticas desta paisagem (SAURO, 2005, p. 108), as quais, geralmente, estão associadas à sistemas de cavernas.

1.2.2 formas subsuperficiais do relevo

A porção mais rasa, ou zona subcutânea, do terreno, é constituída pela porção superior da rocha subjacente coberta por material inconsolidado, local de contato entre o solo e a rocha, no qual se acumulam materiais orgânicos e zona de infiltração de água, no qual podem ocorrer interações da rocha com água, raízes, clima e fauna, potencializando o processo de dissolução é chamada de epicarste (fig. 6).

Geralmente apresenta grande porosidade e permeabilidade contendo uma rede de fissuras alargadas por processos cársticos, juntas e formas de dissolução configurando um complexo relevo. A existência de aquíferos rasos no epicarste é uma das explicações para a existência do gotejamento dos espeleotemas em cavernas mesmo em épocas secas e para o processo de dissolução das rochas devido à reserva de CO₂ devido aos processos orgânicos. Uma fauna especializada vive no epicarste e parte dela pode ser encontrada em gotejamentos nas cavernas (WILLIAMS, 1985; FORD & WILLIAMS, 1989; PALMER, 1991; BAKALOWICS, 2005)

1.2.3 formas subterrâneas do relevo

No interior do maciço rochoso desenvolvem-se formas subterrâneas ou endocarste onde destacam-se as cavernas (CARVALHO JUNIOR *et al.*, 2008, p.193). São comuns nestas paisagens a presença de sumidouros, torres, dolinas (depressões), ressurgências (ou nascentes cársticas) e

cavernas (VENI et al, 2001) e as formas decorrentes de deposição sedimentar, especialmente as químicas como os espeleotemas.

A paisagem cárstica é a expressão de processos naturais que ocorrem ao longo do tempo neste ambiente. Em certos casos, podem ocorrer cavernas sem a existência de formas superficiais características do carste. Ou por terem sofrido intemperismo, sendo as cavernas os testemunhos de eventos pretéritos, ou por estarem recobertos por rochas insolúveis e as cavernas terem sido formadas por processos hipogênicos², ou coberturas de solo, entre outras possibilidades.

1.2.4 feições cársticas em rochas não carbonáticas

Feições de relevo em rochas não carbonáticas, como arenito, quartzito, granito e formações ferríferas, entre outras, podem ter alguma contribuição de dissolução sob condições favoráveis e caracterizar uma paisagem cárstica, mas, em geral, também estão associadas a outros processos de formação e desenvolvimento. Formas de relevo semelhantes ao carste (fig. 7) produzidas por processos outros que não a dissolução e colapso são conhecidas como pseudo-carste (FORD & WILLIAMS, 1989), um termo ainda não totalmente aceito pela sua imprecisão mas bastante difundido para o relevo com formas similares ao carste em rochas consideradas insolúveis, as quais não podem ser dissolvidas por água ácida, restando pouco resíduo sólido (KARMANN, 2009), e transportadas em solução (GILLIESON, 1996, p.2-3).

Fig. 7 Formas residuais nos arenitos do Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, PR. Silverio, 2011

1.3 formação das cavernas

As cavernas podem ser formadas em litologias diversas, tais como rochas carbonáticas (calcários e dolomitos), detríticas (arenitos e quartzitos), graníticas, lateríticas entre outras. E por processos espeleogenéticos distintos como dissolução da rocha, erosão mecânica, atividade vulcânica, degelo, tectônica, acumulação de blocos rochosos entre outros (PALMER, 2007, p.1).

² Cavernas formadas por águas profundas em fluxo ascendente, muitas vezes associadas à ácido sulfúrico. O conhecimento sobre cavernas hipogênicas tem se ampliado nos últimos anos. No Brasil há evidências, entre outras, na Toca da Boa Vista e Toca da Barriguda no norte Baiano.

Nos carbonatos como calcários, mármore e dolomitos, rochas sedimentares nas quais estão inseridas a maioria das cavernas conhecidas e as mais extensas e ornamentadas (LINO, 1989 p. 54), a água acidulada, meteórica (epigênica) ou proveniente de águas profundas (hipogênica), é o principal agente modelador do relevo cárstico, dissolvendo a rocha, percorrendo e alargando suas fraturas e transportando os compostos dissolvidos que posteriormente podem ser depositados na forma de espeleotemas (fig. 8 e 9).

As rochas carbonáticas do Vale do Ribeira em São Paulo formaram-se há cerca de 600 milhões de anos à partir da deposição de sedimentos carbonáticos em ambientes marinhos. Após a deposição os sedimentos sofreram transformações decorrentes das condições do ambiente, pressão, temperatura, pH, processo conhecido como diagênese, transformando-os em rocha (TEIXEIRA, 2000, p.287-193). Há milhões de anos a água, percolando pelas fraturas da rocha, iniciou o processo de desenvolvimento de cavernas no Vale do Ribeira³.⁴

Submetida à pressão e temperatura a rocha foi dobrada e fraturada e com o soerguimento da crosta as rochas foram expostas e começaram a sofrer intemperismo⁵, modelando vales e montanhas, dando forma ao relevo.

A grande maioria das cavernas forma-se na zona freática (FORD & WILLIAMS, 1989), na qual os espaços vazios da rocha estão totalmente preenchidos pela água. No início constituem-se de pequenos canais, com milímetros de diâmetro e que lentamente vão se alargando pelo processo de corrosão e transporte. As cavernas tendem a seguir as fraquezas da rocha, como fraturas e planos de acamamento. As cavernas também podem se desenvolver segundo níveis da rocha que contenham minerais favoráveis à dissolução do carbonato, como é o caso da pirita que reagindo com o oxigênio contido na água produz ácido sulfúrico (AULER, RUBBIOLI, BRANDI, 2003, p.31).

³ O processo é semelhante em várias partes do mundo. Há locais com formações mais recentes, de milhares de anos, como na costa oeste da Austrália.

⁴ Segundo Karmann, 1994, a Caverna de Santana no Vale do Rio Betari em Iporanga iniciou seu desenvolvimento há aproximadamente 2 milhões de anos

⁵ Intemperismo é o conjunto de modificações de ordem física (desagregação) e química (decomposição) que as rochas sofrem ao aflorar na superfície da Terra. (TEIXEIRA, 2000, p.140)

Fig 8. Sistema hidrogeológico em regiões cársticas. Marcos Silverio, 2013

Fig. 9 Corte esquemático de uma caverna. Marcos Silverio, 2013

Processos geológicos causam o soerguimento da crosta, tornando as cavernas mais rasas em relação à superfície. Neste estágio a água pode abandonar parte do conduto, tornando o processo em parte dissolução e parte erosão na zona conhecida como vadosa, como em um rio de superfície. A água também pode abandoná-lo totalmente, cessando o processo de crescimento do conduto e causando o seu desabamento pela perda do suporte mecânico da água (ZOGBI & AULER, 2005, p.16-19), ou seu preenchimento por sedimentos químicos como os espeleotemas.

O processo de dissolução do carbonato pode ser sintetizado pela equação:

Porém nem toda rocha carbonática pode desenvolver cavernas. É preciso um conjunto de condições, tais quais:

- a. rocha solúvel
- b. solvente $\rightarrow$ água + ácido
- c. desníveis $\rightarrow$ para movimentar o solvente (gerado pelo soerguimento da crosta por movimentos tectônicos)
- d. presença de porosidade secundária (fratura) e terciária (condutos), pelas quais a água circulará alargando-as

Os processos que atuam em regiões cársticas são dinâmicos. Depósitos de sedimentos podem entupir completamente as cavidades após sua abertura, sendo removidos mais tarde e reiniciando o processo de desenvolvimento das cavernas. A dissolução pode dar lugar à erosão, originando outras formas de condutos. Rios que abandonaram condutos há tempos podem voltar a percorrer seu antigo caminho. Desmoronamentos podem causar a ampliação de espaços⁶, num processo contínuo em que o ato final é o arrasamento de toda massa rochosa. Muitas vezes também as cavernas são testemunhos de um relevo superficial que não existe mais.

⁶ O desmoronamento no interior das cavernas é também chamado de incasão. Em princípio o processo causa uma diminuição do espaço, já que os blocos caídos ocupam um espaço maior do que ocupavam antes de se desprenderem das paredes e tetos. Porém, com a dissolução ou erosão dos blocos e posterior transporte do material restam os espaços ampliados.

1.4 espeleotemas

Os depósitos sedimentares químicos formados no interior das cavernas recebem o nome de espeleotema (do grego *spelaion* caverna e *thema* depósito). Os espeleotemas como estalactites, estalagmites, entre outros, são os principais atrativos na maioria das cavernas turísticas no mundo devido ao seu apelo estético (FORD & WILLIAMS, 1989, p. 281).

Os diferentes tipos de circulação de água, local de deposição, minerais associados entre outras condicionantes originam formas distintas de espeleotemas (fig. 10). Os mais comuns são formados pela deposição de carbonato de cálcio na forma de calcita (CaCO_3), sendo o inverso da reação de dissolução da rocha pela água ácida. No momento em que a água abandona o conduto, mesmo parcialmente, e há presença de ar, a água saturada em bicarbonato de cálcio dissolvido se instabiliza liberando CO_2 na atmosfera da caverna e depositando uma pequena quantidade de carbonato de cálcio, iniciando um espeleotema.

Fig. 10 Espeleotemas na Crystal Cave, Australia. Silverio, 2012.

Fig. 11 Pérolas de caverna no piso da Gruta do Janelão. Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, MG. Silverio, 2003

Fig. 12 Salão Erectus, Caverna do Diabo, SP. Silverio, 2014

Fig, 13 Flor de Aragonita no Salão Taqueupa, Caverna de Santana, SP. Silverio, 2007.

Fig, 14 Helictites no Salão Taqueupa, Caverna de Santana, SP. Silverio, 2007.

Os diferentes tipos de circulação de água originam formas distintas de espeleotemas. Gotejamento dá origem à estalactites e estalagmites e a junção dos dois à uma coluna. Gotas que escorrem por planos inclinados originam as chamadas cortinas. Quando a água saturada circula pelo piso dá origem às represas de travertinos, barragens que podem atingir dezenas de metros de altura, e em seu interior podem-se formar cristais. Formas “erráticas” podem se formar a partir de água exsudação (espécie de suor da rocha) como helictites e agulhas, ignorando a gravidade⁷ (fig. 11 a 14).

1.5 ecossistema cavernícola

O ambiente da caverna, também chamado de ambiente hipógeo, é caracterizado pela ausência⁸ permanente de luz e tendência à estabilidade ambiental. Romero (2006, p.159) afirma que não é um sistema fechado, e que muitas criaturas circulam entre o ambiente externo, epígeo, e o hipógeo. Há um fluxo constante de elementos como ar, água e outros compostos químicos e acrescenta que “para compreender o ambiente das cavernas é preciso estudá-las a partir de um ponto de vista ecológico e observá-las de uma forma holística, incluindo os ecossistemas externos com os quais interagem” (ROMERO, 2006, p.159).

A ausência de luz impede a existência dos organismos fotossintetizantes, a base da pirâmide alimentar no meio epígeo. Embora existam bactérias quimiossintetizantes grande parte dos organismos depende do aporte de nutrientes do meio externo (TRAJANO & BICHUETTE,

⁷ Sobre espeleotemas ver *Cave minerals of the world*, de Hill e Forti, 1997.

⁸ Cavernas com zona afótica

2006, p.21). As principais fontes de energia para o meio hipógeo são: i) matérias orgânicas carreadas por rios e enxurradas que penetram nas cavernas; ii) organismos e matéria orgânica que alcançam as cavernas por meio de gotejamentos vindos do epicarste; iii) animais que saem regularmente da caverna, como os morcegos, alimentando-se fora e depositando suas fezes no interior das cavernas; iv) raízes que penetram nas cavernas; v) esporos, pólen e organismos que alcançam as cavernas carregados por correntes de ar entre outros (TRAJANO & BICHUETTE, 2006, p.22-23). Desta forma as alterações no meio externo podem impactar significativamente o ecossistema cavernícola.

As cavernas podem ser divididas em zonas de acordo com sua localização em relação ao meio externo, estas zonas nem sempre estão presentes em todas as cavernas:

- zona de entrada - região de contato entre o meio epígeo (externo) e hipógeo (interno). Geralmente apresenta maior diversidade biológica.
- zona de penumbra - região com incidência de luz indireta, difusa. Há uma redução progressiva de organismos verdes que vão desaparecendo à medida que a luz diminui para o interior da caverna.
- zona afótica - ausência total e permanente de luz.

Devido as características ambientais da caverna a fauna cavernícola é geralmente composta por comunidades adaptadas, com dieta generalista, baixo metabolismo e capacidade de se orientar no escuro, com desenvolvimento ou aumento da sensibilidade química, mecânica ou eletromagnética (fig 15 e 16). Muitas destas espécies apresentam características adaptadas ao ambiente, como ausência de olhos e despigmentação, chamadas de troglomorfismo (WHITE & CULVER, 2005, p.83). Os organismos que dependem das cavernas para, pelo menos, algum estágio de seu ciclo de vida podem ser agrupados em três categorias:

Fig 15. Morcegos. Caverna da Explosão. Xambioá, TO. Silverio, 2012

- troglótenos - passam parte da vida em cavernas mas necessitam retornar ao meio epígeo para completar seu ciclo de vida. Por exemplo os morcegos, guaxicas e lontras.
- troglófilos - podem viver dentro ou fora das cavernas. Por exemplo besouros e grilos.
- troglófilos - são restritos aos ambientes subterrâneos, não sendo encontrados no meio externo. Geralmente apresentam modificações que os tornam mais adaptados ao ambiente, redução ou ausência de olhos, despigmentação e aumento de estruturas sensoriais. Por exemplo grupos de aranhas, pseudoescorpiões, besouros, peixes e crustáceos.

Fig. 16 Amblipégio. Gruta dos Brejões, BA. Silverio, 2002

Segundo Romero (2006, p.162) A diversidade de espécies é inversamente proporcional à latitude. Em regiões tropicais há mais variedade de espécies e número de indivíduos do que em regiões temperadas. A compreensão dos processos de colonização dos espaços da caverna pela fauna e suas interações com o ambiente são fundamentais para o planejamento do uso público.

1.6 registros do passado

Muitas cavernas brasileiras são, também, riquíssimas em material fóssil pertencente à fauna já extinta. Muito do que se conhece sobre mamíferos do período Pleistoceno (1,6 milhão de anos até 10 mil anos atrás) provém de estudos em cavernas. Na caverna, ossos de animais permanecem protegidos da ação das chuvas, sol, ventos e outros animais (AULER & ZOGBI, 2005, p.33).

Crânios humanos com características negróides encontrados por Peter Wilhelm Lund nas cavernas de Lagoa Santa em Minas Gerais na metade do Século XIX, foram estudados em 1988 pelo arqueólogo Walter Neves e forneceram informações para a teoria da primeira migração para as Américas, há cerca de 14 mil anos e reforçam a teoria de que o homem conviveu com a megafauna extinta. Em 2002 um fragmento de costela de uma preguiça terrícola gigante da espécie *Catonyx cuvieri*, encontrada na região de Lagoa Santa, foi datada por Neves em cerca de 10.000, demonstrando que estes animais ainda não haviam desaparecido quando o homem já caminhava pela região (PIVETTA, 2012).

Como Luzia⁹, esqueleto humano mais antigo já encontrado nas Américas, descoberto na região de Lagoa Santa, na década de 1970, com datação de 13.500 AP, e Luzio, o mais antigo paulista com idade de 10.000 AP (PIVETTA, 2012, p.239). Luzio, um cacador-coletor que ganhou o nome em alusão à Luzia, é conhecido como o Homem de Capelinha e foi encontrado em um sambaqui fluvial na atual cidade de Cajati no Vale do Ribeira de Iguape (PIVETTA, 2005; PIVETTA, 2012). Os sambaquis paulistas foram primeiramente estudados por Ricardo Krone, em 1908, nos quais foram encontrados materiais líticos, como pontas de flecha e cerâmicos (COLLET, 2001).

Informações paleoambientais permanecem registradas à espera de interpretação pelos cientistas (BOGGIANI, 2007). Análise de registros paleoclimáticos de espeleotemas têm revelado informações sobre o comportamento do clima passado e permitem compreender as mudanças climáticas do planeta e suas consequências.

*

Francisco William da Cruz Jr, pesquisador do Instituto de Geociências da USP, realizou a datação de uma estalagmite, coletada em 2008 na Caverna do Diabo (fig. 17), em 600 mil anos “É a mais antiga do gênero encontrada na América Latina e um dos melhores registros climáticos já datados na região”. Segundo Cruz, a idade identificada é o limite do método utilizado e a estalagmite pode ser ainda mais antiga¹⁰. Os estudos realizados na Caverna do Diabo permitiram identificar os registros climáticos nos últimos 600 mil anos, relacionando as informações coletadas aos períodos secos e úmidos e estes às variações climáticas e seus efeitos sobre a fauna e a flora da região. As informações também foram cruzadas com informações de cavernas da China e trouxeram novos dados sobre o clima mundial (FIORAVANTI, 2005; FIORAVANTI, 2009).

Fig. 17 Fragmento da estalagmite coletada em 2008 na Caverna do Diabo, datada em 600 mil anos. *Revista Fapesp*, 211, 3.

⁹ Luzia é uma alusão à Lucy, um fóssil de *Australopithecus afarensis* de 3,2 milhões de anos encontrado na Etiópia. O nome é referência à música *Lucy in the sky with diamonds*, dos Beatles, que os pesquisadores ouviam no acampamento.

¹⁰ Comunicação pessoal durante saída de campo da disciplina Geologia de Terrenos Cársticos, 2012.

1.7 onde estão as cavernas no Brasil

As principais regiões com ocorrência de cavernas do Brasil, conhecidas como províncias espeleológicas (fig. 18) (Karman & Sanchez, 1979; Auler *et al.*, 2001), estão nos estados da Bahia, Minas Gerais, Goiás, Tocantins, Pará, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Paraná. No Brasil, há 5.831 cavernas registradas no Cadastro Nacional de Cavernas da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE, 2013) e mais de 10.000 na base de dados do Centro Nacional de Estudos e Conservação de Cavernas do ICMBio (CECAV, 2013). Em relação a extensão das cavernas brasileiras há pelo menos dez com mais de 10 km mapeados, com destaque para a Toca da Boa Vista na Bahia, com 107 km (SBE, 2013) (tabela 1).

Fig. 18 Regiões cársticas carbonáticas do Brasil. Auler, Rubbioli & Brandi, 2001, p.27.

Quantidade de cavernas por estado

Estado	Qtde
Minas Gerais	1906
Goiás	712
São Paulo	677
Pará	668
Bahia	641
Paraná	302
Tocantins	293
Rio Grande do Norte	169
Mato Grosso	108
Mato Grosso do Sul	107
Santa Catarina	54
Ceará	44
Distrito Federal	42
Rio Grande do Sul	29
Piauí	27
Sergipe	23
Rio de Janeiro	23
Maranhão	8
Pernambuco	6
Alagoas	5
Paraíba	4
Espírito Santo	4
Amazonas	4
Rondônia	1

Cavernas mais longas do Brasil

	Nome	Localização	Ext. (m)
1	Toca da Boa Vista	Campo Formoso / BA	107.000
2	Toca da Barriguda	Campo Formoso / BA	33.000
3	Gruta do Padre	Santana / BA	16.400
4	Boqueirão	Feira da Mata / BA	15.170
5	Lapa do Angélica	São Domingos / GO	14.100
6	Gruna da Água Clara	Carinhanha / BA	13.880
7	Lapa São Mateus III	São Domingos / GO	10.828
8	Lapa São Vicente I	São Domingos / GO	10.130
9	Tarimba	Buritópolis / GO	10.040
10	Lapa Doce II	Iraquara / BA	9.700
	<i>Mammoth Cave*</i>	<i>Kentucky / EUA</i>	<i>580.000</i>

Cavernas mais longas do estado de São Paulo

	Nome	Localização	Ext.(m)
1	Caverna de Santana	Iporanga	8.540
2	Caverna do Diabo**	Eldorado	6.500
3	Areado Grande III	Apiáí	6.400
4	Gruta das Areias de Cima	Iporanga	5.565
5	Gruta dos Paiva	Iporanga	3.692
6	Gruta da Água Suja	Iporanga	2.980
7	Gruta da Pescaria	Apiáí	2.780
8	Gruta da Cabana	Apiáí	2.554
9	Gruta das Pérolas	Iporanga	2.454
10	Caverna do Agenor	Iporanga	2.241

Tabela 1. Fonte de dados Cadastro Nacional de Cavernas / SBE, acessado em 11.11.2013 * A maior caverna do mundo. BRUCKER, Roger W. Mammoth Cave System in Culver & White, 2005, p.351. ** Computada a Rede Gava

1.8 proteção das cavernas

O Brasil dispõe de uma ampla legislação ambiental de proteção às cavernas, em virtude de sua importância científica, cultural e ambiental. A mais significativa delas é a Constituição de 1988, que, no Art.20, declara as cavidades naturais como bens da União.

Em virtude da pressão de setores minerários e de energia, principalmente, a legislação de proteção às cavernas é modificada em 2004 pela Resolução CONAMA Nº 347¹¹, que altera o Decreto nº 99.556/1990, e inclui a possibilidade de “licenciamento ambiental das atividades que afetem ou possam afetar o patrimônio espeleológico ou a sua área de influência” e cria o conceito de “cavidade natural subterrânea relevante” (CONAMA, 2004). Conceito consolidado no Decreto 6.640/2008 e complementado pela Instrução Normativa Nº2/2009, a qual estabelece os critérios de relevância das cavernas.

A ideia central é a de que toda caverna é irrelevante, e portanto passível de impacto, inclusive a destruição total, até que se prove a sua relevância, segundo o resultado da análise de um conjunto de atributos. Os graus de relevância determinam o tipo de compensação necessária, se houver.

No entanto, mesmo antes da lei, as cavernas sofriam impactos e eram destruídas, especialmente por pequenos empreendimentos, de fiscalização mais difícil. A lei formalizou e tornou esta situação mais acessível, especialmente às grandes empresas. Após a modificação da legislação há uma “corrida” pela liberação de projetos de mineração e infraestrutura. Hoje já se discute um afrouxamento maior da legislação com objetivo de facilitar o processo de licenciamento dos empreendimentos que impactem as cavernas.

A política de proteção das cavernas segue o modelo dos santuários intocados, sendo a criação de Unidades de Conservação da Natureza ¹² a principal ação. Porém o Brasil ainda carece de uma efetiva política para a conservação das cavernas e do carste, que contemple uma legislação clara, ações de fiscalização e, sobretudo, de educação ambiental, partindo-se do princípio de que o conhecimento é o primeiro passo para a valorização e conservação.

¹¹ Resolução CONAMA nº347, de 10 de setembro de 2004

¹² Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Lei n. 9985 de 18 de julho de 2000.

capítulo 2

2. relação dos homens com as cavernas ao longo dos tempos

...depois de vagar por alguma distância entre as rochas projetadas acima, cheguei à boca de uma imensa caverna, diante da qual me quedei por algum tempo estupefato, pois ignorava a sua existência (...) e após ficar ali algum tempo, de repente despertaram dentro de mim duas emoções — medo e desejo — medo da escura e ameaçadora caverna, desejo de ver se haveria alguma coisa maravilhosa lá dentro

Leonardo da Vinci

Há pelo menos um milhão de anos as cavernas têm importância para os homens, para abrigo, suprimento de água e como locais de veneração e temor (BERNAA *et al.*, 2012). As cavernas foram importantes fontes de salitre, terra rica em nitrato utilizada para a produção de pólvora, e fosfato para fertilizante. Esconderijo de rebeldes e militares, em Cuba foram utilizados como hospital, local de treinamento e esconderijo para os rebeldes liderados por Fidel Castro. Refúgio durante guerras na Europa e no Vietnã. Hospitais para tratamento de doenças respiratórias. Escondidos em cavernas judeus sobreviveram durante o holocausto. Espaço de estocagem e produção de alimentos, especialmente os queijos azuis da França, e armazenamento de vinhos (GILLIESON, 1996, p.237-238).

As cavernas são espaços singulares e oferecem oportunidades para a educação ambiental, recreação e ciência. Com sua aventura autêntica e recheada de simbolismos, desde a pré história os homens divertem-se penetrando galerias escuridão adentro. Encontrando novas passagens e desvendando mistérios do mundo sem luz e no qual o tempo segue outro ritmo.

As primeiras visitas com propósitos não utilitários podem ser creditadas aos nossos antepassados. Pegadas de homens que apenas passeavam pela escuridão há milhares de anos estão preservadas na lama do piso das cavernas, assim como grafismos e outros vestígios encontrados nas cavernas.

Do uso utilitário ao científico Hamilton-Smith (2004, p. 1552) sugere que a relação humana com as cavernas compreende três fases principais:

(I) A primeira é marcada pelo uso extensivo de cavernas para o abrigo, habitação e fins rituais, as quais não eram temidas ou evitadas.

Grande parte das ossadas humanas mais antigas foi encontrada em cavernas. Vestígios de fogueiras, alimentos, cerâmicas, ossadas, vestimentas, ferramentas e elementos da organização espacial e social de nossos antepassados estão congelados no tempo das cavernas.

Fig.19 Gravuras rupestres no Vale do Peruaçu, MG. Silverio, 2003

Fig. 20 Vênus de Willendorf. Foto Matthias Kabel fonte wikimedia - Creative Commons

As mais espetaculares representações da civilização pré histórica estão registradas em paredes e tetos de cavernas na forma de grafismos rupestres (fig. 20), como em Altamira na Espanha (18.500 anos AP), Lascaux (17.000 AP) e Chauvet¹³ na França com (35.000 anos AP), esculturas como a Vênus de Willendorf (fig. 19), descoberta na Áustria, com idade aproximada de 24.000 anos AP (BBC, 2005), adornos e ferramentas.

Na Gorham's Cave, no Território de Gibraltar, considerado o último local habitado pelo Neandertais, foram encontrados vestígios com aproximadamente 39.000 anos AP e uma fogueira a dezenas de metros da entrada datada em cerca de 28.000 anos AP (BBC, 2011).

A água encontrada em cavernas foi crucial para a instalação de povoados primitivos (BBC, 2010) e para o desenvolvimento das sociedades.

A habilidade para controle do fogo foi crucial para a evolução do homem. Estudos em vestígios de fogueiras e alimentos e da dentição de *Homo erectus* encontrados na caverna *Wonderwerk*, na África do Sul, sugerem que há cerca de um milhão de anos o homem adotara uma dieta de alimentos cozidos, o que teria favorecido o crescimento do cérebro humano (BERNAA et al, 2012; BBC, 2011).

(II) A segunda fase marca uma evolução cultural, com o abandono das cavernas para funções utilitárias e o surgimento de lendas que retratavam as cavernas como lugares a serem temidos, como a morada de monstros, maus espíritos e seres fantásticos. Hamilton-Smith (2004, p.1552) sugere que essa transição marca o início da curiosidade sobre o mundo natural, “tornando-as explicáveis em termos de tais mitos”.

(III) A terceira fase compreende a evolução da curiosidade para a investigação. Os primórdios das ciências naturais e das pesquisas para entender racionalmente as cavernas.

¹³ Ford & Williams, 1989, p.502; Werner Herzog, Cave of Forgotten Dreams , BBC, 2010

2.1 espeleologia, a ciência das cavernas

Fig. 21 E. A. Martel em Gaping Gill, Yorkshire, Reino Unido. Gravura de Lucien Rudaux. 188?.

A partir do século XVII deuses, vilões, fadas e dragões deixam de habitar as cavernas e dão lugar ao empirismo e à interpretação das ciências naturais para a sua compreensão. Em 1664 o jesuíta germânico Athanasius Kircher (1602–1680), um polímata contemporâneo de Kepler e Newton, publica seu *Mundus Subterraneus*, construindo uma ponte entre o pensamento medieval e o empirismo das ciências com suas observações sobre a Terra (Parcell, 2009).

No século XVIII, os naturalistas dão início ao estudo científico das cavernas. Webb (2004, p.1327-1329) afirma que a curiosidade foi a primeira motivação para o avanço da ciência das cavernas, e que alguns destes cientistas desenvolveram o interesse pela exploração das cavernas. Em 1687, o esloveno Johann Weichard Valvasor (1641–

1693) publica um extenso trabalho com suas descrições, mapas e históricos das explorações de cavernas da Eslovênia, sendo um dos pioneiros na espeleologia. Foi o primeiro trabalho a considerar as cavernas como parte de um sistema cárstico (SHAW, 2004, p.1467-1469).

Adolf Schmidl (1802–1863), considerado por Martel o verdadeiro “criador da espeleologia ou o estudo científico das cavernas”, explorou cavernas na Eslovênia, Áustria e Hungria, documentando as cavernas em seus aspectos espeleométricos, meteorológicos e faunísticos, entre outras observações científicas. Seu livro *Die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina und Laas* publicado em 1854 é considerado por Martel “o real ponto de partida da espeleologia” (SHAW, 2004, p.1471).

No entanto coube ao francês Édouard Alfred Martel (1859–1938) (fig. 21) o estabelecimento e a popularização da exploração e estudo das cavernas. Com uma vasta publicação sobre uma impressionante quantidade de cavernas exploradas, mapeadas e documentadas, estimadas em mais de 1.500 em 17 países, Martel contribuiu para o desenvolvimento de técnicas e equipamentos de exploração e, mais do que escritor, explorador e pesquisador Martel foi um grande inspirador e encorajador da espeleologia em diversos países (SHAW, 2004, p.1471-1472).

Do grego *spelaion* - caverna, o estudo das cavernas é a ciência da espeleologia. O termo foi criado por Édouard Alfred Martel em 1890 (DEQUECH, 2000, p.54) e, segundo, a definição de Bernard Gèze, 1968

a espeleologia é a disciplina consagrada ao estudo das cavernas, sua gênese e evolução, do meio físico que elas representam, de seu povoamento biológico atual ou passado, bem como dos meios ou técnicas que são próprias ao seu estudo

Outro francês, Norbert Casteret (1897–1987) (fig. 22), teve fundamental importância na divulgação da exploração de cavernas, foi um entusiasmado espeleólogo, dedicou-se à exploração de mais de 2.000 cavernas, incluindo as maiores e mais desafiadoras na época. Reconhecido pela sua técnica e esportividade, destacou-se pelos relatos de notáveis explorações de cavernas (CASTERET, 1940; SHAW, 2004, p.1472-1473).

2.2 espeleologia no Brasil

A partir do século XVIII os naturalistas brasileiros e estrangeiros exploram o território nacional e registram as suas cavernas. Destacam-se dentre eles o naturalista dinamarquês Peter Wilhelm Lund e o alemão Richard Krone¹⁴.

Lund visitou o Brasil pela primeira vez entre 1825 e 1829, no entanto foi durante a sua segunda visita, iniciada em 1833, que ele conhece e se apaixona pelas cavernas e pela região de Lagoa Santa, em Minas Gerais. Em 1835, o também dinamarquês Peter Clausen, conhecido comerciante de fósseis para museus europeus e morador de Curvelo, cidade ao norte de Lagoa Santa, leva Lund e seu secretário e talentoso artista o norueguês Peter Andreas Brandt à Gruta do Maquiné, em Lagoa Santa.

A Partir deste dia Lund dedica-se à estudar as grutas da região, atividade que durou até 1844. Lund permaneceria em Lagoa Santa até a sua morte em 1880 (LINO & ALLIEVI, 1980; HOLTEN & STERLL, 2011; HOLTEN et al, 2012). Lund Publica diversos artigos científicos sobre os achados fósseis, a formação das cavernas e do salitre, sobre a origem e idade dos

Fig. 22 Selo confeccionado em 2000 na França com a imagem de Norbert Casteret. Fonte heindorffhus.motivsamler.dk/

¹⁴ Sigismund Ernst Richard Krone (1861-1917) Dresden Alemanha. Imigrou para o Brasil com 23 anos. Estabeleceu-se como farmacêutico na cidade de Iguape, São Paulo, adotando formalmente o nome abreviado de Ricardo Krone (BRANDI, 2007, p.38). Realiza estudos paleontológicos para o Museu Paulista e instituições européias, e arqueológicos, especialmente sobre os sambaquis. Organiza o primeiro cadastro de cavernas do Brasil descrevendo 41 cavernas do vale do Ribeira dentre elas a Gruta da Tapagem, SP-02. (LINO, 1989, p.37) Krone também encontrou o primeiro troglóbio (animal adaptado a viver exclusivamente em cavernas) do Brasil, o bagre-cego de Iporanga, na Caverna das Areias (TRAJANO; BICHUETTE, 2006, p.16).

sedimentos e dos fósseis. Organiza um cadastro de cavernas com cerca mil registros, o qual pode ser considerado o primeiro do Brasil.

Fig. 23 Chacal da gruta. Desenho de Peter Andreas Brandt. Prancha XIX de Olhar sobre o mundo animal do Brasil. Fonte Holten et al, 2012, p.144.

Dentre todos os seus trabalhos, caracterizados pelo rigor científico e observação em campo, talvez o mais significativo¹⁵ tenha sido a contribuição para o conhecimento das espécies extintas e sobre a história do homem, especialmente sua teoria sobre a convivência do homem com a megafauna¹⁶ extinta. Contribuindo também para a teoria da evolução das espécies de Darwin. (HOLTEN & STERLL, 2011; HOLTEN et al, 2012)

Na Gruta do Maquiné, Brandt¹⁷ inicia seus trabalhos como ilustrador científico, registra os achados de Lund na gruta e realiza o primeiro mapeamento de caverna conhecido no Brasil. Os desenhos de Brandt destacam-se pela qualidade artística e rigor científico (fig.23).

Sessenta anos depois, inspirado pelos trabalhos de Lund, Krone inicia seus trabalhos na região do Vale do Ribeira, em São Paulo. Em 1898 publica o trabalho “As Grutas Calcáreas de Iporanga” na Revista do Museu Paulista o qual despertara o interesse do diretor do Museu, Hermann von Ihering, culminando com a compra das terras pelo Governo Paulista para preservação das cavernas e de seus fósseis.

¹⁵ Para saber mais sobre Lund ver HOLTEN, Birgitte; STERLL, Michael; Peter Lund e as grutas com ossos de Lagoa Santa. Tradução Luiz Paulo Ribeiro Vaz, Belo Horizonte, Editora UFMG, 2011.

¹⁶ preguiças gigantes, tatus gigantes, gato dente de sabre

¹⁷ Para saber mais sobre Brandt ver HOLTEN, Birgitte; STERLL, Michael; FJELDSA, Jon. O artista desaparecido - P.W. Lund e P.A. Brandt no Brasil. Tradução Luiz Paulo Ribeiro Vaz, Belo Horizonte, Editora UFMG, 2012.

Krone explorou e mapeou diversas cavernas na região, foi o pioneiro na fotografia de cavernas e criou um cadastro com 41 cavernas paulistas (fig. 24). Krone dedicou-se posteriormente à pesquisa arqueológica em sambaquis com importantes contribuições sobre o conhecimento da ocupação do território paulista.

Fig 24. Gruta da Tapagem (Caverna do Diabo), SP. Foto de Ricardo Krone, 1909. Fonte Krone, 1909.

2.2.1 espeleologia organizada no Brasil

No Brasil, após o período dos estudos empreendidos pelos naturalistas, tem início a espeleologia organizada. Em 1937 estudantes da Escola de Minas fundam em Ouro Preto a Sociedade Excursionista e Espeleológica (SEE), baseada no modelo francês de organização espeleológica, o primeiro grupo de espeleologia das Américas (ZOGBI & AULER, 2005, p.14). Em 1956 o etnólogo suíço Jean-Louis Christinat realiza no Brasil estudos e explorações de algumas cavernas, particularmente na Gruta do Maquiné, entre 1957 e 1958 (LE BRET, 1995, p.15), e ministra cursos de introdução à espeleologia (FELIZARDO, 2013, p.225-230) e funda em 1958, no Rio de Janeiro, a primeira versão da Sociedade Brasileira de Espeleologia, dissolvida pouco depois.

Fig. 25 Caverna do Diabo. Desenho de Michel Le Bret. Fonte Le Bret, 1995, p.83

Em 1959, chega ao Brasil o engenheiro francês Michel Le Bret (fig. 25), que faz contato com Christinat, mas descobre que seu interesse é maior pelos índios do que pelas cavernas. Logo depois Le Bret toma conhecimento do Clube Alpino Paulista (CAP), o qual já contava com adeptos da espeleologia, e por meio deles sabe das cavernas do Vale do Ribeira (LE BRET, 1970, p.10; LE BRET, 1995, p.15-16). Le Bret, juntamente com outros espeleólogos estrangeiros e brasileiros inicia a exploração sistemática de cavernas no Vale do Ribeira, guiando-se pelas informações deixadas por Krone (KRONE,1898; KRONE,1908; LE BRET, 1970; LE BRET, 1995) e recolhidas pelo engenheiro Eptácio Passos Guimarães do IGG, um dos principais responsáveis pela preservação das cavernas do Vale do Ribeira (LE BRET, 1970; LE BRET, 1995).

Le Bret teve um papel fundamental na formação de espeleólogos e na consolidação da espeleologia brasileira com seu trabalho, exemplo e entusiasmo. Valente explorador e exímio desenhista, desenvolveu equipamentos e técnicas de exploração e mapeamento. Voltou definitivamente à França em 1970 mas retornou diversas vezes ao Brasil, participando de expedições até seus 80 anos de idade. Atualmente cuida de suas vacas em seu castelo às margens do Rio Loire (ZOGBI & AULER, 2006).

Também destacaram-se nesta época, em São Paulo, os franceses Guy-Christian Collet e Pierre Martin, o Iugoslavo Peter Slavec, o espanhol Luíz Vasques Yuste e os brasileiros Luiz de Alcântara Marinho, Salvator Licco Hain, José Epitácio Passos Guimarães e Pedro Comério (LINO, 1989, p.39-40). Juntamente com os moradores

Fig. 26 Acampamento do primeiro congresso brasileiro de espeleologia, realizado na Gruta Casa de Pedra, em Iporanga, SP, em 1964. Entre outros aparecem Pedro Comério e Michel Le Bret. Autor anônimo. Fonte Lino, 1989.

locais que os guiavam pelas matas e os acompanhavam nas expedições, destacando-se Braz de Andrade Resende, Vandir de Andrade, Joaquim Justino dos Santos, José Leocádio, José Pinto Fernandes e José Lopes Reis. Estes espeleólogos foram responsáveis pela retomada das explorações de Krone no Vale do Ribeira de Iguape, pela realização do primeiro Congresso Brasileiro de Espeleologia (fig. 26), em 1964, no pórtico da Gruta Casa de Pedra em São Paulo, e pela fundação da nova Sociedade Brasileira de Espeleologia, em 1969 (LINO & ALLIEVI, 1980 p.13-14; LINO, 1989, p.39-40; AULER & ZOGBI, 2005, p.14).

Na década de 1970 surgem novos grupos de espeleologia inspirados nos trabalhos dos pioneiros, como “Os Opiliões”, liderado por Pierre Martin, “Bagrus”, liderado por Guy Collet e o Centro Excursionista Universitário (CEU), ligado à USP, iniciando a exploração das grandes cavernas de São Domingos em Goiás. Em 1975 o CEU realiza a “Operações Tatus”¹⁸, primeira experiência de permanência subterrânea de longa duração no Brasil. Novos grupos surgem, alguns deles inspirados pelas publicações¹⁹ de Le Bret e de Lino e Allievi, *Cavernas Brasileiras* (1980), voltada à formação espeleológica, e pelo enorme potencial para descoberta de novas cavernas no

¹⁸ Um total de 11 espeleólogos permaneceu 15 dias no interior da Caverna de Santana em Iporanga, SP. Em 1987 foi realizada a segunda experiência, Tatus II na Gruta do Padre em Santana, BA.

¹⁹ Textos de Le Bret são publicados no Boletim do IGG (LE BRET, 1970). O livro Maravilhoso Brasil Subterrâneo de Michel Le Bret, com os relatos de suas explorações, é publicado na França em 1975 e somente em 1995 no Brasil.

Brasil. Formam-se os primeiros de grupos de pesquisa em universidades, notadamente na Universidade de São Paulo, vindo à se consolidar na década de 1990 com a elaboração de pesquisas de mestrado e doutorado versando sobre as cavernas (VALLE, 1999, p.94-99). São lançadas revistas científicas, como a *EspeleoTema* da SBE e de divulgação das atividades dos grupos, como a revista *Espeleologia* da SEE e *O Carste*, do Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas.

Em 2003, durante o XXVII Congresso Brasileiro de Espeleologia, realizado na cidade de Januária, MG, foi criada a Redespeleo Brasil, uma dissidência da Sociedade Brasileira de Espeleologia, a qual buscava uma reorganização político-ideológica da espeleologia brasileira. Durante dez anos, até o seu encerramento, foi protagonista na espeleologia brasileira, com contribuições para a sua organização, desenvolvimento e para a conservação de cavernas. Dentre outras ações organizou encontros técnicos e científicos e publicou uma série de livros versando sobre a espeleologia (REDESPELEO BRASIL, 2013).

À partir da metade dos anos 2000, especialmente em virtude da publicação do Decreto 6.640/2008, empresas de consultoria ambiental e mineradoras passam à realizar pesquisas espeleológicas com uma quantidade representativa de trabalhos técnicos e científicos. Segundo Auler (2007) empreendimentos minerários são responsáveis por mais de 70% dos levantamentos espeleológicos básicos (prospecção e mapeamento de cavernas) nos últimos cinco anos.

2.3 a natureza como local de recreação do homem moderno

No século XVIII a degradação do ambiente urbano causada pelas fábricas e pelo grande contingente de pessoas vivendo em condições precárias, para os quais as cidades não estavam preparadas (ZUQUIM, 2007), despertam ideais românticos de culto à natureza. Estes motivam sentimentos de individualismo e ideais utópicos, destacando-se as idéias de fuga das cidades para o campo e de contato com a natureza. O paraíso natural em contraponto à cidade insalubre é o mote para a criação das áreas naturais protegidas.

No final do século XIX ganham força os movimentos influenciados pela visão norte americana do mito da natureza intocada (DIEGUES, 1994).

O mundo selvagem - *wilderness* - serve de inspiração para a criação do Parque Nacional de Yellowstone em 1872, nos Estados Unidos, considerada a primeira área natural protegida do mundo e que serve de modelo para a criação das áreas naturais protegidas e para a política de

proteção da natureza em todo o mundo até hoje. Neste modelo, as áreas de proteção da natureza têm o objetivo de proteger o ambiente da ação destruidora do homem e foram criadas como santuários intocados, para os quais o homem é um ser invasor e indesejável.

O Brasil, inspirado pela criação do *Yellowstone National Park*, cria seu primeiro Parque Nacional, o de Itatiaia (fig. 27), no Rio de Janeiro, em 1937. Embora a preocupação com a proteção dos recursos naturais, e não com natureza em si, seja mais antiga, como a criação do Floresta Nacional da Tijuca na primeira metade do século XIX, no Rio de Janeiro, para proteger o manancial que abastece a cidade, criado por D. Pedro II e a criação do Parque Estadual Alberto Löefgren em 1896, em São Paulo.

Fig. 27 Parque Nacional de Itatiaia. Silverio, 1999.

E antes mesmo, em 1605, o chamado “Regimento do Pau-brasil”, expedido pelo Reino de Portugal, que proibía o corte de madeira sem licença real, além de impor sanções à sua exploração.

Porém, além de preservarem amostras significativas da natureza, as áreas protegidas têm o objetivo de garantir locais de recreação para o homem moderno. Especialmente para grupos privilegiados da sociedade, como a elite intelectual, econômica, política e acadêmica. Neste modelo o propósito da criação de muitas áreas protegidas é o de se preservar o único, o belo, o raro e não exatamente o que é ecologicamente importante com objetivo de uso público. Segundo Diegues, sobre os parques norte americanos (1996, p.35)

...esse modo de preservação por meio de áreas naturais protegidas é inadequado e injustamente seletivo, pois privilegia áreas naturais que são apelativas do ponto de vista estético, segundo valores ocidentais, como as florestas, grandes rios, *canyons*, discriminando áreas naturais menos "nobres", como pântanos, brejos etc, ainda que estas possam ser essenciais para o funcionamento dos ecossistemas.

Oliveira (2004) afirma que

Nota-se que, ao longo dos anos, a visão de preservação e valorização de bens naturais, assim como aqueles considerados de valor cultural, mantinha-se cada vez mais vinculada aos objetivos de desenvolvimento da indústria do turismo.

Traiano (2010, p.135)

...nossa própria evolução está tão imersa nesse sistema que nosso sentido estético e sistema de valores estão ligados de forma inalienável à variedade – o interessante contrapõe ao monótono, o valioso ao comum, repetido. estamos sempre em busca do raro, do singular, do único, do que é diferente (...) todos valorizam e querem usufruir da variedade e da exclusividade.

Este período de criação das primeiras áreas protegidas marca o início do excursionismo, atividade na qual o homem passa a frequentar as áreas naturais para aproveitar seu tempo livre em atividades cujo objetivo é apenas o prazer de sua realização e a apreciação da natureza, como o montanhismo e a exploração de cavernas. Este período também coincide com o início do turismo em cavernas nos Estados Unidos, Austrália e Europa.

O crescimento do uso recreativo das áreas naturais é um fenômeno social decorrente da existência de tempo livre, do desenvolvimento dos meios de transporte e do barateamento das viagens (BOULLON, 2006, p.31). E favorecidos pela instituição de políticas públicas de incentivo à visitação de áreas naturais, a melhoria da mobilidade e os novos meios de comunicação (ASCHER, 2010; TAKAHASHI, 2006).

Após Itatiaia seguem-se a criação de outros Parques e em 1958 é criado o Parque Estadual do Alto Ribeira (PEAR), parte em terras compradas pelo Governo Paulista no início do século XX à pedido do diretor do Museu Paulista, Hermann von Ihering, para proteção das cavernas e fósseis da região, após conhecimento dos trabalhos de Krone. É o primeiro Parque criado no Brasil cujo objetivo principal é o de proteger as cavernas²⁰, o nome é alterado em 1960 para Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), como é conhecido até hoje, reforçando a proposta de desenvolvimento regional baseado no uso público das áreas protegidas.

²⁰ A política de proteção das cavernas segue o modelo do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) com a criação de áreas protegidas com objetivos de conservação da natureza, pesquisa científica, recreação e educação ambiental. Outras unidades de conservação foram criadas com o objetivo principal de proteger cavernas e feições relacionadas, como os Parques Nacionais Cavernas do Peruçu (MG) - 1999, Ubaraja (CE) - 1959, Sete Cidades (PI) - 1961, Serra da Capivara (PI) - 1979, Furna Feia (RN) - 2012, Chapada Diamantina (BA) - 1985 e Parques Estaduais de Vila Velha (PR) - 1990, Terra Ronca (GO) - 1989, Ibitipoca (MG) - 1973, Intervalos (SP) - 1995 (desde 1987 é administrado pela Fundação Florestal de São Paulo) e Sumidouro (MG) - 1980, entre outras.

Em 1962 é criado o Parque Estadual de Jacupiranga, em São Paulo, que em 2008 é transformado no Mosaico do Jacupiranga, com objetivo de apaziguar os conflitos sócio-ambientais gerados pela criação da área de proteção integral anterior, especialmente com as comunidades do entorno. Dentre as unidades de conservação do Mosaico, foi criado o Parque Estadual Caverna do Diabo, no qual se encontra a Caverna do Diabo.

2.4 aventuras na natureza

Mas os dias que estes homens passam nas montanhas, são os dias em que realmente vivem. Quando as cabeças se limpam das teias de aranha, e o sangue corre com força pelas veias. Quando os cinco sentidos recobram a vitalidade, e o homem completo se torna mais sensível, e então já pode ouvir as vozes da natureza, e ver as belezas que só estavam ao alcance dos mais ousados.

Reinhold Messner²¹

As áreas naturais nos atraem por diversos motivos e há muitas boas razões para se aventurar pelo agreste apoiado apenas em sua vontade e algum conhecimento. Seja a busca por novas experiências ou a fuga da vida agitada nas cidades. A procura por desafios, fugir da rotina, pensar na vida ou não pensar em nada, vencer desafios pessoais, crescer espiritualmente ou se mexer. Para encontrar a nossa paz, tranquilidade, sabedoria, crescimento pessoal e estabilidade emocional (BECK, 1997).

Desfazer-se das “facilidades” modernas e passar alguns momentos agradáveis com apenas o essencial. Pitada de conhecimento, dose de vontade e um naco de bom humor é o necessário para aventuras inesquecíveis para sentir-se feliz por ter se divertido com tão poucos recursos e de sua própria auto suficiência. O homem precisa de aventura. Para sua estabilidade, para recobrar energia, para encontrar equilíbrio, e porque não, para sua saúde. Para Sérgio Beck (2001)

²¹ Tirol, 1944. Considerado um dos melhores alpinistas de todos os tempos. Messner foi o primeiro, com Peter Habeler, a escalar o Monte Everest sem auxílio de oxigênio suplementar, em 1978, e o primeiro a escalar o Everest sem equipe de apoio, em 1980. Foi o primeiro a escalar todas as catorze montanhas com mais de 8.000 m e o segundo a escalar os sete cumes mais altos dos sete continentes.

“caminhar pelo agreste deveria ser um direito, sagrado e legítimo, de cada um de nós, acima de todos os regulamentos e burocracias”.

Passar por desconfortos, enfrentar medos, superar desafios, reais ou imaginários, nos faz crescer e nos tornam mais seguros em todos os aspectos da vida (fig. 28). Geralmente quem pratica atividades em contato com a natureza têm em comum força, caráter e equilíbrio diferenciados. Trabalham bem em equipe e valorizam o esforço pessoal, segundo Beck (2001).

Fig. 28 Escalada da Montanha Ana Chata, São Bento do Sapucaí, 1999.

Procuramos as fronteiras selvagens para descobrirmos coisas que não conseguiríamos aprender em nenhum livro de auto-ajuda ou texto escolar. As cidades nos fazem espertos, matreiros e manhosos. O agreste, por outro lado, nos ensina a sermos práticos, calmos, habilidosos, despachados. E nos ensina a sermos verdadeiros. “Lá fora” não existem truques nem subterfúgios. Não é possível trapacear no agreste. Para escapar a uma tempestade, cruzar um rio, atravessar oito horas de terreno escabroso ou navegar através da mata, temos que apelar para as nossas melhores habilidades (Beck, 2001, p.3)

As regiões naturais são importantes não apenas para preservar a natureza em si. Mas para que possamos ter contato com a nossa essência primitiva, e não nos esquecermos de onde viemos. Se já não somos mais homens das cavernas, lutando com bestas selvagens pela sobrevivência, ainda assim encontramos motivos para procurar um contato intenso com a natureza.

2.5 aventuras nas cavernas

Onde experimentar tantas comoções, saborear espetáculos tão estranhos, viver horas tão amarguradas umas e tão poéticas outras, sentir tantas satisfações e prazeres de espírito, como na exploração sedutora e perigosa dos mundos subterrâneos?
Norbert Casteret, Dez anos Debaixo da Terra, 1940.

Para muitos entrar numa caverna é uma aventura da qual jamais se volta (fig. 29). Indiscutivelmente a pesquisa científica é fundamental para o avanço do conhecimento sobre as cavernas, porém a exploração é o maior motivador da prática da espeleologia.

A grande maioria dos espeleólogos tem na exploração sua atividade preferida (AULER & ZOGBI, 2005, p.47) e muitos iniciam na pesquisa científica após contato com a exploração.

As cavernas são o continente escuro e uma das últimas fronteiras desconhecidas da Terra. Proporcionam a possibilidade do desafio e da descoberta. A exploração de cavernas é uma atividade que como poucas concilia conhecimentos técnicos, científicos, preparo físico e psicológico. Segundo Beck (1999, p.6).

Fig 29 Exploração de abismo em Bulha d'água, Iporanga, SP. Foto Alexandre Iscoti Camargo

Todo esporte tem o seu fascínio, mas a espeleologia parece possuir uma mística toda especial. Poucos esportes têm um envolvimento tão intenso com seu ambiente, como a exploração de cavernas. À superfície, uma pessoa está sobre a trilha, ou colado à parede de uma escalada, mas a gente está realmente muito dentro de uma caverna, com todo o seu conjunto peculiar de estímulos sensoriais.

A exploração de cavernas está intimamente relacionada à nossa curiosidade e ao nosso desejo e aventura, neste sentido Beck (1997, p.7) afirma que

O homem precisa da aventura, da busca de novos desafios, da incerteza do desfecho, da excitação de novas descobertas, da magia de revelar em si novas habilidades e forças de cuja existência ele nem suspeitaria. O homem precisa do contato com o agreste para renovar-lhe o contato com suas origens, para reavivar-lhe a memória do que de melhor existe nele: sua inventividade, sua força, sua incrível gana de sobreviver e impor-se a um planeta outrora hostil.

O Brasil ainda tem um grande potencial espeleológico para descoberta e exploração de cavernas (fig 30). Segundo Auler, Rubbioli & Brandi (2001, p.41), as cerca de 14.000²² cavernas conhecidas, representam cerca de 10% do potencial de cavernas. Considerando que grande parte destas sequer foi mapeada e outras apresentam potencial para novas descobertas devido aos novos métodos de exploração e equipamentos.

Algumas regiões já são tradicionais locais de exploração. Em Minas Gerais, destacam-se as regiões de Cordisburgo, Lagoa Santa e o Vale do Rio Peruaçu. Na Bahia Iraquara, São Desidério, Serra do Ramalho e Campo Formoso, nesta última localiza-se a maior caverna do Brasil, a Toca da Boa Vista com 107 km mapeados. Em Goiás a região de São Domingos abriga algumas das maiores cavernas brasileiras. No Estado de São Paulo destaca-se o Vale do Ribeira de Iguape onde localiza-se o PETAR e a Caverna do Diabo.

Fig 30 Comemoração de descoberta de da Gruta dos Buenos IV, uma grande caverna na região de Bulha d'água, Iporanga, SP. Foto Alexandre Iscoti Camargo, 2009

2.6 turismo nas cavernas

Segundo Cigna & Forti (2013), a primeira visita recreativa²³ documentada à uma caverna ocorreu na Mesopotâmia. No local em que o rio Tigre corre em um túnel natural, o rei da Assíria, Tiglath Pileser, teve seu retrato esculpido na entrada, com uma inscrição em 3.100 anos AP. Mais tarde as cavernas foram utilizadas como termas pelos Romanos ou visitadas por motivos religiosos. Durante a Idade Média, sob domínio da igreja, as cavernas foram associadas ao demônio ou inferno, afastando as pessoas por medo do antro das trevas²⁴. Na Caverna Postojna, na Eslovênia, há assinaturas nas paredes da chamada "Passagem dos nomes antigos" que datam de 1213, sendo mais abundantes a partir do século XVI.

Segundo Hamilton-Smith (2004b, p.1554) o turismo em cavernas é aquele em que a caverna é exibida para o público em geral em troca de uma contrapartida financeira e afirma que

²² Cadastradas no CANIE - Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas do CECav. Disponível em <http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>

²³ o autor utiliza o termo turístico, o qual preferimos utilizar para atividades comerciais. Conforme definido adiante.

²⁴ É interessante notar que, provavelmente pela cultura católica do Brasil, as cavernas ainda continuam sendo associadas ao diabo, ou, paradoxalmente, ao sagrado.

As pessoas sempre foram fascinadas por cavernas para uma ampla variedade de razões, tais como mistério e curiosidade, fantasia e apreciação da beleza, por isso não é de todo surpreendente que visitam cavernas ficou comercializada.

No início do século XVII em diante é cobrada uma tarifa para acessar a Caverna Vilenica, na Eslovênia, sendo a mais antiga a ser visitada mediante pagamento. À partir do século XVIII o turismo em cavernas torna-se popular na Europa e posteriormente no restante do mundo (CIGNA & FORTI, 2013).

Mas o grande desenvolvimento do turismo em cavernas ocorre na segunda metade do século XIX, pós revolução industrial, juntamente com o despertar do interesse pelas áreas naturais e pelas ciências no qual muitas cavernas foram descobertas e parte destas abertas ao público.

Segundo Hamilton-Smith (2004b, p.1554), por volta de 1841, na primeira excursão de Thomas Cook²⁵, algumas das grandes cavernas foram abertas ao público. A Caverna de Postojna, na Eslovênia, teve os primeiros roteiros de visita abertos em 1818 e foi a segunda caverna à receber iluminação artificial fixa, em 1884²⁶. A Mammoth Cave, a maior caverna do mundo atualmente (2013) com 627 km mapeados (ASANIDZE *et al*, 2013, p.31), nos Estados Unidos, é aberta comercialmente em 1816.

Publicações sobre as cavernas comprovam o sucesso do turismo em cavernas neste período (CIGNA & FORTI, 2013). A procura das cavernas para uso recreativo é também impulsionada pela divulgação dos relatos de explorações de cavernas e do interesse geral pelo contato com a natureza, juntamente com o surgimento de mercado do turismo.

Na Austrália, as Cavernas Naracoorte e Jenolan atraíram rapidamente um grande número de visitantes a partir de 1860. Devido à este sucesso, e com a depressão de 1890, o governo incentiva a abertura de novas cavernas para exploração comercial. O interesse econômico no uso público das cavernas na Austrália incentiva o desenvolvimento tecnológico de equipamentos para o turismo em cavernas. O primeiro equipamento experimental de iluminação artificial elétrica em cavernas (1880) é testado na Caverna Jenolan (HAMILTON-SMITH, 2004b, p.1553-1554).

No período pós guerra o fenômeno social do excursionismo é apropriado pelo mercado do turismo que passa a ofertar produtos e serviços para satisfazer as necessidades dos viajantes e

²⁵ Thomas Cook, Melbourne (1808). Organiza em 1841 a primeira viagem em larga escala transformando a indústria do turismo.

²⁶ A primeira foi a Kraushöhle, na Áustria, em 1883.

multiplicar as oportunidades de negócios. O turismo, caracterizado pelo deslocamento temporário de pessoas por motivações diversas para locais diversos de sua moradia, seja em períodos de lazer²⁷, trabalho ou outras, é intensificado com a democratização e comercialização das viagens (HAMILTON-SMITH, 2004b, p.1554).

A exploração turística das cavernas passa a priorizar o entretenimento do visitante. As cavernas são modificadas para facilitar o acesso do maior número de pessoas, com a construção de estruturas para transpor os obstáculos e iluminação artificial colorida. Para valorizar o espetáculo são criadas histórias sobre deuses e demônios, habitantes das trevas. Diante disto, ressalta Hamilton-Smith (2004b, p.1553-1554), “como resultado, o imenso entusiasmo para cavernas que caracterizou a indústria do século XIX desvaneceu-se gradualmente” conforme o ciclo proposto por Swarbrooke (fig.31).

Fig. 31 Ciclo de evolução do turismo em cavernas, demonstra a necessidade de modificações periódicas para evitar o declínio do número de turistas pela perda de interesse do atrativo. Modificado de Swarbrooke, 1999. Cigna, 2005.

As tentativas posteriores para recuperar a qualidade do turismo nas cavernas concentram-se apenas na melhoria das estruturas, como novos caminhos e iluminação. Melhora a apresentação mas o conceito continua o mesmo, baseadas apenas na contemplação estética de um ambiente artificializado. Este processo culminou no surgimento das chamadas *show caves*. Cavernas turísticas, operadas comercialmente e acessíveis à um amplo público. Segundo Cigna (2005) e Cigna (2013) com estruturas para facilitar o acesso, show de luzes, horários de visitação e roteiros

²⁷ Clawson & Knetsch (1974) citados por Takahashi (2004) definem que a recreação é uma atividade enquanto o lazer é o tempo que sobra após dormir, trabalhar e atender às necessidades pessoais.

definidos. Embora com equipamentos sofisticados e apresentação mais refinada, a experiência da visita ainda é passiva.

Juntamente com as *show caves* o mercado turístico oferece alternativas denominadas *wild caves*. Baseadas na sensação de aventura, porém sem qualquer risco. Para Hamilton-Smith (2005a) os roteiros de aventura são uma versão do mesmo estereótipo do turismo em cavernas, distinguindo do primeiro somente pela ausência de estruturas e de iluminação artificial fixa.

2.7 uso público das cavernas no brasil

Desde o início da ocupação do território brasileiro, os povos utilizam as cavernas como abrigo, fonte de água, guarda de alimento ou estabelecem uma relação de adoração e temor especialmente apoiados em crenças religiosas. Importantes sítios arqueológicos e paleontológicos estão associados às cavernas como no Vale do Peruaçu (MG), em Lagoa Santa (MG) e na Serra da Capivara (PI) e indicam a ocupação humana pretérita das cavernas no país. Mais recentemente, do século XVI até o século XIX, a exploração das cavernas brasileiras como fonte de salitre para produção de pólvora tem um importante papel (AULER & ZOGBI, 2005, p.11). Desde 1691 o santuário de Bom Jesus da Lapa (BA), às margens do Rio São Francisco, recebe todos os anos uma multidão de fiéis (AULER & ZOGBI, 2005, p.12). A partir do século XVIII os naturalistas passam a estudar as cavernas brasileiras iniciando a fase da exploração e conhecimento científico que abre caminho para o desenvolvimento da espeleologia no Brasil.

Anteriormente território de espeleólogos, aos poucos os visitantes, atraídos pela curiosidade ou levados por amigos, passam a frequentar as cavernas. É a partir da segunda metade do século passado que as cavernas brasileiras começam a ser exploradas turisticamente. A Tabela 2 mostra as visitas atuais à algumas cavernas turísticas brasileiras.

Seguindo o exemplo dos Estados Unidos e da Europa, porém nos quais a maioria dos empreendimentos é privado e o objetivo é a maximização do lucro, a partir da década de 1960 cavernas que recebiam visitas eventuais são preparadas para o turismo de larga escala. Para saciar o contingente ávido por conhecer o subterrâneo brasileiro, as cavernas recebem estruturas e equipamentos para facilitar o acesso e “realçar” as suas belezas. Lendas e mitos são criados para instigar a curiosidade do visitante, privilegiando o espetáculo e o fantástico.

Tabela 2. Visitas em cavernas turísticas brasileiras 2005-2013

Cavernas / Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Caverna do Diabo (SP)	22.813	27.828	27.545	12.460	24.453	26.162	26.871	27.143	27.674
Parque Estadual Intervalos (SP)			9.756	7.098	7.175	15.942	15.778	17.298	18.566
PETAR* (SP)	22.370	27.619	24.972	25.155	21.689	34.980	36.856		
Gruta do Maquiné (MG)	41.232	43.603	40.705	45.192	45.810	44.682	48.275	47.837	50.968
Gruta Rei do mato (MG)	22.536	22.804	22.009	22.797	27.148				
Gruta da Lapinha (MG)	31.494	30.693	26.184	25.320	26.789				
Gruta de Ubajara (CE)	20.883	36.931	39.395	34.316	30.196

Organização Marcos Silverio, 2014. Fonte SMA, PECD, PEI, PETAR, Fundação Maquiné
*núcleos Santana Ouro Grosso, Caboclos e Casa de Pedra

A primeira caverna no Brasil a ser preparada para o turismo é a Gruta do Maquiné em Cordisburgo (MG). Seguida pela Gruta de Ubajara (CE), pela Caverna do Diabo (SP) e pela Gruta da Lapinha (MG). A Gruta do Maquiné é a primeira a receber iluminação elétrica fixa no Brasil, em 1967 e a Caverna do Diabo em 1969. Também são iluminadas a Gruta do Rei do

Mato e a Gruta da Lapinha (MG), Gruta de Ubajara (CE), Bom Jesus da Lapa e a Lapa das Mangabeiras (BA) e a Gruta de Botuverá (SC).

2.8 o uso público das cavernas em São Paulo

As cavernas da região do Vale do Ribeira de Iguape foram as primeiras a serem utilizadas para o uso público em São Paulo especialmente as do PETAR, criado em 1958 nas cidades de Iporanga e Apiai e a Caverna do Diabo, no Parque Estadual de Jacupiranga, criado em 1962.

É no final da década de 1970 porém, juntamente com movimentos sociais que manifestavam preocupação com o modelo predatório de desenvolvimento econômico e com o agravamento dos problemas socioambientais decorrentes do modelo de desenvolvimento a qualquer custo (ZUQUIM, 2007), que amplia-se a procura por atividades em ambientes naturais. Primeiramente pelo excursionismo e à prática de atividades em meio à natureza como a escalada, o montanhismo e a exploração de cavernas.

Estas atividades, baseadas no interesse pelas questões ambientais e pelo contato com a natureza, despertam o interesse do setor turístico. Surge o turismo ecológico, termo introduzido no Brasil pela Embratur na década de 1980, seguindo a tendência mundial de valorização do meio ambiente. Impulsionado pela realização da Rio-92²⁸ e pela divulgação dos atrativos naturais, o segmento ganha visibilidade e tem um grande crescimento e diversificação mercadológica adotando o termo ecoturismo²⁹, o qual é definido como

...um segmento da atividade turística que utiliza, de forma sustentável, o patrimônio natural e cultural, incentiva sua conservação e busca a formação de uma consciência ambientalista através da interpretação do ambiente, promovendo o bem estar das populações envolvidas.

Atitudes, porém, que se esperam de qualquer visitante em qualquer lugar, natural ou não.

O propósito de associar a prática da visita à um programa de educação ambiental para despertar a consciência ambiental e o pensamento crítico para a preservação da natureza e para promover alterações de atitudes e valores, porém, ainda não teve sucesso. Assim como de

²⁸ Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento realizado no Rio de Janeiro em 1992

²⁹ O termo ecoturismo apareceu pela primeira vez em 1983, proposto por Ceballos-Lascuráin. Embora já representasse uma forma de expressão do pensamento ambientalista,

compatibilizar as demandas do mercado com a conservação ambiental. As ações do ecoturismo não foram capazes de integrar a educação ambiental, com transformação do comportamento para ações efetivas de conservação segundo Sandeville Júnior & Suguimoto (2010, p.56), segmento marcado pelo fetichismo³⁰ e pela ideologia do consumo (VITTE & AGUIAR, 2009).

Segundo Sandeville Júnior & Suguimoto (2010, p.52) a atual prática de informação sem o suporte da relação afetiva com o lugar e a natureza não conseguem refletir em ações e atitudes de conservação. É por meio da vivência e do conhecimento que se constrói a consciência e responsabilidade ambiental. Sandeville Júnior & Suguimoto (2010, p.56-58) afirmam ainda que

As duas atividades, turismo e Educação Ambiental parecem, na verdade, andar na contramão. Enquanto o turismo é uma atividade de mercado que instiga o consumo, tentando amenizar seus impactos (sociais e ambientais) através de discursos ambientalistas superficiais, a Educação Ambiental necessita de outras ferramentas para acontecer. No entanto, o (eco) turismo precisa dessa Educação Ambiental para viabilizar a visita a locais ambientalmente frágeis, iniciando um ciclo cuja reprodução é sua fragilidade.

A exposição à situações com as quais não se está familiarizado e à limites pessoais, sugerem a perseverança para superar novos desafios, com a necessidade de atuação em equipe para vencer obstáculos e encorajar os demais a prosseguir são fatores importantes em atividades ao ar livre, resultando em sensação de satisfação e confiança e são estratégias mais eficazes para promover a educação ambiental. Neiman & Rabinovici (2008) afirmam que compartilhar estas experiências com outras pessoas geram afinidade e companheirismo entre os participantes e sensação de solidariedade, cordialidade e a importância da participação de cada um, um envolvimento com o lugar e com os demais participantes.

Para Sandeville Júnior & Suguimoto (2010, p.52), a educação ambiental

pode oferecer aos indivíduos a oportunidade de uma consciência maior sobre seu papel enquanto cidadão, de conservação de seu habitat”. E ressaltam que “tornar uma pessoa sensível ao ambiente não é algo que se ensine de forma fácil, talvez estimular seria a forma correta, (...) deve incluir a descoberta e a possibilidade de transformação.

³⁰ Uma apresentação mais aprofundada sobre a questão pode ser visto em Vitte & Aguiar (2009).

Por fim, a percepção da paisagem é derivada de fatores educacionais e culturais e de fatores emotivos, afetivos e sensitivos, sendo estes últimos oriundos das relações que o observador mantém com o ambiente. A educação e a interpretação ambiental procuram despertar o olhar crítico, a observação interessada. Pressupõe o envolvimento com o ambiente e com os demais participantes e não é, portanto, uma atividade individual e desconectada do contexto.

Atentos à uma demanda crescente pela sensação de aventura reforçada pela retomada do ideal romântico de fuga das cidades em direção à natureza selvagem³¹, na década de 1990 o mercado cria o turismo de aventura. Do latim *ad venture*, significa literalmente o que vem pela frente³². O turismo de aventura entrega ao consumidor a emoção de uma atividade simulada, sem que ele de fato tenha de tomar decisões e cuidar de sua segurança.

O turismo no PETAR teve origem na década de 1950, no Núcleo Caboclos. E na Caverna de Santana, a mais visitada da região, é iniciada em 1963 com a instalação de passarelas e escadas de madeira e bambu³³. Mesmo em condições precárias recebia visitantes orientados por guias locais. Na década de 1970 uma equipe da SUDELPA, auxiliada por pesquisadores e espeleólogos, propõe uma intervenção turística na região com ênfase nas cavernas e no turismo de massa³⁴ (São Paulo, 2010).

A implantação de fato do PETAR é iniciada em 1983 e finalizada apenas na década de 1990, com o início da regularização fundiária, desapropriações e com a demarcação e efetivação do Núcleo Santana e instalação de infraestrutura mínima para atender à crescente demanda de visitação pública. Com a implantação efetiva das unidades de conservação no Vale do Ribeira e o surgimento do turismo ecológico, os espeleólogos passam a dividir, e a perder, espaço para os novos visitantes. O perfil dos visitantes aventureiros e excursionistas vai dando lugar ao de ecoturistas.

³¹ Um paradoxo, pois se quer viver em meio à natureza com toda a comodidade e conveniência da cidade e sem os “inconvenientes” da natureza como insetos e a falta de estrutura.

³² Wikipedia <http://pt.wikipedia.org/wiki/Aventura>

³³ As primeiras passarelas feitas com troncos, cipós e cabos são instaladas na década de 1920 ou 30, pelos caboclos Braz e Pinto, à pedido do engenheiro da Mina de Furnas, Theodore Knecht, para estudar as rochas em busca de minérios pelas galerias naturais. Abrindo inclusive passagem por galerias baixas por meio de “marteladas e talvez banana de dinamite” por 2 km montanha adentro (LeBret, 1975). Segundo LeBret as estruturas foram destruídas na primeira enchente não deixando rastros do “belo trabalho”.

³⁴ Aqui o termo turismo de massa tem o significado de larga escala. Embora o significado seja relacionado à massificação, à oferta de um produto turístico economicamente acessível. O turismo de massa, também chamado turismo de sol e praia, é o mais convencional. E se contrapõe, entre outros, ao ecoturismo.

Devido à necessidade de controle do uso público, especialmente para reduzir os impactos negativos nas cavernas, elabora-se o plano de gestão do PETAR contemplando os programas de uso público. Pesquisa, espeleologia, estudos do meio e recreação, entre outros. Em 1992, são discutidas propostas de manejo do uso público das cavernas, classificação de áreas de visitação e organização das visitas, as quais culminaram na portaria IF nº 01 de 19 de maio de 1992, pioneira no território nacional.

Fig. 32 Caverna de Santana no PETAR, Iporanga, SP. Marcos Silverio, 2013

Na década de 1990 ocorre um incremento da visitação, especialmente com o fluxo considerável de grupos de amigos que se organizavam para ir para às cavernas e da atividade de grupos de espeleologia e escolas, tornando a região no principal local de excursionismo em cavernas e espeleologia no Brasil neste período (fig. 32). Inicia-se a cobrança de ingressos no parque mas a monitoria não é obrigatória, de fato, nas cavernas. Apesar do empenho da equipe do PETAR este aumento causa impactos significativos nas cavernas, devido à dificuldade de planejamento e gestão do uso público e à falta de recursos. Em 1995 é realizado o primeiro curso de monitor ambiental e criado o programa de voluntariado no parque.

Em 1995 é criado o Parque Estadual Intervales, na antiga Fazenda Intervales, administrada pelo Banespa até 1986. Os primeiros trabalhos espeleológicos na região foram desenvolvidos pelo CEU na década de 1970, nas décadas de 1980 e 1990 destacam-se as pesquisas na área de biologia. Com a criação do Parque Estadual tem início a visitação pública das cavernas com um tipo de visitação diferente do PETAR e da Caverna do Diabo, tendo um caráter mais educativo. Colabora o fato de a hospedagem localizar-se no interior do Parque e ser administrado por ele, o que não ocorre nos outros parques que têm as cavernas como atrativos principais (SÃO PAULO, 2010c).

Ao contrário do PETAR e de Intervales, no qual a visitação das cavernas ocorria com características de aventura, com pouca ou nenhuma estrutura de apoio, na Caverna do Diabo o planejamento era voltado para o turismo de massa (fig. 33).

A visitação tem início na década de 1960 por grupos de espeleologia e de excursionismo e tem seu ponto alto na primeira travessia da caverna liderada pelo francês Michel Le Bret em 1964.

Fig. 33 Salão da Catedral na Caverna do Diabo, Eldorado, SP Marcos Silverio, 2013

Sob campanha de Rodolpho Pettená, conhecido como Coronel Pettená, o Governo do Estado investe em melhorias com propósito de incentivar o turismo na caverna. Entre a década de 1960 e o início de 1980 são construídas estruturas para facilitar a visita à caverna, escadas, passarelas e rampas de concreto armado, iluminação elétrica fixa, barragens no trecho inicial do rio, equipamentos de som entre outros. Acompanhadas das estruturas externas de apoio como sanitários, restaurante, chalés, pavimentação da estrada de acesso, paisagismo entre outras “benfeitorias”.

As melhorias surtem efeito e em 1978 a caverna recebe um total de 86.583 visitantes. Segundo relato de guias locais, não havia lugar para a parada de ônibus no estacionamento, que aguardavam ao longo dos 5 km da estrada de acesso ao núcleo de visitação para estacionar.³⁵

A Caverna do Diabo era vista como um passeio comum e relegada ao turismo convencional. Aos poucos o público menos interessado em aventuras e mais em novidades e divertimento, perde o interesse pela decadente caverna, já no ciclo final do desenvolvimento turístico (fig. 31). Ao contrário das cavernas do PETAR a Caverna do Diabo não atrai visitantes desejosos de emoções mais fortes sob as montanhas. Este desinteresse somado à inexistência de outros atrativos acessíveis aos turistas e à falta de uma estrutura de receptivo para os visitantes na região, direciona o turismo para o parque vizinho.

A falta de estrutura é uma reclamação antiga, em 1967 ‘O Estado de S. Paulo’ noticiava a existência de apenas uma hospedagem em Eldorado e a promessa do Governo de construir um hotel próximo à caverna, dotado de piscina “e todo conforto”, o que nunca se concretizou. O acesso era por estrada de terra a partir da BR-116 e tornava-se quase impossível transitar em épocas de chuva.

A oferta de atividades, especialmente cavernas mais interessantes para uma visita de aventura, sem as facilidades de passarelas e de iluminação artificial, e as hospedagens próximas aos atrativos torna o PETAR o grande destino de turismo do Alto Vale do Ribeira seguida pelo PE Intervales. O interesse dos visitantes pela Caverna de Santana ultrapassa o da Caverna do Diabo,

³⁵ Relato pessoal em conversa com os monitores ambientais da AMAMEL (associação dos monitores de Eldorado) que trabalham na caverna do Diabo em março de 2012.

que assume então um papel de coadjuvante, tornando-se apenas uma opção de visita para o retorno do último dia na volta do PETAR e dos poucos que ainda mantêm uma memória afetiva.

O Vale do Ribeira tem outras cidades com cavernas além das abrangidas pelos Parques Estaduais, como Ribeira, Itaóca, Itararé e Bom Sucesso e outras no Estado como Santo André, Rio Claro, Itirapina, e Altinópolis, entre outras. Estas recebem visitas porém não contam com programas organizados e números importantes. Sendo a Região do Vale do Ribeira de Iguape o principal destino do turismo em cavernas do Estado e também do país. Somente em Iporanga há 402 cavernas cadastradas no CNC³⁶.

Em 2003 a Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo inicia o Programa de Desenvolvimento do Ecoturismo na Mata Atlântica (SMA, 2013, p.69) com investimentos em seis parques estaduais com o objetivo de ampliar o número de visitantes. Sendo construídas novas estruturas e reformadas outras para adaptar o espaço para o desenvolvimento econômico da região por meio do turismo.

2.9 interdição das cavernas

Em fevereiro de 2008 as 46 cavernas com visitação pública regular do PETAR, PEI e PECD são interditadas por força de uma decisão do IBAMA motivada por uma ação civil pública movida pelo Ministério Público Federal por não possuírem Planos de Manejo Espeleológico. Após dois meses de fechamento parte destas cavernas foi reaberta em caráter emergencial, devido aos problemas sócio-ambientais decorrentes de seu fechamento, mediante a formalização de acordo judicial em que a Fundação Florestal se comprometeu à elaborar os planos de manejo para estas cavernas em 24 meses. Após a interdição dos parques houve grande mobilização entre espeleólogos, pesquisadores, gestores e usuários dos parques para que fossem rapidamente reabertos.

Em julho e 2010 foram concluídos os Planos de Manejo Espeleológico de 32 cavidades dos quatro³⁷ parques estaduais, sendo 20 no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – PETAR, 10 no Parque Estadual de Intervales, uma no Parque Estadual do Rio Turvo e a Caverna do Diabo, no Parque Estadual Caverna do Diabo. Com objetivo de orientar o uso do patrimônio natural, visando os objetivos de uso público e de conservação.

³⁶ Cadastro Nacional de Cavernas da SBE, acessado em 29.11.2014

³⁷ O quarto é o Parque Estadual do Rio Turvo, criado em 2008 após a criação do Mosaico do Jacupiranga no antigo Parque Estadual de Jacupiranga

Atualmente o uso público dos parques PETAR, PEI e PECD é baseado no ecoturismo e na educação ambiental. Após aumento do custo de hospedagem nas pousadas da região e de contratação de monitor ambiental e as restrições de acesso à cavernas, o perfil dos visitantes mudou. Aos finais de semana grupos de jovens e estudantes, que visitavam com frequência os parques, deram lugar à casais e pequenos grupos com maior poder aquisitivo e maior exigência de conforto e serviços. Se antes havia uma identificação com o lugar e com as pessoas, agora o contato é meramente comercial. O número de visitantes é reduzido durante os finais de semana e aumenta nos dias úteis com a presença de escolares em aulas de campo.

2.10 breve histórico do manejo do uso público de cavernas no Brasil

No Brasil as primeiras preocupações com proteção das cavernas foram relatadas por Lund em Minas Gerais no século XVIII, impressionado com a falta de cuidado com as cavernas e seus fósseis durante a extração de salitre. Em São Paulo Krone e Von Ihering relataram a preocupação com os fósseis das cavernas paulistas ameaçados por mineradores no século XIX. No entanto a preocupação com os danos causados pelo uso público começam na década 1960, quando Le Bret relata a infelicidade das modificações realizadas na Caverna do Diabo. Até a década de 1980 e espeleologia dedicava-se à exploração e mapeamento e as pesquisas científicas restringiam-se às áreas da biologia e da geologia.

A atenção aos danos causados pelo uso público de cavernas intensifica-se na década de 1980 com a ampliação dos danos causados pelo aumento da visitação e pela instalação das infraestruturas nas cavernas. Os impactos causados pelas obras e pelo uso público na Caverna do Diabo e nas cavernas do PETAR em São Paulo e na Gruta do Maquiné em Minas Gerais despertam o interesse pelo planejamento e regulamentação do uso público das cavernas.

Em 1976 é criado o Roteiro da região das cavernas de Apiaí - Iporanga em São Paulo. Em 1978 é realizado o levantamento espeleológico do Parque Nacional de Ubajara / CE. Em 1984 o Projeto das Grutas de Bonito/MS com diretrizes para o plano de manejo turístico. Em 1986 é realizado o Projeto de manejo turístico da Gruta do Rei do Mato / MG. Em 1986 a Gruta da Mangabeira / BA recebe iluminação elétrica fixa. Em 1987 é publicada a Resolução CONAMA nº 05/1987³⁸ na qual aprova o Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico. Ainda em 1987 Lino & Allievi (1987) apresentam uma proposta de manejo turístico das cavernas do PETAR. Em 1988 o arquiteto Clayton Lino (LINO, 1988) apresenta um trabalho sobre o

³⁸ Revogada pela Resolução CONAMA nº 340/2004

manejo de cavernas para fins turísticos. A partir da década de 1990 são elaborados diversos planos de manejo para uso público, Gruta de São Miguel em Bonito (MS), a Gruta de Botuverá (SC), Gruta do Bacaetava, Conjunto Jesuítas/Fada (PR). Projeto Grutas de Bonito, MS, Lapa Nova de Vazante (MG) (SESSEGOLO, 2013, p.118-119).

Em 1990 o IBAMA publica a Portaria nº 887/1990 na qual limita o uso das cavidades naturais subterrâneas apenas a estudos de ordem técnico-científica, bem como atividades de cunho espeleológico, étnico-cultural, turístico, recreativo e educativo. É publicado o Decreto Federal nº 99.556/1990, sobre a proteção das cavernas. Em 1992, é publicada a Portaria IF 01/1992 que visa ordenar a visitação pública das cavernas do PETAR e cria as áreas de visitação intensiva, extensiva e restrita. Em 1996 é realizado o manejo das Grutas do Lago Azul e São Miguel / MS. Em 1997 o IBAMA cria o Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas - CECAV, que em 2009 passa a integrar o recém criado Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, como Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. Ainda em 2009 é criado o Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico (PNCPE)³⁹, com o objetivo de desenvolver uma estratégia nacional de conservação e uso sustentável das cavernas brasileiras (CAVALCANTI *et al.*, 2012).

Em 2000, ainda integrado ao IBAMA, o CECAV publica o *Termo de referência para o plano de manejo espeleológico de cavernas com atividades turísticas*. Revisado em 2008 (CECAV/2008). Atualmente a responsabilidade pela avaliação dos planos de manejo espeleológicos em unidades de conservação federal é do CECAV e nas demais do IBAMA e dos órgãos estaduais de meio ambiente. Em 2000 é realizado o Plano de Manejo da Gruta de Bacaetava / SC. Entre 2001 e 2009 são realizados os planos de manejo da Gruta São Mateus, Abismo Anhumas e Lagoa Misteriosa / MS. Em 2003 - WWF e Ing Ong, (WWF & ING-ONG, 2003) apresentam o Plano de Uso Recreativo do PETAR que visa ordenar o seu uso público.

Em 2004 é realizado o plano de manejo da Gruta do Lago Azul em Bonito (MS) (BOGGIANI *et al.*, 2007), pioneiro no uso de parâmetros atmosféricos para a determinação da capacidade de suporte do ambiente aos impactos do uso público em 1999. Ainda em 2004 é publicada a Resolução CONAMA nº 34/2004, sobre a proteção do patrimônio espeleológico e procedimentos de licenciamento ambiental.

No mesmo ano a Redespeleo Brasil organiza em São Paulo o I Workshop de Manejo de Cavernas e Sistemas Cársticos – Uso Público, com apoio do Instituto Florestal de São Paulo e em

³⁹ Portaria Nº 358/2009-MMA

2008 em Curitiba realiza o II Workshop de Manejo de Cavernas e Ambientes Cársticos. Em 2005 é concluído o plano de manejo do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu (MG).

Em 2006 Piva & Levenhagen (2006) elaboram o documento preparatório para o Plano de manejo das cavernas dos Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira - PETAR, Parque Estadual Intervalles e Caverna do Diabo no Parque Estadual de Jacupiranga. Base utilizada nos planos de manejo espeleológico realizados entre 2008 e 2010, por ocasião da interdição das cavernas da região.

Em 2008 o Governo Federal publica o Decreto 6.640/2008, que altera o Decreto Federal nº 99.556/1990 conceituando a relevância de cavernas e permitindo impactos negativos e mesmo a supressão de cavernas.

Entre 2008 e 2010 são realizados os planos de Manejo Espeleológico de 32 cavernas em quatro parques do Vale do Ribeira por ocasião de sua interdição por falta do planejamento do uso público. Em 2013 o CECAV organiza uma oficina na qual é discutida a atualização do Termo de Referência para Plano de Manejo Espeleológico (CECAV, 2014) para a sua simplificação e visando a efetiva implementação dos planos.

2.11 avaliação do processo atual de manejo espeleológico no Brasil

A partir da década de 1970 os municípios brasileiros iniciam a elaboração de planos diretores urbanos. A desordem era vista como a consequência da ausência de planos e estes eram tidos como a solução para a resolução de todos os problemas. Diagnósticos cada vez mais profundos, esforços estatísticos e novas abordagens metodológicas para os estudos eram propostos à medida que os anteriores eram abandonados. Mas a realidade teima em resistir e atrapalhar o plano.

Os planos de manejo de áreas naturais trilham o mesmo caminho. Abundam levantamentos, análises, diagnósticos e programas. Com afirma Wood Jr (2014) sobre as análises estatísticas e correlações “...torturar os números para confessarem os resultados esperados. Técnicas de engenharia reversa são frequentemente utilizadas, primeiro se estabelecem os resultados e depois os meios para chegar a eles.”

Os objetivos principais do plano de manejo espeleológico são disciplinar o uso público e garantir a conservação da caverna. Os principais instrumentos são o zoneamento e o limite de uso, baseados no diagnóstico ambiental. A Resolução CONAMA no 347/2004 define que

Art. 2o, inciso V: Plano de manejo espeleológico é o documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais da área, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da cavidade natural subterrânea.

Segundo o CECAV (2014), os planos de manejo espeleológico são baseados em estudos exaustivos, dispendiosos e de escopo pouco claro, resultando em documentos extensos, complicados, desconexos e de pouca utilidade prática. Os planos são muito descritivos e pouco analíticos e não colaboram com a gestão das o uso público.

Estudo realizado por Zeller (2008) sobre a efetividade do Plano de Manejo de oito parques brasileiros⁴⁰ constatou que as informações dos planos na sua maioria não colaboram com a gestão, muitas delas sequer dizem respeito à área. O plano é de difícil consulta e compreensão. Em geral as propostas dos planos são realizadas por consultores que têm pouco contato com o dia-a-dia da unidade, não levam em consideração a realidade do lugar, suas particularidades e carências e ignoram o conhecimento dos funcionários na proposição de alternativas. Buscam atender o termo de referência mesmo que o item nada diga respeito ao lugar. Segundo Zeller (2008, p.147)

Devido ao grau de aplicação dos planos de manejo e documentos correlatos, conclui-se que eles não se inserem na conjuntura para a qual foram preparados e que estão em descrédito entre os usuários, apesar de o órgão continuar preparando-os. Os planos não são efetivos em relação ao papel que deveriam cumprir na linha de frente e o padrão é de eles serem de pouca ou nenhuma utilidade para os técnicos e entrevistados, os principais beneficiários.

As informações dos encartes de diagnóstico, como um todo, não atendem ao que os técnicos precisariam para idealizar e realizar ações de conservação. Os objetivos de manejo e o zoneamento têm pouca ou nenhuma aplicação prática, sendo elementos “sub-aproveitados” até no planejamento.

⁴⁰ Lagoa do Peixe (RS), Aparados da Serra (RS e SC), Iguaçu (PR), Itatiaia (RJ e MG), Serra dos Órgãos (RJ), Caparaó (ES e MG), Cavernas do Peruaçu (MG) e Grande Sertão Veredas (BA e MG).

Parte dos estudos realizados para as de 32 cavernas em quatro parques estaduais do Vale do Ribeira em São Paulo, finalizados em 2010⁴¹, tiveram como objetivo preencher lacunas do conhecimento mas não resultaram em informações relevantes para o manejo, somente parte destas foi efetivamente utilizada na análise integrada e posteriormente nos programas de uso público (SÃO PAULO, 2013a; SÃO PAULO, 2010b; SÃO PAULO, 2010c).

Como comparação, enquanto os planos de manejo realizados no Brasil contém centenas de páginas com informações de difícil consulta e aplicação prática, o da Caverna do Diabo, por exemplo, tem 216 páginas no volume principal e mais dezenas nos anexos, os planos de manejo realizados na Austrália e nos EUA, não têm mais do que sessenta páginas, e as vezes menos, com foco nas diretrizes, são realizados para sua aplicação imediata e visam o aperfeiçoamento contínuo.

Em maio de 2013 foi organizada pelo CECAV (CECAV, 2014) em Belo Horizonte - MG uma oficina para discussão e atualização do Termo de Referência, tomando como base a experiência dos últimos anos. Com a expectativa de que os planos:

- devam ser dinâmicos nas etapas de elaboração, implantação e atualização (investir menos na elaboração e mais na gestão e revisão dos documentos)
- os estudos devam ser direcionados para as cavernas e sua relação com o uso público (foco no objetivo do plano de uso público e não no inventário geral de todas as características ambientais, sociais etc da região)
- o foco deva ser voltado para o ordenamento, zoneamento, implantação e monitoramento
- os resultados devam ser incorporados pelos principais atores (já que há pouca participação de gestores, funcionários e guias na elaboração e na discussão dos objetivos do plano e posteriormente a implantação e gestão).

2.11.1 zoneamento espeleológico

Art. 2o, inciso VI, Resolução CONAMA no 347/2004: Zoneamento espeleológico é a definição de setores ou zonas em uma cavidade natural subterrânea com objetivos de manejo e normas específicos, com o propósito de

⁴¹ 20 no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – PETAR, 10 no Parque Estadual de Intervales, uma no Parque Estadual do Rio Turvo e a Caverna do Diabo, no Parque Estadual Caverna do Diabo.

proporcionar os meios e as condições para que todos os objetivos do manejo sejam atingidos.

Segundo Santos (2004, p.132-133) “o zoneamento é a compartimentação de uma região em porções territoriais, obtida pela avaliação dos atributos mais relevantes e de suas dinâmicas.” Apresentado como uma área homogênea delimitada no espaço.

O zoneamento nas cavernas é baseado no Roteiro Metodológico de Planejamento – Parque Nacional, Reserva Biológica, Estação Ecológica (IBAMA, 2002). Porém, utilizado sem os ajustes necessários para as cavernas, tornam a escolha dos parâmetros analisados e a classificação das zonas arbitrárias e muitas vezes sem sentido. O zoneamento ora define as características do espaço e ora as normas de uso. Quando o segundo deveria decorrer do primeiro.

Santos (2004) afirma que as zonas costumam expressar as fragilidades, potencialidades, conflitos, vocações etc. O critério utilizado para definir as zonas em cavernas nos planos de manejo espeleológico em São Paulo (SÃO PAULO, 2013a; SÃO PAULO, 2010b; SÃO PAULO, 2010c) foi o de fragilidade, também descrito em Lobo et al (2013). Porém considerou-se como fragilidade parâmetros que não expressam esta característica, como as dimensões da caverna (físico) e granulação do substrato médio (biótico), entre outros.

E o método adotado de atribuir valores para cada atributo qualitativo - e portanto subjetivo pois depende da avaliação baseada em critérios pessoais do avaliador, como conhecimento, experiência, capacitação etc - atribuído para às fragilidades, como alto, médio e baixo, e posteriormente uma média para a obtenção de um mapa de fragilidade médio parece-nos um completo equívoco.

Além de considerar parâmetros não compatíveis, a adoção da média simples resulta em uma avaliação incorreta para determinado grupo. Ocorrendo em redução da fragilidade, se considerássemos que estivesse corretamente avaliada, diante de uma fragilidade menor de outro parâmetro. Por exemplo, uma caverna com fragilidade do meio físico considerada alta pela presença de espeleotemas raros e do meio biótico fosse considerado de fragilidade baixa pela ausência de uma fauna importante resultaria em uma caverna com fragilidade média, o que não é representativo da realidade.

2.11.2 capacidade de carga

Na década de 1950 nos EUA, diante do crescimento da demanda de uso público das áreas protegidas, os administradores das áreas protegidas, na sua maioria com conhecimento em manejo de silvicultura, propõe utilizar a capacidade de carga animal de pastagens como modelo de manejo do uso público e para determinar o número de visitantes que a área pode suportar (TAKAHASHI, 2004, p. 17).

Cifuentes (1992) propôs a utilização deste conceito para trilhas em florestas da Costa Rica e a equação para a sua determinação. Sendo, basicamente, o limite máximo de visitas em determinado espaço, em um tempo determinado. Podendo ser reduzido em função de limites de segurança ou de fragilidade do meio. Adaptado para uso em cavernas como determinante do número de visitas é muitas vezes utilizado como alternativa de gestão do uso. Segundo Takahashi (2004, p. 17) ele baseia-se no quantos visitantes são demais. Segundo Aley (1975, p.71) a capacidade de carga não é adequada para o manejo do uso de cavernas pois é conceito desenvolvido para recursos renováveis e cavernas são, em sua maioria, não renováveis.

Thomas Aley em seu texto *Caves, Cows and Carrying Capacity* (ALLEY, 1975) afirma que a capacidade de carga de uma caverna é igual a zero.

A capacidade de carga é a divisão entre a utilização e exploração, ou entre utilização e danos aos recursos não-renováveis. A capacidade de carga é um conceito para lidar com a utilização de recursos renováveis nos casos em que a utilização pode ocorrer sem causar danos aos recursos não-renováveis. No caso da gestão de grama, a grama é renovável, mas o solo em que ela cresce não é renovável. O conceito de capacidade de carga assegura que as vacas comam toda a grama possível sem danificar o solo.

Cavernas contém recursos renováveis e não renováveis. O uso de cavernas não necessariamente primeiro esgota os recursos renováveis e, em seguida, com taxas mais elevadas de uso, danifica os recursos não renováveis. No caso de cavernas, os danos aos recursos não renováveis pode ser substancial, mesmo quando a utilização dos recursos renováveis é muito leve. O vândalo quebrando estalactites está destruindo recursos não-renováveis.

Há duas diferenças importantes entre a capacidade de carga aplicada à vacas e à espeleólogos. Em primeiro lugar, os danos para os recursos não renováveis em cavernas podem e irão ocorrer mesmo que a capacidade de carga não seja excedida. Em contraste, as vacas utilizam os recursos renováveis antes de danificar os recursos não renováveis.

A segunda refere-se à distinção do efeito do dano dos recursos não renováveis sobre a capacidade de carga. No manejo de pastagens, se você danificar o recurso não renovável, a capacidade de suporte do local é diminuída. Na gestão do uso de cavernas, se você danificar os recursos não-renováveis, a capacidade de carga da caverna pode ser aumentada. Como exemplo, suponha que há uma caverna com belas e facilmente quebráveis estalactites tipo canudo. A presença destes espeleotemas resultaria em uma baixa capacidade de carga para a caverna. No entanto, uma vez que as estalactites sejam destruídas por descuido ou vandalismo, a capacidade de carga da caverna seria aumentada.

Esta característica apontada por Aley (1975) ocorre comumente no manejo de cavernas no Brasil, áreas danificadas são consideradas de maior capacidade de carga e de menor interesse em geral. Há uma tendência a aceitar esta condição e não propor a sua recuperação. E conclui

É importante que reconheçamos que espeleólogos e as vacas não são usuários muito semelhantes...

Segundo Gillieson (2005, p.250) sobre a capacidade de carga.

A ideia baseia-se no pressuposto de que existe um limite fixo de utilização que uma área pode suportar, por extensão que há também uma população fixa que pode ser suportada por essa área. Isto simplesmente não é verdade.

Pois fatores como o padrão de uso espaço temporal, mudanças climáticas, eventos extremos, podem resultar em mudanças nos recursos de base. Também diferentes organismos têm diferentes vulnerabilidades ecológicas e resiliências. A capacidade de carga também não considera a irreversibilidade de muitas mudanças ecológicas.

As tentativas de determinar um fator de correção que fundamente o número de visitantes gerado pela equação de Cifuentes encontram um obstáculo difícil de superar. Segundo Spate &

Hamilton-Smith (1991) a capacidade de carga é questionada desde a década de 1960 e não tem base conceitual ou teórica e, portanto, não pode apoiar uma investigação ou prática válida de boa gestão. Os autores afirmam que outros métodos que consideram as dimensões sociais, a experiência da visita e os impactos das visitas têm sido propostos. Como o *Limits of Acceptable Changes* (LAC), *Recreational Opportunity Spectrum* (ROS), *Visitor impact management* (VIM), *Visitor Experience and Resource Protection* (VERP) entre outros. Os autores sugerem que cada uma delas têm sido objeto de vários problemas na implementação, “geralmente por serem vistos como um processo de planejamento abrangente ao invés de uma ferramenta para ser utilizada dentro de um processo de planejamento adequado”.

Parece-nos que o problema no Brasil tem sido a aplicação sem questionamento e a confiança em fórmulas como a solução e não parte do processo para resolução das questões dos limites do uso público.

2.11.3 microclima

Na última década estudos sobre o microclima das cavernas têm sido utilizados para determinar o nível de variação que o ambiente é capaz de suportar sem exceder a sua variação normal e, teoricamente, sem gerar danos. A análise dos parâmetros do ambiente cavernícola e sua correlação com as possíveis alterações potencialmente causadoras de danos ambientais é uma ferramenta importante para o planejamento e principalmente para o monitoramento do uso público em cavernas e para orientar o nível de uso que este suporta.

Cavernas são usualmente ambientes confinados e com baixa ou total ausência de energia solar e o fluxo de energia é geralmente pequeno, sendo mais importante em locais com fluxos de água, rios ativos ou locais sujeitos à inundações e regiões de entrada com influência do meio externo e presença de animais (CIGNA, 2004). Por terem um fluxo de energia baixo e ambientes mais estáveis as cavernas estão mais sujeitas à perturbação (DE FREITAS, 2010).

Os parâmetros geralmente monitorados são a temperatura do ar, a concentração de CO₂ e a umidade relativa do ar. Também podem ser monitorados o nível de radônio, temperatura da rocha, temperatura de espeleotemas e temperatura da água, velocidade e fluxo do ar, condensação de água em espeleotemas e na rocha entre outros. Embora a caverna tenha um ambiente aparentemente estável este apresenta variações nestes parâmetros. Estas variações definem os limites de perturbação, além dos quais o ambiente pode sofrer danos. Pulido-Bosch *et al.*, (1997)

afirmam que um dos mais imediatos efeitos da visita em cavernas é o aumento da temperatura do ar.

Porém o monitoramento climático é complexo e as metodologias e tecnologias empregadas ainda estão em desenvolvimento.

Badino (2010) afirma que o fluxo de ar na caverna é complexo e depende de diversos fatores como entradas, morfologia, verticalidade, umidade relativa do ar, evaporação, fluxo de água, pressão atmosférica entre outros. Criando padrões de circulação barométrica e convectiva.

A água parece ter um papel fundamental no controle da temperatura na caverna

Fig. 34 Sedimentação térmica na galeria do Rio da Caverna do Diabo. A seta indica a linha que separa as camadas, em cima uma massa de ar mais quente formando uma névoa nítida pela diferença com a camada inferior mais fria. Um único sensor posicionado em apenas uma delas ignoraria a outra. Foto Magna Pontes, 2014.

Apesar do fato de que a temperatura subterrânea aumenta com a profundidade, cavernas são geralmente muito frias. O motivo é a zona vadosa profunda com percolação de água meteórica que equilibra a massa rochosa com a temperatura externa.

A morfologia também pode influenciar, criando armadilhas térmicas.

Um ramo da caverna hermeticamente fechado, desenvolvendo para cima (ou para baixo) da galeria principal, pode prender o ar que flui através dele em uma temporada especialmente mais quente (ou mais fria), criando bolhas de ar que permanecem inalteradas quando os fluxos de ar tornam-se mais frio (mais quente) do que habitual.

Como exemplifica Badino (2010), na caverna Cucchiara, na Sicília, foi medido 36,6 °C no teto e 26,3 °C no piso, dois metros abaixo. Enquanto no meio havia uma camada de contato entre eles. “Na parte superior de um conduto, o ar é muitas vezes mais quente do que o ar na parte inferior (sedimentação térmica)” (fig. 34).

Uma experiência semelhante seria interessante nas cavernas brasileiras para verificar a resposta do ambiente, ao posicionar diversos equipamentos para leituras em diversos pontos de um mesmo espaço.

Na Caverna do Diabo foram monitorados apenas dois pontos, um no Cemitério Indígena (fig. 35 A), trecho contíguo ao Salão da Catedral, e outro na Cara do Diabo (fig. 35 B), final do trecho de visitação tradicional (fig. 35). Ambos compartimentos da caverna à mais de 30 m acima do rio. Os instrumentos, localizados à meia altura em relação ao piso das galerias provavelmente coletaram apenas informações pontuais (SÃO PAULO, 2013a, p.53).

Badino (2010) afirma que mínimas mudanças de temperatura ($0,001^{\circ}\text{C}$) no ambiente hipógeo podem representar grandes variações, ao contrário do que ocorre no meio epígeo.

Os instrumentos atuais provavelmente são pouco sensíveis e precisos para o uso em caverna. E ainda não sabemos quanto de alteração é realmente muito. Estes parâmetros, temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica etc, correlacionam-se e interagem entre si e com o meio.

Portanto, a análise de parâmetros isolados, somado à pequena amostra restrita à pontos isolados e a sua simples comparação direta não parecem estabelecer parâmetros seguros para o manejo da caverna. Para que não sejam apenas esforços estatísticos a escala espacial, temporal, precisão da análise demandada e principalmente a relação entre os dados coletados e os efeitos no ambiente da caverna precisam ser melhor compreendidos. São esperados avanços nos métodos e tecnologias nos próximos anos para responder à estas questões.

Fig. 35 Pontos de monitoramento microclimático na Caverna do Diabo. Fonte: IG-SMA (São Paulo, 2013a, p. 53).

Considerando isto podemos concluir que um único aparelho não seria suficiente para registrar a variação dos parâmetros atmosféricos em um espaço. E que medições feitas em pontos isolados e em compartimentos da caverna, provavelmente desconsideram sua morfologia e os movimentos de convecção térmica do ar em cada um e sua relação entre eles, os quais devem afetar a leitura dos instrumentos de acordo com a sua posição, vertical e horizontal, já que a energia não se dissipa igualmente pelo espaço, e interage com a água, rocha e ar (fig. 36).

Fig. 36 Desenho esquemático da perturbação do microclima na presença do visitante e interação com rocha, água, solo e ar. Os instrumentos devem ser posicionados em diversos pontos do ambiente para registro das variações. Silverio, 2014.

Estudo de Sánchez-Moral *et al* (2010), analisou isótopos de C na Gruta da Altamira, Espanha, e constatou que a concentração de CO₂ na caverna está relacionada à temperatura externa, eventos chuvosos e umidade relativa do ar. Durante as chuvas a concentração de CO₂ alcança o valor máximo, quando a temperatura externa é maior do que a interna, no verão, a caverna apresenta a menor taxa de CO₂. Enquanto no inverno a taxa de CO₂ interna é até oito vezes maior do que no verão, tornando a caverna uma reserva de CO₂.

Para cavernas com uso público instalado, como as cavernas avaliadas nos planos de manejo espeleológico dos parques paulistas, concluídos em 2010, como as informações dizem respeito ao ambiente já perturbado, somente o monitoramento constante e de longo prazo é que pode apontar modificações importantes e antecipar ações para evitar danos.

Cuevas-González *et al.*, (2010) constataram a existência de dois períodos sazonais em ciclos anuais com diferentes comportamentos microclimáticos na caverna Canelobre, na Espanha, com 60.000 visitas anuais. Um período quente dominado pela estratificação de massas de ar com progressivo aumento dos parâmetros microclimáticos e um período frio dominado pela ventilação da caverna e aproximação com os valores externos. Estas variações influenciam a taxa de concentração de CO₂ a qual altera a deposição de calcita por gotejamento. Os resultados mostram que o número de visitas deve ser diferente para cada período.

capítulo 3

3. caverna do diabo

Todas as cavernas que visitamos até agora, estão situadas à margem norte do Rio Ribeira do Iguape. Mas sobre a margem sul, a camada de calcário ainda continua por certos lugares na região do Rio Pardo, do Rio Fria e na Serra do André Lopes. É neste maciço que repousa, há mais de meio século, a mais bela das grutas outrora visitada por Krone. É a Gruta da Tapagem.

Le Bret, Maravilhoso Brasil Subterrâneo, 1975.

A Caverna do Diabo é uma das mais conhecidas cavernas do Brasil, de beleza e importância reconhecida mundialmente. Sua característica mais notável é a grandiosidade e beleza de suas galerias, com numerosos e volumosos espeleotemas (VALLE, 2001, p.136) (fig. 37). Localiza-se no Parque Estadual da Caverna do Diabo (PECD)⁴², o qual abrange os municípios de Barra do Turvo, Cajati, Eldorado e Iporanga, à cerca de 240 Km da cidade de São Paulo, no Vale do Ribeira de Iguape, região sudeste do Estado de São Paulo, uma das principais regiões cársticas do Brasil com mais de 600 cavernas descobertas e um complexo histórico social, cultural e ambiental. Declarada pela UNESCO como Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, em 1991, e Sítio do Patrimônio Mundial Natural em 2000.

Fig. 37 Salão da Catedral da Caverna do Diabo, SP. As velas (estalagmites delgadas) no centro da imagem alcançam 18 m de altura Silverio, 2014

Inserida na faixa carbonática André Lopes, Província Espeleológica do Vale do Ribeira (KARMANN & SÁNCHEZ, 1979) ou Região do Vale do Ribeira (AULER, RUBBIOLI, BRANDI, 2001), a caverna é o sumidouro do Rio da Tapagem, o qual penetra na caverna pela entrada da Tapagem, início no trecho turístico atual e desenvolve seu curso subterrâneo por cerca de 4 km até reaparecer no Vale do Rio das Ostras, afluente da margem direita do Ribeira de Iguape (figs. 38 e 39).

⁴² Em 2008 foi criado o Mosaico de Unidades de Conservação do Jacupiranga no antigo Parque Estadual de Jacupiranga (criado em 1962) com 14 unidades de conservação num total de 243.885,78 há de áreas protegidas, dentre elas o PECD.

Fig. 38 Localização da Caverna do Diabo no Vale do Ribeira de Iguape, em São Paulo. Silverio, 2014.

A caverna tem atualmente 6.500⁴³ m de extensão e o trecho turístico, construído entre as décadas de 1960 e 1980, ocupa cerca de 800 m. A caverna conta com estruturas de concreto armado e iluminação elétrica fixa os quais facilitam o acesso dos visitantes.

Fig 39. Entorno da Caverna do Diabo com infraestrutura principal e atrativos. Silverio, 2014.

3.1 histórico

Conhecida como Gruta da Tapagem⁴⁴ desde meados do século XIX, a primeira exploração e descrição coube ao agrônomo italiano Lourenço Granato⁴⁵ em março de 1901 (fig. 40). Granato fora enviado pelo Governo do Estado de São Paulo, após insistência do diretor do Museu Paulista,

⁴³ Projeção horizontal, computada a Rede Gava

⁴⁴ Para simplificar a compreensão do texto preferimos utilizar nesta pesquisa o nome Caverna do Diabo por este ser mais conhecido.

⁴⁵ Lourenço Granato (1812-1944) Itália. Foi um destacado agrônomo, tendo ocupado diversos cargos nos serviços públicos no Estado de São Paulo. Permanecia desconhecido no meio espeleológico até a publicação do artigo de Roberto Brandi, em 2007.

Hermann Von Ihering, para avaliar as terras nas quais o alemão Ricardo Krone⁴⁶ havia descoberto cavernas com fósseis com o objetivo de proteger as cavernas da região do Vale do Ribeira de Iguape (BRANDI, 2007).

Fig. 40 Gruta da Tapagem em 1901. Foto de Lourenço Granato. Fonte, Brandi, 2007.

Krone teve um papel fundamental na descoberta e proteção das cavernas do Vale do Ribeira e suas publicações foram cruciais para a retomada das pesquisas espeleológicas a partir da década de 1960. Especialmente devido ao seu artigo “As Grutas Calcáreas do Valle do Ribeira de Iguape” publicado na Revista do Museu Paulista (KRONE, 1898), relatando sua primeira viagem à região e as descobertas nas cavernas paulistas.

Em 1909 Krone lista em seu relatório *As Grutas Calcáreas do Vale do Ribeira* a Caverna do Diabo (KRONE, 1909) gerando uma confusão à respeito da descoberta da caverna, como de sua autoria (fig. 41).

3.2 espeleologia

Em março de 1961 o Centro Excursionista Itatins, liderado pelo então Capitão Rodolpho Pettená⁴⁷, visita a Caverna do Diabo (ZILIO, 2003, p.27). Mais conhecido como Coronel Pettená, segundo conta a história, é dele a sugestão da mudança do nome da Gruta da Tapagem para Caverna do Diabo⁴⁸, após ouvir as histórias de alguns moradores que diziam

Fig. 41 Gruta da Tapagem por Ricardo Krone. Krone, 1909.

⁴⁶ Sigismund Ernst Richard Krone (1861-1917) Dresden Alemanha. Imigrou para o Brasil com 23 anos. Estabeleceu-se como farmacêutico na cidade de Iguape, São Paulo, adotando formalmente o nome brasileiro de Ricardo Krone (BRANDI, 2007, p.38). Realiza estudos paleontológicos para o Museu Paulista e instituições européias, e arqueológicos, especialmente sobre os sambaquis. Organiza o segundo cadastro de cavernas do Brasil, após Lund, descrevendo 41 cavernas do vale do Ribeira dentre elas a Gruta da Tapagem, SP-02. (LINO, 1989, p.37) Krone também encontrou o primeiro troglóbio (animal adaptado a viver exclusivamente em cavernas) do Brasil, o bagrecego de Iporanga, na Caverna das Areias (TRAJANO; BICHUETTE, 2006, p.16).

⁴⁷ General Rodolpho Pettená (1924-2007), São José dos Campos, São Paulo. Foi um grande incentivador do desenvolvimento do turismo na região do Vale do Ribeira. Por sua sugestão e influência política conseguiu a abertura da estrada de acesso à Caverna do Diabo e em 1967 a iluminação da caverna.

⁴⁸ Os dois nomes continuam a ser utilizados, porém Caverna do Diabo é mais conhecida do público fora do meio acadêmico e espeleológico.

(...) a escavação não era outra coisa senão a própria moradia do Diabo. Os incautos que se aproximassem daquela boca negra, enfureciam o rei das trevas que, por vingança, lhes haveria de estragar as plantações. (Folheto de divulgação da caverna da Secretaria de Cultura, Esportes e Turismo, 1969)

Segundo Michel Le Bret (LE BRET, 1975, p. 81), naquele dia a caverna mudou de nome

Sem dúvida, para chamar mais a atenção, a Gruta da Tapagem⁴⁹ mudou para Caverna do Diabo. A imaginação de alguns jovens paulistanos se inflama, com efeito.

Fig. 42 Entrada das Ostras na Caverna do Diabo. Guy Collet, Michel Le Bret e François Valla, 1970. Fonte Desnível, ano.4, n.7, 2007, p.5

Entre 1961 e 1963 o grupo espeleológico “Os Aranhas” e o Clube Alpino Paulista (CAP) (fig. 42) realizam expedições de exploração e em 1964 é realizado o primeiro levantamento topográfico, liderado por Le Bret (VALLE, 2001, p.136).

Em 1964, após diversas tentativas, a equipe do CAP consegue completar a travessia da Caverna do Diabo, uma das grandes conquistas da espeleologia brasileira. A travessia é relatada n’O Estado de S. Paulo de 8 de janeiro de 1965, p.19. “Peripécias na conquista da Caverna do Diabo” (OESP, 1965, p.19) (fig. 43).

Hoje, 28 de novembro de 1964, primeira travessia da Caverna do Diabo. Tendo entrado as 10 horas da manhã pela Gruta das Ostras, os exploradores: Michel Le Bret, Philippe Goethals, Caille Goethals, Luiz Guilherme Assumpção (Méca), Sérgio Audino, saíram novamente, às 18 horas, pela Gruta da Tapagem. (LE BRET, 1975, p.99)

⁴⁹ No dicionário Aurélio, o termo Tapagem tem o significado de s.f. Tapume. / Espécie de tapume de varinhas, armado no rio, para pegar peixes. / Barreira que serve de defesa militar. / Excremento. / Bras. Barragem de terra, para represar rios, riachos ou igarapés, a fim de reter os peixes ou fazer açudagem. Provavelmente associado ao uso que se fazia do rio.

Fig. 43 Corte da Gruta da Tapagem com a indicação dos avanços das equipes nas tentativas de realizar a travessia até a sua conclusão pelo Clube Alpino em 1964. Desenho de Michel Le Bret

Em 1966 a Sociedade Excursionista e Espeleológica (SEE) de Ouro Preto/MG realizou um trabalho que incluiu estudos bioespeleológicos, geológicos e climatológicos, além do remapeamento da gruta (fig. 44) (MATOS, 1966; KRÜGER, 1967; VALLE, 2001, p.136).

Após a conclusão dos trabalhos da SEE a Caverna do Diabo assume a posição de maior caverna do Brasil⁵⁰, com 2.850 m de extensão, sendo superada no ano seguinte pela Gruta dos Brejões - BA, com 6.410 m (AULER, BRANDI & RUBBIOLI, 2001, p.21).

⁵⁰ Atualmente a maior caverna do Brasil é a Toca da Boa Vista - BA com 107.000 m de extensão, a Caverna do Diabo é a segunda maior do estado de São Paulo, com 6.500 m de extensão sendo superada pela Caverna de Santana, com 8.540 m de extensão (CNC/SBE, 2014)

Fig. 44 Trecho inicial do mapa da Gruta da Tapagem, SEE, 1966.

3.3 investimento no turismo

Por volta de 1965 o Governo Estadual decide investir no turismo como alternativa de desenvolvimento do estado, Michel Le Bret afirma que (1975, p.125)

...pois desde 1965, um vento novo soprava na região. O Governo do Estado de São Paulo tinha realmente reorganizado sua Secretaria de Turismo e decidira se interessar pelas cavernas.

O primeiro objetivo escolhido foi a Gruta da Tapagem, que, por razões publicitárias, torna-se definitivamente a “Caverna do Diabo”.

Na segunda metade da década de 1960 as visitas à gruta já eram intensas (LE BRET, 1975, p.125)

Desde 1961, em razão das diversas expedições que tinham essa gruta como objetivo, os jornais falavam dela periodicamente. Mas ela permanecia quase inacessível ao fluxo dos turistas.

Em 7 de novembro 1967, é publicado no Diário Oficial de São Paulo o Decreto nº 48.818 pelo Governador do Estado em exercício, o vice Governador Hilário Torloni, o qual alterou seu nome oficialmente de Gruta da Tapagem para “um de amplo conhecimento na região e já bastante divulgado” (DOSP, 1967, p.2).

No final da década de 1960 o governo paulista investe na construção de passarelas, escadarias e pontes para facilitar o acesso no interior da caverna. É instalada iluminação elétrica fixa, alimentada por um gerador à diesel. Posteriormente são construídos chalés, restaurante e feitas melhorias nas estradas de acesso à caverna. Em 1969 o governo do Estado comemora (DOSP, 18.04.1969, p.53)

A Caverna do Diabo (...), tornou-se um atrativo turístico de renome. A Secretaria determinou obras de profundidade, para fazê-la mais amena aos visitantes que a procuram. Assim é que ali se instalou iluminação artística e som. Foram construídos sete chalés e um restaurante, de madeira e escadas, pontes e passarelas tornaram mais fácil a visita à famosa gruta.

Em 1969 o Governo do Estado destacava a “Caverna do Diabo com nova roupagem”. Contando com 400 metros iluminados e entregues à visitação pública, e a instalação de “som estereofônico”, pelo qual seria narrado o histórico da Caverna do Diabo (DOSP, 26.06.1969, p. 2).

Em 1971 a Caverna do Diabo, transformada em “gruta de atração e recreio”, já contava com “ajardinamento exterior, escadarias e passarelas, iluminação interna, lagos artificiais, restaurante, capela, parque infantil, pequeno zoológico, residências de madeira e pátio de estacionamento”. Sendo “visitada por milhares de turistas nacionais e estrangeiros, mesmo durante a semana” (DOSP, 01.04.1971, p.110).

Em 1972 cita-se investimentos para a construção de um teleférico de quatro quilômetros “para acabar com os problemas da estradinha de terra” o principal entrave para quem deseja visitar a caverna (fig. 45), jamais executado. Já se falava do aproveitamento turístico de outras grutas da

região do Vale do Ribeira, “com possibilidades turísticas ainda maiores que as da Caverna do Diabo”

Em 28 de abril de 1978 ‘O Estado de S. Paulo’ informava que em 40 dias estariam concluídos 300 metros de novas passarelas e escadas “Numa tentativa de ampliar a potencialidade turística da região que já recebe cerca de 7 mil turistas por mês.” (OESP, 1978, p.19)

As obras continuam e sobre a ampliação do trecho turístico, em 1978, com execução sob responsabilidade da Planel - Planejamento e Construções Elétricas Ltda (DOSP, 08.06.1979)

Fig. 45 Estrada para a Caverna do Diabo em 1971. Fonte Desnivel, ano.4, n.8, 2007, p.3.

Estão em fase final as obras de ampliação do trecho turístico da Caverna do Diabo, em Eldorado Paulista. Como já é tradicional, repetem-se mais uma vez as agressões à caverna pela quebra de inúmeras estalagmites. Por outro lado ocupou-se o espaço com novos (sic) pontes e passarelas de concreto que nada dignificam a engenharia nacional relativamente ao trato a natureza. O trecho novo tem aproximadamente 150 m e penetra num salão muito amplo e bem ornamentado, onde a principal atração ‘folclórico-turística’ é o Sapo (realmente parecido) (SBE, 1978, p.35).

São realizadas mudanças na iluminação com a troca das lâmpadas coloridas por 120 outras de cor branca ”que segundo os administradores ‘eliminam o ar artificial que durante muito tempo forneceu falsas aparências aos visitantes, que acabavam impedidos de apreciar a beleza natural dos salões da caverna”. Também é instalado o fornecimento de energia elétrica via rede, parado a 200 m da caverna e até então mantido por gerador à óleo diesel (OESP, 1978, p.19).

Nesse período a visitação na caverna aumenta de forma exponencial, em 1978 registram-se 86.583 visitantes na caverna que passa a ser conhecida mundialmente (FF, 2010, p.100).

De meados da década de 1970 até o final da década de 1980 os espeleólogos paulistas dedicam seus trabalhos à região do Vale do Betari na vizinha cidade de Iporanga e em expedições às grandes cavernas dos estados de Goiás e Bahia. A Caverna do Diabo era considerada uma caverna menos interessante e voltada apenas ao turista.

3.4 projeto caverna do diabo - Procad

Em setembro de 1990 a SBE organiza uma travessia da caverna com objetivo de realizar a sua limpeza, após anos de impactos causados pela visitação turística. Nesta travessia verifica-se o potencial da caverna e a SBE dá início ao Projeto Caverna do Diabo (PROCAD), com objetivo de explorar e mapear a caverna e fortalecer a entidade, que passava por uma fase de reestruturação, por meio da integração dos grupos espeleológicos (RODRIGUES, 2002, p.14; FIGUEIREDO et al, 2007, p.113).

Segundo Clayton Lino⁵¹, coordenador no início Projeto Caverna do Diabo, em entrevista à revista Informativo SBE (n.41, set/out 1991, p.3)

Ela que ficou abandonada no aspecto de pesquisa durante muitos anos até com um certo estigma de caverna turística e por estar fora da região do Bethary, de Iporanga, etc onde a maior parte dos espeleólogos vai. Então, a gente estava querendo resgatar a caverna do Diabo como área de exploração e produzir material em termos de estudo da região.

3.5 retomada das atividades

Construída entre as décadas de 1960 e 1980, a infraestrutura existente foi objeto de reformulação frequente durante as últimas décadas. Inserida no Programa de Desenvolvimento do Ecoturismo na Mata Atlântica (2003 e 2013) o PECD recebeu um investimento de R\$ 4.679.955,00 (SMA, 2013, p.69), que inclui a reforma do restaurante e sanitários, transformação do museu em centro de visitantes, novo sistema de iluminação da caverna do Diabo, sinalização e implantação das trilhas do mirante do Governador e da cachoeira do Araçá.

A caverna do Diabo é o principal atrativo do parque e recebe cerca de 27 mil visitas anuais (Tabela 3). Outros atrativos existentes no parque são a Cachoeira do Araçá e o Mirante do Governador.

⁵¹ Clayton Ferreira Lino é arquiteto formado pelo Mackenzie em 1976, trabalhou no Condephaat no qual fez levantamento arquitetônico de cidades no Vale do Ribeira e conseguiu o tombamento da cidade de Iporanga, fez parte da equipe responsável pela implantação do PETAR na década de 1980, foi integrante do Centro Excursionista Universitário da USP e presidente da Sociedade Brasileira de Espeleologia.

Além do estacionamento, restaurante, centro de visitantes e sanitários para receber os visitantes, o PECD mantém um chalé para pesquisadores. Dos sete construídos originalmente, cinco foram demolidos durante as obras na década de 2000, um atende aos pesquisadores e último à administração e aos funcionários do parque.

Teve seu plano de manejo espeleológico concluído em 2010, após a interdição da caverna em fevereiro de 2008⁵², com objetivo de orientar o uso público e ainda não implantado de fato. Atualmente a infraestrutura básica de uso público existente na caverna é composta por escadas, passarelas e rampas em concreto armado e sistema de iluminação elétrica fixa com lâmpadas fluorescentes.

Fig. 46 O Grito ou Cara do Diabo. Silverio, 2014.

A visita inicia-se junto ao centro de visitantes, ao lado do restaurante, e após uma caminhada de 250 m por uma alameda calçada com paralelepípedos chega-se à guarita de controle, localizada à 50 m da caverna, junto ao Rio da Tapagem.

O trecho de visitação da caverna inicia-se no sumidouro do Rio da Tapagem. O percurso inicial junto ao rio, com barragens artificiais para criar um espelho d'água⁵³, chega a uma ponte de concreto armado sobre o rio, que dá acesso à escadaria que vence os trinta metros de desnível até o Salão da Catedral. Neste Salão encontram-se as “velas”, estalagmites altas e delgadas, com cerca de 18 metros de altura (conforme mapeamento em julho de 2013). À direita o Cemitério Indígena, com estalagmites (índios) caídos no chão e o acesso ao Salão Erectus, este último não

⁵² ver 2.9 interdição das cavernas

⁵³ As barragens foram construídas com o intuito de criar um lago artificial para instalação de pedalinhos. Nas primeiras chuvas o lago foi totalmente assoreado.

aberto à visitação. À frente do Salão da Catedral o trecho aberto ao público nos anos 1980 que termina na formação conhecida como O Grito, ou Cara do Diabo (fig. 46).

	inteira	meia	isento	total
2013 janeiro	2.705	523	938	4.166
fevereiro	1.444	187	0	1.631
março	1.133	218	355	1.706
abril	916	757	609	2.282
maio	857	229	549	1.635
junho	802	511	574	1.887
julho	1.963	538	879	3.380
agosto	757	419	380	1.556
setembro	1.088	489	718	2.295
outubro	62	41	711	814
novembro	1.659	428	1.320	3.407
dezembro	1.900	162	853	2.915
total 2013	15.286	4.502	7.886	27.674
2014 janeiro	3.104	603	1.470	5.177
fevereiro	879	90	445	1.414
março	1.771	322	757	2.850
abril	1.745	490	777	3.012
maio	901	475	796	2.172
junho	1.110	488		1.598
total 2014	9.510	2.468	4.245	16.223

Tabela 3 Visitas na Caverna do Diabo. Fonte PECD, 2014

Isento: pessoas com necessidades especiais, aposentados, funcionários públicos em serviço, professores, moradores locais, conselheiros do parque

3.6 mapa do trecho turístico e Salão Erectus da Caverna do Diabo

Fig. 47 Mapa do trecho turístico da Caverna do Diabo. Marcos Silverio, 2014.

Mapeamento realizado para o presente estudo, unindo topografia com estação total, utilizando informações cedidas gentilmente por Ana Laura Person coletadas para o seu trabalho de graduação em Geociências na USP, em 2014, dados de estação total coletados durante o presente estudo em julho de 2014 e informações coletadas por meio de mapeamento espeleológico de detalhe utilizando bússola e clinômetro Suunto, trena laser e croquis, com bases fixas e laterais e alturas medidas com trena laser. Foram feitas bases em pontos de interesse realizado em julho de 2014 por Andrea Kern, Beatriz Hadler Boggiani, Carlos Grohmann (Guano), Christian Moraes, Daniel Menin, Leda Zogbi, Luciana Fackoury, Magna Pontes e Victória Dalla Hart.

O mapeamento contemplou o trecho turístico tradicional, Salão Erectus e galeria do rio até a base Delta 4, do mapeamento do Procad, amarrando as topografias em diversos pontos.

O mapeamento teve como objetivo o melhor detalhamento dos contornos, posição de espeleotemas e sedimentos clásticos significativos para melhor compreensão para subsidiar as propostas de intervenção, de acordo com os objetivos desta pesquisa (fig. 47).

3.7 imagens do PECD

3.7.1 infraestrutura

Fig. 48 Estacionamento. Ao fundo restaurante e sanitários. Silverio, 2014

Fig. 49 À esquerda o centro de visitantes, ao fundo o restaurante. Silverio, 2014

Fig. 50 Sanitários localizados à 100 m da Caverna do Diabo. Silverio, 2014

Fig. 51 Chalé que serve atualmente à administração do Núcleo Caverna do Diabo do PECD. Silverio, 2014

3.7.2 Caverna do Diabo

Fig. 52 Guarita próxima à entrada da caverna

Fig. 53 Entrada da Caverna do Diabo

Fig. 54 Entrada da Caverna do Diabo. Silverio, 2014

Fig. 55 Trecho final da parte turística. Silverio, 2014

Fig. 56 Salão Erectus. Silverio, 2014

Fig. 57 Galeria do Rio. Silverio, 2012

Fig. 58 Cemitério Indígena com Salão da Catedral ao Fundo. Silverio, 2014.

3.7.3 Outros atrativos do PECD

Fig. 59 Vista da Serra que alimenta o Rio da Tapagem a partir do Mirante do Governador. A Entrada da Caverna encontra-se no canto inferior direito. Silverio, 2014

Fig. 60 Cachoeira do Araçá. Silverio, 2014

capítulo 4

4. pesquisa em projeto de arquitetura

A arquitetura é música petrificada.

Goethe

Entretanto é necessário dizer que o ofício do arquiteto é muito complexo... porque o momento expressivo formal é um momento de síntese fecundado por tudo aquilo que se encontra detrás da arquitetura: a história, a sociedade, o mundo real das pessoas, suas emoções, esperanças e expectativas; a geografia e a antropologia, o clima, a cultura (...) a ciência e a arte. A arquitetura é um ofício artístico, embora ao mesmo tempo também é um ofício científico; esta é justamente sua característica distintiva.

Renzo Piano, 2002

4.1 arquitetura e natureza

Embora a arquitetura seja mais comumente identificada com as áreas urbanas, ela abrange todo o ambiente físico que circunda a vida humana e corresponde ao conjunto das modificações necessárias à sua existência. A arquitetura é a capacidade que o homem tem de transformar a natureza em um espaço habitável, no sentido amplo da palavra. August Perret, citado por Katinsky (2001, p.44) afirma que, “móvel ou imóvel, tudo o que ocupa lugar no espaço pertence ao domínio da arquitetura”.

Cabe ao arquiteto a tarefa de planejar e construir os espaços de vivência. Para Paulo Mendes da Rocha⁵⁴ o objetivo da arquitetura “é amparar a imprevisibilidade da vida”, e que ela deve “evitar o desastre”. Artigas afirma que “Ser arquiteto é um privilégio que a sociedade nos dá” o que evidencia o caráter de servidor da sociedade⁵⁵. O desafio de equacionar as demandas de uso, as questões técnicas, estéticas, ambientais, econômicas, sociais e culturais. A arquitetura, assim como a natureza é uma construção social.

A arquitetura não apenas atua na natureza, direta e indiretamente, transformando-a e utilizando seus recursos, como a tem como condicionante de projeto. O clima, a topografia, os recursos disponíveis, o impacto ambiental e todo o contexto cultural em que se insere. Embora a história da relação humana com a natureza tenha sido de dominação e degradação, a discussão sobre a relação da arquitetura com a natureza portanto sempre esteve presente.

Ando (2006), concordando com Gregotti (2006), afirma que a sua arquitetura parte da modificação do ambiente existente alterando a natureza e criando uma nova paisagem a qual ressalta as características do lugar, sendo a função da arquitetura a construção do lugar. Podemos citar Lúcio Costa (2002) que afirma que

Pode-se então definir arquitetura como construção concebida com a intenção de ordenar e organizar plasticamente o espaço, em função de uma determinada época, de um determinado meio, de uma determinada técnica e de um determinado programa.

⁵⁴ Palestra na FAUUSP, 2013. Paulo Mendes da Rocha nasceu em Vitória, 1928. Formou-se arquiteto pelo Mackenzie em 1954 e foi ganhador do Prêmio Pritzker em 2006. É autor do Museu Brasileiro da Escultura (MUBE) e da reforma da Pinacoteca do Estado, dentre outros projetos. É considerado um dos mais brilhantes arquitetos do mundo e alinha-se ao chamado à chamada Escola Paulista de Arquitetura.

⁵⁵ Alvar Aalto, Finlândia 1898. Exerceu importante influência na arquitetura moderna brasileira (LAHTI, 2005)

Não se trata portanto de negar a civilização. A cidade é a máxima expressão da civilidade, da convivência e da solidariedade. Engenho e realização do conhecimento humano, oferece oportunidades de encontros e do inesperado. Ela não é o contraponto da natureza e sim da barbárie. A natureza é o complemento da cidade. Marcelo Ferraz (2011) afirma que “Os habitantes da serra, em extinção, por certo, são gentis, corteses, tratam com diligência, fineza, civilidade, enfim, com *urbanidade*.”

Paulo Mendes da Rocha afirma que devemos ocupar o território. Que os arquitetos devem levantar o melhor do pensamento de como construir neste território. A capacidade técnica de como fazer, com a consciência do que fazer, entre a arte e a filosofia. Estruturar, organizar, possibilitar e acomodar, devem ser os objetivos do projeto. E os espaços devem oferecer a oportunidades de uso. Hertzberger (1999) afirma que

O que fazemos deve constituir uma oferta, deve ter a capacidade de provocar, sempre, reações específicas adequadas a situações específicas; assim, não se deve ser apenas neutro e flexível - e portanto, não específico - mas deve possuir aquela eficácia mais ampla que chamamos polivalência.

4.1 projeto

Segundo Perrone (2007, p.67), o projeto é um processo que gera conhecimento e necessita de um questionamento complexo “o projeto não é uma prática, é uma reflexão crítica, analítica e propositiva”. Perrone (2007, p.64) cita a palestra de Luis Saia, a qual ilustra o nosso pensamento à respeito da atuação da arquitetura, em contraposição à mera construção, e que pode ser aplicado às cavernas. Afirma que

Fig. 61 Croquis de projeto para estrutura modular. Silverio, 2014.

... (Luis Saia) referiu-se a um caso hipotético caso no qual fosse solicitada a construção de uma ponte ligando dois lados de uma cidade.

De um modo simplificado, Saia disse que para o construtor bastariam os pontos a serem interligados, os possíveis locais disponíveis para os apoios, a largura das pistas de rolamento e mais alguns dados técnicos. Assim, seriam possíveis as determinações construtivas e estaria definido o projeto.

De um modo distinto, o arquiteto antes de “lançar” o seu projeto, teria de acrescentar mais fatores para poder defini-lo, teria de fazer muitas perguntas: qual a finalidade da ponte? Quem a utilizaria? Que impactos traria a ligação dos dois pontos? Qual a forma que a ponte teria de modo que, ao invés de obstruir a paisagem, pudesse ser um elemento adequado e belo? Que técnicas poderiam ser utilizadas?... E assim por diante.

A solução arquitetônica de um projeto envolveria, portanto, a construção de um “tornar complexo” o problema a ser solucionado (PERRONE, 2007).

Sendo o processo arquitetônico investigativo e conduzido por meio de raciocínio projetual, (fig. 58) pois enseja a construção de raciocínios teóricos e de resultados efetivos que não seriam possíveis de serem alcançados pelo emprego exclusivo de métodos textuais (LIMA *et al.*, 2011), este só pode ser efetivado por meio de desenhos de significado cognitivo, no qual formulam-se hipóteses e selecionam-se as soluções mais adequadas à questão em vista, em aproximações sucessivas. Estes recursos imagéticos, portanto, são fundamentais para demonstrar elementos que não seriam passíveis de descrição, ou compreensão, por outros métodos que não pelo desenho. O desenho retoma então a definição original de desejo, intenção, desígnio (ARTIGAS, 1967), ferramenta básica da intervenção.

Segundo Robbins (1994):

O desenho é crucial para conceituação cultural e manifestação do projeto e é fundamental para transmitir todas as intrincadas características do projeto arquitetônico. É um importante instrumento para ordenar e estruturar interações e relações sociais dos que participam do processo de projeto, como projetistas, clientes e construtores.

4.2 desenho

Ao contrário da superfície da Terra, o subterrâneo não pode ser analisado por meio de recursos remotos tais como satélites, radares ou fotos aéreas. Tampouco podem ser analisados em sua totalidade *in loco*. Desta forma, a representação de suas feições e processos por meio de mapas, diagramas e esquemas é de fundamental importância devido às características complexas do sistema subterrâneo, as quais dificultam a sua compreensão. Este olhar vai além do visível, é panorâmico e exploratório e soma-se ao domínio da síntese do que é relevante representar das características visíveis e não visíveis. Por seu caráter sintético e analítico esta representação gráfica da complexidade do espaço-tempo subterrâneo, seus espaços físicos e seus processos atuantes, torna mais visíveis as características do objeto representado. A imagem assume então o lugar do objeto e é fundamental na formulação e análise das hipóteses de intervenção (SILVERIO, 2013).

O mapa de caverna, como documento cartográfico, é a base à qual se referem os estudos técnicos e científicos ligados à espeleologia. Para fins cartográficos é imprescindível que se tenha a morfometria do espaço subterrâneo, que aliada a localização da caverna em relação a superfície, permite que a mesma seja caracterizada como entidade geográfica (AULER, 1997 p.83). Os desenhos espeleológicos permitem compreender a morfologia, as proporções, as dimensões e as interrelações dos espaços naturais subterrâneos e entre estes a as formas de relevo da superfície. Também auxiliam na elaboração de hipóteses sobre sua gênese, dinâmica e evolução, representando processos não visíveis diretamente, como a representação de uma imagem baseada em um processo de criação mental, a hipotetigrafia (MASSIRONI, 1982, p.139-190).

Os desenhos espeleológicos podem ser classificados como: (I) documental; (II) representativo; (III) analítico; (IV) reflexivo conceitual e (V) propositivo projetual.

O emprego do desenho arquitetônico no planejamento do uso público de cavernas justifica-se pela possibilidade de criar cenários e validar os resultados ainda na fase de estudos. Podendo propor alternativas técnicas para contornar fragilidades do ambiente ou riscos à segurança ao visitante, tipos de estruturas e materiais mais adequados ao ambiente em função da execução, manutenção e vida útil e avaliar a interferência visual das estruturas no ambiente com recursos de desenho que permitem a

Fig. 62 Croquis de passarela sobre rio. Silverio, 2013

visualização das intervenções. As representações do ambiente com a espacialização de suas características e as hipóteses de intervenção em plantas, cortes, fotoinserção, perspectivas ou modelos 3D, são de simples interpretação pelos especialistas e permitem a sua validação e possíveis ajustes antes do projeto executivo e da execução, garantindo as melhores soluções (SILVERIO, 2013).

4.3 atuação da arquitetura

Arrigo Cigna (2011, p.9-10) cita o planejamento como parte fundamental para a atuação em cavernas

Antes de iniciar qualquer procedimento para desenvolver uma caverna selvagem em uma caverna turística, é necessário um estudo detalhado de toda a situação. (...) Um estudo detalhado proporciona um “projeto” que os investidores, os técnicos, os operários, os expositores e os administradores podem seguir para fazer do empreendimento em uma caverna uma operação bem-sucedida.

Cigna & Burri (2000, p.1-2, grifo nosso), citando Russell Gurnee⁵⁶ (1981), destacam que o sucesso do desenvolvimento e da operação do uso público de uma caverna depende da combinação de quatro fatores:

- a. Estudos científicos
- b. Arte
- c. Tecnologia
- d. Gestão

O **estudo científico** para identificar quais fatores influenciam o uso público, a **arte**, para determinar a ocupação da caverna segundo os estudos científicos, a **tecnologia** para assegurar as soluções mais adequadas à ocupação, e que deve ser articulada pela “arte”, para torná-la “agradável” e de “bom gosto”. Gestão para executar, manter, operar e modificar.

Perrone (2014, p.148, grifo nosso) afirma que

⁵⁶ Russell Gurnee (1920-1995) foi presidente da National Speleological Society dos EUA.

A especificidade dos arquitetos e urbanistas reside na capacidade de definir ou propor formas de organizar os espaços para as atividades humanas em diversas situações e escalas. concebê-las e viabilizá-las, com **técnica, ciência e arte**, dotando-as de sentido de adequação e de beleza.

Arte vem do latim *ars*, que por sua vez é a tradução latina do vocábulo grego *techné*. Sendo a arquitetura o produto das tensões entre a arte e a técnica. No entanto Ando (1991), afirma que a criação arquitetônica não é um método para soluções de questões técnicas, ela deve ser acompanhada de uma ação crítica, e pede a contemplação das origens e da essência dos requisitos funcionais de um projeto, conjuntamente à identificação dos problemas essenciais.

Dado que as condicionantes são únicas para cada caso, não existindo uma solução modelar, estas exigem uma problematização singular. Perrone⁵⁷ lembra que a arquitetura surge (a solução) quando o problema é corretamente colocado. A problematização é a principal fase da arquitetura. Quando surge a questão a ser resolvida. Ou o partido, e também, como recorda Katinsky (2001), a tese (fig. 63).

O contrário desta ação crítica propositiva e que muitas vezes é tratado como algo simples e corriqueiro, é o solucionismo. Este consiste na fé em respostas tecnológicas rápidas e imediatas para questões complexas, antes de estas serem bem formuladas e adequadamente investigadas. Geralmente é acompanhada de desprezo pelo debate e pela pesquisa teórica e acaba por trazer problemas mais complicados do que aqueles que tentou resolver (Tucker, 2013). Uma das características do solucionismo é o de se apoiar em respostas tecnológicas e em conhecimentos não consolidados para validar a sua aplicação, como supostas vantagens ecológicas ou econômicas.

Fig. 63 Croquis de Estudo para trilha.
Silverio, 2013 / 2014

⁵⁷ comunicação pessoal durante disciplina de desenho na FAUUSP, 2012

Na arquitetura, a fé tecnológica condenou o desenvolvimento de soluções arquitetônicas de conforto ambiental à décadas de atraso diante de sistemas de ar condicionado e vidros especiais, os quais representam uma parcela elevada dos custos de execução e principalmente de manutenção de edifícios, com alto consumo energético e causando outros problemas, como os de saúde aos usuários. O mesmo raciocínio pode ser aplicado à prática de apresentar soluções para as questões das intervenções em cavernas, sob o argumento de serem simples e práticas, tais como a instalação de sensores, sistemas de iluminação, materiais etc sem o devido estudo as quais podem ser exemplificadas pela frase do jornalista e crítico estadunidense H. L. Mencken⁵⁸ “Para cada problema complexo há uma resposta que é clara, simples e errada.”

⁵⁸ “For every complex problem there is an answer that is clear, simple, and wrong.” Henry Louis Mencken (1880 – 1956). Foi um jornalista norte americano, ensaísta e crítico da vida e da cultura norte-americana.

capítulo 5

5. manejo do uso público de cavernas e paisagens cársticas

*Em uma caverna nada se tira a não ser fotografias, nada se deixa
a não ser as pegadas, nada se mata a não ser o tempo.*

Lema internacional da espeleologia

5.1 planejamento ambiental

O objetivo do planejamento ambiental é o de conciliar o uso com a conservação do ambiente. Para Santos (2004) este visa o planejamento das atividades humanas a fim de evitar o esgotamento dos recursos naturais e a destruição da natureza por meio de diagnósticos, análises das informações e estimativas de cenários futuros (SANTOS, 2004).

O uso público de cavernas resulta em uma variedade de impactos no ambiente da caverna, embora não igualmente para todas as cavernas ou partes de uma caverna. O desafio do manejo do uso público de cavernas é avaliar a sua relativa vulnerabilidade e os usos compatíveis com ela (GILLIESON, 2011). Esses impactos podem surgir devido à alteração física de passagens naturais, instalação de iluminação artificial, vias, escadas e outras infraestruturas. A fauna é impactada pela alteração da hidrologia, de aporte de alimentos e de condições climáticas. Espeleotemas sofrem com quebras, dessecação e dissolução por alterações de umidade, temperatura e concentração de CO₂.

O manejo de cavernas e do carste é um assunto complexo, que envolve diversas disciplinas e portanto excede o escopo desta pesquisa⁵⁹, que se restringe ao manejo do uso público com foco na atuação da arquitetura. Segundo Pate (2006 p. 229)

Cavernas e paisagens cársticas são únicos. Ambientes frágeis que podem promover oportunidade para a educação ambiental, ciência e recreação para visitantes ocasionais, espeleólogos e pesquisadores. Estas atividades, quando não adequadamente manejadas, podem impactar seriamente e mesmo destruir as características, que tornam estas oportunidades possíveis. Em muitas cavernas estas características não são renováveis. Uma vez destruídas desaparecem para sempre.

As metodologias utilizadas para viabilizar o uso público com a conservação das cavernas e do carste podem ser simplificadas nas diretrizes:

- definição dos usos compatíveis com o ambiente
- estabelecimento de limites de uso

⁵⁹ Sobre o manejo de cavernas e do carste ver WATSON, John, HAMILTON-SMITH, Elery, GILLIESON, David, KIERNAN, Kevin, (Eds.). Guidelines for Cave and Karst Protection. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, 1997. BEYNEN, Philip E van (org.). Karst Management. Springer, Netherlands, 2011. WERKER, Val Hildreth; WERKER, Jim C. Cave Conservation and Restoration. Alabama, NSS, 2006.

- zoneamento
- planejamento da ocupação
- definição de comportamentos desejáveis
- definição da trilha e roteiros
- monitoramento

Hamilton-Smith (2005a, p.1554) afirma que um importante desenvolvimento ocorre desde a década de 1980, com crescente desenvolvimento de pesquisas e monitoramento como ferramentas de gestão do uso público de cavernas, tanto na qualidade da experiência do visitante quanto sobre o impacto sobre a caverna e o carste.

5.2 impactos ambientais

A paisagem cárstica é a expressão de processos naturais que ocorrem ao longo do tempo no ambiente. As ações antrópicas podem modificar ou amplificar estes processos. As características ambientais da paisagem cárstica, alta capacidade de condutividade da água subterrânea e instabilidade estrutural do terreno, a tornam particularmente vulnerável aos impactos ambientais gerados pelo uso e ocupação do solo, podendo sofrer degradação ambiental⁶⁰ de diversas intensidades até a sua destruição total.

Ford & Williams (1989, p.471) e Gillieson (1996, p.237) afirmam que o ecossistema cárstico sofre impacto das atividades humanas ao menos desde o período clássico Grego e Romano. Nos últimos 8.000 anos, com o surgimento da agricultura e a construção de cidades, “estas atividades passaram a ter efeito significativo sobre os ecossistemas naturais”.

Atualmente diversas atividades humanas afetam ou têm potencial para afetar as cavernas e o carste. Desmatamento, agropecuária, urbanização e industrialização, barragens, estradas e outras obras de civis de infraestrutura, descarte irregular de lixo, poluição por esgoto e produtos químicos, mineração, turismo e recreação entre outros podem causar impactos ambientais negativos e irreversíveis.

⁶⁰ Segundo Sánchez (2008), a degradação ambiental, decorrente do impacto ambiental é “qualquer alteração adversa das características do meio ambiente (..) sendo o agente causador sempre o homem” pois “processos naturais não degradam ambientes, apenas causam mudanças”

Fig. 64 Atividades antrópicas e seus efeitos e impactos no carste. Modificado de Ford & Williams, 1989. p. 472

Estas atividades podem causar perda de biodiversidade, destruição da geodiversidade, degradação do solo, deterioração da qualidade e/ou quantidade da água, inundação, contaminação do ambiente, colapso do terreno entre outros (fig. 64) (FORD & WILLIAMS, 1989; GILLIESON, 1996; PILÓ, 1999).

5.3 análise de impacto ambiental

O plano de manejo espeleológico deve dimensionar os possíveis danos e criar alternativas para evitar, mitigar ou remediá-los. Para isto é preciso definir o alcance da análise, o ambiente, e o que são os impactos negativos. Uma das alternativas para auxiliar o processo de gestão do uso público de cavernas é utilizar a metodologia de avaliação de impacto ambiental (AIA), que segundo Sánchez (2008) é

...o processo de identificar as consequências futuras de uma ação presente ou proposta. Como instrumento ou procedimento, visa antever as possíveis consequências de uma decisão. Necessária em muitos países para a aprovação de novos projetos que possam causar impactos significativos. Considerando como

impacto significativo o potencial de causar alterações ambientais expressivas, permanentes ou que impliquem em grande solicitação sobre um ambiente, especialmente os de alta vulnerabilidade.

Fig. 65 Conceito de impacto ambiental. Adaptado de Sánchez (2010), Silverio, 2013.

Na avaliação é importante sempre considerar o impacto comparando a situação futura com e sem a ação proposta. No caso de eventos passados ela é considerada avaliação de dano ambiental.

Segundo Sánchez (2008) o impacto ambiental negativo pode ser definido como a perda da qualidade ambiental, esta

entendida como “uma medida da condição de um ambiente relativa aos requisitos de uma ou mais espécies e/ou de qualquer necessidade ou objetivo humano” (fig 65). Um ambiente pode sofrer degradação, com perda da qualidade ambiental em diferentes intensidades.

Dependendo do grau de perturbação o ambiente pode se recuperar espontaneamente, ser possível apenas com ação corretiva ou a longo prazo ou então ser totalmente destruído. A capacidade de o ambiente se recuperar espontaneamente ou absorver mudanças e retornar a um estado de equilíbrio após uma perturbação temporária é chamada resiliência. A alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana é considerada impacto ambiental. É importante ressaltar que qualquer atividade causa impacto e que não se deve confundir a causa com a consequência, já que o impacto ambiental é o resultado de uma ação humana e não a ação em si.

Nas cavernas, devido à resiliência baixa ou inexistente, dificilmente o ambiente se recupera por si só na escala de tempo humano. Com exceção de locais sujeitos à ação da água e de movimentos de massa, como entradas, a recuperação depende da ação do homem. A melhor referência atual sobre o tema é a publicação de Val Hildreth-Werker & Jim Werker, *Cave Conservation and Restoration* (WERKER & WERKER, 2006).

5.4 impactos negativos em cavernas causados pelo uso público

Segundo Ford & Williams (1989, p.472) e Gillieson (1996, p.237-297) o aumento do uso público de cavernas, especialmente impulsionado pelo turismo, tem causado impactos negativos

com danos significativos ao ecossistema cavernícola, e necessita de manejo adequado à fim de conservar o ambiente e garantir os objetivos do uso público. Boggiani (2007) afirma que o turismo é tão impactante quanto qualquer outro empreendimento e causa impactos nos meios sócio-econômico, biótico e físico.

O aumento da atividade turística em atrativos naturais, no Brasil, não tem sido acompanhado dos estudos necessários para que estas atividades sejam desenvolvidas com o mínimo de impacto ambiental negativo.

Os impactos do uso porém não se restringem ao turismo. A espeleologia como um todo, exploração, mapeamento e a pesquisa científica danificam as cavernas. Gillieson (2011) afirma que no deslocamento dos visitantes pela caverna, há contato direto entre eles, o chão, paredes e teto da caverna, causando impactos diretos ao ambiente físico, como distúrbios de sedimentos, causando erosão na superfície da rocha, modificação de entradas de cavernas e passagens, alargamento pela remoção de rocha e sedimentos, quebra de espeleotemas. Também transferência de sedimentos para áreas previamente limpas e introdução de fontes de energia a partir de sedimentos e resíduos de alimentos. Não é incomum encontrar espeleotemas quebrados ou sujos, pisoteio de espeleotemas e sedimentos frágeis, marcas em paredes etc em locais somente frequentados por exploradores. Porém muitos destes danos foram sendo causados há anos, quando não havia uma consciência sobre o tema, e hoje os grupos tendem a seguir um certo código de ética, que ainda necessita ser discutido e formalizado. A prática de definir uma trilha para evitar o pisoteio de toda a galeria, cuidado redobrado para não sujar ou quebrar espeleotemas durante a exploração, o abandono das “lanternas de carbureto” e com ele a fuligem e a borra de cal muitas vezes despejada na caverna.

Ford & Williams (1989, p.471) afirmam que o ambiente cárstico é particularmente frágil e vulnerável a danos em comparação com a maioria dos outros ambientes naturais. A fragilidade é uma característica inerente ao ambiente cárstico e sua vulnerabilidade depende da sua condição em relação ao fator externo, neste caso o uso público.

Ao contrário do ambiente externo, sujeito ao intemperismo, presença de vegetação, entre outros, o ambiente subterrâneo geralmente sofre muito lentamente os efeitos do tempo e por isto tem baixa, ou nenhuma, resiliência (GILLIESON, 2011). É basicamente um recurso não renovável, os impactos são cumulativos, possivelmente sinérgicos, e irreversíveis. E aparentemente os efeitos de uma perturbação ocorrem em uma escala não linear. O impacto de

dez visitantes em uma caverna é mais do que o dobro de cinco visitantes (GILLIESON, 1996, p. 246).

Este ambiente quando danificado tende a permanecer nesta condição por períodos muito longos de tempo. Pegadas de humanos encontradas na Gruta de Chauvet, na França, por exemplo, permanecem no solo argiloso da caverna nos últimos 35.000 anos (CLOTTE, 2001; WERZOG, 2010).

Gillieson (1996), Pulido-Bosch *et al.*, (1997), Watson *et al.*, (1997) apontam alguns impactos causados pelo uso público de cavernas

- a. Impactos no ar: aumento da temperatura do ar, redução da umidade relativa do ar, aumento da concentração de CO₂, alteração do fluxo de ar e do microclima
- b. Impactos na rocha: dissolução por alteração do microclima, erosão, polimento da superfície
- c. impactos no solo: compactação ou liquefação, erosão ou movimentação de sedimentos, impermeabilização
- d. impactos na água: alteração química, poluição
- e. impactos nos espeleotemas: destruição, sujeiras, *lampenflora* (crescimento de organismos clorofilados na presença de luz e umidade), dissolução por alteração do microclima, dissolução bioquímica causada pela *lampenflora*, dissecação, pisoteamento
- f. impactos na fauna: destruição do habitat, destruição da fauna, introdução de organismos exóticos, perturbação da fauna, alterações de padrões alimentares,
- g. ambiente em geral: inserção de materiais (concreto, madeira, plásticos, metais), introdução de nutrientes, sujeira (*lint - cabelo, pelo, fiapos de tecido, restos de pele etc*), alterações da estrutura física da caverna, alargamento de passagens, pichação, alteração da hidrologia, transporte de sedimentos, destruição de sítios arqueológicos e paleontológicos, contaminação por poeira e fuligem, restos de comida, lixo orgânico, contaminação por óxidos de metais (pilhas, estruturas etc)

- h. ambiente externo com implicações na caverna: carreamento de sedimentos causado por desmatamento e obras, redução do volume de água de rios, redução do volume de água no epicarste devido à desmatamento ou impermeabilização do solo, contaminação por esgotos, combustível, lubrificantes de estacionamentos, sanitários, estradas e manutenção de equipamentos por meio de fraturas na rocha, contaminação da água

Na Caverna de Santana, em Iporanga, SP, há uma camada de fuligem gerada pela queima de acetileno devido ao uso intensivo e a longo prazo de lanternas à carbureto. As galerias superiores desta caverna, como a do Rio Verde, tiveram seus pisos destruídos pelo pisoteamento de escorrimentos e de represas de travertino e estalactites e estalagmites foram quebradas no percurso turístico. O Salão do Segredo, uma pequena galeria que é utilizada para o “batismo” dos turistas novatos que precisavam rastejar, teve o sedimento do piso retirado pela visita intensiva e agora é possível acessar o seu início apenas agachado. Na Gruta do Morro Preto, a passagem entre blocos para acessar o mirante teve suas paredes polidas pela passagem de visitantes. A Gruta Alambari de Baixo tem todo o seu salão inicial pisoteado, assim como o salão das Dunas na Gruta da Lage Branca e o Cemitério Indígena, salão da Caverna do Diabo (fig. 66).

Segundo Spate & Hamilton-Smith (1991) citando Stitt (1977), os efeitos dos impactos do uso público em cavernas podem ser agrupados em três categorias segundo as suas interrelações. Os efeitos **cumulativos**, aqueles em que os impactos são adicionados uns aos outros. Os **sinérgicos**, em que dois ou mais efeitos combinam e produzem um efeito maior, e/ou mais abrangente, do que seria de se esperar se ocorressem de forma independente. E o **independente**, que não tem qualquer influência sobre os efeitos de outras ações. Os autores afirmam que os três ocorrem em visitas às cavernas mas tendemos à ignorar os efeitos sinérgicos por não terem uma razão causa-efeito tão clara.

Fig. 66 Acesso para o Cemitério Indígena na Caverna do Diabo. A ausência de uma trilha demarcada resulta no pisoteio de todo o salão e facilita o acesso de visitantes à locais frágeis.

Fig. 67 Uma das primeiras fotos da Gruta Lascaux em 1947. Fonte Ralph Morse—Time & Life Pictures/Getty Images. Life.com

Um dos casos mais conhecidos de degradação causada pelo uso público é o da Gruta Lascaux, na França. Descoberta em 1940 e aberta à visitação logo após a segunda Grande Guerra, em 1948, foi fechada definitivamente em 1963 para proteger suas pinturas. Devido à intensa visitação as pinturas preservadas durante milênios passaram a

sofrer o ataque de organismos clorofilados, chamados de *praga-verde*, devido ao aumento da temperatura, alterações na umidade relativa do ar e da taxa de dióxido de carbono causados pelos cerca de 1.200 visitantes diários (fig. 67). Apesar dos investimentos vultosos em pesquisas e equipamentos e do monitoramento constante. Desde 1998 a caverna sofre com ataques de fungos causados pelo sistema de condicionamento de ar. O mesmo ocorreu com a Caverna de Altamira, na Espanha (Williams, 2007, p.21-24).

Descoberta em 1994, a Gruta de Chauvet permanece restrita apenas para pesquisadores em virtude da vulnerabilidade de seu ambiente, numa tentativa de não cometer o mesmo erro. (fig. 68)

Fig. 68 Escadas para acesso e locomoção das equipes de pesquisa na Gruta de Chauvet. <http://donsmaps.com/chauvetcave.html>

5.5 impactos causados pelas estruturas de uso público

Os impactos causados pelas infraestruturas de apoio ao uso público podem ocorrer nas fases de execução, operação, manutenção e retirada. Planejar a operação de casa uma destas fases considerando as técnicas, equipamentos, recursos humanos e financeiros necessários para sua execução bem como os possíveis impactos causados por esta atividade são fundamentais.

Muitos danos são causados pela falta de planejamento ou planejamento inadequado, geralmente projetos realizados por leigos, não consideram todas as implicações e são mal resolvidos, deixando decisões para a fase de execução. E, mesmo quando há planejamento, podem ocorrer problemas na execução, sem supervisão dos técnicos e acompanhamento de espeleólogos. Posteriormente à execução uma equipe composta por especialistas das áreas contempladas no planejamento deve vistoriar e aprovar o que foi executado. Para evitar o que ocorreu, por exemplo,

na instalação do novo sistema de iluminação na Caverna do Diabo em São Paulo e nas grutas da Lapinha, Rei do Mato e do Maquiné, em Minas Gerais (fig. 69-71).

Fig. 69 Passarelas de concreto armado, instaladas na década de 1980, apoiadas sobre espeleotemas causando danos à caverna. À esquerda instalação de luminária ao lado do pilar. Silverio, 2014.

Fig. 70 Luminária instalada em 2013 com construção de anteparo de tijolo cerâmico com nata de cimento imitando escoamento de calcita. A lâmpada incandescente de alta potência permanece acesa juntamente com o restante do sistema, embora o projeto afirme que só seria utilizada em casos “especiais”. Notar danos no piso e sobras de argamassa e tijolos abandonados na caverna. Silverio, 2014.

Fig. 71 Quadro de energia instalado na lateral do Salão da Catedral em 2013, em local acessível ao público. Notar na parte inferior da foto a caixa de passagem com tampa em concreto saliente, colocando em risco os visitantes. Notar o anteparo de alvenaria recortado e coberto com calda de cimento imitando grosseiramente um espeleotema. Silverio, 2014.

5.6 gestão

A gestão é fundamental para o cumprimento dos objetivos de uso público. Envolve diversas dimensões e interfaces. Não cabe um detalhamento de cada uma delas, porém Dunkley (2001) afirma que é importante compreender que o manejo é processo e não um produto e que é fundamental que todos os envolvidos participem deste processo, especialmente funcionários e monitores e não apenas os especialistas. A experiência destes quando houver algum tipo de uso implementado deve ser considerada. É importante também a participação de usuários. Isto torna o processo participativo de fato, com soluções mais adequadas e de mais fácil implementação e controle. Dunkley (2001) afirma que o principal usuário é a comunidade e esta deve participar de

fato, “a simples participação em oficinas para perguntar a opinião sobre as decisões tomadas não funcionam”.

Para Dunkley (2001) a efetividade do manejo depende de uma cultura inclusiva e interativa, nas quais as regras são mínimas e acordadas entre todos. E devem dizer não apenas o que não fazer mas o que se espera que seja feito. Iniciando pelo próprio comportamento dos gestores, funcionários e especialistas como um exemplo para os visitantes. Isto facilita a o cultivo de uma cultura de conservação e respeito pelo ambiente e o senso de comunidade. O controle baseado no conhecimento, autoridade e poder coercitivo não funciona e os usuários devem ser vistos como parceiros no processo de manejo, e não como um problema. Há riqueza de experiência e bom senso lá fora, enfim deve-se confiar nas pessoas.

5.7 monitoramento

O monitoramento consiste na avaliação de indicadores com objetivo de prevenir danos, reconhecer padrões e orientar ações de gestão e correção. É um método de avaliação do progresso do manejo e uma prática fundamental para a gestão do uso público. O monitoramento deve iniciar antes do desenvolvimento do uso público, prosseguir durante a operação e continuar após a desativação. E os dados devem ser acessíveis.

Os indicadores de impactos ambientais devem ser passíveis de mensuração, tais como:

- partículas em suspensão (poeira, fuligem) - presença / ausência
- danos à infra estrutura - tipo, extensão e local
- presença de lixo, lint e restos de alimento - tipo, extensão e local
- presença de lampenflora - extensão e local, quantidade
- ressecamento (ou interrupção de gotejamento) ou condensação de água em espeleotemas, estruturas e rocha - tipo, extensão e local
- danos à espeleotemas, rochas, piso (polimento, quebra, sujeira, manchas, riscos, descolorimento, escurecimento,) - tipo, extensão e local, quantidade,,
- carreamento de solo e matéria orgânica (por rios, entradas, transportado por calçados etc,), presença, quantidade, local
- danos ao solo (compactação, transporte)

- danos à sítios arqueológicos e paleontológicos

O monitoramento é fundamental no processo de gestão, o qual necessita estar em constante avaliação e melhoria. O monitoramento deve ser acompanhado da avaliação dos resultados, planejamento de melhorias. O ciclo PDCA ilustra o processo (fig. 72).

Fig. 72 Ciclo PDCA

5.8 experiência do visitante

Como visto nos itens 2.4 *as aventuras na natureza* e 2.5 *as aventuras nas cavernas* do Capítulo 2. É importante que a experiência do visitante seja autêntica para que ele se envolva com o espaço com curiosidade e descoberta, e estabeleça uma relação de companheirismo com o grupo que o acompanha. Segundo Lechner (2006, p.22-30) na década de 1970

os pesquisadores de recreação começaram a ter uma visão mais ampla, não apenas com respeito ao que os recreacionistas estavam fazendo, mas também sobre o porquê deles estarem fazendo (os fatores motivacionais) e quais as determinantes importantes para a satisfação dos visitantes. Através da compreensão dos motivos de visitação se tornou possível identificar e entender os propósitos da atividade de recreação.

O Manejo Baseado na Experiência - *Experienced Based Management* (EBM) é fundamentado na premissa de que os indivíduos se engajam em certa atividade recreacional que ocorre em locais especiais, de modo a obter determinada satisfação psicológica. O grau de satisfação alcançada define a experiência recreacional. E o Espectro de Oportunidades de Recreação ou *Recreational Opportunities Spectrum* (ROS) fundamentado no manejo baseado em experiências em que o local é explicitamente reconhecido como condição necessária.

Para tanto é necessário que se estabeleçam os objetivos do uso público, o público e as atividades desenvolvidas. A experiência então depende da expectativa do visitante, do lugar, com ou sem facilidades e do manejo adequado.

Portanto o visitante de *show caves*, mais modificadas e acessíveis, terá uma experiência diferente de outro em uma caverna sem estas facilidades, porém não melhor ou pior do ponto de

vista da satisfação. Mas concordamos que a experiência espeleológica, tal qual a exploração de cavernas, é mais rica e outros sentidos são estimulados do que em uma visita contemplativa. A interpretação deve ser baseada mais na vivência do que na transmissão de informação. E para isto o guia tem papel fundamental no processo. Este não deve ser visto apenas como um condutor de grupos ou como o interprete do meio para os visitantes, repetindo muitas vezes um discurso decorado. Ele deve ser um mediador.

5.9 restauro

Poucos trabalhos de restauração e recuperação de cavernas foram realizados no Brasil. Com destaque o trabalho de Helena David na restauração do painel de pinturas rupestres na Gruta do Ballet, em Lagoa Santa, MG, reconhecido mundialmente. E pequenas ações isoladas como a limpeza de espeleotemas do Salão Duca na Gruta do Jeremias em São Paulo em 1999 e a retirada de lixo de algumas cavernas como a do Diabo.

A restauração e recuperação de cavernas é um assunto ainda pouco discutido no Brasil. Apenas em 2014 foi realizado o primeiro evento sobre o tema, um curso de conservação e restauração de cavernas com Jim e Val Werker organizadores da melhor publicação sobre o tema (WERKER & WERKER, 2006) por iniciativa do Instituto do Carste. A restauração deve ser uma alternativa a abertura de novas cavernas ou trechos de cavernas ao turismo. E deve ser uma prática de manejo com objetivo de conservação e de melhoria da percepção e da experiência do visitante.

O propósito é recuperar e mitigar os danos causados pelo uso público, e retornar o ambiente ao seu estado o mais próximo do natural. Porém, tal qual as intervenções no patrimônio arquitetônico, o restauro de cavernas deve seguir uma ética de atuação. Por exemplo não realizar imitações de formações.

A restauração se aplica mais comumente a retirada de estruturas e recuperação de formações danificadas. Espeleotemas, quando encontradas as peças constituintes originais, podem ser remontados e fixados utilizando resinas, inserts metálicos e adesivos (fig. 73).

O restauro também pode promover uma conduta ética em relação às cavernas, promovendo o uso com a conservação.

Fig. 73 Esquema de reparo de espeleotema. Hill & Forti, 1997, p.308

5.10 métodos construtivos

Devido à fragilidade do ambiente os métodos construtivos devem ser os de menor impacto ambiental em todo o ciclo de vida, planejamento, construção, operação e desativação.

As técnicas, sistemas e métodos construtivos devem priorizar, o uso de mão-de-obra e de materiais disponíveis localmente com custo e tecnologia acessíveis. De preferência os que possibilitem a utilização de ferramentas manuais, e nas quais as ligações entre os elementos não necessitem de solda, adesivo ou produtos químicos, e que possam ser facilmente desfeitas para reparo, troca ou retirada.

Deve-se avaliar a necessidade de escoramentos, cortes e aterros, fundações complexas, perfuração e cortes de rochas, a movimentação de material da caverna, o transporte complexo de material que possa causar danos ao ambiente e a quantidade de material externo inserido na caverna (e que precisará ser retirado em algum momento). Atentando para a possibilidade de quebra de espeleotemas, emissão de poluentes e de contaminantes.

O planejamento das infraestruturas deve observar os seguintes princípios:

- a. Devido ao conhecimento em constante evolução, as infraestruturas devem ser passíveis de aprimoramento, portanto, as intervenções devem ter sempre um caráter transitório, e prever a sua modificação, atualização ou retirada
- b. Estruturas mínimas necessárias. Segundo Veni (2011), a conservação da caverna deve ser a prioridade. Portanto não devem causar mais impacto do que seriam causados caso não existissem.
- c. Critérios de mínimo impacto no ambiente em todas as fases de execução, operação, manutenção e retirada.
- d. Integração das estruturas e equipamentos ao ambiente, porém a caverna deve ser protagonista.
 - As estruturas devem ser claramente identificadas, sem imitarem a natureza.
- e. Utilizar métodos construtivos de menor impacto ambiental em todas as fases.
- f. Aplicação das melhores técnicas disponíveis e mais adequadas ao ambiente
 - não deve haver resíduos de solda, pintura ou outros acabamentos de superfície, resíduos de corte ou perfuração, danos físicos à caverna, contaminação por produtos químicos como óleo, solvente, graxa etc, poluição sonora ao utilizar ferramentas.
- g. Considerar o uso de soluções modulares de simples montagem em campo
 - planejar a necessidade de uso de escoramentos, fundações, e ancoragens. Avaliar o impacto causado pelo transporte de materiais e estruturas até o seu local de utilização.
- h. Prever a possibilidade de retirada total das estruturas, equipamentos e materiais sem causar dano ao ambiente, retornando às condições mais próximas às naturais anteriores à sua implantação.
 - Em função de futuras mudanças de uso, legislação ou técnica.

5.11 materiais utilizados

Os materiais a serem utilizados nas cavernas devem ser adequados ao uso e função propostos, inertes, de baixa manutenção e fácil substituição.

A sua utilização deve considerar o método construtivo adequado, evitando a produção de poeiras, resíduos, fuligem, fumaça e efluentes entre outros, que possam prejudicar o ambiente. Atividades de solda, pintura e outros tratamentos de superfície não devem ser realizados no interior da caverna e portanto os materiais e métodos construtivos devem prever estas situações.

Integração ao ambiente e evidência de intervenção

Segundo Spate e Hamilton-Smith (1997) qualquer intervenção deve ser capaz de distinguir-se da situação original. Materiais introduzidos na caverna não devem confundir-se com os originais do ambiente. Deve-se evitar a imitação precisa, pelo mesmo motivo anterior. Por exemplo, para iluminação elétrica fixa, utilizar anteparos de metal ao invés de construir paredes de alvenaria tratados com nata de cimento para imitar a rocha ou espeleotemas.

No entanto, as alterações devem ser cuidadosamente planejadas para que sejam harmônicas com a caverna, não deve-se confundir os materiais distinguíveis com desleixo. Os autores ainda sugerem que as alterações prévias, quando incorretas, devem ser removidas e não aceitas como uma condição imutável. Nestes casos deve-se considerar os prováveis danos da sua retirada, como para estruturas de concreto armado.

O material deve se expressar pelo seu caráter físico próprio. A aparência do material não deve ser dissimulada ou imitar a de outro sob risco de gerar frustração e prejudicar a experiência do visitante. A autenticidade é um dos fatores importantes na percepção do espaço. Os materiais são apreciados pelas qualidades que representam, relacionados à valores éticos ou a verdade do material. Portanto utilizar plásticos, resinas e argamassas para simular madeira ou rocha, nata de cimento para imitar escorrimentos de calcita etc, não podem ser tolerados.

A escolha dos materiais e dos métodos construtivos deve considerar o acesso aos locais, internos e externos. Como muitas cavernas encontram-se em meio à mata, vales, dolinas ou à meia encosta, o transporte até estes locais não deve causar impactos ao ambiente externo e interno. A necessidade de caminhões pesados, máquinas e equipamentos devem ser cuidadosamente analisada.

5.11.1 tipos de materiais

5.11.1.1 rocha

É visualmente agradável e quando bem executada causa baixo impacto no ambiente. Demanda grande movimentação de material quando não executada com materiais locais, dificuldade de remoção posterior com danos à sedimentos. Atualmente há dificuldade de encontrar mão-de-obra com conhecimentos para trabalhar corretamente com o material, o que pode causar grande impacto visual quando mal executado.

O uso deve ser restrito apenas à demarcação de trilhas com rochas do próprio local e a sua realocação para facilitar o percurso.

5.11.1.2 madeira

Apresenta aspecto agradável, fácil manuseio e disponibilidade. Porém, quando não corretamente dimensionadas, podem causar impacto visual pelo superdimensionamento das peças (fig. 74). Nas cavernas deteriora com grande velocidade e pode desequilibrar o ambiente pelo aporte de nutrientes. Cria meios para ploriferação de flora e fauna exótica e, quando tratada com produtos químicos, contaminam o ambiente prejudicando a fauna.

Quando planejado corretamente é um produto indicado para cavernas pela boa durabilidade, aspecto agradável e facilidade de manuseio. Peças de madeira laminada e madeiras compostas não podem ser utilizadas por conterem componentes contaminantes, como adesivo e resina.

Fig. 74 Escada de madeira na Caverna de Santana, Iporanga, SP. Silverio, 2011.

5.11.1.3 concreto armado

Material de grande durabilidade por conter basicamente carbonato de cálcio. Porém pode sofrer ataque do meio dissolvendo e atacando a armadura. Não são recomendadas por necessitar

de grande quantidade de material. O transporte de material causa impacto no ambiente e sua remoção necessita de ferramentas pesadas causando grande impacto com geração de poeira e outros resíduos. A instalação necessita de formas de madeira ou metálicas, escoramentos e fundações robustas. Podem gerar grande impacto visual e movimentações de material para sua execução (Fig. 75-76).

Figs. 75 e 76. Construção de passarelas de concreto na Gruta Kapsia, Grécia. Preparação das formas para receber concreto armado. Foto Leda Zogbi, 2005

5.11.1.4 alvenaria e argamassa

Causa grande impacto visual, grande movimentação de material exótico, modificação de sedimentos do pisos, dificuldade de remoção, possibilidade de contaminação do ambiente e impactos causados pelo transporte e execução (fig. 77).

Metais

O uso de metais deve ter preocupação quanto à corrosão galvânica, considerando que o ambiente da caverna favorece a sua ocorrência, mesmo quando os metais estão próximos mas sem contato direto.

Fig. 77 Anteparo em alvenaria para iluminação da Caverna do Diabo. Silverio, 2014

5.11.1.5 aço carbono comum

Apresenta baixo custo, grande resistência mecânica e possibilidade de vencer grandes vão com poucos apoios, menores dimensões estruturais, podendo ser construído em módulos desmontáveis. É facilmente oxidado e por isto tem baixíssima durabilidade, com necessidade de manutenção constante.

Não deve ser utilizado pois deteriora muito rapidamente no ambiente liberando óxidos potencialmente contaminantes (fig. 78). A proteção com tintas não é adequada pois rapidamente deteriora expondo o material ao ambiente e causando impacto pela liberação de compostos potencialmente contaminantes no ambiente, como o chumbo.

5.11.1.6 aço inoxidável

Apresenta grande durabilidade, resistência mecânica. Apresenta alto custo o que impede seu uso em larga escala. Devido ao seu aspecto o projeto deve dar especial atenção à interferência no ambiente. Pode ser matizado em cores que reduzam esta interferência (Fig. 79).

5.11.1.7 aço patinável - oxidável (tipo córtén)

O aço oxidável necessita de um ciclo úmido / seco para formar a pátina estável de proteção. Exposto a umidade contínua sofre corrosão acelerada, igual ao aço carbono desprotegido. Na caverna é rapidamente deteriorado liberando óxido de ferro no ambiente. Não deve ser utilizado.

5.11.1.8 aço galvanizado

Não resistem adequadamente no ambiente liberando cádmio e zinco que contaminam o ambiente e prejudicam a fauna e flora (SPATE *et al*, 1997). Tem aspecto industrial que pode destoar do ambiente, embora possa ser tirado partido desta característica. Deve ser evitado.

Fig. 78 Aço comum oxidado na Gruta Rei do Mato, MG. Contaminante e tingindo o escorrimento abaixo. Alt, 2013a.

Fig. 79 Escada com estrutura em aço galvanizado e corrimão em aço inox Gruta da Lapinha. Grande interferência no ambiente devido ao desenho das peças, iluminação e posicionamento de equipamentos inadequados. Foto Alexandre Pontalti, 2011.

5.11.1.9 ferro fundido

Apresenta baixo custo e baixíssima durabilidade com possibilidade de contaminação da caverna pela liberação de óxidos. Necessidade de manutenção constante e ligações de execução mais complexa. Não deve ser utilizado.

5.11.1.10 alumínio

Apesar de sua aparente resistência à corrosão o alumínio deteriora rapidamente nas cavernas liberando compostos tóxicos e perdendo rapidamente seção e portanto resistência. Tem alto custo. Não deve ser utilizado.

5.11.1.11 polímeros (plásticos e madeira plástica)

O plástico ou a chamada madeira plástica constituída de 100% polímero apenas simula a aparência da madeira. Geralmente composto de polietileno de alta densidade ou polipropileno reciclado ou virgem. Não apresenta características de resistência mecânica para funções estruturais. É reciclável, não absorve água e não sofre ataque de microorganismos. É utilizado em como piso de deques, cercas, bancos de jardim, revestimentos e tapumes. Ainda não se conhece o comportamento do material na caverna e sua durabilidade. Tem baixa resistência mecânica e não deve ser utilizado como material estrutural (tabela 4). Pode liberar contaminantes pela degradação ou emissão de compostos voláteis. Devido à baixa resistência à abrasão pode liberar partículas no ambiente. Devem ser feitos estudos antes de sua especificação para cavernas.

	resistência à tração (MPa)	resistência à compressão (MPa)	módulo de elasticidade (MPa)	densidade (kg/ m3)
aço comum	147	147	210.000	7.850
eucalipto de densidade média	65	54	15.600	721
madeira plástica	12	28	1.314	930

Tabela 4 Características mecânicas de materiais utilizados em ambientes naturais Modificado de Lobao et al, 2004 e Molina et al, 2009. Silverio, 2014

O plástico, aqui chamado de madeira-plástica, tem sido utilizado em áreas protegidas em substituição à madeira e merece comentários. Não há no Brasil normas técnicas referentes à utilização estrutural do compósito plástico-madeira. Segundo ensaios realizados por Dalfré (2007) e Kazikawa (2009) observou-se que a madeira plástica apresenta baixa resistência à flexão, grande

deformidade, inflamabilidade, baixa rigidez e deformação devido ao peso próprio. Os corpos de prova apresentaram deformação permanente (residual). Molina, Carreira & Calil Jr (2009) analisam o comportamento estrutural de perfis retangulares e concluem que esta apresentou “elevada deformabilidade na flexão”.

As características mecânicas da madeira plástica, resultam em peças estruturais sujeitas à deformações e à ruptura. Para resistir aos esforços são necessárias peças com dimensões estruturais maiores, ocasionando aumento de peso da estrutura e sobrecarga nas fundações, que precisam ser redimensionadas para resistir ao aumento do peso próprio da estrutura e interferência visual no ambiente.

5.11.1.12 compósito polimérico reforçado com fibras

Materiais compósitos são aqueles que reúnem em sua composição ao menos dois componentes com propriedades físicas e químicas distintas e que, unidos, resultam em um terceiro material com características distintas dos componentes quando isolados, melhorando suas propriedades para determinado fim. Os polímeros reforçados com fibra de vidro, aramida, metal, cerâmica, carbono etc, apresentam ótimas características mecânicas e podem ser utilizados como materiais estruturais.

Fig. 80 Caverna de Arrikutz, Espanha. Estrutura das passarelas em compósito polimérico reforçado com fibra de vidro.
<http://www.lks.es>

Tem a vantagem de não reagir com o ambiente e ter baixo peso, reduzindo o custo e as dimensões de fundações e facilitando o transporte e a montagem. Ainda não se conhece a durabilidade e se emitem compostos contaminantes no ambiente.

Foi utilizada na construção de uma passarela de 500 metros na caverna de Arrikutz em 2007 pela empresa LKS (fig. 80). Composto de matriz de poliéster reforçada com fibra de vidro (ALTUBE & SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, 2007). A pesquisa de materiais e o desenvolvimento de produtos junto a fornecedores locais pode ser uma opção para o início da aplicação de materiais compósitos em áreas naturais.

5.11.1.13 compósito plástico-madeira

Composto de polímeros, geralmente polietileno de alta densidade para extrusão e polipropileno para extrusão e injeção, e fibras de celulose, mais comumente serragem de madeira,

fibra de coco ou casca de arroz. São utilizados aditivos para melhorar suas características como carbonato de cálcio, caulim, pigmentos e plastificante, entre outros. Embora seja também fabricado com plásticos reciclados, grande parte da produção utiliza matéria-prima virgem, sob orientação dos fabricantes de máquinas, devido à melhor qualidade e ao baixo custo da matéria-prima do petróleo, garantindo a homogeneidade do produto final. A composição básica leva de 20 a 80% de serragem de madeira e esta propicia a absorção de umidade pelas fibras de madeira da composição, mínimo 0,8%, e por isto também pode ser atacado por microorganismos. É utilizado para fabricação de paletes, em pisos de deques, cercas, bancos de jardim, revestimentos e tapumes. Devido ao processo de fabricação este material ainda não pode ser reciclado.

Por não ter fibras que resistam aos esforços mecânicos apresentam baixa resistência e portanto não tem uso estrutural. Ainda não se conhece o comportamento do material na caverna e sua durabilidade. Pode liberar contaminantes pela degradação ou emissão de compostos voláteis. A serragem de madeira pode ser atacada por microorganismos e pela umidade. Apresenta o problema de imitar a aparência da madeira. Também pode ser chamado de madeira plástica (fig. 81)

Fig. 81 Ponte em madeira plástica na entrada da Gruta do Janelão, Vale do Peruaçu, MG. Notar as dimensões das peças e os apoios necessários. Foto Leonardo Giunco, fonte SBE notícias, n 303, 01.10.2014, p.3.

5.11.1.14 borrachas

Especificado para revestimento de pisos, a borracha impede parcialmente a compactação do solo, mas pode tornar-se lisa e escorregadia pelo uso e liberar partículas de borracha no ambiente devido à abrasão. Os componentes da borracha, como o negro de fumo, podem contaminar a caverna. Pisos de borracha reciclada de pneus podem conter componentes tóxicos e não devem ser utilizados. Grama sintética, embora agradável ao pisoteio, pode conter contaminantes e liberar partículas no ambiente. Não devem ser utilizadas.

5.11.1.15 terra, areia, cascalho e outros materiais inconsolidados

O caminho revestido por terra, areia ou outros materiais inconsolidados é uma boa alternativa para correção de irregularidades com bom aspecto no ambiente, porém em pouco tempo o material poderá ser removido e carregado para outras áreas ou sofrerá compactação devido

ao pisoteio. Aditivos utilizados para estabilizar o material, como o gesso e o cimento, podem contaminar o ambiente e devem ser evitados. O seu uso deve ser precedido de estudos.

5.11.1.16 materiais cerâmicos

Esteticamente bons e duráveis, assim como revestimentos de pedra natural, necessitam ser fixados à um piso rígido e resistente, como o concreto. Não devem ser utilizados.

5.11.1.17 asfalto e betumem

São contaminantes e esteticamente grotescos, não devem ser utilizados.

5.11.1.18 materiais reciclados

Apesar do apelo ambiental materiais reciclados devem ser cuidadosamente analisados para emprego em cavernas. Há possibilidade de contaminação do material por produtos tóxicos que podem ser liberados no ambiente.

5.12 definição da trilha

A definição de uma trilha interna é uma maneira simples e eficaz de conservar a caverna, restringindo os impactos à um caminho linear e protegendo formações frágeis de danos acidentais e longe do alcance de vândalos e curiosos (fig. 82 e 83). A delimitação de um caminho é uma alternativa para manter os usuários afastados de formações frágeis e locais perigosos conforme definido por Lino (1988), Veni (1997), Lechner (2006), Werker & Werker (2006), Brush (2009), Kržič (2011) e Veni (2011).

De acordo com Veni (1997) um dos meios mais eficazes para minimizar os danos do tráfego de pessoas em uma caverna é mantê-las em um caminho linear. Evidente em show caves, com um grande número de pessoas, também se aplica à cavernas selvagens. Para a espeleologia a definição de trilhas em passagens virgens ou em cavernas conhecidas, especialmente em galerias ornamentadas e frágeis orienta os que vêm a seguir (fig 84). Como na Gruta do Agenor em Iporanga, SP, onde foi definido um caminho para preservar o piso da *Sala de Verne*. E na Toca da Boa Vista, Campo Formoso, BA, o *Caminho Baiano* é o caminho definido para o ponto extremo de exploração da caverna, facilitando também o deslocamento na caverna labiríntica.

A definição de trilhas é uma alternativa eficiente para controle dos impactos mas infelizmente pouco utilizada nas cavernas brasileiras. O pisoteio de formações e a possibilidade de quebra de espeleotemas pela proximidade dos visitantes ocorre, no *Salão da Catedral* e no *Cemitério Indígena* na Caverna do Diabo, na *Galeria do Rio Verde*, e mesmo no *Salão Taqueupa* e no Salão das Flores, ambos com acesso controlado e fechados com portões na Caverna de Santana. Várias cavernas no Brasil poderiam ter espeleotemas e pisos preservados caso fosse adotada a delimitação da trilha.

Fig. 82 Trilha marcada com pontos reflexivos. Strong's Cave, Australia. Silverio, 2012

Fig. 83 Trilha marcada com fitas, Strong's Cave, Australia. Silverio, 2012

Trilhas podem variar em forma e função, em virtude do objetivo de uso. Em cavernas selvagens podem ser apenas as pegadas no sedimento, fitas ou blocos alinhados. Fitas também podem ser usadas para identificar áreas frágeis no caminho. Marcas em paredes, comuns no passado não são mais toleradas. Em cavernas preparadas para visitantes não exploradores, as trilhas devem ser mais elaboradas, não apenas pela menor habilidade dos usuários como para a sua manutenção e eficácia (fig. 85).

Fig. 84 Trilha marcada com manta plástica para proteger o piso e orientar o caminho entre os espeleotemas. Crystal Cave, Australia. Silverio, 2012

Quando possível é preferível que a trilha seja em circuito fechado - ou poligonal fechada - em sentido único, para evitar congestionamento e dificuldade de passagem de grupos distintos, reduzir o impacto de um grupo a uma única passagem apenas e para evitar o aborrecimento de ter de retornar pelo mesmo caminho da ida (LINO, 1988; BOGGIANI, 2007). Quando não for possível o sentido único, prever pontos de concentração dos visitantes em locais de interpretação que podem servir de local de passagem dos grupos.

Fig. 85 Solução para evitar pisoteio de escorrimento. Placas de aço inox com apoios de borracha. Janus Cave, Australia. Brush, 2009

Kržič (2011) afirma que o piso é negligenciado no manejo e interpretação, os quais priorizam a parede e o teto. A trilha restringe o pisoteio à um caminho linear. Mantendo protegidos sedimentos do piso, clásticos ou espeleotemas, e sua função como habitat e seus valores ambientais e científicos.

5.13 iluminação artificial fixa

Sistemas bem planejados e executados de iluminação artificial fixa podem valorizar os espaços e formas da caverna (VENI, 1997).

Tal qual nos museus (fig. 86), a intensidade da luz e o tempo de exposição devem ser controlados (WILSON, 2010). Gillieson (2011) afirma que as cavernas tendem a ser muito iluminadas, como lojas ou escritórios.

Há dois princípios a serem seguidos no projeto de iluminação, acesso e atmosfera (a sensação). A iluminação deve ser a mínima para garantir a movimentação segura dos visitantes. Enquanto a atmosfera é garantida pelo equilíbrio entre luzes e sombras, ilustrando aspectos do desenvolvimento da caverna, profundidade, amplitude etc.

Portanto a iluminação de cavernas deve ser precedida de um planejamento luminotécnico e cenográfico, indicando vistas e pontos de interesse e os tipos de iluminação propostos (geral, dirigido, caminhamento, segurança etc). Os quais não devem apresentar ofuscamento ou desconforto ao visitante bem como alterar as características naturais do ambiente quanto a sua forma, cor e textura (fig. 87).

Spate e Kell⁶¹ afirmam que a iluminação não é um projeto de engenharia ou de parque temático, mas de arte e que a iluminação deve: i) garantir o conforto e segurança do visitante, ii) criar uma atmosfera (arte e mistério), não se deve iluminar toda a caverna, iii) proteger da lampenflora.

Fig. 86 Ruínas Romanas localizadas no subterrâneo da cidade de Barcelona. A iluminação privilegia a exposição e mantém o aspecto de caverna do local. Museo de la ciuta, <http://barcelona.de/en/barcelona-museum-city-history.html>

⁶¹ Comunicação pessoal

As luzes devem ser neutras, sem cores que prejudicam a aparência natural de espeleotemas e da rocha. Com temperatura de cor tendendo ao quente. Luzes frias, como as brancas fluorescentes, são menos aconchegantes, tendem a reduzir a sensação de profundidade, o volume e a percepção da textura de rochas e espeleotemas.

As lâmpadas não devem causar ofuscamento, garantir o ambiente escuro facilita a adaptação dos olhos ao ambiente e permite a utilização de menor potência luminosa.

As lâmpadas devem manter uma distância adequada de paredes e espeleotemas em função da potência luminosa e da área a ser iluminada.

Diferentes intensidades devem ser utilizadas para iluminar ambientes ou detalhes, como pequenos espeleotemas (VENI, 1997).

Utilização de sistemas de iluminação com baixa emissão de calor, como LEDs, índice de reprodução de cor (IRC) acima de 80 e com comprimento de onda (fig. 88) e intensidade que não permita o crescimento de organismos clorofilados, *lampenflora*,

O sistema deve ser separado por setores, acompanhando a sequência de visitação e iluminando apenas o ambiente com presença de visitantes. Isto também colabora com a percepção do espaço e o controle do comportamento dos visitantes.

Fig. 87 Mesmo local com reposicionamento das luminárias para evitar ofuscamento e iluminarem o piso A - antes e B - depois. Fotos Andy Spate & Neil Kell,

Como a iluminação elétrica geralmente está associada a estruturas de acesso, como passarelas e escadas, o sistema elétrico deve ser conectado à este para evitar maiores danos com a instalação de cabos e luminárias.

Os equipamentos devem estar discretamente posicionados no ambiente de maneira a não interferir na percepção do ambiente. Não podem ser admitidos os recursos de utilizar anteparos que imitam formas da caverna. As instalações não devem causar danos e devem prever a sua retirada. Cordões de argamassa, alvenaria, cortes de rochas e espeleotemas não devem ser utilizados.

No Brasil há algumas cavernas iluminadas artificialmente. A Primeira foi a Gruta de Maquiné/MG em 1967. Também são iluminadas a Gruta Rei do Mato e Lapinha/MG, Ubajara/CE, Bom Jesus da Lapa e Mangabeiras/BA, Botuverá/SC e a Caverna do Diabo/SP.

Fig. 88 Espectro de absorção da clorofila e de emissão de luz. Alterado de Werker & Werker, 2006.

5.13.2 problemas causados pela iluminação artificial fixa

A história mostra que estas instalações podem acarretar muitos problemas, como na Gruta de Maquiné, Rei do Mato e Lapinha em Minas Gerais e na Caverna do Diabo em São Paulo. A iluminação pode causar a destruição de espeleotemas, rochas e pisos. Interferência climática, com redução da umidade relativa do ar e aumento da temperatura causada pelo calor gerado pelos equipamentos ocasionando dissecação de espeleotemas (VENI, 1997). Ela dirige o olhar do visitante, já que exibe é um cenário planejado, e desta maneira impede ou dificulta a descoberta do espaço.

5.13.3 *lampenflora*

O crescimento de organismos clorofilados nas cavernas devido à presença de luz e umidade, chamado de *lamp flora* ou *lampenflora*. (fig. 89) Os quais deixam uma camada verde de algas,

musgos, cianobactérias e outros, sobre espeleotemas, paredes, pisos e tetos. É um problema sério de cavernas iluminadas artificialmente também chamado de praga-verde (OLSON, 2006).

Equívocos quanto às causas do desenvolvimento de lampenflora levaram à substituições de sistemas de iluminação por outros que causavam o mesmo problema. Ao contrário do que acreditam muitos pesquisadores, a lampenflora não é causada pelo calor mas sim pela luz e presença de umidade. Segundo UIS (2005), Olson (2006) e Cigna (2008) a lampenflora pode ser evitada utilizando-se lâmpadas com emissão de luz com comprimento entre 440 nm e 650 nm, esta que minimiza a absorção de luz por organismos clorofilados. Isto implica que qualquer tipo de emissão de luz, seja incandescente, fluorescente ou LED pode promover o desenvolvimento de lampenflora. Veni (1997) relata ainda que por promover menor dissecação a menor emissão de calor de lâmpadas fluorescentes e do LED podem causar o aumento da taxa de crescimento da lampenflora e a iluminação difusa das lâmpadas fluorescentes ainda podem espalhá-las por uma área maior do que iluminação focada.

Para evitar a lampenflora deve-se (I) desligar as luzes, (II) reduzir a intensidade luminosa, (III) alterar as características das luz. (SPATE, 2003a, 2003b, 2003c). A remoção de lampenflora é trabalhosa e demanda a interrupção do fornecimento da luz que propicia o seu crescimento, a limpeza da área afetada e o controle do crescimento (HEBELKA, 2014). A limpeza pode ser executada (I) por remoção mecânica, por exemplo jatos d'água e buchas, porém ambas afetam os cristais em espeleotemas e a superfície da rocha. (II) tratamento com produtos químicos como o hipoclorito de sódio ou o peróxido de hidrogênio, estes podem afetar a fauna cavernícola e devem ser objeto de estudo detalhado para a sua aplicação (III) radiação ultravioleta.

Devido aos altos investimentos na instalação, operação e manutenção do sistema de iluminação, os cuidados necessários para evitar e combater a lampenflora e os problemas causados por ela, a especificação de iluminação artificial fixa deve ser objeto de cuidadoso estudo de viabilidade e a alternativa de iluminação portátil deve ser considerada.

Fig. 89 Musgo desenvolvendo-se sobre sedimentos no Salão da Catedral na Caverna do Diabo mesmo com a nova iluminação utilizando lâmpadas fluorescentes, instaladas em 2013. Silverio, 2014.

5.14 estruturas externas

As estruturas externas para o uso público de cavernas dependem do tipo de uso definido e do público que a utilizará. Cavernas com uso restrito para pesquisa ou exploração podem necessitar apenas de uma trilha de acesso, o acesso mais simples e comum. Lechner (2006, p.13) afirma que as trilhas e caminhos são provavelmente as rotas de viagem mais disseminadas no mundo. Sendo rotas básicas de acesso ou viagem, mesmo em áreas urbanas modernas. Em áreas naturais ela pode ser o único meio de acesso fácil e costumam ser os primeiros elementos da infraestrutura nestas áreas.

Muitas cavernas utilizadas turisticamente, ainda que sem o correto planejamento, também não apresentam nenhuma estrutura além de trilhas rudimentares acessadas a partir de povoados ou estradas.

Em outras situações deve-se planejar estruturas de acordo com as necessidades apontadas no planejamento. Estrada e trilhas planejadas, estacionamento, sanitário, centro de visitantes, mirante, restaurante, portaria, alojamento, administração, local para manutenção de equipamentos, sinalização etc fazem parte das estruturas externas de apoio ao uso público de cavernas.

As estruturas externas devem ser posicionadas preferencialmente distantes da caverna e se possível fora do carste, para evitar interferência e contaminação. Sanitário, estacionamento, restaurante, área de manutenção de equipamentos e outros possíveis geradores de efluentes devem ter especial atenção devido à vulnerabilidade do carste aos poluentes que podem percolar por fraturas ou serem carregados por águas até atingir o sistema cárstico. Próximo à caverna não deve existir qualquer infraestrutura além da trilha, a visita começa antes de entrar na caverna, e qualquer construção pode interferir na interpretação e experiência do visitante.

Deve-se dar preferência para materiais encontrados na região e mão-de-obra local. Com especial atenção aos recursos necessários para a manutenção devido à localização remota e à falta de recursos.

Com relação à linguagem arquitetônica, há que se ter atenção ao desenho. Este deve ser moderno, e não parecer a cabana primitiva ou imitar a natureza. Embora seja importante projetar uma arquitetura integrada e em harmonia com lugar (contexto cultural, ambiental, clima, topografia etc) este não deve ser uma reprodução das construções vernaculares e tradicionais. O mexicano Maurício Rocha (fig. 90), por exemplo, utiliza materiais tradicionais em uma

linguagem contemporânea e respeitosa. As técnicas e materiais tradicionais também não prescindem da tecnologia, materiais e ferramentas atuais ou de materiais modernos e de uma linguagem contemporânea (fig. 90 e 92).

Uma referência para atuação da arquitetura em áreas protegidas é a pesquisa do arquiteto Vitor Moura (MOURA, Vitor Marcos Aguiar de. *Arquitetura em Unidades de Conservação da Natureza Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, MG*. Dissertação, Belo Horizonte, UFMG, 2005.)

Fig. 90 Escola de artes visuais de Oaxaca, México. Utilização de materiais tradicionais com linguagem contemporânea. Arquiteto Maurício Rocha. Foto Sandra Perezniето, Fonte, Archdaily.com

Fig. 91 Galeria Miguel Rio Branco, Inhotim. Brumadinho, MG. Arquitetos Associados, 2008. www.arquitetosassociados.arq.br

Fig. 92 Museu da Caverna de Lascaux, França. Projeto ganhador de concurso de arquitetura em 2013 de autoria do escritório Snohetta.

capítulo 6

6. proposta metodológica de análise espacial para planejamento da ocupação de cavernas

Eu não quero acreditar, eu quero conhecer.
Carl Sagan

Embora todo uso resulte em impactos nas cavernas, Boggiani (2007) afirma que

O avanço do conhecimento sobre o ambiente cavernícola, por outro lado, tem demonstrado que existem formas de utilizar as cavernas sem alteração de suas condições ambientais naturais.

A proposta metodológica para planejamento da ocupação de cavernas baseia-se na análise espacial de atributos e características originados no diagnóstico ambiental. A análise é baseada em características que buscam expressar as restrições, potencialidades e vocações do espaço de maneira a permitir planejar a sua ocupação (SANTOS, 2004).

Todos os atributos analisados devem ser espacializados, representados no mapa topográfico da caverna e caracterizados para possibilitar a análise das informações na fase de projeto. A estratégia é baseada nos conceitos de Webb (1991), Spate & Hamilton-Smith (1991), Spate *et al.*, (1997), Dunkley (2001), Hamilton-Smith (2004), Piva & Levenhagen (2006), Webb (2007), Brush (2009) e Veni (2011).

6.1 definição do objetivo e do escopo dos estudos

Segundo Sánchez (2008) a descrição das condições ambientais existentes em determinada área no momento presente é denominada diagnóstico ambiental. O autor afirma que “(...) não se começa um estudo de impacto ambiental simplesmente coletando toda informação disponível, mas definindo previamente os objetivos do trabalho e o que se pode chamar de sua abrangência ou alcance”.

A abrangência e a profundidade do diagnóstico ambiental dependerá dos objetivos e do escopo dos estudos. A realização de um estudo ambiental, como, aliás a de qualquer trabalho técnico, requer planejamento.

O escopo deve conter o tipo de uso pretendido da caverna e os usuários que serão atendidos:

- a. **recreativo** (contemplativo ou de aventura) - abrangendo também os tipos de turismo
- b. **técnico** - exploração, prospecção, técnicas verticais, mapeamento, resgate, fotografia, análises sem fins científicos, etc

- c. **científico** - pesquisas com métodos científicos
- d. **educacional** - estudos do meio, aulas de campo, educação ambiental, interpretação do meio
- e. **excursionismo** - (cavernismo, caving) grupos de espeleologia que não fazem documentação, grupos de escoteiros
- f. **culturais** - religioso, arqueológico, antropológico etc
- g. **manejo** - manutenção, fiscalização

O manejo do uso público de cavernas deve considerar a vulnerabilidade de todo o sistema cárstico e não apenas da caverna e requer a compatibilização de ao menos duas questões fundamentais, 1) manutenção do ambiente o mais autêntico e integro possível e 2) a garantia do acesso e da segurança do visitante, em função dos objetivos de uso público estabelecidos para a caverna.

6.2 mapas de potencialidades e restrições

Os mapas de potencialidades e restrições são baseados no diagnóstico ambiental conforme definido no escopo do planejamento e dos objetivos do uso público. Cada análise temática deve ser representada em um mapa topográfico da caverna com a descrição das características e atributos analisados e segundo o padrão de cores correspondentes à classificação de cada atributo. Apesar de ser uma análise qualitativa, esta não prescinde de métodos objetivos.

Sugere-se dois tipos de análise, as de potencialidade, que favorecem o uso público e as de restrição, que a dificultam (fig. 93).

Fig 93. Uso em função da potencialidade e da restrição

Características e atributos e analisados

6.2.1 fragilidade

A fragilidade é intrínseca ao objeto e a vulnerabilidade é relativa, depende da sua condição em relação ao fator externo potencialmente causador de impacto, neste caso, o uso público. Os atributos analisados devem ser definidos em função do escopo e do objetivo em conjunto com os especialistas. Maior fragilidade pode restringir o uso público. Porém soluções de projeto podem reduzir a vulnerabilidade de algo frágil (Tabela 5).

- a. meio físico (espeleotemas, rocha, sedimentos clásticos, microclima, hidrologia)
- b. meio biótico (fauna, aporte de nutrientes etc)
- c. cultural (uso cultural, religioso etc)
- d. científico (sítios arqueológicos, vestígios paleontológicos, existência de pesquisas em andamento)

Atributo: Fragilidade	Tipo: Restrição
Classificação	identificação
muito alto	vermelho
alto	laranja
moderado	amarelo
baixo	verde
muito baixo	azul claro

Tabela 5. Quadro de fragilidade

6.2.2 Perigo e Risco oferecido pelo ambiente

Deve ser avaliado o perigo existente no ambiente, que é uma característica potencialmente causadora de danos. O risco, que é a possibilidade, elevada ou reduzida, de ocorrer um acidente causado pelo perigo, depende da habilidade do visitante e é definida no objetivo do uso público. A graduação do nível de dificuldade depende do perfil e aptidão física do visitante. No entanto o preparo reduz o risco, mas não o perigo (Tabela 6 e 7). Ex.

Atributo: Perigo	Tipo: Restrição
Classificação	identificação
muito alto	vermelho
alto	laranja
moderado	amarelo
baixo	verde
muito baixo	azul claro

Tabela 6. Quadro de perigo do ambiente

Perigo	Risco
desnível acentuado	queda
rio profundo	afogamento
superfície lisa	escorregão
blocos instáveis	queda de blocos
animais peçonhentos	acidente com animais

Tabela 7. Relação entre Perigo e Risco

6.2.3 atrativos

Características que contribuem para atratividade. Maior atratividade representa maior potencial de uso (LINO *et al.*, 1987; LINO, 1988 & GBPE, 2005) (Tabela 8)

- a. beleza cênica (espeleotemas, configuração do espaço, dimensões, morfologia, região da entrada, luz e sombra)
- b. Cultural e história (importância histórica, religiosa, lendas, mitos)
- c. importância científica (arqueologia, paleontologia...)
- d. importância ambiental (ecológica, biológica, geológica)

Atributo: Atrativos	Tipo: Potencial
Classificação	identificação
muito alto	azul claro
alto	verde
moderado	amarelo
baixo	laranja
muito baixo	vermelho

Tabela 8. Quadro de atrativo

6.2.4 estado de conservação

Melhor estado de conservação representa maior potencial de uso. Deve ser avaliada a interrupção do agente causador do dano e a possibilidade de recuperação e restauro de áreas danificadas (GBPE, 2005) (Tabela 9).

Atributo: Atrativos	Tipo: Restrição
Classificação	identificação
sem dano	azul claro
pouco dano	verde
dano moderado	amarelo
danificado	laranja
muito danificado	vermelho

Tabela 9. Quadro de estado de conservação

6.2.5 estruturas existentes

Em cavernas com uso público implementado as estruturas existentes devem ser mapeadas e descritas para posterior avaliação da viabilidade de utilização necessidade, alteração ou remoção das mesmas, considerando a análise espacial dos mapas produzidos no estudo.

Além da localização devem ser descritos os materiais, tipo de instalação, estado de conservação e os danos causados ao ambiente. Dentre outros devem ser avaliados, se houver :

- trilhas e caminhos
- infraestruturas civis: escada, passarela, rampa, ponte, bloqueio, etc
- iluminação e instalação elétrica
- instalação hidráulica

6.2.6 fluxo de visitantes

Em cavernas com uso público implementado é importante registrar o fluxo atual de visitantes. As rotas adotadas, pontos de parada e concentração, áreas de dispersão, locais com eventos de incidentes, pontos de congestionamento etc, conforme realizado por Alt & Moura (2013) e Alt (2013).

6.3 Análise dos mapas

Os mapas produzidos pelos especialistas em cada tema devem ser analisados em conjunto pela equipe responsável pelo planejamento para conhecimento da situação atual e definição do

Fig 94. Sobreposição dos mapas para análise

plano de trabalho em função do escopo definido no início do processo. Os mapas com as potencialidades e restrições produzidos devem ser sobrepostos e comparados para a análise em conjunto (fig. 94). Desta análise resultará uma ou mais hipóteses de ocupação, considerando os cenários futuros, conforme proposto por Franco (1996). Neste momento é proposto um traçado preliminar da trilha, considerando o escopo, o objetivo, a potencialidade e as restrições.

A análise dos mapas busca a criação de cenários de ocupação considerando sempre o estado mais conservador. Ressalta-se que determinadas restrições podem ser impeditivas do uso público e por isto as fragilidades e os riscos

devem ser as primeiras características analisadas. A presença de uma fauna em risco, como por exemplo no caso do bagre-cego da Gruta das Areias localizada na cidade de Iporanga, SP, interdita ao uso público devido à existência desta espécie de peixe adaptado à vida na caverna. Esta restrição impede seu uso e não justifica as demais análises.

Os mapas devem ser sobrepostos em programas que possibilitem trabalhar com camadas de informações. As camadas sobrepostas são comparadas e as áreas identificadas como mais alta restrição e/ou mais baixa potencialidade têm a menor vocação e possibilidade de receber uso público. Desta maneira as identificadas como menor restrição e maior potencialidade são as mais viáveis para receber uso público (fig. 95).

Fig 95. Análise espacial hipotética com definição da trilha baseada do diagnóstico. Salão Erectus, Caverna do Diabo. As setas e o traço indicam a trilha. Mapa Marcos Silverio, 2014.

6.4 critérios para definição da trilha

Com o traçado preliminar da trilha decorrente da análise espacial a equipe deve ir à campo e avaliar na caverna a proposta de traçado final. Neste momento é importante que participem não apenas os técnicos e especialistas mas também os gestores, funcionários e usuários. De acordo com a capacidade de gerenciamento e de suporte do ambiente, para que não ocorram danos e para que o processo seja eficaz. Para Dunkley (2001) esta prática torna o processo participativo, compromete todos com o cumprimento dos objetivos de manejo devido ao envolvimento e possibilita visões diferentes para a projeto. A trilha deve acompanhar as áreas de maior viabilidade e, quando necessário e justificável, propor infraestruturas para garantir a conservação do ambiente, a segurança do visitante e o acesso, quando este for o objetivo do uso.

No desenho da proposta do traçado final são definidas as infraestruturas necessárias para garantir a conservação do ambiente e a segurança do visitante, em função dos objetivos de uso (exploração, turismo, manutenção, pesquisa etc), tendo sempre em mente os princípios para atuação: i) intervenção mínima; ii) conservação do ambiente e iii) experiência do visitante.

6.5. estruturas de acesso, proteção e segurança

Além de considerar o diagnóstico como base para a definição do traçado da trilha, este deve considerar as infraestruturas necessárias para transposição de obstáculos, acesso, segurança e proteção em função dos objetivos de uso público.

Deve-se considerar os materiais e técnicas e métodos construtivos adequados ao local, considerando as metodologias propostas, com objetivo de interferir o mínimo no ambiente e na percepção do espaço (fig. 96).

Fig 96. Anteparo de vidro na Mammoth Cave, Australia. O equipamento tem a função de proteger um fóssil e iluminá-lo. O vidro permite a sua proteção sem interferir na sua visualização. Silverio, 2012

6.6 zoneamento

O zoneamento é definido de acordo com as características do espaço, baseado no diagnóstico ambiental e em função das restrições necessárias para a sua conservação. Os usos são posteriormente definidos a partir dos requisitos de conservação (Quadro 1) (WEBB, 2007).

Zonas	descrição	uso	representação
Zona primitiva	Necessita ser preservado pelos seus atributos ambientais, culturais ou científicos. Fragilidade ou perigo.	somente pesquisas autorizadas	cor vermelha
Zona de uso extensivo	Deve ser mantido em suas características naturais para interpretação ambiental.	Aula de campo, interpretação ambiental, trabalhos técnicos	cor amarela
Zona de uso intensivo	Permite alterações para facilitar acesso público*	Turismo, recreação, aula de campo, interpretação etc.	cor verde
Zona de recuperação	Área degradada que necessita de restauração.	Caráter temporário. Área com acesso permitido para trabalhos de restauração e pesquisas.	hachura à 45° sobre a área
Zona externa	Área externa de influência.	Pesquisa, trabalhos técnicos, interpretação, instalação de infraestrutura*, conservação da caverna.	perímetro do limite

Quadro 1 Zoneamento, baseado em IF (1992), GEEP (2001) e Webb (2007)

* segundo as diretrizes aqui apresentadas

capítulo 7

7. estratégias de atuação

Raciocina-se com a engenhosidade possível, não se pensa com formas autônomas ou independentes de uma visão fabril delas mesmas. Quando o arquiteto risca no papel uma anotação formal, um croqui, está convocando todo o saber necessário (...) Abordar a questão da técnica, do ponto de vista de um arquiteto, como quem anula a distância, aparentemente inexorável, entre humanismo e técnica, entre filosofia e matemática, entre razão e imaginação.

Paulo Mendes da Rocha. Projetos, 2006.

763060	763075	763100	763125	763150	763175	763200	763225	763250	763275	763300	763325	763350
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

7.1.1 Roteiro I - Turístico Tradicional

A proposta para o trecho turístico tradicional é considerar uma infraestrutura para visitação pública que atenda a um público diversificado com condições de acesso facilitado por escadas e rampas no percurso existente atualmente.

No trecho turístico atual as estruturas de concreto armado localizam-se sobre os pontos de maior dificuldade de acesso e/ou de perigo, sobre blocos abatidos e desníveis acentuados.

Nos locais em que há condições para o caminhamento, o percurso é feito diretamente sobre o piso da caverna, como no Salão da Catedral. Neste trecho porém, não há trilhas definidas e o piso encontra-se danificado (Fig. 98 e 99) com pisoteio de todo o salão, assim como no trecho conhecido como Cemitério Indígena, onde caminha-se sobre estalagmites caídas.

A proposta para este trecho é criar um fluxo de sentido único no trecho do Cemitério Indígena, demarcar a trilha nos salões e estrutura modular para vencer o desnível (fig. 101 e 102) entre os Salões da Catedral e Cemitério Indígena.

Fig. 98 Rampa de acesso ao Cemitério Indígena. Silverio, 2014

Fig. 99 Salão da Catedral. Silverio, 2013

Fig. 100 Proposta de definição da trilha no Salão da Catedral

Fig. 101 Croquis esquemático da passarela de acesso ao Cemitério Indígena. Corte N-N'.

Fig. 102 Projeto da passarela de acesso ao Cemitério Indígena.

7.1.2 sistema construtivo

Devido às condições existentes nas cavernas, ambiente agressivo, dificuldade de transporte e montagem, fragilidade do ecossistema, previsão de retirada com o mínimo de impacto, projetou-se uma estrutura modular que atendesse aos requisitos ambientais, de montagem e de segurança.

O módulo é composto por um conjunto de peças que atendem aos requisitos de uso e função e é baseado nas seguintes premissas: i) facilidade de transporte no ambiente da caverna; ii) possibilidade de ser montado apenas com uso de ferramentas manuais; iii) facilidade de adaptar às condicionantes do lugar como por exemplo a topografia; iv) não gerar resíduos durante a

montagem ou desmontagem e v) baixa ou nenhuma manutenção. Resultando em peças modulares montadas *in loco* com conexões parafusadas (fig 104). O módulo foi projetado com auxílio de programas 3D para visualização das peças, ligações e fixação (fig.106-109)

7.1.3 materiais

Da análise dos materiais existentes com a possibilidade de utilização em cavernas optou-se pela utilização de material compósito estrutural de matriz de poliéster reforçado com fibras de vidro. Este compósito apresenta características grande resistência mecânica e leveza, e associado à geometria das peças e ao sistema de montagem originam elementos com rigidez e estabilidade adequados para as cavernas.

O processo de fabricação destas peças é o de pultrusão. Que resulta em peças rígidas com fibras longas e contínuas, mais um reforço de manta de fibra de vidro, sobre uma matriz, unidas com resina e curadas (fig. 103).

Fig. 103 Processo de pultrusão. Modificado de Fiberline Composites (2002)

Para dimensionamento estrutural e peças utilizadas no projeto considerou-se o catálogo e as especificações da empresa *Fiberline Composites* (FIBERLINE COMPOSITES, 2002) disponível em <http://www.fiberline.com/>.

1. perfil estrutural de matriz polimérica reforçado com fibra de vidro produzido pelo processo de pultrusão.
2. grade em fibra de vidro produzida pelo processo de injeção
3. peças de conexão em aço inoxidável
4. parafusos de pressão, arruelas e porcas em aço inoxidável

Fig. 104 Montagem de passarela na Caverna Arrikutz, Espanha. utilizando perfis de compósito polímero e fibra de vidro. Fonte www.lks.es

7.1.4 peças

As peças especificadas para a estrutura segundo o projeto da estrutura e o catálogo do fabricante (fig. 106 e 107)

1. perfil

- A. pilar I160x80x8 mm
- B. viga da escada U240x72x8 mm
- C. viga longitudinal U160x48x8 mm
- D. viga transversal U100x30x6 mm
- E. tubular de seção quadrada 60x60x5 mm
- F. tubi para guarda-corpo Ø75x65 mm
- G. cantoneira L50x50x6 mm

2. grade moldada para piso h=30 mm

3. degrau 1000x30x3 mm

Fig. 105 Croquis de estudo das peças e ligações. Silverio, 2014

Fig. 106 Perfis utilizados na estrutura

Fig 107 Grade do piso

7.1.5 peças de ligação e de fixação

Devido ao processo de montagem da estrutura desenvolveu-se três peças em aço inoxidável que atendem às situações encontradas nas cavernas (fig. 108).

1. chapa dobrada em aço inox 45°, 90° e 135°
2. parafusos de pressão em aço inoxidável

Fig 108 Peças de ligação em aço inoxidável com 45°, 90° e 135°

7.1.6 fixação e ancoragem ao local

A fixação da estrutura é realizada por meio de uma peça de aço inoxidável (fig. 109) e fixada à uma base sólida e resistente. A fixação em bases resistentes como rochas no piso ou paredes pode ser feita com bucha metálica com adesivo ou expansiva e parafusos com regulagem de altura para nivelamento.

Quando fixada sobre escorrimentos, no caso de não haver outra alternativa, a base deve ficar afastada de maneira a permitir o fluxo de água e a preservação da área sob a base. Pois, caso seja retirada restarão apenas as buchas metálicas fixadas no local, sem danos ao espeleotema.

Fig. 109 Fixação do pilar na base e fixação da viga na base da parede para apoio horizontal.

A fixação em pisos pouco resistentes como sedimentos finos deve ser realizada com a execução de fundação bloco de concreto para fixação da base sobre broca⁶³.

7.1.7 ferramentas necessárias

São previstas apenas a utilização de ferramentas manuais. Chaves de aperto, martelo, serra, furadeira, nível. Todas as operações que envolvam produção de partículas, como serrar e furar, devem ser realizadas fora da caverna, ou, na sua impossibilidade técnica, realizadas com o auxílio de aspiradores para retê-las.

7.1.8 projeto de instalação

Devido ao sistema construtivo e às características das peças utilizadas a montagem é executada de maneira manual por três técnicos. As peças devem estar numeradas e identificadas para cada trecho.

As operações necessárias são (I) localização e posicionamento das bases da estrutura conforme projeto, (II) transporte das peças até o local de instalação, (III) posicionamento dos pilares nas bases, (IV) nivelamento e montagem das vigas longitudinais nos pilares, (V) montagem das vigas transversais, (VI) montagem da grelha do piso ou degrau, (VII) montagem do guarda-corpo.

⁶³ O local de perfuração deve ser avaliado quanto à existência de vestígios arqueológicos e paleontológicos e a influência na fauna e hidrologia. Recomenda-se a utilização do sedimento retirado para estudos. O sedimento não deve ser abandonado na caverna.

Um espeleólogo deve acompanhar a montagem para orientar os procedimentos e garantir a conservação da caverna, caso algum dos técnicos não seja espeleólogo. Os técnicos devem ter treinamento e conhecimento para operar as ferramentas e manusear o material. Além de conhecimento de desenhos técnicos. Um arquiteto ou engenheiro civil deve ser responsável técnico pela execução.

As peças são adaptadas ao percurso com a combinação de módulos com o comprimento ajustado por meio de corte das vigas e da grade de piso com serra manual, sendo que a largura é fixa (fig. 110).

Fig. 110 Algumas combinações possíveis de módulos para se adaptar ao percurso.

7.1.9 desenhos do módulo

Fig 111 Módulo básico.

Fig 112 Módulo básico de escada

Fig. 113 Detalhe da fixação da viga transversal na viga longitudinal junto ao pilar para rigidez da estrutura. Os sistemas elétricos, hidráulicos etc são instalados sob a estrutura, apoiados na viga longitudinal.

Fig 114 Vista e planta do módulo

Fig. 115 Módulo da passarela

7.2 Roteiro II - Salão Erectus

Roteiro de aventura com infraestrutura mínima apenas para garantir a segurança dos visitantes. Trilha marcada no piso (fig. 119), corrimão de corda em A e B (fig. 117 e 118) e rampa para acesso ao Salão C (fig. 119). A iluminação é portátil e fixada no capacete do visitante.

Fig. 116 Localização dos pontos para intervenção de segurança e trilha. Silverio, 2014.

Fig. 117 Rampa e corrimão de corda para apoio na subida para o Salão Erecutus. (A-B)

Fig. 118 Corrimão de corda para apoio(C)

Fig. 119 Exemplo de Rampa para roteiros de aventura. Brush, 2009.

Fig. 120 Demarcação no piso. Strong's Cave, Australia. Silverio, 2014

7.3 Roteiro III - Galeria do Rio

O roteiro da Galeria Rio não conta com estruturas facilitadoras de acesso ou de segurança, há apenas a demarcação da trilha no conduto para orientação (fig. 121). Neste trecho o visitante caminha ora dentro do rio ora nas suas margens, conforme indicado na Fig. 97. A iluminação é portátil, fixada no capacete do visitante.

Fig. 121 Galeria do Rio. Marcos Silverio, 2012.

8. considerações finais - reflexão

Jamais para mim a bandeira abaixada, jamais a última tentativa.

Sir Ernest Shackleton - Endurance

A motivação para esta pesquisa foi a de contribuir para a discussão sobre o planejamento do uso público de cavernas e apresentar alternativas ao processo atual. Transitando entre o campo da arquitetura e do conjunto das ciências que compõem a espeleologia, a pesquisa demonstrou a importância científica, cultural e ambiental das cavernas e das paisagens cársticas⁶⁴, e seu papel na história do homem.

Apresentou a singularidade destes espaços para a educação ambiental, pesquisa e recreação⁶⁵ e sua relevância econômica, cultural e social para a sociedade contemporânea. Contudo, devido à fragilidade destes ambientes, o seu uso público necessita de planejamento e gestão adequados, a fim de evitar danos, e garantir os objetivos de vivência dos espaços⁶⁶.

A pesquisa demonstrou que deve-se questionar o modelo de análise ambiental atual, baseado em diagnósticos isolados e sem um escopo claro, e que na maioria dos casos são ignorados nas análises integradas posteriores, os quais pouco se relacionam com o planejamento e pouco contribuem para a gestão do uso público⁶⁷. Estes visam principalmente atender aos itens dos termos de referência legais, que objetivam apenas obter o zoneamento ambiental e um número de visitantes - a capacidade de carga. Objetivos adaptados dos planos de manejo de áreas externas.

Segundo Veni (2011) o primeiro objetivo do uso público deve ser a conservação⁶⁸, caso contrário ele falha, e este deve ter um caráter educativo e transformador, com objetivo de despertar a consciência do visitante para a importância e preservação das cavernas e paisagens cársticas. Sendo a caverna parte de um sistema mais amplo e componente subterrâneo de uma paisagem cárstica⁶⁹. Segundo este raciocínio, a visita à caverna começa antes de sua entrada e portanto incluir outros atrativos relacionados à caverna e à paisagem cárstica deve ser um requisito fundamental do plano de uso público.

Concordando com Hamilton-Smith (2005a) constatou-se a importância da experiência espeleológica relacionada à descoberta e aventura. O estudo demonstrou que a vivência autêntica

⁶⁴ ver capítulo 1 1. cavernas e paisagens cársticas

⁶⁵ ver capítulo 2. relação dos homens com as cavernas ao longo dos tempos

⁶⁶ ver 5.2 impactos ambientais

⁶⁷ ver capítulo 2 - 2.10 breve histórico do manejo do uso público de cavernas no Brasil e 2.11 avaliação do processo atual de manejo espeleológico no Brasil.

⁶⁸ ver capítulos 1 e 5

⁶⁹ ver 1.1 cavernas

das cavernas está relacionada à integridade do ambiente⁷⁰, promovida por intervenções mínimas e apenas para garantir a conservação ambiental e a segurança do visitante, ou mesmo a sua ausência total, em função do escopo do planejamento do uso público.

Os objetivos do uso público portanto devem ser o de educação ambiental, conservação, segurança e vivência dos espaços. Baseado no planejamento rigoroso, diagnóstico ambiental baseado em um escopo claro, projeto e execução das intervenções, monitoramento e gestão.

O uso público de cavernas, e de áreas naturais em geral, é um campo de atuação recente e pouco estudado no âmbito da arquitetura. O estudo reconhece o papel e constata a necessidade de se incluir a arquitetura desde as fases iniciais do planejamento a fim de poder contribuir efetivamente para o mesmo⁷¹. Desde a definição do escopo, integração de informações e interação com os demais especialistas para a adoção das melhores soluções para o planejamento espacial, relacionadas com as análises realizadas. Entretanto a análise de alguns planos de manejo⁷² e de projetos executados no Brasil comprova que atualmente a arquitetura participa apenas da execução de soluções idealizadas por outros profissionais ou sequer é incluída no processo, deixando a execução destas soluções, muitas vezes equivocadas, à cargo de leigos⁷³.

As intervenções no entanto não significam necessariamente construção ou equipamentos. O uso público requer a organização do espaço e este muitas vezes, a depender do escopo do uso público, apenas a sinalização do caminho, a trilha. O uso público de cavernas é sobretudo uma questão de organização e ocupação espacial. Campo da arquitetura, que deve atuar de maneira sensível ao ambiente, mas, ao mesmo tempo, com convicção e resolver as questões. Utilizando as informações provenientes do diagnóstico ambiental, propondo e incorporando soluções adequadas ao ambiente. Tal qual uma arquitetura efêmera, podendo ser removida sem deixar marcas, com intervenções sutis, mantendo as características e a integridade do ambiente cavernícola e promovendo uma experiência autêntica e segura.

O projeto para a Caverna do Diabo teve como objetivo apoiar a discussão e a reflexão sobre a metodologia e estratégias para atuação da arquitetura, sem contudo ter a pretensão de propor um projeto completo, já que um projeto detalhado nestes termos, necessitaria, como defendido

⁷⁰ ver 6.1 definição do objetivo e do escopo dos estudos

⁷¹ ver capítulo 4. pesquisa em projeto de arquitetura

⁷² Embora a existência de diversos planos de manejo e projetos para uso público de cavernas seja de amplo conhecimento, os respectivos autores, projetistas, empresas e poder público, mesmo após reiterados pedidos, na sua maioria negaram acesso aos mesmos. Os arquivos disponibilizados infelizmente eram parciais e inúteis.

⁷³ ver apêndice C e E

aqui, do trabalho colaborativo de diversos especialistas. Portanto a proposta de um projeto definitivo não resultaria apenas incompleto como incoerente com o que se defende nesta pesquisa. Desta maneira o este projeto não deve ser visto como a conclusão do estudo, mas como meio pelo qual ele se desenvolveu.

O estudo de caso da Caverna do Diabo fundamentou os questionamentos e as hipóteses apresentadas para os objetivos e para discussão do tema da pesquisa. O histórico da Caverna do Diabo, confunde-se com a trajetória da espeleologia paulista e também brasileira. Contempla a história da ocupação do território do Vale do Ribeira de Iguape, de sua formação cultural e povoamento. Participa dos primórdios da conservação das matas e cavernas da região e do uso público de cavernas no Brasil⁷⁴.

Fundamentado na análise das boas práticas de planejamento do uso público de cavernas no Brasil e no exterior e apoiado no estudo de caso da Caverna do Diabo e em experiências pessoais anteriores, o presente estudo apresenta uma proposta metodológica de análise espacial para o planejamento da ocupação de cavernas⁷⁵ baseado na análise espacial das potencialidades e restrições do ambiente e apoiados em estudos científicos multidisciplinares e integrados em função do objetivo de uso.

Esta metodologia torna claros o objetivo do diagnóstico e sua relação com o escopo do planejamento, evitando omissões ou superdimensionamento dos estudos temáticos iniciais e a subjetividade na análise e no projeto. A proposta porém necessita de discussão com os demais especialistas para definir os protocolos e a abrangência dos estudos para ser aprimorada e validada.

O estudo mostra que cada caverna necessita de um escopo específico de planejamento, baseado nos objetivos e uso público e nas características do ambiente. E somente uma equipe composta por especialistas de áreas relacionadas, inclusive o arquiteto, e cada qual atuando em seu campo, pode levar à cabo um projeto de uso público que garanta a conservação do ambiente, segurança e experiência do usuário e a sua gestão com a qualidade esperada.

Baseadas no caso da Caverna do Diabo são propostas duas alternativas de intervenção que compreendem a quase totalidade dos casos de uso público de cavernas no Brasil⁷⁶. Cavernas com poucas adaptações, também classificadas como de aventura e as turísticas mais abrangentes com

⁷⁴ ver capítulo 3. caverna do diabo

⁷⁵ ver capítulo 6. proposta metodológica de análise espacial para planejamento da ocupação de cavernas

⁷⁶ ver capítulo 7. estratégias de atuação

intervenções para facilitar o acesso de um maior número de pessoas, no Brasil classificadas - erroneamente - como *show caves*.

No primeiro caso, nos trechos da Galeria do Rio e do Salão Erectus são previstas apenas intervenções pontuais e apenas para garantir a conservação do ambiente e a segurança dos visitantes, com equipamentos simples e facilmente substituíveis ou retiráveis. Porém sem amenizar as dificuldades do ambiente garantindo uma vivência mais autêntica. A iluminação é portátil, instalada no capacete do visitante, permitindo manter as mãos livres e direcionando a luz de acordo com o olhar. Próximo da experiência espeleológica. Com foco no comportamento do visitante e na delimitação de trilha e de áreas frágeis, no monitoramento e na gestão do uso público.

No segundo caso, no trecho turístico tradicional (atual), considerado de acesso facilitado e mais abrangente, exigindo um menor preparo físico e disposição dos visitantes. É proposto um sistema construtivo modular com uso de peças produzidas com compósito polimérico reforçado com fibra de vidro pelo processo de pultrusão⁷⁷, de simples instalação e retirada. Este sistema modular permite garantir acesso e segurança dos visitantes com a conservação do ambiente. Interferindo o mínimo no ambiente cavernícola e permitindo a retirada total dos elementos construtivos com a recomposição do ambiente ao estado mais próximo do original. Este módulo teria aplicação para uma grande diversidade de cavernas o Brasil e poderia compor, tal qual na Caverna do Diabo, uma das alternativas de visitação, ampliando as opções para os visitantes.

Acreditamos que iniciamos uma discussão sobre a atuação da arquitetura no uso público de cavernas, por meio do estabelecimento de uma base conceitual e metodológica para subsidiar a proposição de estratégias e diretrizes para o seu uso público. Esperamos que a pesquisa contribua para a reflexão sobre o processo atual e para a elaboração propostas de uso público de cavernas e das paisagens cársticas que aliem ciência, tecnologia, arte e gestão⁷⁸.

⁷⁷ ver capítulo 7. estratégias de atuação

⁷⁸ ver 4.3 atuação da arquitetura

9. referências

- AB'SABER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo, Ateliê Editorial, 2003.
- ABNT. **NBR 7190 Projeto de estruturas de madeira**, 1997.
- ALEXANDER, Caroline. **Endurance: a lendária expedição de Shackleton à Antártida**. Trad. Sergio Flaksman. São Paulo, Companhia das Letras, 1999.
- ALEY, Thomas. **Caves, Cows and Carrying Capacity**. National Cave Management Symposium. Proceedings, Albuquerque, New Mexico: Speleobooks, 1976, p. 70-71
- ALT, Luciana. **Exemplos da aplicação do termo de referência do CECAV para o plano de manejo espeleológico de cavernas com atividades turísticas (2008): Estudos de caso: Gruta do Maquiné e Gruta Rei do Mato**. Apresentação de palestra na Oficina “Cavernas Turísticas”, Belo Horizonte, maio de 2013, CECAV, 2013a.
- _____. **Efetividade sócio-ambiental da APA Carste de Lagoa Santa - MG. Uma avaliação a partir de suas ferramentas de planejamento e gestão**. Dissertação, UFMG, Belo Horizonte, 2008.
- _____.; MOURA, Vitor. **Use of impact mapping for planning the infrastructure in tourist caves - case study: Maquiné Cave, Brazil**. in Proceedings of 20th National Cave and Karst Management Symposium, Carlsbad, New Mexico, p.77-87, 2013b.
- ALTUBE, I. SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, J.A. **Aplicación de nuevos materiales compuestos en el interior de la Cueva de Arrikutz**. in J.J. Durán, P/A/ Robledo; Vásquez (Eds.), Cuevas turísticas: aportación al desarrollo sostenible. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas, nº24, p 202-212. Madrid, 2007.
- ALVAREZ, Cristona Engel de. **Metodologia para construção em áreas de difícil acesso e de interesse ambiental: aplicabilidade na Antártica e nas ilhas oceânicas brasileiras**. I Conferência Latino-Americana de construção sustentável. X Encontro Nacional de tecnologia do ambiente construído. 18-21 julho 2004, São Paulo, 2004.
- ANDO, Tadao. **Por novos horizontes na arquitetura**. 1991, in NESBIT, Kate (org), Uma nova agenda para a arquitetura, São Paulo, Cosac Naify, 2006, pp 493 a 498.
- ANTUNES, Renato Altobelli; COSTA, Isolda. **Caracterização de produtos de corrosão de aço carbono e aço patinável submetidos a ensaio acelerado de corrosão e ensaio de intemperismo**. in 6º COTEQ Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos 22º CONBRASCORR – Congresso Brasileiro de Corrosão Salvador-Bahia, 2002.

- ARTIGAS, João Batista Vilanova. **Caminhos da arquitetura**. São Paulo, Pini, 1986.
- ASANIDZE, Lasha; TSIKARISHVILI, Kukuri; BOLASHVILI, Nana. Speleology of Georgia, **Proceedings of 16º Internacional congress of Speleology**, vol1, p.29-32 BRNO, 2013.
- ASCHER, François - **Os novos princípios do Urbanismo**. Tradução Nadia Someck. São Paulo, Romano Guerra Editora, 2010.
- AULER, Augusto. **O Paraíso Ameaçado: Gênese, Características e uma Visão Prospectiva do Futuro do Patrimônio Cárstico Brasileiro**. Apresentação oral. II Encontro Brasileiro de Estudos do Carste, Redespeleo Brasil, Instituto de Geociências da USP, São Paulo, 2007.
- _____; _____. Michel Le Bret, francês e brasileiro, espeleólogo e desenhista. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2006.
- _____; ZOGBI, Leda. **Espeleologia: Noções Básicas**. São Paulo, Redespeleo Brasil, 2005.
- _____; RUBBIOLI, Ezio; BRANDI, Roberto. **As Grandes Cavernas do Brasil**. Belo Horizonte: GBPE, 2001.
- _____. **Espeleometria no Brasil: Uma abordagem histórica**. Espeleo-Tema, V.18 p.23-30, Sociedade Brasileira de Espeleologia, Monte Sião, MG, 1997.
- _____. **Aplicações técnico científicas da topografia de cavernas**, in Manual de Cadastro e Topografia de Cavernas no Brasil. Sociedade Brasileira de Espeleologia, Curitiba, 1997, p.83-86.
- BADINO, Giovanni. **Underground meteorology - "What's the weather underground?"**. Acta Carsologica, 39/3, 427-448, Postojna, 2010.
- BAKALOWICS, Michel. **Epikarst**. In CULVER, David C.; WHITE, William, B.. **Encyclopedia of Caves**. Elsevier Academic Press, Oxford, 2005. pp. 220-223.
- BECK, Sérgio. **O livro de aventura do excursionista decidido**. São Paulo. Ed do Autor. 2001.
- _____. **Ratos de caverna**. São Paulo. Ed do Autor. 1999.
- _____. **Convite à aventura: uma introdução às caminhadas e outros desafios pelo agreste**. São Paulo. Ed do Autor. 1997.
- BERNAA, Francesco; GOLDBERG, Paul; HORWITZ, Liora Kolska; BRINKD, James; HOLTD, Sharon; BAMFORD, Marion; CHAZANG, Michael. **Microstratigraphic evidence of in situ fire in the Acheulean strata of Wonderwerk Cave, Northern Cape province, South Africa**. PNAS Plus - Social Sciences - Anthropology: PNAS 2012 109 (20), Abril, 2012 disponível em <http://www.pnas.org/content/109/20/E1215.full>.
- BEYNEN, Philip E van (org.). **Karst Management**. Springer, Netherlands, 2011.

- BOGGIANI, Paulo César et al. **Definição de capacidade de carga turística das cavernas do Monumento Natural Gruta do Lago Azul (Bonito, MS)**. São Paulo, UNESP, Geociências, v.26, n.4, p.333-348.
- BORRELLY, Daniel Fernandes. **Estudo comparativo da degradação de poliestireno e de poliestireno de alto impacto por envelhecimento natural e artificial**. Dissertação, Poli/USP, 2002.
- BOULLON, Roberto C.. **Planificación del Espacio Turístico**. 4a Ed. México, Trillas, 2006.
- BRANDI, Roberto. Ricardo Krone e Lourenço Granato: Influências na história da espeleologia paulista no final do século XIX e início do século XX. **O Carste**, Belo Horizonte v.19 n. 2 2007, pp. 36-61.
- _____.; SHIMADA, Hélio. O Núcleo Caboclos e o seu papel na história das minerações, no estudo das cavernas e nos primórdios do PETAR. **O Carste**, Belo Horizonte v.18 n.2 2006, pp. 40-65.
- BRASIL. **Instrução Normativa ICMBio no. 30**, de 19 de setembro de 2012. Diário Oficial da União Brasília, DF, 21 set 2012.
- _____. **Instrução Normativa MMA no. 002**, de 20 de agosto de 2009. Diário Oficial da União. Brasília, DF.
- _____. **Portaria MMA no. 358**, de 30 de setembro de 2009. Diário Oficial da União Brasília, DF, 30 set 2009.
- _____. **Decreto Federal no. 6.640**, de 07 de novembro de 2008. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 10 nov. 2008.
- _____. **Portaria IBAMA nº887**, de 15 de junho de 1990. Diário Oficial da União, Brasília, 20 jun. 2004.
- _____. **Lei n. 9985** de 18 de julho de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, 19 ago 2000.
- _____. **Decreto Federal nº99.556**, de 1º de outubro de 1990. Diário Oficial da União, Brasília, 2 out. 1990.
- Bridges to Prosperity. **Volume 2: Feasibility and Topographic Survey**. 2nd Edition 2011. Disponível em <http://bridgestoprosperity.org/>.
- British Columbia - Ministry of Forests. **Karst management handbook for British Columbia**. Victoria, B.C, 2003. Disponível em <http://www.for.gov.bc.ca/hfp/fordev/karst/karstbmp.pdf>.
- BRUSH, John. **Track marking – the Yarrangobilly experience**. Proceedings of the 18th Australasian Conference on Cave and Karst Management in Australasia 18, Margaret River, Western Australia, p.13-33, 2009.

- BÜCHLER, Daniela; BIGGS, Michael. Oito critérios para a pesquisa acadêmica em áreas de prática projetual. **Revista da Pós n. 27**, p 136 – 152. São Paulo, FAUUSP, 2010.
- _____; _____. Pesquisa acadêmica em áreas de prática projetual. **Revista da Pós n. 26**, p 168 – 183. São Paulo, FAUUSP, 2009.
- CARVALHO JUNIOR, Osmar Abílio de; BERBERT-BORN, Mylene; MARTINS, Éder de Souza; GUIMARÃES, Renato Fontes; GOMES, Roberto Arnaldo Trancoso. **Ambientes Cársticos**. pp. 185-213. in FLORENZANO, Teresa Gallotti (org). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo, Oficina de Textos, 2008.
- CASTERET, Norbert. **Dez anos debaixo da terra. Memórias dum explorador de cavernas**. Porto, Tavares Martins, 1940.
- CAVALCANTI, Lindalva Ferreira; LIMA, Maristela Felix de; MEDEIROS, Rita de Cássia Surraje (Orgs.). **Plano de ação nacional para a conservação do Patrimônio Espeleológico nas áreas cársticas da Bacia do Rio São Francisco**, Instituto Chico Mendes, Brasília, 2012.
- CCG - COMISSÃO GEOGRAPHICA E GEOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO, **Exploração do Rio Ribeira de Iguape**. Typographia Brazil de Rothschild & Co, São Paulo, Segunda edição, 1914.
- CECAV – CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS. **Relatório final Oficina de cavernas turísticas Partes I e II**. Brasília, CECav, 2014.
- _____. **Cadastro de cavernas**. <http://www.icmbio.gov.br/cecav/>, acessado em 25.06.2013.
- _____. **Termo de referência para plano de manejo espeleológico de cavernas com atividades turísticas**. Brasília, 2008.
- CIFUENTES, Miguel. **Determinacion de capacidad de carga turistica en areas protegidas**. CATIE, Costa Rica, 1992.
- CIGNA, Arrigo; FORTI, Paolo. Caves: The most important geotouristic feature in the world. **Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas**, Vol.6, nº 1, 2013, SeTur/SBE, Campinas, 2013, 9-23.
- _____. The development of show caves: New materials and methods. **Proceedings of 16º Internacional congress of Speleology**, vol1, p.29-32 BRNO, 2013, 215-218.
- _____. **State Of Show Cave Management In The World**. Proceedings of the 19th Australasian Conference on Cave and Karst Management – Ulverstone, Tasmania, 2011.
- _____. **Show Caves**. in CULVER, David C.; WHITE, William, B.. Encyclopedia of Caves. Elsevier Academic Press, Oxford, 2005, 495-500.
- _____. **Climate of Caves**. in GUNN, John. Ed. Encyclopedia of caves and karst science. Fitzroy Dearborn, New York, 2004, 467-475.

- _____. BURRI, Ezio. **Develpoment, management and economy of show caves**. international Journal of Speleology, 29B, 1/4, 2000, 1-27, 2000.
- CLOTTE, Jean. Caverna Chauvet: A arte mágica da Era Glacial. **Revista National Geographic Brasil**, ano 2, nº 16, agosto, 2001.
- COLLET, Guy Christian. **O Primeiro Povoamento da América do Sul [The First Settlement of South América]**. Proceedings of 13th International Congress of Speleology, Brasília, DF, 2001.
- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 347 de 10 de setembro de 2004**. In: Diário Oficial da União, Brasília, ed.176, seção 01, p.54. 13 set. 2004.
- CORDEIRO, Bruna Medeiros. **Planalto carbonático do André Lopes (SP): Geomorfologia cárstica e geoespeleologizada Gruta da Tapagem (Caverna do Diabo)**. Dissertação, IGc-USP, São Paulo, 2013.
- CORREA, Carlos A.; FONSECA, Carla N.P.; NEVES, Silmara; RAZZINO, Carlos A.; HAGE JR, Elias. **Compósitos Termoplásticos com Madeira**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 13, no 3, 2003, 154-165.
- COSTA, Lúcio. **Arquitetura**. Jose Olympio Editora, São Paulo, 2002.
- COSTA NETO, Joaquim de Britto. **A questão fundiária nos Parques e Estações Ecológicas do Estado de São Paulo: origens e efeitos da indisciplina da documentação e do registro imobiliário**. Tese. FAUUSP, São Paulo, 2006.
- CUEVAS-GONZÁLEZ, J.; FERNÁNDEZ-CORTÉS, A.; MUÑOZ-CERVERA, M.C.; ANDREU, J.M. ; CAÑAVERAS, J.C. **Influence of Daily Visiting Regime in Tourist Cave at Different Seasons**. IN B. ANDREO ET AL. (EDS.), ADVANCES IN RESEARCH IN KARST MEDIA, BERLIN, SPRINGER, 2010.
- CULVER, David C.; WHITE, William, B.. **Encyclopedia of Caves**. Elsevier Academic Press, Oxford, 2005.
- DALFRÉ, Gláucia Maria. **Cruzetas de polímeros reciclados: caracterização dos materiais, análise numérica e ensaios de modelos reduzidos**. Dissertação, EESC-USP, São Carlos, 2007.
- DAY, Mick; HALL, Andrea. On tourism in tropical karst. **Cave and Karst Science**, Vol.39, No.3, 2012, British Cave Research Association (BCRA), 2012, 119-122.
- DE FREITAS, Chris R.. The role and importance of cave microclimate in the sustainable use and management of show caves. **Acta carsologica**, 39/3, 477–489, Postojna, 2010.
- DEQUECH, Victor. Dados históricos sobre espeleologia. **O Carste**, v.12, n.1, janeiro, Belo Horizonte, 2000, 54-55, 2000.

- _____. Esboço histórico da Espeleologia brasileira. **Revista Escola de Minas**, 40, n.4, Ouro Preto, 1998, 4-6, 1998.
- DIEGUES, Antonio Carlos. **O mito moderno da Natureza intocada**. São Paulo, Hucitec, 3a ed, 2000, 1994.
- _____. **O Vale do Ribeira e Litoral de São Paulo: meio-ambiente, história e população**. São Paulo, CENPEC, 2007.
- DUNKLEY, John. Assumptions of cave management - time for reconsideration. **Proceedings of the 14th Cave and Karst Management in Australasia, Conference**, Wombeyan, New South Wales, 2001
- ECO, Umberto. **Como se faz uma tese**. São Paulo, Perspectiva, 2009.
- FELIZARDO, Alexandre José. Um pioneiro da espeleologia brasileira: história e biografia de Jean-Louis Christinat. **Anais do 32º Congresso Brasileiro de Espeleologia**, SBE, Barreiras, 2013, 225-230.
- FERRAZ, Marcelo Carvalho. **Arquitetura conversável**. Rio de Janeiro, Beco do Azougue, 2011.
- FIBERLINE COMPOSITES. **Design Manual**, Fiberline Composites A/S, Middelfart, 2002.
- FIGUEIREDO, Luis Afonso Vaz de. ZAMPAULO, Robson de Almeida; GERIBELLO, Fábio Kock; PEDRO, Emerson Gomes; DELL ANTONIO, Rogério; LOBO, Heros Augusto Santos. **Projeto Caverna do Diabo (PROCAD): aspectos históricos (1990-2007) e resultados das expedições da terceira fase.**, Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Espeleologia, SBE, Ouro Preto. 2007. p.113-119, 2007.
- FIORAVANTI, Carlos. Resquílios de chuva em cavernas ajudam a reconstruir o clima dos últimos milhares de anos. **Revista FAPESP**, n. 157, março de 2009, 66-69, 2009.
- _____. Guardiões do tempo: Cavernas revelam como era o clima no hemisfério Sul há 100 mil anos. **Revista FAPESP**, n. 111, maio de 2005, 50-54, 2005.
- FLORENZANO, Teresa Gallotti (org). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo, Oficina de Textos, 2008.
- FOQUÉ, Richard. **Building Knowledge by Design**. Texto apresentado na IV Jornadas internacionales sobre investigación en arquitectura y urbanismo. Valencia, junho de 2011.
- FORD, Derek.; WILLIAMS, Paul. **Karst Hidrogeology and Geomorphology**. 1a ed., 1989, Unwin Hyman Ltd, Ed. revisada, Chichester, John Wiley & Sons Ltd, 2007.
- FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. **Desenho Ambiental - Introdução à Arquitetura da Paisagem com o Paradigma Ecológico**. 1a. Edição, São Paulo, Annablume: Fapesp, 1997.

- GERIBELLO, Fabio Kok. PROCAD 2007. *in* **Desnível Eletrônico**. Ano 4, Nº 7, Janeiro/Julho de 2007, p.25, 2007.
- GILLIESON, David Shaw. **Management of Caves**. *in* BEYNEN, Philip E van (org.). Karst Management. Springer, Netherlands, 2011.
- _____. **Caves: Processes, Development and Management**. Oxford, Blackwell Publishers, 1996.
- GRAZIANO DA SILVA, José. Velhos e novos mitos do rural brasileiro. **Estudos Avançados** 15 (43), 2001 p. 37-50, 2001.
- _____.; GROSSI, Mauro Del; CAMPANHOLA, Clayton. **O que há de realmente novo no rural brasileiro**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v.19, n.1, p.37-67, jan./abr., 2002.
- GREGOTTI, Vittorio. **Territorio e arquitetura**, 1985, *in* NESBIT, Kate (org), Uma nova agenda para a arquitetura, São Paulo, Cosac Naify, 2006, pp 371 a 376, 2006.
- Grupo Bambui de Pesquisas Espeleológicas (GBPE). **Mapeamento temático das cavernas do Parque Nacional Cavernas do Peruaçu**. *in* IBAMA. **Plano de Manejo Parque Cavernas do Peruaçu**. Ibama, Brasília, 2005.
- Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná - Açungui (GEEP). **Conservando cavernas: quinze anos de espeleologia GEEP-Açungui**, Curitiba, GEEP-Açungui, 2001.
- GUNN, John. Ed. **Encyclopedia of caves and karst science**. Fitzroy Dearborn, New York, 2004.
- GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. orgs. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2011.
- HAMILTON-SMITH, Elery. **Tourism and Caves: History** *in* GUNN, John. Ed. Encyclopedia of caves and karst science. Fitzroy Dearborn, New York, 2004, p.1552-1554, 2004.
- _____. **Touristic Caves** *in* GUNN, John. Ed. Encyclopedia of caves and karst science. Fitzroy Dearborn, New York, 2004, pp.1554-1561, 2004.
- _____. **Some issues in cave classification**. Cave and Karst Management in Australasia - Proceedings of the 9th ACKMA Conference, Margaret River, Western Australia, 1991.
- HEBELKA, Jirí. **Methodology of lampenflora removal in caves acessible for tourists**. The cave administration of the Czech Republic, 2014.
- HERTZBERGER, Herman. **Lições de Arquitetura**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- HILL, Carol A.; FORTI, Paolo. **Cave minerals of the world**. 2.ed. Huntsville: NSS, 1997.

- HIRUMA, S. T.; FERRARI, J. A.; AMARAL, R. Caracterização de feições cársticas de superfície da Faixa André Lopes (Vale do Ribeira, SP). In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 44, Curitiba, **Anais**, p. 993, 2008.
- HOLTEN, Birgitte; STERLL, Michael; FJELDSA, Jon. **O artista desaparecido - P.W. Lund e P.A. Brandt no Brasil**. Tradução Luiz Paulo Ribeiro Vaz, Belo Horizonte, Editora UFMG, 2012.
- _____; _____. **Peter Lund e as grutas com ossos de Lagoa Santa**. Tradução Luiz Paulo Ribeiro Vaz, Belo Horizonte, Editora UFMG, 2011.
- IBAMA, INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Plano de Manejo Parque Cavernas do Peruaçu**. Ibama, Brasília, 2005.
- _____. **Roteiro metodológico de planejamento: Parquenacional, reserva biológica, Estação ecológica**. 2002.
- INSTITUTO DO CARSTE. Síntese do evento Workshop técnico científico: **Espeleometria métodos, definições e limites**. Belo Horizonte, maio de 2012.
- INSTITUTO FLORESTAL DE SÃO PAULO (IF). **Portaria IF /01 de 19.05.1992**. São Paulo, 1992.
- INTERNATIONAL UNION OF SPELEOLOGY (UIS) - Department of Karst and Cave Protection. **Recommended management guidelines for show caves**. Disponível em <http://www.karstportal.org/node/10061>.
- JEFFERY, R. Brooks. **Timpanogos cave national monument. Visitor center investigation: analysis, concept, Feasibility**. Drachman institute college of architecture & landscape architecture The University of Arizona, 2010.
- KABASHIMA, Yukie. **Fatores de degradação ambiental e elementos construtivos na avaliação e monitoramento de escadas no percurso de trilhas no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira**. Dissertação, Piracicaba, USP, 2011.
- KARMANN, Ivo.; SÁNCHEZ, Luiz Enrique. **Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil**. Espeleo-Tema, Monte Sião, v.13, p.105-167, 1979.
- _____; _____. Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil. **Espeleo-Tema**, v. 13, p. 105-167, 1979.
- KATINSKY, Júlio Roberto. **Pesquisa acadêmica na FAUUSP**. São Paulo, FAUUSP, 2005.
- KAZIKAWA, Max William. **Madeira Plástica**. TCC, UNAMA, Belém, 2009.
- KLIMCHOUK, Alexander. **Caves in** GUNN, John. Ed. Encyclopedia of caves and karst science. Fitzroy Dearborn, New York, 2004. pp.417-421, 2004.

- KRONE, Ricardo. **As Grutas Calcareas do Valle do Ribeira de Iguape**. Imprensa Nacional, Rio de Janeiro, 1909.
- _____. **As Grutas Calcareas de Iporanga**. Revista do Museu Paulista Vol III, p. 477-500, Est. VI e VII, São Paulo, 1898.
- KRÜGER, Márcio von. **A gruta da Tapagem – II parte**. Revista da Escola de Minas, Ouro Preto, v.25, n.4, p.173-177, 1967.
- KRŽIČ, Matej. **Preservation of cave floor and its importance for interpretation**. in Proceedings of 6th ISCA Congress, Slovakia, p.98-99, 2011.
- LABEGALINI, José Ayrton. Problemas ambientais na Caverna do Diabo decorrentes da iluminação elétrica. **ANAIS do XXIX Congresso Brasileiro de Espeleologia**, SBE, Ouro Preto, 2007.
- LAHTI, Louna. **Alvar Aalto: 1898-1976. Paraíso para gente comum**. Taschen, Koln, 2005.
- LE BRET, Michel. **Maravilhoso Brasil Subterrâneo**. Jundiaí, Editora Japi, 1995.
- _____. **Estudos espeleológicos no vale do alto Ribeira**. Boletim do Instituto Geográfico e Geológico, São Paulo: Instituto Geográfico e Geológico, n 214, ano 29, p. 10-52, 1970.
- LECHNER, Larry. **Planejamento, Implantação e Manejo de Trilhas em Unidades de Conservação**. Série Cadernos de Conservação, Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, ano.3, n.3, Curitiba, 2006.
- LIMA, Ana Gabriela Godinho et al. **Indicadores de pesquisa acadêmica em áreas de prática projetual**. Artigo elaborado pelo Grupo de Pesquisa Arquitetura: Projeto & Pesquisa & Ensino da Universidade Presbiteriana Mackenzie de São Paulo, Brasil, em colaboração acadêmica com a University of Hertfordshire, Reino Unido, 2011.
- LINO, Clayton Ferreira. Cavernas: **O Fascinante Brasil Subterrâneo**. 1.ed. São Paulo: Ed. Rios, 1989.
- _____. **Manejo de cavernas para fins turísticos: base conceitual e metodológica**. São Paulo: s.ed., 1988.
- _____. ALLIEVI, João. **Proposta de manejo de turístico das cavernas e sítios arqueológicos do Parque Estadual Turístico (PETAR)**, São Paulo: SBE/IF, 1987.
- _____; _____. **Cavernas Brasileiras**. São Paulo: Melhoramentos, 1980.
- LOBÃO, Moisés Silveira; DELLA LUCIA, Ricardo Marius; MOREIRA, Márcio Sampaio Sarmet; GOMES, Adriana. **Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades**. R. Árvore, Viçosa-MG, v.28, n.6, p. 889-894, 2004.

- LOBO, Heros Augusto Santos; TRAJANO, Eleonora; MARINHO, Maurício de Alcântara; BICHUETTE, Maria Elina, SCALEANTE, José Antonio Basso; SCALEANTE, Oscarlina Aparecida Furquim; ROCHA, Bárbara Nazaré; LATERZA, Francisco Villela. **Projection of tourist scenarios onto fragility maps: Framework for determination of provisional tourist carrying capacity in a Brazilian show cave.** *Tourism Management* 35, 234-243, 2013.
- _____. Speleoclimate and its applications in tourism management in caves. *Journal of Geography Department – USP*, Issue 23 (2012), p. 27-54.
- _____. **Zoneamento ambiental espeleológico (ZAE): aproximação teórica e delimitação metodológica.** *Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas*, Campinas, v.2, n.2, p. 113-129, 2009.
- MARANHÃO, Ricardo. **Diário de navegação: Pero Lopes e a expedição de Martim Afonso de Sousa (1530 –1532).** Vallandro Keating e Ricardo Maranhão, São Paulo, Editora Terceiro Nome, 2011.
- MARINHO, Maurício de Alcântara. **Territorialidade e Governança em Áreas Protegidas: O caso da comunidade do Marujá, no Parque Estadual da Ilha do Cardoso (Cananeia, SP).** Tese, USP, São Paulo, 2013.
- _____. **Conflitos e possíveis diálogos entre unidades de conservação e populações camponesas: uma análise do Parque Estadual Intervales e o bairro do Guapiruvu (Vale do Ribeira/SP).** Dissertação, São Paulo, USP, 2006.
- _____. (Coord.). **Plano de uso recreativo do PETAR, Iporanga e Apiaí/SP: Proposta de manejo e uso recreativo para o Núcleo Caboclos com ênfase ao Roteiro da Trilha do Chapéu.** Relatórios Técnicos Parcial e Final. São Paulo: WWF-Brasil; Ing-Ong, 2002.
- MASSIRONI, Manfredo. **Ver pelo desenho. Aspectos técnicos, cognitivos, comunicativos.** Edições 70, Lisboa, 1982.
- MATOS, Francisco Albuquerque. **A Gruta da Tapagem (“Caverna do Diabo”).** *Revista da Escola de Minas, Ouro Preto*, v.24, n.3, p.1-8, 1966.
- MEDEIROS, Rodrigo. **Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil.** *Ambiente & Sociedade – Vol. IX no. 1 jan./jun. 2006.* p41-64, 2006.
- MOLINA, Julio Cesar; CARREIRA, Marcelo Rodrigo; CALIL JR, Carlito. **Análise do comportamento mecânico de perfis retangulares de madeira plástica (wood plastic composite).** *Minerva*, v.6, n.1, janeiro a abril de 2009: 47-57, EESC-USP, 2009.
- MORIN, Edgar. **A cabeça bem-feita: repensar a forma, reformar o pensamento.** Trad. Eloá Jacobina, 19a ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2011.
- _____. **Introdução ao Pensamento Complexo.** Porto Alegre: Sulina, 2007.

- MOTTA, Flávio. **Desenho e Emancipação**. In “Sobre o Desenho”. São Paulo: Centro de Estudos Brasileiros GFAUUSP, 1975. (Publicado inicialmente em Correio Brasiliense Brasília, 16/12/1967).
- MOURA, Vitor Marcos Aguiar de. **Análise ambiental de trilhas em unidades de conservação Parque Nacional do Caparaó, MG**. Tese, Belo Horizonte, UFMG, 2011.
- _____. **Arquitetura em Unidades de Conservação da Natureza Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, MG**. Dissertação, Belo Horizonte, UFMG, 2005.
- NEIMAN, Zyzman; RABINOVICI, Andréa. Envolvimento sustentável em comunidades de conservação. **OLAM Ciência & Tecnologia** - Rio Claro / SP, Brasil Ano VIII Vol. 8 No. 2, 2008.
- NEVES, Walter Alves; PILÓ, Luís Beethoven. **O povo de Luzia: em busca dos primeiros americanos**. São Paulo, Globo, 2008.
- _____; OKUMURA, Maria Mercedes Martinez. Afinidades biológicas de grupos pré-históricos do vale do rio Ribeira de Iguape (SP): uma análise preliminar. **Revista de Antropologia**, SÃO PAULO, USP, 2005, V. 48 No 2.
- O ESTADO DE S. PAULO (OESP). 28 de abril de 1978, p. 19, 1978.
- _____. 27 de setembro de 1975, p. 82, 1975.
- _____. 27 de janeiro de 1974, p. 209, 1974.
- _____. 11 de outubro de 1968, p. 42, 1968.
- _____. 21 de abril de 1967, p.40, 1967.
- _____. 08 de janeiro de 1965, p.19, 1965.
- OLIVEIRA, Adriana Fernandes de Oliveira. A implantação de unidades de conservação em áreas de ocupação humana. **Revista Pós**, N.16, 2004, 68-80, 2004.
- OLSON, Rick. **Control of Lamp Flora in Developed Caves**. in WERKER, Val Hildreth; WERKER, Jim C. Cave Conservation and Restoration. Alabama, NSS, 2006. p. 343-348, 2006.
- PAES, Gabriela Segarra Martins. **Ventura e Desventura no Rio Ribeira de Iguape**. Tese, São Paulo, USP, 2014.
- PALMER, Arthur N. **Cave geology**. Dayton, Cave Books, 2007.
- _____. **Origin and morphology of limestone caves**. Geological Society of American Bulletin, v.103, p.1-21, Janeiro, 1991.
- PARCELL, William C.. **Signs and symbols in Kircher's Mundus Subterraneus**. The Geological Society of America Memoir, 203, 2009.

- PARENTE, Ricardo Alves. **Elementos estruturais de plástico reciclado**. Dissertação, São Carlos, EEUSP, 2006.
- PATE, Dale L. **Management tools for supporting conservation ethics**. in WERKER, Val Hildreth; WERKER, Jim C. **Cave Conservation and Restoration**. Alabama, NSS, 2006. p.229-237, 2006.
- PERRONE, Rafael Antônio Cunha. **Desenhos e projeto**. in PERRONE, Rafael Antonio Cunha & VARGAS, Heliana Comin (org). **Fundamentos de projeto: arquitetura e urbanismo**. São Paulo, Edusp, 2014. p.146-159, 2014.
- _____. **O ensino: sobre a complexidade e o ato de projetar**. in Anais do Seminário Ensino Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, FAUUSP, 2007. p.64-71, 2007.
- _____. **Olhar/Ver/Desenhar**. Revista Sinopses 29, FAUUSP, junho 1998. p.28-31, 1998.
- PERSON, Ana Laura. **Mapeamento espeleológico de detalhe do setor turístico da gruta da Tapagem (Caverna do Diabo) - SP**. Monografia de trabalho de formatura, IGc-USP, São Paulo, 2013.
- PIANO, Renzo; CASSIGOLI, Renzo. **La Responsabilidad del arquitecto: Conversación con Renzo Cassigoli**. Barcelona, Gustavo Gili, 2002.
- PILÓ, Luís Beethoven. Ambientes cársticos de Minas Gerais. Valor, fragilidades e impactos decorrentes da atividade humana. **O Carste**, V.11, nº3, julho/1999, Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, Belo Horizonte, p.50-58, 1999.
- _____. **Morfologia Cárstica e materiais constituintes: Dinâmica e evolução da depressão poligonal Macacos-Baú - Carste de Lagoa Santa, MG**. Tese, FFLCH-USP, 1998.
- PIMENTEL, Giuliano Gomes de Assis. Esportes na natureza e atividades de aventura: uma terminologia aporética. **Rev. Bras. Ciênc. Esporte**, Florianópolis, v. 35, n. 3, p. 687-700, jul./set., 2013.
- PIVA, Edwil; LEVENHAGEN, Blanche Sousa. **Documento preparatório para o Plano de manejo das cavernas dos Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira - PETAR, Parque Estadual Intervales e Caverna do Diabo no Parque Estadual de Jacupiranga**. Relatório Final, São Paulo, Ecobio meio ambiente / Instituto Florestal de São Paulo / Fundação Florestal de São Paulo, 2006.
- _____. **Avaliação e tipificação dos impactos do uso público nos núcleos Santana e Ouro Grosso - Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira PETAR (Apiáí, SP)**. Monografia Trabalho de Graduação, Hidrobiologia, UFSCar, 2003.
- PIVETTA, Marcos. A América de Luzia: Escavações em Lagoa Santa reforçaram teoria alternativa sobre o povoamento do continente. **Revista Pesquisa Fapesp**, maio, 2012, p.235-239, 2012.

- _____. Eu nasci dez mil anos atrás: Crânio encontrado em sambaqui de rio no Vale do Ribeira revela a cultura mais antiga de São Paulo. **Revista Pesquisa Fapesp**, nº 112, julho, 2005, p.38-43, 2005.
- PROUS, André; BAETA, Alenice; RUBBIOLI, Ezio. **O patrimônio arqueológico da região de Matozinhos: conhecer para proteger**. Belo Horizonte, Ed. do Autor, 2003. 132p.
- PULIDO-BOSCH, A.; MARTÍN-ROSALES, W.; LÓPEZ-CHICANO, M.; RODRIGUES-NAVARRO, C. M.; VALLEJOS, A. **Human impact in a tourist karstic cave (Aracena, Spain)**. *Environmental Geology* n.31, June 1997, p.142-149, 1997.
- REBELLO, Yopanan. **Bases para projeto estrutural**. São Paulo, Zigurate Editora, 2007.
- REDESPELEO BRASIL. **Boletim Conexão Subterrânea**, nº111, 27.09.2013.
- ROBBINS, Edward. **Why architects draw**. The MIT Press, 1994 Cambridge, Massachusetts
- ROCHA, Bárbara Nazaré. **Estudo microclimático do ambiente de cavernas, Parque Estadual Intervales, SP**. Dissertação, USP, São Paulo, 2010.
- ROCHA, Paulo Mendes da. **Paulo Mendes da Rocha: Projetos (1957-1999)**. Org. Rosa Artigas, 3a ed. rev. São Paulo, Cosac Naify, 2006.
- RODRIGUES, Roberto. Projeto Caverna do Diabo. **InformAtivo SBE**, nº 79, janeiro-fevereiro 2002, p.14-19, 2002.
- ROMERO, Aldemaro. **Cave Biology: Life in Darkness**. Arkansas State University, Cambridge University Press, Cambridge, 2009.
- ROSA, Joseph. **Loius I. Kahn: 1901-1974. Enlightened space**. Taschen, Koln, 2006.
- RUBBIOLI, Ezio; MOURA, Vitor. **Mapeamento de Cavernas: Guia prático**. Redespeleo Brasil, São Paulo, 2005.
- SALLUN FILHO, William; ALMEIDA, Luis Henrique Sapiensa; TORRESI, Bruna Ferri; GOUVEIA, Fábio Rodrigues Nobre; PERSON, Ana Laura Person. Caverna do Rio Fria (SP-40) revisitada 100 anos depois de Krone: História e geologia de uma caverna formada pelo crescimento de tufa. **Revista Espeleotema**, vol. 22, número 1, p.7-23, 2011.
- SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo, Oficina de Textos, 2008.
- _____. O Sistema, unidade lógica de referência dos estudos espeleológicos. **Revista Espeleotema**, São Paulo, v.16, SBE, p.3-14, 1992.
- SÁNCHEZ-MORAL, S.; CUEZVA, S.; FERNÁNDEZ-CORTÉS, A.; BENAVENTE, D.; CAÑAVERAS, J.C. **Effect of Ventilation on Karst System Equilibrium (Altamira Cave, N Spain): an Appraisal of Karst Contribution to the Global Carbon Cycle**

Balance in B. ANDREO et al. (Eds.), *Advances in Research in Karst Media*, Berlin, Springer, 2010.

SANDEVILLE JUNIOR, Euler; SUGUIMOTO, Flávia Tiemi. Ecoturismo e (Des)Educação Ambiental. **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v.3, n.1, 2010, pp.47-60.

SANTOS, Katia Maria Pacheco dos; TATTO, Nilto. **Agenda Socioambiental de Comunidades Quilombolas do Vale do Ribeira**. São Paulo, Instituto Socioambiental, 2008.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo, Oficina de Textos, 2004.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Fundação Florestal. **Plano de Manejo Espeleológico da Caverna do Diabo**. Fundação Florestal do Estado de São Paulo/Núcleo Planos de Manejo, 2010 (Versão revisada em outubro de 2012 e fevereiro de 2013a).

_____. (Secretaria do Meio Ambiente). **Projeto de desenvolvimento do ecoturismo na região da Mata Atlântica no estado de São Paulo 2006-2013** [recurso eletrônico] / Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo; Organizadores Érika Sayuri Koga [et al.]. – São Paulo, SMA, 2013b.

_____. **Diário Oficial Poder Legislativo**, 13.01.2011, São Paulo, 2011.

_____. (Fundação Florestal do Estado de São Paulo) **Plano de Manejo do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira**. Vol 1 e Vol.2. Fundação Florestal do Estado de São Paulo/Núcleo Planos de Manejo, 2010a.

_____. (Fundação Florestal do Estado de São Paulo) **Plano de Manejo Espeleológico do Parque Estadual Estadual Turístico do Alto Ribeira**. Fundação Florestal do Estado de São Paulo / Núcleo Planos de Manejo, 2010b.

_____. (Fundação Florestal do Estado de São Paulo) **Plano de Manejo Espeleológico do Parque Estadual Estadual de Intervalos**. Fundação Florestal do Estado de São Paulo/Núcleo Planos de Manejo, 2010c.

_____. (Secretaria de Estado do Meio Ambiente). **Manual de Construção e Manutenção de Trilhas**. São Paulo, 2009.

_____. (Fundação Florestal do Estado de São Paulo) **Plano de Manejo do Parque Estadual Estadual de Intervalos**. Fundação Florestal do Estado de São Paulo/Núcleo Planos de Manejo, 2008a.

_____. (Secretaria de Estado do Meio Ambiente). **Projeto de desenvolvimento do ecoturismo na região da mata atlântica : (BR-L1013) : Informe Ambiental**. Agosto, 2008b.

- _____. (Estado). **Educação Ambiental em Unidades de Conservação e de Produção**. Secretaria do Meio Ambiente/ Coordenadoria de Educação Ambiental, Série Guias, São Paulo, 1991.
- _____. (Governo do Estado). **A Batalha do Meio Ambiente no Governo Montoro**. São Paulo, PW, 1987.
- _____. **Diário Oficial do Estado de São Paulo (DOSP)**, p.104 30.11.1977.
- _____. **Diário Oficial do Estado de São Paulo (DOSP)**, p.94 08.10.1977.
- _____. **Diário Oficial do Estado de São Paulo (DOSP)**, n.27 p.2 09.02.1972.
- _____. **Diário Oficial do Estado de São Paulo (DOSP)**, Decreto n.48.818 07.11.1967, n. 212 p.2 08.11.1967.
- _____. Secretaria de Cultura, Esportes e Turismo, **Folheto de divulgação da Caverna do Diabo**, 1969.
- _____. (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Fundação Florestal. **Análise da Visitação e seus Impactos nas Trilhas e Atrativos da Sede do Parque Estadual Estadual de Intervales**. Fundação Florestal do Estado de São Paulo, 2008.
- SAURO, Ugo. **Closed Depressions**. In CULVER, David C.; WHITE, William, B.. **Encyclopedia of Caves**. Elsevier Academic Press, Oxford, 2005. pp.108-122, 2005.
- SECRETARIA DA JUSTIÇA E DA DEFESA DA CIDADANIA E INSTITUTO DE TERRAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (SJDC/ITESP). Relatório técnico científico sobre a comunidade de Quilombo de André Lopes, localizada no município de Eldorado no Vale do Ribeira - SP, São Paulo, 2000.
- SERRA, Geraldo Gomes. **Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo: Guia prático para o trabalho de pesquisadores em pós-graduação**. São Paulo, Edusp : Mandarim, 2006.
- SESSEGOLO, Gisele Cristina. **A Conservação e o manejo de cavernas no Brasil: lacunas do conhecimento e prioridades para proteção**. Tese, UFPR, Curitiba, 2013.
- SHAW, Trevor. **Speleologists**, in GUNN, John. Ed. **Encyclopedia of caves and karst science**. Fitzroy Dearborn, New York, 2004. Pp.1466-1473, 2004.
- SHIROMA, Leandro; BERALDO, Antonio Ludovico. **Wood-plastic composite**. in Proceedings of the 51st International Convention of Society of Wood Science and Technology November 10-12, 2008 Concepción, CHILE, p.1-9, 2008.
- SILVERIO, Marcos Otavio. **A representação de espaços naturais de arquitetura: o desenho arquitetônico no processo de intervenção em cavernas**. In: 2º Seminário Internacional Representar Brasil 2013, 2013, São Paulo. Anais do 2o Seminário Internacional Representar Brasil 2013 As representações na Arquitetura, Urbanismo e Design. São Paulo: USP, 2013. v. 1. p. 345-356, 2013.

- _____. **O desenho espeleológico no Brasil: Mapeamento de cavernas.** São Paulo, FAUUSP, 2012, Trabalho de conclusão da disciplina AUP 5860 - Desenho / Design / Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - FAUUSP, 2012.
- _____. **Considerações sobre a pesquisa em projeto e a produção de conhecimento da área de arquitetura aplicada a intervenções em unidades de conservação da natureza: o Parque Estadual Caverna do Diabo, São Paulo.** São Paulo, FAUUSP, 2012, Trabalho de conclusão da disciplina AUP 5903 - Seminário de Pesquisa em Projeto de Arquitetura I, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - FAUUSP, 2012.
- SOBRINHO, Beroaldo de Menezes Lyra. **Santana versus Caverna do Diabo.** Informativo SBE, Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), n.45, ano.VIII maio/junho, 1992. p.6-7, 1992.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA (SBE). **Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil.** <http://cavernas.org.br/cnc>, acessado em 25.06.2013.
- _____. **Mapa da caverna do Diabo.** Campinas: SBE, 2008.
- _____. Espeleo-tema - **Boletim Informativo** - Reedição Histórica, SBE, 1988.
- _____. **Informativo SBE**, N.75, março-abril 1998.
- _____. **Manual de cadastro e topografia de cavernas no Brasil.** Curitiba, 1997.
- _____. CCEPE - Comissão de Cadastro, Espeleometria e Províncias Espeleológicas. **Normas e convenções espeleométricas.** Sociedade Brasileira de Espeleologia, Curitiba, 1991.
- SPATE, Andy; SPATE, Jess. **World-wide show cave visitor numbers over the recent past: A preliminary survey.** Proceedings of the 20th Australasian Conference on Cave and Karst Management – Waitomo, New Zealand, 2013.
- _____. **The green sickness – La maladie verte or lampenflora - Part 1.** ANDYSEZ, Number 48 , ACKMA Journal 50, March, 2003a.
- _____. **The green sickness – La maladie verte or lampenflora - Part 2.** ANDYSEZ, Number 49 , ACKMA Journal 51, June, 2003b.
- _____. **Lampenflora - Part 3.** ANDYSEZ, Number 50 , ACKMA Journal 52, September, 2003c.
- _____; HAMILTON-SMITH, Elery; LITTLE, Lana; HOLLAND, Ernst. **Best Practice and Tourist Cave Engineering.** Proceedings of the 12th ACKMA Conference, Waitomo, NZ, 1997.
- _____; _____. **Caver's impacts - some theoretical and applied considerations.** Proceedings of the 9th ACKMA Conference, Margaret River, Western Australia, 1991.

- STAHLSCHIMDT, Marcelo Franzkowiak. **Estudo do processo de recozimento em linha de galvanização - caracterização e implicações inerentes o arraste de chumbo.** Dissertação, UFRGS, 2010.
- TAKAHASHI, Leide. **Uso público em unidades de conservação.** Série Cadernos de Conservação, Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, ano.2, n.2, Curitiba, 2004.
- TEIXEIRA, Marcelo Geraldo; CÉSAR, Sandro Fábio César. **Produção de compósito com resíduo de madeira no contexto da ecologia industrial.** in Anais do 10º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira - EBRAMEM 2006, São Pedro, 2006.
- THE INTERNATIONAL MOUNTAIN BICYCLING ASSOCIATION. **Building Better Trails: Design, construction and maintaining outstanding trails.** Boulder, IBMA, 2001.
- THOMSON, Kenneth C.; TAYLOR, Robert L. **The art of cave mapping.** Journal of the Missouri Speleological Survey, Inc. Missouri Speleology V.31, N.1-4, 1991.
- TRAJANO, Eleonora. Políticas de conservação e critérios ambientais: princípios, conceitos e protocolos. **Estudos Avançados**, 24, 68, São Paulo: USP, 2010. pp 135-146, 2010.
- _____; BICHUETTE, Maria Elina. **Biologia subterrânea: introdução.** São Paulo: Redespeleo, 2006.
- TUCKER, Ian. Evgeny Morozov: We are abandoning all the checks and balances. **The Observer**, 09.03.2013 disponível em <http://www.theguardian.com/technology/2013/mar/09/evgeny-morozov-technology-solutionism-interview>
- VALLE, Murilo Andrade. **Gruta da Tapagem (Caverna do Diabo)** p.136-137 in AULER, A; RUBBIOLI, E.L.; BRANDI, R. As Grandes Cavernas do Brasil. Belo Horizonte: GBPE, 2001.
- _____. A espeleologia na Geociências da USP. **O Carste**. Vol 10, nº 3, Julho, 1999, Belo Horizonte Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, p.94-99, 1998.
- VENI, George. **Apostila do Curso internacional: Impactos ambientais e manejo em sistemas cársticos.** Instituto do Carste, Belo Horizonte, 2011.
- _____. et al. **Living With Karst: A Fragile Foundation.** American Geological Institute, 2001
- _____. **Speleothems: preservation, display, and restoration.** p.301-309. in HILL, Carol; FORTI, Paolo. *Cave minerals of the world*. 2nd ed. National Speleological Society, Alabama, 1997.
- VIGO, A. **Proyecto de habilitación turística de la Cueva de Rei Cintolo.** in J.J. Durán, P/A/ Robledo; Vásquez (Eds.), Cuevas turísticas: aportación al desarrollo sostenible.

Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas, nº24, p 93-102. Madrid, 2007.

VITTE, Antonio Carlos; AGUIAR, Paulo Henrique Aguiar. **Da representação ao fetiche da natureza. O exemplo do turismo no município de Brotas (SP), Brasil.** OLAM – Ciência & Tecnologia – Rio Claro / SP, Brasil – Ano IX, Vol. 9, n. 1, p. 289 Janeiro-Julho, 2009.

WATSON, John, HAMILTON-SMITH, Elery, GILLIESON, David, KIERNAN, Kevin, (Eds.). **Guidelines for Cave and Karst Protection.** IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, 1997.

WATSON, Van. Best Practice and Tourist Cave Engineering — a Waitomo "add on". **Proceedings of the 12th ACKMA Conference**, Waitomo, NZ, 1997.

WEBB, Rauleigh. **Cave management prescriptions** in, Proceedings of the 17th ACKMA Conference on cave and karst management, Victoria, Australia, 19.04.2007, 2007.

_____. **Recreational caving** in GUNN, John. Ed. Encyclopedia of caves and karst science. Fitzroy Dearborn, New York, 2004, 1327-1329, 2004.

_____. **Minimal impact caving code.** in Proceedings of the 9th ACKMA Conference J 19:11–13, 1995.

_____. **Minimal impact caving in Australia.** in the Proceedings of the 9th ACKMA Conference, 1991.

WERKER, Val Hildreth; WERKER, Jim C. **Cave Conservation and Restoration.** Alabama, NSS, 2006.

WHITE, William, B.; CULVER, David C. **Cave, Definition of.** In CULVER, David C.; WHITE, William, B.. **Encyclopedia of Caves.** Elsevier Academic Press, Oxford, 2005, 81-85, 2005.

WILLIAMS, Paul. **World Heritage Caves and Karst.** Gland, Switzerland: IUCN, 2008.

WILSON, Mike. Lighting interventions during the European demonstration project 'Energy efficiency and sustainability in retrofitted and new museum buildings'. **Lighting in Museums.** 1-8, 2010.

WOOD JR, Thomaz. Sobre mentiras e estatísticas: A influência do consumo de margarina na taxa de divórcios do estado do Maine e outras correlações espúrias. **Carta Capital**, 23.10.2014. Disponível em <http://www.cartacapital.com.br/revista/822/sobre-mentiras-e-estatisticas-9977.html>, 2014.

WWF; ING-ONG. **Plano de Uso Recreativo do PETAR, Iporanga e Apiaí/SP, Relatório Síntese – Fase 1**, Instituto Florestal, São Paulo, 2003.

- ZELLER, Rodrigo Hecht. **Aplicabilidade dos planos de manejo de oito Parques Nacionais do Sul e Sudeste do Brasil**. Dissertação, UFPR, Curitiba, 2008.
- ZILIO, Celso. O Coronel e a Caverna do Diabo. **Informativo SBE**, Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), n.87, p.27, outubro/dezembro, 2003.
- ZOCH, Vanessa Pozz. **Produção e Propriedades de Compósitos Madeira-Plástico Utilizando Resíduos Minimamente Processados**. TCC, Brasília, UNB, 2013.
- ZOGBI, Leda; AULER, Augusto. **Michel Le Bret, francês e brasileiro, espeleólogo e desenhista**. São Paulo, Redespeleo Brasil, 2006.
- ZUQUIM, Maria de Lourdes. **Os Caminhos do Rural: uma Questão Agrária Ambiental**. Editora Senac, São Paulo, 2007.

vídeos, filmes e documentários

- British Broadcasting Corporation (BBC). **Origin of Us**, documentário, 176 min, Alice Roberts, Sacha Baveystock, 2011.
- _____. **How Earth made us**, documentário, 300 min, episódios 1, 2, 3, 4 e 5, John Lynch, Charles Colville, Matthew Dyas, Annabel Gillings, Matthew Gyves, Nigel Walk, 2010.
- _____. **How Art made the World**, documentário, 300 min, Robin Dashwood, 2005.
- FiberlineComposites. **Pultrusion and Fiberline Structural Profiles**. 2:30 min. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=V8Q-UQSw4vQ>
- NASA - **Composite Materials**. 24:31 min. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=tZhH2B-EI1I>
- WERZOG, Werner. **Cave of forgotten dreams**, filme, 90 min, Werner Werzog, Andrea Anderson, 2010.

lista de figuras

Fig.1 Pesquisa em projeto de arquitetura - p.20

Fig 2. Carste coberto com densa vegetação do Vale do Betari em Iporanga, SP. Silverio, 1995 - p. 26

Fig 3. Dolina em quartzito devido à carbonato subjacente. Buraco das Araras, Formosa, GO. Silverio, 2013 - p. 26

Fig 4. Lapiás, formas de dissolução superficial. São Desidério, BA. Silverio, 2013. - p. 26

Fig 5. Morrote com vertentes tomadas de formas de dissolução. Formosa, GO. Silverio, 2013. - p. 26

Fig 6. formas no relevo cárstico. Silverio, 2014 - 27

Fig. 7 Formas residuais nos arenitos do Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, PR. Silverio, 2011 - 29

Fig 8. Sistema hidrológico em regiões cársticas. Marcos Silverio, 2013 - 31

Fig. 9 Corte esquemático de uma caverna. Marcos Silverio, 2013 - 31

Fig. 10 Espeleotemas na Crystal Cave, Australia. Silverio, 2012. - 33

Fig, 11 Pérolas de caverna no piso da Gruta do Janelão. Parque Nacional Cavernas do Peruaçu, MG. Silverio, 2003 - 33

Fig, 12 Salão Erectus, Caverna do Diabo, SP. Silverio, 2014 - 33

Fig, 13 Flor de Aragonita no Salão Taqueupa, Caverna de Santana, SP. Silverio, 2007. - 34

Fig, 14 Helictites no Salão Taqueupa, Caverna de Santana, SP. Silverio, 2007. - 34

Fig 15. Morcegos. Caverna da Explosão. Xambioá, TO. Silverio, 2012 - 35

Fig. 16 Amblipígio. Gruta dos Brejões, BA. Silverio, 2002 - 36

Fig. 17 Fragmento da estalagmite coletada em 2008 na Caverna do Diabo, datada em 600 mil anos. Revista Fapesp, 211, 3. - 37

Fig. 18 Regiões cársticas carbonáticas do Brasil. Auler, Rubbioli & Brandi, 2001, p.27. - 38

Fig. 19 Gravuras rupestres no Vale do Peruaçu, MG. Silverio, 2003 - 42

Fig. 20 Vênus de Willendorf. Foto Matthias Kabel fonte wikimedia - Creative Commons - 43

Fig. 21 E. A. Martel em Gaping Gill, Yorkshire, Reino Unido. Gravura de Lucien Rudaux. 188?. - 44

Fig. 22 Selo confeccionado em 2000 na França com a imagem de Norbert Casteret. Fonte heindorffhus.motivsampler.dk/ - 45

Fig. 23 Chacal da gruta. Desenho de Peter Andreas Brandt. Prancha XIX de Olhar sobre o mundo animal do Brasil. Fonte Holten et al, 2012, p.144. - 46

Fig 24. Gruta da Tapagem (Caverna do Diabo), SP. Foto de Ricardo Krone, 1909. Fonte Krone, 1909. - 47

Fig. 25 Caverna do Diabo. Desenho de Michel Le Bret. Fonte Le Bret, 1995, p.83 - 47

Fig. 26 Acampamento do primeiro congresso brasileiro de espeleologia, realizado na Gruta Casa de Pedra, em Iporanga, SP, em 1964. Entre outros aparecem Pedro Comério e Michel Le Bret. Autor anônimo. Fonte Lino, 1989. - 48

Fig. 27 Parque Nacional de Itatiaia. Silverio, 1999. - 50

Fig. 28 Escalada da Ana Chata, São Bento do Sapucaí, 1999. - 53

Fig. 29 Exploração de abismo em Bulha d'água, Iporanga, SP. Foto Alexandre Iscoti Camargo - 54

Fig 30 Comemoração de descoberta de uma grande caverna na região de Bulha d'água, Iporanga, SP. Foto Alexandre Iscoti Camargo, 2009 - 55

Fig, 31 Ciclo de evolução do turismo em cavernas, demonstra a necessidade de modificações periódicas para evitar o declínio do número de turistas pela perda de interesse do atrativo. Modificado de Swarbrooke, 1999. Cigna, 2005. - 57

Fig. 32 Caverna de Santana no PETAR, Iporanga, SP. Marcos Silverio, 2013 - 63

Fig. 33 Salão da Catedral na Caverna do Diabo, Eldorado, SP Marcos Silverio, 2013 - 64

Fig. 34 Sedimentação térmica na galeria do Rio da Caverna do Diabo. A seta indica a linha que separa as camadas, em cima uma massa de ar mais quente formando uma névoa nítida pela diferença com a camada inferior mais fria. Um único sensor posicionado em apenas uma delas ignoraria a outra. Foto Magna Pontes, 2014. - 75

Fig. 35 Pontos de monitoramento microclimático na Caverna do Diabo. Fonte: IG-SMA (São Paulo, 2013a, p. 53). - 76

Fig. 36 Desenho esquemático da perturbação do microclima na presença do visitante e interação com rocha, água, solo e ar. Os instrumentos devem ser posicionados em diversos pontos do ambiente para registro das variações. Silverio, 2014. - 77

Fig. 37 Salão da Catedral da Caverna do Diabo, SP. As velas (estalagmites delgadas) no centro da imagem alcançam 18 m de altura Silverio, 2014 - 79

Fig. 38 Localização da Caverna do Diabo no Vale do Ribeira de Iguape, em São Paulo. Silverio, 2014. - 80

Fig. 39. Entorno da Caverna do Diabo com infraestrutura principal e atrativos. Silverio, 2014. - 81

Fig. 40 Gruta da Tapagem em 1901. Foto de Lourenço Granato. Fonte, Brandi, 2007. - 82

Fig. 41 Gruta da Tapagem por Ricardo Krone. Krone, 1909. - 82

Fig. 42 Entrada das Ostras na Caverna do Diabo. Guy Collet, Michel Lebret e François Valla, 1970. Fonte Desnível, ano.4, n.7, 2007, p.5 - 83

Fig. 43 Corte da Gruta da Tapagem com a indicação dos avanços das equipes nas tentativas de realizar a travessia até a sua conclusão pelo Clube Alpino em 1964. Desenho de Michel Le Bret - 84

Fig. 44 Trecho inicial do mapa da Gruta da Tapagem, SEE, 1966. - 85

Fig. 45 Estrada para a Caverna do Diabo em 1971. Fonte Desnível, ano.4, n.8, 2007, p.3. - 87

Fig. 46 O Grito ou Cara do Diabo. Silverio, 2014. - 89

Fig. 47 Mapa do trecho turístico da Caverna do Diabo. Marcos Silverio, 2014. - 91

Fig. 48 Estacionamento. Ao fundo restaurante e sanitários. Silverio, 2014 - 92

Fig. 49 À esquerda o centro de visitantes, ao fundo o restaurante. Silverio, 2014 - 92

Fig. 50 Sanitários localizados à 100 m da Caverna do Diabo. Silverio, 2014 - 93

Fig. 51 Chalé que serve atualmente à administração do Núcleo Caverna do Diabo do PECD. Silverio, 2014 - 93

Fig. 52 Guarita próxima à entrada da caverna do Diabo - 93

Fig. 53 Entrada da Caverna do Diabo - 93

Fig. 54 Entrada da Caverna do Diabo. Silverio, 2014 - 93

Fig. 55 Trecho final da parte turística da Caverna do Diabo. Silverio, 2014 - 93

Fig. 56 Salão Erectus. Silverio, 2014 - 94

Fig. 57 Galeria do Rio. - 94

Fig. 58 Cemitério Indígena com Salão da Catedral ao Fundo. Silverio, 2014. - 94

Fig. 59 Vista da Serra que alimenta o Rio da Tapagem a partir do Mirante do Governador. A Entrada da Caverna encontra-se no canto inferior direito. Silverio, 2014 -94

Fig. 60 Cachoeira do Araçá. Silverio, 2014 - 94

Fig. 61 Croquis de projeto para estrutura modular. Silverio, 2014. - 97

Fig. 62 Croquis de passarela sobre rio. Silverio, 2013 - 99

Fig. 63 Croquis de Estudo para trilha. Silverio, 2013 - 101

Fig. 64 Atividades antrópicas e seus efeitos e impactos no carste. Modificado de Ford & Williams, 1989. p.472 - 106

Fig. 65 Conceito de impacto ambiental. Adaptado de Sánchez (2010), Silverio, 2013. - 107

Fig. 66 Acesso para o Cemitério Indígena na Caverna do Diabo. A ausência de uma trilha demarcada resulta no pisoteio de todo o salão e facilita o acesso de visitantes à locais frágeis. - 110

Fig. 67 Uma das primeiras fotos da Gruta Lascaux em 1947. Fonte Ralph Morse—Time & Life Pictures/Getty Images. Life.com - 111

Fig. 68 Escadas para acesso e locomoção das equipes de pesquisa na Gruta de Chauvet. <http://donsmaps.com/chauvetcave.html> - 111

Fig. 69 Passarelas de concreto armado, instaladas na década de 1980, apoiadas sobre espeleotemas causando danos à caverna. À esquerda instalação de luminária ao lado do pilar. Silverio, 2014. - 112

Fig. 70 Luminária instalada em 2013 com construção de anteparo de tijolo cerâmico com nata de cimento imitando escoamento de calcita. A lâmpada incandescente de alta potência permanece acesa juntamente com o restante do sistema, embora o projeto afirme que só seria utilizada em casos “especiais”. Notar danos no piso e sobras de argamassa e tijolos abandonados na caverna. Silverio, 2014. - 112

Fig. 71 Quadro de energia instalado na lateral do Salão da Catedral em 2013, em local acessível ao público. Notar na parte inferior da foto a caixa de passagem com tampa em concreto saliente, colocando em risco os visitantes. Notar o anteparo de alvenaria recortado e coberto com calda de cimento imitando grosseiramente um espeleotema. Silverio, 2014. - 112

Fig. 72 Ciclo PDCA - 114

Fig. 73 Esquema de reparo de espeleotema. Hill & Forti, 1997, p.308 - 116

Fig. 74 Escada de madeira na Caverna de Santana, Iporanga, SP. Silverio, 2011. - 119

Figs. 75 e 76. Construção de passarelas de concreto na Gruta Kapsia, Grécia. Preparação das formas para receber concreto armado. Foto Leda Zogbi, 2005 - 120

Fig. 77 Anteparo em alvenaria para iluminação da Caverna do Diabo. Silverio, 2014 - 120

Fig. 78 Aço comum oxidado na Gruta Rei do Mato, MG. Contaminante e tingindo o escoamento abaixo. Alt, 2013a. - 121

Fig. 79 Escada com estrutura em aço galvanizado e corrimão em aço inox Gruta da Lapinha. Grande interferência no ambiente devido ao desenho das peças, iluminação e posicionamento de equipamentos inadequada Foto Alexandre Pontalti, 2011. - 121

Fig. 80 Caverna de Arrikrutz, Espanha. Estrutura das passarelas em compósito polimérico reforçado com fibra de vidro. <http://www.lks.es> - 123

Fig. 81 Ponte em madeira plástica na entrada da Gruta do Janelão, Vale do Peruaçu, MG. Notar as dimensões das peças e os apoios necessários. Foto Leonardo Giunco, fonte SBE notícias, n 303, 01.10.2014, p.3. - 124

Fig. 82 Trilha marcada com pontos reflexivos. Strongs Cave, Australia. Silverio, 2012 - 126

Fig. 83 Trilha marcada com fitas, Strongs Cave, Australia. Silverio, 2012 - 126

Fig. 84 Trilha marcada com manta plástica para proteger o piso e orientar o caminho entre os espeleotemas. Crystal Cave, Australia. Silverio, 2012 - 126

Fig. 85 Solução para evitar pisoteio de escorrimento. Placas de aço inox com apoios de borracha. Janus Cave, Australia. Brush, 2009 - 126

Fig. 86 Ruínas Romanas localizadas no subterrâneo da cidade de Barcelona. A iluminação privilegia a exposição e mantém o aspecto de caverna do local. Museo de la ciuta, <http://barcelona.de/en/barcelona-museum-city-history.html> - 127

Fig. 87 Mesmo local com reposicionamento das luminárias para evitar ofuscamento e iluminarem o piso A - antes e B - depois. Fotos Andy Spate & Neil Kell, - 128

Fig. 88 Espectro de absorção da clorofila e de emissão de luz. Alterado de Werker & Werker, 2006. - 129

Fig. 89 Musgo desenvolvendo-se sobre sedimentos no Salão da Catedral na Caverna do Diabo mesmo com a nova iluminação utilizando lâmpadas fluorescentes, instaladas em 2013. Silverio, 2014. - 130

Fig. 90 Escola de artes visuais de Oaxaca, México. Utilização de materiais tradicionais com linguagem contemporânea. Arquiteto Maurício Rocha. Foto Sandra Pereznieta, Fonte, Archdaily.com - 132

Fig. 91 Galeria Miguel Rio Branco, Inhotim. Brumadinho, MG. Arquitetos Associados, 2008. www.arquitetosassociados.arq.br - 132

Fig. 92 Museu da Caverna de Lascaux, França. Projeto ganhador de concurso de arquitetura em 2013 de autoria do escritório Snohetta. - 132

Fig. 93 Uso em função da potencialidade e da restrição - 135

Fig. 94 Sobreposição dos mapas para análise - 139

Fig. 95 Análise espacial hipotética com definição da trilha baseada do diagnóstico. Salão Erectus, Caverna do Diabo. As setas e o traço indicam a trilha. Mapa Marcos Silverio, 2014. - 140

Fig. 96 Anteparo de vidro na Mammoth Cave, Australia. O equipamento tem a função de proteger um fóssil e iluminá-lo. O vidro permite a sua proteção sem interferir na sua visualização. Silverio, 2012 - 141

Fig. 97 Roteiros propostos no projeto. Trecho turístico e Salão Erectus da Caverna do Diabo. Mapa Marcos Silverio, 2014. - 144

Fig. 98 Rampa de acesso ao Cemitério Indígena. Silverio, 2014 - 145

Fig. 99 Salão da Catedral. Silverio, 2013 - 145

Fig. 100 Proposta de definição da trilha no Salão da Catedral - 146

Fig. 101 Croquis esquemático da passarela de acesso ao Cemitério Indígena. Corte N-N'. - 147

Fig. 102 Projeto da passarela de acesso ao Cemitério Indígena. - 147

Fig. 103 Processo de pultrusão. Modificado de Fiberline Composites (2002) - 148

Fig. 104 Montagem de passarela na Caverna Arrikutz, Espanha. utilizando perfis de compósito polímero e fibra de vidro. Fonte www.lks.es - 149

Fig. 105 Croquis de estudo das peças e ligações. Silverio, 2014 - 149

Fig. 106 Perfis utilizados na estrutura - 150

Fig. 107 Grade do piso - 150

Fig. 108 Peças de ligação em aço inox. 45°, 90° e 135° - 151

Fig. 109 Fixação do pilar na base e fixação da viga na base da parede para apoio horizontal. - 152

Fig. 110 Algumas combinações possíveis de módulos para se adaptar ao percurso. - 153

Fig. 111 Módulo básico. - 153

Fig. 112 Módulo básico de escada - 153

Fig. 113 Detalhe da fixação da viga transversal na viga longitudinal junto ao pilar para rigidez da estrutura. Os sistemas elétricos, hidráulicos etc são instalados sob a estrutura, apoiados na viga longitudinal. - 154

Fig. 114 Vista e planta do módulo - 154

Fig. 115 Módulo da passarela - 155

Fig. 116 Localização dos pontos para intervenção de segurança e trilha. Silverio, 2014. - 155

Fig. 117 Rampa e corrimão de corda para apoio na subida para o Salão Erecutus. (A-B) - 156

Fig. 118 Corrimão de corda para apoio(C) - 156

Fig. 119 Exemplo de Rampa para roteiros de aventura. Brush, 2009. - 156

Fig. 120 Demarcação no piso. Strongs Cave, Australia. Silverio, 2014 - 156

Fig. 121 Galeria do Rio. Marcos Silverio, 2012. - 156

lista de tabelas

Tabela 1. Quantidade de cavernas por estado / Cavernas mais longas do Brasil / Cavernas mais longas do estado de São Paulo. Fonte de dados Cadastro Nacional de Cavernas / SBE, acessado em 11.11.2013 - p.39

Tabela 2. Visitas em cavernas turísticas brasileiras 2005-2013. rganização Marcos Silverio, 2014. Fonte SMA, PECD, PEI, PETAR, Fundação Maquiné. p.59

Tabela 3. Visitas na Caverna do Diabo. Fonte PECD, 2014 - p.90

Tabela 4. Características mecânicas de materiais utilizados em ambientes naturais Modificado de Lobao et al, 2004 e Molina et al, 2009. Silverio, 2014- p.124

Tabela 5. Quadro de fragilidade - p.136

Tabela 6. Quadro de perigo do ambiente - p.136

Tabela 7. Relação entre Perigo e Risco - p.137

Tabela 8. Quadro de atrativo. - p.137

Tabela 9. Quadro de estado de conservação - p.138

lista de quadros

Quadro 1. Zoneamento, baseado em IF (1992), GEEP (2001) e Webb (2007)

* segundo as diretrizes aqui apresentadas- p.142

APÊNDICE A

o vale do ribeira de iguape

A Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape (fig 1), denominada Vale do Ribeira, ocupa uma área de aproximadamente 2,8 milhões de hectares, sendo 61% na regiões sudeste do Estado de São Paulo e o restante no leste do Estado do Paraná, nas quais estão inseridos total ou parcialmente 36 municípios paulistas e dezenove paranaenses. O rio nasce no Estado do Paraná e percorre cerca de 470 km até desembocar no Oceano Atlântico, no complexo estuarino-lagunar da região de Cananéia, o único rio de vazão relativamente elevada e navegável por mais de uma centena de quilômetros existente ao sul do Rio de Janeiro. Tratado como a estrada natural da região (PAES, 2014), para transporte de mercadorias, escoamento da produção e descolamento de pessoas., atestando a importância da navegação fluvial para a região para a população local. Embora o trajeto não fosse fácil, considerado a viagem trabalhosa e perigosa, especialmente em canoas.

Situa-se numa região de clima tropical úmido, com grande precipitação pluviométrica e sua vegetação nativa é a floresta tropical úmida de Mata Atlântica. “Embora tenha sido uma das primeiras e mais intensamente regiões brasileiras exploradas nos períodos colonial e imperial” (SANTOS & TATTO, 2008),

ainda guarda o maior remanescente preservado deste bioma no Brasil, com cerca de 21% dos 7% restantes.

Devido às suas características ambientais a região foi declarada Patrimônio Natural da Humanidade pela Unesco em 1999 e tem mais de 50% de sua área total sob regime de proteção ambiental como Unidades de Conservação (SANTOS & TATTO, 2008, p.10). Apresenta grande

fig 1 O Vale do Ribeira de Iguape a partir do Quilombo de Ivapurunduva. Silverio, 2014.

diversidade geomorfológica e ecológica em decorrência de uma complexa história geológica, com tipos de relevo e solos variados. Dentre eles destacam-se as porções montanhosas sobre rochas carbonáticas, formando os relevos cársticos, dentre as mais exuberantes paisagens.

cavernas

As cavernas do Vale do Ribeira já eram conhecidas há muito tempo. A ocupação da região, após a chegada dos europeus, se deu por volta de 1637 com o início da mineração de ouro, que era levado de Iporanga até a Casa de Fundição de Iguape via Ribeira de Iguape. A exploração durou até a descoberta das grandes e ricas minas de Minas Gerais, no século XVIII. Posteriormente a mineração de chumbo e mais recentemente de calcário eram a base da economia local (BRANDI; SHIMADA, 2006, p.43). Mapas e relatos desta época apontam a existência das cavernas, mas que não despertavam interesse dos mineradores. Diversas cavernas eram utilizadas como abrigo para caçadores, pescadores ou nos caminhos das tropas de mulas que subiam do litoral para o Planalto, como a Gruta da Pescaria e a Gruta da Passoca em Iporanga, SP.

ocupação

Os registros mais antigos da ocupação humana no Vale do Ribeira foram encontrados na atual cidade de Cajati. Em um sambaqui fluvial foi encontrado o primeiro habitante do Vale do Ribeira e o mais antigo do estado de São Paulo o Homem de Capelinha, com datação de 10.000 AP. Um caçador-coletor denominado Luzio, em alusão à Luzia (PIVETTA, 2005 e PIVETTA, 2012). Os sambaquis foram primeiramente estudados por Ricardo Krone em 1908, nos quais foram encontrados materiais líticos, como pontas de flecha e cerâmicos (COLLET, 2001).

Sambaquis, sepultamentos, vestígios de fogueiras, ferramentas líticas e caminhos, entre outros, são evidências da ocupação indígena pré-colonial. Há uma grande quantidade de sítios arqueológicos associados às cavernas da região, como as Cavernas do Morro Preto, Temimina e Ribeirãozinho III, em Iporanga.

No período colonial, a ocupação do Vale do Ribeira data do início da colonização do Brasil pelos portugueses, por volta do início do século XVI com a mineração de ouro. A região litorânea de Cananéia e Iguape, na foz do Ribeira de Iguape foi primeiramente ocupada e serviu de ponto de abastecimento para embarcações e ponto de saída das bandeiras, que se embrenhavam pelo interior em busca de metais preciosos e enfrentavam a violenta bravura dos índios percorrendo o rio. Enquanto os Jesuítas os percorriam em sua jornada de evangelização dos nativos.

Em 1531 a expedição do português Martim Afonso de Sousa, que partira de Portugal em 1530, chegava em Cananéia onde encontraria o português Cosme Fernandes, judeu convertido conhecido como Bacharel de Cananéia, degradado de Portugal pelo Rei D. Manuel e abandonado na região em 1502. (PAES, 2014, p.22). Logo ao chegar em Cananéia, Martim Afonso enviou uma expedição com 80 homens em busca de ouro, prata e índios escravos, prometidos pelo guia Francisco de Chaves. Esta é a primeira expedição exploradora de grande porte ao interior brasileiro comandada por lusitanos que se tem notícia. A expedição foi destruída em algum ponto do interior, e nunca teve-se notícias de seus homens (DIEGUES, 2007; MARANHÃO, 2011, P. 137).

economia

A exploração de metais preciosos continua no séc XVII, destacando-se dentre as localidades exploradas as de Iporanga em Ivaporunduva, no médio Ribeira, e em Santo Antônio das Minas de Apiahy, no Alto Ribeira, pelos irmãos Domingos e Antônio Rodrigues da Cunha (PAES, 2014, p. 27). É desta época a criação do Porto de Registro de Ouro, o centro de fiscalização do ouro explorado no Alto Ribeira, atual cidade de Registro.

Posteriormente teve grande importância econômica a mineração de chumbo e prata, e mais recentemente o calcário. Com o declínio da produção aurífera, pelo escasseamento do ouro de aluvião e também prejudicado pelo deslocamento da produção para a recém descoberta de ouro em Minas Gerais, seguiu-se a produção de arroz a partir do século XVII até meados do século XIX, seguido pelo seu declínio devido ao interesse pela produção de café no oeste paulista, com consequente transferência de fazendeiros.

O Vale do Ribeira não conheceu os mesmos níveis de desenvolvimento econômico restante do Estado de São Paulo. Sua topografia acidentada não era favorável ao uso agrícola intensivo, enquanto a ausência de vias de comunicação dificultava o escoamento da produção. A comunicação entre São Paulo e o sul do país se fazia pelo planalto, por uma estrada que contornava o Vale do Ribeira.

Nas primeiras décadas do século XX tem início a expansão das lavouras de chá e de banana e o aumento da infraestrutura. Nesta fase é reforçado o processo de reincorporação capitalista da região, ou seja, a definição de seu papel na economia paulista como fornecedor de alimentos a baixo custo para as cidades (inicialmente arroz e depois banana) e também como reserva de terras e de mão-de-obra.

A imigração japonesa veio se inserir nesse quadro, definindo o relativo sucesso dessa experiência de imigração em contraste com as anteriores. Nas primeiras décadas do século XX a economia baseia-se na cultura do chá, com grande contribuição dos japoneses⁷⁹ (fig. 2) recém chegados à região e das lavouras de banana, ainda hoje um dos principais produtos econômicos da região.

fig 2 Edifício do conjunto KKKK, atualmente um equipamento público com projeto do escritório Brasil Arquitetura. Silverio, 2014.

A partir da década de 1950, com a construção da rodovia federal BR-116, Régis Bittencourt, a parte baixa do vale começou a integrar-se aos pólos dinâmicos da economia regional, com o crescimento da cidade de Registro. É favorecida a implantação de indústrias minerárias e facilitado o transporte de pescado e produtos agrícolas.

Durante o período militar é implantado o modelo de desenvolvimento e maximização do lucro por meio da aceleração da industrialização, investimento em infra estrutura e agropecuária voltada à exportação. A região contudo não é beneficiada com desenvolvimento sócio econômico. Há ampliação do modelo de produção baseado no latifúndio e os conflitos pela posse da terra que ocasionam fuga da população para as áreas urbanas das cidades (MARINHO, 2013).

comunidades tradicionais

A região do Vale do Ribeira é de grande diversidade cultural, nela encontrando-se povos indígenas, caiçaras, caipiras, quilombolas⁸⁰ e descendentes de migrantes europeus como suíços, franceses, alemães, italianos, também norte-americanos e japoneses. (DIEGUES, 2008). Dentre estas comunidades a que têm uma relação mais íntima com as regiões cársticas do Vale do Ribeira

⁷⁹ O Conjunto KKKK Kaigai Kogyo Kabushiki Kaisha (Companhia Ultramarina de Desenvolvimento), na cidade de Registro é composto por um complexo arquitetônico tombado, uma área natural no seu entorno, o Parque Beira Rio, e o Memorial da Imigração Japonesa, foi criado para resgatar e preservar a história da imigração japonesa na região. Projeto de restauro do escritório Brasil Arquitetura - Francisco Fanucci e Marcelo Ferraz de 1996.

⁸⁰ comunidade negra rural habitada por descendentes de africanos escravizados, com laços de parentesco, que vivem da agricultura de subsistência, em terra doada, comprada ou secularmente ocupada por seus antepassados, os quais mantêm suas tradições culturais e as vivências no presente, como suas histórias e seu código de ética que são transmitidos oralmente de geração a geração. (Moura & Glória, Quilombos contemporâneos no Brasil. in: Chaves, R.; Secco, C & Macedo, T. Brasil /África: como se o mar fosse mentira. São Paulo: Ed. Unesp; Luanda, Angola: Chá de Caxinde, 2006.)

é a quilombola. Comunidades negras rurais, habitadas por descendentes de africanos escravizados, que mantêm suas tradições culturais ligadas à terra.

Durante os séculos XVII e XVIII a quantidade de ouro extraída possibilitou a utilização de mão-se-obra escrava africana, (PAES, 2014). O arraial de Ivaporunduva concentrava ouro e cativos e, por isso, foi a área economicamente mais importante da freguesia até o escasseamento do ouro, no início do século XIX, tornando a atividade economicamente inviável devido aos custos de se manter os cativos, dando início ao que viriam a ser os as comunidades quilombolas atuais com os escravizados alforriados ou abandonados.

Ivaporunduva é a mais antiga das comunidades do Vale do Ribeira e o ponto de partida dos fundadores dos demais bairros negros da região. Teria surgido no século XVII, anterior à Xiririca, a partir da chegada à região de dois irmãos mineradores e seus dez escravos. Seu maior símbolo é a Capela de Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos de Ivaporunduva, tombada em 1972 pelo CONDEPHAAT, o mais antigo templo religioso existente no Alto Vale do Ribeira. Embora seu registro seja de 1791, os moradores dos quilombolas contam que foi construída entre 1630 e 1690.

fig 3 Construção tradicional no Quilombo de Ivapurunduva. Silverio, 2014

As primeiras descrições da Caverna do Diabo, no século XIX, são atribuídas aos habitantes dos primeiros povoamentos do quilombo André Lopes, originários das famílias Vieira, Dias e Maia, escravos fugidos da Guerra do Paraguai, que ocupavam a região da caverna e a usavam como abrigo e espaço de guarda de produtos produzidos nas suas lavouras. Tendo servido também como esconderijo dos negros durante a Guerra. São próximos à caverna ainda as comunidades de São Pedro, Pedro Cubas, Nhunguara, Sapatu e André Lopes.

Devido às paisagens, à bio e geodiversidade e à rica cultura, a região apresenta grande potencial turístico. Atualmente 22 monitores ambientais da Associação de Monitores Ambientais do Município de Eldorado (AMAMEL) e que trabalham na Caverna do Diabo são quilombolas.

Segundo os moradores da região⁸¹ a ampliação da produção de pupunha está se tornando uma alternativa ao turismo, especialmente para os moradores que não querem ou não têm afinidade com a monitoria. Inclusive impactando na oferta de mão-de-obra para o setor turístico.

Embora atualmente estas comunidades vivam da agricultura, do artesanato, do ecoturismo e mais recentemente do turismo de base comunitária, estas ainda dependem dos benefícios e auxílios dos programas governamentais como Renda Cidadã, Bolsa Família e Bolsa-Escola (ISA, 2008, p.126). Segundo Graziano da Silva (2001) a decadência das atividades agrícolas, somadas, principalmente no caso da região, com as restrições ao uso da terra devido à existência das Unidades de Conservação e ao próprio relevo dificultam a sobrevivência por meio da produção rural de baixa escala.

⁸¹ Relato pessoal em julho de 2014

APÊNDICE B

caverna do diabo

A Caverna do Diabo é uma das mais conhecidas e antigas cavernas turísticas do Brasil, com início da visitação turística na década de 1960. Sua característica mais notável é a grandiosidade e beleza de suas galerias, com numerosos e volumosos espeleotemas (VALLE, 2001, p.136).

Localiza-se no Parque Estadual da Caverna do Diabo (PECD)⁸², o qual abrange os municípios de Barra do Turvo, Cajati, Eldorado e Iporanga, à cerca de 240 Km da cidade de São Paulo, no Vale do Ribeira de Iguape, região sudeste do estado de São Paulo.

Originalmente conhecida como Gruta da Tapagem⁸³, teve seu nome alterado em 1967 por decreto do Governo Estadual para Caverna do Diabo, em uma estratégia de marketing para atrair a curiosidade dos visitantes, aproveitando-se de supostas histórias dos habitantes locais sobre a caverna. Os dois nomes continuam a ser utilizados, porém Caverna do Diabo é mais conhecida do público fora do meio acadêmico e espeleológico.

Inserida na faixa carbonática André Lopes, Província Espeleológica do Vale do Ribeira (KARMANN, Ivo, SÁNCHEZ, 1979) ou Região do Vale do Ribeira (AULER, RUBBIOLI, BRANDI, 2001), a caverna é o sumidouro do Rio da Tapagem, o qual penetra na caverna pela entrada da Tapagem, início no trecho turístico atual e desenvolve seu curso subterrâneo por cerca de 4 km até reaparecer no Vale do Rio das Ostras, afluente da margem direita do Ribeira de Iguape.

A caverna tem atualmente, cerca de 6.500⁸⁴ m de extensão e 120m de desnível entre as duas entradas mapeados e o trecho aberto à visitação ocupa cerca de 800 m e foi inaugurado entre as décadas de 1960 e 1980. A caverna conta com estruturas de concreto armado e iluminação elétrica fixa os quais facilitam o acesso dos visitantes.

⁸² Em 2008 foi criado o Mosaico de Unidades de Conservação do Jacupiranga no antigo Parque Estadual de Jacupiranga (criado em 1962) com 14 unidades de conservação num total de 243.885,78 há de áreas protegidas, dentre elas o PECD.

⁸³ No dicionário Aurélio, o termo Tapagem tem o significado de s.f. Tapume. / Espécie de tapume de varinhas, armado no rio, para pegar peixes. / Barreira que serve de defesa militar. / Excremento. / Bras. Barragem de terra, para represar rios, riachos ou igarapés, a fim de reter os peixes ou fazer açudagem. Provavelmente associado ao uso que se fazia do rio.

⁸⁴ Projeção horizontal, computada a Rede Gava

características

A Serra Carbonática do André Lopes possui cotas entre 330 até 850 m de altitude e diferencia-se das outras regiões cársticas da região por encontra-se em uma cota elevada em relação ao relevo. O Vale do Betari por exemplo, onde está o principal núcleo de visitação do PETAR, está em terrenos rebaixados em relação à paisagem circundante.

As cabeceiras do rio da Tapagem encontram-se a cerca de 1.000 m de altitude em rochas siliclásticas, o qual percorre o carbonato até atingir a entrada da caverna, localizada na base do canyon formado pelo recuo do paredão do sumidouro.

Este percurso sobre os carbonatos propicia um tipo de formação peculiar e somente encontrado na região no Estado de São Paulo. Segundo Sallun Filho et al (2011)

Expressivas deposições de tufas⁸⁵ ocorrem nas drenagens locais, situação esta que, no Estado de São Paulo, ocorre apenas na faixa carbonática André Lopes, devido a esta situação positiva, que resulta em uma natureza essencialmente autogênica de suas águas.

Morfologicamente a caverna pode ser dividida em três compartimentos, a galeria do rio, os salões de abatimento e as galerias superiores abandonadas pelo rio.

A galeria do rio é um sistema fluvial subterrâneo ativo (CORDEIRO, 2013), transversalmente em forma de canyon vadoso, com piso preenchido por sedimentos clásticos de seixos, blocos e espeleotemas. A altura da galeria varia de 5 a mais de 50 metros. Alguns espeleotemas como cortinas e estalactites alcançam o nível d'água. No primeiro terço a caverna apresenta maiores desníveis, onde encontram-se cachoeiras.

Os salões de abatimento ocorrem na porção inicial da caverna, no início do trecho turístico até a Rede Gava. E no trecho denominado grandes salões, iniciando no Salão Michel até o Salão Vermelho. Caracterizam-se por salões de grandes dimensões com piso preenchido por blocos, em partes cobertos por sedimento fino e com uma profusão de espeleotemas

As galerias superiores são trechos antigos da galeria do rio, abandonados por este. Localizados à cerca de 30 m da cota atual do rio e muitas vezes interrompidos por preenchimento de blocos e espeleotemas ou por abatimentos e poços ligando-os com a galeria atual. Como o

⁸⁵ sedimentos carbonáticos que são depositados nos rios e cachoeiras

Salão Erectus, provável antigo sumidouro do rio, Rede Gava, Salão Deditos e a Galeria dos Macarrões. Algumas destas galerias são atualmente acessíveis apenas via escalada.

primeiras explorações na região da Caverna do Diabo

Embora conhecesse o Vale do Ribeira desde 1891, devido à sua experiência com a Comissão Geographica e Geologica de São Paulo (KRONE, 1909) foi somente em 1896 que o alemão Ricardo Krone⁸⁶ visita as cavernas do Vale do Ribeira de Iguape em busca de fósseis. Seu interesse pela paleontologia é inspirado pelos trabalhos do dinamarquês Peter Lund em Lagoa Santa, MG. O esforço para vencer as dificuldades de acesso, os altos custos da viagem e o tempo escasso explicam a demora e demonstram o interesse e empenho do pesquisador que em 1898 publica o artigo “As Grutas Calcareas do Valle do Ribeira de Iguape” na Revista do Museu Paulista (KRONE, 1898), relatando sua primeira viagem à região e as descobertas nas cavernas paulistas.

Motivado pelas descobertas de Krone, especialmente pela descoberta de fósseis na Gruta do Monjolinho em Iporanga, e ciente da importância da conservação das cavernas, Hermann Von Ihering, diretor do Museu Paulista, empenha-se em conseguir a proteção das cavernas da região. Após sua insistência, em 1900 o Governo paulista reivindica “...os terrenos em que se acham situadas as grutas calcareas do valle do Ribeira...” e solicita uma avaliação da região para a Secretaria de Agricultura do Estado. Tarefa que fica à cargo do agrônomo italiano Lourenço Granato⁸⁷ (BRANDI, 2007, p.41).

Devido aos seus conhecimentos sobre a região, Krone auxilia Granato nos preparativos da expedição. Embora fosse a intenção de ambos, a participação de Krone não é autorizada pelo Estado e Granato parte sozinho de Iguape em direção à Iporanga, em 1901.

Embora o objetivo de Granato tenha sido de fazer o levantamento da situação e extensão das terras que incluíssem grutas calcárias, ele foi além dos seus objetivos básicos, fazendo uma descrição detalhada de 15 grutas (VALLE, 2001, p.136; BRANDI, 2007, p.42).

⁸⁶ Sigismund Ernst Richard Krone (1861-1917) Dresden Alemanha. Imigrou para o Brasil com 23 anos. Estabeleceu-se como farmacêutico na cidade de Iguape, São Paulo, adotando formalmente o nome brasileiro de Ricardo Krone (BRANDI, 2007, p.38). Realiza estudos paleontológicos para o Museu Paulista e instituições européias, e arqueológicos, especialmente sobre os sambaquis. Organiza o primeiro cadastro de cavernas do Brasil descrevendo 41 cavernas do vale do Ribeira dentre elas a Gruta da Tapagem, SP-02. (LINO, 1989, p.37) Krone também encontrou o primeiro troglóbio (animal adaptado a viver exclusivamente em cavernas) do Brasil, o bagre-cego de Iporanga, na Caverna das Areias (TRAJANO; BICHUETTE, 2006, p.16).

⁸⁷ Lourenço Granato (1812-1944) Itália. Foi um destacado agrônomo, tendo ocupado diversos cargos nos serviços públicos no Estado de São Paulo. Permanecia desconhecido no meio espeleológico até a publicação do artigo de Roberto Brandi, em 2007.

Conhecida originalmente pelos habitantes da região como Gruta de Tapagem, a primeira referência à gruta aparece no relatório do dia 20 de abril de 1901 “As Grutas Calcáreas dos Municípios Xiririca⁸⁸, Iporanga e Apiahy”, assinado pelo agrônomo italiano Lourenço Granato realizado para a Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, no qual registra sua passagem pela região do Vale do Ribeira de Iguape. (BRANDI, 2007, p.36-61).

Segundo relato de Granato, ele chega à região da caverna em março de 1901 (BRANDI, 2007, p.44).

Pouco adiante das corredeiras das Cordas encontram-se as corredeiras do André Lopes. Deste lugar segue-se para o Morro da Samambaia, cuja altura barométrica atinge 400 metros sobre o nível do Rio nas corredeiras. Este morro, que se distingue desde bem longe pela falta de vegetação arbórea, apresenta forte declive que conduz aos valles adjacentes, e para parte exposta chega-se à palhoça do Sr. Domingo Vieira Paraguaia, homem de cor, ahi estabelecido há 14 annos. A habitação do Sr Paraguaia está situada a 15 minutos da entrada da gruta.

O Sr Paraguaia, a quem Granato se refere, é das primeiras famílias que ocuparam a região, formada por negros desertores do Exército por ocasião da Guerra do Paraguai, que se estendeu de 1864 a 1870. Vários descendentes dos Vieira referem-se a esses antepassados como Paraguaia. “Por exemplo, Nelson Julio da Silva, bisneto de Domingos Dias Vieira, refere-se a filhos deste último chamados de Zé Paraguaia e Zeferino Paraguaia” (SJDC/ITESP, 2000, p.29). Quando as famílias Vieira iniciaram a ocupação dos sertões de Nhunguara, dispersaram-se também para as terras de André Lopes. (SJDC/ITESP, 2000). Um dos Vieira teria descoberto a caverna, que serviu como esconderijo para alguns negros durante a Guerra do Paraguai.

Relatos de moradores de André Lopes, especialmente os mais velhos, atestam que os que hoje moram no lugar são descendentes de Domingos, João Faustino e Máximo Vieira, filhos de Faustino Vieira, reconhecido por alguns como ex-escravo. Recrutados para a guerra do Paraguai, os irmãos Vieira teriam fugido, buscando esconderijo na área da atual Caverna do Diabo. Escondidos nessa área, descobriram a existência da caverna. Fontes primárias de documentação, como registros de batismos e de terras, apontam para a presença de Faustino

⁸⁸ Antigo nome do município de Eldorado

Vieira em Nhunguara e de descendentes seus em Nhunguara e André Lopes desde a primeira metade do século XIX.

Os mais velhos desses Paraguaia, desse Antonio, o pai dele que foi lá se esconder de medo deles levarem ele para a guerra. Eram todos solteiros, ficavam com medo de levarem eles. Tem capoeira deles por lá, para aquele lado. Aí ficaram por lá. Tinha a guerra acabado, acostumaram lá no mato, ficaram morando. Foram parar lá por perto da gruta, eles que acharam a gruta (Maria Adelaide Pedrosa)

[Quem descobriu a caverna] foi o tal de Domingos Dias. (...) A história da caverna [...] Até meu sogro guardou feijão lá. Ele guardava o feijão debaixo daquela pedra dentro da caverna. Eles faziam a roça e enquanto o feijão secava, colocavam lá. Podia chover, não molhava (Aparecida Pedrosa de Moraes). (SJDC/ITESP, 2000, p.28-29)

Os primeiros que eu sei, que minha mãe falava, era o Domingos Dias Vieira, que era o morador de lá antes. Ele que criava (...) e abriu aquela posse lá, o Domingos Dias Vieira com o filho dele. Então minha mãe contava a história assim. Eles trabalhavam a semana inteira, quando era final de semana, sábado, domingo, caçava, naquele tempo não tinha os problemas de hoje de caçar. Então eles iam caçar e aí encontraram aquela pedra lá e chamaram de gruta, hoje é caverna, mas chamava de gruta (Nelson Julio da Silva) (SJDC/ITESP, 2000, p.44)

Granato prossegue em sua descrição precisa da caverna (BRANDI, 2007, p.44).

Esta gruta tem duas amplas aberturas, sendo a da direita ocupada pelas águas do Ribeirão das Ostras, ficando a da esquerda a um nível de 5 metros acima da primeira. Apenas penetrando-se na gruta, que tem a entrada a SO, ouve-se forte rebombo causado pela queda das águas nas próximas cachoeiras. A entrada dá em amplo salão de uns 100 metros de comprimento por 18 de largura. O teto é muito irregular, caracterizado por enormes e variados estalactites, podendo afirmar-se que a sua altura varia entre 5 e 50 metros.

O farmacêutico alemão Ricardo Krone, que até 2007 era considerado o descobridor da caverna, fez sua primeira e única visita à Caverna do Diabo em 1907⁸⁹, durante a sua segunda expedição ao Vale do Ribeira (BRANDI, 2007, p.45). Embora só fosse visitar a Caverna do Diabo em 1907, onze anos após a sua primeira visita ao Vale do Ribeira (BRANDI, 2007, p.53), em 1901 Krone cita a existência da caverna em documento anterior à visita de Granato (BRANDI, 2007, p.44).

(...)No decurso destes ribeirões tem diversas cavernas ainda para explorar; uma d'ellas, chamada de Igreja, só é conhecida pela sua entrada do Ribeirão da Ostra.

Embora outras pessoas antes de Granato tenham conhecido a caverna ou soubessem de sua provável existência, como os Vieira, conforme os relatos dos quilombolas, e quem sabe mesmo os índios Guaranis, coube à Granato a primeira descrição da exploração da caverna, e portanto é considerado o seu descobridor⁹⁰.

É preciso destacar que, enquanto Granato estivera na região por razão de seu cargo e com apoio do Governo Paulista, Krone visitava cavernas da região por interesses e com recursos próprios. Krone tinha conhecimento das grutas do Vale do Ribeira pelo menos desde 1891, mas só realizou sua primeira viagem em 1896, devido aos custos elevados e dificuldades de acesso (BRANDI, 2007, p.39).

*

A descrição de Granato nos permite imaginar a curiosidade que o tomou e as dificuldade de prosseguir com os equipamentos de que dispunha (BRANDI, 2007, p.44).

(...) Deste ponto em diante o córrego toma a direção à direita e o salão vai se tornando cada vez mais estreito. Continuando a seguir o curso do ribeirão tive de recorrer por repetidas vezes a cabo de corda para poder descer as diversas

⁸⁹ Brandi reconstrói a história dos pioneiros Krone e Granato no Vale do Ribeira a partir de detalhada pesquisa em documentos encontrados no Arquivo do Estado de São Paulo, dentre eles documentos oficiais da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, um mapa, fotografias, cartas, notas e relatórios.

⁹⁰ Na espeleologia considera-se o descobridor aquele que penetra a caverna e a documenta. Embora seja respeitoso e importante para a história dar crédito aos moradores, mateiros e outros personagens fundamentais para a espeleologia brasileira e que, de fato, conhecem a localização cavernas, na maioria das vezes estes não se aventuram além de sua entrada e não deixam qualquer registro que possa ser verificado. Muitas cavernas “descobertas” por espeleólogos já são conhecidas dos moradores locais, mas a grande maioria não é frequentada por eles.

cachoeiras encontradas. A 300 metros tornou-se quase impossível continuar o curso das águas, pois o movimento do ar ameaçava de apagar as velas, único meio de iluminação do qual podíamos dispor. N'este ponto, grande quantidade de gottas d'água cahiam em forma de verdadeira chuva, e tudo isto concorreu para que nos voltássemos para trás. (...)

Em 1909 Krone lista em seu relatório “As Grutas Calcáreas do Vale do Ribeira” a Caverna do Diabo dentre 41 cavernas, sem citar Granato, e por isto enganosamente passa a ser considerado o descobridor das mesmas, chamadas posteriormente de “Grutas Krone”. Mesmo Krone afirma em 1909, informação ignorada até então, que

Das cavernas enumeradas no presente indice já foram descriptas as primeiras 19 e mais a n. 32. (*Gruta da Lagem do Macaquinho*) Metade pelo autor deste, nos periódicos já citados na introdução, assim como em outros da lingua allemã, desde 1896, e o resto pelo Dr. Lourenço Granato, então inspector do 6º Districto Agricola, no seu relatório (sobre uma viagem de inspecção ás cavernas) ao Sr. secretario da Agricultura em Abril de 1901.

Segundo Brandi (2007, p.59), considerando as normas de espeleometria brasileiras atuais⁹¹, o número de cavernas descobertas por Krone e Granato seria de 35, sendo 10 descobertas e exploradas por Granato. Apesar da polêmica em torno das descobertas de Krone ou Granato, o que não é objeto desta pesquisa, é inegável a importância dos trabalhos de ambos para a espeleologia paulista e para a proteção de suas cavernas.

Porém as motivações de Krone e suas publicações sobre espeleologia, paleontologia e arqueologia foram fundamentais para o prosseguimento dos trabalhos na região, especialmente a partir da segunda metade do século XX. Krone foi o pioneiro na fotografia de cavernas e responsável pelo segundo cadastro de cavernas do Brasil, em 1907.

*

Em 1914, a Comissão Geographica e Geologica do Estado de São Paulo publica o relatório “Exploração do Rio Ribeira de Iguape”. José P. Cardoso em carta ao Secretário de Agricultura Carlos Botelho cita as grutas existentes na região, dentre elas a Caverna do Diabo (CCG, 1914, p.4).

⁹¹ Muitas das cavernas listadas por Krone na verdade eram entradas distintas da mesma caverna.

origem do nome

Visitada desde os anos 1940, sob a administração da Estrada de Ferro Campos do Jordão, a caverna permanece esquecida até que no dia 30 de março de 1961 o Centro Excursionista Itatins, liderado pelo então Capitão Rodolpho Pettená⁹², visita a caverna (ZILIO, 2003, p.27).

Mais conhecido como Coronel Pettená, segundo conta a história, foi dele a sugestão da mudança do nome da Gruta de Tapagem para Caverna do Diabo, após ouvir as histórias de alguns moradores que diziam

(...) a escavação não era outra coisa senão a própria moradia do Diabo. Os incautos que se aproximassem daquela bôca negra, enfureciam o rei das trevas que, por vingança, lhes haveria de estragar as plantações. (Folheto de divulgação da caverna da Secretaria de Cultura, Esportes e Turismo, 1969)

Segundo Michel Le Bret (LE BRET, 1975, p.81), naquele dia a caverna mudou de nome

Sem dúvida, para chamar mais a atenção, a Gruta da Tapagem⁹³ mudou para Caverna do Diabo. A imaginação de alguns jovens paulistanos se inflama, com efeito.

a mudança do nome da caverna

Em 7 de novembro 1967, é publicado no Diário Oficial de São Paulo, o decreto 48.818 pelo Governador do Estado em exercício, o vice Governador Hilário Torloni, o qual alterou seu nome para “um de amplo conhecimento na região e já bastante divulgado” (DOSP, 1967, p.2).

No dia 09.02.1972 o Bispo de Santos D. David Picão, sugere ao Governador do Estado, Laudo Natel, a mudança do nome para Caverna de Deus, justificando que (DOSP, 1972, p.2)

⁹² General Rodolpho Pettená (1924-2007), São José dos Campos, São Paulo. Foi um grande incentivador da conservação da natureza e do desenvolvimento do turismo na região do Vale do Ribeira. Por sua sugestão e influência política conseguiu a abertura da estrada de acesso à Caverna do Diabo e em 1967 a iluminação da caverna.

⁹³ Segundo relatos, Tapagem, em tupi guarani, seria local misterioso ou obscuro. É necessário verificar a origem e a referência do termo que poderia indicar o surgimento do nome da caverna

A primeira vez que me deparei com o nome Caverna do Diabo, ficou-me uma triste impressão. Pensei que deveria encontrar ali algo de horrendo. Hoje visito esta caverna e minha primeira exclamação é: ‘Caverna de Deus’.

Posteriormente, no dia 07.10.1977, o projeto de Lei 147 do deputado Walter Mendes, que propunha alterar o nome para Gruta Nossa Senhora da Guia, padroeira da cidade de Eldorado, foi vetado pelo Governador Paulo Egydio Martins sob argumento de que, “embora seja tendência em países de tradição cristã atribuir nomes religiosos a determinadas localidades”, especialmente em locais de peregrinação, o nome Caverna do Diabo buscava (DOSP, 1977, p.94)

...caracterizar, com a expressividade da imaginação popular, o mistério e a beleza do local, contribuindo, indiscutivelmente, para despertar a curiosidade e interesse do viajante ou do turista. Em 30.11.1977 o deputado Rafael Ranieri contestou o veto, alegando que o Governador havia

...tomado, incontenti, posição ao lado do Diabo, não ao lado de Deus, ou de Nossa Senhora. Tomou posição ao lado do Demônio, do Espírito das Trevas, do Príncipe das Trevas. Apoiou o Diabo de maneira horrível e vetou o projeto... (DOSP, 1977, p.104)

e seguiu-se a discussão “entre o bem e o mal”.

Em 1991, após o início do Projeto Caverna do Diabo, a discussão entre Deus e o Diabo prosseguiu em campos menos ideológicos, a questão era qual seria a maior caverna da região do Vale do Ribeira, a Caverna do Diabo ou a Caverna de Santana, localizada na cidade de Iporanga no PETAR⁹⁴ (SOBRINHO, 1992, p.6-7).

No Brasil nomes que geram curiosidade ou indignação não são incomuns, em 1998 José Cláudio Faraco, professor de geografia e um dos fundadores do Espéleo Grupo Monte Sião (EGMS), questionou “as feias denominações de nossas belezas naturais”, a fim de “discutir e denunciar as horrorosas e desestimulantes denominações que são impingidas às nossas maravilhas

⁹⁴ Na época a Caverna do Diabo tinha 5.130m de extensão e a Caverna de Santana 5.813. Após o mapeamento realizado na primeira fase do PROCAD entre 1992 e 1993, a Caverna do Diabo passou a ter indicados mais de 8.000m de extensão sendo considerada a maior do estado. A segunda fase do PROCAD, iniciada em 1998, realizou a digitalização do mapa anterior e o mapeamento de novos trechos da caverna, ajustando o seu desenvolvimento para 6.237m de desenvolvimento. Atualmente a caverna de Santana possui 8.373m de projeção horizontal segundo o CNC/SBE 2013 com potencial de ampliação ainda grande. A Caverna do Diabo tem potencial para ampliar seu desenvolvimento, porém há dificuldade pois as melhores possibilidades estão à dezenas de metros de escalada.

naturais sem o menor escrúpulo”. A Caverna do Diabo não foi poupada de suas críticas, afirmando que uma aluna sua fora proibida pela mãe de conhecer a caverna porque “era pecado frequentar a Caverna do Diabo” (SBE, 1998, p.14).

Em 1991 a Comissão de Cadastro, Espeleometria e Províncias Espeleológicas da Sociedade Brasileira de Espeleologia, publicou o livreto “Normas e convenções espeleométricas” (SBE,1991) no qual há recomendações para nomear cavernas, porém os critérios não evitam nomes bastante interessantes como o “Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério”, localizado em São Desidério, Bahia.

A Caverna de Santana, ou Sant’Anna, como chamava o apaixonado Pierre Martin, fora primeiramente conhecida como Caverna do Rio Roncador quando da sua descrição por Krone (KRONE, 1909, p.15).

Capa do informativo SBE de set/out 1991. Desenho de Carlos Zaith (249).

“Caverna do Diabo com nova roupagem”

Por volta de 1965 o Governo estadual decide investir no turismo como alternativa de desenvolvimento do estado, Michel Le Bret cita que (1975, p.125)

...pois desde 1965, um vento novo soprava na região. O Governo do Estado de São Paulo tinha realmente reorganizado sua Secretaria de Turismo e decidira se interessar pelas cavernas.

O primeiro objetivo escolhido foi a Gruta da Tapagem, que, por razões publicitárias, torna-se definitivamente a “Caverna do Diabo”.

Na segunda metade da década de 1960 as visitas à gruta já eram intensas (LE BRET, 1975, p.125)

Desde 1961, em razão das diversas expedições que tinham essa gruta como objetivo, os jornais falavam dela periodicamente. Mas ela permanecia quase inacessível ao fluxo dos turistas.

PÁGINA 2 ANO LXXIX — N.º 119 —
QUINTA-FEIRA, 26 DE JUNHO DE 1969

"CAVERNA DO DIABO" COM NOVA ROUPAGEM

A "Caverna do Diabo", condado com muito cimento e casinho aderido por muitos a mais bonita gruta do mundo — com suas paredes de belezas naturais, com 400 metros de extensão —, entregou a visitação pública, esta vez, alguns reparos, na sua parte interna, com o auxílio de técnicos, em sua iluminação.

Serão instalados os modernos equipamentos com som e iluminação. Tudo o histórico da "Caverna do Diabo" será narrado ao visitante, com o auxílio de uma ra que conhece alguma coisa do passado da região, o filho de nosso Estado, nos dias de hoje, o jovem, o jovem, o jovem.

O sr. Orlando Zancaner, titular da Pasta do Turismo, que tem cui-

AUTORIDADES MUNICIPAIS EM PALÁCIO

EM PALACIO
Estiveram no Palácio dos Ban-
deirantes, a fim de tratar de inte-
resses municipais, os senhores: Vi-
vadi Jorge, prefeito de Anápolis;
Tuflí Jubram, prefeito de Assis;
Wady Mucare, prefeito de Barra
Bonita; Gino Diartora, prefeito
Antonio Piarulento, vice-prefeito e
vereador Luiz Gonzaga Diartora, de
prefeito, e os senhores: Otacílio, pre-
sidente da Câmara Municipal de Aná-

NAO E LONGE
Para se chegar à "Caverna do
Diabo" é preciso percorrer 283 qui-
lômetros, 185 deles, já Jacuporã.
Daí à El Dorado, onde a
natureza criou a famosa gruta, são
mais 46 quilômetros. De cá, que
é um passeio agradável, em velo-
cidade normal, leva-se quatro ho-
ras para atingir a Caverna.

Sra. Presidente. Srs. deputados. O turismo é também chamado a indústria sem chaminés, ou a indústria do século, pela fonte de riquezas em que se constitui, quando inteligentemente orientado. O Brasil, que foi aquinhoado pela natureza com as suas belezas paisagísticas, deve, sem tardança, despertar para o turismo

Em nosso Estado temos o vale do Ribeira, que poderá ser o grande celeiro no setor do abastecimento e também uma região de grande potencial turístico, com paisagens ricas e as famosas cavernas, além de um artesanato típico... Existem na região mais de 40 cavernas, sendo a mais importante a famosa “Caverna do Diabo...”

Quando visitamos, recentemente, a região e a “Caverna do Diabo”, em companhia do dedicado Secretário, do colega Altimar Ribeiro de Lima e jornalistas, a convite do Major do Exército, Rodolpho Pettená, filho da região, e que, na qualidade de presidente do Círculo Militar Campineiro e do Centro de Excursionistas dos Itatins, nos serviu de cicerone, pudemos aquilatar o entusiasmo cívico dêsse dinâmico oficial que já visitou por 30 vezes a “Caverna do Diabo, sendo incansável na sua promoção e na defesa da famosa caverna,

descoberta por Krone e que apresenta o espetáculo indescritível das estalactites e estalagmites, formadas ao longo de 2 mil anos.

Em 1968 são contratadas empresas para construção de cinco casas de madeira para os guardas da caverna e suas famílias (DOE, 22.06.1968) e posteriormente mais duas (DOE, 17.10.1968), e são confeccionados folhetos de divulgação da Caverna do Diabo (DOSP, 31.07.1968), “achando-se praticamente concluídas as escadarias, passarelas e caminhos. O grande restaurante já foi iniciado” (DOSP, 31.08.1968).

Em julho de 1968, Michel Le Bret descreve detalhadamente as instalações e as condições da Caverna do Diabo (LE BRET, 1975, p.128).

Com grande pesar do engenheiro Eptácio⁹⁵, a gruta foi retirada da responsabilidade do Instituto Geográfico e Geológico e confiada à Secretaria de Turismo.

A estrada de Eldorado foi melhorada, o caminho na floresta foi refeito. Um gerador instalado na entrada da caverna alimenta uns cinquenta holofotes no “Salão da Catedral” e os ônibus de organizações de turismo começaram a derramar, a cada fim de semana, multidões de visitantes.

Pouco a pouco, a civilização impõe seus benefícios a esta natureza ainda selvagem.

Das condições que, ainda, se impõe pelo estado aos moradores tradicionais das regiões em que são instaladas Unidades de Conservação

O Senhor Domingo, o velho guarda da caverna, viu sua cabana demolida por tratores. Ele teve que se mudar com sua família, seus porcos e suas plantações.

Sobre a arquitetura

⁹⁵ José Eptácio Passos Guimarães, Engenheiro de Minas do Instituto Geográfico e Geológico, que, em 13 de novembro de 1956, encaminhou o pedido oficial para a criação do Parque Estadual do Alto Ribeira para proteção das cavernas. Juntamente com o topógrafo Pedro Comério foram os responsáveis pela criação do PETAR.

No seu lugar, sobre os flancos desbastados da colina se erguem elegantes chalés tipo suíço, agrupados ao redor de um, não menos elegante, restaurante.

Os impactos negativos causados pela visitação

Diante do sucesso crescente do empreendimento, a caverna foi melhorada. Escadas de cimento facilitaram o acesso aos grandes salões, um lago artificial criado no corredor da entrada diminuiu o rumor das cascatas naturais, os holofotes de diversas cores vieram salientar os detalhes das cristalizações que teriam escapado a visitantes distraídos.

Sobre a produção áudio visual

Nos arredores da gruta, ao longo do caminho calçado, contornado de postes iluminados que liga a caverna à plataforma de ônibus, os alto-falantes, habilmente disfarçados no mato, transmitem músicas mais conhecidas ou as reproduções perfeitas do grito dos macacos e do canto dos pássaros que preferem se retirar para os cantos mais tranquilos.

Logo, outros alto-falantes escondidos atrás de stalactites, através de trovões de tempestades, golpes de gongos e da fanfarra de trompetes do Julgamento Final, descreverão aos turistas apavorados, as terríveis catástrofes geológicas que deram origem a este antro do diabo!

Em todos os jornais, todas as revistas, em todos os lugares públicos, nos prospectos turísticos, os esplendores da caverna são descritos.

Em 11 de outubro de 1968 ‘O Estado de S. Paulo’ trazia a manchete “O Diabo resolveu botar a casa em ordem” (OESP, 1968, p.41).

Primeiro tratou de colocar uma nova iluminação artística nos seus bem ornamentados salões, arrancou das paredes aqueles feios postes que havia antes, camuflou os fios e as lâmpadas. Depois instalou um sistema acústico, que levará música adequada e informações para os visitantes nas várias galerias. A seguir,

construiu passarelas, plataformas, pontes e escadarias que concreto que se lançam sobre o vazio, para que todos possam percorrer a casa sem percalços.

Em 1969 o governo do Estado comemora (DOSP, 18.04.1969, p.53)

A Caverna do Diabo (...), tornou-se um atrativo turístico de renome. A Secretaria determinou obras de profundidade, para fazê-la mais amena aos visitantes que a procuram. Assim é que ali se instalou iluminação artística e som. Foram construídos sete chalés e um restaurante, de madeira e escadas, pontes e passarelas tornaram mais fácil a visita à famosa gruta.

Em 1969 o Governo do Estado destacava a “Caverna do Diabo com nova roupagem”. Contando com 400 metros iluminados e entregues à visitação pública, e a instalação de som estereofônico, pelo qual seria narrado o histórico da Caverna do Diabo (DOSP, 26.06.1969, p.2).

Em 1971 A Caverna do Diabo, transformada em “gruta de atração e recreio”, já contava com ajardinamento exterior, escadarias e passarelas, iluminação interna, lagos artificiais, restaurante, capela, parque infantil, pequeno zoológico, residências de madeira e pátio de estacionamento. Sendo “visitada por milhares de turistas nacionais e estrangeiros, mesmo durante a semana” (DOSP, 01.04.1971, p. 110). Em 1972 cita-se investimentos para a construção de um teleférico de quatro quilômetros “para acabar com os problemas da estradinha de terra” o principal

Estrada para a Caverna do Diabo em 1971.
Fonte Desnivel, ano.4, n.8, 2007, p.3.

entrave para que deseja visitar a caverna, jamais executado. Já se falava do aproveitamento turístico de outras grutas da região do Vale do Ribeira, “com possibilidades turísticas ainda maiores que as da Caverna do Diabo” “...a caverna é linda a estrada é que é o Diabo”. Previa também investimentos para a pavimentação da estrada que ligava Jacupiranga às margens da BR116 à Caverna do Diabo (DOSP, 22.12.1972; OESP, 27.01.1974).

Porém em 1974 muitas obras não passam de promessas. Sem hotel, restaurante, teleférico, a caverna “continua sem acomodações decentes para os milhares de turistas que (apesar de tudo) a visitam...” (OESP, 1974, p. 209).

Obras de melhoria e investimentos públicos para garantir acesso e incrementar a visitação prosseguem. Em 1977 o município de Eldorado Paulista é reconhecido como estância turística, Lei Nº 546/1977, com a justificativa, entre outras, de que a Caverna do Diabo não só é a maior atração turística de toda a região do Vale do Ribeira, mas, reconhecido nacional e internacionalmente, recebe mais de mil visitas diariamente. (DOSP, 25.11.1977, p.112).

Os chalés, em estado precário, assim como o estacionamento e os sanitários (OESP, 1975, p.82), seriam posteriormente recuperados e alugados aos turistas por Cr \$250,00 a diária, para dez pessoas cada um (OESP, 1978, p.19).

Em 28 de abril de 1978 'O Estado de S. Paulo' informava que em 40 dias estariam concluídos 300 metros de novas passarelas e escadas "Numa tentativa de ampliar a potencialidade turística da região que já recebe cerca de 7 mil turistas por mês." (OESP, 1978, p.19)

As obras continuam e sobre a ampliação do trecho turístico, em 1978, com execução sob responsabilidade da Planel - Planejamento e Construções Elétricas Ltda (DOSP, 08.06.1979)

Iluminação elétrica instalada na década de 1960. As peças de fixação dos cabos e luminárias ainda são encontradas na caverna. Fonte Folheto de divulgação da Caverna do Diabo, Secretaria de Cultura, Esportes e Turismo de São Paulo, 1969.

Estão em fase final as obras de ampliação do trecho turístico da Caverna do Diabo, em Eldorado Paulista. Como já é tradicional, repetem-se mais uma vez as agressões à caverna pela quebra de inúmeras estalagmites. Por outro lado ocupou-se o espaço com novos (sic) pontes e passarelas de concreto que nada dignificam a engenharia nacional relativamente ao trato a natureza. O trecho novo tem aproximadamente 150 m e penetra num salão muito amplo e bem ornamentado, onde a principal atração 'folclórico-turística' é o Sapo (realmente parecido) (SBE, 1978, p.35).

São realizadas mudanças na iluminação com a troca das lâmpadas coloridas por 120 outras de cor branca "que segundo os administradores 'eliminam o ar artificial que durante muito tempo forneceu falsas aparências aos visitantes, que acabavam impedidos de apreciar a beleza natural dos

salões da caverna”. Também é instalado o fornecimento de energia elétrica via rede, parado a 200 m da caverna e até então mantido por gerador à óleo diesel (OESP, 1978, p.19).

Nesse período a visitação na caverna aumenta de forma exponencial, em 1978 registram-se 86.583 visitantes na caverna que passa a ser conhecida mundialmente (FF, 2010, p.100).

proteção

Ainda que ainda o trabalho de Krone não fosse tão relevante quanto o do dinamarquês Peter W. Lund, em Lagoa Santa, MG, Ihering reconheceu a importância dos achados de Krone e apelou ao Estado que se tratasse da proteção das cavernas calcárias da região.

O patrimônio natural da região da Caverna do Diabo é protegido desde o início do século XX, ocasião em que a Lei Estadual no 1.064 de 29/12/1906 declarou de utilidade pública a Gruta da Tapagem. Em 1910 a Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, por motivação dos estudos de Krone e recomendação da Comissão Geográfica e Cartográfica adquiriu a Gruta da Tapagem por 5 Contos de de Reis, bem como as grutas do Vale do Monjolinho em Iporanga, destacando os propósitos de preservação e turismo da caverna. O primeiro ato visando a preservação da região, na qual se localiza a Caverna do Diabo, foi o Decreto-Lei 14.916 de 06/08/1945, no qual o governo transformou as terras devolutas existentes nesta região em reserva florestal. Em 1957 a guarda e administração da caverna são atribuídas ao Instituto Geográfico e Geológico (atual Instituto Geológico) da Secretaria de Agricultura do Estado. Em 1969 o Decreto n.145 instituiu o Parque Estadual do Jacupiranga com área de aproximadamente 150.000 hectares.

Em 27.09.1975 ‘O Estado de S. Paulo’ noticiava a possibilidade de construção de uma barragem no Ribeira de Iguape, que cobriria a estrada de acesso mas traria a possibilidade de acessar a caverna via barco a partir do litoral “num percurso que, com certeza, se constituirá num dos mais disputados roteiros paulistas.” (OESP, 1975, p.82).

Em 1975 fica sob a responsabilidade da Secretaria de Esportes e Turismo até que em 1994 a administração do núcleo da caverna do Diabo é transferida para o Instituto Florestal da Secretaria do Meio Ambiente, após diversas solicitações e com apoio da SBE por meio do Projeto Caverna do Diabo (PROCAD).(MARINHO, 2002; COSTA NETO, 2006; BRANDI, 2007; FF, 2010)

O Parque Estadual do Jacupiranga foi tombado pelo CONDEPHAAT em 1985, declarado pela UNESCO como Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, em 1991, e Sítio do

Patrimônio Mundial Natural em 2000. Em 2008 a edição da Lei Estadual n.º 12.810, cria o Mosaico de Unidades de Conservação de Jacupiranga com quatorze unidades de conservação, dentre elas o Parque Estadual Caverna do Diabo (LINO, 2009, p.13-21).

primeiros estudos espeleológicos na gruta da Tapagem

Entre 1961 e 1963 o grupo espeleológico “Os Aranhas” e o Clube Alpino Paulista (CAP) realizam expedições de exploração e em 1964 é realizado o primeiro levantamento topográfico, liderado por Le Bret (VALLE, 2001, p.136).

Em 1964, após diversas tentativas, a equipe do CAP consegue completar a travessia da Caverna do Diabo, uma das grandes conquistas da espeleologia brasileira. A travessia é relatada n’O Estado de S. Paulo de 8 de janeiro de 1965, p.19. Peripécias na conquista da Caverna do Diabo (OESP, 1965, p.19).

Hoje, 28 de novembro de 1964, primeira travessia da Caverna do Diabo. Tendo entrado as 10 horas da manhã pela Gruta das Ostras, os exploradores: Michel Le Bret, Philippe Goethals, Caille Goethals, Luiz Guilherme Assumpção (Méca), Sérgio Audino, saíram novamente, às 18 horas, pela Gruta da Tapagem. (LE BRET, 1975, p.99)

Desenho de Michel Le Bret da Serra do André Lopes, na qual se localiza a Caverna do Diabo. Fonte: Auler & Zogbi, 2006, p.77

Mapa da Gruta da Tapagem realizado pelo Clube Alpino Paulista (CAP) Desenho de Michel Le Bret indicando as datas das conquistas até a travessia da caverna, 1965.

Em 1966 a Sociedade Excursionista e Espeleológica (SEE) realizou um trabalho que incluiu estudos bioespeleológicos, geológicos e climatológicos, além do remapeamento da gruta (MATOS, 1966; KRÜGER, 1967; VALLE, 2001, p.136). Após a conclusão dos trabalhos da SEE a Caverna do Diabo assume a posição de maior caverna do Brasil, com 2.850 m de extensão, sendo superada no ano seguinte pela Gruta dos Brejões - BA, com 6.410 m (AULER, BRANDI & RUBBIOLI, 2001, p.21).

Entrada das Ostras na Caverna do Diabo. Guy Collet, Michel Lebrete e François Valla, 1970. Fonte Desnível, ano.4, n.7, 2007, p.5

Mapa da Gruta da Tapagem realizado pela Sociedade Excursionista Espeleológica (SEE), 1966. Acima mapa completo, abaixo atual trecho turístico, ainda sem a infraestrutura de uso público.

*

Atualmente a maior caverna do Brasil é a Toca da Boa Vista - BA com 107.000 m de extensão, a Caverna do Diabo é a terceira maior do estado de São Paulo, com 6.237 m de

extensão sendo superada pela Caverna de Santana, com 8.540 m de extensão⁹⁶ e pela Gruta do Areado Grande III com 6.400 m de extensão (CNC/SBE, 2014)

Procad - projeto caverna do Diabo

De meados da década de 1970 até o final da década de 1980 os espeleólogos paulistas dedicam seus trabalhos à região do Vale do Betari na vizinha cidade de Iporanga e em expedições às grandes cavernas dos estados de Goiás e Bahia. A Caverna do Diabo era considerada uma caverna menos interessante e voltada apenas ao turista.

Em setembro de 1990 a SBE organiza uma travessia da caverna com objetivo de realizar a sua limpeza, após anos de impactos causados pela visitação turística. Nesta travessia verifica-se o potencial da caverna e a SBE dá início ao Projeto Caverna do Diabo (PROCAD), com objetivo de explorar e mapear a caverna e fortalecer a entidade, que passava por uma fase de reestruturação, por meio da integração dos grupos espeleológicos (RODRIGUES, 2002, p.14; FIGUEIREDO et al, 2007, p.113). Segundo Clayton Lino, coordenador no início Projeto Caverna do Diabo, em entrevista à revista Informativo SBE (n.41, set/out 1991, p.3)

Ela que ficou abandonada no aspecto de pesquisa durante muitos anos até com um certo estigma de caverna turística e por estar fora da região do Bethary, de Iporanga, etc onde a maior parte dos espeleólogos vai. Então, a gente estava querendo resgatar a caverna do Diabo como área de exploração e produzir material em termos de estudo da região.

Cortes dos Grandes Salões. Desenho de Michel Le Bret.
Fonte: LE BRET, 1966

⁹⁶ Projeção horizontal

Segundo Figueiredo (2007) o PROCAD reuniu mais de duzentos espeleólogos de vinte grupos de espeleologia de seis estados brasileiros entre 1990 e 2007. Tornando-se um importante evento de integração.

Mapa da Gruta da Tapagem realizado pelo Projeto Caverna do Diabo (PROCAD) da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE),1993.

O PROCAD pode ser dividido em quatro fases, 1990-1995, com a retomada dos trabalhos de exploração e mapeamento na Caverna e importância do projeto como atividade integradora. Nesta fase foram identificadas outras oito cavernas. De 1998 a 2001 o PROCAD é retomado com objetivo de revisar a topografia e explorar novas continuações da caverna. Nesta fase o mapa é digitalizado e complementado com as descobertas. O potencial para novas descobertas é reduzido e dificultado pelas possibilidades de continuação por escalada.

Em 2001 foi organizado o XIII Encontro Paulista de Espeleologia na Caverna do Diabo, juntamente com os trabalhos do PROCAD com objetivo de envolver os espeleólogos e contribuir com a gestão da Caverna.

Entre 2006 e 2008 o PROCAD é retomado sob coordenação dos integrantes da União Paulista de Espeleologia (UPE), com objetivo de refazer completamente o mapa da caverna, que apresenta problemas decorrentes da utilização de distintas técnicas de mapeamento por dezenas de espeleólogos ao longo do tempo, falhas de representação e perda de dados de campo (GERIBELLO, 2007 p.25). Porém após a topografia da galeria do rio é o projeto abandonado.

Mapa da Gruta da Tapagem pelo Projeto Caverna do Diabo (PROCAD) da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE), 2001, modificado em 2014 por Marcos Silverio.

Em 2010 a SBE retoma a coordenação do PROCAD com objetivo de prosseguir com os trabalhos de mapeamento e prospecção externa, porém devido ao envolvimento dos coordenadores com projetos de pesquisa acadêmica, os trabalhos concentram-se em pesquisas pontuais.

Além dos objetivos de mapeamento e exploração da caverna o PROCAD sempre foi um grande encontro, uma oportunidade de integrar espeleólogos, praticar espeleologia intergrupos e, para muitos a oportunidade de conhecer a caverna além de seu trecho turístico.

mapeamento para o presente estudo

Mapeamento realizado misturando topografia com estação total, utilizando informações cedidas gentilmente por Ana Laura Person, coletadas para o seu trabalho de graduação em Geociências na USP, em 2014 e coletadas durante o presente estudo. Complementadas por mapeamento espeleológico de detalhe utilizando bússola e clinômetro Suunto, trena laser e croquis, com bases fixas e laterais e alturas medidas com trena laser. Foram feitas bases em pontos de interesse realizado em julho de 2014 por Andrea Kern, Beatriz Hadler Boggiani, Carlos Grohmann (Guano), Christian Moraes, Daniel Menin, Leda Zogbi, Luciana Fackoury, Magna Pontes e Victória Dalla Hart.

O mapeamento contemplou o trecho turístico tradicional, Salão Erectus e galeria do rio até a base Delta 4, do mapeamento do Procad, amarrando as topografias em diversos pontos. O mapeamento teve como objetivo o melhor detalhamento dos contornos, posição de espeleotemas e sedimentos clásticos significativos.

Mapa do trecho turístico, Salão Erectus e Galeria do Rio da Caverna do Diabo. Silverio et al, 2014.

infraestrutura existente no PECD

A infraestrutura existente, construída entre as décadas de 1960 e 1980, foi objeto de reformulação frequente durante as últimas quatro décadas. A última, inserida no Programa de Desenvolvimento do Ecoturismo na Mata Atlântica (2003 e 2013) teve um investimento de R\$ 4.679.955,00 (SMA, 2013, p.69) no PECD, e incluem a reforma do restaurante e sanitários, transformação do museu em centro de visitantes, novo sistema de iluminação da caverna do Diabo, sinalização e implantação das trilhas do mirante do Governador e da cachoeira do Araçá.

Infraestrutura existente na caverna

- Escadas, passarelas e rampas em concreto armado
- sistema de iluminação elétrica fixa
- guarda-corpo em aço galvanizado

atrativos do PECD

A caverna do Diabo é o principal atrativo do parque. Porém outros atrativos existentes podem contribuir para a compreensão do contexto ambiental e cultural da região. Atualmente, no núcleo do parque apenas a Caverna do Diabo, a cachoeira do Araçá e o mirante do Governador são visitados.

A paisagem cárstica oferece diversos atrativos, vales, dolinas, paredões, serras, cones, cachoeiras entre outros. Na cachoeira é possível observar tufas formadas na queda d'água, únicas no estado de São Paulo. E também outras atividades como caminhadas e mountain bike, observação de fauna, fotografia da natureza, entre outras. Um museu com a história da caverna, exploração tornaria o espaço interessante e educativo.

novo sistema de iluminação da caverna do Diabo

Os problemas decorrentes do sistema de iluminação da caverna do Diabo são antigos. O jornal “O Estado de São Paulo” noticiava em 1978 (OESP, 1978, p.19) que, são realizadas mudanças na iluminação com a troca das lâmpadas coloridas por 120 outras de cor branca “que segundo os administradores ‘eliminam o ar artificial que durante muito tempo forneceu falsas aparências aos visitantes, que acabavam impedidos de apreciar a beleza natural dos salões da caverna’”. Também é instalado o fornecimento de energia elétrica via rede, parado a 200 m da

caverna e até então mantido por gerador à óleo diesel. Labegalini (2007) aponta o acúmulo de lixo específico, geração de calor e desenvolvimento de vegetação, entre outros problemas. Este conhecimento no entanto não impediu que o novo sistema, inaugurado em setembro de 2013, cometesse os mesmos erros.

APÊNDICE C

avaliação da execução das instalações dos equipamentos de iluminação artificial fixa na Caverna do Diabo. Parque Estadual da Caverna do Diabo, SP

junho de 2014

O objetivo desta avaliação preliminar foi verificar a qualidade da execução da instalação dos equipamentos da nova iluminação artificial fixa, inaugurada em setembro de 2013. Não teve como objetivo a realização de um laudo completo mas de evidenciar as características mais comuns e evidentes encontradas durante a observação. Tampouco teve como objetivo avaliar a instalação elétrica.

A Caverna do Diabo é uma das mais importantes cavernas turísticas do Brasil e uma das poucas que contam com iluminação artificial fixa. Quando da primeira instalação dos equipamentos não havia preocupações ambientais com relação à caverna e muitos danos foram causados à caverna.

Foram observados:

- qualidade da execução
- segurança dos equipamentos
- riscos para os usuários
- aspecto e interferência dos equipamentos no ambiente
- problemas ambientais
- operação do sistema
- lâmpadas e luminárias utilizadas

A instalação de uma iluminação com mínimo impacto negativo foi um dos objetivos. Porém, mesmo após quatro décadas da primeira instalação e das propostas de melhorias, observa-se os mesmos problemas ambientais, de execução da instalação e filosóficos quanto ao tipo de iluminação.

A interferência dos equipamentos na paisagem cavernícola, a precariedade das instalações, o risco à segurança, a vulnerabilidade do sistema e o resultado estético final colocam em dúvida a sua realização.

qualidade da execução

O aspecto geral da instalação denota um ar de desleixo e de improvisação na execução. Aparentando um trabalho feito às pressas e sem capricho, potencializado pelas características do ambiente cavernícola, com o qual deveria se ter um cuidado especial. Grande parte dos equipamentos à vista dos visitantes, sensores, projetores, cabos, eletrodutos, suportes etc. Peças parafusadas diretamente nos corrimãos e guarda-corpos. Fixação de equipamentos com abraçadeiras plásticas tipo *hellermann* em corrimãos e guarda-corpos. Luminárias posicionadas causando ofuscamento em certos casos, conexões de cabos com fita isolante comum, lixo específico, caixas de passagem posicionadas no caminhamento e com tampas salientes.

Iluminação evidencia mais as estruturas de concreto armado e pouco o espaço da caverna. Posição de alguns projetores causa ofuscamento.

Detalhe da instalação de um projetor. Anteparo não protege equipamento, há restos de argamassa espalhado pelo piso, blocos e espeleotemas foram utilizados para esconder o cabo elétrico. Um pedaço de madeira foi deixado ao lado do projetor.

Anteparo de alvenaria ao lado da escada após ponte sobre o rio. Não houve preocupação de posicionar em local mais adequado e com aspecto menos artificial. O projetor está posicionado muito próximo ao bloco o qual aparenta ter sido raspado e sujo com terra, provavelmente para camuflar *lampenflora* existente.

Imagem superior. Fixação de sensor e cabos no corrimão, dificultando seu uso como equipamento de apoio ao deslocamento e de segurança e colocando em risco os usuários. Cabos presos com abraçadeira plástica tipo hellerman, facilmente rompíveis. Risco de choque elétrico devido às emendas de cabos executadas com fita isolante comum.

Imagem inferior. Cabos desorganizados e com emendas com fita isolante comum e restos de cabos sob as passarelas.

Eletrodutos aparentes, restos de cabos e tijolo na lateral do Salão da Catedral.

Caixa de passagem localizada no caminhamento com tampa muito saliente e com ferragem para abertura exposta. Grande risco de ferimentos. Ao fundo caixa de alvenaria de tijolos parcialmente camuflada com pedaços de estalagmite. É possível distinguir restos de argamassa nas paredes e blocos.

segurança dos equipamentos

A fixação de componentes com abraçadeiras plásticas hellermann nos corrimãos e guarda-corpos (tipo enforca gato) são facilmente rompíveis. Caixas e conectores não são estanques e há

diversas caixas com perfurações nas laterais para passagem de cabos, os quais são sujeitas à entrada de umidade.

Emendas de cabos com fita isolante comum, sujeita à umidade. Deveria ser utilizado fita tipo autofusão ou conectores blindados. Posicionamento caótico de cabos coloca em risco pessoal da manutenção e o próprio sistema de iluminação.

Muitos equipamentos como LEDs de destaque e sensores estão posicionados ao alcance dos visitantes e podem ser alvos de vandalismo ou causar acidentes.

Equipamento fixado no corrimão. Cabos presos no corrimão com abraçadeira plástica tipo hellermann. conectores não são estanques.

Caixa com furos laterais para passagem de cabos os quais permitem a entrada de umidade.

Caixa com evidências de oxidação e falta de estanqueidade. Foi observado crescimento de fungos em diversos equipamentos.

Quadro posicionado na lateral do Salão da Catedral, local de dispersão dos visitantes e portanto sujeita à incidentes. Caixa de passagem no piso com tampa saliente.

Emendas de cabos com fita isolante comum.

Projeto LED de detalhe instalado no piso na lateral do Salão da Catedral. Sujeito à vandalismo. Pode-se observar um desalinhamento na caixa. Equipamento não funciona.

Projeto LED da “Cara do Diabo” com umidade no interior.

Riscos para os usuários

Os guarda-corpos e corrimãos devem ser mantidos desimpedidos pois são equipamentos de segurança e de apoio. Os elementos da iluminação fixados nos mesmos interferem no deslocamento e podem causar ferimentos e acidentes, especialmente na eventualidade de uma emergência em que seja necessário apoio nos mesmos para deslocamento.

Equipamentos fixados diretamente no corrimão.
Risco de acidentes.

Caixa de passagem instalada no caminhamento e com tampa saliente no Salão da Catedral. Risco de queda e ferimentos.

Os cabos fixados diretamente nos guarda-corpos e corrimãos metálicos também podem ocasionar choques elétricos nos visitantes e monitores ambientais na eventualidade de contato de partes desprotegidas em virtude da instalação sem elementos estanques, sujeitos à umidade.

Algumas escadas e passarelas são pouco iluminadas causando dificuldade no deslocamento de alguns visitantes o que também aumenta o risco de acidentes.

Caixas de passagem instaladas no piso, posicionadas no meio do caminhamento e com tampas salientes podem causar quedas e ferimentos.

O perfil metálico de suporte ao cordão iluminação de emergência junto às Velas está posicionado com uma face aguda e cortante voltada para o caminhamento dos turistas e pode causar acidentes. Foi relatado um caso de uma turista que se cortou neste equipamento.

Perfil metálico de suporte do cordão de iluminação de emergência no Salão da Catedral com face cortante e pontas agudas voltadas para o caminhamento. Risco de ferimentos para os visitantes e interfere negativa no ambiente.

Caixa de passagem instalada no caminhamento e com tampa saliente no Salão da Catedral. Risco de queda e ferimentos.

Aspecto e interferência dos equipamentos no ambiente

Os equipamentos à mostra em demasia interferem negativamente na percepção do ambiente cavernícola e comprometem a experiência do visitante. O aspecto das instalações remete à um ambiente muito modificado e artificial.

Em alguns pontos a iluminação evidencia as estruturas de concreto armado, iluminando-as mais do que as formações da caverna. Anteparos de tijolos, luminárias, cabos, sensores e outros equipamentos são muito evidentes por toda a caverna.

Aparentemente não há uma relação entre a potência luminosa e a área a ser iluminada, já que são utilizadas os mesmos tipos de equipamentos e estes estão localizados de alguns metros a menos de 20cm de espeleotemas e paredes.

As lâmpadas fluorescentes utilizadas têm baixo índice de reprodução de cor, ocasionando deficiência na fidelidade de apresentação de cores e tonalidades, esta, juntamente com a temperatura de cor, branca fria, tende a lavar sombras e reduzir a percepção de texturas e da profundidade de campo.

Refletor posicionado à 20 cm de espeleotemas na entrada do Salão Erectus.

Instalação da iluminação de emergência no Salão da Catedral. Cabo aparente, suporte com faces cortantes, modificação evidente do sedimento do piso.

Eletroduto aparente, cabo aparente com cordão de argamassa parcial, modificação no piso.

Sensores e cabos ao lado das passarelas.

Problemas ambientais

Lixo específico. Foram observados no interior da caverna: lâmpadas, peças de fixação metálicas, tijolos cerâmicos, fita isolante, cabos elétricos, argamassa e madeira utilizados na instalação mais recente.

Restos de cabo elétrico, lâmpada de vapor metálico e tijolos sob bloco junto à estalagmite quebrada, na entrada do Salão Erectus.

Restos de argamassa e tijolos no Cemitério.

Lampenflora. *Lampenflora* ou *lamp flora* é o nome comum utilizado para descrever organismos fotossintetizantes os quais crescem nas cavernas induzidos pela luz artificial e na presença de umidade, como cianobactérias, algas, musgos e outras plantas. A característica mais evidente de sua presença é a cor esverdeada em paredes, blocos e espeleotemas.

Lampenflora reconhecidamente existe há tempos na Caverna do Diabo e um dos objetivos da nova iluminação seria a sua extinção, ou ao menos a sua redução. Com utilização de lâmpadas fluorescentes, que aquecem menos do que as incandescentes, e com iluminação por períodos reduzidos, utilizando ...

Musgo crescendo em frente à projetor no sedimento das Velas, próximo ao Cactus no Salão da Cathedral.

Restos de madeira no piso, nicho de alvenaria inacabado e localização de projetor muito próxima da parede e espeleotemas, no Cemitério.

Porém, ao contrário do senso comum, não é a temperatura a responsável pelo crescimento da *lampenflora*, mas o comprimento de onda do espectro luminoso característico da lâmpada. Assim, qualquer lâmpada pode induzir seu crescimento; incandescentes, fluorescentes, led etc. Foi observado crescimento de musgo junto à um projetor com lâmpada fluorescente no sedimento das Velas no Salão da Catedral, o que evidencia a não relação da *lampenflora* com o tipo de lâmpada.

Além do comprimento de onda da luz, a *lampenflora* tende à crescer mais sob iluminação com temperatura de cor branca e menos em cores amareladas. A luz difusa, como de lâmpadas fluorescentes, também tende a favorecer a distribuição de *lampenflora* por uma área maior do que iluminação focada. Parece haver um efeito negativo na menor emissão de temperatura, por dissecarem menos a superfície estas favorecem o crescimento de *lampenflora*. Isto parece ser mais porém em superfí

Porém Em algumas cavernas é necessário realizar uma desinfecção, usualmente com hipoclorito de sódio e/ou a redução da iluminação em determinados trechos, para sua eliminação e controle.

Foi observado crescimento de *lampenflora* no sedimento junto às *Velas*, próximo ao *Cactus* no Salão da Catedral.

A iluminação, portanto, deve funcionar por períodos reduzidos, com intensidade mais baixa e evitando a proximidade com paredes e formações, com cores amareladas, as quais também melhoram a percepção espacial e são mais agradáveis.

5.3 radiação ultra violeta - lâmpadas fluorescentes emitem radiação UV, a qual pode ser prejudicial ao ambiente. É importante monitorar o impacto da radiação UV sobre as rochas e espeleotemas, especialmente os localizadas muito próximos dos projetores. Foi observado desbotamento total do plástico tipo celofane cor verde colocado em frente de alguns projetores.

Operação do sistema

Os projetores com lâmpadas de vapor metálico acendem juntamente com iluminação com lâmpadas fluorescentes, o que, aparentemente, só deveria ocorrer com comandos separados.

Vários sensores de acionamento não funcionam. Mau funcionamento do sistema em geral foi relatado pelos monitores.

Quando da visita havia setores com o comando na posição manual e outros que permaneciam acesos por todo o período de operação da visitação até que se desligasse a chave geral.

Nenhum projetor led de destaque estava operando e foi observado umidade dentro de alguns deles, indicando falta de estanqueidade e a provável causa de defeito.

Segundo os monitores alguns botões de acionamento do sistema de emergência não funcionam. É necessário testar com frequência o sistema de emergência.

lâmpadas

Especificação.

A maior parte das lâmpadas utilizadas na caverna são fluorescentes 45 W, as demais incandescentes de vapor metálico 250 W e led 3W.

Sobre as fluorescentes, as quais são maioria, o modelo é:

Phillips Twister High Lumen 45W 220-240V. modelo CDL E27 LV 1CT

Etiqueta de eficiência energética B

Temperatura de Cor 6500k - luz dia fria (branco)

Fluxo luminoso de 2.850 lm

Índice de reprodução de cor de 80 Ra8

Vida útil de 10.000 horas

Tempo médio de aquecimento para atingir 60% de lúmens é de 20 à 60 segundos

Funcionamento do sistema

A iluminação está dividida por setores, os quais funcionam independentemente mediante acionamento dos sensores ou chaves de comando manual instalados no início e no final de cada setor.

O tempo médio de operação de cada setor varia de 5 a 10min aceso e 5 a 10min apagado. Segundo o fabricante:

As lâmpadas fluorescentes não devem ter um acende e apaga constante, pois esta prática diminui a vida estimada do produto, sendo que para atingirem sua vida estimada é necessário que tenha um ciclo de funcionamento de pelo menos 2 horas e 45 minutos funcionando, por 15 minutos desligada, com tensão de rede estável e nominal do reator.

Com o funcionamento atual espera-se uma redução da vida útil das lâmpadas, com substituição mais frequente, e um maior consumo de energia comparativamente à uma operação segundo as recomendações do fabricante.

Segundo os funcionários do PECD foram trocadas 4 lâmpadas desde o início do funcionamento e foi observada uma lâmpada queimada por ocasião da visita. Como a vida útil esperada é de 10.000h e com o funcionamento estimado de 4h diárias, a vida útil teórica é de cerca de 2.500 dias, ou 6,8 anos.

Estas trocas podem indicar uma queima causada pela operação, portanto recomenda-se registrar as trocas de lâmpadas e outros equipamentos. Com a descrição do equipamento, quantidade substituída, data da troca e localização do equipamento. Para futura análise.

complemento em julho de 2014

Durante atividades da pesquisa em julho de 2014 fomos impedidos pela administração do PECD de entrar na caverna no primeiro dia programado de trabalhos em razão de a iluminação apresentar defeito. Somente no final do dia um eletricista conseguiu fazer um reparo improvisado no quadro de força geral, instalando um disjuntor pois a peça, assim como no final de 2013 quando a caverna ficou duas semanas fechada, só é encontrada em cidades grandes e não chegaria em tempo hábil para a operação do turismo na caverna.

A maior parte do sistema elétrico funcionava em modo manual e o trecho do Salão da Catedral só podia ser desligado na chave geral.

complemento em setembro de 2014

Durante atividades da pesquisa em setembro de 2014 notamos que a caverna apresentava pouca luminosidade e constatamos que a maior parte das luminárias não funcionava. Os turistas percorriam com dificuldade o trajeto auxiliados pelos monitores que carregavam lanternas de mão.

fotos da instalação

Emendas de cabos com fita isolante comum.

Resíduos e peças abandonadas na caverna. Ao lado do Salão Erectus

Emenda de cabo com fita isolante comum, restos de argamassa junto à luminária.

Emenda de cabo com fita isolante comum se desprendendo.

Emenda de cabo com fita isolante comum

Cordão de argamassa sobre escoamento no piso junto à entrada do Salão Erectus.

APÊNDICE D

comentários sobre os roteiros turísticos alternativos sugeridos no Plano de Manejo Espeleológico da Caverna do Diabo: (1) Salão Erectus e (2) Galeria do Rio.

junho de 2014

1 - Galeria do rio com retorno pelo trecho turístico à partir da Cara do Diabo

A subida da galeria do rio para o trecho superior junto à Cara do Diabo, ou Grito, junto ao trecho final do trecho turístico embora possível não é viável para a visitação turística. O desnível é de cerca de 50 m e o trecho apresenta blocos abatidos e instáveis. Seria necessário uso de técnicas verticais, com treinamento prévio, ou a instalação de uma estrutura física com escadas, de grandes dimensões.

Croquis esquemático, sem escala. Marcos Silverio, 2014

Gruta da Tapagem - SP 002 "Caverna do Diabo"

Parque Estadual de Jacupiranga - Eldorado- SP
Localização: Lat.:24°27'52" / Long.: 48°35'01" / Alt.460m s.n.m.
Projeção Horizontal: 6.237m Desnível: 175m (+18/-157)
Topografia grau 4B-BCRA
Escala: 1:1000
Desenho final: Marcos Silverio

Roteiros sugeridos no PME da Caverna do Diabo. Marcos Silverio, 2014. Modificado de mapa da Gruta da Tapagem SBE, 2002.

2 - Salão Erectus

O Salão Erectus é uma ramificação do Salão da Catedral, após o Cemitério. Seu maior atrativo são o conjunto cênico, configurado pelas velas e estalactites no trecho final, e por espeleotemas mais raros ao longo do salão, como helictites e pérolas.

Não apresenta dificuldades no percurso, sendo apenas dois trechos com risco de queda os quais necessitam de equipamentos de apoio e segurança.

A entrada deve ser feita pelo acesso inferior, com a colocação de estrutura de auxílio e proteção na subida. A subida pelo Cemitério deve ser evitada para proteger as formações no início do Salão, risco de queda do visitante e proteção do banco de sedimento. Deve-se equipar a descida do bloco no primeiro terço do salão com uma corda para apoio e para direcionar o fluxo à fim de evitar o pisoteio de pérolas no final da descida.

Trecho final do Salão Erectus. Estalactites e velas são vulneráveis à visitação pública. Foto Marcos Silverio, 2014

Galeria intermediária do Salão Erectus. Formações frágeis são vulneráveis à visitação pública. Foto Marcos Silverio, 2014

Pérolas no piso, próximas à descida de acesso ao Salão. Foto Marcos Silverio, 2014

Formações no piso. Necessitam de proteção. Foto Marcos Silverio, 2014

O salão apresenta vulnerabilidade física à visitação pública devido à fragilidade dos espeleotemas. É necessário definir um caminamento para evitar formações no piso como represas de travertino, escorrimentos e pérolas e no percurso final como estalactites e velas. A visitação precisa ser condicionada à estudos microclimáticos e de perturbação da fauna.

Recomenda-se não exceder grupos de 4 a 6 visitantes equipados com capacetes e iluminação elétrica individual acoplada ao capacete, acompanhados por dois monitores equipados com capacetes com iluminação elétrica individual acoplada ao capacete e uma segunda fonte de iluminação elétrica individual de segurança.

É importante planejar um programa de educação neste roteiro, incluindo, especialmente, informações sobre a formação de espeleotemas, estudos paleoclimáticos e fragilidade dos depósitos químicos.

APÊNDICE E

análise da Trilha da Cachoeira do Araçá. Parque Estadual da Caverna do Diabo, SP

junho de 2014

A trilha autoguiada da Cachoeira do Araçá aparenta boa execução da infraestrutura e em harmonia com o ambiente, sobretudo com o uso de madeira.

É importante monitorar a trilha e os equipamentos quanto à drenagem, compactação do solo e formação de poças, especialmente junto às cabeceiras de pontes e passarelas, realizar limpeza da vegetação e verificar a estabilidade estrutural de pontes, passarelas e escadas à fim de garantir a segurança dos usuários e a durabilidade dos equipamentos.

É aconselhável refazer o sistema de drenagem da trilha, atualmente executada com tábuas de madeira pois estas não funcionam adequadamente, podem causar acidentes e não têm aspecto adequado para o ambiente. É possível realizar com troncos, sulcos cavados no piso ou pedras.

Foto 1. Drenagem atual com tábua de madeira.
Marcos Silverio, 2014

Foto 2. Drenagem com troncos em trilha em São Desidério, BA. Marcos Silverio, 2013

Img. 1. Esquemas possíveis de drenagem da trilha. Necessitam de projeto específico
Marcos Silverio, 2011

Construir um novo guarda-corpo no mirante da cachoeira com suportes específicos, fixados no solo, e estrutura de madeira tratada. O atual é improvisado e inseguro. Um deque de madeira pode ser útil para evitar pisoteio das raízes e reduzir o risco de acidentes.

Foto 3. Atual proteção do mirante da cachoeira.
Marcos Silverio, 2014

Foto 4. Mirante na encosta de dolina na Austrália.
Marcos Silverio, 2012

É necessário monitorar o estado da trilha e eventuais ocorrências com visitantes no trecho com troncos posicionados na longitudinal, com risco de entorces e quedas devido à irregularidade do piso.

Foto 5. Trecho da trilha com calçamento com toras.
Marcos Silverio, 2014

Foto 6. Trecho da trilha com calçamento com toras.
Marcos Silverio, 2014

APÊNDICE F

análise da trilha do Mirante do Governador. Parque Estadual da Caverna do Diabo, SP

junho de 2014

Embora a trilha esteja bem executada é importante realizar o monitoramento e manutenção constante para a sua conservação. O monitoramento pode ser feito pelos condutores ambientais durante o período de acompanhamento dos visitantes, registrando qualquer anomalia observada durante o percurso para posterior atividade de correção planejada.

As principais questões observados foram: troncos de madeira soltos em alguns degraus, solo compactado na pisada dos degraus, pontas de barras de aço que prendem os troncos dos degraus salientes, avanço de vegetação sobre a trilha desviando o percurso, locais com risco de queda dos usuários, locais sujeitos à escorregões etc.

A manutenção constante dos equipamentos aumenta a sua durabilidade, torna os reparos mais simples e baratos, reduzindo a necessidade operações corretivas, melhora a percepção e a experiência do visitante e reduz o risco de acidentes.

Img.1. Trilha do Mirante do Governador. Marcos Silverio, 2014. Imagem Google Earth, 2014.

Foto 1. Solo da pisada dos degraus necessita ser feito e compactado. Alguns troncos estão soltos. Marcos Silverio, 2014

Foto 2. Retirar e armazenar corretamente os troncos não utilizados nos degraus, atualmente depositados na mata junto ao ponto de parada à meia altura da subida. Marcos Silverio, 2014

Sugestão. Armazenar sob o mirante ou acondicionar em um estrado de madeira de maneira organizada.

Foto 3. Cortar a vegetação que invade a trilha a fim de evitar o desvio com consequência de pisoteamento e alargamento da trilha nestes trechos.

Foto 4. Degraus soltos ou instáveis e sulcos na pisada. Sugestão: reposicionar os troncos, preencher e compactar o solo das pisadas dos degraus. Fixar as barras de aço no solo caso necessário.

Foto 5. Passagem que necessita de melhoria para transposição de obstáculo e proteção das raízes. Sugestão, construir escada de madeira. Localização 7273030 S / 763055 E

Foto 6. Pontas salientes das barras de aço nos troncos dos degraus oferecem risco de ferimentos.

Sugestão: cravar as barras de fixação dos troncos com marreta até que não fique saliente. Utilizar uma ponteira de aço ou talhadeira sobre a barra para empurrá-la sem danificar o tronco.

APÊNDICE G

mapa do Trecho Turístico e Salão Erectus da Caverna do Diabo

Mapeamento julho/2014
Equipe: Marcos Silverio, Andrea Kern, Beatriz Hadler Boggiani,
Carlos Grohmann (Guano), Christian Moraes, Daniel Menin,
Leda Zogbi, Luciana Fackoury, Magna Pontes e Victória Dalla Hart
Desenho: Marcos Silverio

LEGENDA			
	CONTORNO		GUANO
	CONTORNO NÃO TOPOGRAFADO		ESTALACTITE
	CURVA DE NÍVEL		ESTALAGMITE
	DESNÍVEL ABRUPTO		COLLUNA
	PROJEÇÃO DA ENTRADA		CORTINA
	ESPELEOTEMA		CANUDO
	RIO / CORPO D'ÁGUA		ESCORRIMENTO
	BLOCOS		HELICTITE
	AREIA / CASCALHO		PÉROLA DE CAVERNA
	ARGILA		INFRAESTRUTURA DE USO PÚBLICO

ANEXO A

código de mínimo impacto para espeleologia

Código de mínimo impacto para espeleologia adotado pela Federação Australiana de Espeleologia (Webb 1995)

1. Lembre-se de que cada atividade de espeleologia ou visita à caverna tem um impacto. Visitar esta caverna é necessário? Se é apenas para o lazer, há outra caverna que é menos vulnerável a danos e que pode ser visitada? Faça esta avaliação, dependendo da finalidade de sua visita, o tamanho e a experiência necessária e se a viagem é susceptível de prejudicar a caverna
2. Sempre que possível, o líder da atividade deve visitar a caverna antes da atividade e, portanto, deve estar ciente da vulnerabilidade da mesma, os melhores pontos de ancoragem, e, geralmente, reduzir a necessidade de exploração desnecessária.
3. Pratique espeleologia calmamente. Você vai ver e desfrutar mais do ambiente e da atividade, e haverá menos chance de danos para a caverna e para si mesmo. Isso se aplica especialmente quando você está cansado e saindo de uma caverna.
4. Caso haja novatos em uma atividade, certifique-se de que eles estão próximos de um espeleólogo experiente, para que este possa orientar e ajudar quando necessário, por exemplo, em partes de deslocamento mais difícil. Certifique-se de que o ritmo seja o do mais lento.
5. Mantenha a atividade em um pequeno grupo, quatro é um bom número.
6. Pratique como uma equipe - ajude seu colega na caverna. Não separe o grupo para evitar mais impactos.

7. Verifique constantemente a sua posição e de seus companheiros, especialmente da sua cabeça. Avise caso exista alguma formação no caminho e evite danos.
8. Mantenha mochilas de espeleologia tão pequenas quanto possível e evite usá-las em cavernas ou passagens vulneráveis.
9. Certifique-se de que a equipe não caminhe desnecessariamente, pisoteando demasiadamente a caverna.
10. Mantenha-se nas trilhas demarcadas ou caminhos óbvios. Caso não exista uma trilha, defina uma!
11. Aprenda a reconhecer os espeleotemas ou recursos da caverna que podem ser danificados por andar ou engatinhar sobre eles. Por exemplo: buracos de gotejamento, escorrimentos, paleo solos, cones, crostas e gretas de contração, pérolas de caverna, fósseis e vestígios arqueológicos em potencial, fauna, raízes, entre outros.
12. Tenha cuidado onde coloca mãos e pés, evite quebrar ou sujar paredes, pisos e espeleotemas.
13. Lave seus macacões e botas regularmente para minimizar a propagação de fungos e bactérias para as cavernas
14. Se o local está obviamente sendo danificado, examine-o cuidadosamente para determinar se há uma alternativa possível. Qualquer rota alternativa não deve causar o mesmo dano ou maior do que a primeiramente utilizada. Informar ao responsável as alterações realizadas e os danos causados (N. aplica-se principalmente a cavernas com trilhas oficialmente demarcadas em áreas protegidas)
15. Leve consigo materiais para marcar a trilha nas atividades e para restaurar as que estiverem danificadas ou faltando. Marque áreas sensíveis que você acredita que estão sendo ou possam ser danificadas e informe o dano à autoridade adequada. (N. a marcação de trilhas em cavernas é comum na Austrália)
16. Retire as botas e o macacão enlameados caso precise caminhar sobre espeleotemas ou não continue! Pode ser melhor avaliar a situação e retornar posteriormente com o equipamento adequado.
17. Trate a fauna com respeito, cuidado com eles e evite danificá-los ou a suas armadilhas, teias, esconderijos etc. Evite iluminar a biota diretamente se possível.
18. Não retire fósseis e ossos encontrados em trilhas existentes. Identifique, proteja e informe o responsável pelo local ou procure pesquisadores para orientação de como proceder. Coletar material somente com permissão adequada.

19. Não deixe restos de alimentos na caverna, mesmo os pequenos fragmentos. Isto pode afetar a biota. Uma maneira é usar um saco plástico quando come junto ao alimento para coletar os fragmentos.
20. Certifique-se de que todo material estranho seja removido da caverna. Isso inclui dejetos humanos. Caso seja necessário utilizar recipientes adequados para coleta e remoção de resíduos
21. Quando equipar a caverna para vencer obstáculos, como lances verticais, garantir que o mínimo dano ocorra, protegendo formações e outras feições.
22. Pratique suavemente!

ANEXO B

diretrizes da IUCN para proteção de cavernas e do carste

Guidelines for cave and karst protection

The World Conservation Union

World Commission on Protected Areas - Working Group on Cave and Karst Protection - 1997

As diretrizes abaixo são sugeridas pela comissão mundial de áreas protegidas para a conservação de áreas cársticas e cavernas, as quais correspondem aos seguintes pontos

1. planejamentos eficazes demandam uma apreciação global dos questões econômicas, científicas e humanas e do contexto da cultura e da política locais
2. a integridade do sistema cárstico depende das interações entre o solo, a água e o ar. Qualquer interferência nestes relacionamentos pode causar impactos indesejados e devem ser analisados
3. planejadores devem identificar a área de influência total de um sistema cárstico e se observar o potencial impacto no sistema de atividades localizadas fora desta área
4. atividades destrutivas, de alto impacto negativo como barragens, devem ser localizadas de maneira a minimizar estes impactos, considerando os conflitos com outros recursos ou valores envolvidos
5. poluição de aquíferos são potencialmente mais danosos nos ambientes cársticos e devem ser minimizados e monitorados.
6. todo uso humano de áreas cársticas deve ser planejado para minimizar impactos indesejados e monitorado para prover informações para futuras tomadas de decisão
7. enquanto são reconhecidas as características não renováveis de muitas feições cársticas, particularmente nas cavernas, boa gestão demanda que feições degradadas sejam recuperadas tanto quanto possível
8. o planejamento de uso público de cavernas demanda um criterioso planejamento, considerando as questões de sustentabilidade. Quando apropriado e oportuno é preferível recuperar cavernas degradadas à transformar novas cavernas selvagens em turísticas
9. governantes devem garantir que a seleção de áreas cársticas representativas sejam protegidas

10. para a proteção devem ser priorizadas as áreas com alto valor natural, cultural ou social; que possuam um amplo range de características em um mesmo local; os quais sofreram mínima degradação ambiental; ou um tipo de feição ou característica ainda não protegido em seu país
11. quando possível a área de proteção deve englobar toda a bacia ou área de influência do sistema cárstico
12. quando não for possível proteger toda a área, medidas de controle e monitoramento devem ser planejadas, proteção das águas ou outra legislação deve ser utilizada para garantir a conservação da qualidade e quantidade da água que chega no aquífero, por exemplo
13. autoridades públicas devem identificar áreas cársticas não protegidas e considerar a sua conservação e de suas características por meio de controles legais, educação ambiental e outros
14. agências e órgãos ambientais devem buscar o desenvolvimento de seus conhecimentos e capacidades de gestão de áreas cársticas
15. gestores de áreas cársticas e cavernas específicas devem reconhecer que estas paisagens são complexos sistemas naturais tridimensionais e integrados, compreendendo a rocha, água, solo, vegetação e elementos atmosféricos
16. o manejo em áreas cársticas e cavernas deve preocupar-se em manter os fluxos naturais e ciclos de ar e água através da paisagem em equilíbrio com os regimes climáticos e bióticos
17. gestores devem reconhecer que no carste, ações na superfície devem lenta ou tardiamente impactar diretamente o subterrâneo ou o aquífero
18. a manutenção do ciclo de carbono é fundamental para os processos nas áreas cársticas o qual depende das raízes das plantas, atividade microbial e invertebrados do solo saudáveis.
19. a manutenção da qualidade e quantidade de água e ar é a chave para do efetivo manejo de regiões cársticas e são garantidas pelas trocas entre os sistemas superficiais e subterrâneos
20. áreas de recarga e de influência geralmente se estendem para além dos limites da rocha nas quais o carste está formado. A totalidade da rede de drenagem deve ser delimitada por experimentos com traçadores e mapeamento de cavernas.
21. mais do que em qualquer outra paisagem, o manejo total deve ser adotado em áreas cársticas a fim de evitar impactos provenientes de atividades antrópicas
22. deve-se manejar o solo à fim de evitar erosão e perda de suas características, como areação, consolidação, estabilidade, qualidades orgânicas e estado da biota

23. uma saudável cobertura vegetal natural deve ser mantida e é fundamental para prevenção de erosão e manutenção das características do solo
24. a criação e a gestão de áreas cársticas protegidas pode contribuir para a manutenção da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos para uso humano
25. o manejo deve preocupar-se em manter as taxas e a qualidade de trocas naturais de fluídos, incluindo gases, através de fissuras, rede de condutos e cavernas. A natureza de materiais introduzidos deve ser cuidadosamente considerada a fim de evitar impactos adversos na qualidade do ar e da água
26. a extração de rochas, solo, vegetação e água inevitavelmente interferirão nos processos que produzem e mantêm o carste e, portanto, devem ser cuidadosamente planejados e executados com objetivo de evitar impactos ambientais negativos. Mesmo pequenas atividades aparentemente inofensivas podem gerar impactos drásticos e devem ser cuidadosamente planejadas
27. controlar a ocorrência de incêndio em áreas cársticas
28. enquanto é desejável que as pessoas possam visitar e apreciar feições cársticas e cavernas, a significância e vulnerabilidade de muitas destas feições exigem grandes cuidados a fim de minimizar os danos, particularmente quando cumulativos no tempo. O gestão do manejo deve reconhecer este fato e planejar controles a fim de garantir o acesso das pessoas e a conservação do ambiente.
29. organizações internacionais, regionais e nacionais comprometidas com os aspectos e com a proteção do carste devem reconhecer a importância da cooperação internacional para disseminar e compartilhar o conhecimento a este respeito
30. a proposição e adoção de diretrizes de proteção e manejo de cavernas e do carste devem ser encorajadas e estar disponíveis
31. bancos de dados devem ser preparados para identificar áreas cársticas protegidas e também as áreas não protegidas e prioritárias para conservação. Bem como a identificação de bens do patrimônio mundial.

Equipe de mapeamento na entrada da Caverna do Diabo. Silverio, julho/2014