

# DEFINIÇÃO DE CAPACIDADE DE CARGA TURÍSTICA DAS CAVERNAS DO MONUMENTO NATURAL GRUTA DO LAGO AZUL (BONITO, MS)

**Paulo César BOGGIANI<sup>1</sup>, Osvaldo José da SILVA<sup>2</sup>, Ana Lúcia Desenzi GESICKI<sup>3</sup>,  
Eunice Aparecida Bianchi GALLATI<sup>4</sup>, Leandro de Oliveira SALLIES<sup>5</sup>,  
Maria Margareth Escobar Ribas LIMA<sup>6</sup>**

(1) Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP).  
Rua do Lago, 562. CEP 05508-080. São Paulo, SP. Endereço eletrônico: boggiani@usp.br.

(2) Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS).  
Cidade Universitária, Caixa Postal 549. CEP 79070-900. Campo Grande, MS. Endereço eletrônico: pgambien@nin.ufms.br.

(3) Departamento Nacional da Produção Mineral - Distrito São Paulo. Rua Loefgren, 2225 – Vila Clementino.  
CEP 04040-033, São Paulo, SP. Endereço eletrônico: ana.gesicki@dnpm.gov.br.

(4) Departamento de Epidemiologia, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo (USP).  
Avenida Dr. Arnaldo, 715 – Cerqueira Cesar. CEP 01246-904. São Paulo, SP. Endereço eletrônico: egalati@usp.br.

(5) Departamento de Vertebrados, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Avenida Brigadeiro Trompowsky, s/nº, Ilha do Fundão. CEP 21941-590. Rio de Janeiro, RJ. Endereço eletrônico: losalles@mn.ufrj.br.

(6) Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional (IPHAN), 18ª Superintendência Regional.  
Avenida Noroeste, 5140 – Centro. CEP 79002-010. Campo Grande, MS. Endereço eletrônico: iphancor@terra.com.br.

Introdução
Atividade Turística em Cavernas
Capacidade de Carga de Visitação Turística
Cálculo da Capacidade de Carga Turística
Grutas do Lago Azul e Nossa Sra. Aparecida
Visitação na Gruta do Lago Azul
Monitoramento da Temperatura e Umidade
Definição da Capacidade de Carga da Gruta do Lago Azul
Definição da Capacidade de Carga da Gruta Nossa Sra. Aparecida
Conclusões
Agradecimentos
Referências Bibliográficas

**RESUMO** – O Monumento Natural Gruta do Lago Azul, localizado em Bonito, MS, abrange as grutas do Lago Azul (LA) e Nossa Senhora Aparecida (NSA). A LA recebe anualmente 40 000 turistas e a NSA encontra-se interditada. No presente artigo são apresentados os resultados de monitoramento da temperatura (T) e umidade relativa(H), realizado durante 15 meses, a partir do qual foi possível definir as cavernas como de elevado fluxo energético, entre o meio externo e subterrâneo, para as quais a aplicação do método de Cifuentes para determinação da capacidade de carga turística se mostrou o mais viável. As medidas de temperatura (T) e umidade relativa (H) foram obtidas entre os dias 26/06/1999 e 29/09/2000, através de quatro estações de monitoramento na LA e quatro na NSA, comparadas com os resultados de uma estação externa. A média de T na estação externa foi de 24,76°C, enquanto que, entre as quatro estações no interior da LA, as médias de T ficaram entre os valores de 20,50°C e 21,52°C e, na NSA, as médias de T, entre as quatro estações, foram ligeiramente inferiores, variando de 18,22°C a 21,63°C. A umidade relativa (H) na estação externa teve média de 69,90% e na LA as médias das H variaram entre 90,29% e 96,81%, valores muito próximos aos encontrados na NSA, onde as médias de H, em cada uma das 4 estações, variaram de 90,56% a 96,80%. Para o caminhamento atual da Gruta do Lago Azul, a capacidade de carga turística calculada resultou em 264 visitas/dia para os dias não chuvosos e 95 visitas/dia para os dias chuvosos. Para a Gruta Nossa Sra. Aparecida, o cálculo resultou em 297 visitas/dia para o caminhamento proposto.

**Palavras-chave:** Cavernas turísticas, Cifuentes, capacidade de carga, Temperatura e umidade.

**ABSTRACT** – *P.C. Boggiani, O.J. da Silva, A.L.D. Gesicki, E.A.B. Gallati, L.O. Salles, M.M.E.R. Lima - Defining Carrying Capacity for tourism in caves of the Gruta do Lago Azul Natural Monument (Bonito, MS). Lago Azul cave (LA) is the main natural tourist attraction in the Pantanal and Serra da Bodoquena area of western Brazil (Mato Grosso do Sul), and one of the most important speleological showcave in Brazil which receives around 40 000 tourists annually. This cave and the Nossa Senhora Aparecida cave (NSA) are in the Monumento Natural Gruta do Lago Azul, and the second is presently closed to tourism. The carrying capacity for touristic visitation of these caves, i.e. the number of visits per day without negative environmental impact, is the subject of ongoing debate. Cave temperature (T) and relative moisture (M) monitoring over a 15 month period, revealed a high energy flow between the surface and subterranean environment in both caves. For this reason, the Cifuent method was used to calculate carrying capacity in these caves. Between 26 June 1999 and 29 September 2000, T and M were monitored at four stations in LA and four in NSA and compared to values obtained at an external station. Average temperature of the external station was 24.76 °C and, in which 4 stations in LA, the average temperature ranged from 20.50°C to 21.52°C while, in the NSA, from 18.22°C to 21.63°C. Average relative moisture (M) outside the caves was 69.90% while, between 4 stations in LA, moisture average was from 90.29% to 96.81%. Similar values were measured in the Nossa Senhora Aparecida*

cave. The Cifuentes method to calculate the present carrying capacity of the Lago Azul cave gives 264 visits per day (tourists plus guides), on days without rain and 95 visits per day on rainy days and for the Nossa Senhora Aparecida cave 297 visits per day.

**Keywords:** Show caves, Cifuentes, carrying capacity, temperature and moisture.

## INTRODUÇÃO

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.

No caso específico da definição da capacidade de carga dos atrativos, ou seja, o número de visitas por unidade de tempo, que pode ser implementado sem alteração da dinâmica ambiental, nota-se uma grande preocupação com o tema, porém esse tem sido apresentado de forma superficial, no âmbito de estimativas, sem um critério objetivo e embasado em método científico.

O presente artigo tem por objetivo apresentar a experiência na determinação do número de visitas por dia para as grutas do Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida, ambas tombadas pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) e atualmente localizadas no Monumento Natural Gruta do Lago Azul, em Bonito (MS). Estas cavernas são as mais importantes do Estado, juntamente com o Abismo Anhumas, em função do valor científico e paisagístico que apresentam. A Gruta do Lago Azul é conhecida

pela presença de lago com mais de 90 m de profundidade onde, em determinadas épocas do ano, a luz solar incide diretamente em suas águas, do que resulta intensa cor azul.

Este trabalho faz parte de um estudo mais amplo, relativo ao Estudo de Impacto Ambiental da Visitação Turística do Monumento Natural Gruta do Lago Azul – Bonito, MS, o qual envolveu questões relativas aos meios físico, biótico e socioeconômico, sendo aqui analisados apenas os resultados do monitoramento da temperatura e umidade, os quais serviram de base para a definição da capacidade de carga turística das grutas do Lago Azul e Nossa Sra. Aparecida.

Para o cálculo da capacidade de carga turística aplicou-se o Método de Cifuentes (Cifuentes, 1992), originalmente desenvolvido para trilhas em unidades de conservação e, pela primeira vez, aplicado para cavernas turísticas.

O presente estudo foi devidamente autorizado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN, e Instituto Brasileiro de Meio Ambiente – IBAMA (Licenças – CECAV-IBAMA 003/99 e 004/99).

## ATIVIDADE TURÍSTICA EM CAVERNAS

As cavernas sempre atraíram o interesse do ser humano, desde tempos pré-históricos, quando eram procuradas para abrigo e proteção. Apresentam elevado interesse científico e cultural, além do interesse econômico, se considerado o potencial turístico e a possibilidade de geração de emprego e renda para a comunidade local.

No interior das cavernas é encontrado repositório de informações sobre os processos superficiais da região onde se situam. Sob determinadas condições, os espeleotemas (estalactites e stalagmites) permitem obter registro da variação da temperatura atmosférica nas últimas centenas de milhares de anos, estudos esses fundamentais para entendimento das mudanças climáticas do planeta. Muitas cavernas apresentam também rico registro paleontológico e arqueológico, o qual possibilita reconstituir a fauna e a flora que existiam na região e a história da espécie humana. Nesse sentido, as cavernas funcionam como arquivos ou banco de dados, onde informações paleoambientais encontram-se registradas, e assim permanecem à espera de serem interpretadas pelos cientistas.

Às cavernas também estão relacionadas atividades culturais, principalmente de cunho religioso, como as que ocorrem na Gruta da Mangabeira, em Ituaçu (Bahia), na Gruta Terra Ronca (Goiás) e em diversas outras regiões brasileiras, principalmente no interior da região Nordeste do Brasil. São também locais de desenvolvimento de espécies biológicas endêmicas.

Apesar da importância das cavernas, existem inúmeros exemplos de uso inadequados que resultaram em degradações irreversíveis e até a destruição total ou parcial das mesmas. No Brasil, formas inapropriadas de exploração turística são encontradas na Caverna do Diabo (Eldorado, SP), Gruta de Maquiné (Cordisburgo, MG), Gruta Rei do Mato (Sete Lagoas, MG), entre outras, onde foi inserida iluminação artificial sem o devido monitoramento ambiental prévio.

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 visitação turística em cavernas é uma tendência crescente em várias partes do mundo, e na região de

Bonito não é diferente. Nesta região, tem sido crescente o interesse por parte dos empreendedores privados em demais cavernas. Destaca-se o fato das cavernas passarem a ser consideradas como Bens da União na Constituição Federal Brasileira de 1988 (inciso X do Artigo 20), e que o uso comercial destas, por empreendedores privados, requer regulamentação, de tal forma a garantir seu uso para fins científicos e educativos e não apenas obtenção de lucro.

Por mais que a atividade turística seja desenvolvida com o mínimo de impacto ambiental, a simples presença dos visitantes causa variações na temperatura, umidade

e teor de gás carbônico da atmosfera subterrânea (Cigna, 1993). No caso da implantação de iluminação artificial, estas alterações são mais significativas, causando inclusive danos irreversíveis às ornamentações minerais, tais como crescimento de microorganismos, dissolução e escurecimento.

Às mudanças nos aspectos físico-químicos da atmosfera da caverna, é acrescentada a poluição floral, a qual, segundo Pulido-Bosch et al. (1997), tem sido apresentada como um dos agentes mais agressivos sobre os depósitos carbonáticos no interior da caverna, devido à corrosão biológica.

## CAPACIDADE DE CARGA DE VISITAÇÃO TURÍSTICA

A capacidade de carga turística é definida como o número de visitantes em determinado local num espaço de tempo específico, cujo cálculo é baseado em parâmetros e critérios embasados cientificamente de tal forma a manter a dinâmica ambiental do local visitado.

O termo “capacidade de carga” foi originalmente utilizado para definir a quantidade de animais para uma determinada área de pastagem, e posteriormente empregado para áreas naturais turísticas.

A capacidade de carga é definida através do número de visitas/tempo/sítio. Em estudos realizados em parques nacionais (Cifuentes, 1992) optou-se por definir o número de visitas ao invés de visitantes, uma vez que, para proteção do sítio natural, o que interessa é a presença da pessoa em um determinado momento na previsão do impacto ambiental, já que uma mesma pessoa visitando um sítio repetidamente, ocasionará também um efeito repetitivo. Sob essa linha de raciocínio, a presença do guia de turismo deve também ser contabilizada.

No caso específico das cavernas, tem-se empregado o monitoramento de parâmetros físicos e químicos para a determinação da capacidade de carga. Entre estes parâmetros, o principal é a temperatura, mas o fator preponderante varia muito de caverna para caverna e, na maioria das vezes, apenas após o monitoramento será possível saber qual parâmetro (taxa de CO<sub>2</sub>, taxa de CO<sub>2</sub>, radônio, concentração de cálcio nas águas, temperatura e umidade relativa) deverá ser empregado para o cálculo da capacidade de carga. Análise de dados obtidos de monitoramentos de diversas cavernas turísticas (Baker & Genty, 1998), demonstrou aumento da taxa de gás carbônico superior a 200 % em função da respiração dos turistas. O aumento desse gás pode causar a dissolução dos espeleotemas, principalmente em cavernas pouco ventiladas e onde a concentração iônica de cálcio da água infiltrante é baixa (menor que 2,0 mmol/l).

Para Gruta Candamo (Espanha), com pinturas rupestres ameaçadas pelo turismo em massa, foram realizadas investigações de CO<sub>2</sub>, temperatura, umidade e Radônio, realizadas com visitação e sem visitação (Hoyos et al., 1998). Neste levantamento, foi demonstrado que a umidade permaneceu constante e próxima do ponto de saturação e o aumento de CO<sub>2</sub> foi relativamente insignificante, de 100-110 ppm, frente a uma variação natural de 3.000 ppm. A partir do monitoramento, foi determinado que o parâmetro limitante seria a temperatura do ar.

Uma questão básica, na análise inicial de um empreendimento turístico em caverna, é saber o nível de troca de energia entre o meio subterrâneo e a superfície. Segundo Cigna (1993), existem grutas que apresentam fluxo demasiadamente baixo onde a simples queda de uma gota de água seria a maior variação de energia observada em seu ambiente interno. Nessas grutas, definidas como de baixa energia, a visitação pode causar grande impacto ambiental por introduzir, durante intervalo de tempo relativamente curto, quantidade de energia maior do que a gruta recebeu durante milhares de anos. Por outro lado, existem cavidades que apresentam fluxos de energia relativamente altos, como aquelas que apresentam rios subterrâneos ou estejam sujeitas a inundações periódicas, onde mesmo a presença de número relativamente elevado de visitantes, na ordem de centenas por dia, não alteram as condições físicas e químicas naturais do ambiente subterrâneo, se não for levado em consideração os impactos sobre a biota.

Quanto maior a abertura da caverna para o meio externo, maior será a troca de energia entre o ambiente subterrâneo e o superficial. Da mesma forma, cavidades muito próximas da superfície estão sujeitas à interferência das variações externas, tais como desmatamentos, queimadas etc.

Ressalta-se que os estudos biológicos devem antecipar os do meio físico, nos trabalhos prévios à implantação do empreendimento turístico, uma vez que

o risco sobre a fauna pode ser um fator impeditivo à visitação, como no caso da Gruta Areias (Apiaí, SP), onde a presença do bagre-cego (*Pimelodella kronei*)

determinou a interdição da visitação turística e, desta forma, não se justificaria nem ao menos iniciar os monitoramentos de parâmetros físicos.

## CÁLCULO DA CAPACIDADE DE CARGA TURÍSTICA

Para o cálculo de capacidade de carga das cavernas estudadas em Bonito, aplicou-se o Método de Cifuentes (Cifuentes, 1992). Este método foi originalmente criado para trilhas em atrativos naturais na Costa Rica (América Central) e é aplicado pela primeira vez, no presente estudo, para caminhamentos internos de cavernas.

Existem outros métodos de definição de capacidade de carga turística, conforme síntese realizada por Barros (2003), tais como o *Limits of Acceptable Change* (LAC), *Visitor Activity Management Process* (VAMP), *Visitor Impact Management* (VIM) e *Visitor Experience and Resource Protection* (VERP). Estes métodos foram definidos para uso em unidades de conservação, onde existe ampla diversidade de atividades turísticas. Nelas, a capacidade de carga é um parâmetro estimado com base em entrevistas com os visitantes e a avaliação do grau de satisfação e interesse dos mesmos, cujos dados são coletados sistematicamente através de programas continuados durante a visitação. Para as cavernas, estes métodos não são recomendados, uma vez que a visitação turística a ser realizada não deve considerar o interesse do visitante e sim a forma que a visita pode ser feita, ou seja, com o mínimo possível de alteração das condições ambientais. Segundo Barros & Dines (2000), os métodos mencionados dão mais ênfase às condições desejadas pelo visitante do que à quantidade de uso que a área pode ambientalmente tolerar.

Outra questão importante é que a definição do número de visitas por unidade de tempo deve ser feita antes do planejamento da infraestrutura do empreendimento turístico e os métodos mencionados acima somente são aplicados após o início da visitação, o que torna a aplicação do Método de Cifuentes mais eficiente do que os demais, por ser uma estimativa anterior ao início da visitação, o que permite ainda avaliar a viabilidade econômica do empreendimento.

O Método de Cifuentes é caracterizado por três níveis de capacidade de carga: Capacidade de Carga Física (CCF), Capacidade de Carga Real (CCR) e Capacidade de Carga Efetiva (CCE).

A Capacidade de Carga Física (CCF) corresponde ao limite máximo de visitas que uma área pode conter, levando em conta um determinado espaço físico e um intervalo de tempo específico.

Considerando que uma pessoa ocupa cerca de 1 m<sup>2</sup> ao se mover livremente e conhecendo-se o tamanho

da área e o tempo necessário à visita, define-se a CCF como:

$$CCF = v/A \times S \times T \quad (1)$$

onde: v/A é a área ocupada por visitante, S é a superfície disponível para o público e T é o tempo necessário para executar a visita.

Em função da premissa de que a visitação seja feita em caminho preestabelecido, a largura do caminhamento é definida em um metro, para efeito de cálculo e, portanto, a área disponível será equivalente ao comprimento do caminhamento disponível para a visitação (Equação 2).

$$CCF = \left( \frac{C}{D} \right) \times \left( \frac{T}{t} \right) \times N \text{ (visitas/dia)} \quad (2)$$

onde: C é o comprimento total do caminhamento em metros (m), D corresponde à distância entre grupos mais o espaço ocupado pelo grupo, também em metros (m), T é o tempo total em que a área está aberta à visitação pública (h/dia), t é o tempo necessário para percorrer o caminhamento (C) e N é o número de visitas por grupo (visitas).

O resultado da expressão  $\left( \frac{C}{D} \right) \times \left( \frac{T}{t} \right) \times N$ , na Equação 2, representa a quantidade de grupos, que simultaneamente podem estar visitando a caverna e a quantidade de visitas diárias. Sendo assim, os valores destes resultados deverão ser aproximados para números inteiros.

A Capacidade de Carga Real (CCR) é o limite máximo de visitas que as condições naturais permitem e é obtido a partir da aplicação de fatores de correção sobre o valor obtido para Capacidade de Carga Física (CCF). Os fatores de correção são expressos em porcentagens inferiores a 100 %, podendo ser obtidos valores precisos ou estimados, conforme a variável ambiental e características do local como, por exemplo, porcentagem do caminhamento com partes escorregadias, porcentagem do caminhamento com alto declive, ou a estimativa de quanto a visitação pode afetar a fauna cavernícola. Nestes casos, os fatores de correção diminuem os valores determinados para a CCF.

A Capacidade de Carga Real é expressa pela Equação 3.

$$CCR = CCF \times \frac{n}{P} \left( \frac{100 - FC_i}{100} \right) \text{(visitas/dia)} \quad (3)$$

onde, FC: Fator de Correção expresso em porcentagem, n: quantidade de variáveis limitantes consideradas no estudo e seu valor é calculado pela equação (4) e P representa os parâmetros analisados que limitam a visitação.

$$FC_i = \left( \frac{ML_i}{MT_i} \right) \times 100 \quad (4)$$

onde, ML: magnitude limitante da variável considerada, MT: magnitude total, i é a enésima variável e n é o total de variáveis consideradas.

Portanto, a capacidade de carga real será dada pela Equação 5:

$$CCR = CCF \times \left[ \left( \frac{100 - FC1}{100} \right) \times \left( \frac{100 - FC2}{100} \right) \times \cdots \times \left( \frac{100 - FC_n}{100} \right) \right] \text{(visitas/dia)} \quad (5)$$

A Capacidade de Carga Efetiva (CCE) é o limite máximo de visitas que se pode ter, frente à capacidade

de ordenamentos e manejo da área protegida (CM). A CCE é determinada por variáveis de caráter administrativo, como recursos humanos, infra-estrutura, serviços, equipe e recursos financeiros. Desta forma, a Capacidade de Carga Efetiva (CCE) poderá aumentar se a capacidade administrativa for aplicada na sua totalidade, como, por exemplo, aumento do número de guias de turismo, vigias, número de banheiros etc.

A CCE é obtida através da Equação 6.

$$CCE = CCR \times \frac{CM}{100} \text{ (visitas/dia)} \quad (6)$$

onde, CM: porcentagem da capacidade de manejo considerada ideal para a administração da área.

Segundo Cifuentes (1992), a definição da capacidade de carga não deve ser tomada como uma solução para os problemas de visitação de áreas naturais, sendo esta uma das diversas ferramentas de planejamento dentro de um contexto mais amplo e complexo do manejo como um todo.

É destacada também a necessidade de revisões periódicas dos parâmetros que definem a capacidade de carga, pois estes são dependentes de fatores que estão sujeitos a variações ao longo do tempo, sendo assim, um processo seqüencial e permanente de ajustes do manejo da área. O estabelecimento do número máximo de visitas por dia auxilia o planejamento prévio tanto da atividade turística como da sua infra-estrutura, como, por exemplo, no dimensionamento dos banheiros, estacionamento e do centro de visitantes etc.

## GRUTAS DO LAGO AZUL E NOSSA SRA. APARECIDA

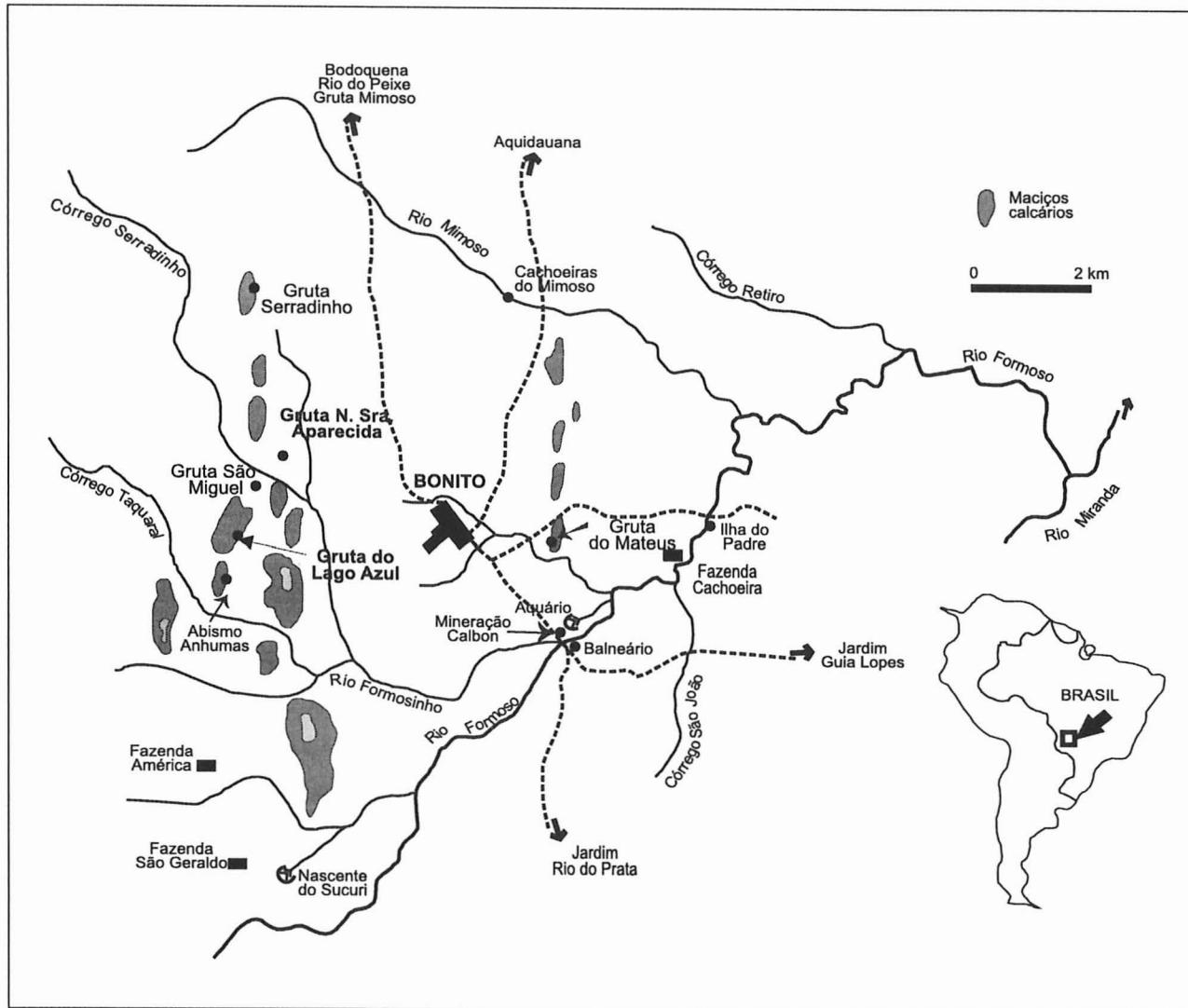
As grutas estudadas situam-se no Monumento Natural Gruta do Lago Azul, unidade de conservação estadual situada na porção centro-sul do Planalto da Bodoquena, a oeste de Bonito, Estado de Mato Grosso do Sul (Figura 1). Estas grutas desenvolveram-se em dolomitos puros da Formação Bocaina do Grupo Corumbá (Almeida, 1965; Boggiani, 1998) de idade ediacarana.

A Gruta do Lago Azul é constituída por um salão principal, denominado Salão do Lago, com piso inclinado e lago subterrâneo ao fundo, com mais de 50 m de profundidade de lámina de água. Este salão apresenta 143 m de extensão na direção NE-SW e 80 m na direção NW-SE. A gruta apresenta entrada circular com aproximadamente 40 m de diâmetro, o que possibilita iluminação natural em grande parte do seu

interior. Com a incidência direta dos raios solares no lago, nos meses de setembro a fevereiro, as águas atingem coloração azul intensa, motivo do nome da gruta. Existem, ainda, galerias superiores e laterais de acesso relativamente difícil.

Nesta gruta há outros salões secundários, um pequeno, com 20 m de comprimento, com piso plano, situado a menos de 1 m acima do nível do lago, no canto nordeste e inferior da gruta. Outros salões ocorrem na porção oposta, ou seja, no canto sudoeste e superior da gruta. A partir da galeria de acesso a estes pequenos salões, há um desvio que dá acesso a um declive que atinge níveis próximos ao do lago.

No lago da Gruta do Lago Azul ocorrem os crustáceos *Poticoara brasiliensis*, descritos por Pires (1987), e os Amphipoda *Megagidiella azul*, descritos



**FIGURA 1.** Localização das Grutas do Lago Azul e Nossa Sra. Aparecida.

por Koenemann & Hosinger (1999) e recentemente estudados por Moracchioli (2002), e também fósseis pleistocênicos.

Da mesma forma que a Gruta do Lago Azul, a Gruta Nossa Sra. Aparecida é constituída por um grande e único salão, também com o piso inclinado e a maior dimensão na direção nordeste com extensão de 100 m. Esta caverna é relativamente mais ornamentada do que a Gruta do Lago Azul, formando conjuntos de espeleotemas de grande valor cênico, infelizmente seriamente depredados.

O contexto paleontológico da Gruta Nossa Sra. Aparecida é representado por micro-vertebrados provavelmente holocênicos e, em sua maioria, correspondente a pequenos mamíferos, como marsupiais e roedores, cujas evidências tafonômicas indicam tratarse de material ósseo acumulado por regurgito de pelotas de coruja (Salles et al., 2006).

A Gruta Nossa Sra. Aparecida é desprovida de água e, ao contrário da Gruta do Lago Azul, apresenta

pouca iluminação natural, motivo pelo qual, necessitará de iluminação artificial para visitação. A entrada da caverna localiza-se abaixo de parede rochosa de 3 m de altura e tem forma elíptica, com 20 m de comprimento, e alturas que variam de 1 a 3 m. No interior da gruta, a altura varia de 1,5 m, em locais próximos da entrada, até 32 m na grande abóbada formada no fundo do salão, sobre piso argiloso. Ocorrem estalactites originadas a partir da formação conjunta de estalactites e cortinas, com crescimento direcionado para a entrada da caverna, conhecidas como “anjos”, por parecerem figuras humanas, com asas, voando na posição vertical. Este tipo de estalactite também ocorre na Gruta do Lago Azul, porém com menor freqüência.

Apenas a Gruta do Lago Azul recebe visitação turística. A Gruta Nossa Sra. Aparecida recebia visitas esporádicas, porém esta atividade foi proibida a partir de 1992, por falta de uma infra-estrutura adequada.

Uma questão preocupante, para a visitação das cavernas da Serra da Bodoquena, é a relativamente

alta presença de flebotomíneos, insetos da subfamília Phlebotominae (Diptera: Psychodidae). As formas imaturas desses insetos, desenvolvem-se em solo úmido, rico em matéria orgânica e ao abrigo da luz direta, e as fêmeas picam animais de sangue quente ou frio. Ao picar esses animais, além de lhes causar incômodo, podem transmitir agentes patogênicos, tais como vírus e protozoários. Dentre estes, destacam-se as espécies do gênero *Leishmania*, que podem causar a leishmaniose no homem e em animais, na forma tegumentar ou visceral. Ambas as formas têm sido consideradas como importantes problemas de saúde pública e encontram-se em expansão no território brasileiro, tendo sido identificados focos de transmissão no município de Bonito (Nunes et al., 2001; Galati et al., 2003a).

Na Gruta do Lago Azul, de janeiro/1998 a junho/2000 foram capturadas 12 espécies de flebotomíneos e na de Nossa Sra. Aparecida, de janeiro a junho de 2000, sete espécies. Dentre as espécies capturadas destaca-se a *Lutzomyia almerioi* Galati & Nunes, 1999, cuja localidade-tipo é a Gruta do Lago Azul, inclusive com a constatação de local de seu criadouro no seu interior, por ser esta a mais freqüente e a que

mais ataca avidamente as pessoas, tanto durante o dia como à noite, principalmente às primeiras horas da manhã. Apresenta o seu pico máximo de atividade durante o verão e suas fêmeas já foram encontradas naturalmente infectadas por parasitas que causam a leishmaniose tegumentar e a visceral (Galati et al., 2003b; 2006). A freqüência desta espécie na Gruta do Lago Azul de janeiro/1998 a junho/2000 foi de 8,6 insetos/armadilha e na de Nossa Sra. Aparecida de 52,4 insetos/armadilha, sendo portanto, 6,1 vezes maior nesta última.

Todavia, considerando apenas o período de coletas simultâneas, isto é, janeiro a junho de 2000, na Gruta do Lago Azul, a freqüência foi de 4,58 insetos/armadilhas, sendo portanto o rendimento na Gruta Nossa Sra. Aparecida 11,4 vezes maior, refletindo talvez, impacto negativo da visitação da Gruta do Lago Azul sobre essa fauna.

Também foram capturadas em ambas as grutas, possivelmente as utilizando como abrigo, *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva, 1912), e *Nyssomyia whitmani* (Antunes & Coutinho, 1939), consideradas como transmissoras da leishmaniose que causa a forma visceral e tegumentar, respectivamente.

## VISITAÇÃO NA GRUTA DO LAGO AZUL

As cavernas receberam pela primeira vez uma publicação científica em 1957 (Mendes, 1957). Nesse trabalho, as grutas do Lago Azul e Nossa Sra. Aparecida foram denominadas, respectivamente, Gruta da Fazenda Anhumas e Gruta da Fazenda Três Irmãos.

As duas grutas foram tombadas pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN em 13/10/1978 (processo nº 979-T-1978) e, em 11 de junho de 2001, foi criado o Monumento Natural da Gruta do Lago Azul, pelo Governo do Estado de Mato Grosso do Sul (Decreto nº 10.394), em duas áreas não contínuas que totalizam 260 hectares.

Atualmente, a visitação na Gruta do Lago Azul é feita durante o dia, com acompanhamento de guias de turismo (Boggiani, 2001) formados e credenciados pela EMBRATUR – Empresa Brasileira de Turismo, em grupos de 15 turistas por guia, e não se utiliza nenhum tipo de iluminação artificial. Cada grupo permanece por volta de 1h 30min na gruta e, no máximo, ficam três grupos simultâneos no seu interior. Com base apenas na experiência da atividade, tem sido estipulado o número máximo de 300 visitantes por dia, valor este que deverá ser alterado com o presente estudo.

O grupo percorre caminhamento fixo, construído com blocos centimétricos de calcário cimentados e sem corrimão, ao longo do lado sul da gruta, até aproximadamente 10 m acima do nível do lago, sem que os

turistas tenham contato direto com o mesmo. Este caminhamento foi construído conforme orientações e zoneamento interno estabelecidos pelo Projeto Grutas de Bonito (Lino et al., 1984), cuja proposta básica foi implementar um caminhamento seguro ao visitante, porém com o mínimo de impacto visual.

Na Gruta do Lago Azul, ocorre por volta de 40 000 visitas/ano, sem contabilizar a presença do guia de turismo. Houve crescimento expressivo do número de visitas de 1998 para 1999 e declínio de 2002 para 2003 (Tabela 1).

**TABELA 1.** Número de visitantes na Gruta do Lago Azul, excluído o guia de turismo. (Dados fornecidos pela Secretaria Municipal de Turismo de Bonito).

Ano	Número de visitantes
1996	32 937
1997	34 027
1998	36 248
1999	43 289
2000	43 785
2001	45 996
2002	48 136
2003	44 786
2004	43 869

Tomando-se como base a freqüência de visitação da Gruta do Lago Azul entre os dias 1/05/1999 a 1/05/2000, dos 365 dias deste ano, em 110 dias a gruta recebeu mais de 100 visitantes e em 99 dias a visitação atingiu sua capacidade máxima, que era de 225 até 20/12/1999, posteriormente ampliada para 305. Com base nestas informações, estima-se que 30% dos dias do ano as grutas deverão receber de 100 a 200 visitantes/

dia e que o número máximo de visitantes por dia (estipulado em 300 visitantes/dia) circulará pelas grutas em 27% dos dias do ano, nos feriados e nos meses de julho e janeiro. No restante do ano, principalmente nos meses de maio a junho, a visitação deve ser inferior a 100 visitantes/dia. Ressalta-se, porém, que o aumento do fluxo de turistas para a região vem se alterando e que a presente estimativa poderá ser alterada.

## MONITORAMENTO DA TEMPERATURA E UMIDADE

O monitoramento da temperatura e umidade de cavernas turísticas é necessário para determinação do grau de troca energética entre o meio subterrâneo e o meio externo, sendo que o ideal é que seja realizado por pelo menos dois anos antes do início da atividade turística.

Para as grutas do Lago Azul e Nossa Sra. Aparecida, o monitoramento da temperatura e umidade das grutas foi efetuado por meio de termohigrógrafos eletrônicos com armazenamento automático de dados, da marca Texto, pertencentes ao IPHAN. São equipamentos pequenos (dimensões de 75x44x25 mm), leves (60 g, incluindo bateria) e programados por microcomputador através de *software* apropriado, que geram arquivos de dados que podem ser trabalhados em planilhas eletrônicas.

O monitoramento da Gruta do Lago Azul foi realizado sem interrupção da visitação turística, já na Gruta Nossa Sra. Aparecida, o monitoramento reflete a dinâmica de variação de temperatura e umidade natural, uma vez que a gruta se encontra interditada.

Foram estabelecidas estações de monitoramento, relacionadas nas Tabelas 2 e 3, distribuídas no interior das cavidades e uma no ambiente externo, sendo que o levantamento sistemático foi realizado por um ano, entre 26/06/1999 e 29/09/2000, a intervalos de 30 minutos, nas duas cavernas, com apenas um pequeno intervalo sem medição, no período de 30 de maio a 05 de abril.

Através da estação laext (Estação Externa), localizada 500 m da Gruta do Lago Azul e 6.000 m da Gruta Nossa Sra. Aparecida, foram monitoradas as variações de temperatura e umidade externas às cavernas.

No período monitorado, a temperatura externa variou de 2,28°C a 40,54°C e internamente de 12,64°C a 39,49°C na Gruta do Lago Azul e de 10,14°C a 25,45°C na Gruta Nossa Sra. Aparecida (Tabela 4). O que se nota é a amplitude de variação menor na gruta Nossa Sra. Aparecida em relação à Gruta do Lago Azul. A umidade mínima foi de 17,40%, 36,10% e 32,20%, respectivamente, no ambiente externo, na

Gruta do Lago Azul e na Gruta Nossa Sra. Aparecida. Nos três ambientes a umidade relativa atingiu o valor máximo (100%).

**TABELA 2.** Relação das estações de monitoramento de temperatura e umidade da Gruta do Lago Azul, Bonito (MS).

Código da estação	Localização
laext	Centro de recepção de turistas (500 m a sudeste da entrada da Gruta do Lago Azul)
lapel	Início do caminhamento interno e local de parada e concentração dos visitantes, conhecido como "pele de elefante"
lasas	Salão Superior, inacessível aos turistas, no canto sudoeste da caverna
lapas	Posição no caminhamento da visitação, próximo ao lago
lacti	Canto inferior da caverna, no lado nordeste, em local não acessível aos visitantes

**TABELA 3.** Relação das estações de monitoramento de temperatura e umidade da Gruta Nossa Sra. Aparecida, Bonito (MS).

Código da estação	Localização
apent	Entrada da caverna
apcor	Canto lateral da caverna, próximo à entrada
aptam	Próximo a speleotema conhecido como tambor, numa área mais isolada da caverna, onde a incidência de luz solar é nula
appis	Posicionada no piso inferior da caverna

**TABELA 4.** Temperaturas mínimas e máximas e umidade mínima nas estações de monitoramento das grutas do Lago Azul e Nossa Sra. Aparecida.

Gruta do Lago Azul					Gruta Nossa Senhora Aparecida			
Temperatura (°C)/data					Temperatura (°C)/data			
Valores mínimos em cada estação					Valores mínimos em cada estação			
externa	lapel	lapas	lacti	lasas	appis	aptam	apcor	apent
2,28	12,64	9,60	12,50	14,84	10,14	11,51	17,51	15,31
15/08/99	15/08/99	24/11/99	08/08/99	15/08/99	16/08/99	16/08/99	21/04/00	15/08/99
Valores máximos em cada estação					Valores máximos em cada estação			
40,54	39,19	38,60	39,49	38,97	20,77	20,90	24,64	25,45
21/11/99	10/10/99	21/12/99	11/10/99	10/10/99	18/03/00	18/03/00	16/10/99	27/06/99
Umidade relativa(%)/data					Umidade relativa(%)/data			
Valores mínimos em cada estação					Valores mínimos em cada estação			
17,40	34,80	36,10	37,60	34,90	33,50	32,20	40,90	38,50
15/08/99	15/08/99	24/11/99	08/08/99	11/10/99	15/08/99	15/08/99	24/11/99	08/08/99

Enquanto a temperatura média externa, no período analisado, foi de 24,76°C e desvio padrão de 5,84, na Gruta do Lago Azul, as temperaturas médias de cada estação variaram de 20,50°C a 21,55°C, com desvio padrão de 1,09°C a 1,92°C (Tabela 5). A média das temperaturas internas da Gruta do Lago Azul (Tabela 4) foi de 20,8°C e desvio padrão de 2,79°C. A umidade relativa média interna variou de 90,29% (DP = 13,17%) a 96,81% (DP = 8,71%), relativamente muito superior à média externa que foi de 69,90% e desvio padrão de 22,96%, podendo constatar que o meio cavernícola se mantém com umidade relativa alta em relação ao meio externo.

Comparando os valores de temperatura obtidos para a Gruta Nossa Sra. Aparecida, os valores médios de cada estação variaram de 18,22°C a 21,63°C e desvio padrão de 1,15°C a 1,68°C e a média delas, em conjunto, foi de 19,43 °C, com desvio padrão de 1,64°C. A média da umidade relativa interna variou de 90,56% a 96,80% e desvio padrão de 8,30% a 11,60%, sendo muito superior à média da umidade relativa externa, que foi de 69,90% com desvio padrão de 22,96% (Tabela 6).

Comparando os valores obtidos para as grutas do Lago Azul e Nossa Sra. Aparecida, pode-se dizer que a Gruta Nossa Sra. Aparecida é relativamente mais fria do que a Gruta do Lago Azul, parâmetro este que deve ser devidamente analisado com relação à implantação da iluminação artificial nesta caverna (Figuras 2 e 3).

É importante citar que, devido à variação natural relativamente alta da temperatura e umidade na Gruta do Lago Azul, a identificação da influência da visitação na mudança da temperatura e umidade é dificultada,

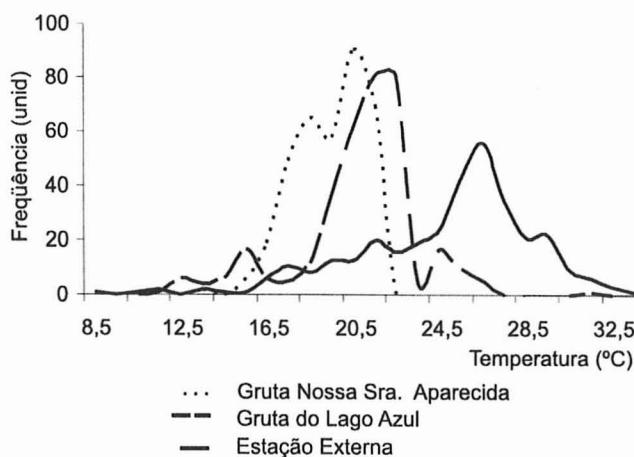
**TABELA 5.** Média e desvio padrão da temperatura e umidade externa e da Gruta do Lago Azul.

Temperatura (°C)					
	externa	apel	lapas	lacti	lasas
<b>média</b>	24,76	20,82	20,57	20,50	21,55
<b>desvio padrão</b>	5,84	1,71	1,92	1,50	1,09
Umidade (%)					
<b>média</b>	69,90	90,29	96,79	96,81	95,30
<b>desvio padrão</b>	22,96	13,17	8,98	8,71	8,63

**TABELA 6.** Média e desvio padrão da temperatura e umidade externa e da Gruta Nossa Sra. Aparecida.

Temperatura (°C)					
	externa	appis	aptam	apcor	apent
<b>média</b>	24,76	18,22	18,81	21,63	20,64
<b>desvio padrão</b>	5,84	1,68	1,56	1,15	1,61
Umidade (%)					
<b>média</b>	69,90	96,80	93,64	92,77	90,56
<b>desvio padrão</b>	22,96	8,30	10,22	11,60	11,38

principalmente devido ao fato do horário da visitação coincidir com o horário em que, naturalmente, a atmosfera da caverna sofre aumento de temperatura, devido à elevação da temperatura externa e até em decorrência da incidência direta da luz solar no seu interior, o que é atípico para uma caverna. Através de cuidadosa leitura dos dados e comparação com o número de visitas, não foi constatada nenhuma

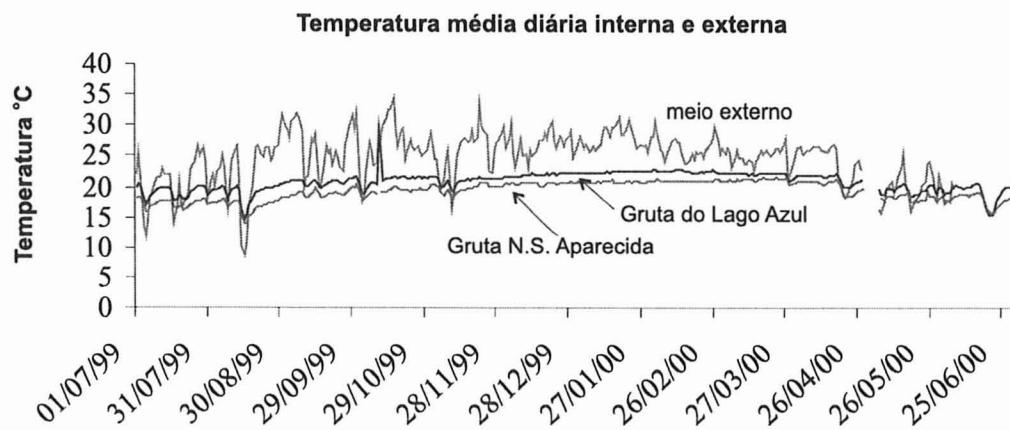


**FIGURA 2.** Distribuição das freqüências dos intervalos de temperatura das grutas Nossa Sra. Aparecida e Lago Azul comparada com a variação da temperatura na Estação Externa.

mudança na temperatura e/ou umidade que pudesse ser associada à presença de visitantes, motivo pelo qual, considerou-se não ser necessária a interrupção para visitação durante o monitoramento.

O estudo indica que a capacidade de carga máxima da caverna não deve ser definida pelo parâmetro temperatura e umidade, como tem sido amplamente empregado em cavernas de baixo fluxo de energia. Com base neste monitoramento, conclui-se que a visitação não deverá alterar as condições naturais de variação da temperatura e umidade das cavernas estudadas.

Diante dos dados de temperatura e umidade medidos, é de se esperar que ocorra inversão dos fluxos atmosféricos no interior da caverna, já que foram observadas temperaturas mais elevadas nas estações de monitoramento superiores e também o inverso. Este processo pode ser ainda mais acentuado em períodos em que a temperatura da água do lago ao fundo da Gruta do Lago Azul encontra-se mais elevado.



**FIGURA 3.** Temperatura média diária interna e externa das Grutas do Lado Azul e Nossa Sra. Aparecida, Bonito, MS. O intervalo interrompido do gráfico corresponde a período não analisado.

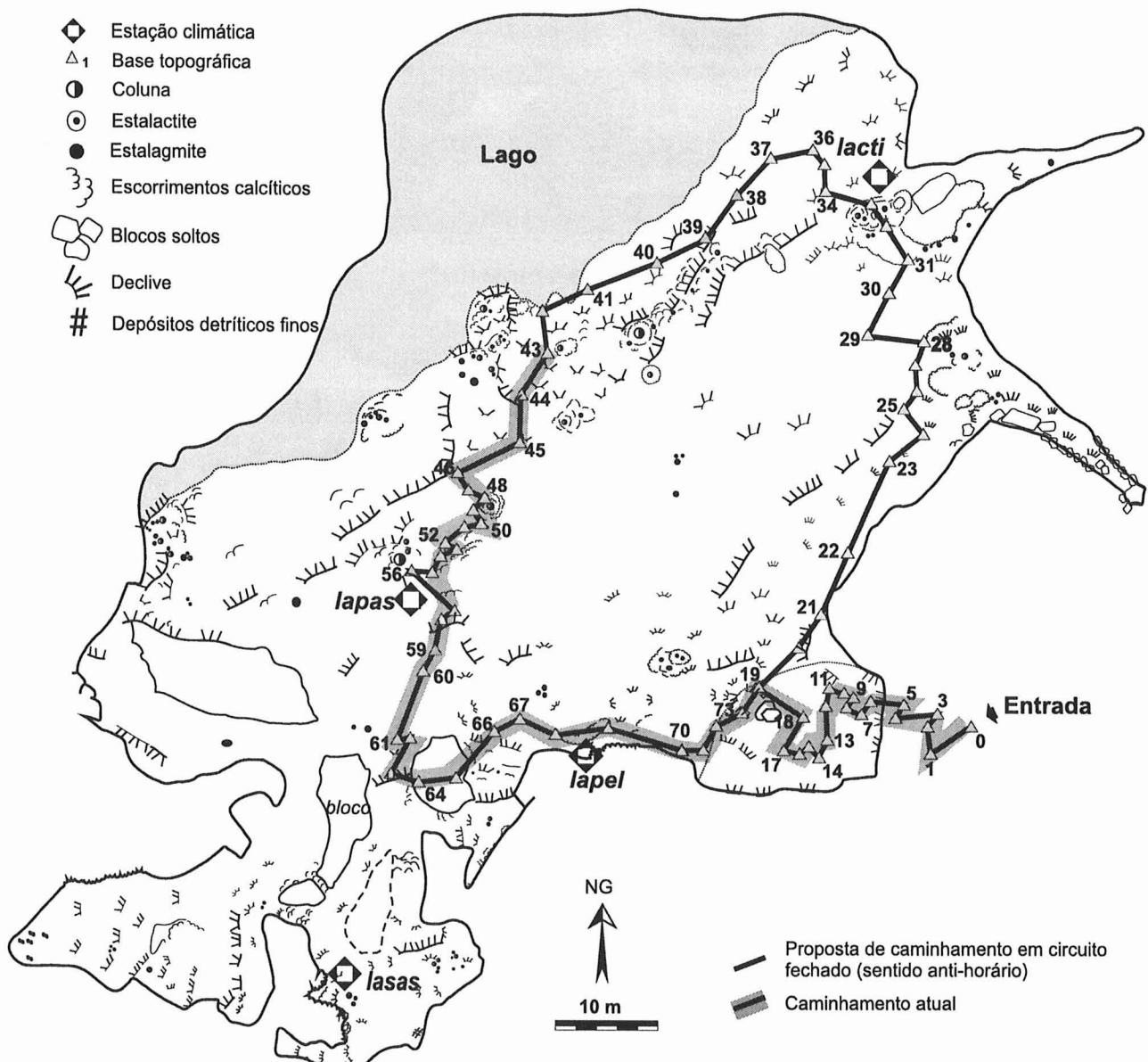
### DEFINIÇÃO DA CAPACIDADE DE CARGA DA GRUTA DO LAGO AZUL

A definição da capacidade de carga da visitação turística da Gruta do Lago Azul, a qual já apresenta visitação, foi calculada através do Método de Cifuentes (1992), apenas para o caminhamento atual (Figura 4).

O atual caminhamento foi construído em 1986, com assentamento de blocos de calcário rejuntados com argamassa. Os visitantes descem em número de 15, acompanhados do guia de turismo, e se agrupam em quatro paradas ao longo do caminho. O caminhamento é o mesmo para descida e subida, o que gera congestionamento nos dias de maior fluxo de turistas, na alta temporada.

O caminhamento totaliza 162,5 m (distância da base 0 à base 19 somada da distância da base 46 a base 73) com declividades que variam de 0º (horizontal) a 60º e desnível aproximado de 36 m, entre a entrada da gruta e o máximo nível inferior atingido pelo visitante.

Para o cálculo da capacidade de carga, além dos parâmetros acima, foi levado em consideração que: 1) cada visitante necessita de 1 m de comprimento do caminhamento; 2) é mantido espaço de 20 m entre os grupos; 3) a visitação se dá em grupos de 16 pessoas (incluindo o guia); 4) o tempo total da visitação é de uma hora e meia; 5) a visitação é autorizada das 7h00m



**FIGURA 4.** Mapa esquemático (planta) da Gruta do Lago Azul com indicação do caminhamento atual e do novo caminhamento proposto.

às 16h00m, com um total de 9 horas; 6) o caminhamento disponível é de 162,5m e 7) no período de visitação diária de 9 horas, e tempo necessário para visitação de 1,5 horas, uma mesma pessoa pode realizar 6 visitas por dia.

A CCF será portanto:  $CCF = v/a \times C \times v$   
 $v/a:$  visitante por metro de caminhamento;  $C:$  caminhamento disponível = 162,5 m;  $v:$  número de visitas por dia = 6.

Se cada grupo (16 pessoas cada, inclusive o guia) necessita de 16 m e a distância entre os grupos deve ser de 20 m, no caminhamento de 162,5 m caberiam 4 grupos simultâneos (162,5 m / 36 m), para os quais são

necessários 64 m (1 m x 4 grupos x 16 pessoas).

$$CCF \text{ Lago Azul} = 1 \times 64 \times 6 = 384 \text{ visitas/dia}$$

para o caminhamento atual, ou

360 visitantes/dia, se não for contabilizando o guia.

A capacidade de carga real - CCR é fornecida pela multiplicação da CCF pelos fatores de correção. Para a Gruta do Lago Azul, os fatores de correção foram subdivididos, no presente estudo, em sazonais e naqueles que independem da época do ano.

Os fatores relativamente permanentes ao longo do ano são:

- FC1 – acessibilidade, em função da declividade do caminhamento, sendo que os trechos, entre as

- bases topográficas do caminhamento, com inclinação superior a 30º somam 23,5 m, portanto  $FC1 = 23,5/162,5 = 14\%$  limitante;
- FC2 – modificação na temperatura e umidade interna da caverna, por ser a Gruta do Lago Azul uma gruta de relativo alto fluxo de energia, atestado pelo monitoramento realizado, e pelo fato de não se prever o uso de iluminação artificial fixa, considera-se este fator limitante nulo;
  - FC3 – aumento da taxa de gás carbônico, também considerado fator limitante nulo para Gruta do Lago Azul, dada as dimensões do salão de visitação com relação à entrada;
  - FC4 – incidência de radônio, parâmetro ainda não monitorado, mas que pode vir a ser um fator limitante, principalmente levando-se em consideração a saúde do guia de turismo;

Além dos fatores sazonais:

- FC5 – piso escorregadio, durante os dias chuvosos, os gotejamentos tornam trechos do piso escorregadios e até impossibilitam a visitação, dos 162,5 m de caminhamento, 104,6 m ficam escorregadios nos dias chuvosos, de tal forma que o  $FC5 = 104,6/162,5 = 64,4\%$  limitante;
- FC6 – distúrbio da fauna, este parâmetro não foi ainda devidamente analisado, sendo provisoriamente considerado nulo.

Com base nos fatores limitantes FC1 (acessibilidade) e FC 5 (piso escorregadio), considera-se o segundo o mais limitante. Nesse aspecto ressalta-se a importância do método como ferramenta de manejo e sua dinâmica. Por exemplo: se realizadas melhorias no caminhamento, no sentido de diminuir os trechos escorregadios, o cálculo pode ser refeito, com a obtenção de um maior número de visitas.

Considerando-se o fator declividade, independente da época do ano, o valor da CCR para o caminhamento atual será:

$$CCR = CCF \times 100 - FC1/100 = 384 \times \\ x (100-14)/100 = 384 \times 0,86 = 330,24 \text{ visitas/dia.}$$

Considerando-se o fator de redução sazonal (piso escorregadio) para os dias chuvosos, o CCR deve ser ainda menor:

$$CCR = 384 \times 0,86 \times (100-FC5)/100 = 384 \times \\ x 0,86 \times 0,36 = 118,8 \text{ visitas/dia} \\ (\text{ou } 111,5 \text{ visitantes, sem considerar o guia}).$$

Com relação ao CCE – Capacidade de Carga Efetiva ou Permitida, esta depende da capacidade de manejo mínima, como a disponibilidade de guia de turismo e de pessoal de apoio (vigias, controle do ingresso de visitantes, pessoal de limpeza). Atualmente, a disponibilidade de guias de turismo não é limitante à

visitação, ou seja, não se deixa de visitar a gruta por falta deste profissional, mas é necessário o aumento de pessoal de apoio, principalmente pessoal de limpeza e vigilância, motivo pelo qual se considera que a forma atual de visitação corresponde a 80 % da capacidade de manejo mínima necessária. Desta forma, efetua-se o seguinte cálculo:

$$CCE = 330,24 \times 0,8 = 264,2 \text{ visitas/dia} \\ \text{para dias não chuvosos}$$

(se não for contabilizar o guia, o valor arredondado será de 248 visitas/dia);

$$CCE = 118,8 \times 0,8 = 95,0 \text{ visitas/dia} \\ \text{para dias chuvosos}$$

(se não for contabilizar o guia, o valor arredondado será de 89 visitas/dia).

Como conclusão, estipulou-se que, para a Gruta do Lago Azul, o número ideal de visitas, contabilizando a presença do guia, é de 264 visitas por dia para os dias não chuvosos (de abril a outubro) e de 95 visitas para os dias chuvosos (de novembro a março), ressaltando-se que este número poderá ser aumentado até a capacidade de carga real das atuais condições da caverna, ou seja 330 e 118 visitas, respectivamente, caso seja aumentado o número de pessoal de apoio.

Para a Gruta do Lago Azul é proposto novo caminhamento no qual o visitante percorre quase que a totalidade do salão numa trajetória em círculo, no sentido anti-horário, ou seja, com a proposta de descida pela parte mais íngreme da caverna, no seu lado nordeste, em área já estabelecida para visitação pelo zoneamento interno da caverna. Atualmente o visitante desce e sobe pelo mesmo caminho, o que gera, por vezes, congestionamentos. O novo caminhamento proposto evitará estes indesejáveis congestionamentos e proporcionará melhor visualização da caverna. Para esta nova proposta de caminhamento, de maior comprimento (243,6 m) a CCF será:

$$CCF = v/a \times C \times v$$

$v/a = 1$  visitante por metro de caminhamento;  $C =$  distância do caminhamento (243,6 m), para o qual é possível a visita simultânea de 6 grupos ( $243,6 / 16m + 20m$ ), portanto o caminhamento necessário passa a ser  $6 \times 16 m = 96 m$ , e o número de visitas por dias ( $v$ ) = 6

$$CCF = 1 \times 96 \times 6 = 576 \text{ visitas/dia.}$$

Levando-se em consideração ainda que, evitando-se o problema dos congestionamentos, a visita poderá ser efetuada em 1 hora e, que no período diário de 9 horas uma mesma pessoa poderá realizar 9 visitas, a CCF poderá ser ampliada ainda para:

$$CCF = 1 \times 96 \times 9 = 864 \text{ visitas/dia}$$

(ou 810 visitantes, se não for considerado o guia).

Naturalmente que o número de 864 seria o máximo possível de visitas no período entre 7 e 16 horas, não sendo este o ideal, em função de comprometer a qualidade da visitação. No cálculo da capacidade de carga real (CCR) e da capacidade de carga efetiva (CCE) certamente este número será consideravelmente reduzido, o que dependerá também do tipo de infra-estrutura a ser proposto para o caminhamento. Trata-se, portanto, de um valor máximo que o novo caminhamento proposto comportará, em termos de espaço físico.

Com relação à declividade do caminho, é possível inserir este fator de correção no sentido de obter-se

um valor de capacidade de carga real (CCR) ainda provisório:

$$CCR = CCF \times \text{fator de correção declividade}$$

trecho com declividade maior ou igual a 30º = 72,2 m; fator de declividade = 72,2/243,6 = 29,6 % limitante;  $CCR_{provisório} = CCF \times (\text{Fator declividade} - 100)/100 = 864 \times 0,70 = 604,8$ , ou seja, 604 visitas por dia (ou 567 visitantes, sem o guia),

ressaltando sempre que este número deverá sofrer significativa diminuição com os fatores de correção relativos aos impactos ambientais e de manejo.

## DEFINIÇÃO DA CAPACIDADE DE CARGA DA GRUTA NOSSA SRA. APARECIDA

Para a Gruta Nossa Sra. Aparecida, a qual se encontra sem visitação, os cálculos de capacidade de carga foram efetuados para as três propostas distintas de caminhamento (Figura 5), sendo que as três têm origem a partir do portão de ferro na entrada da caverna:

- Caminhamento menor – trata-se de caminhamento com 113 m de desenvolvimento, pelo qual o visitante desce o piso inclinado através do meio do salão até o piso argiloso situado, ao fundo da caverna;
- Caminhamento intermediário – com desenvolvimento de 170 m, difere do anterior por possibilitar uma trajetória em parte poligonal entre os espeleotemas do canto oeste da caverna, e
- Caminhamento maior – com desenvolvimento de 227 m, possibilita um caminhamento em poligonal relativamente maior de tal forma que o visitante acessa o piso argiloso ao fundo, através do caminho inclinado central e retorna por caminhamento entre espeleotemas no canto oeste da caverna. Este caminhamento possibilita o circuito dos visitantes, o que evita congestionamentos, porém é o que requer mais intervenções na infra-estrutura interna da caverna com relação às outras duas propostas.

Para o cálculo da capacidade de carga para a Gruta Nossa Sra. Aparecida, foram considerados os seguintes parâmetros: 1) cada visitante necessita de 1 m de comprimento do caminhamento; 2) espaço de 20 m entre os grupos; 3) visitação de grupos de 11 pessoas (incluindo o guia); 4) tempo de 1 hora para a visita; 5) horário da visitação entre 7h00m e 16h00m, com total de 9 horas, e 6) caminhamento disponível de 113 m, 170 ou 227 m, dependendo da proposta.

Como para a visitação há 9 horas disponíveis, considerando-se que o tempo necessário, para fazer o percurso, será 1 hora, uma pessoa poderá realizar até 9 visitas por dia. Se o tempo necessário para visitação

for de 1h30m, será possível realizar 6 visitas e se for de 2 h, realizará 4 visitas.

Com base nas considerações acima, a CCF será:

$$CCF = v/a \times C \times v$$

$v/a$  = 1 visitante por metro de caminhamento;  $C$  = caminhamento disponível;  $v$  = número de visitas por dias = 4, 6 ou 9.

Se cada grupo (11 pessoas cada, com o guia) necessita de 11 m, e a distância entre os grupos deve ser de 20 m, cada grupo necessita de um espaço de 31 m cada. Desta forma temos, para cada situação de caminhamento proposto as seguintes condições:

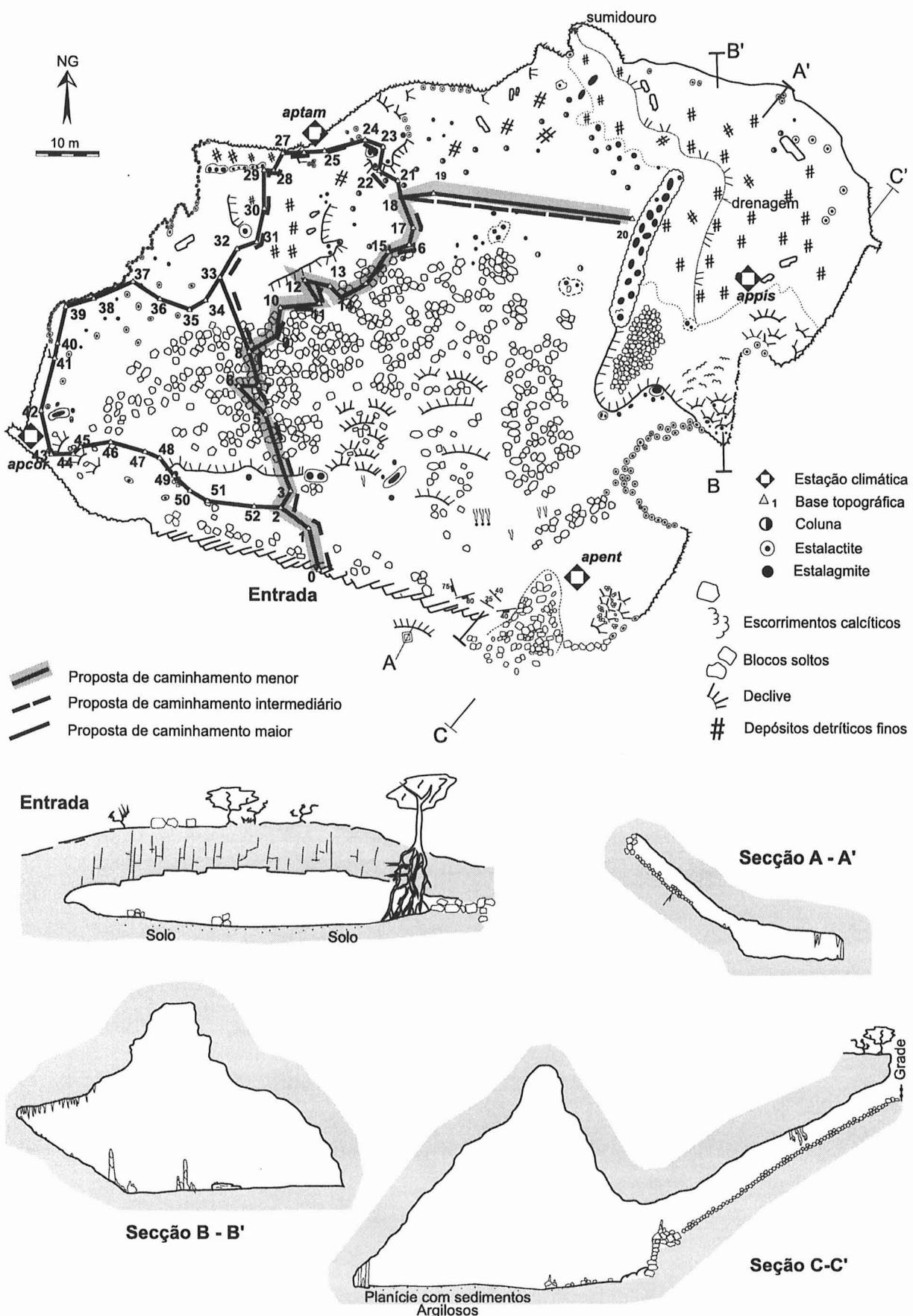
- Caminhamento menor (113 m), disponibilidade para 3 grupos simultâneos (113m/36m) a um tempo de visitação de 1 hora;
- Caminhamento intermediário (170 m), disponibilidade para 5 grupos simultâneos e tempo de visitação de 1,5 hora;
- Caminhamento maior (227 m), disponibilidade para 7 grupos simultâneos e tempo de visitação de 2 horas.

Os cálculos das CCF's para cada caminhamento serão:

$$CCF = 1 \text{ m por visitante} \times n. \text{ de grupos simultâneos} \times n. \text{ de visitas}$$

- Caminhamento menor:  $CCF = 1 \times 3 \text{ grupos} \times 11 \text{ visitantes/grupo} \times 9 = 297 \text{ visitas/dia}$
- Caminhamento intermediário:  $CCF = 1 \times 5 \text{ grupos} \times 11 \text{ visitantes/grupo} \times 6 = 330 \text{ visitas/dia};$
- Caminhamento maior:  $CCF = 1 \times 7 \text{ grupos} \times 11 \text{ visitantes/grupo} \times 4 = 308 \text{ visitas/dia}.$

Por se tratar de uma gruta que exige iluminação artificial para a visitação, certamente os fatores de correção diminuirão consideravelmente os valores de capacidade de carga física apresentados acima.



**FIGURA 5.** Mapa da Gruta Nossa Sra. Aparecida (planta) com indicação dos caminhamentos propostos.

## CONCLUSÕES

O diagnóstico da variação da temperatura (T) e umidade relativa (H), realizado entre os dias 26/06/1999 e 29/09/2000, demonstrou que, enquanto a média (M) da temperatura externa foi de 24,76°C, e desvio padrão (DP) de 5,84°C, as médias de T obtidas em cada estação, no interior do Lago Azul, variaram de 20,50°C a 21,52°C, com respectivos DP de 1,50°C e 1,09°C. Já na Gruta Nossa Sra. Aparecida, as médias de T foram ligeiramente inferiores, com médias, nas quatro estações, variando entre 18,22°C e 21,63°C, com respectivos DP de 1,68°C e 1,15°C. A umidade relativa (H) na estação externa teve média de 69,90% (DP = 22,96%) e na Gruta do Lago Azul as médias de H variaram entre 90,29% (DP = 13,17%) e 96,81% (DP = 8,71%), valores muito próximos aos encontrados na Gruta Nossa Sra. Aparecida, onde as médias de H, em cada estação, variaram de 90,56% (DP = 11,38%) a 96,80% (DP = 8,30%).

Com base nestes dados, pode-se classificar as cavernas como de alto fluxo energético, ou seja, com troca de energia entre o meio interno e externo relativamente alta, para as quais o uso do Método de Cifuentes, no cálculo da capacidade de carga da visitação turística, mostrou-se o mais indicado, desde que estabelecido o caminhamento a ser percorrido para a visitação.

Ressalta-se a importância da necessidade, para as cavernas turísticas, de serem estabelecidos caminhamento fixo para visitação, ao invés, apenas, do zoneamento interno do tipo de uso, como atualmente é exigido pelo CECAV – IBAMA. A delimitação de um único caminho para visitação, além de possibilitar o cálculo da capacidade de carga pelo Método de Cifuentes, possibilita evitar que o pisoteamento prejudique certas concentrações de fauna, o não acesso a áreas com risco de doenças, como a de concentração de fezes de morcego e até o contato com espeleotemas entre outras necessidades do manejo. O zoneamento interno da caverna, com áreas de uso intensivo, extensivo e zonas protegidas é útil como procedimento prévio à definição do caminhamento, mas a delimitação desse caminho dever ser priorizada e exigência básica para todas cavernas turísticas.

Para o caminhamento atual da Gruta do Lago Azul a capacidade de carga turística calculada resultou em 264 visitas/dia para os dias não chuvosos (de abril a outubro) e 95 visitas/dia para os dias chuvosos (de novembro a março), quando o piso fica escorregadio. Encontra-se em análise pelo IBAMA e IPHAN proposta de novo caminhamento para a Gruta do Lago Azul, através de EIA-RIMA submetido em fevereiro de 2002, para o qual foi calculado o número de 608 visitas/dia, ressaltando-se que se trata de um valor máximo que o novo caminhamento poderá suportar (Capacidade de Carga Física) e que o mesmo sofrerá redução pelos fatores de correção a serem ainda estabelecidos, após o término de sua implantação e, principalmente, levando-se em consideração o impacto sobre a fauna.

Através do novo caminhamento proposto, para a Gruta do Lago Azul, o roteiro de visitação será ampliado e, por apresentar forma circular, evitará os congestionamentos entre os grupos que entram e os que saem, como ocorre no atual.

Para a Gruta Nossa Sra. Aparecida, o cálculo resultou em 297 visitas/dia para o caminhamento menor (113 m) que provavelmente será implantado (a gruta encontra-se sem visitação), sendo este número um valor máximo, o qual provavelmente será diminuído, em função de possíveis impactos negativos sobre a fauna cavernícola e sobre os espeleotemas, principalmente considerando-se o fato da necessidade de uso de iluminação artificial a qual, apesar de necessária, é prejudicial ao ambiente cavernícola.

Com base em portaria conjunta IBAMA/SPU n. 001/05, de 29/08/2005, que normatiza o licenciamento de cavernas turísticas e estabelece os procedimentos a serem adotados nos casos de cavernas em unidades de conservação estaduais, o IMASUL - Instituto de Meio Ambiente do Estado de Mato Grosso do Sul publicou autorização (Portaria IMASUL n. 073 de 14 de julho de 2008) para o funcionamento da atividade de visitação turística na Gruta do Lago Azul, após aprovação de seu plano de manejo pelo CECAV/IBAMA. Essa Portaria é o primeiro instrumento legal, equivalente ao licenciamento ambiental, para uma caverna turística no Brasil.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi desenvolvido com recursos financeiros do Sebrae-MS e do Conselho Municipal de Turismo de Bonito (através de recursos obtidos com a cobrança do ingresso para visitação da Gruta do Lago Azul) e apoio logístico da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Agradecemos o apoio do IPHAN pela aquisição dos termohigrógrafos e ao IBAMA. Somos gratos pelo Restaurante Tapera e Hotel Muito Bonito, pelo constante apoio destinado à pesquisa científica da região de Bonito e, também agradecemos aos professores da UFMS Robert Schiavetto de Souza e Hamilton Germano Pavão pelas sugestões, e à Thelma Sâmara pelo auxílio nas figuras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, F.F.M. DE. Geologia da Serra da Bodoquena (Mato Grosso), Brasil. **Boletim de Geologia e Mineralogia**, Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, v. 219, p. 1-96, 1965.
2. BAKER, A. & GENTY, A. Environmental pressures on conserving cave speleothems: effects of changing surface land use and increase cave tourism. **Journal of Environmental Management**, v. 5, n. 92, p. 165-175, 1998.
3. BARROS, M.I.A. DE. **Caracterização da Visitação, dos Visitantes e Avaliação dos Impactos Ecológicos e Recreativos do Planalto do Parque Nacional do Itatiaia**. Piracicaba, 2003. 121 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / ESALQ, Universidade de São Paulo.
4. BARROS, M.I.A. DE & DINES, M. Mínimo Impacto em Áreas Naturais: uma mudança de atitude. In: SERRANO, C. (Coord.), **A Educação pelas pedras**. São Paulo: Editora Chronos, p. 47-84, 2000.
5. BOGGIANI, P.C. **Análise Estratigráfica da Bacia Corumbá (Neoproterozóico) – Mato Grosso do Sul**. São Paulo, 1998. 181 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
6. BOGGIANI, P.C. Ciência, meio ambiente e turismo em Bonito: a combinação que deu certo? In: BANDUCCI JR., A. & MORETTI, E.C. (Coords.), **Qual Paraíso**. São Paulo e Campo Grande: Edição Chronos Ltda. e Editora da UFMS, p. 151-165, 2001.
7. CIFUENTES, M. **Determinacion de Capacidad de Carga Turística en Areas Protegidas**. Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza – CATIE, Costa Rica, Série Técnica. Informe Técnico, n. 194, 26 p., 1992.
8. CIGNA, A.A. Environmental management of tourist caves - the examples of Grotta di Castellana and Grotta Grande del Vento, Italy. **Environmental Geology**, v. 21, p. 173-180, 1993.
9. GALATI, E.A.B.; NUNES, B.L.B.; CRISTALDO, G.; ROCHA HC. Aspectos do comportamento da fauna flebotomínea (Diptera: Psychodidae) em foco de leishmaniose visceral e tegumentar na Serra da Bodoquena e área adjacente, Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista de Patologia Tropical**, v. 32, n. 2, p. 235-261, 2003 (a).
10. GALATI, E.A.B.; NUNES, B.L.B.; BOGGIANI, P.C.; DORVAL, M.E.C.; CRISTALDO, G.; ROCHA HC.; OSHIRO, E.T.; GONÇALVES-ANDRADE, R.M.; NAUFEL, G. Phlebotomines (Diptera, Psychodidae) in caves of the Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul state, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 47, n. 2, p. 283-296, 2003 (b).
11. GALATI, E.A.B.; NUNES, B.L.B.; BOGGIANI, P.C.; DORVAL, M.E.C.; CRISTALDO, G.; ROCHA HC.; OSHIRO, E.T.; DAMASCENO-JÚNIOR, G.A. Phlebotomines (Diptera:Psychodidae) in forested áreas of Serra da Bodoquena, state of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 101, n. 2, p. 175-193, 2006.
12. HOYOS, M.; SOLER, V.; CAÑAVERAS, J.C.; SÁNCHEZ-MORAL, S.; SANZ-RUBIO, E. Microclimatic characterization of a karstic cave: human impact in microenvironmental parameters of a prehistoric rock art cave (Candamo Cave, northern Spain). **Environmental Geology**, v. 33, n. 4, p. 231-242, 1998.
13. KOENEMANN, S. & HOLSINGER, J.R. *Megagidiella azul*, a new genus and species of cavernicolous amphipod crustacean (Bogidiellidae) from Brazil, with remarks on its biogeographic and phylogenetic relationships. **Proceedings Biology Society of Washington**, v. 112, n. 3, p. 572-580, 1999.
14. LINO, C.F.; BOGGIANI, P.C.; CORTEZÃO, J.; GODOY, N.M.; KARMANN, I. **Projeto Grutas de Bonito. Diretrizes para um plano de manejo turístico**. Relatório, SPHAN/MS-TUR., 212 p., 1984.
15. MENDES, J.C. Grutas calcárias na Serra da Bodoquena, Mato Grosso. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 25, p. 70-77, 1957.
16. MORACCHIOLI, N. **Estudo dos Spelaeogriphacea brasileiros, crustáceos Peracarida subterrâneos**. São Paulo, 2002. 133 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
17. NUNES, V.L.B.; GALATI, E.A.B.; NUNES, D.B.; ZINEZZI, R.O.; SAVANI, E.S.M.N.; ISHIKAWA E.; CAMARGO, M.C.G.O.; D'AURIA, S.R.N.; CRISTALDO, G.; ROCHA, H.C. Ocorrência de leishmaniose visceral canina em assentamento agrícola no Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 34, p. 299-300, 2001.
18. PIRES, A.M.S. *Potiiocara brasiliensis*: a new genus and species of Spelaeogriphacea (Crustacea: Peracarida) from Brazil with a phylogenetic analysis of the Peracarida. **Journal of Natural History**, v. 21, p. 225-238, 1987.
19. PULIDO-BOSCH, A.; MARTÍN-ROSALES, W.; LÓPEZ-CHICANO, M.; RODRÍGUEZ-NAVARRO, C.M.; VALLEJOS, A. Human impact in a tourist karstic cave (Aracena, Spain). **Environmental Geology**, v. 31, n. 3, p. 142-149, 1997.
20. SALLES, L.O.; CARTELLE, C.; GUEDES, P.G.; BOGGIANI, P.C.; JANOO, A.; RUSSO, C. Quaternary mammals from Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Boletim do Museu Nacional - Zoologia**, v. 521, p. 1-12, 2006.

*Manuscrito Recebido em: 10 de julho de 2007  
Revisado e Aceito em: 15 de outubro de 2007*