

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA

**MONITORAMENTO DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR E  
DEFINIÇÃO DE CAPACIDADE DE CARGA TURÍSTICA DAS GRUTAS DO LAGO  
AZUL E NOSSA SENHORA APARECIDA  
(BONITO – MS)**

**OSVALDO JOSÉ DA SILVA**

*Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos*

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Boggiani

CAMPO GRANDE, JANEIRO DE 2004

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Dr. Paulo César Boggiani, pela orientação, incentivo, apoio e amizade.

Ao Professor Dr. Robert Schiaveto de Souza pelo auxílio nas análises estatísticas.

Às geógrafas do CECAV-IBAMA Benilva Paim Carvalho de Souza e Célia Cristina de Rezende, pelo apoio durante e a pesquisa.

À diretoria da 11ª Sub Regional do IPHAN, arquiteta Maria Margareth Escobar Ribas pelo apoio durante a pesquisa.

À geóloga Ana Lúcia Gesick, aos engenheiros civis Lyncon Ronda, Rubens Reginaldo Silva e Tatiana Damasceno pela colaboração e participação no levantamento topográfico.

Ao engenheiro agrônomo da COOAGRI-Bonito José Egídio Peccini pelo fornecimento dos dados pluviométricos da estação hidrológica desta empresa.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Hidráulica e Transportes.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, pelo convívio e companheirismo.

Aos guias de turismo da cidade de Bonito.

A minha esposa Clari Maria Stevaux.

## RESUMO

O aumento da atividade turística em cavernas no Brasil tem sido mais rápido do que o avanço dos estudos necessários para sua proteção. Neste sentido, as duas principais cavernas turísticas de Bonito, Mato Grosso do Sul, foram estudadas. A primeira vem recebendo 40000 visitas por ano desde 1980, enquanto a segunda encontra-se fechada. Os estudos envolveram o monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar nos ambientes subterrâneos (5 termohigrógrafos com armazenador de dados na Gruta do Lago Azul e 4 na Gruta Nossa Senhora Aparecida), com medições contínuas entre julho de 1999 até julho de 2000. Através dos dados obtidos, foi calculada a capacidade de carga de visitação das duas cavernas através do método de Cifuentes. O número estimado obtido foi de 102 visitas por dia de novembro a março (estação chuvosa) e de 264 de abril a outubro (estação seca) para a Gruta do Lago Azul, mantendo as condições atuais de caminhamento da gruta e por volta de 300 visitas por dia na Gruta Nossa Senhora Aparecida, número este que pode ser alterado ainda com base no tipo de manejo de visitação a ser implantado.

**Palavras-chave:** cavernas, turismo, temperatura, umidade, capacidade de carga.

## **ABSTRACT**

The increase of tourist interest in caves in Brazil has been faster than the studies required for their protection. With regard to this problem, the two main caves of Bonito, Mato Grosso do Sul State, Brazil: the Lago Azul Cave (LA) and Nossa Senhora Aparecida Cave (NSA) were studied. The first cave has been receiving visits from tourists (40000 visitors per year) since the 80's, while the second is closed. The studies involved the monitoring of the temperature and relative humidity of the air of the subterranean environments (5 data loggers in the LA and 4 in the NSA), with continuous records from July 1999 to July 2000. The parameters obtained were used to define the carrying capacity of visitation of the two caves, with the application of Cifuentes Method. The estimated number of visitors was 102 a day from November to March (rainy season) and 264 from April to October (dry season) for the Lago Azul Cave, under the present conditions of visitation, and around 300 visitors a day for the Nossa Senhora Aparecida Cave, with management strategies to be proposed for better definition of this number.

**Keywords:** cave, tourism, temperature, humidity, charge of capacity.

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	ii
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	iv
SUMÁRIO .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE TABELAS .....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS .....	ix
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. MANEJO TURÍSTICO DE CAVERNAS.....	4
3.1. O ambiente cavernícola.....	4
3.2. Legislação .....	4
3.3. Monitoramento de dados climáticos de cavernas .....	9
3.4. Iluminação artificial em cavernas .....	9
3.4.1. Tipo de lâmpadas .....	11
4. MÉTODOS EMPREGADOS .....	13
4.1. Monitoramento da temperatura e umidade .....	13
4.2. Capacidade de carga de visitação turística.....	13
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	17
5.1. Caracterização da Serra da Bodoquena.....	17
5.2. Histórico da implantação do turismo nas grutas de Bonito .....	19
5.3. Descrição das grutas.....	23
5.4. Visitação na Gruta do Lago Azul.....	25
5.5. Monitoramento da variação da temperatura e umidade das grutas estudadas .....	26
5.6. Caminhamento da Gruta do Lago Azul .....	36
5.7. Caminhamento da Gruta Nossa Senhora Aparecida.....	40

5.8. Proposta de iluminação artificial para a Gruta Nossa Senhora Aparecida .....	43
5.9. Cálculo da capacidade de carga da visitação turística .....	44
5.9.1. Definição da capacidade de carga da Gruta do Lago Azul .....	44
5.9.2. Definição da capacidade de carga da Gruta Nossa Senhora Aparecida.....	47
5.10. Definição da área de entorno do tombamento das cavernas .....	48
6. CONCLUSÕES.....	52
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Croqui de localização das Grutas do Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida, Bonito/MS .....	2
Figura 5.1	Croqui da localização do Planalto da Bodoquena.....	18
Figura 5.2	Visão geral do Salão do Lago da Gruta do Lago Azul.....	24
Figura 5.3	Gruta Nossa Senhora Aparecida mostrando a entrada no canto esquerdo .....	25
Figura 5.4	Variação da temperatura externa e interna do meio cavernícola das grutas estudadas .....	30
Figura 5.5	Variação da umidade relativa externa e interna do meio cavernícola das grutas estudadas .....	31
Figura 5.6	Distribuição de frequências da temperatura média dos meios externo e cavernícola .....	32
Figura 5.7	Temperatura média diária interna e externa das Grutas do Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida, Bonito/MS.....	33
Figura 5.8	Distribuição percentual da umidade relativa média diária da Gruta Nossa Senhora Aparecida, Bonito/MS.....	33
Figura 5.9	Distribuição percentual da umidade relativa média diária da Gruta do Lago Azul, Bonito/MS .....	34
Figura 5.10	Distribuição percentual da umidade relativa média diária do meio externo.....	34
Figura 5.11	Altura pluviométrica anual do período de 1981 a 2001 da cidade de Bonito/MS .....	35
Figura 5.12	Altura pluviométrica mensal (média do período de 1981 a 2001) da cidade de Bonito/MS .....	36
Figura 5.13	Croqui do caminamento da Gruta do Lago Azul, Bonito/MS.....	39
Figura 5.14	Croqui do caminamento proposto para a Gruta Nossa Senhora Aparecida, Bonito/MS .....	41
Figura 5.15	Sugestões de delimitação das áreas de entorno ao tombamento para as grutas estudadas .....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	Níveis da capacidade de carga de acordo com o Método de Cifuentes (1992).....	14
Tabela 5.1	Número de visitantes na Gruta do Lago Azul, excluído o guia de turismo, Bonito/MS .....	26
Tabela 5.2	Relação das estações de monitoramento de temperatura e umidade da Gruta do Lago Azul, bonito/MS.....	27
Tabela 5.3	Relação das estações de monitoramento de temperatura e umidade da Gruta Nossa Senhora Aparecida, Bonito/MS.....	27
Tabela 5.4	Temperaturas mínimas e máximas e umidades mínimas nas estações de monitoramento da gruta do Lago Azul, Bonito/MS.....	28
Tabela 5.5	Temperaturas mínimas e máximas e umidades mínimas nas estações de monitoramento da Gruta Nossa Senhora Aparecida, Bonito/MS .....	29
Tabela 5.6	Variação da temperatura média externa e cavernícola no período de 12/08/99 a 19/08/99.....	29
Tabela 5.7	Variação da umidade média externa e cavernícola no período de 12/08/99 a 19/08/99.....	30
Tabela 5.8	Média e desvio padrão da temperatura e umidade externa da Gruta do Lago Azul, Bonito/MS .....	31
Tabela 5.9	Média e desvio padrão da temperatura e umidade externa da Gruta Nossa Senhora Aparecida, Bonito/MS.....	32
Tabela 5.10	Alturas pluviométricas das chuvas na cidade de Bonito/MS .....	35
Tabela 5.11	Resultado do levantamento topográfico da Gruta do Lago Azul, Bonito/MS .....	38
Tabela 5.12	Resultado do levantamento topográfico da Gruta Nossa Senhora Aparecida, Bonito/MS .....	42
Tabela 5.13	Parâmetros para o cálculo da capacidade de carga física da Gruta do Lago Azul, Bonito/MS .....	44
Tabela 5.14	Valores das variáveis limitantes e dos fatores de correção para a Gruta do Lago Azul, Bonito/MS .....	45
Tabela 5.15	Parâmetros para o cálculo da capacidade de carga física da Gruta Nossa Senhora Aparecida, Bonito/MS.....	48

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

UFMS – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

USP – Universidade de São Paulo

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

UNIDERP – Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da região do Pantanal

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

SEMA – Secretaria Estadual de Meio Ambiente

EMBRATUR – Empresa Brasileira de Turismo

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CONAMA – Conselho Nacional do meio Ambiente

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

CECAV – Centro Nacional de estudo, Proteção e Manejo de Cavernas

GPS – Posicionamento Geográfico por Satélite

CECA – Conselho Estadual de Controle Ambiental

## 1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação de mestrado aborda uma questão complexa e nova no Brasil, que é a atividade turística em cavernas, a qual apresentou crescimento acelerado nos últimos quatro anos, acompanhando o aumento do interesse pelas atividades de turismo de natureza e de aventura.

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 registrado um crescimento expressivo do número de visitantes na Gruta do Lago Azul e um interesse crescente por parte dos empreendedores privados em demais cavernas.

O ambiente cavernícola constitui ecossistema único, em função de seu isolamento, onde se desenvolvem espécies biológicas endêmicas e adaptadas à ausência de luz. Em função destas características, as cavernas são de grande interesse científico, o qual poderá ser prejudicado se a atividade turística não for desenvolvida com os devidos cuidados ambientais.

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). E no caso da implantação de iluminação artificial, estas alterações são mais significativas, causando inclusive danos irreversíveis às ornamentações minerais, tais como estalactites, estalagmites, escorrimentos calcínicos, entre outros.

Nesse trabalho foi efetuado o monitoramento da variação da temperatura e umidade das duas mais importantes cavernas de Bonito: Gruta do Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida (figura 1.1), o qual serviu de base para determinação da capacidade de carga, ou seja, o número de visitantes que as cavernas podem receber sem alteração das suas dinâmicas ambientais.

Os trabalhos foram executados como parte do projeto de pesquisa da UFMS intitulado “Plano de manejo e avaliação do impacto ambiental da visitação turística das grutas do Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida, Bonito (MS)”. Este projeto contou com a participação de uma ampla equipe, com representantes de outras instituições de pesquisa, como a USP, Museu Nacional e UNIDERP, e de entidades governamentais ligadas ao meio ambiente e proteção de patrimônio (IPHAN, IBAMA e Secretaria Estadual de Meio Ambiente). O projeto contou ainda com a participação da comunidade do local, principalmente dos guias de turismo e resultou na elaboração do “Estudo de Impacto Ambiental da Visitação Turística do Monumento Natural Gruta do Lago Azul – Bonito/MS”; submetido ao IBAMA para licenciamento das atividades turísticas nas grutas.

O desenvolvimento do projeto de mestrado, concomitante aos trabalhos interdisciplinares do projeto acima mencionado, teve objetivo específico e que serviu de base para análise mais global do empreendimento.

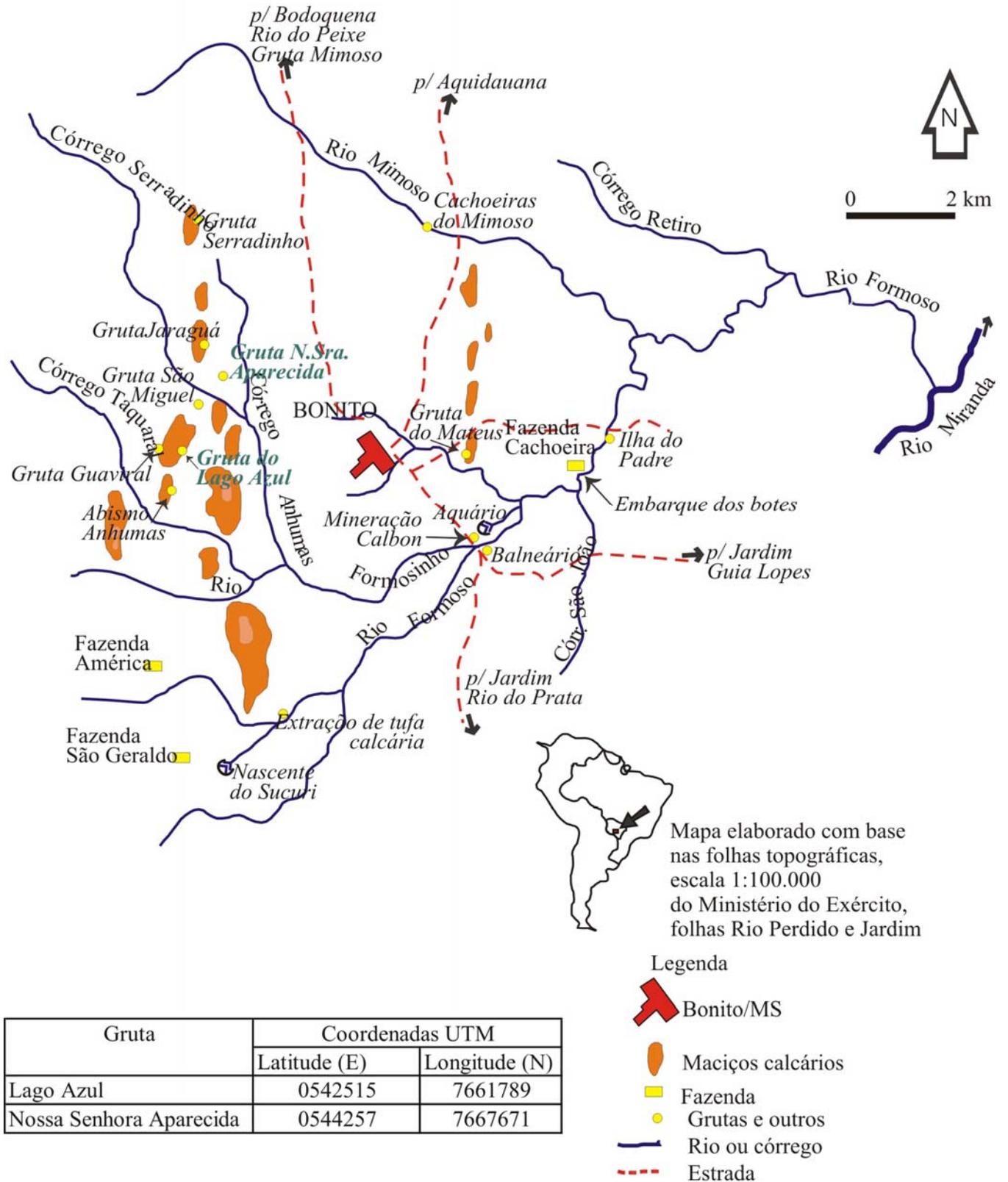


Figura 1.1 Croqui de localização das Grutas do Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida, Bonito/MS.

## 2. OBJETIVOS

A presente dissertação de mestrado enfocou os seguintes objetivos:

- monitorar a variação de temperatura e umidade das cavernas estudadas;
- definir e caracterizar o caminhamento da visitação turística;
- avaliar a iluminação interna da Gruta Nossa Senhora Aparecida;
- determinar a capacidade de carga de visitação turística das grutas estudadas e
- propor delimitação para a área de proteção do entorno das cavernas.

### **3. MANEJO TURÍSTICO DE CAVERNAS**

As cavernas sempre atraíram o interesse do ser humano, desde os tempos pré-históricos, quando eram procuradas para abrigo e proteção, até os atuais, quando aumentou consideravelmente o interesse turístico pelas mesmas.

O uso inadequado de cavernas pode resultar 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 (Registro/SP), Gruta de Maquiné (Cordisburgo/MG), Gruta Rei do Mato (Sete Lagoas/MG), entre outras.

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

#### **3.1. O ambiente cavernícola**

Por mais que uma atividade turística possa parecer inofensiva ao ambiente cavernícola, esta, se não for desenvolvida com os devidos cuidados ambientais, poderá causar danos irreversíveis ou comprometer os estudos científicos que poderiam ser desenvolvidos no seu interior.

Em função, também, da caverna constituir um ambiente atípico, caracterizado principalmente pela ausência de luz, apresenta conteúdo faunístico único, com muitas espécies endêmicas e raras, as quais são assim subdivididas (Pinto, 1984):

troglóbios: espécie exclusivamente subterrânea, incapaz de viver fora do meio cavernícola;

troglófilos: espécie que vive e reproduz no meio cavernícola, mas também é encontrado em outros locais similares na superfície, escuros e úmidos;

trogloxenos: espécie que vive no meio cavernícola, mas que necessita ir regularmente à superfície ou pelo menos próximo a entrada, em busca de alimento.

Muitas cavernas permanecem isoladas do ambiente externo por milhares de anos e, desta forma, podem apresentar microorganismos únicos, especialmente fungos e bactérias. Estes microorganismos podem ser extintos apenas com a entrada de visitantes, antes mesmo de serem identificados. Isto porque, por maior cuidado que possam ter na visita, inevitavelmente são introduzidos novos microorganismos que passam a competir com os já existentes.

#### **3.2. Legislação**

Em função da importância científica e cultural das cavernas e diante da necessidade de planejar as atividades antrópicas em regiões cársticas, principalmente para a proteção dos recursos

hídricos, diversos países implementaram e vêm implementando instrumentos legais com essa finalidade (Lamoreaux *et al.*, 1994).

Países como os Estados Unidos da América (EUA) e o Canadá possuem planos de gerenciamento e de conservação de cavernas desde 1970. Na Inglaterra, o planejamento é ainda inicial, onde a expansão industrial no período pós Segunda Guerra Mundial, sem controle ambiental, causou impactos pela mineração em 170 cavernas (6,3 % das cavernas da Gran Bretanha). A entrada de 65 cavernas foram totalmente ou parcialmente obstruídas em função de processos erosivos causado por atividade agrícola sem controle e muitas cavernas continuam tendo os recursos científicos alterados pela atividade turística depredatória (Hardwick & Gunn, 1996).

No Brasil, o conflito entre mineração e preservação de cavernas tende a aumentar com o desenvolvimento industrial. Até 1987 inexistia qualquer legislação específica sobre cavernas. Em 1987, o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, ao aprovar o Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico recomendou (Resolução nº. 05 de 1987) que fosse incluída na Resolução CONAMA nº. 01 de 1986, sobre avaliação de impacto ambiental, a obrigatoriedade de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental - EIA para os empreendimentos potencialmente lesivos ao Patrimônio Espeleológico Nacional.

Com base nas resoluções acima, a entidade ambientalista Ecologia e Ação - ECOA, de Mato Grosso do Sul, requereu à Curadoria do Meio Ambiente providência com relação à instalação da Fábrica de Cimento Eldorado no Município de Bodoquena pela Empresa Camargo Corrêa Industrial S.A. O principal argumento da entidade ambientalista foi que o EIA/RIMA elaborado pelo CTP - Centro de Tecnologia - PROMON teria sido aprovado pelo Conselho Estadual de Controle Ambiental - CECA, no início de 1986, sem qualquer tipo de avaliação ou consideração sobre a presença de cavidades na área do empreendimento. A licença ambiental ficou suspensa, em função dessa denúncia, até a elaboração de laudo técnico com levantamento das cavidades e solução jurídica do impasse, o que permitiu a finalização das obras da referida fábrica (Boggiani, 2001).

Após a inclusão das cavidades naturais subterrâneas como bens da União na Constituição Federal Brasileira de 1988 (inciso X do artigo 20), os EIA's passaram a ser efetivamente exigidos pelas instituições ambientais estaduais. Exigência essa mais uma vez reforçada em 1990 pela portaria do IBAMA nº. 887 de 15 de junho de 1990 e do Decreto Federal nº. 99556 de 01 de outubro de 1990.

A exigência de EIA para o licenciamento ambiental de empreendimentos turísticos poderia também ser interpretada com base no artigo 3º da Resolução CONAMA nº. 01/86, segundo a qual dependerá também de elaboração de EIA/RIMA, a ser submetido à aprovação do IBAMA, o licenciamento de atividades que, por lei, sejam de competência federal.

No anexo 2 da Resolução nº. 01/1986 do CONAMA, a qual apresenta as exigências básicas do estudo de impacto ambiental, estão relacionados os projetos que dependem de um estudo de impacto ambiental, onde se inclui os casos de empreendimentos potencialmente lesivos ao patrimônio nacional.

A Constituição Federal da República define como bens que constituem o patrimônio cultural brasileiro os sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico. Neste sentido, o IPHAN entende que os sítios espeleológicos enquadram-se perfeitamente nessa definição. Não apenas porque reúne valores paisagísticos, ecológicos e científicos, sobretudo paleontológicos, como também, quase sempre, os têm associados a valores arqueológicos, históricos ou artísticos, o que faz deles exemplos de bens culturais e naturais. O valor histórico dos sítios espeleológicos tanto pode se referir à história humana quanto à história geológica do planeta. Por testemunharem a história da humanidade e a do mundo é imprescindível que os mais representativos monumentos espeleológicos do país gozem de proteção como patrimônio cultural brasileiro. Da mesma forma que as cavernas, a Constituição define como bens da União os sítios arqueológicos e pré-históricos (Delphim, 2000, comunicação pessoal).

O artigo nº. 225 da Constituição, sobre o meio ambiente, não explicita relações nítidas e precisas entre patrimônio espeleológico e o meio ambiente, como o faz no capítulo relativo à cultura. O Decreto nº. 99556/90 define a proteção do patrimônio espeleológico, estabelecendo que “as cavidades naturais subterrâneas constituem patrimônio cultural brasileiro e, como tal, serão preservadas e conservadas de modo a permitir estudos e pesquisa de ordem técnica-científica, bem como atividades de cunho espeleológico, étnico-cultural, turístico, recreativo e educativo”. Ainda segundo Delphim (2000, comunicação pessoal), somente órgãos culturais, como o IPHAN, são competentes para lidar com o Patrimônio Cultural Brasileiro e com atividades de cunho étnico-cultural, e considera insuficiente conferir a responsabilidade pelas cavidades naturais exclusivamente a um órgão ambiental.

Antes do Decreto nº. 99556/90, a Resolução CONAMA nº. 05 de 06 de agosto de 1987 já aprovara o Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico, recomendando que “o SPHAN/Pró-Memória dê mesma atenção ao Patrimônio Espeleológico que dispensa ao Patrimônio Arqueológico”. Diante do que Delphim (2000, comunicação pessoal) questiona a exclusão da responsabilidade do IPHAN pelo patrimônio cultural das cavidades naturais quando da elaboração do Decreto nº. 99556/90.

Conforme o Decreto nº. 2807/98, o IPHAN é o órgão que “tem por finalidade pesquisar, promover, fiscalizar e proteger o patrimônio cultural brasileiro, nos termos da Constituição”. Não se pode supor que o IPHAN deva se voltar com exclusividade para o patrimônio já tombado e o patrimônio arqueológico sem assumir a plenitude da responsabilidade pelo patrimônio cultural

brasileiro imposta pela Constituição, por meio de novas leis ordinárias que definam esta responsabilidade. Tampouco se pode supor que um órgão ambiental possa cumprir funções específicas de órgãos culturais. Trata-se, portanto de uma incoerência ao se definir o patrimônio espeleológico como patrimônio cultural e, simultaneamente, ter conferido ao IBAMA a responsabilidade por esses sítios. O IBAMA é responsável pelos ecossistemas, pela flora ou fauna, bem como por qualquer questão ambiental que possa afetar sítios espeleológicos, da mesma forma que seria em qualquer local do território nacional, mesmo em sítios naturais tombados pelo IPHAN ou por outros órgãos culturais municipais ou estaduais. Contudo não se pode atribuir ao IBAMA a exclusividade na proteção desses sítios, já que neles se associam outros fatores, de cunho nitidamente cultural e de competência daquele órgão. Tampouco a Lei nº. 693 de 31 de agosto de 1981, que dispõem sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, faz qualquer menção à questão espeleológica como sendo competência do órgão do meio ambiente.

Diante destas considerações, o IPHAN e o IBAMA têm distintas responsabilidades sobre o patrimônio espeleológico e não podem se furtar de cumpri-las.

O instituto do tombamento é o único instrumento disponível para que órgãos culturais possam exercer suas atribuições e sua competência técnica sobre sítios espeleológicos excepcionais. Segundo o Decreto Lei nº. 25 “são também sujeitos a tombamento os monumentos naturais, bem como os sítios e paisagens que importe conservar e proteger pelas feições notáveis com que tenha sido dotados pela natureza ou agenciadas pela indústria humana”.

De um ponto de vista cultural, as cavidades naturais são comumente associadas a sítios arqueológicos e/ou paleontológicos. São locais de valor paisagístico, muitas vezes de significado religioso, simbólico, lendário, remetendo-se a cultos e servindo de referência cultural de grupos formadores da sociedade brasileira, o que caracteriza com clareza seu interesse para a área cultural.

Quando apresentam vestígios de ocupação pretérita que as qualificam como sítios arqueológicos, as cavernas gozam de proteção da Lei nº. 3924/61, sob a responsabilidade do IPHAN. Portanto a plena preservação do patrimônio espeleológico requer o concurso da atuação e responsabilidade legal de órgãos culturais e ambientais, portanto o IPHAN muito terá a contribuir com o IBAMA no tratamento das propostas relativas às grutas.

O envolvimento do IBAMA na questão relativa às cavernas culminou na instituição, em 05/06/97, do Centro Nacional de Pesquisa, Proteção e Manejo das Cavernas - CECAV, ao qual cabe atualmente a fiscalização e o controle do uso do patrimônio espeleológico brasileiro, bem como o fomento de levantamentos, estudos e pesquisas das cavernas.

Projeto de Lei nº. 5071-E, que dispõe sobre a proteção do Patrimônio Espeleológico Nacional, encontra-se em trâmites no Congresso Nacional desde 1990.

Legislação referente ao patrimônio espeleológico:

- Constituição Federal – Artigo 20 – sobre os bens da União;
- Constituição Federal – Artigo 216 – sobre a constituição do Patrimônio Cultural Brasileiro;
- Lei Federal nº. 3924 de 26/07/1961 – sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos;
- Lei Federal nº. 6513 de 20/12/1977 – sobre a criação de Áreas Especiais e de Locais de Interesse Turístico;
- Lei Federal nº. 9605 de 12/02/1998 – dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas lesivas ao meio ambiente;
- Decreto nº. 99556 de 01/10/1990 - dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no Território Nacional;
- Portaria IBAMA nº. 887 – Delibera sobre o Patrimônio Espeleológico Nacional;
- Resolução nº. 011 de 23/01/1986 (publicada no DOU de 17/02/1986) estabelece definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para o uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental;
- Resolução CONAMA nº. 05 de 06/08/1987 (publicada no DOU de 22/10/1987) – aprova o Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico;
- Resolução CONAMA nº. 09 de 24/01/1986 (Publicado no DOU de 07/04/1986) – cria comissão especial para tratar de assuntos relativos à preservação do Patrimônio Espeleológico;
- Projeto de Lei 5071-E (em tramitação final no Congresso Nacional) – Dispõe sobre a proteção do Patrimônio Espeleológico;
- Portaria IBAMA nº. 057 de 05/06/97 – institui o CECAV;
- Portaria Regional nº. 002 de 24/08/1994 da 14ª Coordenação Regional do IPHAN, que estabelece as normas de uso e visitação às grutas tombadas.

Legislação Estadual:

- Resolução SEMA/nº. 331 de 01/04/1998 – dispõe sobre o Licenciamento Ambiental dos Empreendimentos Turísticos e dá outras providências.

### 3.3. Monitoramento de dados climáticos de cavernas

No Brasil, apenas recentemente tem-se preocupado em obter dados climáticos em ambientes subterrâneos. Antigamente, a obtenção dos mesmos era esporádica e restrita a curtos períodos, geralmente durante a exploração de cavernas, como foram os casos de medidas, relatadas por Moreira & Trajano (1992), no sistema cavernícola São Mateus; em Goiás (Milko, 1984), na Gruta Ubajara, no Ceará (Dias Neto *et al.*, 1978), e em estudos bioespeleológicos como os das cavernas em Bonito, Mato Grosso do Sul (Godoy, 1986) e em cavernas do Vale do Ribeira, São Paulo (Trajano, 1981, 1987) e cavernas da Província Espeleológica Arenítica de Altamira-Itaituba, no Pará (Trajano & Moreira, 1991; Moreira & Trajano, 1992).

As medições relacionadas acima eram feitas com medidas pontuais e em intervalos de algumas horas e outro caso que merece ser comentado, foram as medidas diárias realizadas ao longo do mês de julho de 1977, pelo químico Nelson, na Gruta Laboratório (Vale do Ribeira/SP). Neste levantamento, cujos dados não foram publicados, o pesquisador percorria diariamente, duas vezes por dia, todas as estações onde havia sido colocado um termômetro, sendo que para esta atividade ele dispndia duas horas pela manhã e duas horas pela tarde para obter dados de apenas um mês. Este fato demonstra que com o desenvolvimento tecnológico, hoje é possível obter dados climáticos de cavernas através de armazenadores de dados em intervalos de até 30 segundos, o que sem dúvida tem proporcionado o aumento de estudos climáticos em cavernas.

O primeiro estudo, mais sistemático de obtenção de dados climáticos em caverna no Brasil foi realizado pela geógrafa Silvia Méri Carvalho da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Neste estudo observou-se o microclima (temperatura, umidade relativa, pressão e evaporação do ar) do ambiente cavernícola da gruta Olhos d'Água da cidade de Castro/PR. O período da coleta foi de agosto de 1991 a agosto de 1992, observando que a ação de diferentes fatores tende a ocasionar respostas diferenciadas no comportamento dos elementos meteorológicos do ambiente cavernícola em relação ao exterior; podendo ocorrer um retardamento na assimilação dos acontecimentos exteriores, ou seja, as mudanças climáticas que ocorrem no exterior das cavernas sofrem um retardo, no tempo, para mudar as condições subterrâneas.

### 3.4. Iluminação artificial em cavernas

No Brasil, existem algumas grutas que utilizam iluminação artificial para a visitação turística, entre as quais: Caverna do Diabo (Registro/SP), Grutas de Maquiné (Cordisburgo/MG), Rei do Mato (Sete Lagoas/MG), Ubajara (Ubajara/CE), Ituaçu (Ituaçu/BA), São Miguel (Bonito/MS), Forte Coimbra (Corumbá/MS) e Botuverá (Botuverá/SC).

O projeto de iluminação da Gruta Ituaçu, tombada no âmbito federal, também conhecida como Gruta Mangabeira, localizada no Município homônimo, foi desenvolvido por Oliveira *et al.*

(1985). Dos 3300 metros que a Gruta Mangabeira é constituída, apenas 850 metros foram iluminados. Neste projeto a iluminação utilizada foi a trecho circuito, que pode ser definida como um tipo de iluminação seqüenciada, na qual se evita o uso prolongado da luz artificial, diminuindo a transmissão de calor e iluminação do ambiente. Este sistema apresenta controle individual do operador e funciona de maneira independente, sendo acionados de modo progressivo concomitante à entrada do grupo na caverna. Os comutadores são instalados nas paredes, utilizando condutos da fiação pelo teto ou enterrado no piso argiloso.

No projeto de Oliveira *et al.* (1985), a iluminação foi classificada em quatro tipos: luzes de caminhamento, volume, detalhamento e segurança. As luzes de caminhamento são destinadas à iluminação básica da gruta e é constituída por 210 pontos de luz de baixa intensidade colocados no piso com o objetivo de indicar o caminho a ser percorrido, mantendo o clima de penumbra próprio do ambiente. As luzes de volume são num total de 108 pontos de luz de média potência, instalados em posições de tal forma a fornecer visão e profundidade do volume da gruta. As iluminações de detalhamento são 96 pontos fixos de luz de média potência, com a finalidade de realçar determinados conjuntos de espeleotemas de excepcional beleza. Além desta existe ainda as luzes de segurança, no total de 11 unidades de iluminação de emergência, acionadas automaticamente em caso de falta de energia elétrica, proporcionando assim, a saída segura dos visitantes do interior da gruta.

Foi realizada uma avaliação do projeto da Gruta Mangabeira por técnicos do IPHAN, em 1986, considerado satisfatório, apesar de propor a valorização de espaços cênicos não abrangidos no projeto inicial. Neste parecer, foi destacado que com o sistema de iluminação implantado o visitante pode percorrer a gruta com mais segurança e com maior proteção das ornamentações da gruta. Com a iluminação seus espaços internos foram mais valorizados, tendo-se obtidos excelentes jogos de luz e sombra em toda a extensão do trecho iluminado.

Como a Gruta Mangabeira é uma gruta de caráter religioso, e em épocas de romaria recebe milhares de visitantes, o sistema chega a ficar ligado por volta de 6 a 8 horas ininterruptamente, o que pode elevar a temperatura interna em vários graus, sendo extremamente danoso ao ambiente cavernícola, o que requer uma avaliação do impacto ambiental desta iluminação.

Um equipamento de iluminação comumente utilizado por espeleólogos é a lanterna a base de carbureto, com gerador de acetileno, gás inflamável e que fornece chama com boa intensidade de luz. Este tipo de iluminação não é apropriado para visitaçãõ de cavernas turísticas, em função do reator de acetileno produzir também quantidades consideráveis de fuligem, que acabam por escurecer os espeleotemas, além da emissão relativamente alta de calor.

Em Bonito, atualmente a Gruta Nossa Senhora Aparecida encontra-se fechada à visitaçãõ e somente a Gruta do Lago Azul recebe visitantes, realizada durante a manhã e início da tarde, para

que seja aproveitada a iluminação natural, uma vez que esta caverna possui a entrada muito grande, o que permite a incidência da luz solar. São, portanto exemplos atípicos de exploração turística em cavernas, em função de não ser necessária a implantação de luz artificial, no caso da Gruta do Lago Azul, ou desta ser apenas parcialmente necessária, como é para a Gruta Nossa Senhora Aparecida.

A Gruta Nossa Senhora Aparecida é rica em ornamentações e pelo fato dela ser parcialmente iluminada pela luz natural, o estudo levou em consideração variação da luz natural no seu interior, a fim de aproveitar ao máximo este recurso natural para a determinação do caminhamento.

### **3.4.1. Tipos de lâmpadas**

Dentre os vários tipos de lâmpadas existentes no mercado, as mais usuais são as dos tipos incandescentes, fluorescentes e de vapor de sódio. Destas, a incandescente é a que produz maior perda de energia, que é convertida em calor residual, elevando significativamente a temperatura ao redor da lâmpada (Martignoni, 1988) e, portanto, alterando a temperatura e umidade do ar. Apesar das lâmpadas incandescentes consumirem maior energia e aumentarem os custos de manutenção do sistema de iluminação, ainda assim são as mais utilizadas em cavernas turísticas, provavelmente porque oferecem um máximo de possibilidades de efeitos cênicos e controle direcional.

As lâmpadas incandescentes são compostas por um filamento metálico que se aquece com a passagem da corrente elétrica e, assim, emitem luz, a esse processo dá-se o nome de incandescência. Este tipo de lâmpada possui a vantagem do baixo custo, acendimento imediato (não necessita de tempo de aquecimento), controle ótico (a lâmpada incandescente é uma fonte de luz pontual e, assim, é fácil de direcionar e focalizar, podendo ser utilizado se necessário nas luzes de detalhamento), possibilitam variar a intensidade, com o uso de *dimmers* e flexibilidade nos formatos, potência, cores e também por operarem em grande variedade de voltagem.

As lâmpadas fluorescentes são tubulares, com o tubo revestido internamente com materiais fluorescentes denominados fósforos, possuem ainda na sua composição o vapor de mercúrio e argônio, onde a proporção destes gases determina a cor de luz produzida (Martignoni, 1988). Em função das lâmpadas fluorescentes emitirem relativamente menos raios infravermelhos do que as incandescentes, os efeitos térmicos ficam limitados à proximidade da fonte, o que minimiza o impacto térmico e o crescimento de musgos e algas. Este tipo de lâmpada tem como vantagem ainda o baixo consumo de energia elétrica e maior vida útil, porém a desvantagem de serem mais caras e não permitirem variação da intensidade com uso de *dimmers* e apresentam o risco de contaminação quando quebradas em função da liberação dos gases tóxicos. Outro fator preocupante com relação às lâmpadas fluorescentes é o armazenamento das lâmpadas inutilizadas.

Além do impacto da luz produzida, as lâmpadas geram calor. Em estudo realizado para a avaliação do impacto da iluminação artificial da Gruta de Gargas na França, tomou-se como base que a energia calorífica liberada pelas lâmpadas seria correspondente a 75 % da potência elétrica para as lâmpadas fluorescentes e 90% para as incandescentes (Magin, 1995). Neste estudo, para cada visitante foi estimada uma emissão de calor equivalente a uma lâmpada de 63,4 watts, de tal forma que o número de visitas por dia poderia ser aumentado com a concomitante diminuição da potência das lâmpadas.

A utilização de luminárias quentes e muito próximas de espeleotemas pode inclusive causar modificação na mineralogia. Na Castellana Cave (Itália), foi constatado o início de crescimento de cristais de aragonita sobre uma estalactite calcítica quando uma lâmpada incandescente de 1000 watts foi instalada a 0,50 metro do espeleotema (Forti, 1980).

## 4. MÉTODOS EMPREGADOS

### 4.1. Monitoramento da temperatura e umidade

O monitoramento da temperatura e umidade das grutas foi efetuado por meio de termohigrógrafos eletrônicos com armazenamento automático, da marca Texto, pertencentes ao IPHAN. São equipamentos pequenos, com dimensões de 75x44x25 mm, e leves (60 g, incluindo bateria) e programados por microcomputador através de programa apropriado em ambiente *MS-Windows 95*, com geração de dados que podem ser trabalhados em planilhas eletrônicas, neste caso foi utilizado o programa *MS-Excel*.

Os aparelhos foram programados para obtenção de medidas em intervalos de 30 minutos e as temperaturas registradas em graus Celsius e as umidades em porcentagens relativas, sendo que para a umidade relativa de 100% significa a capacidade máxima de retenção de vapor de água no ar.

Foram estabelecidas as estações de monitoramento, distribuídas no interior das cavidades e uma no ambiente externo sendo que o levantamento sistemático foi realizado no período de 26/06/1999 a 29/09/2000 nas duas cavernas.

### 4.2. 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 determinado, cujo cálculo é baseado em parâmetros e critérios que subsidia o monitoramento e manejo de determinada área passível de visitação turística. Esta definição inicialmente foi aplicada para definir a quantidade de animais para uma determinada área de pastagem, conceito este que passou a ser aplicado, para áreas naturais turísticas, em função da necessidade de se fixar limites e estabelecer critérios mais nítidos para ordenar e manejar a visitação (Cifuentes, 1992).

No caso de atrativos naturais, a capacidade de visitação é definida como número máximo de visitantes admissível no atrativo turístico, sob determinadas condições, em uma unidade de tempo, de tal forma a não provocar modificações permanentes nos parâmetros relevantes do ambiente.

A capacidade de carga é definida através do número de visitas/tempo/sítio. Moore (1987) *apud* Cifuentes (1992), em estudos realizados no Parque Nacional de Galápagos, optou 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. Desta forma, para o presente estudo, foram consideradas visitas ao invés de visitantes, neste caso, a presença do guia de turismo foi também considerada para os cálculos.

Para o cálculo de capacidade de carga das cavernas estudadas em Bonito, aplicou-se o Método de Cifuentes, o qual é caracterizado através de três níveis ou hierarquias de capacidade de carga. Os quais são, Capacidade de Carga Física (CCF), Capacidade de Carga Real (CCR) e Capacidade de Carga Efetiva (CCE) (ver tabela 4.1).

Tabela 4.1 Níveis da capacidade de carga de acordo com o Método de Cifuentes (1992).

Capacidade de carga	Variáveis	
CCF	Espaço físico Horário de visita Tamanho do grupo Distância entre grupos Duração da visita	
CCR	Ambientais:	Precipitação Inundação Brilho solar
	Físicas:	Erodibilidade do solo Acessibilidade (grau de dificuldade)
	Ecológica :	Perturbação da fauna
	De Manejo:	Fechamento para manutenção
CCE	Capacidade de manejo:	Pessoal/equipamento/infraestrutura

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

Considerando que uma pessoa necessita de cerca de 1 m<sup>2</sup> para mover-se livremente, conhecendo-se o tamanho da área e o tempo necessário à visita, define-se esta como:

$$CCF = V/A \times S \times T \quad (\text{visitante na unidade de tempo}) \quad (1)$$

onde:  $V/A$  é a quantidade de visitante numa determinada área específica,  $S$  é a superfície disponível para o público e  $T$  é o tempo necessário para executar a visita.

Durante a visitação na caverna, o ideal é que as pessoas percorram um caminho específico pré-determinado seguindo o mesmo em fila. Desta forma, considerando-se a largura do caminamento como de um metro, a área disponível será equivalente ao comprimento do caminamento disponível para a visitação, então:

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

onde:  $C$  é o comprimento total do caminamento em metros (m),  $D$  é a 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 caminamento (h) e  $N$  é o número de visitas por grupo (visitas).

O resultado da expressão  $\left(\frac{C}{D}\right)$  e  $\left(\frac{T}{t}\right)$  representam 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, para efeito de cálculos.

A Capacidade de Carga Real (CCR) é o limite máximo de visitas que as condições naturais permitem. É obtido a partir da aplicação dos 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 estimado, conforme a variável ambiental e características do local, por exemplo, porcentagem do caminhar com partes escorregadias, porcentagem do caminhar 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 fórmula:

$$CCR = CCF \times \prod_{i=1}^n \left( \frac{100 - FC_i}{100} \right) \text{ (visitas/dia)} \quad (3)$$

onde: FC é o Fator de Correção expresso por porcentagem, n é a quantidade de variáveis limitantes consideradas no estudo e seu valor é calculado pela fórmula:

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

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

Portanto a Capacidade de Carga Real será:

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

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 ela 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 se expressa pela seguinte fórmula:

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

onde: CM é a porcentagem da capacidade de manejo considerada ideal para a administração da área, através da qual estarão seguros o visitante e o atrativo.

Segundo Cifuentes (1992) a definição da capacidade de carga não deve ser tomada como uma solução para os problemas de visitação de áreas naturais protegidas, sendo esta apenas uma, entre outras, das ferramentas de planejamento. Sendo esta definição uma decisão de ordem humana, encontra-se sujeita a considerações e pressões de ordem social, econômica e política que podem, até mesmo, desvirtuar o objetivo principal desta definição que é o de proteger o sítio natural.

É destacado também que 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.

A título de exemplo, o número de visitantes para a Gruta do Lago Azul foi estipulado em 30 pessoas simultaneamente à época da realização do estudo de Lino *et al.* (1984), no qual foi ressaltado que o número depende da quantidade de guias disponíveis e condições de acesso interno. Em 1995, já com a escadaria interna, o número definido de visitantes por dia foi estipulado em 225, em função da disponibilidade de guias de turismo e, atualmente, tem sido solicitada ampliação deste número para 305 visitantes/dia, em função do aumento da atividade turística em Bonito, lembrando que a determinação destes números foi empírica, sem a aplicação de nenhum tipo de estudo.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

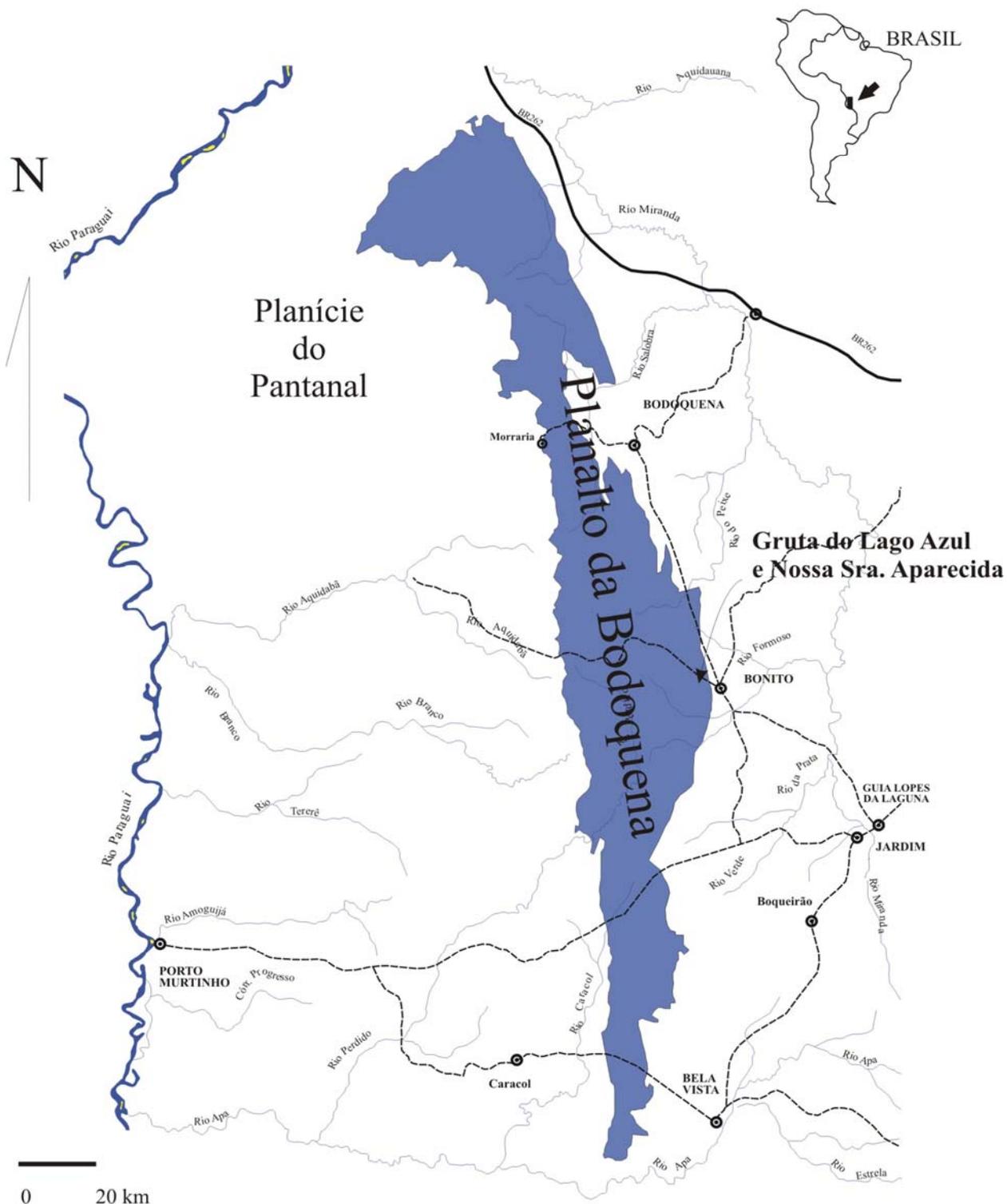
### 5.1. Caracterização da Serra da Bodoquena

O Planalto da Bodoquena, conforme é descrito em Boggiani & Clemente (1999), constitui feição de relevo localizada na porção centro-sul do Estado de Mato Grosso do Sul, na borda do Pantanal do Nabileque, onde se localizam as cidades de Bonito, Bodoquena e parte dos Municípios de Jardim, Guia Lopes, Porto Murtinho e Miranda. Esta unidade geomorfológica é sustentada por rochas carbonáticas do Grupo Corumbá de idade pré-cambriana (Almeida, 1965; Boggiani *et al.*, 1996, 1997 e 1988), e apresenta forma alongada, na direção norte-sul, com 200 km de comprimento e largura variando de 10 a 70 km (ver figura 5.1).

A paisagem desenvolvida no Planalto da Bodoquena é influenciada pela presença das rochas carbonáticas do substrato rochoso. Estas rochas são solúveis e dão origem a inúmeras cavernas, dolinas e demais feições de relevo cárstico.

Os rios que drenam o Planalto têm suas cabeceiras em rochas carbonáticas muito puras, apresentando águas límpidas e bicarbonatadas que proporcionam o crescimento abundante de depósitos carbonáticos fluviais, denominadas de tufas calcárias (Boggiani & Coimbra, 1995). Estas tufas calcárias têm o crescimento relacionado ao desenvolvimento de musgos e algas microscópicas, dando origem a formações de grande valor cênico. São depósitos carbonáticos muito frágeis, diretamente dependentes das condições de qualidade das águas e intensamente procurados como atrativo turístico (Boggiani *et al.*, 2002). Por serem frágeis, não resistem ao pisoteio, como ocorreu com uma destas formações presentes no Balneário Municipal de Bonito.

Como espécies dominantes da cobertura vegetal destaca-se o anjico-jacaré, o capitão-do-campo, o gonçalo-alves, a taratema, o pacari e a aroeira. Na esparsa cobertura rasteira ocorre disseminação de capim-corona, ciperiáceas e concentrações de bromeliáceas, caraguatás ou macambira. Nas áreas em que o Cerradão é mais aberto, verifica-se o surgimento do capim-flecha e do capim flechinha e de arbustos como a guavira ou gariroba e de palmeiras, como a macaúba ou bocaiúva. Onde predominam os afloramentos rochosos, a vegetação é menos densa e encontra-se com raízes fortemente arraigada nas fendas, onde as plantas encontram nutrientes e reserva de umidade (Furtado *et al.*, 1982).



Gruta	Coordenadas UTM	
	Latitude (E)	Longitude (N)
Lago Azul	0542515	7661789
Nossa Senhora Aparecida	0544257	7667671

Mapa elaborado com base nas folhas topográficas, escala 1:100.000 do Ministério do Exército, folhas Rio Perdido e Jardim

Figura 5.1 Croqui da localização do Planalto da Bodoquena.

As matas ciliares do Planalto são mais compactas, com espécies arbóreas com altura variando de 5 a 7 m, e encontram-se intensamente degradadas, principalmente ao longo das drenagens da Bacia do Rio Formoso em Bonito. Nestas matas ocorrem expressivas distribuições de pau-terra-folha-larga, pau-terra-folha-miúda e de lixeira. A densidade dos exemplares diminui com a distância do rio, assim como suas alturas, passando a predominar as espécies faveiro-do-campo, o pau-de-tucano, o barbatimão, o angico e o ipê-caraíba, com estrato arbóreo de 1m mesclado por arbustos e subarbustos como o angelim rasteiro, o velame-brando e a guavira. As gramíneas mais encontradas são o capim-flecha, o capim-flechinha, o capim-corona, o capim-agreste e nas áreas mais sombreadas observam-se emaranhados de caraguatás e palmeirinhas butiá (Furtado *et al.*, 1982).

Além dos atrativos naturais relacionados às suas drenagens, a região de Bonito apresenta por volta de trinta grutas (Mendes, 1957; Lino *et al.*, 1984; Gnaspini Netto *et al.*; 1994; Ayub *et al.*, 1996). Destas, as que apresentam potencial turístico são a do Lago Azul, Nossa Senhora Aparecida, Mimoso, Fazenda São Miguel e o Abismo Anhumas, com destaque para as duas primeiras.

## **5.2. Histórico da implantação do turismo nas grutas de Bonito**

A região de Bonito já era conhecida, desde os anos quarenta, pela existência da Gruta do Lago Azul, por ser esta de fácil acesso e localização.

Em 1957, as cavernas receberam pela primeira vez uma publicação científica (Mendes, 1957). Nesse trabalho, as grutas do Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida foram denominadas, respectivamente, Gruta da Fazenda Anhumas e Gruta da Fazenda Três Irmãos. Digno de nota é o fato de, naquela época, o lago ao fundo da Gruta do Lago Azul ter sido considerado como de pouca profundidade.

Segundo histórico de Lino *et al.* (1984), a gruta foi descoberta na década de quarenta, pelo antigo proprietário da área, Sr. Homero Antunes da Silva e a visitação turística teria sido iniciada somente nos anos setenta, com o trabalho do Hélio Loureiro, como secretário municipal, e do guia de turismo Sérgio Ferreira Gonzales (“Sérgio da Gruta”).

Ainda na década de setenta, estudos visando o aproveitamento da água do lago subterrâneo da Gruta do Lago Azul foram realizados pela TURIMAT (Empresa Turística do Mato Grosso). O abandono desse projeto foi sucedido pelo estudo realizado pelo Prof. Ronaldo Teixeira da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) que resultou, em 1978, na proposta do “Programa para utilização de um turismo científico-cultural na área sudeste do Estado de Mato Grosso”, apresentada por técnicos da Secretaria de Indústria e Comércio de Mato Grosso, com envolvimento da EMBRATUR.

Nesse programa, segundo Lino *et al.* (1984), foi recomendada a construção das grades, hoje existentes nas entradas das duas grutas, e iniciado o processo de tombamento das grutas do Lago

Azul e Nossa Senhora Aparecida, com base em solicitação formal do Sr. Luiz Aleixo da Silva Filho encaminhada ao Governador do Estado de Mato Grosso Uno, Sr. José Garcia Neto.

O encaminhamento do pedido de tombamento foi realizado pelo Secretário de Estado, Sr. David Balaniue, tendo sido o processo aprovado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN e homologado no Ministério da Educação e Cultura em 13/10/1978 (processo nº. 979-T-1978).

Em dezembro de 1981, o Secretário Adjunto da Secretaria de Justiça do Estado de Mato Grosso do Sul, Sr. Roberto Tambelini, solicitou à Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC orientação técnica e vistoria das grutas do Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida. Esse trabalho foi desenvolvido pelos geólogos Rui Campos Perez e Wilson Roberto Grossi, em cujo relatório (Perez & Grossi, 1981) foi dado destaque à intensa depredação dos espeleotemas e presença de lixo, principalmente na Gruta Nossa Senhora Aparecida. Neste trabalho, foi estimado que a área de entorno necessária para a preservação da Gruta do Lago Azul deveria ser de 20 hectares, abrangendo o maciço rochoso da gruta, as matas e os campos limítrofes. Para a Gruta Nossa Senhora Aparecida, foi sugerida a área de um círculo com 2 km de raio com o centro coincidindo com a entrada da caverna. Diante da visitação altamente depredat ria, esses geólogos recomendaram o treinamento dos condutores de visitantes e o mapeamento das grutas visando o planejamento da infra-estrutura turística.

Em abril de 1982, as duas grutas foram compradas pelo Governo do Estado de Mato Grosso do Sul em nome da Empresa de Turismo de Mato Grosso do Sul - MSTUR. Naquela época, não havia defini o da propriedade de cavidades naturais subterrâneas, as quais, atualmente, são consideradas pertencentes à União pela Constitui o Federal. A  rea adquirida para a Gruta do Lago Azul foi de 25 hectares e 1 700 m<sup>2</sup>, parte da antiga Fazenda Anhumas, propriedade na época do Sr. Salvador Roncisvalle Filho, e para a Gruta Nossa Senhora Aparecida a área de 10 hectares e 2 m<sup>2</sup>, parte da Fazenda Jaraguá, propriedade da Agro-Pecuária Serradinho Ltda. Ambas as áreas, inicialmente registradas no nome do Estado de Mato Grosso do Sul, foram em 10/01/1983 passadas em nome da MS-TUR- Empresa de Turismo de Mato Grosso do Sul, Empresa Pública Estatal.

Em 25/11/98, através de requerimento da Procuradora de Assuntos do Patrimônio Imobiliário da Procuradoria Geral do Estado, os imóveis, foram registrados em nome do Estado de Mato Grosso do Sul.

O primeiro mapa topográfico da Gruta do Lago Azul foi providenciado pelo Departamento de Cultura de Mato Grosso do Sul, da Secretaria de Desenvolvimento Social, através de sua diretora Lea Rita Euterpe de Figueiredo Ribeiro, foi elaborado pelo topógrafo Ess nio Silveira Cavalheiro, juntamente com apresenta o ao IPHAN, em 1982, do projeto "Preserva o e Adequado Manejo Turístico das Grutas de Bonito". A convite da Sra Lea Rita, o arquiteto Clayton Ferreira Lino e o

geólogo Paulo César Boggiani realizaram exploração e levantamentos preliminares das grutas em julho de 1983. Nestes levantamentos, constataram a ocorrência de outras cavidades, entre elas o Abismo Anhumas, cujo desnível foi medido em 60 m, sem, no entanto, explorá-lo.

O projeto do Departamento de Cultura de Mato Grosso do Sul foi aprovado pelo IPHAN em 1984 e coordenado pelo arquiteto Clayton Ferreira Lino, o qual, juntamente com equipe técnica multi e interdisciplinar, desenvolveram levantamentos topográficos mais detalhados das grutas e apresentou as diretrizes para um plano de manejo turístico da região (Lino *et al.*, 1984).

O principal resultado do Projeto Grutas de Bonito, além da caracterização e mapeamento das grutas, foi o zoneamento do tipo de uso das cavernas tombadas e proposta, em linhas gerais, do tipo de infra-estrutura a ser implantado nas grutas do Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida. A partir desta proposta, foi construído caminhamento no interior da Gruta do Lago Azul com a utilização de blocos calcários rejuntados com massa de cimento. A proposta era de facilitar o caminhamento com o mínimo de impacto visual.

Nenhuma das recomendações de infra-estrutura para a Gruta Nossa Senhora Aparecida do mencionado projeto foi implementada. A visitação à gruta era feita de forma precária e prosseguia a depredação até que, a partir de 1992, foi interditada pelo IPHAN e assim permanece até hoje.

Os questionamentos quanto à forma de construção da escadaria atual da Gruta do Lago Azul são constantes, ao ponto de, no início de 1994, proposta de escadaria metálica com corrimão para a Gruta do Lago Azul ter sido idealizada pela Companhia de Desenvolvimento Econômico do Estado de Mato Grosso do Sul - CODEMS, órgão que ficou responsável pela área de entorno às grutas adquiridas pelo Estado. Nessa proposta, desenvolvida pelo arquiteto José Favez, havia ainda a sugestão de modificação do traçado atual da visitação, com o estabelecimento de um circuito em poligonal, a fim de possibilitar o aumento do número de visitantes.

Também na forma de proposta, foi apresentada a Dissertação de Mestrado, defendida na Universidade Federal de São Carlos, do engenheiro José Ayrton Labegalini sobre a Gruta do Lago Azul, realizada em 1996, porém neste estudo nenhuma nova informação foi acrescentada perante o que já se conhecia para a Gruta do Lago Azul (Labegalini, 1996).

Dois cursos de formação de guias de turismo foram realizados pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS e Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas no Mato Grosso do Sul-SEBRAE e um terceiro pela Prefeitura Municipal de Bonito, em 1997 e ainda um quarto curso no ano 2000. Desde a formação da primeira turma, em março de 1993, a visitação à Gruta do Lago Azul somente é permitida acompanhada do guia de turismo credenciado pela EMBRATUR e Prefeitura Municipal de Bonito.

Por iniciativa da Diretora da 11<sup>a</sup> Sub-regional II/14<sup>a</sup> CR/IPHAN, Arquiteta Ana Isa Garcia Bueno, foi realizado Encontro Técnico “Diretrizes básicas para o gerenciamento das grutas do Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida”, entre 9 e 11 de maio de 1995, em Bonito, com a participação de representantes das instituições envolvidas. Nesse encontro, foi estipulado que o número máximo de visitantes na Gruta do Lago Azul seria de 225 por dia.

A visitação à Gruta do Lago Azul passou a ser realizada com a cobrança de ingresso de R\$ 5,00 por pessoa feita pelas agências de turismo que recebem senhas da Prefeitura Municipal de Bonito. Do valor cobrado, R\$ 2,00 eram destinados ao Fundo Municipal de Turismo, gerido pelo Conselho Municipal de Turismo de Bonito - CONTUR, R\$ 1,50 para a agência de turismo e os outros R\$ 1,50 para o guia de turismo.

Em julho de 1999, por decisão do COMTUR-Bonito, o valor do ingresso da Gruta do Lago Azul foi aumentado para R\$ 10,00, sendo que deste valor R\$ 7,00 ficam destinados ao Fundo Municipal Turismo - FUTUR e o restante permanecendo na mesma proporção anteriormente estipulada. Posteriormente, o recurso destinado ao FUTUR diminuiu para R\$ 6,00 por ingresso e o restante dividido entre agência e guia (R\$ 2,00 para cada).

Em meados de 2001, parte da taxa cobrada de R\$ 10,00, o montante de R\$ 0,85, passou a ser destinado para seguro de vida do visitante e, a partir de outubro de 2003, o valor do ingresso à gruta foi aumentado para R\$ 25,00; apesar de recomendações no sentido de reduzir o preço, para menos de R\$ 10,00, por se tratar de um Bem da União e em função do caráter público.

Em 29/09/99 foi realizada reunião na sede do IPHAN, em Campo Grande, com representantes do IBAMA, Superintendência de Turismo, Secretaria Municipal de Turismo e Meio Ambiente, do Conselho Municipal de Turismo de Bonito, da ABAETUR – Associação das Agências de Turismo de Bonito e da AGTURB – Associação dos Guias de Turismo de Bonito e da UFMS. Esta reunião foi marcada em função de reivindicações referentes à visitação na Gruta do Lago Azul, e para discutir a delimitação da área de entorno das áreas tombadas pelo IPHAN para as grutas do Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida. Para esta área de entorno, ficou decidido estruturar um comitê gestor, com a participação das instituições envolvidas com a questão. Foi tomada esta decisão em função da complexidade da questão e do envolvimento de grande número de instituições. Assim, através do comitê gestor, poderia otimizar o tempo para a tomada de decisões.

Foi instituído em Bonito o Comitê Gestor dos Bens Tombados de Bonito, através do Decreto Municipal nº. 063/99, com o objetivo de discutir sobre todas as atividades realizadas nos bens tombados e nas áreas de entorno e que contou com a participação das seguintes instituições:

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico, Artístico Nacional;

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente;  
COMTUR – Conselho Municipal de Turismo de Bonito;  
COMDEMA – Conselho Municipal de Meio Ambiente de Bonito;  
Prefeitura Municipal de Bonito;  
Superintendência de Turismo da SEPRODES;  
Delegacia de Patrimônio da União;  
Secretaria Estadual do Meio Ambiente;  
AGTUR – Associação dos Guias de Turismo de Bonito e  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

O Decreto Municipal permitia ainda a inclusão de demais entidades que o comitê considerasse necessária, como foi realizado posteriormente com a inclusão da Fundação Estadual de Cultura.

Ocorreram algumas reuniões deste comitê, as quais foram importantes para a discussão sobre a necessidade de infra-estrutura para as grutas, mas o mesmo passou a não ser mais efetivo principalmente após a criação de unidade de conservação nas áreas das grutas, que foram inseridas no Monumento Natural Gruta do Lago Azul, criado através do decreto Estadual nº. 10394 do dia 11 de junho de 2001, constituído por duas áreas não contínuas que totalizam 260 hectares.

### **5.3. Descrição das grutas**

A Gruta do Lago Azul é constituída por um salão principal, denominado Salão do Lago (figura 5.2), com piso inclinado e lago subterrâneo ao fundo com mais de cinquenta metros de profundidade. Este salão apresenta 143 metros de extensão na direção NE-SW e 80 m na direção NW-SE. A gruta apresenta entrada circular com aproximadamente quarenta metros de diâmetro, o que permite a entrada de luz até o lago. 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 (Kholer *et al.*, 1998).

A Gruta do Lago Azul é habitat natural de espécie troglóbia (restrita ao meio subterrâneo) da Ordem Spelaeogriphacea (Pires, 1987), constituída por pequenos crustáceos (alguns milímetros de comprimento) cegos e despigmentados, que se concentram na parte iluminada do lago.

No fundo do lago, com volume estimado de 450000 m<sup>3</sup> (Kholer *et al.*, 1998), foram também encontradas inúmeras ossadas de mamíferos pleistocênicos, durante expedição de mergulho do Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, em 1992.



Figura 5.2– Visão geral do Salão do Lago da Gruta do Lago Azul. Observe a pessoa com macacão amarelo para ter uma dimensão do mesmo.

O teto do Salão do Lago acompanha a inclinação do piso, com alturas que variam de 20 a 25 metros e encontra-se com estalactites esparsas. Já o piso é mais rico em ornamentações, principalmente na lateral noroeste (pela esquerda de quem entra na caverna), onde se localiza o caminhamento atual. Kholer *et al.* (1998) consideram a hipótese do aquífero da Gruta do Lago Azul não ter conexão direta com condutos próximos, nem mesmo com o lago do Abismo Anhumas, situado 500 metros (m) a oeste. Esta suposição necessita ser revista, diante da descoberta dos crustáceos, antes considerados presentes apenas na Gruta do Lago Azul, tanto no Abismo Anhumas como em demais cavernas da região.

O piso da caverna apresenta blocos de abatimento soltos no canto sudeste e cimentados com carbonato de cálcio na porção noroeste. Ao fundo da caverna, próximo do lago, existe estalagmite com cerca de 12 m de altura e 4 m de diâmetro. Nesta estalagmite, nota-se dois entalhes de dissolução, um a 3 m acima do nível atual do lago e outro a 6 m acima deste, o que demonstra variação pretérita do nível da água.

Da mesma forma que a Gruta do Lago Azul, a Gruta Nossa Senhora 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.

A Gruta Nossa Senhora 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 sua 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 1m 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 o piso argiloso (figura 5.3).

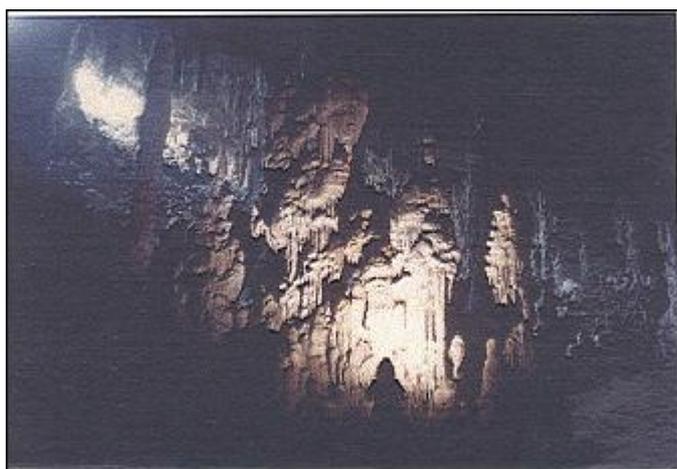


Figura 5. 3 – Gruta Nossa Senhora Aparecida mostrando a entrada no canto esquerdo da fotografia por onde a entrada de luz é relativamente menor do que na Gruta do Lago Azul.

Na Gruta Nossa Senhora Aparecida, ocorrem estalactites originadas a partir da formação conjunta de estalactites e cortinas com crescimento direcionadas para a entrada da caverna e denominadas “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 frequência.

Apenas a Gruta do Lago recebe visitação turística, a partir de projeto de manejo elaborado em 1984 (Lino *et al.*, 1984). A Gruta Nossa Senhora Aparecida, recebia visitas esporádica, porém esta atividade foi proibida a partir de 1992, por falta de uma infra-estrutura adequada.

#### **5.4. Visitação na Gruta do Lago Azul**

A visitação na Gruta do Lago Azul é feita durante o dia, com acompanhamento de guias de turismo formados e credenciados pela EMBRATUR, em grupos de 15 turistas por guia, sem nenhum tipo de iluminação artificial. Cada grupo permanece por volta de 1h 30min no interior da gruta, e no máximo ficam três grupos simultâneos no seu interior.

O grupo percorre caminamento 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 lago. Este caminamento foi construído conforme orientações estabelecidas pelo Projeto Grutas de Bonito (Lino *et al.* 1984), cuja proposta básica foi implementar um caminamento seguro ao visitante, porém com o mínimo de impacto visual.

O problema observado é que a visitação é irregular ao longo do ano, concentrada em determinados períodos, como em feriados e nos meses de férias escolares. Na tabela 5.1, é possível verificar o número de visitantes por ano:

Tabela 5.1 Número de visitantes na Gruta do Lago Azul, excluído o guia de turismo, Bonito/MS.

<b>Ano</b>	<b>Número de Visitantes</b>
1996	32.937
1997	34.027
1998	36.248
1999	43.829
2000	43.785
2001	45.996

Fonte: Secretaria de Turismo de Bonito/MS.

### **5.5. Monitoramento da variação da temperatura e umidade das grutas estudadas**

Segundo Cigna (1993), existem grutas que apresentam nível energético tão baixo que 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.

O equilíbrio da temperatura depende da diferença entre a quantidade de energia que a cavidade recebe e a quantidade de energia que ela perde, sendo que esta transferência pode ocorrer por meio de condução, convecção ou radiação.

A transferência por condução ocorre por meio direto, quando se aquece o solo ao redor ou em cima da cavidade, a transferência por convecção se dá pelo recebimento ou perda energia através do ar em movimento no interior da caverna. Já a transferência por radiação ocorre sem um meio específico, como, por exemplo, através da luz solar.

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 que cavidades muito próximas da superfície, estão sujeitas à interferência das variações externas, tais como desmatamentos, queimadas, etc.

As cavernas são consideradas ambientes fechados com relação a fluxos de energia, os quais são relativamente baixos se comparados com ecossistemas na superfície. Algumas cavidades, porém, apresentam grande fluxo de energia, como as que apresentam rios subterrâneos e as sujeitas às inundações periódicas. O monitoramento da temperatura e umidade forneceu parâmetros sobre o

comportamento destas variáveis no interior das grutas, os quais estabeleceram fatores de correção para determinação da Capacidade de Carga Real (CCR) através do Método de Cifuentes.

A Gruta do Lago Azul, independentemente do monitoramento da variação da temperatura e umidade, pode ser considerada uma gruta com alto nível energético, devido à grande dimensão de sua entrada o que inclusive possibilita a incidência dos raios solares. Já a Gruta Nossa Senhora Aparecida, seria de nível energético intermediário, e estas estimativas preliminares foram verificadas através das análises do resultado do monitoramento das variações de temperatura e umidade realizadas.

Para o monitoramento da temperatura e umidade das grutas estudadas, foram estabelecidas as estações de monitoramento relacionadas na tabela 5.2 e tabela 5.3, sendo que o levantamento sistemático foi realizado no período de 26/06/1999 a 29/09/2000 com apenas um pequeno intervalo sem medição, no período de 30 de maio a 05 de abril de 2000.

Tabela 5.2 Relação das estações de monitoramento de temperatura e umidade da Gruta do Lago Azul, Bonito/MS.

<b>Código da estação</b>	<b>Localização</b>
Laext	Centro de recepção de turistas (500m a sudeste da caverna).
Lapel	Próxima ao caminhamento e local de concentração de pessoas.
Lasas	Em um salão inacessível aos turistas, acima do nível do caminhamento sendo denominado Salão Superior.
Lapas	Situada no caminhamento dos turistas.
Lalago	Instalada no lago, também inacessível aos turistas.
Lacti	Canto inferior da caverna, em local não acessível aos visitantes.
Lavar	Localizada no canto leste da caverna, em futuro local de caminhamento.

Tabela 5.3 Relação das estações de monitoramento de temperatura e umidade da Gruta Nossa Senhora Aparecida, Bonito/MS.

<b>Código da estação</b>	<b>Localização</b>
Apent	Instalada na entrada da caverna.
Apcor	Canto lateral da caverna, próximo à entrada.
Aptam	Próximo a um espeleotema conhecido como tambor, numa área mais isolada da caverna, onde a incidência de luz solar é nula.
Appis	Posicionada no piso inferior da caverna.

Através da estação “laext”, distante 500 m da Gruta do Lago Azul e 6000 m da Gruta Nossa Senhora Aparecida, foram monitoradas as variações de temperatura e umidade do meio externo às cavernas.

Os resultados foram analisados pelo período de 1 ano, entre julho de 1999 a julho de 2000 e as análises tiveram como base a média diária das variáveis, pois as medições foram registradas a cada 30 minutos.

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 (desconsiderando as estações lavar e lalago) na Gruta do Lago Azul e de 10,14 °C a 25,45 °C na Gruta Nossa Senhora Aparecida. O que se nota é a amplitude de variação menor na gruta Nossa Senhora Aparecida em relação à Gruta do Lago Azul. A umidade mínima foi de 17,40%, 36,10% e 32,20% externamente, nas Grutas do Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida, respectivamente e a máxima foi de 100% em todas as estações.

Ao se analisar os valores máximos e mínimos de temperatura e umidade do interior das grutas, comparados aos do exterior, constata-se uma relação entre os mesmos, sendo esta interação mais acentuada na Gruta do Lago Azul (ver tabelas 5.4 e 5.5).

Tabela 5.4 Temperaturas mínimas e máximas e umidades mínimas nas estações de monitoramento da Gruta do Lago Azul, Bonito/MS.

<b>Gruta do Lago Azul</b>						
<b>Temperatura (°C)/data</b>						
<b>Mínima</b>						
Laext	lapel	Lapas	lacti	lasas	lavar	lalago
2,28	12,64	9,60	12,50	14,84	13,35	-7,60
16/08/99	15/08/99	16/08/99	21/07/99	11/06/00	18/07/99	08/08/99
<b>Máxima</b>						
40,54	39,19	38,60	39,49	38,97	20,30	11,34
21/11/99	10/10/99	21/12/99	11/10/99	10/10/99	03/07/99	09/09/99
<b>Umidade (%)/data</b>						
<b>Mínima</b>						
17,40	34,80	36,10	37,60	34,90	58,00	Não medido
26/09/99	15/08/99	16/12/99	11/10/99	11/10/99	31/07/99	

Os dados da estação lalago, instalada para medir temperatura do lago, registrou limites de – 7,60 °C a 11,34 °C e para efeito de análise do comportamento temperatura e umidade, os dados desta estação não foram considerados nos cálculos da temperatura e umidade média interna da gruta e chama a atenção o extremo valor negativo registrado, inferior a zero, o qual não foi possível constatar se seria uma medida real ou defeito no equipamento. O valor máximo relativamente baixo deve-se ao curto período de medição, restrito ao inverno e depois do qual ficou impossibilitado o

registro em função de danificação na sonda utilizada. A medição na estação lavar foi de 26/06/99 a 03/08/99, assim a temperatura máxima de 20,3 °C refere-se apenas para este período.

Tabela 5.5 Temperaturas mínimas e máximas e umidades mínimas nas estações de monitoramento da Gruta Nossa Senhora Aparecida, Bonito/MS.

<b>Gruta Nossa Senhora Aparecida</b>			
<b>Temperatura (°C)/data</b>			
<b>Mínima</b>			
Appis	aptam	Apcor	apent
10,14	11,51	17,51	15,31
16/08/99	16/08/99	21/04/00	15/08/99
<b>Máxima</b>			
20,77	20,90	24,64	25,45
18/03/00	18/03/00	16/10/99	27/06/99
<b>Umidade (%)/data</b>			
<b>Mínima</b>			
33,50	32,20	40,90	38,50
15/08/99	15/08/99	24/11/99	08/08/99

A tabela 5.6 mostra que na redução em 10,77 °C na temperatura externa do dia 13 para 14 de agosto de 1999, ocorreu também redução de 3,77 °C e 2,15 °C, respectivamente, nas Grutas do Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida e considerando a temperatura externa como referência (100%), a redução representou 35% e 20% para o interior das mesmas, constando assim a influência do meio externo sobre o meio cavernícola em proporções diferentes para cada gruta, porém significativas (ver tabela 5.6).

Tabela 5.6 Variação da temperatura média externa e cavernícola no período de 12/08/99 a 19/08/99.

<b>Mês de ago/99</b>		<b>Variação da temperatura (°C)</b>					
<b>Dia</b>		<b>Externa</b>		<b>Lago Azul</b>		<b>NS Aparecida</b>	
12	13	-5,75	100%	-0,82	14%	-0,18	3%
13	14	-10,77	100%	-3,77	35%	-2,15	20%
14	15	-1,64	100%	-1,95	119%	-1,54	94%
15	16	2,62	100%	1,01	38%	-0,06	-2%
16	17	5,42	100%	2,20	41%	1,20	22%
17	18	3,22	100%	0,94	29%	0,39	12%
18	19	3,00	100%	0,70	23%	0,55	18%

O valor de  $-2\%$  verificado dia 15 para o dia 16 verificado na gruta Nossa Senhora Aparecida, indica que a temperatura média externa aumentou  $2,62\text{ }^{\circ}\text{C}$ , porém a temperatura média interna da gruta reduziu  $0,06\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

A figura 5.4 demonstra esta tendência das oscilações verificadas.

#### Temperatura média diária do meio externo e cavernícola

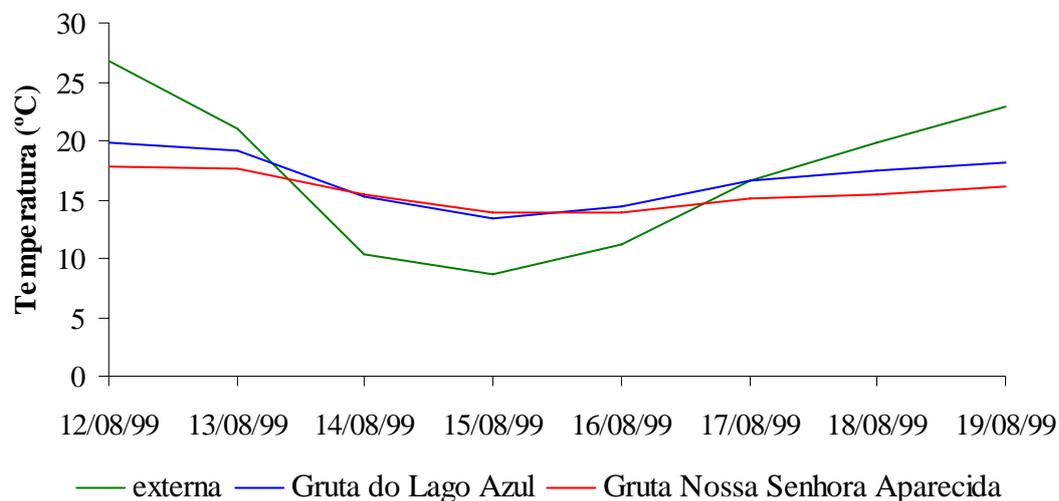


Figura 5.4 Variação da temperatura externa e interna do meio cavernícola das grutas estudadas.

Analisando a tabela 5.7 pode-se verificar que a umidade no período de 12/08/99 a 19/08/99 manteve-se em torno de  $48,67\%$  externamente, porém, as internas reduziram de  $98,63\%$  para  $49,18\%$  e retornou para  $95,78\%$  na Gruta do Lago Azul e a variação na Gruta Nossa Senhora Aparecida foi de  $89,82\%$  até  $43,92\%$  e retornou a  $81,89\%$ . Esta oscilação pode ter consequência da redução da temperatura, visto ser o mês de agosto de estiagem.

Tabela 5.7 Variação da umidade média externa e cavernícola no período de 12/08/99 a 19/08/99.

Dia	Umidade (%)		
	Externa	Gruta do Lago Azul	Gruta Nossa Senhora Aparecida
12/08/99	42,35	99,63	89,82
13/08/99	57,31	83,82	82,34
14/08/99	53,29	53,24	50,74
15/08/99	46,72	49,18	43,92
16/08/99	44,93	64,42	53,00
17/08/99	49,37	78,09	66,28
18/08/99	48,90	85,88	71,85
19/08/99	46,48	95,78	81,89

A figura 5.5 mostra o comportamento apresentado na tabela 5.7.

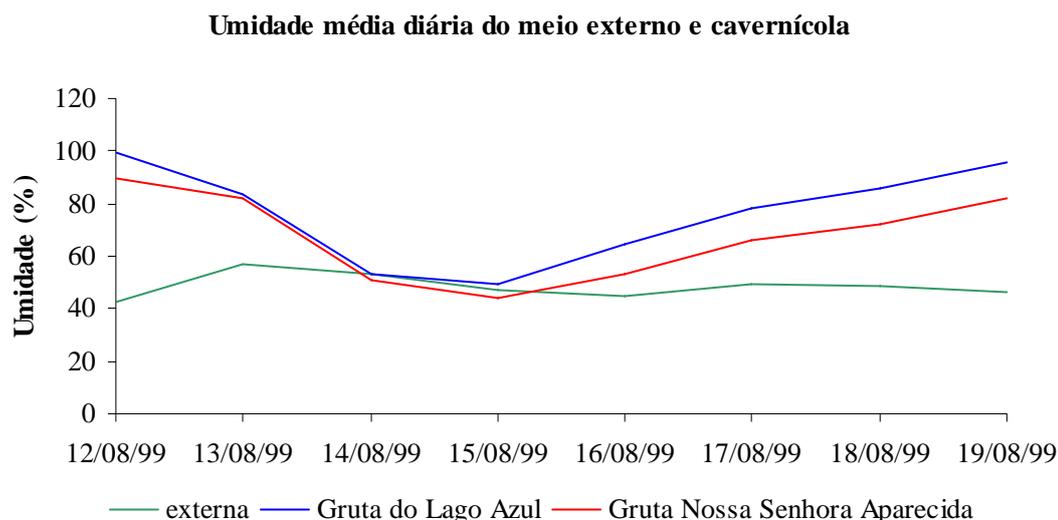


Figura 5.5 Variação da umidade relativa externa e interna do meio cavernícola das grutas estudadas.

A média da temperatura externa no período analisado foi de 24,76 °C e desvio padrão de 5,84 °C e das estações (lapel, lapas, lacti e lasas) variaram de 20,50 °C a 21,55 °C com desvio de 1,09 °C a 1,92 °C. Estas estações internas apresentaram resultados da média muito próximos entre si, cujo valor no conjunto foi de 20,8 °C e desvio padrão de 2,79 °C representando assim a média interna da Gruta do Lago Azul (ver tabela 5.8).

A média da umidade interna variou de 92,79% a 96,81% e desvio padrão de 8,63% a 13,17%, sendo muito superior à média externa que foi de 69,90% e 22,96% o desvio padrão, podendo constatar que o meio cavernícola se mantém com umidade relativa alta em relação ao meio externo.

Tabela 5.8 Média e desvio padrão da temperatura e umidade externa da Gruta do Lago Azul, Bonito/MS.

Descrição	Temperatura (°C)						
	externa	lapel	lapas	lacti	lasas	lavar	lalago
Média	24,76	20,82	20,57	20,50	21,55	18,04	7,24
Desvio padrão	5,84	1,71	1,92	1,50	1,09	1,64	3,05
Umidade (%)							
Média	69,90	90,29	96,79	96,81	95,30	92,79	Não medido
Desvio padrão	22,96	13,17	8,98	8,71	8,63	8,52	

Na tabela 5.9 observa-se que a temperatura interna nas estações da Gruta Nossa Senhora Aparecida variaram de 18,22 °C a 21,63 °C e desvio 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, portanto média das estações representam a média interna da Gruta Nossa Senhora Aparecida.

Tabela 5.9 Média e desvio padrão da temperatura e umidade externa da Gruta Nossa Senhora Aparecida, Bonito/MS.

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

A média da umidade interna variou de 90,56% a 96,80% e desvio padrão de 8,30% a 11,60%, sendo muito superior à média externa que foi de 69,90% e 22,96% o desvio padrão.

Nota-se, portanto, que as umidades internas das duas grutas foram relativamente elevadas e com pequena variação (baixo desvio padrão) se comparadas com o meio externo e esta característica deve ser cuidadosamente monitorada com o desenvolvimento da atividade turística, principalmente para a Gruta Nossa Senhora Aparecida, onde se planeja introduzir iluminação artificial.

A figura 5.6 apresenta a frequência das temperaturas no período do monitoramento evidenciando a interação do meio interno com o externo em maior grau de intensidade na Gruta do Lago Azul.

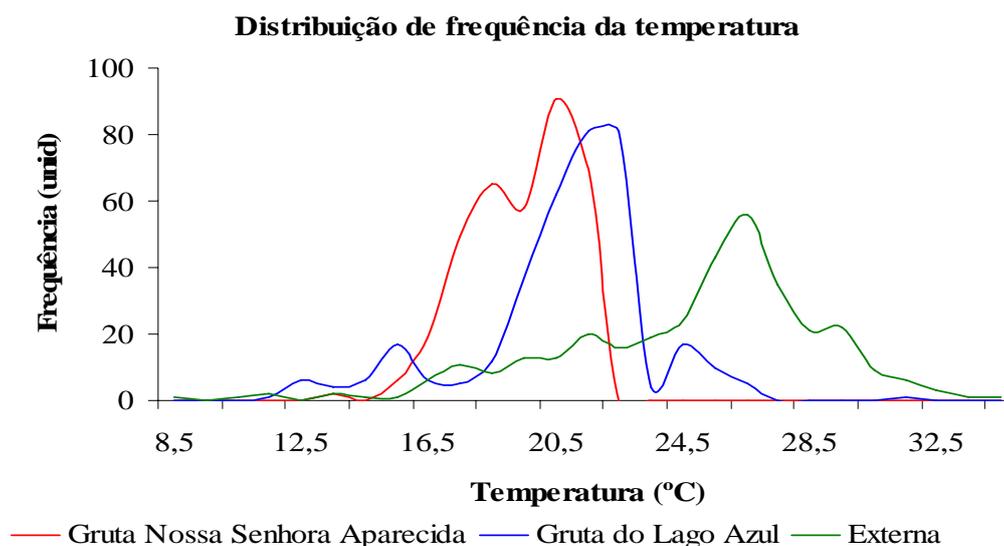


Figura 5.6 Distribuição das frequências da temperatura média dos meios externo e cavernícola.

A média da temperatura interna nesta gruta é maior que a da Gruta Nossa Senhora Aparecida, assim como o desvio padrão. A Gruta Nossa Senhora Aparecida apresentou-se menos sensível para o aumento da temperatura em relação à do Lago Azul.

A figura 5.7 apresenta a variação da temperatura média diária no período monitorado, onde se verifica a influência externa no meio cavernícola sendo maior na Gruta do Lago Azul do que na Gruta Nossa Senhora Aparecida.

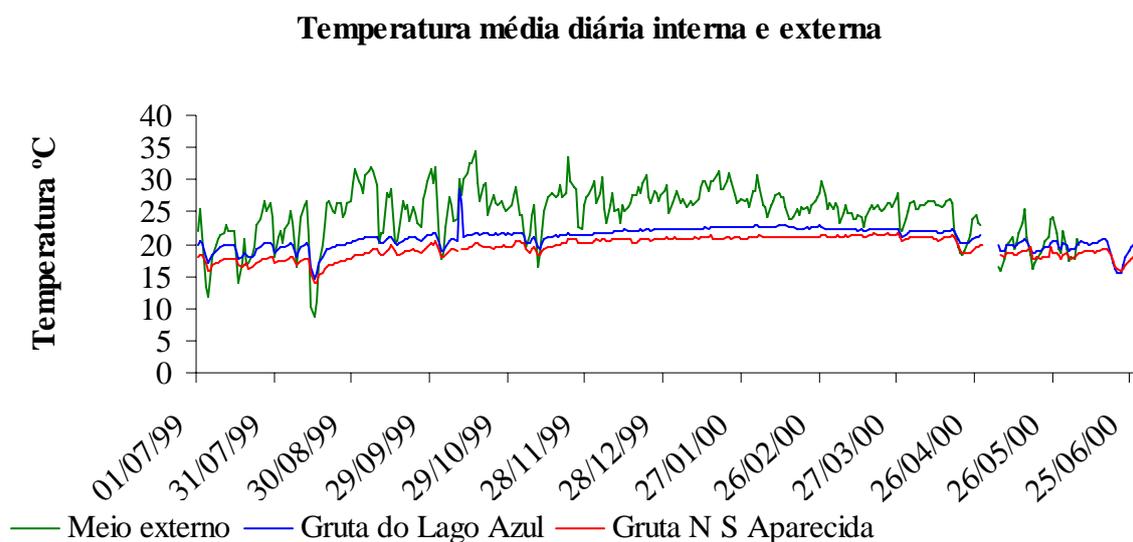


Figura 5.7 Temperatura média diária interna e externa das Grutas do Lado Azul e Nossa Senhora Aparecida, Bonito/MS.

A umidade relativa acima de 80% no interior das grutas do Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida, contabilizou 96 e 93, respectivamente a cada 100 registros dos mesmos, já para a umidade externa, esta apresentou uma distribuição melhor, ou seja, as medidas no intervalo de 30% a 60% de umidade relativa representaram 28% do total de dados coletados, no intervalo de 60% a 80% de umidade 27% e no intervalo de 80% a 100% representaram 45% (ver figura 5.8, 5.9 e 5.10).

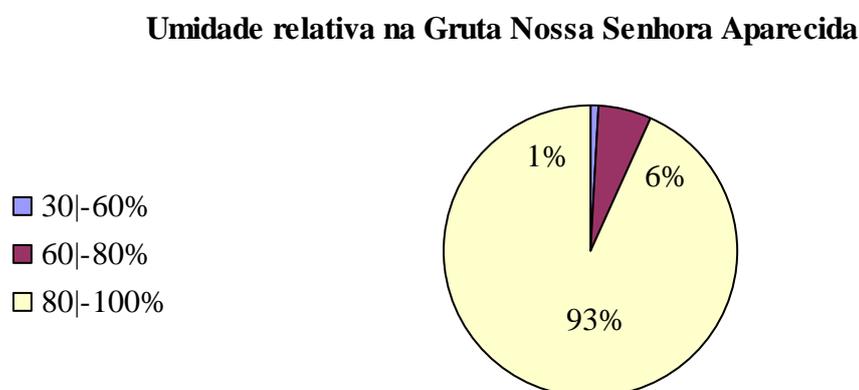


Figura 5.8 Distribuição percentual da umidade relativa média diária da Gruta Nossa Senhora Aparecida, Bonito/MS.

### Umidade relativa na Gruta do Lago Azul

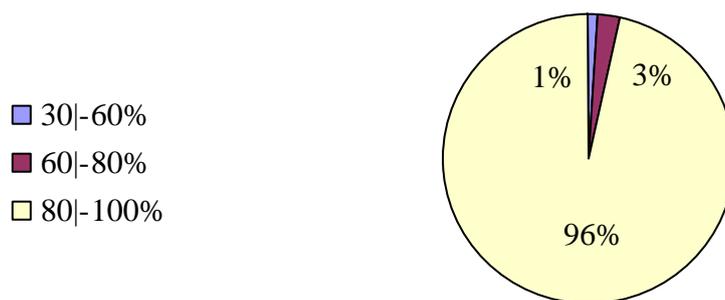


Figura 5.9 Distribuição percentual da umidade relativa média diária da Gruta do Lago Azul, Bonito/MS.

### Umidade relativa do ambiente externo

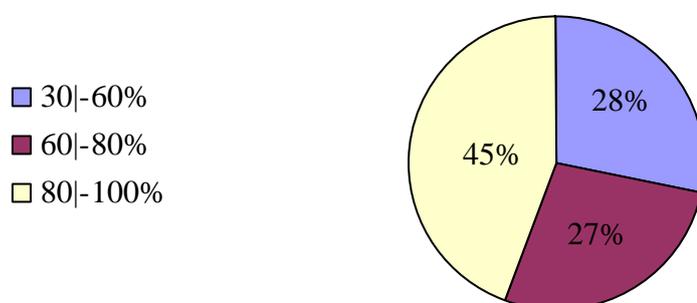


Figura 5.10 Distribuição percentual da umidade relativa média diária do meio externo.

A empresa COOAGRI Cooperativa Agrícola de Bonito, localizada na entrada da cidade de Bonito, possui uma estação pluviométrica e forneceu gentilmente o levantamento dos dados pluviométricos levantados. O responsável pelas coletas dos dados foi o Engenheiro Agrônomo José Egídio Peccini e o período de registro compreende de janeiro de 1981 a novembro de 2001 (tabela 5.10), onde as alturas pluviométricas nos anos de 1999 e 2000 registraram 25% abaixo e 14% acima, respectivamente, em relação à média do período, a qual foi de 1314 mm.

A figura 5.11 mostra a distribuição anual das alturas pluviométricas e a figura 5.12 mostra a média mensal das alturas pluviométricas, podendo verificar maior incidência de chuva nos meses de novembro a março e menor incidência de abril a outubro. O levantamento topográfico foi executado no mês de março, portanto, neste período pode-se discriminar os trechos escorregadios, os quais caracterizaram os fatores limitantes da variável sazonal (piso escorregadio – acessibilidade).

Os dados obtidos confirmam a expectativa de que, devido a sua grande dimensão e abertura para o meio externo, a Gruta do Lago Azul não sofre influência da visitação no que diz respeito à variação da temperatura e à umidade, uma vez que se trata de uma cavidade atípica, com grande troca de energia com o meio externo.

Tabela 5.10 Alturas pluviométricas das chuvas na cidade de Bonito/MS (mm).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63,5	390	453
1982	11	205	289	47	181	187	79,5	0	0	249	196	305	1749
1983	323	60,5	172	85,5	218	28	30	0	78	127	160	0	1282
1984	325	82	55	80	60	0	0	46	22,5	108	335	164	1277
1985	63	143	127	105	75	50	52	7	66	185	75	38	986
1986	159	200	80	17	187	0	0	0	0	0	88	199	930
1987	179	68,5	78	23	58	68	10	40	20	270	106	274	1195
1988	113	171	170	77	118	19	0	0	23	109	134	194	1127
1989	476	388	55	129	17	117	30	168	39	30	66	177	1692
1990	211	137	169	141	116	78	74	53	84	46	109	116	1334
1991	204	94	132	108	124	65	41	0	36	74	138	245	1261
1992	160	58	197	218	300	0	0	38	225	71	129	45	1441
1993	287	96	24	77	73	71	11	33	64	149	63	152	1100
1994	94	147	72	115	288	72	80	30	75	208	277	242	1700
1995	339	192	120	85	58	12	16	0	17,5	280	83	103	1306
1996	336	69	90,5	89	161	0,8	0	0,4	121	208	58	51	1185
1997	429	200	24	236	98	133	0	7	136	153	198	390	2004
1998	140	248	270	144	103	36	17	262	137	52	223	341	1973
1999	251	87	178	20	29	67	15	0	37	47	62	193	986
2000	112	197	192	94,5	22	61	71	78	88	259	135	188	1497
2001	167	189	196	72	83	65	30	18	253	42			1115
<b>Média</b>	209	144	128	93,5	113	53,8	26,5	37,2	72,5	127	135	190	1314

Fonte: Engenheiro Agrônomo José Eupídio Peccini da COOAGRI (Bonito MS).

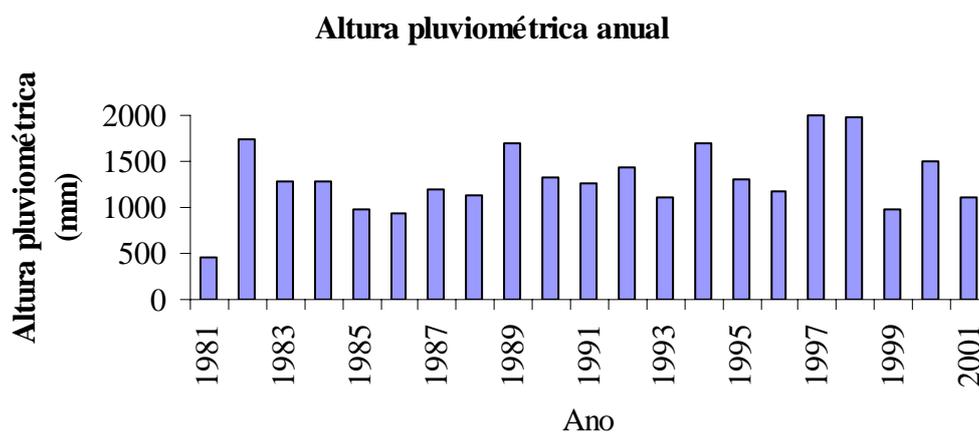


Figura 5.11 Altura pluviométrica anual do período de 1981 a 2001 da cidade de Bonito/MS.

É importante citar que devido à variação natural relativamente grande da temperatura e umidade na Gruta do Lago Azul, a identificação da influência da visita na mudança da temperatura e umidade é dificultada, principalmente devido ao fato do horário da visita coincidir com o horário em que naturalmente a atmosfera da caverna sofre aumento da temperatura devido ao aumento da temperatura externa.

No interior da cavidade, não foi constatada nenhuma mudança na temperatura e/ou umidade que pudesse ser associada à presença de visitantes.

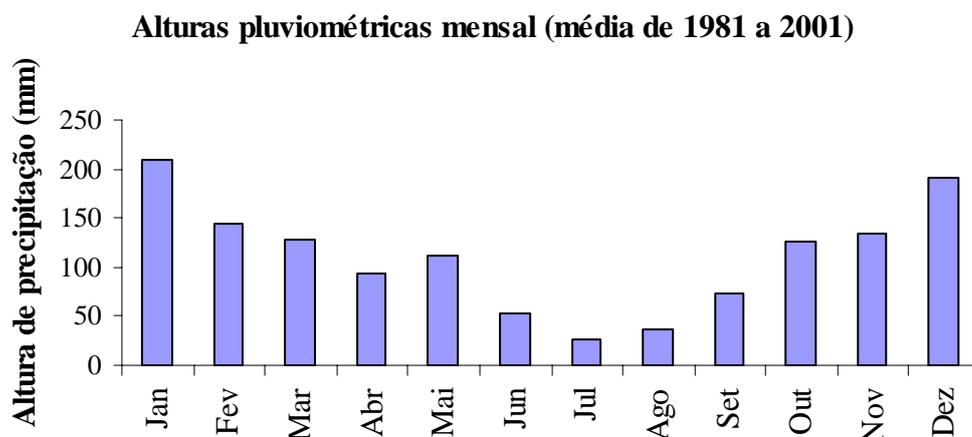


Figura 5.12 Altura pluviométrica mensal (média do período de 1981 a 2001) da cidade de Bonito/MS.

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.

## 5.6. Caminhamento da Gruta do Lago Azul

Para a caracterização do caminhamento efetuou-se o levantamento topográfico em 18/03/2000 com a participação dos seguintes colaboradores: Ana Lúcia Gesick, Guilherme Catarino, Lyncon C. Ronda, Marcelo Gil, Mariana Aydos, Osvaldo J. Silva, Paulo C. Boggiani, Tatiana T. Macedo, onde se utilizaram os seguintes equipamentos:

Bússola (determinação do rumo e declividade, medidos em graus);

Trena (determinação de medida de distância);

Fita (demarcação das bases).

O caminhamento atual estende-se da base 0 a 19 e da base 73 a 44, totalizando 175,32 m. A base 44 é o limite final da visita atual e distancia-se da margem do lago 10,82 m, neste local ocorre uma parada para contemplação do lago. Desta plataforma retorna-se pelo mesmo caminho para a saída da gruta e termina a visita.

Apresenta-se também sugestão para um novo percurso saindo da base 0 a 73, totalizando 312,43 m, onde os visitantes desceriam até a base 19 e daí seguiriam pela nova trilha, que seria construída da base 20 a base 44 e desta retornaria pelo percurso já existente, interligando novamente na base 19. Neste circuito apenas três trechos apresentam complicações devido a sua abrupta inclinação, o que uma escadaria comum em pedra não resolveria sem causar um impacto maior,

portanto sugere-se que nos trechos da base 26 a 27, 31 a 32, 34 a 36 seja construída escadaria de aço e a instalação de corrimão poderia ser analisada após a conclusão da escada, avaliando assim a segurança dos visitantes (figura 5.13).

A tabela 5.11 apresenta o resultado do levantamento topográfico, o qual serviu para a elaboração do croqui de caminhamento e determinação das variáveis limitantes que compõem os fatores restritivos da Capacidade de Carga Real.

Legenda da tabela 5.11:

L: extensão do trecho (m);

INC: inclinação do trecho, onde o sinal negativo indica declive (°);

D: quantidade de degraus no trecho (unid);

E: trecho escorregadio nos dias chuvosos;

S: necessidade de melhoria na sinalização;

V: necessidade de limpeza da vegetação;

I: necessidade de iluminação do caminhamento;

Bd: blocos calcínicos de dimensões centimétricas;

Bm: blocos calcínicos de dimensões métricas;

Es: necessidade de escada;

P: possibilidade de plataforma de contemplação;

Pe: plataforma de contemplação existente;

EsR: escada escavada na rocha;

A: piso argiloso.

A referência da base 0 esta fixada no portão de entrada da gruta no lado leste (dobradiça) tem sua localização UTM na latitude (E): 0542515 e longitude (N) 7661789.

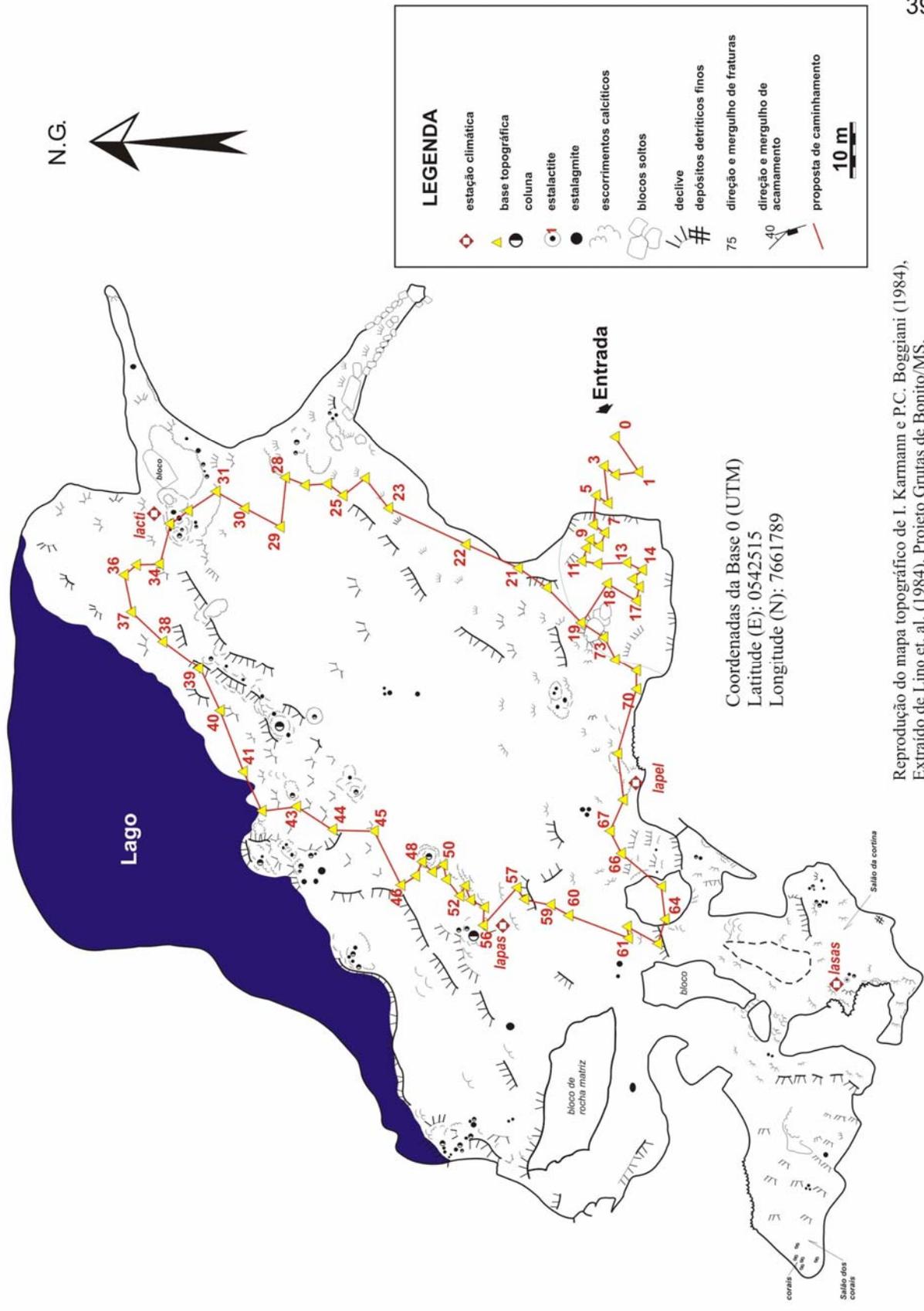
No percurso existente sugere-se uma padronização dos degraus, principalmente no trecho da base 2 a 19, possibilitando um conforto maior para os visitantes. Este trecho representa 20% do caminhamento total e comporta 31% do total de degraus.

A Gruta do Lago Azul após sofrer uma pequena intervenção em maio de 2001, através de reparos feitos em sua escadaria, passou a ser mais segura, porém a presença de degraus irregulares prejudica um acesso mais confortável a algumas pessoas.

Tabela 5.9 Resultado do levantamento topográfico da Gruta do Lago Azul, Bonito/MS.

Base		L (m)	INC (°)	D (unid)	Obs
0	1	6,17	-6	2	E
1	2	1,66	-29	4	E, V
2	3	1,45	-25	4	E
3	4	4,33	-30	10	E
4	5	1,25	-22	3	E
5	6	4,33	-28	10	E
6	7	1,67	-22	3	E
7	8	1,10	-24	2	E, V
8	9	1,02	-22	3	E, V
9	10	1,09	-33	3	E, V
10	11	1,62	-26	4	E, V
11	12	2,20	0	0	E, V
12	13	4,08	5	0	E
13	14	2,50	-5	1	E
14	15	1,47	-30	4	E
15	16	1,51	-27	4	E
16	17	2,38	-28	5	E
17	18	4,93	-26	8	E, S
18	19	4,11	-30	10	E
19	20	5,07	-21	0	E, V
20	21	3,87	-1	0	
21	22	16,76	-31	0	A
22	23	4,84	-32	0	
23	24	5,50	-26	0	I
24	25	3,41	-33	0	
25	26	3,18	-24	0	Bd
26	27	3,04	-33	0	E, Es
27	28	3,29	-14	0	E
28	29	7,32	-24	0	E
29	30	4,31	-27	0	
30	31	3,41	-12	0	
31	32	6,09	-45	0	Es
32	33	2,37	-17	0	A
33	34	6,55	5	0	Bm
34	35	3,11	-44	0	Es
35	36	1,92	-60	0	Es
36	37	5,39	-3	0	P

Base		L (m)	INC (°)	D (unid)	Obs
37	38	7,17	-15	0	
38	39	6,08	11	0	
39	40	6,23	-7	0	I
40	41	11,57	-11	0	E, I
41	42	5,81	22	0	
42	43	4,43	30	0	
43	44	6,39	3	0	Pe
44	45	8,27	30	19	E, EsR
45	46	10,08	16	0	E
46	47	2,59	16	2	E
47	48	1,63	13	2	
48	49	1,99	33	4	E, S
49	50	1,03	40	2	E
50	51	1,81	10	2	E
51	52	2,62	35	8	E
52	53	1,58	24	3	E
53	54	1,16	28	3	E
54	55	1,33	36	4	
55	56	1,74	17	3	
56	57	5,78	9	3	
57	58	2,19	32	6	E, S
58	59	3,03	27	9	E, S
59	60	3,27	-16	0	E, S
60	61	8,74	13	6	I, S
61	62	1,38	20	3	
62	63	4,26	26	8	
63	64	3,57	17	6	S
64	65	6,64	24	19	I
65	66	8,32	-15	5	I
66	67	4,07	4	0	A
67	68	5,25	3	3	
68	69	7,44	13	8	
69	70	9,37	22	18	
70	71	5,17	19	9	
71	72	3,14	10	0	E
72	73	4,61	19	7	E
73	19	4,39	10	3	E



Reprodução do mapa topográfico de I. Karmann e P.C. Boggiani (1984),  
 Extraído de Lino et al. (1984), Projeto Grutas de Bonito/MS.

Figura 5.13 Croqui caminhamento da Gruta do Lago Azul, Bonito/MS.

## 5.7. Caminhamento da Gruta Nossa Senhora Aparecida

A Gruta Nossa Senhora Aparecida possui uma grande inclinação para o seu interior e apresenta-se mais ornamentada do que a Gruta do Lago Azul. Neste sentido, procurou-se estabelecer uma trilha que pudesse dar opções de caminhamentos seguros e que possibilitasse a melhor visualização da caverna, assim como se buscou a iluminação natural para evitar ao máximo a necessidade de iluminação artificial.

A base 0 situa-se no lado oeste do portão de entrada da gruta, cuja localização UTM é latitude (E): 0544257 e longitude (N): 7667671. Sugere-se a contensão do terreno a montante entrada da gruta, prevenindo erosão do solo e evitando o acúmulo de detritos transportados pela chuva.

As bases 8 e 33 apresentam opção para alteração do caminhamento, sendo locais também ideais para a instalação de plataformas de descanso e contemplação (ver figura 5.14). No trecho entre base 18 a 22 passa por estalagmites de 6,0 m de altura e existem 3 estalagmites quebradas, as quais podem ser recuperadas. No trecho da base 2 a 4 a declividade é muito acentuada e a presença de blocos calcínicos decimétricos indicam ser necessário estudo detalhado para contenção e suporte da escadaria. Sugere-se a utilização destes blocos para a execução das escadas, porém com fixação dos mesmos na base rochosa, ou seja, limpeza acomodação e fixação dos mesmos. A instalação do corrimão é aconselhada devido o desnível acentuado, melhorando desta forma a segurança dos visitantes.

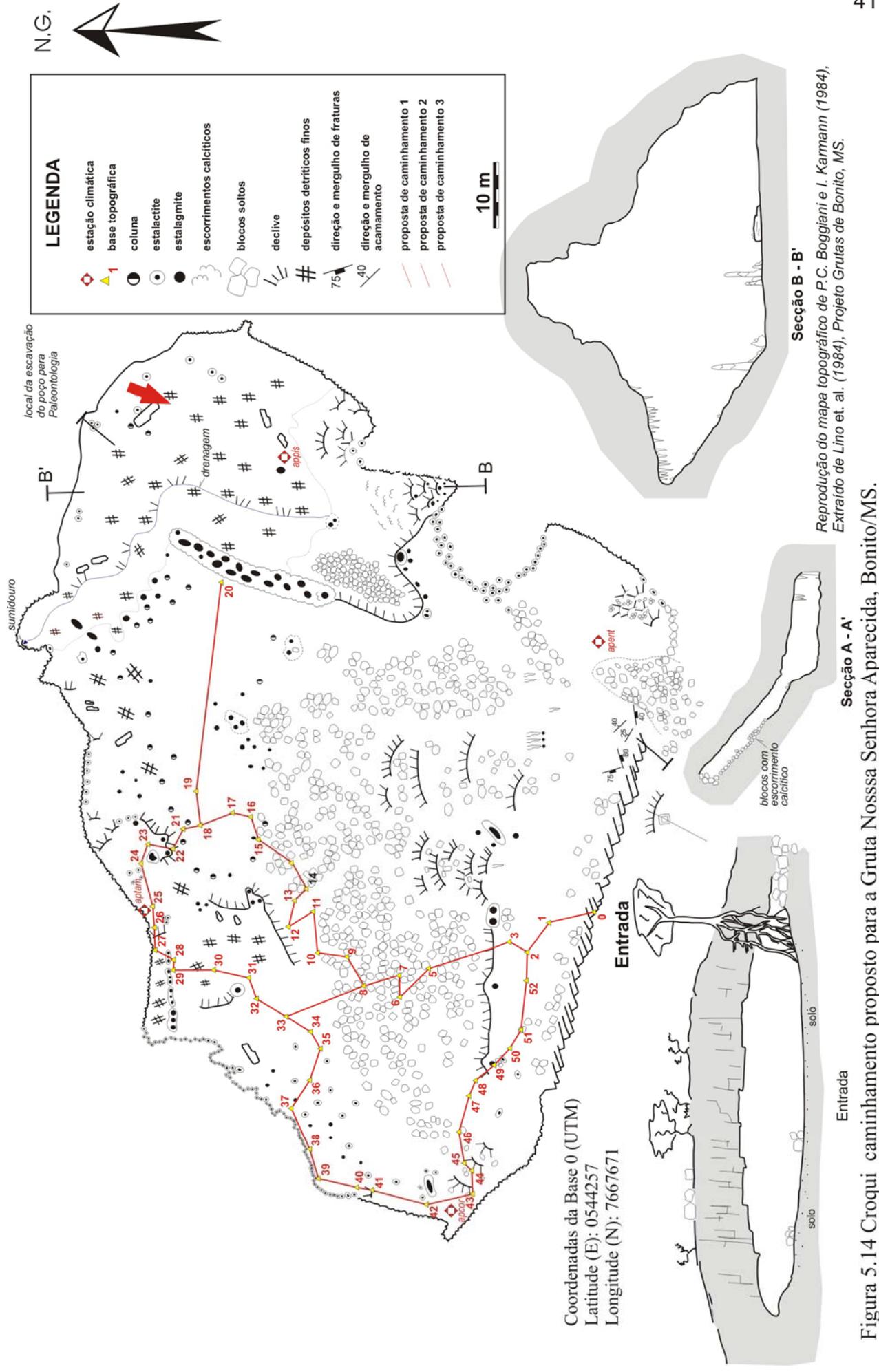
Optou-se por manter para o caminhamento a proposta de escadaria em pedra, porém, seguindo as recomendações da publicação: “Representação Gráfica – Desenho de Arquitetura”, segundo a qual os degraus deverão ter no mínimo 25 cm de piso e a fórmula para determinação da espelho é:

$$2h + p = 64 \quad (7)$$

onde: p é o piso em centímetro e h a altura do espelho em centímetro

Levando em consideração que por se tratar de uma escadaria com uma inclinação em que não se pode alterar, para não perder a sua forma natural, obterá conseqüentemente degraus com uma pisada maior podendo inclusive funcionar como uma espécie de patamar, em função do ideal é não ter mais de nove degraus sem o patamar de descanso.

Detalhado projeto arquitetônico para o caminhamento interno e para infra-estrutura externa às grutas foi elaborado pelo arquiteto Eduardo R. de Melo da Silva e foi inserido no EIA-RIMA das grutas tombadas e encontra-se ainda sob análise do CECAV-IBAMA.



Reprodução do mapa topográfico de P.C. Boggiani e I. Karmann (1984),  
 Extraído de Lino et. al. (1984), Projeto Grutas de Bonito, MS.

Figura 5.14 Croqui caminhamento proposto para a Gruta Nossa Senhora Aparecida, Bonito/MS.

No trecho compreendido entre as bases 19 a 20, o piso é escorregadio, principalmente no período chuvoso, sugere-se a instalação de uma passarela executada em aço acima do piso, com largura de 1 m e em seu extremo (base 20), uma plataforma para contemplação, pois neste local o ambiente é extremamente belo, além disso, funcionará como ponto de descanso para os visitantes. Este dispositivo possibilita a manutenção da fauna cavernícola sobre o piso e o regime natural de fluxo de água.

A tabela 5.12 apresenta o resultado do levantamento topográfico na Gruta Nossa Senhora Aparecida, efetuado com a mesma equipe do levantamento da Gruta do Lago Azul, em 19/03/2000.

Tabela 5.10 Resultado do levantamento topográfico da Gruta Nossa Senhora Aparecida, Bonito/MS.

Base		L (m)	INC (°)	Obs
0	1	5,46	-7,0	V, A, G
1	2	4,95	-2,0	A
2	3	1,65	-36,0	Bc
3	4	3,65	-40,0	Bc
4	5	7,47	-29,0	Bc
5	6	5,19	-27,0	I
6	7	2,63	-16,0	I, E
7	8	4,87	-21,0	E, P
8	9	4,93	-24,0	E
9	10	4,21	-27,0	
10	11	4,65	-14,0	Bd, Bm
11	12	2,99	-16,0	Bd, Bm
12	13	3,22	-7,0	I
13	14	2,05	-11,0	I, E
14	15	8,41	-9,0	E, A
15	16	3,33	-21,0	E
16	17	2,71	-2,0	I, E
17	18	3,97	-9,0	I, E
18	19	4,35	-9,0	
19	20	27,02	0,0	P, G
18	21	2,24	14,0	
21	22	2,78	9,0	
22	23	3,33	23,0	E, A
23	24	2,61	30,0	
24	25	5,37	35,0	E, I
25	26	3,04	30,0	
26	27	2,94	19,0	

Base		L (m)	INC (°)	Obs
27	28	2,53	35,0	E
28	29	1,42	38,0	Es
29	30	5,17	3,0	
30	31	5,46	12,0	I
31	32	2,26	11,0	
32	33	5,22	14,0	P
33	34	3,62	25,0	
34	35	2,01	46,0	E
35	36	4,89	22,0	
36	37	4,04	16,0	
37	38	6,09	15,0	I
38	39	3,65	16,0	I
39	40	5,17	22,0	I
40	41	1,83	47,0	I, T
41	42	7,34	32,0	I
42	43	6,16	35,0	I
43	44	2,53	25,0	I
44	45	1,88	35,0	
45	46	4,48	4,0	
46	47	4,65	7,0	
47	48	2,25	-20,0	
48	49	2,91	6,0	
49	50	3,35	8,0	
50	51	2,77	6,0	
51	52	6,49	-10,0	
52	2	3,86	-26,0	

Legenda:

L: extensão do trecho (m);

INC: inclinação do trecho, onde o sinal negativo indica declive (°);

E: trecho escorregadio nos dias chuvosos;

V: necessidade de limpeza da vegetação;

I: necessidade de iluminação do caminhamento;

Bd: blocos calcínicos de dimensões centimétricas;

Bm: blocos calcínicos de dimensões métricas;

Es: necessidade de escada;

P: possibilidade de plataforma de contemplação;

A: piso argiloso;

G: gotejamento;

T: transposição de coluna caída.

### **5.8. Proposta de iluminação artificial para a Gruta Nossa Senhora Aparecida**

Uma das questões muito pensada e discutida foi relativa à iluminação artificial para a visitação, na Gruta Nossa Senhora Aparecida, onde o uso desta é necessário. Inicialmente, foi proposto a utilização de capacete com uso de iluminação através de baterias recarregáveis, opção esta posteriormente descartada em discussão com a comunidade em função do peso da bateria e complicações com a logística do seu uso, principalmente as relativas à recarga.

Para a Gruta do Lago Azul optou-se por não empregar nenhum tipo de iluminação artificial, em função da possibilidade de visitação com a luz natural. Para a Gruta Nossa Senhora Aparecida é proposto para análise os seguintes tipos de iluminação artificial:

**Luz de caminhamento** – Serão usados balizadores em determinados pontos do caminhamento da base 03 a base 27, os quais deverão ser discretos, de forma a não agredir visualmente o ambiente cavernícola, devendo manter-se aceso somente no tempo hábil a visitação, através de fotossensores acionados pela passagem do visitante. Serão empregadas lâmpadas fluorescentes de 40 watts a serem condicionadas em um recipiente fechado de tal forma que a lâmpada fique protegida mecanicamente e seja trocada fora da gruta para se evitar a contaminação pelos gases de mercúrio.

**Iluminação de destaque** – Para este tipo de iluminação será necessário o máximo cuidado em virtude a grande preocupação em não agredir os espeleotemas. Os fochos de luz deverão ser intermitentes e utilizados apenas por tempo limitado durante a visitação. Este tipo de iluminação será pontual e único através de um refletor móvel a ser instalado em uma das plataformas no piso da gruta e ligado e desligado pelo guia. É sugerido o uso de lâmpada halogênica, mas o uso desta

deverá ser bem avaliado, pois apesar de proporcionar uma boa iluminação direcional, ela gera muito calor, cujo impacto deverá ser avaliado com o prosseguimento do monitoramento.

**Luz de emergência** – Luz de emergência deverá ser instalada, associada por baterias, para retirada dos visitantes no caso de corte de energia elétrica. Além desta luz de emergência, os guias de turismo deverão portar lanterna a pilha.

A fiação interna deverá ser embutida, suportando locais úmidos e alagadiços em caso de chuva.

## 5.9. Cálculo da capacidade de carga da visitação turística

### 5.9.1. Definição da capacidade de carga da Gruta do Lago Azul

#### Capacidade de Carga Física (CCF)

Na determinação dos parâmetros para cálculo da capacidade de carga da Gruta do Lago Azul, tomou-se como referência os critérios e manejo da visitação atual.

Os visitantes percorrem o caminhamento em número de 15 acompanhados do guia de turismo e se agrupam em quatro paradas ao longo do caminho, o qual é o mesmo para descida e subida, o que gera congestionamento nos dias de maior fluxo. O tempo para visitação atualmente é de 1,5 hora e a gruta se encontra aberta para visitação das 7:00 horas às 16:00 horas diariamente. Na tabela 5.13 são apresentados os parâmetros para o caminhamento atual e proposto.

Tabela 5.11 Parâmetros para cálculo da capacidade de carga física da Gruta do Lago Azul, Bonito/MS.

Parâmetros		Unidade	Quantidade	
			Caminhamento	
			Atual	Proposto
Comprimento necessário para cada visitante	-	m	1,0	1,0
Caminhamento total	C	m	175,3	312,4
Espaço necessário entre grupos	-	m	20,0	20,0
Número visitantes incluso o guia no grupo	N	pessoas	16,0	16,0
Espaço total entre grupos	D	m	36,0	36,0
Tempo necessário para percorrer o caminhamento (visitação)	T	h	1,5	1,5
Tempo total em que a gruta está aberta para visitação pública (7:00 hs às 16:00 hs)	t	h	9,0	9,0

Aplicando-se a fórmula (2), tem-se:

$$CCF(atual) = \left( \frac{175,3}{36,0} \right) \times \left( \frac{9,0}{1,5} \right) \times 16,0 = 384,0 \text{ (visitas/dia)}$$

$$CCF(\text{proposto}) = \left( \frac{312,4}{36,0} \right) \times \left( \frac{9,0}{1,5} \right) \times 16,0 = 768,00 \text{ (visitas/dia)}$$

### Capacidade de Carga Real (CCR)

Para a determinação da capacidade de carga real classificou-se em sazonais e não sazonais os fatores de correção (FC), ficando a mesma dependente da época do ano.

FC1: acessibilidade - caracterizada pela declividade do caminhamento, sendo limitantes os trechos com inclinação superior a 30°.

FC2: variação da temperatura e umidade interna da caverna - por ser a Gruta do Lago Azul uma gruta fluxo de energia relativamente alto, atestado pelo monitoramento realizado, e pelo fato não prever o uso de iluminação artificial fixa, considera-se este fator limitante nulo.

Os fatores sazonais dependem da época do ano e foram caracterizados:

FC3: piso escorregadio - nos dias chuvosos os gotejamentos e escorrimentos tornam o mesmo escorregadio e diminui a segurança na locomoção das pessoas, tornando fator sazonal limitante.

Este estudo não levou em consideração as variáveis ecológicas tais como impactos da visitação sobre a fauna e flora cavernícola, sendo assim, necessário a caracterização dos seus respectivos efeitos limitantes na capacidade de carga das cavernas estudadas.

A tabela 5.14 apresenta os valores das variáveis limitantes, com as suas respectivas magnitudes limitantes e totais e com a aplicação da fórmula (4) calculou-se os fatores de correção.

Tabela 5.12 Valores das variáveis limitantes e dos fatores de correção para a Gruta do Lago Azul, Bonito/MS.

Fatores Correção Gruta do Lago Azul	Caminhamento					
	Atual			Proposto		
	ML	MT	FC (%)	ML	MT	FC (%)
<b>Não Sazonais</b>						
FC1 acessibilidade	24,3	175,3	14,0	67,9	312,4	22,0
<b>Sazonais</b>						
FC3 piso escorregadio	107,6	175,3	61,0	144,0	312,4	46,0

Aplicando-se a fórmula (5), temos para o caminhamento atual, respectivamente, para os dias normais em que a chuva não influencia na visitação (CCR não sazonal) e naqueles em que o tempo chuvoso é limitante (CCR sazonal) temos os seguintes valores:

#### Caminhamento atual:

$$CCR(n\tilde{a}o - sazonal) = 384 \times \left[ \left( \frac{100 - 14,0}{100} \right) \right] = 330 \text{ (visitas/dia)}$$

$$CCR(sazonal) = 384 \times \left[ \left( \frac{100 - 14,0}{100} \right) \times \left( \frac{100 - 61,0}{100} \right) \right] = 128 \text{ (visitas/dia)}$$

No caso do caminhamento proposto deve-se ressaltar que a capacidade de carga real é apenas hipotética pelo fato do mesmo não estar efetivado, porém pode-se avaliá-lo aplicando também a fórmula (5), resulta:

**Caminhamento proposto (novo):**

$$CCR_{(n\tilde{a}o - sazonal)} = 768 \times \left[ \left( \frac{100 - 22,0}{100} \right) \right] = 599 \text{ (visitas/dia)}$$

$$CCR_{(sazonal)} = 768 \times \left[ \left( \frac{100 - 22,0}{100} \right) \times \left( \frac{100 - 46,0}{100} \right) \right] = 323 \text{ (visitas/dia)}$$

**Capacidade de Carga Efetiva (CCE)**

Com relação à capacidade de carga efetiva, esta depende da capacidade de manejo do empreendimento, definida pelas condições administrativas, tais 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 supre totalmente as necessidades da visitação, mas é necessário o aumento de pessoal de apoio, principalmente pessoal de limpeza e vigilância, motivo pelo qual determina-se um fator de capacidade de manejo correspondente a 80 % da capacidade de manejo ótima e aplicando a fórmula (6) resulta:

**Caminhamento atual:**

$$CCE_{(n\tilde{a}o - sazonal)} = 330 \times \frac{80}{100} = 264 \text{ (visitas/dia) (dias não chuvosos)}$$

$$CCE_{(sazonal)} = 128 \times \frac{80}{100} = 102 \text{ (visitas/dia) (dias chuvosos)}$$

**Caminhamento proposto (novo):**

$$CCE_{(n\tilde{a}o - sazonal)} = 599 \times \frac{80}{100} = 479 \text{ (visitas/dia) (dias não chuvosos)}$$

$$CCE_{(sazonal)} = 323 \times \frac{80}{100} = 258 \text{ (visitas/dia) (dias chuvosos)}$$

Como conclusão, para a Gruta do Lago Azul, no caminhamento atual o número ideal de visitas, incluindo a presença do guia é de 264 visitas por dia para os dias não chuvosos e de 102

visitas para os dias chuvosos. Este número poderá ser aumentado até a capacidade de carga real das atuais condições da caverna, ou seja, 330 e 128 visitas/dia, respectivamente, caso seja aumentado o número de pessoal de apoio. Para o novo caminhamento a capacidade efetiva seria de 479 e 258 visitas por dia, o que é apenas hipotético visto que o caminhamento ainda não foi efetivado.

### **5.9.2. Definição da capacidade de carga da Gruta Nossa Senhora Aparecida**

Para a Gruta Nossa Senhora Aparecida, que se encontra-se sem visitação, os cálculos para determinação da capacidade de carga foram efetuados para três propostas distintas de caminhamento (ver figura 5.14), sendo que as três têm origem a partir do portão de ferro da grade (base 0) que cerca a entrada da caverna:

**Caminhamento menor** – trata-se de caminhamento com 107,7 m de desenvolvimento, pelo qual o visitante desce o piso inclinado, pelo meio do salão, até o piso argiloso situado ao fundo da caverna (base 0 a 20).

**Caminhamento intermediário** – com desenvolvimento de 162,4 m difere do anterior (caminhamento menor), por possibilitar uma pequena poligonal entre os espeleotemas da porção oeste (esquerda de quem entra) da caverna (base 0 a 20, base 18 a 21, base 21 a 33 e desta retorna à base 8).

**Caminhamento maior** – com desenvolvimento de 232,1 m, possibilita um caminhamento em poligonal de tal forma que o visitante acessa o piso argiloso do fundo, através do caminho inclinado central e retorna por caminhamento entre espeleotemas no canto oeste da caverna sem iluminação natural. 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 (base 0 a 20, base 18 a 21, base 21 a 52 e desta retorna à base 2).

Tendo como referência a experiência da visitação na Gruta do Lago Azul os parâmetros adotados para a determinação da Capacidade de Carga Real da Gruta Nossa Senhora Aparecida estão apresentados na tabela 5.15, onde as siglas ME é o caminhamento maior, I o intermediário e MA o caminhamento maior.

Tabela 5.13 Parâmetros para cálculo da capacidade de carga física da Gruta Nossa Senhora Aparecida, Bonito/MS.

Parâmetros	Unidade		Quantidade		
			Caminhamento		
			ME	I	MA
Comprimento necessário para cada visitante	-	m	1,0	1,0	1,0
Caminhamento total	C	m	107,7	162,4	232,1
Espaço necessário entre grupos	-	m	20,0	20,0	20,0
Número visitantes incluso o guia no grupo	N	pessoas	11,0	11,0	11,0
Espaço total entre grupos	D	m	31,0	31,0	31,0
Tempo necessário para percorrer o caminhamento (visitação)	t	h	1,0	1,5	2,0
Tempo total em que a gruta está aberta para visitação pública (7:00 hs às 16:00 hs)	T	h	9,0	9,0	9,0

onde: ME, I e MA representa o menor, intermediário e maior caminhamento proposto

Aplicando a fórmula (2), temos para os caminhamentos propostos do menor para o maior:

#### Capacidade de Carga Física (CCF):

$$CCF_{(menor)} = \left( \frac{107,7}{31} \right) \times \left( \frac{9,0}{1,0} \right) \times 11,0 = 297 \text{ (visitas/dia)}$$

$$CCF_{(intermediário)} = \left( \frac{162,4}{31,0} \right) \times \left( \frac{9,0}{1,5} \right) \times 11,0 = 330 \text{ (visitas/dia)}$$

$$CCF_{(maior)} = \left( \frac{232,1}{31,0} \right) \times \left( \frac{9,0}{2,0} \right) \times 11,0 = 308 \text{ (visitas/dia)}$$

Por se tratar de uma gruta que exige iluminação artificial para a visitação, certamente os fatores de correção reduzirão significativamente estes valores.

Ressalta-se a necessidade de refazer os cálculos após a implantação do caminhamento, não sendo possível ainda obter os valores da capacidade de carga real e, muito menos, os da capacidade de carga efetiva.

#### 5.10. Definição da área de entorno do tombamento das cavernas

A definição de uma área de proteção às cavernas tombadas é necessária no sentido de garantir a manutenção de suas condições naturais, frente ao crescimento das atividades econômicas nos arredores. Isto porque a área do Monumento Natural Gruta do Lago Azul, de 260 ha, é insuficiente para garantir a proteção das mesmas, principalmente com relação à manutenção do nível freático.

A Portaria Regional nº. 002 de 24/08/1994 da 14ª Coordenação Regional do IPHAN, assinada pela sua coordenadora Sra Célia Maria Corsino, que estabelece as normas de uso e visitação às grutas tombadas, menciona que o IPHAN e o IBAMA promoverão estudos conjuntos das áreas de entorno para preservação das grutas tombadas, assim como seu zoneamento de uso e respectivas normas, tendo em vista um aproveitamento turístico compatível à preservação de seus ecossistemas. A referida portaria estabeleceu como limite provisório as poligonais da propriedade do Governo do Estado sobrejacente às grutas, de 25 ha, para a Gruta do Lago Azul, e de 10 ha, para a Gruta Nossa Senhora Aparecida.

As grutas do Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida situam-se num sistema cavernícola mais complexo que deve ser considerado como um todo para sua preservação, de tal forma que qualquer intervenção deve levar em consideração todo o sistema e não as grutas isoladamente.

O Sistema Cavernícola em questão, denominado Núcleo Anhumas (Lino *et al.*, 1984) é composto, de sul para norte em suas posições geográficas, pela Gruta Fazenda América, Abismo Anhumas, Abismo Barro Preto, Gruta do Lago Azul, Gruta Guaviral, Gruta do Portal, Gruta São Miguel, Gruta Nossa Sra. Aparecida e Gruta Fazenda Jaraguá, cavernas estas mapeadas por Lino *et al.* (1984); Gnaspini- Netto *et al.* (1994) e Ayub *et al.* (1996).

Este sistema apresenta cavernas alinhadas na direção norte-sul, que acompanha a exposição de rochas dolomíticas, parcialmente silicificadas, conhecidas geologicamente por Formação Bocaina (Grupo Corumbá). Estas rochas apresentam camadas horizontais e levemente dobradas, com mergulhos de 30° a 40° para leste. Os dolomitos encontram-se sem sinais de recristalização e com fraturas preenchidas por sílica.

Entre estas cavernas, três delas apresentam lago subterrâneo, os abismos Anhumas e Barro Preto e a Gruta do Lago Azul. Estas cavernas estão distribuídas numa distância máxima de 2 km entre si, alinhadas aproximadamente na direção norte-sul, estando os abismos Anhumas e Barro Preto ao sul e ao norte a Gruta do Lago Azul.

A Gruta Guaviral apresenta pequeno corpo d'água ao seu fundo, provavelmente resultante do acúmulo de água das chuvas e sem comunicação com o lençol freático, dado a sua posição altimétrica (mais alta que o nível do lago da Gruta do Lago Azul). Nesta, com desenvolvimento predominantemente horizontal de 142 m (Gnaspini Netto *et al.*, 1994), ocorre fluxo de água interno apenas na época das chuvas.

As demais cavernas são predominantemente secas, apresentando gotejamento e infiltração de água apenas nos períodos chuvosos e nos períodos de estiagem, entre os meses de junho e agosto, permanecem totalmente secas.

Observações não sistemáticas do nível do lago da Gruta do Lago Azul, demonstraram que o mesmo variou numa amplitude de 2 m a 3 m durante o ano de 1999. A região de Bonito passou por uma seca extrema no inverno de 1999, o que promoveu rebaixamento acentuado e generalizado do nível freático, chegando a secar alguns poços de água subterrânea da cidade. É certo que a seca generalizada foi resultante de um processo mais em escala regional, mas pode ter sido acentuado pelos desmatamentos.

No canto leste da Gruta do Lago Azul existe um bloco de dimensões métricas em estágio iminente de desprendimento do teto, no nível do lago, demonstrando claramente o processo de incasão, ou seja, desprendimento de blocos das rochas encaixante por rebaixamento do nível freático. Observações desde 1990 têm demonstrado que a situação permanece ainda inalterada, mas certamente um rebaixamento do nível freático além dos limites naturais, provocados, por exemplo, por bombeamento de água subterrânea, poderá causar danos significativos à gruta.

Na parte oeste da Gruta do Lago Azul apresenta blocos de dimensões decimétricas em aparente situação instável, os quais apresentam o risco de desmoronarem em função de uma mínima desestabilização de blocos da base, situados ao nível do lago.

O relevo da região de entorno é caracterizado por morrarias rochosas circundadas por áreas planas de solo fértil. Praticamente todas as áreas planas foram desmatadas e empregadas atualmente para pastagem alternada com atividades de agricultura. Apesar do solo fértil, a agricultura nestas áreas é dificultada pela declividade do terreno, no qual as obras de contenção da erosão, em curvas de nível, dificilmente conseguem conter este processo, principalmente com a ocorrência de chuvas torrencial. Esta situação tem causado assoreamento do Córrego Anhuma e perda da qualidade dos solos, demonstrando a necessidade de implementação de algum tipo de cultura perene nestas áreas e, até mesmo, a recuperação da vegetação em determinadas áreas críticas.

A primeira opção de área sugerida para o entorno das grutas tombadas; necessária para garantir a manutenção do nível freático, inclui as áreas das bacias hidrográficas dos córregos Anhuma e Taquaral e parte alta da Bacia do Rio Formosinho, a montante da confluência deste com o Córrego Anhuma. Esta área, além de incluir todas as cavernas do Núcleo Anhumas, abrange também as cavernas Córrego Seco e Fazenda Serradinho, situadas ao norte, próximas aos córregos homônimos, totalizando uma área aproximada de 26,4 km<sup>2</sup> (26400 ha) e que inclui as onze cavernas conhecidas.

Outras duas opções de áreas de entorno menores são apresentadas e assinaladas na figura 5.15. A proposta intermediária abrange apenas parte das bacias hidrográficas dos rios Taquaral e Serradinho, com área aproximada de 12800 ha, e uma terceira área, menor das três, com 6000 ha, delimitada por um retângulo de 6 km x 10 km, abrange oito cavernas do sistema.



## 6. CONCLUSÕES

Através do monitoramento das variações de temperatura e umidade das cavernas estudadas, obteve-se dados concretos de que estes parâmetros isoladamente não poderiam ser utilizados para o cálculo da capacidade de carga de visitação turística. Isto porque as variações de temperatura e umidade são relativamente altas se comparadas com cavernas de baixa ou nenhuma troca de energia com o ambiente externo.

No período analisado, compreendido entre julho de 1999 e julho de 2000, a média de temperatura externa foi de 24,76 °C e desvio padrão de 5,84 °C enquanto a média entre as estações no interior da Gruta do Lago Azul foi de 20,8 °C e desvio padrão de 2,79 °C. A umidade interna desta gruta variou de 92,79% a 96,81% e desvio padrão de 8,63% a 13,17%, sendo 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. Já na Gruta Nossa Senhora Aparecida a média da temperatura interna foi de 19,43 °C, com desvio padrão de 1,64 °C, e a média da umidade interna variou de 90,56% a 96,80% e desvio padrão de 8,30% a 11,60%, respectivamente.

Nota-se, portanto, que as umidades internas das duas grutas se mantêm relativamente elevadas e com pequena variação (baixo desvio padrão) se comparadas com o meio externo e esta característica deve ser cuidadosamente monitorada com o desenvolvimento da atividade turística, principalmente para a Gruta Nossa Senhora Aparecida, onde se planeja introduzir iluminação artificial. Ressalta-se também a importância da preservação da vegetação do entorno das grutas tanto para manutenção dos níveis freáticos como também da umidade.

Com base nos dados de monitoramento de temperatura e umidade 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 este tipo de caverna foi aplicado pela primeira vez o Método de Cifuentes para o cálculo da capacidade de carga da visitação turística, o qual se mostrou plenamente viável.

Para o trajeto atual de visitação da Gruta do Lago Azul determinou-se, através do Método de Cifuentes, que a capacidade de carga. O número de visitas por dia ideal é de 264, para os dias não chuvosos, e de 102 para dias chuvosos e que, se forem colocados pessoas de apoio ao longo do caminho, estes números poderão ser aumentados para 330 e 128, respectivamente. Com a implantação do novo circuito proposto, o número de visitas/dia poderá ser ampliado consideravelmente, principalmente devido ao fato que o novo caminhamento, além de proporcionar uma melhor visitação, com observação de maior número de cenários, poderá reduzir o tempo de visitação ao reduzir os congestionamentos.

No caminhamento atual, o grupo que retorna utiliza o mesmo caminho do grupo que entra na gruta, havendo a necessidade de esperar para as passagens. Com o fluxo contínuo, o visitante ficará menos tempo no interior, e assim será possível maior número de visitas sem alteração do fluxo atual de calor provocado, ou seja, ao se substituir o tempo que uma visita, de uma hora e meia para uma hora, pode-se aumentar o número de visitas sem alteração do fluxo energético.

De forma preliminar, o cálculo da capacidade de carga física para a Gruta Nossa Senhora Aparecida resultou em 297 visitas/dia para a proposta de caminhamento menor e 330 e 308 respectivamente para o caminhamento intermediário e maior, porém estes números serão reduzidos após o cálculo final, o qual somente será possível após da implantação do projeto de infra-estrutura proposto para as grutas.

Para definição da área de proteção no entorno das cavernas foram sugeridos três limites: um que inclui as bacias hidrográficas dos córregos Anhumas e Taquaral e a parte alta da Bacia do Rio Formosinho (26400 ha), um intermediário com apenas as bacias dos rios Taquaral e Serradinho (12800 ha) e uma menor constituindo-se de um retângulo de 6 km x 10 km (6000 ha).

Nas áreas de entorno as atividades econômicas devem ser regulamentadas evitando-se, principalmente, as que promovam alteração do nível freático, devendo ser controlada a perfuração de poços de captação de água e o desmatamento.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. de 1965. Geologia da Serra da Bodoquena (Mato Grosso), Brasil. *Boletim de Geologia e Mineralogia*, Departamento Nacional de Produção Mineral-DNPM, Rio de Janeiro, (219):1-96.
- AYUB, S.; SALLUM FILHO, W.; FERREIRA, N.B.; ABREU, A.E.S., TEIXEIRA, A.L.G.P.; ELEUTÉRIO, T.S.H. 1996. Caracterização geo-espeleológica preliminar das cavernas da porção central da Serra da Bodoquena, na região de Bonito, MS. Relatório elaborado pelo Grupo Espeleológico da Universidade de São Paulo - GGEO, 51 p., 11 mapas.
- BOGGIANI, P. C., COIMBRA, A. M., HACHIRO, J.. 1996. Evolução Paleogeográfica do Grupo Corumbá (Neoproterozóico) In Anais 39 Congresso Brasileiro de Geologia, v.6, p 132-134 Salvador, BA.
- BOGGIANI, P.C. 2001. Ciência, meio ambiente e turismo em Bonito: a combinação que deu certo? In: Alvaro Banducci Júnior & Edvaldo Cesar Moretti (organizadores) Qual Paraíso? Turismo e ambiente em Bonito e no Pantanal. Editora da UFMS e CHRONOS. São Paulo, SP. 151-165.
- BOGGIANI, P. C., COIMBRA, A. M., GESICKI, A. L. D., SIAL, A. N., FERREIRA, V. P., RIBEIRO, F. B., FLEXOR, J. M.. 2002. Tufas Calcárias da Serra da Bodoquena, MS. In: C. Schobbenhaus; D. A. Campos, E. T. Queiroz, M. Winge, M. Berbert-Born (eds.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília, SIGEP, DNPM-CPRM, p. 249-259.
- BOGGIANI. P. C. & CLEMENTE, J. 1999. A questão do licenciamento ambiental de empreendimentos turísticos no Planalto da Bodoquena – Mato Grosso do Sul –Dourados/MS : Revista de Geografia, UFMS, AGB-Dourados, (9):24.32.
- BRASIL. Ministério do Exército. *Mapa topográfico*: Folhas Rio Perdido e Jardim. Escala 1:100.000.
- CARVALHO, S. M. de. 2001. Microclimatologia subterrânea da Gruta Olhos d'Água (Castro, PR). In: Espaço e Cultura – Ponta Grossa e os Campos Gerais. Carmencita de Holleben Mello Ditzel e Cicilian Luiza Löwen Shr (organizadores), Editora UEPG, Ponta Grossa, p. 443 – 461.
- CIFUENTES, M. 1992 Determinacion de Capacidad de Carga Turística en Áreas Protegidas. Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza – CATIE – Costa Rica, Série Técnica – Informe Técnico n. 194, 26p.
- CIGNA, A.A. 1993. Environmental management of tourist caves - the examples of Grotta di Castellana and Grotta Grande del Vento, Italy. *Environmental Geology*, 21:173-180.

- DIAS NETO , C. M.; FALZONI, R.; KARMANN, I.; LINO, C.F.; MILKO, P.; SANCEZ, L.E. 1978. Parque Nacional de Ubajara. Levantamento Espeleológico. Sociedade Brasileira de Espeleologia. Relatório Interno.
- FORTI, P. 1980. Grotta Pelagalli: nuovi rami ed inusali cristallizzazioni. *Speleologia*, 3: 38.
- GNASPINI NETTO, P.; TRAJANO, E.; SÁNCHEZ, L.E. 1994. Província espeleológica da Serra da Bodoquena, MS: exploração, topografia e biologia. *Espelo-Tema*, 17:19-44.
- GODOY, N. 1986. Nota sobre a fauna cavernícola de Bonito, MS. *Espelo-tema*, São Paulo, Sociedade Brasileira de Espeleologia, 15:79-91.
- HARWICK, P. & GUNN, J. 1996. The conservation of Britain's limestones cave resource. *Environmental Geology*, 28 (3):121-127.
- KHOLER, H. C.; AULER, A. CATTANIO, M.B. 1998. The Subtropical Karst of Bonito, Western Brazil. Yuan Daoxian and Liu Zaihua (eds) *Global Karst Correlation*, chapter 14, p. 257-267, Science Press and VSP BV.
- LABEGALINI, J.A. 1996. Levantamento dos Impactos das Atividades Antrópicas em Regiões Cársticas – Estudo de Caso: proposta de mínimo impacto para a implantação de infraestrutura turística na Gruta do Lago Azul – Serra da Bodoquena (Município de Bonito, MS). Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, 185 p.
- LAMOREAUX, P.E.; POWELL, W.J.; LEGRAND, H.E. 1994. Environmental and legal aspects of karst areas. *Enviromental Geology*, 29 (1/2): 23-26.
- LINO, C.F.; BOGGIANI, P.C.; CORTESÃO, J. GODOY, N.M, KARMANN, I. 1984. Projeto Grutas de Bonito. Diretrizes para um plano de manejo turístico. Relatório inédito, SPHAN/MS-TUR. 212 p, mapas.
- MAGIN, A. 1995. Spéleoclimatologie dans la Grotte de Gargas, France. 125 p.
- MARTIGNONI, A. 1988. Instalações Elétricas prediais, 11, Globo, p.153-194.
- MILKO, P. 1984. Medidas Físicas e Químicas – Expedição Goiás 1979. *Espeleotema*, 14:116-122.
- MOREIRA, J.R. DE A. & TRAJANO, E.1992. Estudo do topoclima de cavernas da Província Espeleológica Arenítica Altamira-Itaiatuba, Pará. *Espelo-Tema*, São Paulo, Sociedade Brasileira de Espeleologia, 16(5): 75-82.
- OLIVEIRA,R.; BOGGIANI,P. C.; ALLIEVI, V. 1985. Projeto de viabilização turística da Gruta de Ituaçu-BA. Relatório inédito elaborado para a secretaria de Minas de Energia do Estado da Bahia, Salvador, 34 p.

- PEREZ, R.C. & GROSSI, W.R. 1981. Relatório da vistoria técnica preliminar das grutas “Lago Azul” e Nsa Sra. Aparecida, situadas no Município de Bonito, MS. Relatório inédito, CETEC - MG, 11 p.
- PINTO, M.N. Morfologia e ambiente de cavernas – uma contribuição ao ensino. Revista Geográfica e Ensino, Belo Horizonte, ano 2, n.2, p.1-19, 1984.
- PIRES, A.M.S. 1987 Potiicoara brasiliensis: a new genus and species of Spelaeogriphacea (Crustacea: Peracarida) from Brazil with a phylogenetic analysis of the Peracarida. Journal of Natural History, 21: 225-238.
- REPRESENTAÇÃO GRÁFICA – Desenho de Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de Tupã, SP. 1981.
- TRAJANO, E. 1981. Padrões de distribuição e movimentos de morcegos cavernícolas no Vale do Alto Ribeira de Iguape, São Paulo. Dissertação de mestrado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. 154 p.
- TRAJANO, E. 1987. Biologia do bagre cavernícola *Pimedodella Kronei* e de seu provável ancestral, *Pimelodella transitória* (Siluriformes, Pimelodidae). São Paulo, tese de doutoramento, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. 211p.
- TRAJANO, E. MOREIRA, J.R.A. 1991. Estudo da fauna de cavernas da Província Espeleológica Arenítica Altamira-Itaituba, PA. Revista Brasileira de Biologia, 51(1).