

Gruta do Lago Azul, Bonito, MS

Onde a luz do sol se torna azul

A GRUTA DO LAGO AZUL, localizada no município de Bonito, Mato Grosso do Sul, desenvolve-se em rochas carbonáticas do Grupo Corumbá (Ediacarano), no contexto geomorfológico da Serra da Bodoquena, e destaca-se, no cenário espeleológico nacional, pelos seus atributos cênicos e biológicos. Nos meses do verão, a luz solar atinge diretamente o lago subterrâneo a cerca de 150 m da superfície, conferindo-lhe intensa cor azul, o que motiva o nome do sítio espeleológico. No piso do lago foram encontradas concentrações de fósseis de mamíferos pleistocênicos. A gruta apresenta espeleotemas de nesquehonita na forma de coralóides e crostas frágeis de rara beleza. Juntamente com a Gruta Nossa Senhora Aparecida é bem tombado como Patrimônio Nacional pelo IPHAN, constituindo o Monumento Natural Gruta do Lago Azul (unidade de conservação estadual) um dos mais importantes atrativos turísticos de Mato Grosso do Sul, com guias capacitados tanto para conceitos de geociências como demais relativos ao turismo da região.

Palavras-chave: Gruta do Lago Azul; Serra da Bodoquena; Bonito; Mato Grosso do Sul

SIGEP 107

Paulo Cesar Boggiani¹

William Sallun Filho³

Ivo Karmann^{1,2}

Ana Lúcia Desenzi Gesicki⁴

Nicoletta Moracchioli Philadelphi⁵

Marcos Philadelphi⁵

Lago Azul Cave, Bonito, State of Mato Grosso do Sul – Where the sunshine becomes blue

The Gruta do Lago Azul (Blue Lake Cave), located at the Bonito municipality, Mato Grosso do Sul State, is developed in carbonate rocks of the Corumbá Group (Ediacaran) in the Serra da Bodoquena geomorphological context. Along the September to February, the sunlight penetrates the wide chamber, going down 150 meters from the surface, to the subterranean lake, turning the colour of the water intensely blue, what is the motivation for the site's name. At the floor of the subterranean lake occur bones of pleistocenic mammals and the cave is also important due to the presence of nesquehonite speleothems. This cave and the neighboring Gruta Nossa Senhora Aparecida are considered national heritage and a formal conservation unit of the Mato Grosso do Sul state is concerned by the Monumento Natural Gruta do Lago Azul, a conservation unit of the Mato Grosso do Sul State. The Gruta do Lago Azul is one of the most important touristic attraction of the region with touristic guides prepared to geoscience education.

Key words: Lago Azul Cave; Planalto da Bodoquena; Bonito; Mato Grosso do Sul

INTRODUÇÃO

A Gruta do Lago é uma das mais importantes cavernas do patrimônio espeleológico nacional e um dos mais importantes atrativos naturais de Mato Grosso do Sul, com destaque para o lago subterrâneo que adquire a cor azul intensa sob incidência dos raios solares (Fig 1). O excepcional valor paisagístico foi motivo para seu tombamento pelo IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, juntamente com a Gruta Nossa Senhora Aparecida situada nas proximidades.

Além da inusitada paisagem subterrânea, a Gruta do Lago Azul apresenta concentração de fósseis de mamíferos pleistocênicos (Salles *et al.*, 2006) e conjunto de minerais raros (nesquehonita), na forma de frágeis aglomerados. É também local da presença de crustáceos endêmicos que habitam o lago subterrâneo.

Trata-se de uma caverna em área de fácil acesso com excepcional potencial para atividades de geoturismo, em parte já realizada pelos guias de turismo com relativo intenso fluxo turístico (44.786 visitantes em 2003

segundo a Secretaria de Turismo de Bonito). Em função de ser uma caverna com grande abertura para o exterior, possibilita iluminação natural, o que proporciona atividade turística de baixo impacto ambiental, a qual pode ser ainda mais aprimorada com a definitiva implantação do Monumento Natural Gruta do Lago Azul, unidade de conservação estadual criada em 2001, e das medidas e infra-estrutura propostas no EIA– Estudo de Impacto Ambiental, e plano de manejo espeleológico, submetido à análise pelo IBAMA em fevereiro de 2002 e que recebeu autorização ambiental através a Portaria IMASUL nº 073 de 14 de julho de 2008, para a definitiva implementação.

LOCALIZAÇÃO

A Gruta do Lago Azul localiza-se a oeste da cidade de Bonito, entre os córregos Anhumas, ao norte e Taquaral, ao sul, nas coordenadas $56^{\circ}35'27''W$ e $21^{\circ}08'41''S$. Seu acesso é feito através de 19 km de estrada de terra, a partir da cidade de Bonito (Fig 2).



Figura 1 - Aspecto do lago subterrâneo ao fundo da Gruta do Lago Azul (Bonito, MS) que adquire a cor azul sob incidência dos raios solares. Fotografia de J. Sabino.

Figure 1 - General view of the Gruta do Lago Azul (Blue Lake Cave - Bonito, MS), with subway lake becomes blue under the incidence of sunlight. Photography of J. Sabino.

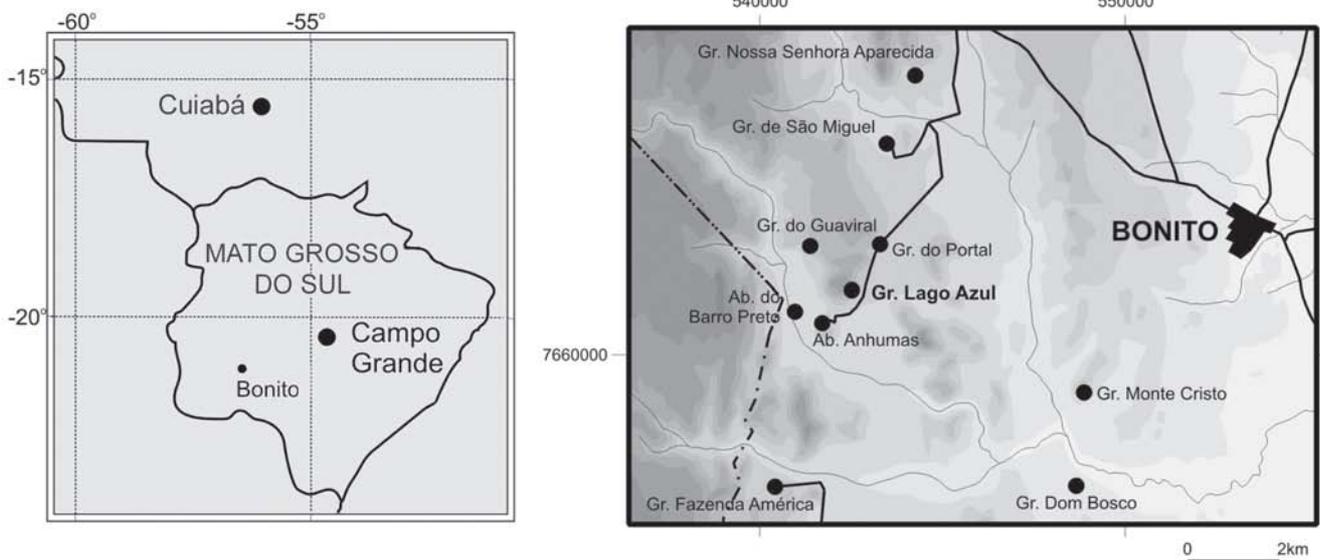


Figura 02 - Localização e acesso à Gruta do Lago Azul.

Figure 02 - Location and access of Lago Azul Cave.

O acesso até Bonito é feito por estrada asfaltada a partir de Campo Grande, capital do Estado, pelo trajeto Campo Grande – Sidrolândia – Guia Lopes da Laguna – Bonito, no total de 280 km. A cidade de Bonito tem acesso por linha regular de ônibus e possui aeroporto, restrito ainda a vôos fretados. Por ser uma cidade turística, apresenta inúmeras agências de turismo, hotéis e atendimento profissional através de guias de turismo bem preparados.

HISTÓRICO

A Gruta do Lago Azul, assim como a de Nossa Senhora Aparecida, já era conhecida pela população local por volta de 1940, por serem de fácil acesso e próximas à cidade de Bonito.

A informação freqüentemente divulgada de que a gruta teria sido descoberta por um índio terena em 1924 não tem fundamentação histórica, mas já se tornou uma lenda, de tanto que essa informação foi propagada localmente e pela imprensa.

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 relativamente raso, com um a dois metros de profundidade.

Segundo histórico de Lino *et al.* (1984), a visitação turística teria sido iniciada somente em 1970, com o trabalho do Sr. Hélio Loureiro, como Secretário Muni-

cipal de Turismo, e do Guia de Turismo Sr. Sérgio Ferreira Gonzáles, mais conhecido como “Sérgio da Gruta”.

Ainda em 1970, estudos visando o aproveitamento da água do lago subterrâneo da Gruta do Lago Azul foram realizados pela Turismat (Empresa Turística do Mato Grosso). O abandono da idéia de extração de água mineral 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.

O encaminhamento do pedido de tombamento das duas grutas 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 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 distinção clara quanto às cavernas serem ou não pertencentes ao proprietário do terreno, o que apenas foi resolvido na Constituição Federal, segundo a qual, as cavidades naturais subterrâneas são consideradas pertencentes à União. A área adquirida para a Gruta do Lago Azul foi de 25 hectares e 1700 m², parte da antiga Fazenda Anhumas e para a Gruta Nossa Senhora Aparecida a área foi de 10 hectares e 2 m², parte da Fazenda Jaraguá.

Em 1984 foi realizado projeto, coordenado pelo arquiteto Clayton Ferreira Lino, no qual, juntamente com equipe técnica multi e interdisciplinar, foram realizados os levantamentos topográficos das grutas e apresentadas as diretrizes para um plano de manejo turístico da região (Projeto Grutas de Bonito - Lino *et al.* 1984). O principal resultado do Projeto Grutas de Bonito, além da caracterização e mapeamento das grutas tombadas, 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 Sra. Aparecida. A partir desta proposta, foi construído caminhamento no interior da Gruta do Lago Azul com utilização de blocos calcários rejuntados com massa de cimento e areia. A proposta era de facilitar o caminhamento com o mínimo de impacto visual. Durante a realização desse projeto, foram exploradas e mapeadas outras cavidades, entre elas o Abismo Anhumas, situado próximo à Gruta do Lago Azul e também de grande significado paisagístico.

A Gruta do Lago Azul passou a ser mais conhecida, assim como o potencial em belezas naturais, após a Expedição Franco-Brasileira BONITO/92, organizada pelo Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas e realizada em setembro de 1992, quando, ao fundo do lago da Gruta do Lago Azul, foram descobertos fósseis de mamíferos pleistocênicos (Fig. 3) correspondentes a ossos de preguiça-gigante e de tigre-dente-de-sabre, provavelmente representados pelos gêneros *Eremotherium* e *Smilodon*, identificados pelo Prof. Castor Cartelle a partir de imagens subaquáticas realizadas pelos mergulhadores.



Figura 3 - Imagem do piso do lago subterrâneo da Gruta do Lago Azul, com ossadas desarticuladas de mamíferos fósseis do Pleistoceno (fotografia Ismael Escote).

Figure 3 - View from the floor of the subterranean lake of Lago Azul cave with pleistocenic mammals fossils (photography by Ismael Escote).

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 em 1993 e 1994, a partir dos quais a visitação à Gruta do Lago Azul passou a ser realizada apenas com o acompanhamento do guia (Boggiani, 2001). Desde essa época, é notável a forma dedicada e profissional como os guias desenvolvem sua atividade no interior da gruta, onde explanam desde a formação geológica da Serra da Bodoquena até aspectos da espeleogênese até características culturais da região.

No dia 11 de junho de 2001 foi criado o Monumento Natural da Gruta do Lago Azul pelo Governo de Estado de Mato Grosso do Sul, através do Decreto n. 10.394, constituído por duas áreas não contínuas que totalizam 260 hectares, cuja definitiva implantação já tem autorização do CECAV - Instituto Chico Mendes, do órgão estadual de licenciamento ambiental e autorização do IPHAN.

GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DA SERRA DA BODOQUENA

A Gruta do Lago Azul insere-se no contexto geológico e geomorfológico da Serra da Bodoquena (Almeida, 1965), 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 e Bodoquena e parte dos Municípios de Jardim, Guia Lopes, Porto Murtinho e Miranda. Essa serra é sustentada essencialmente por rochas carbonáticas do Grupo Corumbá (Almeida, 1965; Boggiani *et al.*, 1993; Boggiani, 1998) de idade Ediacarana, e apresenta forma alongada, na direção norte-sul, com 200 km de comprimento e largura entre 10 e 70 km.

O Grupo Corumbá insere-se na unidade geotectônica denominada Faixa de Dobramentos Paraguai, relacionada ao evento orogenético Pan - Africano - Brasileiro. Essa faixa apresenta extensão de 1.500 km, desde o sudoeste de Goiás até Mato Grosso do Sul, passando pelo Estado de Mato Grosso, na forma de característico arco de convexidade voltada para o cráton Amazônico (Almeida, 1984). Esse grupo situa-se em posição intermediária, recobrendo a Formação Puga (glacial) e tem sido correlacionado ao Grupo Araras, porém essas duas unidades carbonáticas apresentam contextos paleoambientais e estratigráficos distintos (Boggiani & Alvarenga, 2004).

O Grupo Corumbá (Almeida, 1965; Boggiani *et al.*, 1993; Boggiani, 1998), aflorante no Maciço do Urucum e na Serra da Bodoquena, com aproximadamente 1.000 m de espessura, é representado por sucessão de conglomerados, arenitos e pelitos basais (formações Cadiueus e Cerradinho) passando a dolomitos, silixitos e rochas fosfáticas (Formação Bocaina) e calcários e pelitos grafitososossilíferos (Formação Tamengo), recobertos por espesso pacote pelítico no topo (Formação Guaicurus).

São reconhecidos dois compartimentos geomorfológicos principais na Serra da Bodoquena. O primeiro é o Planalto da Bodoquena (Alvarenga *et al.*, 1982) ou Serra da Bodoquena (Almeida, 1965) propriamente dita, na forma de maciço calcário elevado, e o segundo é a Depressão do Rio Miranda (Alvarenga *et al.*, 1982), região topograficamente rebaixada a leste. O Planalto da Bodoquena é inclinado para leste, com a borda oeste escarpada com desnível de 200 m, voltada para o Pantanal. Neste maciço rochoso, afloram calcários e, nas porções com cobertura de solo, desenvolveu-se densa floresta ainda preservada o que possibilitou a criação do Parque Nacional da Serra da Bodoquena. A Depressão do Rio Miranda (Alvarenga *et al.*, 1982) inclui a Zona Serrana Oriental de Almeida (1965) e constitui vasta superfície rebaixada (cota de 100-350 m) limitada à leste pelo Planalto de Maracaju-Campo Grande, que pode ser visto no caminho para Bonito, entre Sidrolândia e Nioaque.

Tanto no Planalto da Bodoquena quanto na Depressão do Rio Miranda a paisagem é influenciada pela presença das rochas carbonáticas do Grupo Corumbá, com inúmeras cavernas, dolinas e demais feições típicas de relevo cárstico. Nesse contexto a Gruta do Lago Azul situa-se na Depressão do Rio Miranda em dolomitos do Grupo Corumbá (Formação Bocaina), em domínio de planícies cársticas com morros residuais (Sallun Filho & Karmann, 2007).

Os rios que drenam o planalto têm suas cabeceiras em nascentes cársticas, em função do que apresentam águas límpidas e bicarbonatadas com crescimento abundante de depósitos carbonáticos fluviais denominados tufas calcárias (Boggiani & Coimbra, 1995). Estes rios e tufas calcárias têm grande valor cênico e constituem atrativos turísticos intensamente explorados.

Além do valor paisagístico, as tufas proporcionam estudos paleontológicos e paleoambientais, motivos pelos quais, as Tufas Calcárias da Serra da Bodoquena foram incluídas em Lista Mundial Indicativa de Sítios Geológicos e Paleobiológicos para concorrerem ao processo de decretação como Patrimônio da Humanidade pela UNESCO (Boggiani *et al.*, 2001).

Além dos rios e das tufas, as inúmeras feições de relevo cárstico, aliadas às porções de mata ainda preservada, insere a Serra da Bodoquena num contexto de paisagem de excepcional beleza que vem sendo recentemente muito procurada para atividades turísticas (Boggiani & Clemente, 1999).

As cavernas no domínio das planícies cársticas ocorrem nos morros residuais como salões de abatimento de grandes dimensões, com a presença de cavidades submersas com lagos e raras que apresentam condutos e rios subterrâneos (Sallun Filho, 2005). A profundidade das cavidades subaquáticas, na ordem de dezenas de metros, é uma característica da região. Na primeira expedição de exploração dessas cavidades subaquáticas, organizada pelo Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas em 1992, foi atingida a profundidade de 55 metros para o lago existente ao fundo da Gruta do Lago Azul; posteriormente, a profundidade foi medida em 90 m (Navarro Júnior, 2002). As demais cavidades subterrâneas apresentaram profundidades superiores a 60 metros, como o Abismo Anhumas. Ao sul de Bonito, situa-se a Lagoa Misteriosa, originada numa dolina de dissolução onde, em recente exploração, foi determinada coluna de água de 220 m de profundidade. Tais características têm chamado a atenção de mergulhadores brasileiros e estrangeiros, o que vem permitindo classificar a região como uma entre as melhores do mundo para atividades de espeleomergulho.

DESCRIÇÃO DA GRUTA DO LAGO AZUL

A Gruta do Lago Azul é composta por um grande salão principal de 224 metros na direção NW-SE, 184m na direção NE-SW e 150m de desnível (Fig. 4), que, em sua maior parte, encontra-se submerso (cerca de 65%). Desenvolve-se em dolomitos (CaO, 29,7% e MgO, 20,2%) da Formação Bocaina (Grupo Corumbá), de coloração cinza claro, rico em veios de quartzo e mergulho médio da inclinação das camadas de 24° para sudeste. O intenso fraturamento com veios de quartzo confunde-se, à primeira vista, com o acamamento da rocha, mas ambos são praticamente ortogonais (Almeida, 1965).

Logo na entrada da gruta, encontra-se o Salão do Lago, com 143 m de comprimento e 50 metros de desnível. O Salão do Lago possui piso rico em espeleotemas, principalmente na lateral noroeste, onde se localiza o caminhamento turístico atual, além de inúmeros blocos e espeleotemas abatidos do teto. O teto deste salão, com alturas que variam de 20 a 25 m e com estalactites esparsas, é inclinado, e acompanha o piso, com o lago

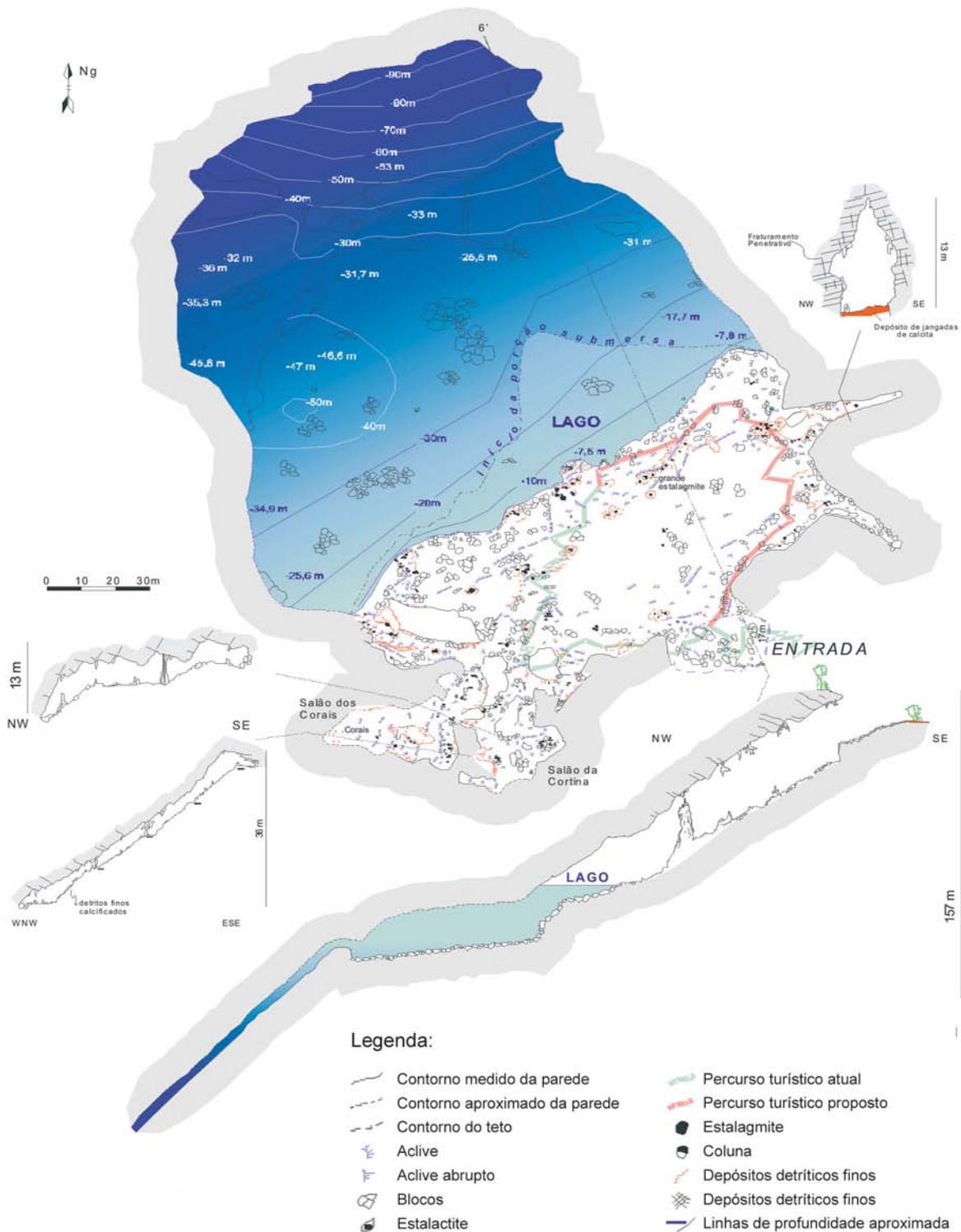


Figura 4 - Mapa e perfis da Gruta do Lago Azul compilado por Sallun Filho (2005) a partir das seguintes fontes: 1) Parte seca - Lino *et al.* (1984), Topografia de Ivo Karmann e Paulo César Boggiani; 2) Parte submersa - Marcos Augusto Philadelphi (Inédito), Topografia de Ismael Escote; Fernando Martins; Jaime Navarro Jr.; Marcos Augusto Philadelphi; Nicoletta Moracchioli; Ricardo Meurer.

Figure 4 - Map and sections of the Lago Azul Cave compiled by Sallun Filho (2005) from: 1) Dry part of the cave is from Lino *et al.* (1984), topography by Ivo Karmann e Paulo Cesar Boggiani; 2) Submerged part is from Marcos Augusto Philadelphi (unpublished work), Topography by Ismael Escote; Fernando Martins; Jaime Navarro Jr.; Marcos Augusto Philadelphi; Nicoletta Moracchioli; Ricardo Meurer.

ao seu fundo com mais de noventa metros de profundidade (Navarro Junior, 2002). A gruta apresenta entrada circular pelo Salão do Lago, com aproximadamente quarenta metros de diâmetro, o que permite a entrada de luz até o lago.

A água do lago é totalmente incolor e a cor azul que adquire é um fenômeno óptico conhecido como Espalhamento ou Dispersão *Rayleigh*. A luz branca é uma somatória de várias cores, mas a azul, em função de ter o menor comprimento de onda, é a que se espalha mais ao atravessar as partículas em suspensão na água, o que dá a coloração azul, da mesma forma que o céu fica azul durante o dia.

A variação sazonal do nível do lago é de cerca de 3 metros (Sallun Filho, 2005) o que tem provocado o recobrimento de blocos do piso por carbonato de cálcio na sua borda. Em estalagmite com cerca de 12 metros de altura e 4 m de diâmetro, observa-se entalhes de dissolução a 6 m do nível médio atual do lago, o que indica nível pretérito superior ao atual, após a formação de estalagmites.

Ao fundo da gruta, próximo ao nível do lago, encontra-se a entrada de um pequeno conduto conhecido como Salão do Quartinho, com 10 metros de comprimento, paralelo a fratura presente no teto. O piso desse salão é coberto por camada de 5 a 10 cm originada pelo acúmulo de cristais submilimétricos de carbonato em arranjos laminares milimétricos que flutuam nas águas ao se formarem e, por isso, conhecidos como “jangadas”.

Um salão lateral (Salão Superior) tem acesso no extremo oeste da caverna, onde a visitação é permitida apenas com autorização prévia. Esse salão se divide e existe um declive que acompanha o teto numa descida abrupta até próximo ao nível do lago, onde se atinge o Salão dos Corais, com concentração de belos espeleotemas que lembram cogumelos, ou corais formados pelo mineral nesquehonita. O Salão Superior, de onde se avista todo o Salão do Lago, é muito ornamentado por estalactites, estalagmites e colunas cobertas por espeleotemas do tipo “couve-flor”.

No lago ocorre espécie troglóbia da Ordem Spelaeogriphacea (Pires, 1987; Moracchioli, 2002), crustáceos milimétricos cegos e despigmentados, que se concentram na parte iluminada do lago.

A Gruta do Lago Azul destaca-se no âmbito da bioespeleologia por ser localidade tipo do *Poticoara brasiliensis*, descrito por Pires (1987) e o Amphipoda *Megagidiella azul*, descritos por Koenemann & Holsinger (1999), da ordem Spelaeogriphacea, a qual se destaca mundialmente por ser um grupo exclusivamente subterrâneo de crustáceos de água doce, cegos e

despigmentados, cuja distribuição abrange o Brasil, a África do Sul e a Austrália (Moracchioli, 2002).

ORIGEM DA GRUTA DO LAGO AZUL

Uma hipótese formulada para origem da Gruta do Lago Azul foi proposta por Kohler *et al.* (1998) com base na semelhança entre os perfis de condutos inclinados da Gruta do Lago Azul e Nascente do Rio Formoso. Segundo essa hipótese, estes salões teriam sido antigas nascentes ativas numa época onde a escarpa leste, entre o Planalto da Bodoquena e a Depressão do Rio Miranda, estaria situada mais a leste, que progressivamente recuou para oeste. Segundo estes autores a evolução do carste do Planalto da Bodoquena teria se dado através de duas diferentes formas, segundo a qual a drenagem que surge na base do planalto vem dissecando o relevo com progressivo rebaixamento do relevo e expansão das planícies cársticas deixando morros residuais onde se localizam as grutas do Lago Azul, Nossa Sra. Aparecida e São Miguel, entre outras deste sistema (Fig. 4). Neste processo, as maiores cavernas teriam se formado através de fluxos turbulentos com ressurgências quando a escarpa situava-se mais a leste da sua posição atual. Com o recuo da escarpa para oeste, as cavernas ficaram isoladas nos morros calcários que, através do contínuo rebaixamento do nível d'água, ficaram secas e desmoronamentos ocorreram concomitantes à formação de espeleotemas subaéreos, como seria o caso da Gruta Nossa Sra. Aparecida.

Sallun Filho (2005) avalia que nas grutas do Lago Azul, Nossa Senhora Aparecida, São Miguel e Fazenda América ocorrem testemunhos preservados de condutos originais, ascendentes em forma de fenda, desenvolvidos na intersecção acamamento/ fratura. Essas cavernas de abatimento, como a Gruta do Lago Azul, representam antigos condutos ascendentes de água de circulação profunda, de fluxo lento, que pertenciam a sistemas de condutos profundos e hoje são apenas formas reliquias nos morros residuais. Condutos ascendentes estão presentes nas nascentes ativas como a do Rio Formoso e a Ceita-Corê. Mas não se observa nenhuma evidência de que as fendas que ocorrem nos salões reliquias eram nascentes, como proposto por Kohler *et al.* (1998). As nascentes atuais ocorrem hoje principalmente em calcários da Formação Tamengo, na base da escarpa leste da serra e os salões encontram-se nos dolomitos da Formação Bocaina. Um exemplo é a nascente do Rio Formoso que se desenvolve numa direção E-W e NE-SW, sempre de oeste para leste e exibe um padrão anastomosado o que não é visto em nenhu-

ma caverna nos dolomitos. Já os salões reliquiários têm direções variadas, mas formando entre si um alinhamento a N20E, que parece estar relacionado ao fraturamento regional. O alinhamento na direção N20E pode representar antigos sistemas de condutos ascendentes guiados por uma barreira impermeável, como uma camada de filitos intercalados nos carbonatos.

No trabalho de Kohler *et al.* (1998), é considerado que o aquífero da Gruta do Lago Azul não tem conexão atual com cavernas próximas, nem mesmo com o Abismo Anhumas a cerca de 1.200 metros, em função das diferenças hidroquímicas entre as duas águas. Esta suposição necessita ser revista diante da descoberta dos crustáceos antes considerado endêmicos nas duas cavernas, além de outras. Além disso, medições da variação do nível d'água atual mostram uma correlação entre a variação dos lagos da Gruta do Lago Azul e do Abismo Anhumas, sugerindo uma conexão inacessível em ambiente freático (Sallun Filho, 2005). Interpreta-se que a Gruta do Lago Azul teve a origem na intersecção acamamento/fratura, com posterior desenvolvimento e ampliação da caverna em ambiente freático. Após esta fase houve rebaixamento do nível d'água com deposição de espeleotemas subaéreos e desmoronamentos, seguida de nova fase, mais recente, de subida do nível d'água já no Período Quaternário, com a conformação do lago na forma que o vemos atualmente.

SINOPSE SOBRE A ORIGEM E EVOLUÇÃO GEOLÓGICA DA GRUTA DO LAGO AZUL

A história geológica registrada na Gruta do Lago Azul tem que ser dividida em dois estágios, o primeiro relativo à origem das rochas onde a caverna vem se formando e o segundo relativo à formação da própria caverna e do relevo associado.

A Gruta do Lago Azul desenvolve-se em dolomitos da Formação Bocaina do Grupo Corumbá, rochas que apresentam a característica de serem solúveis sob a ação das águas ácidas, proporcionando o desenvolvimento de paisagem cárstica da região.

Os carbonatos do Grupo Corumbá formaram-se no Neoproterozóico, provavelmente entre 580 e 540 milhões de anos atrás, após um período sob o qual o planeta encontrava-se sob uma glaciação que se supõe ter sido muito intensa, com a possibilidade de a Terra ter ficado totalmente coberta pelo gelo (Hipótese da Terra Bola de Neve, ou *Snowball Earth Hypothesis* - Hoffann & Schrag, 2002). O registro desta glaciação é encontrado na região, na forma de conglomerados da

Formação Puga. Após a glaciação ter-se-ia aberto um oceano através da separação de massas continentais, antes aglutinadas na forma do supercontinente Rodínia. Nesse oceano ocorriam apenas formas primitivas de vida, na sua maioria microbianas, que proporcionaram intensa sedimentação carbonática do Grupo Corumbá. Ao final da sedimentação dos carbonatos, antes da transição do Pré-Cambriano com o Fanerozóico, teriam surgido as primeiras formas de vida animal na forma dos fósseis *Cloudina* e *Corumbella* (Hahn *et al.*, 1982; Zaine & Fairchild, 1985), encontrados em Corumbá (MS). Por volta de 520-530 milhões de anos atrás, as massas continentais, antes separadas, passaram-se a se aproximar e os sedimentos anteriormente depositados foram intensamente dobrados e onde era um oceano se formou-se elevada cadeia de montanhas (Faixa de Dobramentos Paraguai) com as rochas carbonáticas ficando expostas e sujeitas à erosão até os tempos atuais.

Inicia-se assim o segundo capítulo da história geológica do sítio, relacionado ao esculpimento do atual relevo e evolução da fauna e flora e, de uma forma geral, da atual paisagem que caracteriza a região, o qual teria se iniciado por volta de 60 milhões de anos atrás, no início da Era Cenozóica, sem que seja possível definir com precisão quando teria dado início a formação da Gruta do Lago Azul, juntamente com as demais cavernas da região, as quais, por sua vez, continuam ainda em processo de formação.

No processo contínuo de formação da Gruta do Lago Azul, pode-se diferenciar duas importantes fases. A abertura inicial, por dissolução dos calcários e dolomitos, abaixo do nível d'água e uma segunda fase, com o rebaixamento do nível d'água, também chamado de nível freático, quando os salões anteriormente abertos por dissolução ficaram expostos e sujeitos a desmoronamentos de blocos, o que explica a grande quantidade de blocos de rochas no piso das cavernas.

Com os salões desprovidos de corpos de água, inicia-se a segunda fase de desenvolvimento de uma caverna, com a formação de estalactites e estalagmites e inúmeras outras formas de depósitos carbonáticos, cujo conjunto é chamado de espeleotema. Esses espeleotemas têm crescimento muito lento, da ordem de um milímetro por ano, e registram as variações climáticas pela qual a região passou. Por isso, aliado as belas formas que apresentam, são protegidos por lei e sua depredação ou coleta sem autorização é considerada crime.

As mudanças climáticas no Quaternário, durante períodos glaciais e inter-glaciais, ocasionaram a variação do nível d'água nos últimos milhares de anos, com

níveis mais altos e mais baixos. Além disso, em determinados períodos o domínio de gramíneas tornava a paisagem semelhante às paisagens da Savana Africana, com campos abertos, por onde transitavam mamíferos de grande porte como as preguiças e tatus gigantes, mastodontes e tigres-dente-de-sabre, cujas ossadas encontram-se preservadas no lago da Gruta do Lago Azul (Fig. 4) e em outras da região. Em períodos mais úmidos mais recentes, a atual vegetação instalou-se e deu-se início à formação das cachoeiras e represas naturais de tufas calcárias nas drenagens, provavelmente entre 4 e 5 mil anos atrás, a partir de quando as formas de relevo ficaram mais próximas da atual, num processo cuja velocidade permitiu uma harmonia com a dinâmica ambiental vigente. Esta harmonia é hoje drasticamente rompida com a acelerada ocupação que a região vem recebendo, para a qual, se espera, que ainda haja tempo de ser recuperada, se não os futuros visitantes terão apenas as limitadas áreas do Parque da Serra da Bodoquena para saber como era a natureza da região e, na forma ainda mais isolada, as grutas do Monumento Natural da Gruta do Lago Azul (Fig. 5).

MEDIDAS DE PROTEÇÃO

A Gruta do Lago Azul juntamente com a Gruta Nossa Senhora Aparecida foram tombadas como Patrimônio Natural Nacional, o que as coloca sob proteção do IPHAN, além da proteção do ICMBio, responsável pela conservação das cavidades naturais do território brasileiro. Na área

dessas duas cavernas foi criada a unidade de conservação estadual Monumento Natural Gruta do Lago Azul, porém a unidade não foi ainda demarcada e apenas parte do terreno encontra-se sob domínio público. Atualmente a visitação da gruta é administrada pela Prefeitura Municipal de Bonito e com acompanhamento de guia de turismo, o que tem possibilitado a sua preservação.

Medidas Atuais

Apenas a Gruta do Lago Azul recebe visitação turística e o caminhamento atual na caverna foi construído em 1984 já com orientação de causar mínimo impacto ambiental, principalmente para a paisagem interna da caverna. Na época de sua instalação, houve debate sobre a forma aparentemente rudimentar do caminho, com o objetivo de não causar impacto negativo à paisagem interna. Houve também a proposta de se construir escadaria metálica no seu interior, porém esse projeto foi abandonado.

A atividade turística atual não provoca impacto negativo à cavidade e estudo de impacto ambiental (EIA) e plano de manejo espeleológico foi realizado e submetido à análise pelo IBAMA em fevereiro de 2002, para licenciamento ambiental da atual atividade turística com proposta de ampliação futura, com inclusão de abertura de visitação da Gruta Nossa Senhora Aparecida.

Atualmente é cobrado o valor de R\$ 25,00 para a visitação, valor administrado pela Prefeitura Municipal de Bonito, responsável pela proteção e manutenção da área.

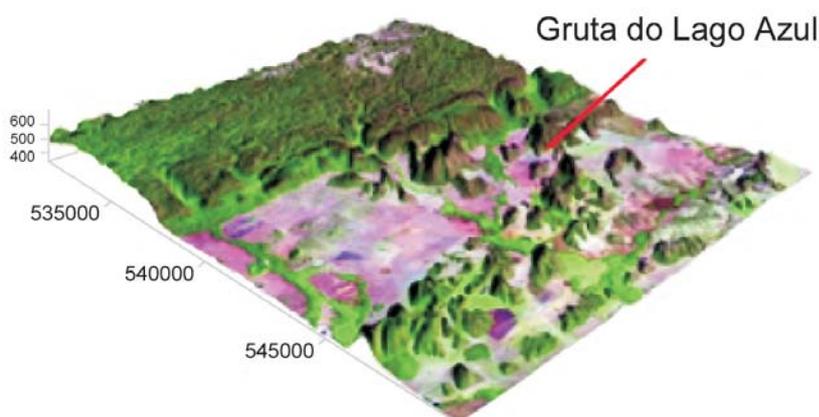


Figura 05 - Aspecto da parte leste da Serra da Bodoquena, com localização da Gruta do Lago Azul em morro isolado sobre a planície. Notar intenso desmatamento das áreas baixas e preservação das matas apenas no maciço calcário a oeste, no Parque Nacional da Serra da Bodoquena.

Figure 05 - East part of Serra da Bodoquena, where the Lago Azul cave is located in the isolated hill over the plain. Note the deforestation of the plain area and the preservation of the forest only in the limestone massif at west, in the Parque Nacional da Serra da Bodoquena.

Entre as principais cavernas com potencial turístico na região, apenas as grutas do Lago Azul e Nossa Senhora Aparecida encontram-se em domínio público, e são as únicas tombadas no âmbito federal. As demais cavidades encontram-se em propriedade privada e a Gruta São Miguel e Abismo Anhumas fazem parte de empreendimento turístico privado com processo de licenciamento ambiental ainda em curso.

Medidas Previstas

No Estudo de Impacto Ambiental (EIA) submetido à análise do IBAMA, é proposto novo caminhamento de visitação para a Gruta do Lago Azul e infra-estrutura externa mais adequada à visitação, inclusive com a instalação de um museu.

O novo caminhamento proposto tem por objetivo impedir o congestionamento de grupo de visitantes que atualmente utilizam o mesmo caminho para adentrar e voltar para a entrada da gruta. A partir dessa nova proposta, o grupo de visitante irá adentrar a caverna e percorre num sentido circular, pelo canto direito da caverna (nordeste), até chegar na proximidade do lago a partir de onde retomará a entrada da caverna pelo antigo caminho. Dessa forma, o visitante terá a possibilidade de contemplação ampliada, e serão evitados os problemas decorrentes de se utilizar o mesmo caminho para entrar e sair do salão.

No mencionado estudo, há ainda a previsão de melhorias no caminhamento, com manutenção do uso de pedras calcárias, a fim de se manter o aspecto mais natural possível no interior da caverna. As melhorias são no sentido de tornar os degraus mais regulares, principalmente com relação à altura, a fim de tornar a transposição mais fácil.

Foram propostas, como infra-estrutura externa, a construção de um centro de visitante de apoio no caminho para a Gruta do Lago Azul, em substituição a atual estrutura existente. Esse centro de apoio estaria ligado a um maior, cuja construção foi proposta para área já desmatada nas proximidades da Gruta Nossa Senhora Aparecida. Nesse centro maior, é previsto a construção de um museu, para colocação de réplicas de ossadas dos mamíferos pleistocênico e melhor apresentação das características naturais não somente das cavernas como da Serra da Bodoquena como um todo.

Encontra-se em formulação proposta de criação de *Geopark* para a região, nos moldes da UNESCO, por iniciativa do IPHAN (Superintendência de Mato Grosso do Sul) no qual as grutas do Monumento Natural seriam um geossítio e o museu poderia ser um centro de apoio e de gerenciamento do *Geopark*.

Problemas na Implementação das Medidas

Apesar da criação do Monumento Natural Gruta do Lago Azul, essa unidade de conservação estadual ainda não foi implementada, nem ao menos demarcada. A implementação da infra-estrutura externa (centros de visitação, museu e banheiros) dependem ainda na análise final do EIA-RIMA pelo IBAMA, de estudo submetido ao órgão em fevereiro de 2002, o qual já recebeu 2 pareceres e pedidos de complementação, com sua última versão submetida em maio de 2007.

A unidade de conservação é estadual, mas quem administra atualmente a visitação da caverna é a Prefeitura Municipal de Bonito.

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

Sugestões dos Autores

Existe a necessidade premente de implementação da unidade de conservação estadual criada, o que depende de entendimento entre os governos municipais e estaduais e os órgãos federais IPHAN e IBAMA, com relação à administração da unidade. Resolvido esse impasse, a unidade deverá ser demarcada e as infra-estruturas internas e externas às cavernas, previstas nos planos de manejos propostos, realizadas, após licenciamento ambiental a partir do EIA-RIMA em análise pelo IBAMA.

Considera-se de grande importância a implementação do museu proposto, pois falta na região de Bonito um local apropriado para que o visitante entenda a evolução da paisagem cultural não somente da caverna, mas da Serra da Bodoquena como um todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, F.F.M. de 1965. Geologia da Serra da Bodoquena (Mato Grosso), Brasil. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*, DNPM, 219:1-96.
- Almeida, F.F.M. de 1984. Província Tocantins, setor Sudoeste. In: O Pré-Cambriano do Brasil (Almeida, F.F.M. & Hasui, Y., coord.). São Paulo, Edgard Blücher, p. 265-281.

- Alvarenga, S.M.; Brasil, A.E.; Del'Arco, D.M. 1982. Folha SF-21, Campo Grande. 2- Geomorfologia, Projeto RADAM-BRASIL, Rio de Janeiro, v.28, p. 125-184.
- Boggiani, P.C. 1998. Análise Estratigráfica da Bacia Corumbá (Neoproterozóico) – Mato Grosso do Sul. Tese de Doutorado, Instituto de Geociência – USP, São Paulo, 181 p.
- Boggiani, P. C. 2001. Ciência, meio ambiente e turismo em Bonito: a combinação que deu certo? In: A. Banducci Jr. & E. C. Moretti (eds.) Qual Paraíso. São Paulo e Campo Grande. Edição Chronos Ltda e Editora da UFMS, p. 151-165.
- Boggiani, P.C.; Clemente, J. 1999. A questão do Licenciamento Ambiental de Empreendimentos Turísticos no Planalto da Bodoquena – Mato Grosso do Sul. *Revista de Geografia*, UFMS, AGB-Dourados, (9): 24- 32.
- Boggiani, P. C.; Alvarenga, C.J.S. 2004. Faixa Paraguai In Geologia do Continente Sul-Americano, editado por Virgínio Mantesso-Neto; Andrea Bartorelli; Celso Dal Ré Carneiro e Benamin Bley de Brito-Neves. Vol. 01, 113-118. São Paulo, SP: BECA.
- Boggiani, P. C.; Coimbra, A. M.. 1995. Quaternary limestone of the Pantanal area, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 3(67):343-349. Rio de Janeiro - RJ
- Boggiani, P.C.; Fairchild, T.R.; Coimbra, A.M. 1993. O Grupo Corumbá (Neoproterozóico-Cambriano) na região Central da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul (Faixa Paraguai). *Revista Brasileira de Geociências*, 23(3):301-305.
- Boggiani, P.C.; Coimbra, A.M.; Gesicki, A.L.; Sial, A.N.; Ferreira, V.P.; Ribeiro, F.B.; Flexor, J.M. 2001. Tufas Calcárias da Serra da Bodoquena. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. (Edit.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Publicado na Internet no endereço: <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio034/sitio034.htm>.
- Boggiani, P.C.; Silva, O.J. da; Gesicki, A.L.D.; Gallati, E.A.B.; Salles, L.O.; Lima, M.M.E.R. 2007. Definição de Capacidade de Carga Turística das Cavernas do Monumento Natural Gruta do Lago Azul (Bonito, MS). *Geociências – UNESP*, 26:333-348.
- Gnaspmi Netto, P.; Trajano, E.; Sánchez, L.E. 1994. Província espeleológica da Serra da Bodoquena, MS: exploração, topografia e biologia. *Espelo-Tema*, 17:19-44.
- Hahn, G.; Hahn, R.; Pflug, H.D.; Leonardos, O.H.; Walde, D.A.G. 1982. Körperlich erhaltene scyphozoen - reste aus dem Jungpräkambrium Brasiliens. *Geologica et Paleontologica*, 16:1-18.
- Hoffman, P. & Schrag, D.P., 2002. The snowball Earth hypothesis: testing the limits of global change. *Terra Nova*, 14(3): 129-155.
- Koenemann, S. & J. R. Holsinger. 1999. *Megagidiella azul*, a new genus and species of cavernicolous amphipod crustacean (Bogidiellidae) from Brazil, with remarks on its biogeographic and phylogenetic relationships. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 112(3): 572-580.
- 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.
- 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.
- Mendes, J.C. 1957. Grutas calcárias na Serra da Bodoquena, Mato Grosso. *Boletim Paulista de Geografia.*, 25: 70-77.
- Moracchioli, N. 2002. Estudo dos Spelaeogriphacea brasileiros, crustáceos Peracarida subterrâneos. Tese de Doutorado (IB-USP), 133 p.
- Navarro Junior, J.P. 2002. Gruta do Lago Azul mais profunda. *Informativo SBE*, 80: 9.
- 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.
- Salles, L.O.; Cartelle, C.; Guedes, P.G.; Boggiani, P.C.; Janoo, A.; Russo, C.A.M. 2006. Quaternary Mammals from Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Boletim do Museu Nacional*, 521: 1-12.
- Sallun Filho, W. 2005. Geomorfologia e geoespeleologia do carste da Serra da Bodoquena, MS. Tese de doutorado (IG-USP), 196 p.
- Sallun Filho, W.; Karmann, I. 2007. Geomorphological map of the Serra da Bodoquena karst, west-central Brazil. *Journal of Maps*, 282-295.
- Zaine, M.F. & Fairchild, F.R. 1985. Comparison of *Aulophycus luciano*, Beurlen & Sommer from Ladário (MS) and the genus *Cloudina*, Germs, Ediacarian of Namíbia. *Anais de Academia Brasileira de Ciências*, Resumo das Comunicações, 57(1): 130.

¹ Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental – Instituto de Geociências, USP – Rua do Lago, 562, 05508-900 São Paulo – SP, boggiani@usp.br

² ikarmann@usp.br

³ Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo – Av. Miguel Stefano 3900, 04301-903 São Paulo – SP, wsallun@igeologico.sp.gov.br

⁴ DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral – São Paulo - Rua Loefgren, 2225, CEP 04040-033 – São Paulo – SP, ana.gesicki@dnpm.gov.br

⁵ Neotrópica, mphiladelphi@uol.com.br

■ Trabalho divulgado no site da SIGEP <<http://www.unb.br/ig/sigep>>, em 23/02/2008, também com versão em inglês.



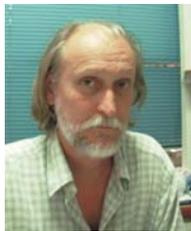
PAULO CÉSAR BOGGIANI

Mestre e Doutor em geologia pela Universidade de São Paulo, docente e pesquisador no Instituto de Geociências da USP desde 2002. Foi professor da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, e coordenador do primeiro curso de formação de guia de turismo em Bonito, em 1992.



WILLIAM SALLUN FILHO

Geólogo, Mestre e Doutor em Geociências pelo Instituto de Geociências da USP. Tem como áreas de atuação a Paleontologia do Pré-cambriano e a Geologia de Terrenos Cársticos. Pesquisador Científico do Instituto Geológico da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, desde 2005.



IVO KARMANN

Mestre e Doutor em geologia pela Universidade de São Paulo, docente e pesquisador no Instituto de Geociências da USP desde 1982, coordenador do Grupo de Pesquisa em Dinâmica de Sistemas Cársticos (CNPq), com pesquisas na área da geologia, hidrologia e de registros paleoambientais em terrenos cársticos.



ANA LÚCIA DEZENZI GESICKI

Mestre e Doutora em geologia pela Universidade de São Paulo, especialista em recursos minerais do Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (São Paulo) desde 2006.



NICOLETTA MORACCHIOLI

Bióloga, Mestre e Doutora em zoologia pela Universidade de São Paulo, com pesquisas na área de ecologia de populações subterrâneas, docente da Universidade Federal do Ceará de 2004 a 2007.



MARCOS PHILADELPHO

Geólogo pela USP com atuação em exploração subaquática em cavernas e projetos educacionais em Geociências