



## SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE  
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE  
DIRETORIA DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE  
CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS – CECAV  
PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD



**TOR 003/2005**

**Produto 06**

**Relatório da Análise de Fragilidade Física dos Espeleotemas em Grutas da APA  
Carste de Lagoa Santa/MG, elaborado.**

Guilherme Vendramini Pereira  
Consultor técnico, Geólogo - CECAV/IBAMA

**CONTRATO nº 2006/528**

**Brasília-DF  
2007**

## **Sumário:**

1 - INTRODUÇÃO: .....	3
2 - Resistência dos espeleotemas frente os impactos da visitação pública.....	4
2.1 - Mineralogia e estrutura cristalina dos espeleotemas: .....	5
2.2 - A força de sustentação dos espeleotemas: .....	5
2.3 - Pisos revestidos por concreções calcíticas:.....	6
3 - Cavernas na APA Carste que apresentam espeleotemas especialmente frágeis.....	7
4 - Situações especiais que merecem atenção pela fragilidade dos espeleotemas: .....	11
4.1 - Gruta das Helictites:.....	12
4.2 - Lapa Vermelha:.....	15
5- Conclusões .....	18

## 1 - INTRODUÇÃO:

Os espeleotemas são agregados cristalinos que podem ser encontrados nas cavernas, independentemente da rocha encaixante e do processo físico-químico que os geram. Da mesma forma que as cavernas são formadas preferencialmente em rochas calcáreas, os espeleotemas também se apresentam em maior profusão e variedade de formas quando associados a essas rochas. Para muitos casos essas ocorrências minerais são de formas tão peculiares que exercem uma especial atração para o ser humano, motivando a visitação de cavernas.

Infelizmente, essa motivação nem sempre é executada com objetivos e meios que conservem a integridade das formações, também há ocorrências (não raras) de danos graves causados pela depredação dos espeleotemas, que em todas as regiões do país se apresentam danificados nas cavernas às quais a população tem acesso.

A execução desse ato de quebrar as formações minerais é fruto de variados motivos, entre os quais:

- ✓ Depredação individual, como “lembrança” da caverna;
- ✓ Depredação com fins comerciais, como peça decorativa;
- ✓ Extração em larga escala, como matéria prima na fabricação de cal;
- ✓ Curiosidade aliada à desinformação: quebra de pequenos pedaços para uma observação imediata e subsequente desprezo do exemplar;
- ✓ Descuido (pisoteio, batidas com a cabeça);

Na região da APA Carste de Lagoa Santa há cavernas com diversificadas morfologias, volumes, e paralelamente, conteúdo em espeleotemas. Há cavernas relativamente pobres em “ornamentações”, como é usual dizer-se dos espeleotemas, e há cavernas em que o conteúdo é deveras especial, em quantidade e formas belíssimas, assim reconhecidas por muitos de seus freqüentadores (estudantes, turistas, pesquisadores).

A atividade de visitação na região apresenta-se desordenada, uma vez que apenas uma caverna é explorada turisticamente, enquanto outras poucas estão sob proteção de áreas especiais de proteção, relacionadas ao patrimônio arqueológico (conjunto paisagístico de poções, Lapa Vermelha e maciço de Cerca Grande).

Na macro-região ocorrem outras duas cavernas turísticas: Gruta de Maquiné e

Gruta Rei do Mato, em Cordisburgo e Sete Lagoas, respectivamente. Juntamente com a Lapinha compõem o “Circuito das Grutas”, que é um roteiro divulgado pelo governo estadual para promover o desenvolvimento da atividade na região. Esse estímulo pode ser um dos fatores que motivará a comunidade local a buscar nas cavernas uma opção de lazer e, caso não se execute algum planejamento ou controle, conseqüentemente, trará impactos negativos sobre o patrimônio espeleológico.

## **2 - Resistência dos espeleotemas frente os impactos da visitação pública.**

Quanto à sua gênese os espeleotemas são classificados em:

- ✓ De águas circulantes – quando os processo envolvem fluxo de água suficiente para não permitir a cristalização lenta dos minerais, ao ponto de as formas resultantes não terem sido influenciadas predominantemente pela estrutura cristalina microscópica, e sim pela orientação imposta pelo fluxo da água. Isso se dá sobre paredes, teto e piso da caverna, onde o processo resulta nos maiores depósitos minerais. Exemplos: estalactites, estalagmites, colunas, cortinas, represas de travertino, pérolas, escorrimentos.
- ✓ De águas estagnadas – formam-se no interior de algum represamento de água (solução mineralizada) e apresentam desenvolvimento limitado à espessura da lâmina d’água. Exemplos: dentes-de-cão, jangadas, vulcões, cones.
- ✓ De águas de exudação – associadas à lenta percolação da solução pela porosidade da rocha ou outro material porventura embebido da solução mineralizada (solos, outros espeleotemas). São processos lentos e normalmente geram formações delicadas e de formas irregulares. Para a formação dessas estruturas é necessário um ambiente de pouca variação climática, normalmente encontrada nos redutos mais isolados das cavernas, onde os parâmetros de umidade e pressão de CO<sub>2</sub> são favoráveis.  
Exemplos: helictites, heligmites, corais, agulhas, flores.

Ocorrem formas variadas que são a associação de dois ou mais processos genéticos, onde um deles pode ter sido interrompido e, numa outra condição ambiental, iniciou-se um processo distinto, o que explica a formação de estalactites pequenas em extremidades de helictites, por exemplo.

Essa classificação quanto a sua gênese não define a fragilidade relativa dos espeleotemas, podendo ocorrer exemplares de estalactites (canudos de refresco longos) que estão em condição de equilíbrio precário, ou helictites robustas e bem consolidadas ao substrato que dificilmente se quebrariam pelos processos naturais.

## **2.1 - Mineralogia e estrutura cristalina dos espeleotemas:**

A calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) é o mineral que predomina nos espeleotemas de grutas em rochas carbonáticas, sendo um mineral que apresenta características físico-químicas que não lhe conferem boa resistência mecânica.

Dentre essas características, alguns são fundamentais na compreensão de sua fragilidade.

**Dureza:** possui dureza 3, na escala de Mohr, que atribui valores comparativamente, de 5 para o vidro, de 7 para o quartzo e 10 para o diamante.

Isso corresponde a afirmar que qualquer objeto metálico ou rochoso tem capacidade para riscar os espeleotemas de calcita.

**Clivagem:** é a capacidade do cristal em partir-se em partes de igual geometria, até uma ínfima parte. Apresenta uma partição perfeita em planos romboédricos. Minerais como o quartzo não apresentam essa característica, mas sim o que se denomina por fratura.

**Solubilidade:** é um mineral solúvel em ácidos fracos, principalmente em baixas temperaturas. Isso o torna suscetível ao aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera e na água cavernícolas.

## **2.2 - A força de sustentação dos espeleotemas:**

Os espeleotemas depositam-se por processos lentos, ao longo de poucos anos da vida humana. O resultado final pode ser atingido quando se encerra, comprovadamente, a ação da circulação hídrica.

Serão mais ou menos resistentes mecanicamente, de acordo com o modelo de seu sistema deposicional, sua massa, seu substrato ou rocha suporte, e ainda se sua estrutura cristalina foi tardiamente modificada por algum outro processo (ex: corrosão).

Espeleotemas ditos maciços (ex: estalagmites, colunas, escorrimentos e travertinos) podem não ser suficientemente resistentes para suportar ocasionais acomodações do terreno, podendo desenvolver fraturas e, conseqüentemente, passando a uma condição de menor sustentação mecânica. O abatimento de estruturas de espeleotemas de grande porte pode ser resultado de ações naturais drásticas, como a atividade sísmica em locais propícios a estes eventos; a mudança da condição de equilíbrio do substrato da caverna (oscilação do nível freático) ou a lixiviação completa do substrato pela ação da água.

O equilíbrio mecânico para espeleotemas tipo estalagmites depende, em grande parte, do material sobre o qual essas estão colocadas. Uma mudança na coesão do

sedimento clástico sob estalagmites e colunas pode dar início ao deslocamento de sua posição. Em situações críticas, algum esforço externo (ação humana) poderá tombar essas estruturas.

Para outra situação, com uma cimentação suficientemente forte e um substrato estável, o fator determinante será a fraca coesão de sua estrutura cristalina e a existência de irregularidades (desvios durante o desenvolvimento), tornando-o mais susceptível à quebra em seu próprio corpo, por uma fratura. Também nesse caso a ação humana influencia diretamente na quebra do espeleotema.

Durante o crescimento de espeleotemas suspensos (tetos e paredes com inclinação negativa), duas situações devem ser observadas:

- a) sobre rochas mais resistentes, os espeleotemas tendem a descolar próximo à base, onde estão cimentados à rocha, ou fraturarem-se em algum segmento mal-formado.

Isso explica a profusão de estalactites “canudo-de-refresco” que podem ser observadas caídas em muitas cavernas.

- b) sobre rochas frágeis, a massa do espeleotema faz aumentar a força de tração sobre a rocha e parte desta vem a colapso.

Essa investigação pode ser realizada analisando-se o conteúdo dos fragmentos no chão e as marcas deixadas na superfície do teto.

### ***2.3 - Pisos revestidos por concreções calcínicas:***

A deposição de crostas calcínicas sobre sedimentos terrígenos forma uma estrutura peculiar e comumente encontrada. Tratam-se de marquises e “cascas-finas” que ficam susceptíveis à quebra, na medida que o seu substrato é removido. Essas estruturas variam em extensão e espessura, podendo configurar verdadeiras “galerias superiores”, passível de caminhamento.

As cascas-finas são estruturas especialmente perigosas ao explorador da caverna, podendo romper-se sobre grandes vãos quando forçadas pela presença de uma carga inadequada sobre elas. Para esses casos, cabe ao visitante julgar o local

correto para pisar, caso seja possível que se faça sem danificar a própria superfície do espeleotema que normalmente “abriga” outras formações que o recobrem.

Se por um lado os espeleotemas são susceptíveis ao quebraimento e colapso, por outro, a cimentação calcítica de espaços entre blocos de rocha, colabora na sustentação do terreno, evidenciando uma melhora na situação de equilíbrio do terreno. Um exemplo da melhoria da condição de equilíbrio do substrato derivado da cimentação natural.

Em cavernas de avançada senilidade há sobreposição de formas construtivas e destrutivas, com eventos de abatimentos de blocos rochosos e de espeleotemas de grande porte, intercalados e sobrepostos por novas concreções.

### 3 - Cavernas na APA Carste que apresentam espeleotemas especialmente frágeis.

As cavernas relacionadas nos estudos de estabilidade física (produto 3) apresentam características divergentes para o conteúdo de espeleotemas, demonstrando que ocorrem cavernas em que há poucos elementos dessa natureza, como na gruta do **Baú**, onde se limitam a formações maciças derivadas de intensa infiltração de água na região próxima à uma das entradas.

Para essa caverna, foi constatado que grandes danos foram impostos pela atividade de extração mineral, da qual se subtraíam as massas de calcita através de detonações de explosivos.



Foto 1: Gruta do Baú – aspecto do local onde foram extraídas grandes quantidades de calcita - Cristiano Fernandes (acervo CECAV).

Grutas como **Túneis** e **Escadas** apresentam algumas características em comum, pela ocorrência localizada de conjuntos de espeleotemas onde se observam agregados de vários tipos em um único corpo relativamente maciço, como escorrimentos, cortinas, colunas, travertinos de médio porte.

A fragilidade desses frente à visitação humana é correlacionada à depredação das extremidades de cortinas e estalactites, bem como do pisoteio de superfícies amplas onde frequentemente ocorrem pérolas e outros elementos frágeis (microtravertinos e superfícies refletivas tipo “chão de estrelas”).



Fotos 2 e 3: Gruta dos Túneis – detalhes do piso sob risco de mais danos.  
Guilherme Vendramini (acervo CECAV).



Foto 4: Gruta dos Túneis –cortinas em conjunto agregadas à borda de um patamar superior. Ótima condição de sustentação.  
Cristiano Fernandes (acervo CECAV).



Para a **Lapa das Pacas**, pode-se dizer que há favorabilidade para a manutenção dos espeleotemas, pois a maior parte desses está situada nos tetos, uma vez que quase a totalidade do piso da gruta sofre a influência periódica da oscilação do nível d'água, dificultando a deposição de espeleotemas naquelas condições.

Não ocorrem estruturas de grande porte ou suspensas que estejam em estado de equilíbrio precário.

Entretanto, essa relativa favorabilidade à conservação local é fundamentada num outro aspecto: a dificuldade de acesso para visitantes mal-intencionados ou não-esclarecidos.



Foto 5: Lapa das Pacas – estalactites alinhadas em fratura, agregadas à rocha limpa e umas às outras, em ótimo estado de coesão.

Guilherme Vendramini (acervo CECAV).



Foto 6: Lapa das Pacas – cortinas bem formadas e agregadas à rocha limpa.

Cristiano Fernandes (acervo CECAV).

A **Gruta da Lapinha**, que foi intensamente modificada para o uso público turístico apresenta um dos mais ricos acervos de espeleotemas na região, em se tratando de espeleotemas maciços e de grande porte. São estruturas de cascatas de pedra e colunas com vários metros de extensão, apresentando formas suaves, de reconhecido valor estético.

Em exame ocular não são percebidos pontos fracos que possam indicar o grau de coesão entre esses grandes espeleotemas e a rocha subjacente.



Foto 7: Lapinha – exemplo de conjunto de espeleotemas maciço, de grande porte. Cristiano Fernandes (acervo CECAV).



Foto 8: Lapinha – estalagmite muito frágil, tipo vela, preservada em um patamar de difícil acesso. Guilherme Vendramini (acervo CECAV).

Todavia, como em muitos outros casos, as extremidades de cortinas e estalactites foram danificadas em profusão.

Problemas de danificação dos espeleotemas não são necessariamente relacionados às suas características mecânicas, pois alguns espeleotemas que são formados sem estarem cimentados a qualquer substrato (pérolas, como exemplo) correm sérios riscos de pisoteio, como ocorre na sala da filtração, um dos locais do percurso turístico.

#### **4 - Situações especiais que merecem atenção pela fragilidade dos espeleotemas:**

Embora em todas as cavernas nas quais ocorra algum tipo de visitaç o haja risco para a conserva o dos espeleotemas, foi observado que em duas, entre as analisadas, essa preocupa o pode ser considerada maior. As cavernas Lapa Vermelha e Helictites apresentam um acervo de forma es rico, fr gil e de grande significado cient fico, al m de est tico.

Comparadas  s demais cavernas est o em bom estado de conserva o, mesmo sabendo-se que a Gruta das Helictites j  foi, h  d cadas, alvo de explora o por parte de comerciantes dessas forma es minerais (relato de guias locais).

O ambiente em que se formam os espeleotemas nessas duas grutas   similar, marcado pela exist ncia de um confinamento atmosf rico em suas zonas mais profundas. Aparentemente, essa condi o de confinamento est  associada a temperaturas equilibradas, com pouca varia o sazonal, concentra o de CO<sub>2</sub> espec fica, elevada umidade do ar e pouca ou nenhuma ventila o.

A modifica o dessas condi es, quando associadas   intensa visita o e conseq entemente aumento de temperatura e concentra o de CO<sub>2</sub>, pode culminar na descontinuidade ou interrup o do crescimento dos espeleotemas.

Estudos detalhados sobre essas condi es podem ser efetuados com a finalidade de se determinar a condi o  tima para a preserva o desses ambientes e continuidade da forma o dos espeleotemas. Esses estudos certamente exigem uma sistem tica bem definida e certamente se fariam v lidos se realizados ao longo de diversos per odos clim ticos, completando-se ao menos um ciclo anual.

Caso essas cavernas fossem alvo de uma visita o freq ente, esses estudos seriam fundamentais para a determina o da capacidade de carga que o ambiente pode suportar.

As recomendações para esses dois casos são bastante restritivas, uma vez que seus espeleotemas demonstram fragilidade mecânica (não resistindo a impactos) e química (pela mudança dos parâmetros ambientais), devendo haver um forte controle das atividades que se realizam nessas cavernas.

#### ***4.1 - Gruta das Helictites:***

É uma caverna de pequeno desenvolvimento que possui uma entrada ampla e de fácil acesso, no mesmo maciço da Lapinha, porém distante da área de visitação turística.

Logo após a entrada ocorre um abismo com cerca de 5 metros de profundidade, mas que pode ser vencido por técnicas de escalada e uso de corda de segurança. À base do abismo há um estrangulamento em teto baixo onde há vestígios de uma grade de ferro ali instalada para controlar a entrada de pessoas. Não foi possível resgatar os fatos sobre a colocação da referida grade.

Após a grade, a caverna já apresenta uma condição climática específica, muito diferente do que se tem antes.

Observam-se ao longo da caverna várias helictites de tamanhos que variam de poucos centímetros a mais de 30. Essas se concentram especialmente em patamares superiores e associadas a setores distais.

Ainda ocorrem outros tipos de espeleotemas comuns, porém com um aspecto mais cristalino, às vezes translúcido.

A Gruta das Helictites não apresenta, apesar da beleza de suas formações, uma vocação turística, pois o caminhar em seu interior é difícil, especialmente para se atingir os locais onde as helictites são mais numerosas e delicadas.

Por esse aspecto e pelo alto valor científico dessa cavidade, recomenda-se que se estude uma maneira eficiente de controle da sua visitação, sendo que alguns detalhes já podem ser recomendados:

A visitação tem que ter um caráter de estudo, não turístico;

O número de visitantes em cada momento tem de ser baixo, até porque a gruta apresenta espaços restritos;

Os visitantes devem demonstrar-se aptos para se deslocarem nesse tipo de



caverna com o mínimo impacto;

O uso de iluminação a acetileno deve ser descartada para evitar a deposição de fuligem;

O tempo de permanência no interior da gruta e o intervalo das visitas devem ser pré-definidos por estudos de capacidade de carga para evitar oscilações ambientais;

Caso se entenda que o patrimônio da gruta corra riscos de lesões irreversíveis, recomenda-se a instalação e trancamento de portão.



Foto 9: Gruta das Helictites – Couves-flor sobre a parede.

Foto 10: Gruta das Helictites – estalagmite maciça de aspecto translúcido  
Guilherme Vendramini (acervo CECAV).



Foto 11: helictites e cortinas translúcidas.

Foto 12: Gruta das Helictites – grande concentração de estalactites.  
Guilherme Vendramini (acervo CECAV).



Foto 13: G. das Helictites – conjunto de tites, mites, cortinas e escorrimentos brilhantes.

Foto 14: G. das Helictites – represa de arestas frágeis e interior recoberto por precipitados.

Guilherme Vendramini (acervo CECAV).



Foto 15: Gruta das Helictites – helictite de aspecto serrilhado com 30 cm.

Guilherme Vendramini (acervo CECAV).

Foto 16: Gruta das Helictites – ambiente revestido por vários tipos de espeleotema.

Cristiano Fernandes (acervo – CECAV)

## ***4.2 - Lapa Vermelha:***

Essa importante caverna apresenta muitos aspectos de alta relevância no contexto local e nacional. Suas dimensões, morfologia, valor cultural, hídrico, ambiental e potencialmente turístico são excepcionais. Aliado a esses fatores está a grande beleza e fragilidade de seus espeleotemas, que assim como na Gruta das Helictites, estão associados principalmente a às regiões distais e confinadas.

O domínio ambiental da entrada da Lapa Vermelha é altamente influenciado pelo clima exterior, uma vez que possui uma entrada de grande porte e uma galeria contínua, ligeiramente retilínea, que favorece a entrada da luz solar.

Nesse setor os espeleotemas são restritos a formações maciças (estalactites) e recobrimentos de volumosas couves-flor em porções das paredes.

O domínio que se inicia após um estrangulamento (que é na verdade um buraco erodido em espessa camada de solos) apresenta um ambiente altamente confinado e propício para a deposição de espeleotemas delicados.

Observam-se escorrimentos calcínicos translúcidos sobre as paredes marcadas por “scallops” (marcas de onda) e, associados a esta combinação, diversas formas de estalactites, cortinas e coralóides.

No piso ocorrem recobrimentos extensos (cascas-finas) e coralóides bem cristalizados que já apresentam-se em boa parte destruídos por pisoteio. Também ocorrem cavidades com cristais dentes-de-cão, agulhas e supostos “aros” de calcita em formação.

O aspecto dessas formações é de boa resistência mecânica, porém incapazes de suportar golpes, ainda que sem a intensão, dos visitantes.

A manutenção e conservação desses espeleotemas é diretamente dependente da proibição de acesso à caverna, o que é feito através de solicitação ao IPHAN e monitorado pela empresa mineradora Lapa Vermelha.





Foto 17: Gruta Lapa Vermelha – canudo e helictites.

Guilherme Vendramini (acervo CECAV).

Foto 18: Lapa Vermelha – estalactites associadas a cortinas.

Guilherme Vendramini (acervo CECAV).



Foto 19: Lapa Vermelha – canudos de frescos.

Guilherme Vendramini (acervo CECAV).

Foto 20: Lapa Vermelha – coralóides brancos.

Guilherme Vendramini (acervo CECAV).





Foto 21: Lapa Vermelha – triângulos de calcita.

Guilherme Vendramini (acervo CECAV).

Foto 22: Lapa Vermelha – cristais e agulhas soltas pelo piso.

Guilherme Vendramini (acervo CECAV).



Foto 23: Lapa Vermelha – escorrimentos brancos.

Guilherme Vendramini (acervo CECAV).

Foto 24: Lapa Vermelha – estalactite e cortina translúcidos.

Guilherme Vendramini (acervo CECAV).



Foto 25: Lapa Vermelha – cortinas em formação com interferência de coralóides.  
Guilherme Vendramini (acervo CECAV).

Foto 26: Lapa Vermelha – coluna de rocha recoberta por coralóides  
Guilherme Vendramini (acervo CECAV).

## 5- Conclusões:

Várias cavernas foram atentamente observadas na APA Carste de Lagoa Santa, sendo que para algumas ficou constatado que a existência de espeleotemas resume-se a corpos de porte médio e maciços, instalados em partes isoladas das cavernas.

Considerando a possibilidade de uma visitação esporádica, as os espeleotemas estarão sob risco de serem lesionados devido, principalmente, ao ato descuidado ou mesmo intencional de causar dano ao patrimônio. Essas atitudes podem ser controladas em parte em cavernas que há restrições á visitação.

Para cavernas com turismo de massa, como é o caso da Lapinha, os danos ocorrem com freqüência, apesar de essa gruta, particularmente, apresentar uma grande maioria de espeleotemas maciços, de grande porte, alguns inacessíveis para o visitante.

Espeleotemas notadamente frágeis ao contato físico ou às mudanças ambientais, ao longo prazo, estão bem representados nas grutas Helictites e Lapa

Vermelha, com seu acervo bem resguardado, porém não estão isentas de interferências negativas, especialmente a Gruta das Helictites, que não possui um controle para sua visitação.

Sugere-se a imediata providência para melhor acompanhar as atividades de visitação na APA, para que haja melhor suporte e orientação aos visitantes dessas grutas, sendo instruídos para a educação ambiental.

No caso da Gruta das Helictites, sugere-se a instalação de portão que limite o acesso às suas regiões de espeleotemas frágeis.

Guilherme Vendramini Pereira  
Geólogo