

FEIÇÕES DE EROÇÃO E ACUMULAÇÃO EM CAVERNA DE ARENITO: CAVERNA XAXIM, PORÇÃO CENTRAL DA ESCARPA DA ESPERANÇA, PARANÁ, BRASIL

*EROSIONAL FEATURES AND ACCUMULATION IN CAVE IN SANDSTONE: XAXIM CAVE, MEDDLE
OF ESCARPA DA ESPERANÇA, PARANA, BRAZIL*

**Wellington Barbosa da Silva, Gisele Pietrobelli, Rafael Adriano de Castro, Geovane Ricardo Calixto
& Marcio Casnoca**

Unicentro.

Contatos: gipietrobelli@hotmail.com; naninho_00@hotmail.com.

Resumo

O presente artigo refere-se à abordagem preliminar de estudo de caverna em arenito, tendo como objetivo caracterizar feições de erosão e deposição/acumulação, presentes no interior da caverna. A caverna localiza-se na frente de cuesta da Escarpa da Serra Geral, localmente denominada de Escarpa ou Serra da Esperança, na região centro sul do Paraná no contato entre o Segundo e o Terceiro Planalto Paranaense. Ela apresenta-se como uma fenda em meio ao arenito da Formação Botucatu, gerada essencialmente pela ação mecânica de fluxos concentrados oriundos da água exfiltrada das paredes e teto da caverna, formando feições de mecanismos de erosão e dissolução. Reconheceu-se que no presente estudo, as intensidades e frequências destes mecanismos são superiores aos aqueles de acumulação, demonstrando, dessa forma, que a caverna tende a evoluir devido ao ambiente frágil e instável, tanto da natureza de sua litologia, quanto pelos processos erosivos presentes atualmente.

Palavras-Chave: Caverna; arenito; deposição/acumulação.

Abstract

This article is concerned about the preliminary approach of sandstone cave, with the objective of characterize erosion features and deposition/accumulation, that there are inside the cave. The cave is located in front of Cuesta of the Escarpa da Serra Geral, locally known as Escarpa or Serra da Esperança, in the south central region of Paraná in the contact between the Second and the Third Paraná plateau. The cave appears like a slit amid the sandstone of Botucatu Formation, generated essentially by the mechanic action of concentrated flows from the exfiltrated water of the walls and ceiling of the cave, forming features of erosion and dissolution. It was recognized that at present, the intensities and frequencies of these mechanisms are superiors to those of accumulation, demonstrating that the cave tends to evolutes due to the fragile and unstable environment, as far the nature of its lithology as by the erosive processes that there are currently.

Key-words: Cave; Sandstone; deposition/accumulation.

1. INTRODUÇÃO

O presente artigo refere-se à abordagem preliminar de estudo de caverna em arenito localizada na Escarpa da Esperança na divisa entre os municípios de Guarapuava e Prudentópolis, estado do Paraná.

A caverna em questão foi localmente denominada de “Xaxim” por seus primeiros exploradores e moradores da região. Sua gênese pode ser interpretada como decorrente de um processo resultante da dinâmica da água no sistema encosta, apresentando-se como uma fenda em meio ao arenito da Formação Botucatu.

O objetivo principal do trabalho foi caracterizar as feições de erosão e deposição/acumulação presentes na caverna. O estudo das feições de erosão ou deposição/acumulação foi efetuado a partir dos levantamentos em campo e analogia com feições geradas por diferentes processos de erosão. Essa etapa do trabalho se deu pela análise macroscópica da rocha, das estruturas sedimentares presentes e da dinâmica da água observada dentro da caverna.

A análise preliminar da área permitiu a identificação da feição na encosta (caverna), do processo erosivo (gênese da caverna) e dos mecanismos erosivos de evolução, bem como do

estágio evolutivo em que a caverna se encontra nos dias atuais, erosão ou deposição/acumulação.

O desmoronamento do teto e de parte das paredes, identificado como incasão por Spoladore (2006), é considerado como mecanismo principal de evolução da caverna. Esse mecanismo é acelerado pela perda de sustentação do teto, devido ao rebaixamento da água ou pela drenagem da mesma. Sua evolução lateral e basal é gerada essencialmente pela ação mecânica de fluxos concentrados oriundos da água exfiltrada das paredes e teto.

A relevância da pesquisa está na contribuição para o entendimento dos processos hidrológicos que ocorrem na escarpa, principalmente na formação de cavernas em arenito.

2. ÁREA DE ESTUDO

A caverna está localizada na Escarpa da Esperança, na divisa entre os municípios de Guarapuava e Prudentópolis, Paraná. A Escarpa da

Esperança (FIGURA 1) é recortada pela Rodovia Federal BR 277, situada entre as coordenadas geográficas 25° 10' - 25° 25' de latitude Sul e 51° 05' - 51° 20' de longitude Oeste, na região Centro-Sul do Paraná, na transição entre o Segundo com o Terceiro Planalto Paranaense (VIEIRA, 2008). A escarpa constitui a borda do Planalto de Guarapuava, em nível altimétrico superior ao Segundo Planalto (Prudentópolis), com desnível de aproximadamente 300m. O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é classificado como subtropical úmido (mesotérmico, tipo Cfb), sem estação seca e com temperaturas anuais médias entre 16 e 20°C. As precipitações são abundantes e distribuídas ao longo do ano, assim não havendo período seco. A média mensal varia entre 130 a 160mm e anual entre 1800 e 2000mm. A configuração do relevo de escarpa favorece a precipitação local e umidade constante, condições essas essenciais para o intemperismo.



Figura 1: Localização da área de estudo

Fonte: Google Earth (2003), tendo sido acrescentados os Isonônimos.

3. A ESCARPA DA ESPERANÇA E A CAVERNA XAXIM

A caverna Xaxim está localizada em uma vertente escarpada na porção central da Escarpa da Esperança. Nesta porção da Escarpa, as condições de relevo e de características texturais e estruturais da rocha tem favorecido a recorrência de movimentos de massa de várias magnitudes (VIEIRA, 2008).

As declividades locais são elevadas, frente de *cueta* de escarpa, cuja configuração é ditada pela resistência erosiva das litológicas que ocorrem na região, a rocha basáltica no topo da escarpa apresenta-se mais resistente à erosão, diferentemente das rochas sedimentares da base, altamente friáveis e diaclasadas (Formação Botucatu, fácies desértica e aquosa).

A alta densidade de fraturamento do arenito Botucatu e sua heterogeneidade condicionam o estabelecimento de superfícies verticais onde esta rocha aflora. O intemperismo físico-biológico instala-se pela concentração de vegetação floresta, ainda nativa, assim, as raízes das árvores têm ação direta e contínua no processo de desagregação da rocha e formação de caminho de infiltração de água nela.

4. METODOLOGIA

Esta etapa do trabalho concentrou-se no reconhecimento e caracterização de feições e mecanismos de erosão e deposição em presentes em caverna de arenito.

Em campo foi realizada descrição macroscópica de estruturas sedimentares físicas e químicas, onde foram adotados os procedimentos propostos por Conybeare e Crook (1982) que consideram: 1) a estrutura como uma unidade; 2) as feições internas da estrutura; 3) a estrutura em relação ao material circundante e; 4) a estrutura em sua relação com as estruturas associadas. Acrescenta-se a ela o registro fotográfico e a coleta de materiais para análises posteriores. Quanto à descrição dos materiais em campo, foram consideradas as seguintes propriedades: cor, textura, agregação, presença de material biogênico, forma e disposição das estruturas sedimentares macroscópicas.

As feições de erosão foram identificadas e caracterizadas através de medições sistemáticas. Para tanto adotou-se a terminologia de usada para ambientes de encosta, uma vez que os mecanismos

presentes na caverna são correlatos aos daquele ambiente.

Efetuuou-se também a caracterização da rocha em amostra de mão e afloramento, no presente caso, rochas da Formação Botucatu, dentro e no entorno da caverna.

5. DISCUSSÕES E RESULTADOS

Processos e mecanismos de erosão estão relacionados à dinâmica de água de superfície e subsuperfície. A forma erosiva no presente estudo constitui-se na caverna Xaxim. As feições de erosão e de acumulação representam impressões ou marcas visíveis que estão presente na caverna. O processo de erosão constitui uma sequência de estados de transformação de um dado sistema ao longo do tempo. Nesta perspectiva, no presente trabalho, a caverna é referida como resultante de processo de erosão subterrânea. O modo de funcionamento das forças responsáveis pelo movimento de material ou água dentro do processo erosivo é entendido como mecanismo de erosão (OLIVEIRA *et al.* 1995). A proposição de Spoladore (2006) a respeito de cavernas é de que;

“o termo carste não deve ser utilizado para descrever formas morfológicas, mas sim um conjunto de processos onde a dissolução da rocha, seja ela rica em sílica ou em carbonato, é de fundamental importância. Portanto, carste deve ser entendido como um processo e não apenas como formas morfológicas ou litológicas”.

Assim, entende-se que o reconhecimento e caracterização das feições de erosão e de acumulação são de fundamental importância para o entendimento dos mecanismos que ocorrem no interior da caverna e como eles estão contribuindo para evolução ou estabilização do processo erosivo.

As encostas tropicais e subtropicais estão sujeitas aos processos de intemperismo, erosão e conseqüente produção e acumulação de sedimentos

O intemperismo, segundo Viera (2008) com base em Bigarella (2003), será mais rápido e mais profundo onde houver maior concentração de diaclases. Assim, tanto a natureza das rochas como as linhas de fraqueza influenciam na velocidade do intemperismo em razão delas interferirem na infiltração e circulação da água. Portanto, quanto maior a quantidade de água infiltrada, mais elevada será a poro-pressão positiva e por conseguinte, a perda de coesão interna do material alterado. Com a

saturação excessiva dos materiais, a resistência ao cisalhamento diminui, podendo então ocorrer a movimentação do material intemperizado.

Em ambiente de encosta, Selby (1994) sustenta que os processos e mecanismos de erosão e sedimentação são controlados pela litologia, cobertura vegetal, disponibilidade para transporte de partículas de solo e rocha, comprimento, declividade e forma de encosta. Da mesma forma, estabelecendo-se uma analogia desses mecanismos e processos de erosão com aqueles que estão, no momento presentes, na Caverna Xaxim, entende-se que há similaridade entre eles.

Em encostas os mecanismos de escoamento são diversificados e estão relacionados com a natureza multivariada dos fenômenos físicos, químicos e biológicos. Da mesma forma, em cavernas os fluxos e suas velocidades estão vinculados aos fenômenos listados (MORAIS & BARBOSA E SOUZA, 2009). Também estabeleceram analogia entre mecanismos de escoamento no interior de cavernas com dinâmica fluvial.

No sistema geomorfológico, o transporte de sedimentos é, geralmente, efetuado por eventos de magnitude moderada, que ocorrem com relativa frequência, do que por eventos de rara magnitude. Desse modo, determinadas paisagens são o resultado de processos cumulativos que ocorreram por milhares ou milhões de anos.

6. FEIÇÕES DE EROSÃO

O reconhecimento dos mecanismos responsáveis pela formação das feições de erosão evidenciou a importância das propriedades estruturais da rocha definindo o caminho de percolação da água na rocha, por conseguinte as frentes de avanço de erosão.

Fernandes *et al.* (1974) reconheceram localmente a importância das diáclases na instabilidade do ambiente, destacando como causas de escorregamentos a ocorrência de duas famílias de diáclases, as sub-verticais no arenito, que se encontravam preenchidas com material silteoso de alta plasticidade, e também, a descontinuidade entre o arenito e basalto, em face da baixa resistência ao cisalhamento dessa superfície

É evidenciado pelos autores que pode apresentar-se de forma maciço ou cortado por

sistemas de diáclases sistemáticas, dotados de direção e espaçamento variados e com mergulhos próximos à vertical. O intemperismo nessas rochas relaciona-se diretamente à presença dessas fraturas e aquelas de alívio de tensão. Essas últimas tendem a acompanhar a topografia do terreno, e quanto mais homogênea for à rocha, maior será o paralelismo da superfície com a falha (FERNANDES e AMARAL, 1996).

Bigarella (2003) sustenta que a velocidade e profundidade do intemperismo é diretamente proporcional à concentração e frequência do sistema de diáclases na rocha. Um aspecto importante a se considerar avaliando o papel das linhas de fraqueza do arenito é que, quando quantidade de água infiltrada é maior do que a vazão, ocorre à saturação ou a poro-pressão positiva e a perda de coesão interna do material alterado.

Com a saturação excessiva, a resistência ao cisalhamento diminui, favorecendo a queda de blocos, descolamento de placas devido ao alívio de tensão e o colapso de material granular da rocha que perdeu elemento cimentante devido ao intemperismo químico.

No quadro 1 estão destacados os tipos de feição, mecanismos de erosão, intensidade de ação dos mecanismos, efemeridade em que eles ocorrem, a relação das fotos que aparecem as feições e por fim, a difusão de ocorrência que as feições aparecem no interior da caverna.

7. FEIÇÕES DE ACUMULAÇÃO

Os processos de acumulação existentes no interior das cavernas são, na sua maioria, depósitos de origem química, especialmente o concrecionamento, e depósitos sedimentares (SPOLADORE, 2006). No interior de uma caverna podem ser encontrados, ainda, depósitos sedimentares, sendo que sua formação dá-se em momentos distintos dentro da história do desenvolvimento da cavidade.

Na caverna Xaxim foram identificadas feições de acumulação, bem como seus mecanismos de formação, que estão descritos no Quadro 2. Nele está listada a difusão/presença dessas feições dentro da caverna, a intensidade dos mecanismos e suas efemeridades.

Quadro 1 – Feições de erosão dentro da Caverna Xaxim

| FEIÇÃO | DIFUSÃO/ PRESENÇA DA FEIÇÃO NA CAVERNA | MECANISMOS | INTENSIDADE DOS MECANISMOS | EFEMERIDADE | FOTO (S) |
|------------------------------------|---|--|----------------------------------|-------------|------------|
| Panelas ou marmitas | XX | Água de gotejamento; fluxo turbilhonar | XXXX | XX | 1, 5, 6 |
| Piscinas | XXX | Água de gotejamento; fluxo turbilhonar; dissolução | XXXX | XX | 1, 5, 6, 7 |
| Coalescência de piscinas | XX | Fluxo concentrado; Fluxo turbilhonar | XXX | XXX | 1, 5, 6, 7 |
| Caneluras | XXX | Fluxo concentrado vertical por filete | XXX | X | 1, 2 |
| Alargamento de diâcles e falhas | XXXX | Dissolução de minerais e remoção de clastos | XXXX | X | 2 |
| Alvéolos | XXX | Exfiltração e fluxo de adesão | XXX | XX | 2 |
| Alcovas | XX | Dissolução e perda de materiais por gravidade | XXX | XX | 3 |
| Exposição de rocha em semi círculo | XXX | Esfoliação esferoidal da face de exposição | XXX | X | 4 |

Intensidade: X = **baixa**; XX = **média**; XXX = **alta**; XXXX = **muito alta**.

Quadro 2 – Feições de acumulação dentro da Caverna Xaxim.

| FEIÇÃO | DIFUSÃO/ PRESENÇA DA FEIÇÃO NA CAVERNA | MECANISMOS | INTENSIDADE DOS MECANISMOS | EFEMERIDADE | FOTO (S) |
|---|---|---|----------------------------------|-------------|----------|
| Concreções em fendas (cortinas) | XXX | Acumulação de solutos | XXX | XX | 3 |
| Sedimentos represados em piscinas | XXXX | Carreamento e desprendimento de grãos | XXX | XXX | 5, 6, 7 |
| Acumulação de blocos desprendidos | XXX | Dissolução de agentes cimentantes; expansão e contração de minerais | XXXX | X | 8 |
| Formação de barras de sedimentos (base) | XXXX | Transporte em suspensão no meio líquido | XXXX | XXXX | 8 |

Intensidade: X = **baixa**; XX = **média**; XXX = **alta**; XXXX = **muito alta**.

As fotos das feições de erosão e acumulação da Caverna Xaxim estão listadas abaixo na ordem de 1 a 8.

8. CONCLUSÃO

Na Caverna Xaxim predominam feições e mecanismos de erosão e dissolução, com intensidades e frequências superiores aos mecanismos de acumulação, demonstrando dessa forma que a caverna tende a evoluir na porção basal

pelo entalhe promovido pelos fluxos concentrados contínuos.

Remontantemente, a caverna expande-se pelo efeito de *piping*, gerado pela exfiltração de água das paredes da porção posterior. A dissolução e o efeito erosivo dos fluxos turbulentos são mecanismos de evolução lateral gerados pelo aumento do gradiente hidráulico oriundos das precipitações.

Essa caverna se apresenta como um ambiente frágil e instável, tanto pela natureza de sua litologia, quanto pelos processos erosivos presentes atualmente.



Foto 1



Foto 3



Foto 2



Foto 4



Foto 5



Foto 7



Foto 6



Foto 8

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. UFSC, 2003.

CONYBEARE, C. E. B.; CROOK, K. A. W. **Manual of Sedimentary Structures** 2. ed. Bureau of Mineral Resources Geology and Geophysics. Bulletin 102, Canberra Watson Ferguson and Co., 1982. 327p.

FERNANDES, N. F. & AMARAL, C. P. 1996. **Movimentos de massa: uma abordagem geológicogeomorfológica**. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (org) Geomorfologia e Meio Ambiente. Bertrand, Rio de Janeiro. p. 123-1994

FERNANDES, C. E. M.; TEIXEIRA, H. A. DOS S.; CADMAN, J. D.; BARROSO, J. A. **Estudos geológicos-geotécnicos para estabilização de taludes de cortes na BR 277 – Serra da Esperança – PR**. Instituto de Geociências: Universidade Federal do Rio de Janeiro e Departamento Nacional de Estradas de Rodagem do Ministério dos Transportes, 1974.

MORAIS, Fernando & BARBOSA E SOUZA, Lucas. Cavernas em arenito na porção Setentrional da Serra do Lajeado Estado do Tocantins, Brasil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. Volume 9, Número 2 - 2º Semestre, 2009.

OLIVEIRA, M. A. T. de.; SBRUZZI, G. J.; PAULINO, L. A. Taxas de erosão acelerada por voçorocas no médio vale do rio Paraíba do Sul. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA (4: Goiânia). **Anais**. Goiânia, 1995.

SELBY, M. J. Hillslope sediment transport and deposition. In: PYE, K. (Ed.) **Sediment transport and depositional processes**. London: Blackwell Scientific Publications, 1994.

SPOLADORE, A. A **geologia e a geoespeleologia como instrumentos de planejamento para o desenvolvimento do turismo – o caso de São Jerônimo da Serra**. Tese. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

VIEIRA, S. F. **Análise e mapeamento das áreas suscetíveis a movimentos de massa no setor central da Serra da Esperança, na divisa entre os municípios de Guarapuava e Prudentópolis – PR**. Dissertação de mestrado, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2008.