



ANAIS do 14º Congresso Nacional de Espeleologia
Belo Horizonte MG, 04-06 de abril de 1980 - ISSN 2178-2113 (online)

O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 14º Congresso Nacional de Espeleologia disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br/14cbeanais.asp

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

PEREZ, R.C.; GROSSI, W.R.. Estudos genéticos e morfológicos de marcas d'água. In: RASTEIRO, M.A.; CÂMARA, A.. (orgs.) CONGRESSO NACIONAL DE ESPELEOLOGIA, 14, 1980. Belo Horizonte. *Anais...* Campinas: SBE, 2018. p.31-38. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais14cbe/14cbe_031-038.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

Consulte outras obras disponíveis em www.cavernas.org.br

ESTUDOS GENÉTICOS E MORFOLÓGICOS DE MARCAS D'ÁGUA

Rui Campos PEREZ

Wilson Roberto GROSSI

Sociedade Excursionista e Espeleológica – SEE

PREÂMBULO

Marca D'água é denominação genérica para feições morfológicas que surgem a partir do momento em que o desenvolvimento de uma gruta se encontra em franco avanço. Seria inadequado tratar-se do tema de forma isolada sem evidenciar sua conexão direta com os processos genéticos da própria caverna onde tais marcas d'água aparecem.

Quanto aos diversos mecanismos genéticos contidos no sistema cárstico, são geralmente apresentados de forma superficial ou mesmo desconhecidos pela maioria dos pesquisadores recém, iniciados na ciência espeleológica.

Assim sendo, consideramos coerente com o escopo deste trabalho, a introdução de aspecto genéticos e hidrológicos inerentes ao carste.

A circulação de água no interior de um maciço calcário apresenta dois aspectos fundamentais, a saber:

Ω químico, de dissolução;

Ω mecânico, de erosão.

A predominância de um processo sobre o outro dependerá das condições de circulação da água.

Se a circulação ocorre por fissuras estreitas, com pequeno volume d'água, predomina a dissolução.

Por outro lado, quando esta circulação se dá livremente, através de condutos amplos, com massa d'água considerável, predomina a erosão, segundo um padrão de comportamento tipicamente epígeo.

Finalmente, nos condutos amplos completamente inundados, o movimento das águas é relativamente lento e os fenômenos de erosão e dissolução atuam em equilíbrio.

Os fenômenos de dissolução estão condicionados a dois fatores: a composição química do calcário e a acidez da água circulante.

No tocante à composição química, é essencial um teor elevado de CaCO_3 no calcário para que sua dissolução seja facilitada.

Os parâmetros pressão, temperatura e decomposição vegetal são responsáveis pela concentração de CO_2 no ar, e portanto, condicionam a solubilidade do calcário. A precipitação de CaCO_3 é maior junto às ressurgências de águas cársticas, pois aí ocorrem elevadas diferenças de pressão relacionadas aos condutos.

A temperatura atua de modo semelhante a pressão, contudo varia muito pouco no interior dos condutos cársticos e pouco influencia a lipogênese hipógea.

A decomposição vegetal, relacionada à ação bacteriana e ao próprio metabolismo vegetal, também atua diretamente sobre a concentração de CO_2 no ar.

(Assim, mesmo após emergir, a água cárstica pode conservar até 60 mg de CaCO_3 por litro.)

A mistura de águas com diferentes concentrações de CO_2 e bicarbonato acelera os processos de dissolução.

A dissolução do calcário gera, por um processo de descalcificação, o aparecimento de argilas que, por serem insolúveis, separam-se do CaCO_3 , constituindo-se em depósitos de material vermelho, conhecidos como “terra rossa”, que preenchem condutos em posição topograficamente favorável.

A dissolução atua tanto nos calcários maciços como nos fissurados. No primeiro caso, águas de chuva retidas em pequenas depressões da massa calcária dissolvem-na, originando-se por este processo estruturas cilíndricas, as quais podem desenvolver-se até atingir zonas de fratura; é provável que estas dissoluções superficiais possam ser o ponto de partida para processos de dissolução desenvolvidos em maior escala, em profundidade.

No segundo caso, a massa calcária está geralmente multipartida por planos de fissura, determinando a alternância de grandes blocos margeados por microfissuras e outros menores delimitados por microfissuras; assim, os calcários apresentam uma estrutura de brecha, essencial ao processo de dissolução. Quanto aos planos diaclase, serão considerados como fissuras isoladas.

A penetração hídrica originará dois fenômenos simultâneos:

- Ω a redução progressiva do volume da massa calcária,
- Ω e a separação e deposição da “terra rossa” residual.

Em resumo, diríamos que “as zonas de máxima dissolução do calcário é diretamente proporcional à máxima densidade de fissuração”.

Cabe ressaltar que a dissolução química, por si só, é incipiente para originar uma gruta calcária. O “embrião” de caverna é gerado a partir do instante em que processos erosivos propriamente ditos passam a se manifestar no interior do carste, obviamente aliados a processos secundários de dissolução.

Há dois tipos fundamentais de circulação:

- Ω águas cativas, circulantes pelos condutos, preenchendo-os totalmente, sob pressão total superior à atmosférica; esta fase de evolução da circulação é própria de carste embrionário ou pouco evoluído, em geral;
- Ω águas livres, que se comportam como as águas epígeas, circulando sob ação gravitacional exclusivamente; neste caso, a fase de evolução da circulação é típica de carste maduro ou senil.

A natureza e magnitude da erosão por águas cativas depende de uma componente vertical definida pela pressão hidrostática em um dado ponto do conduto cárstico; seu valor é expresso pelo peso da coluna de água de seção unitária e altura igual ao desnível entre o ponto considerado e o nível piezométrico. Já que a pressão hidrostática atua de forma multidirecional, os condutos horizontais pelos quais circula a água cativa sofrerão compressão nos sentidos ascendente e descendente. Logo a erosão resultante será geotrópicamente positiva e/ou negativa.

As formas normais de erosão por águas cativas são as rosariformes, devidas a variável resistência das paredes do conduto a erosão ao gerar-se um movimento helicoidal ou turbilhonado nas águas circulantes.

A “erosão turbilhonar” é comparável à erosão “pothole” (marmita), típica da superfície, nas bases de certas cachoeiras, ao pé das quais geram-se marmitas e pilhes. A analogia é perfeitamente aceitável, posto que a pressão hidrostática exerce papel nulo nesta modalidade erosiva.

A feição morfológica mais original dos condutos gerados sob pressão hidrostática seria a cavidade de erosão inversa, não explicada satisfatoriamente pela erosão gravitacional posto que frequentemente localizava-se em calcário maciço com fissuração, restrita.

Devem ser ressaltadas algumas diferenças entre a circulação livre e a circulação epígea:

- Ω A circulação livre nas águas cársticas não é contínua. Geralmente no sistema cárstico já maduro alternam-se zonas de circulação livre com outros de circulação hidrostática.
- Ω Na circulação subterrânea só se realizará o perfil de equilíbrio normal nos trechos de circulação livre.
- Ω A erosão no rio epígeo se reduz exclusivamente à escavação do leito, enquanto que nos rios subterrâneos pode produzir-se também erosão inversa.
- Ω Quanto ao sentido da corrente, os rios epígeos circulam sempre no mesmo sentido. Os rios hipógeos podem inverter seu sentido de corrente e adotar o oposto.

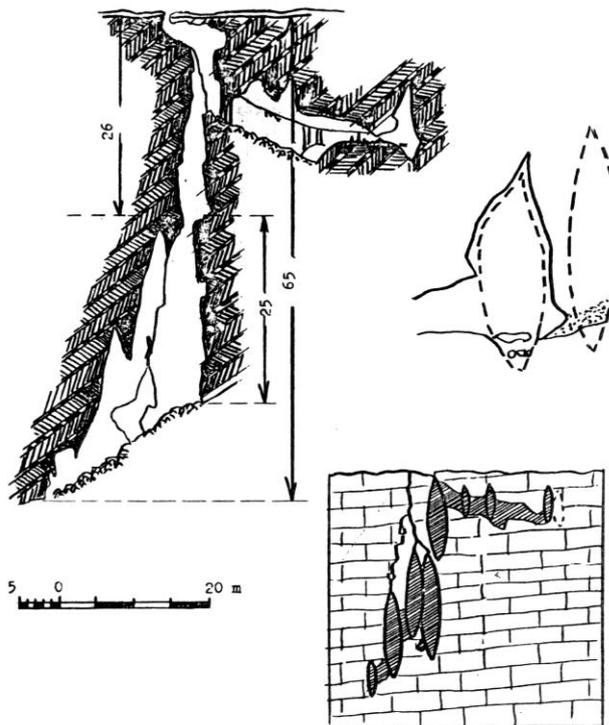


Fig.1 – Exemplo de un sumidoro de erosion inversa. Cavidad situada entre Basovizza y Grado, se trata de una sima compuesta que puede decomperse en las diversas cavidades fusiformes que la constituyen (segun MAUCCI).

Howard (1964) determinou “que só umas poucas fissuras, dentre as numerosas no interior de uma formação calcária, alargam-se e passam a formar cavidades, observando que o controle estrutural e estratigráfico não é suficiente para explicar as diferenças que aparecem nas cavernas”.

A seleção das fissuras por onde desenvolver-se-ão de forma primordial as cavidades subterrâneas será devida a três fatores:

- Ω Maior largura inicial das fissuras, posto que no começo todas as fissuras paralelas de uma mesma família terão o mesmo gradiente hidráulico.
- Ω Distribuição do gradiente hidráulico em função dos diâmetros dos condutos, suas longitudes e caudais que circulam por eles.
- Ω Quando o caudal passa preferentemente por um conduto, o movimento deixa de ser laminar e torna-se turbulento.

A morfologia subterrânea compreende o estudo das formas de condução ou formas subterrâneas de carste. “As formas subterrâneas ou hipógeas são extremamente variadas e seu conhecimento exige, desde já uma sistematização própria”. (LLADÓ, 1970).

Nas formas acessíveis à visitação humana distinguem-se três tipos, a saber:

- Ω Formas de erosão, geradas sob o predomínio dos processos erosivos;
- Ω Formas clásticas, originadas por abatimento, com predomínio dos processos de dissolução;
- Ω Formas de reconstrução, formadas pelos depósitos de carbonato de cálcio precipitados após os processos de dissolução.

O escopo deste trabalho limitar-se-á às formas de erosão supramencionadas; estas são as mais elementares e também as primeiras do processo cárstico.

O estágio inicial de circulação ocorre sob ação da pressão hidrostática, e, em conduto forçado. Nestas condições a circulação é lenta e o poder corrosivo da água é elevado; grande quantidade de CaCO₃ é mobilizada e inicia-se o processo de escavação.

A circulação forçada origina, como já dissemos, tubos cilíndricos e estruturas rosariformes cujas paredes frequentemente apresentam microlapiezamentos.

“É também sob estas condições que se origina o lapiaz inverso, de Gomes de Llaraena (1953), e em geral todos os tipos de erosão inversa”. A pressão exercida pela água sobre as paredes dos condutos é radial e tendo a fenda primitiva se desenvolvido na intersecção de duas diaclases ou de uma diaclase com um plano de estratificação, as secções do conduto serão sensivelmente circulares ou elipsoidais, visto a pressão exercida ser a mesma em todas as direções.

Outros fatores aceleram a ação mecânica e química da água, tal como conjugação de condutos situados sobre o mesmo elemento tectônico. Por exemplo, quando dois condutos sobre a mesma diaclase ligam-se, o espaço disponível à circulação é aumentado substancialmente e o regime de circulação passa a ser livre, i.e., exclusivamente gravitacional.

A condução livre é mais acelerada e o processo de dissolução assume a partir daí um papel secundário; o trabalho de erosão limita-se à escavação de leito, tal qual ocorre nos rios epígeos. “Neste momento nasceu um verdadeiro rio subterrâneo”. (LLADÓ, 1970)

Os vestígios de conjugação são claros: a abóbada do conduto resultante conservará os sinais da escavação sob pressão hidrostática, enquanto as porções inferiores serão rapidamente modificadas pela erosão fluvial. Assim, nas diaclases verticais desenvolve-se com frequência a feição clariforme, na qual o topo representa a fase de pressão hidrostática e o corpo a fase de erosão fluvial.

Caso a diaclase ou plano de estratificação esteja inclinado, a erosão fluvial progride no sentido do mergulho ou da inclinação da diaclase, sendo geradas estruturas quase sempre rosariformes; na abóbada, todavia, permanece o esboço da forma tubular que constitui a cavidade inicial.

“Este processo faz-nos pensar que talvez a origem de toda a circulação cárstica está num processo de circulação em conduto forçado”. (LLADÓ, 1970)

Segundo LLADO (1970),

“Nas regiões tubulares formadas por massas calcárias de estratos horizontais e cruzadas por quatro sistemas de diaclase típicos, a saber, o longitudinal, o transversal, e os dois em aspás, é onde se geram as formas de erosão elementares de maneira preferencial. Isto não exclui que não se encontrem em outras regiões dobradas ou fraturadas, tudo dependerá do grau de evolução do

carste. As formas de erosão são distintas quando foram geradas à pressão hidrostática quando foram formadas por erosão fluvial. No primeiro caso foram reconhecidas quatro formas elementares: circular, elipsoidal horizontal, elipsoidal vertical e elipsoidal inclinada. As formas de erosão fluvial adotam três seções fundamentais: lenticular vertical, lenticular horizontal e estrelada, segundo a erosão se tenha efetuado sobre uma diaclase vertical, sobre um plano de estratificação horizontal e sobre a combinação de ambos, respectivamente. (Fig. 2)

As combinações destas formas elementares origina formas compostas. Isto é consequência de que, em muitos casos, a circulação à pressão hidrostática precede à circulação fluvial, que representa quase sempre uma fase de senilidade das cavernas; então as formas mais antigas, que ocupam sempre as partes mais elevadas das cavernas, são formas de erosão à pressão, enquanto que as zonas mais baixas estão ocupadas por formas fluviais. Neste sentido poderíamos ter quatro grupos de formas compostas: (Fig. 3)

Ω Claviformes, ou de forma de clava ou alfinete, constituídas por uma cavidade superior escavada à pressão, e, portanto, circular ou elipsoidal, e uma cavidade inferior lenticular, escavada por erosão fluvial sobre diaclase vertical;

Ω Fungiformes, ou de forma de fungo ou seta, resultante da conjugação de uma forma lenticular horizontal fluvial, com outra forma lenticular vertical também fluvial. O fato de se

encontrar duas formas fluviais conjugadas parece indicar-nos que a forma superior lenticular horizontal escavada em planos de estratificação, correspondeu a uma fase de certa estabilidade fluvial na escavação, enquanto que a escavação vertical subsequente pode ser interpretada como resultado do abaixamento do nível de base previamente relacionado à cavidade. Neste caso, teriam um significado cíclico, porém nem sempre é assim; muitas vezes podem ter um significado essencialmente estrutural.

Ω Gladiformes, ou com forma de espada ou punhal, cuja origem pode ser exclusivamente fluvial como em A, onde forma primitiva era lenticular fluvial, até que foi escava do o plano inicial, ou combinação de conduto a pressão e escavação fluvial, como em B, onde o conduto A superior é resíduo da primitiva cavidade escavada à pressão hidrostática.

Ω Rosariformes, ou em forma de rosário, resultante da conjugação de vários condutos à pressão hidrostática.

Estas formas compostas ainda são elementares, podendo tornar-se muito mais complexas, mormente nas zonas afetadas tectonicamente por dobramentos. Surgirão então secções amebiformes e vermiformes, mas quase sempre alguns vestígios das fases primitivas permanecerão registradas no teto das cavernas. “Por isso insistimos, a observação dos tetos é essencial para o conhecimento da gênese de uma caverna.”

FORMAS ELEMENTALES		ELEMENTOS TECTONICOS	GENESIS	ESTRUCTURAS
	Circular	Intersección diaclasas	Presión hidrostática (Circulación forzada)	 MESAS (predominantemente) Bloques calizos de estratificación horizontal, sistemas de diaclasas: longitudinal, transversal y en aspas
	Elipsoidal horizontal	Intersección de diaclasas y planos de estratificación		
	Elipsoidal inclinada	Diaclasas inclinadas		
	Elipsoidal vertical	Intersección de diaclasas y plans de estratificación. Dominio de diaclasas	Erosión fluvial (Circulación libre)	
	Lenticular vertical	Diaclasas verticales		
	Lenticular horizontal	Planos de estratificación		
	Estrellada	Intersección de diaclasas y planos de estratificación		

Fig.2 – Formas de erosión elementales. Segundo Lladó, 1968.

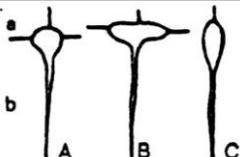
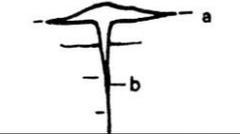
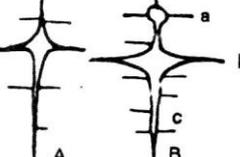
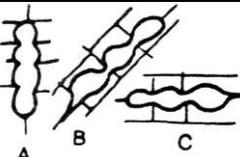
FORMAS COMPUESTAS	ELEMENTOS TECTÔNICOS	GENESIS	ESTRUCTURAS
 <p>Claviformes</p>	Intersección diaclasas	Circulación forzada (a), seguida de circulación fluvial (b)	MESAS Y ZONAS PLEGADAS Y FRACTURADAS
 <p>Fungiformes</p>	Intersección de planos de estratificación y diaclasas	Erosión fluvial: a) Primera fase b) Segunda fase por descenso del nivel de base	
 <p>Gladioformes</p>	Intersección de planos de estratificación y diaclasas	A) Erosión fluvial. B) Circulación forzada en a), y circulación libre en b) y c)	
 <p>Rosariformes</p>	Intersección de diaclasas y de diaclasas y planos A. Dominio diaclasas verticales B. Diaclasas inclinadas C. Dominio de planos de estratificación	Circulación forzada, seguida de circulación fluvial	

Fig.3 – Formas de erosión compuestas. Segundo Lladó, 1968.

Os rios subterrâneos podem surgir: (a) a partir da penetração de um rio epígeo por um sumidouro, denominando-se então alóctones ou (b) formarem-se na própria massa calcária, devido à reunião das infiltrações que penetram no sistema cárstico pelas dolinas e diaclasas, sendo chamados, neste caso, de autóctones.

De forma abreviada podemos tecer algumas comparações básicas entre os rios epígeos e hipógeos:

- Ω Rios hipógeos frequentemente têm extensão relativamente inferior aos epígeos;
- Ω O leito dos rios hipógeos tem caimento mais abrupto que os leitos dos rios epígeos, podendo mesmo ser comparadas a rios epígeos de regime torrencial, com suas típicas cascatas e corredeiras; eventualmente despejam suas águas em lagos naturais.

Os rios hipógeos apresentam ainda meandros encaixados nas zonas de caimento mais suave, e “em condições apropriadas podem assumir perfis de equilíbrio a partir dos níveis de base epígeos, sob quais são sempre os vales fluviais epígeos que cruzam o carste”. (LLADÓ, 1970)

O transporte de sedimento é similar em rios hipógeos e epígeos, podendo efetuar-se por arrastamento, saltação, suspensão coloidal e paracoidal, flutuação (matéria orgânica) e finalmente dissolução.

Transporte, erosão e dissolução são funções da velocidade de transporte e da granulometria dos sedimentos, nos rios hipógeos e epígeos.

O diagrama de HJULSTROM, que define as zonas de erosão, transporte e sedimentação é aplicável em ambos os casos. (Fig. 4)

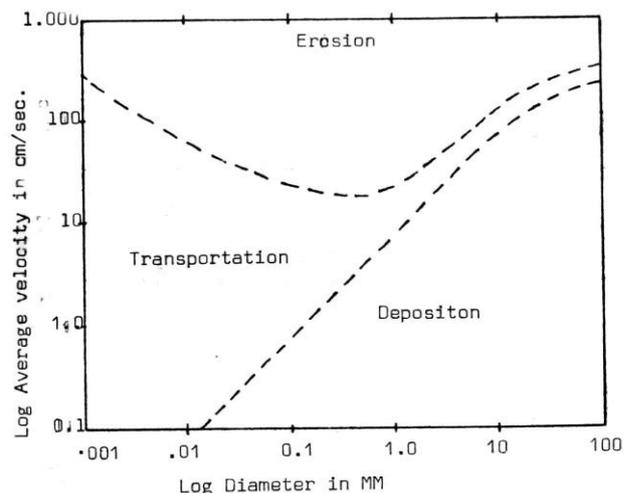


Fig.4 - Diagrama de Hjulstrom, da relação entre erosão, transporte e deposição de partículas sedimentares (1939).

Nos rios alóctones o material transportado engloba elementos exteriores e interiores ao carste: a natureza dos sedimentos será diversificada, com características heterométricas, anisótropas e poligênicas, com matriz areno-argilosa e arestas bem arredondadas.

Ao contrário, nos rios autóctones, os sedimentos serão exclusivamente calcários, e o aluvião será monogênico, heterométrico, anisótropo, com matriz exclusivamente argilosa e arestas pouco arredondadas ou angulosas.

Quanto aos meios lacustres, hipógeos, cabe ressaltar que os sedimentos depositados neste ambiente são pouco frequentes, e aparecem, geralmente, no talwegs dos rios hipógeos, como resultados de evolução já avançada.

Os depósitos sedimentares lacustres apresentam sempre uma granulometria fina, do tipo pelítico. Nos lagos hipógeos, as águas são muito tranquilas e as argilas em suspensão paracoidal se depositam lentamente. As partículas mais grossas do tipo aleurita, (entre 2 e 12 micras), se depositam antes que as mais finas, que são argilas propriamente ditas (entre 10 milimicras e 1 micra), originando-se assim uma microestratificação constituída por uma série de bandas claras e escuras: as claras formadas pelas aleuritas, e as escuras pelas argilas; esta disposição é muito similar das “varvas” das argilas lacustres circunglaciares, pelo que também são denominadas argilas varvadas.

Estas argilas varvadas são depositadas na bacia lacustre, colmatando-se, resultando uma superfície argilosa sobre a qual pode assentar-se uma crosta estalagmítica.

Pode acontecer que um novo leito fluvial se instale na bacia lacustre, carreando-se os sedimentos argilosos aí depositados, criando terraços lacustres, que eventualmente serão destruídos.

Baseados nos fatos apresentados até aqui, já podemos abordar especificamente o assunto que se constitui motivo central desta exposição.

Denomina-se entalhe de corrosão à “uma incisão na rocha, adotando a forma de ângulo diedro, cuja aresta (ou linha de intersecção das duas faces), disposta em rigorosa horizontalidade, penetre na rocha das paredes, ou da parte superior da caverna, determinando em secção um ângulo mais ou menos agudo. Raras vezes se encontra um exemplar isolado, pelo contrário, aparecem formando sucessões em distintos níveis que conferem um característico aspecto denteado nas paredes da caverna”. (Fig. 5 e 5-A)

A perfeitíssima horizontalidade e nivelamento das marcas de corrosão nos faz relacionar esta feição com a existência pretérita de um nível da água lacustre ou fluvial restrito, de modo que a

superfície da água permanecesse praticamente imóvel.

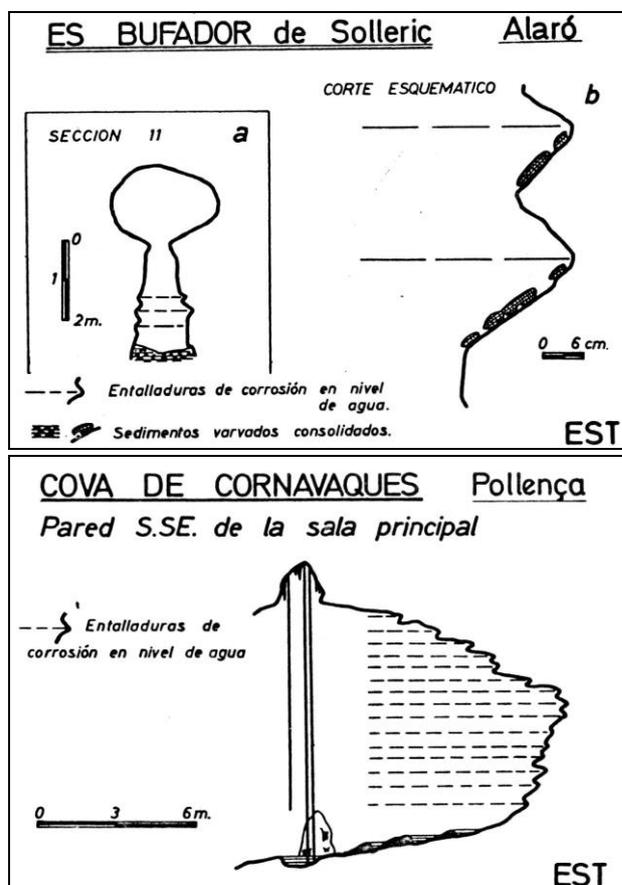


Fig.5 – Segundo Giné e Giné, 1977.



Fig.5-A – Segundo Giné e Giné, 1977.

De acordo com a bibliografia consultada, é possível observar-se em diversos casos, depósitos sedimentares “varvados” coexistindo no ambiente em que se encontram os mencionados entalhes de corrosão.

Essas varvas hipógeas podem ser descritas como “uma alternância de leitos de argilas, limos e

areias finas, claro-escuro onde predomina a fração limo.” (Gines e Gines, 1977)

Em primeira aproximação, e de forma simplificada, podemos afirmar que o poder corrosivo da água de um lago hipógeo é mais intenso junto à sua superfície. Este fenômeno relaciona-se com os mecanismos de equilíbrio entre a fase líquida e a atmosfera da cavidade, rica em CO₂.

Evidentemente, se o poder corrosivo fosse homogêneo em toda a massa d'água, não ocorreriam entalhes destacados.

O processo de entalhe é mais desenvolvido na zona epifreática (zona de flutuação) do carste, ou seja, nas imediações do plano virtual da superfície piezométrica.

A partir do exposto, surgem as seguintes conclusões:

- Ω Os entalhes de corrosão ao nível d'água são feições morfológicas peculiares, até o presente momento sem citação na bibliografia, segundo nosso conhecimento;
- Ω esta forma de corrosão é típica de ambiência lacustre ou fluvial restrita;
- Ω a relativa constância do binômio entalhes de corrosão-sedimentos varvados respalda a conclusão anterior;
- Ω julgamos que estes critérios possam ser esclarecedores no tocante à espeleogênese e ao significado hidrológico de cavidades onde ocorram feições desta natureza.

Segundo THDMAS e MUNTHIU (1970), “a dissolução atua com maior intensidade ao longo do plano das águas, formando WASSERMARKEN nas paredes das cavernas. Estes autores ‘contrapõem’ as fendas niveladas das WASSERMARKEN à corrosão diferencial que se desenvolve sob a água, onde se produzem superfícies rochosas irregulares parecidas às superfícies de metal atacadas por ácidos; sugerem além disso que a corrosão que aprofunda as WASSERMARKEN pode ver-se favorecidas pelas influências mecânicas das ondas”.

J. Ginés e A. Ginés, baseando-se em cavernas de Mallorca, sugerem que esta classe de morfologias se poderia considerar específica da zona de flutuação (epifreática), e continuando, apontam a hipótese de que as incisões marcadas nas cavernas corresponderiam a níveis fósseis de surgência, registrando deste modo, anteriores estabilizações mais ou menos prolongadas do limite superior da

capa cárstica. Isto nos levaria a relacionar entalhes de corrosão no nível d'água com a evolução experimentada pelo nível de base do carste.

A. L. Lange, em uma série de trabalhos publicados em inglês, introduz alguns novos termos, incorporando-os a uma teoria morfogenética mais ampla.

“Os plane-of-repose são superfícies planas e inclinadas, que permitem a acumulação de partículas insolúveis e sedimentos detríticos finos, os quais, por sua vez, são capazes de provocar bloqueio de ação solvente da água; ação solvente que teria lugar de maneira uniforme em todas as superfícies rochosas atingidas, desprezando-se a intervenção passiva da cobertura argilosa, que pelo contrário inibe o processo de corrosão química. (Fig. 6)

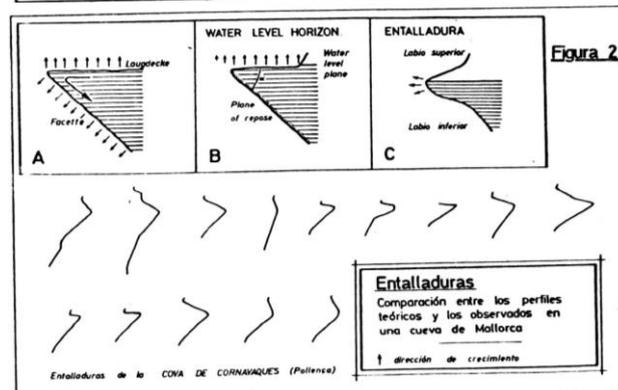
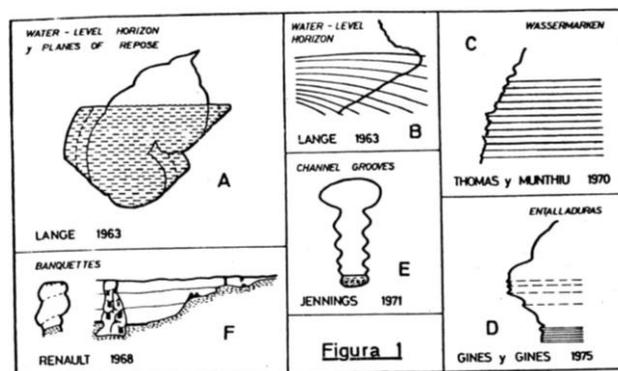


Fig.6 - Segundo Ginés e Ginés, 1977

Os Water Level Planes são superfícies horizontais que se estabelecem, ao nível da interface água-ar, como consequência da dissolução ascendente que atua nas zonas cujo ângulo rebaixa um determinado valor para o qual a aderência do sedimento sobre o eventual plane-of-repose já não é possível. O dito ângulo depende da coesão e arredondamento das partículas do sedimento, assim como da velocidade do fluido e da textura e irregularidades que apresentem as paredes”.

Ainda segundo Lange, “um conduto de secção circular poderia evoluir até uma forma de triângulo invertido, depois de ter estado sujeito a uma dissolução uniforme sob a água. A evolução morfológica resultante fica condicionada pelos respectivos ângulos de cada um dos lugares submersos da caverna, o desenvolvimento dos quais pode ocasionar estruturas enormemente complicadas. Além disto, ali onde o Plane-of-Repose alcança o limite superior de crescimento, que vem dado pelo teto plano (Water Level Plane, flat ceiling), ambas as superfícies descrevem um Water-Level-Horizon, cujas evidentes afinidades com as WASSERMARKEN e os entalhes não é necessário sublimar”.

Estas feições descritas por Lange são comparáveis, sob diversos aspectos, com as LOSUNGFACETTEN definidas por GRIPP (1912), cuja origem seria devida a mecanismo de dissolução sob um gradiente de concentração criado espontaneamente no meio.

LOSUNGFACETTEN são paredes planas e inclinadas, que caracterizam as covas de gesso de Segeberg e sua geometria é representável por um triângulo invertido. De acordo com outros autores, esta feição de triângulo invertido pode surgir a partir da dissolução pela circulação lenta de águas na parte superior da zona saturada do carste.

Apesar de terem sido definidas em cavernas de rochas muito solúveis (gesso), Kempe e Hartmann, a partir de dados experimentais, sugerem que fenômenos de dissolução similares também podem acontecer em grutas calcárias.

Segundo Jennings, “na circulação livre própria da zona vadosa quando o gradiente de desnível não basta para escavar marmitas de erosão no leito da corrente, as paredes podem, todavia, conservar vestígios de fendilhamento formando sucessões aproximadamente horizontais, como

consequência do progressivo afundamento (Downcutting) do leito subterrâneo. Tais fendilhamentos ou Channel Grooves são atribuídos à erosão lateral que sulca as paredes dos cânions gravitacionais e dos condutos freáticos.”

Finalmente Renault, estudando as acumulações sedimentares no interior dos sistemas cársticos e sua interferência na espeleogênese e evolução morfológica das cavidades, define as Banquettes, que consistem em saliências que sobressaem das paredes nas proximidades de um antigo limite de preenchimento que posteriormente foi escavado.

Às vezes a terminologia aqui apresentada é algo vaga, e inclusive autores distintos têm atribuído à uma mesma feição morfológica processos genéticos distintos.

Cabe lembrar que, na natureza, processos genéticos distintos podem conduzir a resultados morfológicamente idênticos.

Assim, a gênese das marcas d'água de uma determinada caverna deverá ser inferida a partir de informações colhidas “in loco”, e nunca a partir de conceitos teóricos isolados.

Em termos práticos, para o uso de nomenclatura em casos onde só interessa assimilar a existência de marcas horizontais, independente de seu mecanismo genético, os termos WASSERMARKEN e entalhes de corrosão são aconselháveis por serem exclusivamente morfológicos.

Esperamos que a compilação ora apresentada seja útil na interpretação de feições morfológicas ligadas à circulação hídrica no carste servindo de respaldo à comunidade espeleológica brasileira na complexa tarefa de analisar e aprofundar os estudos dos diversos autores citados no decorrer deste ensaio.

BIBLIOGRAFIA

- GINÉS, A. e GINÉS J. &. Medio fluvio-lacustre hipogeo en las cuevas de Mallorca y su asociación de morfologias. ENDINS, nº 4, Mallorca, 1977.
- GINÉS, A. e GINÉS, J. Discusión bibliografica comparative entre las entalladuras de corrosión y otras morfologias de aspecto semeiante. ENDINS, nº 4, Mallorca, 1977.
- GÈZE, B. La Speleologia Cientifica.
- JULIVERT, M. Morfologia Cárstica. EL GUACHARO, vol. 3, nº1, Caracas, 1969.
- KRUMBEIN, W. C. e SLOSS, L. L. Strtigraphy and Sedimentation. Ed. W. H. Freeman and Company, 1951.
- LIOPIS LLADÓ, N. Fundamentos de Hidrogeologia Cárstica. Ed. Blume, Barcelona.