



**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](http://www.cavernas.org.br/14cbeanais.asp)

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

CESAR-JUNIOR, N.S.. Um método para o estudo do crescimento de pérolas e estalactites. In: RASTEIRO, M.A.; CÂMARA, A.. (orgs.) CONGRESSO NACIONAL DE ESPELEOLOGIA, 14, 1980. Belo Horizonte. *Anais...* Campinas: SBE, 2018. p.39-44. Disponível em: <[http://www.cavernas.org.br/anais14cbe/14cbe\\_039-044.pdf](http://www.cavernas.org.br/anais14cbe/14cbe_039-044.pdf)>. Acesso em: *data do acesso*.

Consulte outras obras disponíveis em [www.cavernas.org.br](http://www.cavernas.org.br)

## UM MÉTODO PARA O ESTUDO DO CRESCIMENTO DE PÉROLAS E ESTALACTITES

**Nelson da Silva CESAR JÚNIOR**  
Grupo Bagrus de Espeleologia

### INTRODUÇÃO

A deposição da calcita sendo um processo físico-químico, despertou em mim um interesse muito grande, visto que as reações envolvidas estão perfeitamente encaixadas na minha área de estudos.

A velocidade de crescimento das concreções pode nos dar uma ideia bem aproximada da evolução das grutas, do clima e da flora, bem como dos processos de desenvolvimento das mesmas através dos tempos.

Este problema interessante, induz certas perguntas, tais como:

- Ω Como determinar a velocidade de crescimento das concreções?
- Ω Que fatores influem na velocidade?
- Ω Como se comporta o equilíbrio  $\text{CaHCO}_3/\text{CaCO}_3/\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$  na solução formadora das concreções?

Partindo destas perguntas, resolvemos levar avante uma experiência onde se tentaria determinar a velocidade média de crescimento das pérolas de caverna, através da relação entre massa depositada e tempo de deposição. No andamento da experiência, ocorreram outras perguntas:

- Ω Qual a influência da vazão no crescimento?
- Ω Qual a relação pluviometria - vazão?
- Ω Qual a relação composição do calcário - crescimento?
- Ω Qual a correlação entre estes dados?

Mas a resposta a estas perguntas envolvia aparelhos e métodos sofisticados, nem sempre à mão, além de um trabalho exaustivo de coletas, medidas, análises e correlações, que só poderiam ser efetuadas por um grupo bem estruturado, onde as responsabilidades fossem distribuídas, tanto em trabalhos nas grutas, como no laboratório.

Muitos problemas de espaço e tempo, retardaram em muito o andamento do trabalho de laboratório, mais ligado às análises das soluções das estalactites. Com todas estas dificuldades,

conseguimos fazer medidas ao longo de aproximadamente 1 ano e meio.

As experiências pararam quando houve interferência no próprio laboratório por parte de estranhos que perturbaram a delicada experiência em curso.

### MÉTODO

Escolhem-se núcleos de quartzo ou calcita, com peso de  $\approx 0,0058$  a  $0,0436\text{g}$ , em torno dos quais se deposita a calcita proveniente das estalactites em estudos.

Distribui-se as pérolas em cápsulas de  $\approx 5,0\text{cm}$  de diâmetro por  $\approx 2,5\text{cm}$  de altura, sob as estalactites e marcam as alturas da superfície de água (das cápsulas) até a ponta da estalactite; mede-se o volume das gotas das estalactites, a vazão e deixa-se durante um mês, ao fim do qual, recolhem-se as pérolas.

As pérolas são transportadas, em caixinhas plásticas numeradas, preenchidas com pano, para evitar a quebra das mesmas.

No laboratório, seca-se as pérolas em uma estufa a  $30^\circ\text{C}$  sobre papel de filtro, pesando-se em seguida, depois de resfriadas em dessecador.

Leva-se as pérolas novamente para as suas devidas cápsulas, mede-se a vazão e deixa-se mais um mês, ao fim do qual procede-se da mesma maneira.

As cápsulas de porcelana, que servem de berço para as pérolas são pesadas, para ver a quantidade de calcita depositada em suas paredes e comparar com as outras cápsulas.

De cada estalactite em estudo, são tiradas duas amostras da solução interna e duas da externa, além da temperatura. A pressão interna é medida também, o mesmo sendo feito com a pressão externa, além da temperatura da solução das cápsulas.

As amostras externas e internas, coletadas das estalactites, serão analisadas em laboratório, para se

determinar a concentração de CaCO<sub>3</sub> e outros íons talvez presentes.

A temperatura e a pressão interna, são tiradas com aparelho da figura 19.

Outros dados importantes, são a porcentagem de CO<sub>2</sub> no local em exame e a umidade do ar, bem como a temperatura corrente de ar.

## CALCULOS

Conhecendo-se a densidade da calcita, pode-se chegar facilmente ao volume da massa depositada.

Para achar uma medida linear de espaço, basta achar raio correspondente ao volume da calcita em um determinado tempo de deposição.

A velocidade média em cada período é dada pela relação entre as diferenças dos raios de cada período e a diferença do tempo dos mesmos.

$$d = \frac{m}{v}; v = \frac{4}{4} \pi r^3 \frac{m}{d} \rightarrow \sqrt[3]{\frac{3m}{4d\pi}}$$

portanto a velocidade média em cada período é:

$$Vm = \frac{\Delta r}{\Delta t}$$

V = volume de calcita depositada

$\pi = 3,1415$

r = raio

d = densidade da calcita

m = massa de calcita depositada

Vm = velocidade média de crescimento

t = tempo do período de deposição

Desta forma, obtemos o gráfico da figura 10, fazendo Vm em função do tempo de deposição.

O crescimento, figura 11, é obtido fazendo r em função do tempo de deposição.

## CRESCIMENTO DE ESTALACTITES

### INTRODUÇÃO

Para o crescimento das estalactites o tratamento já fica mais complicado, pois teremos que lidar com medidas indiretas durante longo

tempo, até que se tenha condição de fazer uma medida direta.

A determinação do crescimento, consiste na diferença de concentração dentro e fora da estalactite, por diferença teremos a quantidade que ficou depositada.

Um problema de extrema importância se relaciona com a concentração interna e com a diferença de concentrações internas e externas, ao longo de um determinado período.

É pouco provável que a concentração da solução de uma estalactite permaneça constante durante um longo período, o que nos levaria a procurar uma constância na diferença das concentrações internas e externas. Se houver esta constância, existe a possibilidade de se calcular tanto o crescimento, como as concentrações internas, partindo da concentração da água recolhida e dos depósitos formados.

## MÉTODO

Seriam tomadas as medidas de algumas estalactites com uma técnica especial, ao mesmo tempo que se recolheria a solução interna e externa para análise.

Um recipiente de 10L seria colocado sob as estalactites e deixado durante uma semana, quando seria recolhida e analisada a água, ao mesmo tempo que se retirariam amostras da solução interna e externa para nova análise.

A partir dos dados obtidos, poderia ser calculado o volume depositado e sua velocidade média nos períodos, além das prováveis mudanças de concentração e suas influências no crescimento.

Este método é nitidamente mais trabalhoso e dispendioso do que o do crescimento de pérolas e por enquanto inviável, dada a impossibilidade de tempo. Portanto podemos ficar com a medida direta, que pode ser feita de dois em dois anos até.

## CALCULOS

São os mesmos usados para determinar a velocidade de crescimento das pérolas, se for usado o método indireto.

## CONCLUSÕES

No crescimento das pérolas, que aparecem nas figuras 10 e 11, os períodos não foram

constantes, devido à falta de tempo, condição e outros fatores peculiares a uma sociedade sem recursos financeiros.

Nota-se pelo gráfico, que sem exceção, as pérolas atingem um máximo de velocidade de crescimento, para em seguida diminuírem, notando-se ainda que estes máximos estão todos no mesmo período 128 dias.

As pérolas 3, 4 e 5 cresceram na mesma cápsula, enquanto a nº 1 cresceu sozinha.

De 169 a 267 dias, o crescimento foi constante para as pérolas 3, 4 e 5, enquanto que a nº 1 baixava sua velocidade.

Nota-se também que não choveu um mês seguido, dentro deste período.

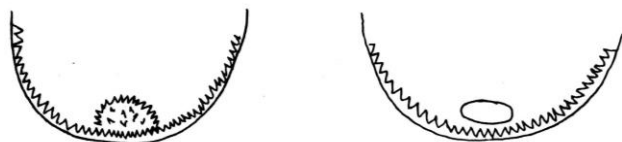
De 267 a 443 dias, as pérolas 3, 4 e 5 vão diminuindo sua velocidade até praticamente zero, onde as três pérolas têm velocidade iguais, muito pequenas; a pérola nº 1 continua a diminuir sua velocidade, mas permanece ainda mais alta, notando-se ainda o nítido decréscimo da pluviometria nesse período.

Fica evidente também, pela tabela 5, que quanto maior a pérola, maior a deposição, o que fica patente na figura 11, onde os maiores diâmetros das partículas dos núcleos estão nesta ordem decrescente: nº 4, nº 1, nº 3 e nº 5.

O exame das pérolas revela que a nº 1, além de ter grudado no fundo da cápsula, era formada de cristais angulosos e irregulares, como um pequeno ouriço, enquanto as pérolas 3, 4 e 5 eram perfeitamente lisas, não grudando uma única vez.

Finalizando, a calcita cresceu em torno de núcleos de quartzo, em substratos iguais, ou seja, cápsulas de porcelana. Todas as pérolas apresentavam movimento, quando caía um pingão de água.

Fatores tais como a concentração da solução e hábito cristalino, são as chaves para se desvendar o mistério das pérolas, colocadas ou não, além de secas prolongadas, provocando uma cristalização diferencial na base da pérola.



A figura é uma tentativa de representar a maior facilidade que tem uma pérola com cristais incoerentes de aderir ao substrato, do que uma com cristais coerentes e homogêneos; na nº 1 a possibilidade de se enganchar, tal como os dentes de uma engrenagem é muito mais provável do que no caso das outras três.

Algumas estalactites foram medidas e apresentaram o seguinte resultado no período de 11/04/76 a 14/07/79:

nº 2 - 2,256 cm - 3,430 = 1,174 cm de crescimento

nº 3 - 1,615 cm - 3,100 = 1,485 cm de crescimento

### ALGUNS ENSAIOS REALIZADOS EM LABORATÓRIO

Foram feitas análises granulométricas das argilas das cavernas. Tobias de Baixo e do Laboratório; do Laboratório foi feita a análise granulométrica do conglomerado que se encontra espalhado pela gruta, logo depois do salão dos grandes blocos. A tabela 3 mostra o resultado destas análises.

A amostra denominada nº 1 proveniente do laboratório, apresentou 75,08% de material menor que 0,044mm, enquanto a amostra proveniente da Tobias de Baixo, apresentou 21,9% de material menor que 0,044mm. A análise do conglomerado apresentou 3,22% de material menor que 0,044mm, o qual foi preparado para a difração de raios-X cujo difratograma está na figura 15, apresentou o seguinte resultado:

Pico a 14,70	A característico da montmorilonita
Pico a 10,05	A característico da mica
Pico a 7,14	A característico da caulinita
Pico a 3,34	A característico do quartzo
Pico a 2,49	A característico do ferro
Pico a 2,31	A característico de ouro (?)

Precisariam mais evidências para caracterizar o ouro, mas levando em consideração a região, onde realmente ocorre este metal, podemos dizer que provavelmente exista traços na amostra.

Foram feitas também análises térmicas de materiais coletados no laboratório.

Na figura 15 e 17, aparecem alguns termogramas, onde a maior parte é facilmente interpretado, ficando dúvida na amostra nº 3 e na nº 2.

Os da figura 15 foram coletados em 08/12/74 com as seguintes denominações:

- Ω AM nº 1 - Rocha mãe de superfície -Porção inicial da gruta.
- Ω AM nº 2 - Rocha mãe de superfície talvez em decomposição - Poção inicial da gruta.
- Ω AM nº 3 - Material Branco (pulverulento) da parede – perto das caixas d'água superiores reguladoras.
- Ω AM nº 4 - Material talvez de origem do pó (pulverulento) - perto das caixas d'água superiores.

Na amostra nº 3 é bem visível uma banda exotérmica de 250° a 550°C, indicando provavelmente a decomposição de matéria orgânica o que é confirmado pelo tratamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> da mesma amostra, onde não aparece a banda exotérmica. A reação endotérmica a 900°C é característica da calcita.

A amostra nº 4 é positivamente a calcita, indicando que a amostra nº 3 deve ser uma alteração da amostra nº 4.

A amostra nº 1 apresenta o duplo pico endotérmico característico de rocha calcária.

A nº 2 realmente dá a entender que houve alguma alteração na rocha calcária, mas por falta de mais ensaios, não foi possível determinar os minerais ou produtos desta decomposição.

Na figura 17, temos dois termogramas característicos de rocha calcária, três de calcita, um de carbono orgânico - carvão vegetal e outro de carbono grafítico - grafite.

O motivo destes dois últimos termogramas era o de tentar encontrar uma maneira de identificar os dois tipos de carbono na rocha calcária, e talvez o seu teor, é justamente o carbono que dá a cor escura dos calcários, mas infelizmente não pudemos levar adiante este projeto.

Na figura podem ser vistos também termogramas de calcita, aragonita e pérola de caverna, na qual aparece além do pico endotérmico característico da calcita, uma pequena banda exotérmica assinalando a presença de matéria orgânica.

Foram feitas também análises de água das estalactites e do rio, cujos resultados foram:

ESTALACTITE nº 1 - 218 ppm - 23/04/77

ESTALACTITE nº 2 - 228 ppm - 23/04/77

AGUA DO RIO - 64 ppm - 23/04/77

Foi medida de dureza total com EDTA, que é um método complexométrico. Num próximo trabalho, dedicado mais à parte química e métodos de análise, entraremos em mais detalhes.

#### OCORRÊNCIA DE GIPSITA

O gipso é um mineral que se distribui largamente nas rochas sedimentares, muitas vezes em camadas espessas.

Ocorre frequentemente interestratificado com calcários e folhetos de rocha sedimentar de granulação fina, apresentando fissibilidade marcante, isto é, tendência a dividir-se em folhas, segundo a estratificação - de acordo com o glossário geológico de Viktor Leinz e Othon Henry Leonardos. Sendo encontrado usualmente como uma camada subjacente a outras de sal gema.

A formação normal dos depósitos de sulfato de cálcio realizou-se em lagunas marinhas, com a evaporação progressiva da água do mar. Dessa evaporação um primeiro produto a se depositar foi o sulfato de cálcio, quer sob a forma de anidrita, quer constituindo o gesso (gipsito); dessas duas formas a última é a mais comum, visto como a deposição de anidrita exige determinadas condições: temperatura elevada da água e existência de certa relação entre as concentrações dos vários sais dissolvidos, condições essas raramente verificadas em tais bacias de evaporação.

Por outro lado, mesmo quando se forma, a anidrita ficando exposta aos agentes atmosféricos hidrata-se, transformando-se em gipsita, que ocorre também como corpos lenticulares ou cristais disseminados em argilas.

Os depósitos de gipsita podem ainda resultar do ataque dos calcários por águas sulfúricas, ou por dupla troca, entre calcários e o sulfato de ferro, que resulta da oxidação de piratas englobadas no calcário como mineral acidental, decorrendo daí a formação de estalactites e excêntricos.

A dupla troca citada encontra-se em afloramentos superficiais onde a oxidação é possível. Misturados à gipsita encontram-se outros minerais: anidrita, sal gema, mica, boracita, pirita, etc.

A presença de certas impurezas como óxidos de ferro, argila, coram-na em amarelo, vermelho, etc.



Michel Bouillon descreve o fenômeno pelo movimento da solução carbonática, por capilaridade, através do calcário e da argila. Considerando que a argila se deposita sobre o calcário e parte da solução atravessa lentamente a camada argilosa, supõe-se que tal solução reaja com compostos de enxofre (talvez pirita), acabando por depositar os cristais de gesso.

O espatto acetinado é um gipso fibroso com brilho sedoso. A selenita produz lâminas de clivagem largas, incolores e transparentes, enquanto o alabastro é uma variedade maciça, finamente granulada.

Sua composição química é:

CaO - 32,6% ; SO<sub>3</sub> - 46,5% ; H<sub>2</sub>O - 20,9%

Sua fórmula é:

CaSO<sub>4</sub> . 2H<sub>2</sub>O

Cristaliza-se nos sistemas monoclinicos; priamático, sendo os cristais nitidamente de hábito prismático.

Sua densidade é de 2,32 g/cm<sup>3</sup> e a dureza é 2; podendo ser riscado com a unha.

O gipso é caracterizado pela selubidade em HCL diluído e a quente, sendo a presença de água o que o distingue da anidrita.

Na figura 16, podemos ver vários termogramas de material coletado no laboratório, onde ocorre a gipsita.

O material coletado e numerado 7L era bem cristalizado sobre argila amarela e apresentando um material escuro parecendo “carvão”.

Tentando identificar os vários componentes mencionados acima, através da análise térmica diferencial (ATD), o material foi desagregado suavemente, para separar o máximo possível os cristais da argila.

Foi passado em peneira 80 a fim de recolher os cristais que ficaram retidos e do que passou foi feita uma ATD preliminar, que corresponde ao primeiro termograma da figura 16.

A parte que ficou retida foi moída e passada em peneira 80; pode-se ver no segundo termograma da figura 16.

A fração que primeiramente passou pela peneira 80, foi mída e passada em peneira 200 e feita uma nova ATD com o material que ficou retido; terceiro termograma.

Dos cristais retidos na peneira 80, foram separadas duas frações: escura e clara (cristais), moídas separadamente, passadas em peneira 200 e feitas novas ATDs.

A fração branca corresponde ao quarto termograma, enquanto a escura corresponde ao quinto.

Voltando ainda à primeira fração passada pela peneira 80, agora com o intuito de recolher somente a fração argila, colocou-se o material em um Erlenmayer de 250 ml, com três gotas de NH<sub>4</sub>OH para deflocular, agitou-se durante uma hora a 650 RPM a ferveu-se durante duas horas; finalmente passou-se em peneira 200 e recolheu-se o que passou. O resultado pode ser visto no termograma nº 6.

## TERMOGRAMAS

Ω Nota-se uma pequena quantidade de gipsita na provável fração argila.

Ω A presença de gipsita é marcante, com duplo pico endotérmico a baixa temperatura que corresponde a perda de água em dois estágios (perda de uma e meia molécula para dar CaSO<sub>4</sub> 1/2 H<sub>2</sub>O e depois desta reação ela passa a anidrita.

A reação exotérmica ocorre a altas temperaturas, para algumas espécies de gipsita é a passagem de anidrita solúvel a anidrita insolúvel.

Ω Nota-se a diminuição da influência da gipsita na provável fração argila.

Ω Aqui não aparece o duplo pico endotérmico característico da gipsita, talvez pelo aumento excessivo da intensidade com a granulometria.

Ω Aparece novamente o duplo pico, o que faz crer que talvez a coloração escura se deva ao óxido de manganês, de ocorrência comprovada já em algumas grutas da região.

Ω Aqui torna-se evidente a provável presença da argila.

## DIFERENCIAÇÃO ENTRE GIPSITA E ANIORITA

Uma das maneiras de determinação, é aquecer a amostra de um tubo de ensaio. Se houver vapores de água é gipsita, senão é a anidrita. Para este ensaio, o material deverá estar seco.

Uma maneira mais rápida e melhor, é a que se baseia no fato de que a anidrita é muito menos solúvel do que a gipsita. A 100°C é somente 0,067%, enquanto a gipsita é 0,167%. Portanto, a gipsita reage mais rapidamente com o carbonato de sódio do que a anidrita.



Quando a solução do carbonato de sódio contém algumas gotas de fenolftaleína (solução rósea), a gipsita a descolore rapidamente, enquanto a anidrita demora muito mais.

Moe-se a amostra e coloca-se alguns miligramas na depressão de uma placa para spot teste ou mesmo em uma cápsula de porcelana.

Mistura-se duas ou três gotas da solução de carbonato de sódio, agita-se e a gipsita causa uma apreciável mudança de cor ao cabo de 1-2 minutos e completa descoloração ao cabo de 4-5 minutos, enquanto a gipsita causa mudança de cor aos 15 minutos e completa descoloração a 45 minutos.

## REAGENTES

Solução a 4% de carbonato de sódio contendo 3 gotas de uma solução alcoólica de fenolftaleína a 2%.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a GUY CHRISTIAN COLLET, o idealizador e fundador do laboratório subterrâneo da SBE, que nos proporcionou as instalações e nos incentivou neste trabalho.

Em segundo lugar a todos aqueles que trabalharam para a realização do que existe nesta caverna - Pierre Martin e o Grupo dos Opilhões, os membros do Grupo BAGRUS, etc...

Mais recentemente ao colaborador Lindolfo Rodrigues, e alguns membros do CEU que ajudaram na topografia delicada da parte superior do laboratório, bem como nas medições (Leo, Alice e outros) e ao Grupo de Rio Claro, Herman (Maionese), Sebastião M. Martins (Bauru) e ao Wandir, que muito nos ajudou também.

A todos, muito grato.

## BIBLIOGRAFIA

DANA HURLBUT - Manual de Mineralogia - Volume 2.

FEIGL, SPOT TESTS - Applications of Spot Reactions.

MACKENZIE - Dta - Differential Thermal Analysis.

MICHEL BOUILLON - Descoberta do Mundo Subterrâneo.

NOEL LLOPIS LLADÓ - Fundamentos de Hidrogeologia Cárstica.

PAULO DECOURT - Elemento de Mineralogia e de Geologia.