

PRESERVAÇÃO PARCIAL DA CONCHA DE *TENTACULITES CROTALINUS*, DA FORMAÇÃO PONTA GROSSA (DEVONIANO)<sup>1</sup>

José Henrique Godoy Ciguél<sup>2</sup>

Oscar Rösler<sup>3</sup>

Robin M. Hofmeister<sup>4</sup>

RESUMO

O presente trabalho trata da análise de um espécime de *Tentaculites crotalinus* SALTER emend. CIGUÉL et al. (1984), coletado em afloramentos da Formação Ponta Grossa (Devoniano) nas proximidades da cidade de Jaguariaíva, Estado do Paraná, e da discussão sobre sua possível estrutura e composição esquelética.

O relativo desconhecimento da microestrutura esquelética da concha dos Tentaculitoidea tem dificultado o reconhecimento das relações filogenéticas desses invertebrados; conseqüentemente, o seu posicionamento sistemático tem sido problemático.

Os tentaculitídeos são bastante comuns no Devoniano da Bacia do Paraná e conhecidos através de seus moldes externos e internos. O espécime em questão apresentou provável fragmento da parede da concha entre os moldes.

Esse estudo teve por objetivo, reconhecer se essa camada representaria uma contramoldagem ou fragmento da parede da concha.

Com essa finalidade, analisou-se a composição química da camada e do molde externo, através de espectrometria de Raios X e difratometria de Raios X apenas no molde externo, além da observação da estrutura da camada através de lupa binocular e de microscópio eletrônico de varredura.

Verificou-se que essa camada apresenta uma microestrutura foliada, formada pela superposição de lamelas orientadas subparalela a paralelamente à parede da concha. Verificou-se também que a camada apresenta uma composição química distinta da rocha circundante, mantendo elementos possivelmente oriundos da composição original da concha.

Torna-se, portanto, bastante provável tratar-se de um caso de preservação parcial da parede da concha. A concha seria composta por carbonato de cálcio com lamelas sobrepostas possivelmente com microestrutura foliada. A camada, durante os processos diagenéticos da matriz, sofreu uma impregnação superficial de compostos de ferro e manganês.

A microestrutura esquelética foliada sugere que a ordem Tentaculitida L.JASCHENKO (1955) pode ser mais propriamente incluída no Filo Mollusca.

<sup>1</sup> Trabalho apresentado na 3a. Reunião Internacional do "IGCP, Project nº 193: Siluro - Devonian of Latin America", Assunção, Paraguai, 22-28/set/1985.

<sup>2</sup> Pós-Graduando do Programa de Geologia Sedimentar do IG-USP e Bolsista da FAPESP.

<sup>3</sup> Prof. do Instituto de Geociências, USP.

<sup>4</sup> Prof. da Universidade Federal do Paraná.

## ABSTRACT

This paper deals with an analysis of a single specimen of *Tentaculites crotalinus* SALTER emend. CIGUEL et al. (1984) that present a possible partial preservation of the shell. It comes from an outcrop of the Ponta Grossa Formation (Devonian) near Jaguariaíva, State of Paraná.

The skeletal microstructure of the Tentaculitoidea shell is rather poorly known. Thus, the phylogenetic relationships of these invertebrates is still uncertain. Tentaculitids are very common fossils in the Devonian Ponta Grossa Formation (Paraná Basin) but so far are known only from external and internal moulds.

The objective of this study is to demonstrate whether the layer found in between the internal and external mould is or not a case of shell preservation.

The chemical composition of this layer and of the external mould was analysed by X rays. X rays diffractometry was applied only to the matrix (at the external mould). The structure of the supposed shell remain was studied by binocular stereomicroscope and scanning electron microscope. It revealed a foliate structure due to several parallel to subparallel oriented lamellae, with a chemical composition distinct from the matrix, and some elements possibly maintained from the original shell composition. Thus, a partial preservation of the original shell seems to be the better explanation for this case. This shell would be composed by calcium carbonate disposed in laminar layers, the outer ones being impregnated by Fe and Mn molecules during the diagenetic processes.

The skeletal composition and microstructure would suggest a molluscan affinity for the Tentaculitida Order.

## OBJETIVO

Recentes descobertas sobre a estrutura das camadas da parede da concha dos gêneros *Tentaculites*, *Wolynites* e *Styliolina*, têm contribuído com novos dados para a discussão das possíveis afinidades da Classe Tentaculitoidea, cuja posição sistemática, contudo, ainda não se encontra esclarecida.

Nada era conhecido, até o momento, sobre a estrutura e composição da parede da concha de *Tentaculites crotalinus* SALTER emend. CIGUEL et al. (1984), apesar de ser esta uma das espécies mais comuns na Formação Ponta Grossa. O que se verifica, é que a concha carbonática dos fósseis devonianos muito raramente é preservada, sendo este um caso raro. O presente trabalho tem, portanto, o objetivo de registrar a ocorrência de uma das camadas da parede da concha desta espécie e adicionalmente, reavaliar a questão da classificação desse grupo.

## MATERIAL ESTUDADO

A amostra contendo o espécime de *Tentaculites crotalinus* apresenta um possível fragmento de parede da concha na região mediana. O fóssil analisado foi coletado nos folhelhos de coloração cinza escura, pertencentes à Formação Ponta Grossa (Devoniano), nas proximidades da cidade de Jaguariaíva, Paraná.

A ornamentação da concha do espécime foi preservada sob a forma de moldes. Conforme os vários tipos de preservação, o tentaculitídeo das Figs. 1, 2 e 3 é representado por molde externo e da Fig. 4, por molde interno. O material está depositado na coleção paleontológica do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, sob o número GP/IT-1312.

## DESCRIÇÃO DOS ASPECTOS MEGASCÓPICOS

O tentaculítídeo apresenta anéis com espessura regularmente crescente, em direção à abertura (parte superior das Figs. 1, 2, 3 e 4). O tamanho do espécime incompleto é de 7mm, e apresenta somente as regiões mediana e da abertura. O espaço interanelar é liso com baixa concavidade (Fig. 3) na região mediana, tornando-se reto (Fig. 4) próximo à abertura. O espaço interanelar é aproximadamente duas vezes maior que a espessura do anel.

## DESCRIÇÃO DOS ASPECTOS MICROSCÓPICOS

Observações do possível fragmento da concha com lupa binocular, permitiram identificar três camadas sobrepostas apresentando microestrutura lamelar.

Em microscopia eletrônica de varredura, apenas um fragmento de uma das camadas, possivelmente a interna, pode ser analisado e documentado fotograficamente. A superfície da camada voltada para o interior do espécime é constituída por cristais de carbonato de cálcio com formato granular. A espessura da camada é de aproximadamente 10  $\mu\text{m}$  e apresenta uma maior ocorrência de cristais lamelares paralelos a subparalelos à superfície da camada e menos comumente cristais pseudohexagonais e romboédricos.

A superfície da camada mostra um agregado imperfeito de cristais, irregularmente formados apresentando uma microestrutura "granulada", conforme ilustram as Figs. 4 e 5. A microestrutura esquelética composta por lamelas sobrepostas, aparentemente poligonais paralelas a subparalelas à superfície da camada da parede da concha, conforme as Figs. 5 e 6, pode ser "prismática composta" e mais possivelmente "foliada". As denominações de microestrutura, "granulada", "prismática composta" e "foliada" seguem a terminologia de MAJEWSKE (1974). Tem-se ainda a presença de cristais anédricos, pseudohexagonais e romboédricos conforme observa-se nas Figs. 4, 5 e 6.

## ANÁLISE ESPECTROMÉTRICA E DIFRATOMÉTRICA

Após observações com lupa binocular e microscópio eletrônico de varredura, efetuou-se a análise da matriz (molde externo) e de uma das camadas da parede da concha através de espectrometria de Raios X, por energia dispersiva. A análise por difratometria de Raios X, foi realizada somente na matriz.

O exame espectrométrico, se sucedeu da seguinte forma: seis análises localizadas no molde externo (matriz) e seis análises localizadas na camada da provável parede da concha. Na Fig. 3 estão assinalados os pontos investigados.

Através da espectrometria verificou-se a ocorrência de oito elementos químicos principais, entre eles: K, Ca, Mg, Nb, Mn, Fe, Al, Si.

Na difratometria efetuada no molde externo verificou-se a presença de argilo minerais tais como: mica e caulinita além de quartzo e feldspato.

Por limitações dos métodos empregados não foram obtidas informações sobre os teores absolutos dos elementos químicos do material, porém, se conseguiu dados sugestivos sobre as proporções relativas dos mesmos, na matriz e na camada da parede da concha.

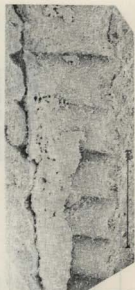
Os principais elementos químicos ocorrentes no molde externo (matriz) e na parede da concha estão representados no Gráfico 1.

## ESTAMPA I

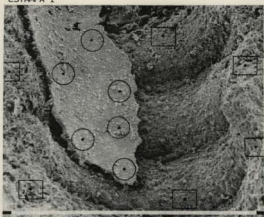
*Tentaculites crotalinus* SALTER emend. CIQUEL et al. (1984)

- Figura 1 - Vista superior da região mediana do espécime, sobre o plano de acanamento do folhelho. Molde externo mostrando detalhes da anelação subaguda com verticidade voltada para a região da abertura (parte superior da foto) e camada da parede da concha. Escala = 1mm.
- Figura 2 - Vista superior e oblíqua a partir da região apical do espécime. Observar detalhes da anelação e relações com a camada da concha. Escala = 1mm.
- Figura 3 - Vista superior e oblíqua da camada da concha. Os círculos com ponto central ilustram aproximadamente os locais onde se efetuaram as análises por espectrometria de Raio X na camada. Os quadrados com ponto central mostram os locais aproximados das análises, pelo método anterior, efetuado no molde externo. Escala = 1mm.
- Figura 4 - Vista superior do molde interno da região mediana, ilustrando fragmento da parede da concha, que apresenta na superfície agregado imperfeito de cristais, constituindo uma microestrutura "granulada". Escala = 1mm.
- Figura 5 - Vista oblíqua da camada da concha. A superfície apresenta uma microestrutura "granulada". Na parte inferior da foto, a espessura é constituída por inúmeras lamelas sobrepostas, paralelas a subparalelas à superfície da camada e acima cristais romboédricos a pseudohexagonais. Escala = 10  $\mu$ m.
- Figura 6 - Vista oblíqua somente da espessura da camada da concha mostrando a microestrutura esquelética composta por lamelas sobrepostas, aparentemente poligonais, paralelas a subparalelas à superfície da camada. Essas podem ser "prismática composta" mais provavelmente "foliada". Escala: 10  $\mu$ m.

ESTAMPA I



1



3



2



4



6



5

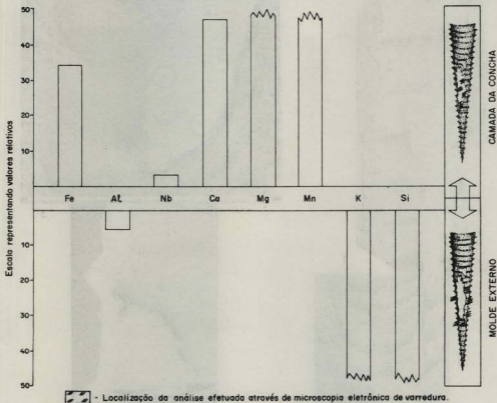


Gráfico 1 - Ocorrência relativa dos elementos químicos presentes na camada da concha e molde externo (matriz) de *Tentaculites crotalinus* SALTER, emend. CIGUEL et al. (1984). Os elementos foram identificados através de espectrometria de raios X, por energia dispersiva. A difratometria de raios X foi efetuada somente para o molde externo e confirmou a análise espectrométrica.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA PAREDE DA CONCHA E MOLDE EXTERNO

No molde externo o enriquecimento de Si, K, Al, com maior probabilidade está ligado à presença de argilo minerais (caulinita e illita) e quartzo e feldspato na granulação argila, conforme resultado da difratometria. O Al estaria ligado à caulinita, ao feldspato e provavelmente à illita. O alto teor de K caracterizaria a presença de mica, possivelmente detrítica, e talvez, em menor proporção autigênica, ou ainda ligada a algum tipo de feldspato. O Si ocorre sob a forma de quartzo.

Na camada que constitui a parede da concha, o Mn e o Fe têm origem provável por precipitação secundária, impregnando a superfície externa ou interna da camada, possivelmente

ambas. O Fe inicialmente constituiria sulfetos. Atualmente, ocorre sob a forma de hidróxido, óxido ou hidratado. A ausência ou raridade de Si na camada, demonstra que não houve silicificação, enquanto que a abundância de Ca e Mg sugerem composição carbonática atual; a proporção desconhecida entre os dois cátions não permite determinar o carbonato presente.

A análise difratométrica não atestou a presença de Ca no molde externo.

#### ESTRUTURA DA CONCHA DOS TENTACULITOIDEA

TERMIER & TERMIER (1953) referem-se à concha de *Tentaculites* como sendo composta por carbonato de cálcio, e que observações ao microscópio permitem identificar finas camadas paralelas.

FISHER (1962) alude à Classe Tentaculitoidea (=Cricoconarida) uma concha composta de carbonato de cálcio com poros na parede, além de uma simetria radial.

LARDEUX (1964), num exame minucioso de *Tentaculites velaini* MUNIER - CHALMAS, coletado no calcário Vern (Loire) de idade Siegeniana, evidencia uma infinidade de microlamelas. Essa microestrutura lamelar é extremamente fina e regularmente encaixada, ocorrente em concavidades no interior da camada que compõe a concha. Assinala, na Família Tentaculitida, a existência de camadas microlamelares não perfuradas, e menciona a concha como apresentando simetria bilateral.

MAJEWSKE (1974) refere-se à concha de *Tentaculites* como formada por calcita foliar semelhante ao esqueleto de briozoários. O aspecto foliado seria produzido por numerosas lamelas irregulares e imbricadas, com espessura de aproximadamente 0,001mm. Verificou que a microestrutura da parede da concha de *Styliolina* é formada por calcita homogênea, ou seja, não há diferenciação dos cristais componentes da camada.

LARDEUX (1969) volta a reafirmar a presença de microlamelas sobrepostas e linhas escuras "lignes sombres" originadas pelas dobras nas microlamelas que compõem as camadas da concha de *Tentaculites*. Tal estrutura da concha seria semelhante para os homoctenídeos (referência à Ordem Homoctenida pertencente à Classe Tentaculitoidea). Nos dacryoconáridos (menção à Ordem Dacryoconarida, também pertencente à Classe Tentaculitoidea), a camada seria composta de carbonato de cálcio, apresentando estrutura microlamelar. Essas microlamelas estariam dispostas paralelamente à superfície ou ligeiramente oblíquas à concha. A partir dessas observações deduziu a existência de um mesmo tipo de microestrutura para as conchas das ordens Tentaculitida, Homoctenida e Dacryoconarida e as inclui na Classe Tentaculitoidea.

ALBERTI (1975), estudando a parede da concha de *Styliolina* (Dacryoconarida), identificou três camadas sobrepostas: camada externa prismática, camada interna prismática e camada nacarada intermediária.

MAJEWSKE (1974) e ALBERTI (op. cit.) estudaram a parede da concha do mesmo gênero *Styliolina*. A microestrutura da parede foi interpretada de maneira diferente.

#### RELAÇÕES FILOGENÉTICAS DOS TENTACULITOIDEA

MOORE et al. (1952) incluem *Cornularia*, *Serpulites* e *Tentaculites* como fósseis de afinidades incertas em discussão que abrange os anelídeos e outros vermes.

TERMIER & TERMIER (1953) referem-se aos Machaerídeos, *Cornularia*, *Hyalithes* e *Tentaculites* em "Grupo de Afinidades Incertas". Os *Tentaculites* são classificados em ordem especial, denominada Eopterópoda, por apresentarem semelhanças consideráveis aos Pterópodes, atuais, mas como um grupo particular, sem afinidades com os moluscos. A denominação Eopterópoda implica na ancestralidade dos *Tentaculites* para os Pterópodes.

FISHER (1962) menciona que os tentaculitídeos, não deixaram descendentes vivos e que possuem afinidades duvidosas com os moluscos ou mesmo filiação aos Coelenterata, devido à estrutura da concha; mas aventa suposta afinidade com os hidrôides nadadores.

FISHER (op. cit.), em discussão posterior, parte inicial do texto, cita e concorda com LJASCHENKO (1955 e 1960), que inclui a Classe Tentaculitoidea (=Coniconchia) como pertencente ao filo Mollusca, sem relações de parentesco com os Pterópodes.

PELSENER (1888) citado por FISHER (op. cit.) negou as afinidades de *Tentaculites* e *Hyalithes* com os Pterópodes, baseando-se principalmente nos registros fossilíferos. Pois ocorre uma lacuna entre o Devoniano Superior, quando se extinguiram os tentaculitídeos, e o Cretáceo Superior, onde ocorrem fósseis dos primeiros predecessores dos Pterópodes atuais.

LARDEUX (1969), com base na concha, menciona a Ordem Tentaculitida como apresentando afinidades com os Cephalopoda, e a Ordem Dacryconarida com os Pteropoda, ambas pertencentes aos moluscos. Aventa ainda a possibilidade das ordens Tentaculitida, Homoctenida e Dacryconarida apresentarem suposta afinidade com a Ordem Cornulitida, ocorrente entre o Ordoviciano Médio e Carbonífero Inferior, e que todas tiveram provável origem de ancestral comum no Cambriano, descendentes dos Anélida ou Mollusca, que provavelmente evoluíram a partir do Pré-Cambriano Superior.

MAJEWSKE (1974) com base no estudo da microestrutura da concha dos gêneros *Tentaculites* e *Styliolina* os inclui de forma duvidosa no filo Mollusca.

ALBERTI (1975), tendo analisado a microestrutura da parede da concha de *Styliolina*, refere-se à semelhança microesquelética entre este gênero e *Nautilus*. Para esse autor, *Styliolina* possui afinidades com os cefalópodos.

Verifica-se que o posicionamento filogenético dos tentaculitídeos não se encontra definido. O aumento dos conhecimentos sobre a microestrutura da parede da concha e sobre sua morfologia pode contribuir na classificação da classe e conseqüentemente no esclarecimento filogenético.

#### DISCUSSÃO DE *TENTACULITES CROTALINUS*

A parede da concha evidencia uma diferenciação química e de cristalinidade em relação ao molde externo, levando a considerar para esse espécime uma impregnação superficial da camada da concha, principalmente por ferro e manganês. A recristalização foi parcial, pois ainda se evidencia a microestrutura lamelar foliada na camada da parede da concha, tal como observaram LARDEUX (1969), MAJEWSKE (1974) e ALBERTI (1975). A microestrutura "granulada" observada nas Figs. 4 e 5 também ocorre em alguns Coleoidea, cuja parede da concha é composta por calcita ou aragonita, segundo MAJEWSKE (1974).

No estágio atual, a microestrutura observada nas Figs. 5 e 6 pode ser "prismática composta" e mais possivelmente "foliada". No primeiro caso, os principais invertebrados que apresentam este tipo de estrutura são os bivalvos e os gastrópodos; no segundo, os braquiópodos, bivalvos e briozóários, conforme MAJEWSKE (1974).

Ocorre ainda cristais anédricos, pseudohexagonais e rombóedricos. Esses cristais tanto poderiam ser resultantes de recristalização parcial, como originais da concha.

#### CONCLUSÕES

A camada observada no espécime de *Tentaculites crotalinus* SALTER emend. CIQUEL et al. (1984), representa parcialmente a parede da concha que teria sido formada por carbonato de cálcio. Esta camada apresenta uma microestrutura esquelética predominantemente "foliada",



constituída por lamelas sobrepostas, assim como cristais romboédricos e pseudohexagonais evidenciando uma provável recristalização parcial. As lamelas se dispõem paralelamente ou subparalelamente à superfície da concha.

A microestrutura da concha possui semelhanças com aquelas encontradas nas Classes Bivalvia, Gastropoda e Cephalopoda, pertencentes ao filo Mollusca.

As afinidades entre os tentaculitídeos e os Nautiloidea, Ammonoidea e Coleoidea não implicam que os tentaculitídeos sejam ancestrais dos Cephalopoda, visto que no registro geológico esses grupos são contemporâneos. As classes Tentaculitoidea e Cephalopoda podem ter uma ancestralidade comum, provavelmente, conforme sugere LARDEUX (1969), a partir do Proterozóico Superior, com maior probabilidade no Cambriano.

Com base na microestrutura da concha, a Ordem Tentaculitida pertence à Classe Tentaculitoidea, provavelmente constitui um grupo independente dentro do filo Mollusca.

A analogia entre tentaculitídeos e pterópodes, invertebrados pertencentes a linhagens filogenéticas distintas se constitui provavelmente num exemplo de convergência morfológica. O hiato no registro geológico entre o Devoniano Superior e o Cretáceo Superior, permite supor que a semelhança entre esses grupos se deva a uma convergência adaptativa.

#### AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. O. T. Freitas, Chefe do Centro de Microscopia Eletrônica da UFPR, por facilitar a realização desse estudo. Ao Prof. Dr. C. Cusatis, Chefe do Laboratório Ótico de Raio X (UFPR), pelo auxílio na realização do difratograma. Agradecimentos são devidos também aos professores Dr. A.V.L. Bittencourt e Dra. R.D. Becker da UFPR, Dr. A.M. Coimbra e Dr. A.C. Rocha Campos do IG-USP, pelas sugestões apresentadas. Agradecimentos à bióloga Désirée G.H. Rearux pela importante colaboração nos trabalhos fotográficos realizados no C.M.E. da UFPR, e também aos geólogos R. Rohn e J. R. de Góis.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALBERTI, G.K.B. (1975) Zur Struktur der Gehäusewand von *Styliolina* (Dacryconarida) aus dem Unter - Devon von Oberfranken. *Senckenbergiana Lethaea*, 55(6):505-511.
- CIGUEL, J.H.G.; RÖSLER, O.; CAMINERO, D. (1984) Tentaculitoidea da Formação Ponta Grossa no Estado do Paraná. XXXIII Cong.Bras.Geol., RJ. Anais, 2:655-669.
- FISHER, D.W. (1962) Small conoidal shells of uncertain affinities. In: *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Part W. Misc., p.W98-W143.
- LARDEUX, H. (1964) Nouvelles données sur la morphologie des Tentaculitida. *C.R.Acad.Sci. Fr.*, 258(24):5939-42.
- LARDEUX, H. (1969) Les *Tentaculites* D'Europe Occidentale et D'Afrique du Nord. *Cahiers de Paleontologie*, Paris Ed. Cen. Nat. Recher. Scient., 238 p.
- MAJEWSKE, O.P. (1974) Recognition of invertebrate fossil fragments in rocks and thin sections. Holanda, Leiden, E. J. Brill, 101p., 106 est.
- MOORE, R.C.; LALICKER, C.G.; FISHER, A.G. (1952) *Invertebrate Fossils*. McGraw - Hill Book

Company, Toronto. Chapter 11, p.452-62.

TERMIER, G. & TERMIER, H. (1953) Groupes d'Affinités Incertaines: In: *Traité de Paléontologie* (PIVETEAU, J., ed., 3:1001-1018.