

# CARACTERIZAÇÃO MORFOESTRUTURAL AO MICROSCÓPIO ÓPTICO E IMPLICAÇÕES BIOESTRATIGRÁFICAS DE ALGUMAS ESPÉCIES CRETÁCEAS DA FAMÍLIA CALYPTROSPHAERACEAE (NANOFÓSSEIS CALCÁRIOS) DOCUMENTADAS NAS BACIAS MARGINAIS BRASILEIRAS

## LIGHT MICROSCOPE CHARACTERIZATION OF THE STRUCTURE AND BIOSTRATIGRAPHY OF SOME CRETACEOUS SPECIES OF THE CALYPTROSPHAERACEAE FAMILY (CALCAREOUS NANNOFOSSILS) RECOGNIZED IN BRAZILIAN MARGINAL BASINS

Simone de Oliveira Costa<sup>1</sup> e Armando A. Scarparo Cunha<sup>2</sup>

**RESUMO** - Este estudo fundamenta-se principalmente na descrição detalhada ao microscópio óptico (MO) de algumas espécies de holococolitos documentadas no Cretáceo das bacias da margem continental brasileira. Objetiva-se com isso otimizar a utilização operacional destes *taxa* em datações bioestratigráficas de rotina envolvendo o sistema Cretáceo. As espécies estudadas, não raro, possuem na literatura especializada descrição sistemática pouco detalhada ao MO. Além disso, parte dos trabalhos já publicados sobre o assunto não possuem ilustrações elucidativas que possibilitem o preciso reconhecimento destes *taxa* ao MO. Apesar de parte destas espécies de holococolitos serem mencionadas nos zoneamentos de Risatti (1973), Sissingh (1977) e Perch-Nielsen (1985), apenas algumas delas são adotadas pela PETROBRAS nas datações da seção cretácea das bacias marginais. Os holococolitos foram documentados no intervalo Albiano / Maastrichtiano durante a análise bioestratigráfica de amostras de testemunhos de 11 poços exploratórios das bacias de Campos, Ceará, Potiguar, Santos e Sergipe. As oito espécies reconhecidas pertencem aos gêneros *Calculites*, *Munarinus*, *Octolithus*, *Okkolithus*, *Orastrum*, *Ottavianus* e *Owenia*, todos atribuídos à família Calyptrosphaeraceae.

(Originais recebidos em 10.08.94).

**ABSTRACT** - The purpose of this study is to present L.M. (light microscope) descriptions of some holococcoliths species, recognized in Cretaceous strata of Brazilian marginal basins, in order to optimize their use in routine biostratigraphic dating. In the specialized literature most of the nannolith species object of this study present insufficient L.M. taxonomic descriptions, and the few papers on this subject generally show illustrations that are not clear enough. Part of these holococcoliths species are mentioned in Cretaceous international biozonal schemes (Risatti, 1973; Sissingh, 1977; Perch-Nielsen, 1985) but in those schemes adopted by PETROBRAS, only some of them are used in routine dating of the Cretaceous strata from Brazilian marginal basins. All the studied nannofossils have been recovered from core of the Albian / Maastrichtian section of 11 boreholes from Campos, Ceará, Potiguar, Santos and Sergipe basins (eastern Brazilian continental margin). Eight species were identified and they belong to the following genera: *Calculites*, *Munarinus*, *Octolithus*, *Okkolithus*, *Orastrum*, *Ottavianus* and *Owenia*, all of them are assigned to the Calyptrosphaeraceae family.

(Expanded abstract available at the end of the paper).

## 1 - INTRODUÇÃO

### 1.1 - Considerações Gerais

O primeiro zoneamento de nanofósseis proposto para o Cretáceo da plataforma continental brasileira foi elaborado por Troelsen e Quadros

(1971). Posteriormente foram desenvolvidos diversos trabalhos (Gomide, 1982; Freitas, 1984; Antunes, 1984; Richter, 1987; Azevedo *et al.* 1987; Wanderley, 1987; Antunes, 1990 e Cunha, 1990) com a finalidade de detalhar e aprimorar o zoneamento inicialmente proposto por aqueles autores. A maioria destes trabalhos, no entanto, não apresentam muitas espécies-guia distintas daquelas

1 - Consultora no Setor de Bioestratigrafia e Paleocologia (SEBIPE), Divisão de Exploração (DIVEX), Centro de Pesquisas (CENPES), Avenida 1, Quadra 7, Cidade Universitária, 21949-900, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

2 - Setor de Bioestratigrafia e Paleocologia (SEBIPE), Divisão de Exploração (DIVEX), Centro de Pesquisas (CENPES), Avenida 1, Quadra 7, Cidade Universitária, 21949-900, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

já utilizadas no zoneamento de Troelsen e Quadros (*op. cit.*).

A necessidade de serem reconhecidos novos taxa de importância bioestratigráfica no Cretáceo tem incentivado o estudo detalhado de determinados gêneros, como por exemplo *Eprolithus*, *Lithastrinus* e *Arkhangelskiella*. Conseqüentemente, espécies-guia alternativas vêm sendo amplamente utilizadas, propiciando o refinamento bioestratigráfico dos zoneamentos já existentes, como se pode observar no zoneamento de Antunes *et al.* (1984), cujas proposições são aqui seguidas. Neste contexto, objetiva-se estudar, do ponto de vista taxonômico e também bioestratigráfico, os principais holococolitos documentados na seção cretácea das bacias marginais brasileiras.

De acordo com a maioria dos especialistas em nanofósseis calcários, holococolitos, ao contrário dos heterococolitos, são nanolitos de estrutura muito simples, formados por cristais de calcita pequenos e uniformes. Os holococolitos são atribuídos à família Calyptosphaeraceae, cujos gêneros cretáceos são: *Acuturris*, *Anfractus*, *Athenagalea*, *Calculites*, *Isocrystallithus*, *Lucianorhabdulus*, *Metadoga*, *Multipartis*, *Munarinus*, *Octolithus*, *Okklithus*, *Orastrum*, *Ottavianus*, *Pharus*, *Ramsaya*, *Russelia*, *Semihololithus* e *Owenia*. Destes, destacam-se as espécies pertencentes a *Calculites* e *Lucianorhabdulus*, especialmente utilizadas nos zoneamentos bioestratigráficos propostos por Sissingh (1977) e Perch-Nielsen (1985).

## 1.2 - Metodologia

Os nanolitos, por apresentarem dimensões muito reduzidas, são apenas observados ao MO (microscópio óptico) e MEV (microscópio eletrônico de varredura). A escolha de um destes equipamentos está condicionada ao atendimento de diferentes objetivos. Nas observações ao MO, o nanolito é reconhecido com relativa rapidez, favorecendo a obtenção de datações bioestratigráficas bem como a realização de estudos quantitativos. Por outro lado, ao MEV, o nanolito é observado em detalhe, o que contribui para o desenvolvimento de estudos taxonômicos avançados e permite a determinação de linhagens filogenéticas. Salienta-se que fora do meio acadêmico, as identificações são efetuadas rotineiramente ao MO, enquanto aquelas feitas ao MEV são relativamente esporádicas.

Tendo-se por objetivo estabelecer a amplitude cronoestratigráfica de alguns holococolitos cretáceos em algumas das bacias marginais brasileiras, foram estudados ao MO amostras de 20 testemunhos, provenientes de dez poços exploratórios (1-CA-1-SE, 1-CES-18, 1-MR-3, 3-NA-1A-RJS, 1-RNS-5, 1-RNS-10-A, 1-RNS-40, 3-RNS-76, 1-SPS-14A, 1-SCS-1), situados nas bacias de Campos, Ceará, Potiguar, Santos e Sergipe.

Primeiramente, foram documentadas as espécies

de holococolitos que ocorriam com maior freqüência nos testemunhos estudados, classificando-as de acordo com as informações fornecidas pela literatura especializada. Posteriormente, os taxa de interesse bioestratigráfico foram descritos em detalhe ao microscópio óptico. As descrições foram realizadas observando-se os holococolitos entre polarizadores cruzados, orientados a 0° e 45° das direções de polarização. Para melhor caracterização dos pequenos holococolitos e de seus elementos morfoestruturais peculiares, os mesmos foram observados com o auxílio da placa de quartzo, inserida a 45° das direções de polarização. Com a inserção desta placa acessória, os elementos morfoestruturais que compõem o holococolito exibem as tonalidades azul e amarela, alternadamente. Deste modo, são visualizados com maior nitidez, sendo melhor caracterizados ao MO.

## 1.3 - Princípios Físicos e Cristalográficos Relativos à Utilização da Placa de Quartzo (ou Gipso) na Observação dos Nanolitos ao MO

Já nos primeiros estudos abordando a sistemática dos nanofósseis calcários, as placas de quartzo ou de gipso têm sido utilizadas como acessórios na observação dos nanolitos (Kamptner, 1952; Defrandre e Fert, 1954; Bramlette e Martini, 1964; Stover, 1966; Prins, 1969; Reinhardt, 1972 e Sissingh, 1977). No entanto, apenas nos trabalhos de Romein (1979) e Moshkovitz e Osmond (1987), a metodologia para utilização destes acessórios é discutida com maior detalhe.

Objetivando-se demonstrar o potencial de utilização das placas de gipso e quartzo no estudo morfoestrutural dos nanofósseis ao MO, procura-se discutir aqui as vantagens e limitações deste método. Neste sentido, faz-se primeiramente uma abordagem simplificada sobre as principais propriedades ópticas da calcita, e sobre o comportamento deste mineral quando observado ao microscópio óptico petrográfico.

A calcita, como mineral uniaxial negativo, possui propriedades ópticas distintas se observada numa seção cristalográfica perpendicular ao seu eixo C (eixo óptico), ou paralela a este. Este mineral apresenta um índice máximo de refração ( $n_o$ ) para o plano perpendicular ao eixo C, e um índice mínimo ( $n_e$ ) para a direção coincidente com este eixo.

De maneira simplificada, pode-se dizer que a luz constitui-se em ondas eletromagnéticas que vibram simultaneamente em várias direções. Denomina-se luz polarizada plana o feixe luminoso cujas vibrações estão restritas a uma única direção no espaço. Os aparatos que convertem a luz comum em luz polarizada são designados polarizadores ou nicóis.

Os microscópios ópticos petrográficos são providos de um polarizador, localizado entre a fonte de luz e a platina,

e de um analisador, posicionado entre a platina e as oculares. O primeiro converte a luz comum em luz polarizada, vibrando no sentido Norte-Sul (N-S), enquanto o segundo somente permite a passagem de luz polarizada vibrando na direção Oeste-Leste (O-L).

Se o mineral observado entre o polarizador e o analisador for isotrópico, este permanecerá sempre extinto, pois o feixe de luz emergente do polarizador é retido no analisador. A calcita, como mineral uniaxial negativo, apenas apresenta comportamento isotrópico se observada em uma seção perpendicular ao seu eixo C. Por outro lado, a observação de qualquer seção cristalográfica não-perpendicular ao eixo C resulta em duas situações:

1 - A luz polarizada (N-S), ao atravessar a calcita, desdobra-se em duas componentes de velocidades distintas e com direções de vibração perpendiculares entre si. Ao maior índice de refração ( $n_o$ ) corresponde o raio lento, e ao menor índice ( $n_e$ ), o raio rápido. Se ambos os raios vibram em planos coincidentes com aqueles de vibração do polarizador (N-S) e do analisador (O-L), a seção observada mostra-se extinta. Isto se deve ao fato de a componente que vibra na direção O-L mostrar-se nula e a de orientação N-S não passar pelo analisador. Tal situação ocorre a cada  $90^\circ$  a partir do plano de vibração do polarizador.

2 - Como na situação anterior, a luz polarizada (N-S), ao atravessar a calcita, desdobra-se em duas componentes. Se estas componentes não coincidem com os planos de vibração do polarizador/analisador, ambas atingem o analisador. Ao cruzá-lo, as componentes se desdobram em mais duas, sendo visíveis apenas aquelas de orientação O-L. Da diferença de velocidade e de caminhamento destas componentes, resulta uma determinada cor de interferência. Esta cor, na verdade, é função de uma interferência construtiva ou destrutiva, não-simultânea, de cada uma das radiações que compõem a luz branca. A cor de interferência depende da seção cristalográfica e da espessura do cristal, sendo da intensidade máxima para uma seção paralela ao eixo C, observada a  $45^\circ$  dos planos de polarização. Nesta posição, denominada de máxima luminosidade, tem-se a diferença máxima dos índices de refração ( $n_o - n_e$ ) da calcita ou sua birrefringência máxima (consultar carta de cores de Newton).

Para maiores informações sobre o comportamento da luz polarizada e dos princípios e conceitos relativos à cristalografia óptica, recomenda-se consultar textos especializados, como os de Wahlstrom (1969), Bloss (1970) e Fujimori e Ferreira (1970).

Conforme mencionado anteriormente, a calcita, em posição de máxima luminosidade, exibe determinada cor de interferência. Esta cor resulta da diferença de

caminhamento e velocidade entre os raios rápido e lento, que vibram em planos perpendiculares entre si e a  $45^\circ$  dos planos de polarização da luz. Nas placas acessórias de quartzo ou gipso, as direções de vibração desses raios, assim como a diferença de caminhamento entre eles, são conhecidas. No caso do quartzo e do gipso esta diferença corresponde a 560 milimicra de comprimento de onda, o que na carta de cores de Newton corresponde a uma cor de interferência vermelho de primeira ordem. Com a inserção de uma dessas placas, com seus raios rápido e lento orientados a  $45^\circ$  dos planos de polarização da luz, ocorrem duas situações:

1 - Quando a direção do raio lento do acessório coincide com a direção do raio lento do cristal, ocorre uma adição das diferenças de caminhamento desses raios, resultando numa cor de interferência de ordem superior. Neste caso, a calcita, inicialmente com uma tonalidade acinzentada de primeira ordem, passa a exibir uma coloração azul de segunda ordem (fig. 1a).

2 - De outro modo, se a direção do raio lento do acessório coincide com a direção do raio rápido do cristal, há uma subtração dos caminhamentos. A calcita, então, inicialmente com coloração cinza de primeira ordem, passa a exibir uma tonalidade amarela de primeira ordem, cor complementar do vermelho, também de primeira ordem (fig. 1b).

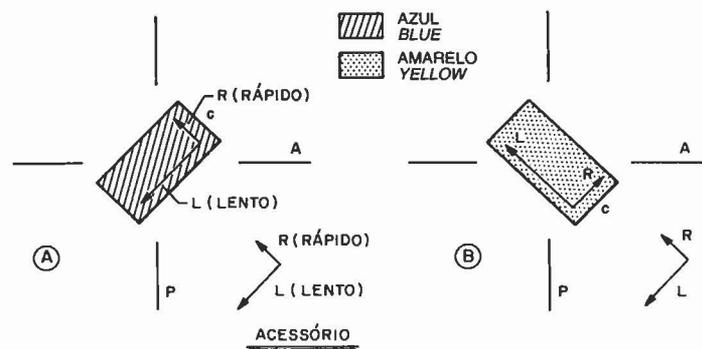


Fig. 1 - Comportamento de um cristal observado entre polarizadores cruzados e com a inserção da placa de quartzo (ou de gipso).

a - adição  
b - subtração

Fig. 1 - Behavior of a crystal between crossed polars, and with a quartz (or gypsum) plate inserted in the light beam.

a - increase  
b - subtraction

De acordo com Romein (1979), os nanolitos são compostos por um ou, mais freqüentemente, por vários romboedros calcínicos modificados, designados cristalitos ou elementos calcínicos. Assim, este autor advoga que, com base no padrão de cores exibido pelo exemplar a partir da

utilização das placas de gipso (ou de quartzo), é possível definir a orientação das linhas de extinção em exemplares pequenos designado-se qual a face do nanolito que está sendo observada, se a distal ou a proximal. Admite, ainda, a possibilidade de serem reconhecidas estruturas homólogas em nanolitos de diferentes *taxa*, com base no padrão de distribuição de cores, que pouco se altera em exemplares com alguma afinidade morfoestrutural.

Segundo Moshkovitz e Osmond (1987), a partir do conhecimento das propriedades ópticas da calcita e da utilização da placa de quartzo ou de gipso, pode-se definir no nanolito qual a orientação do eixo cristalográfico de seus cristalitos, interpretar o arranjo cristalino desses romboedros de calcita e determinar qual a face do nanolito que está sendo observada, se a distal ou a proximal. Assim como Romein (1979), estes autores também admitem a possibilidade de se reconhecer qual a face do nanolito que está sendo observada, com base no padrão de cores exibido pelo exemplar, a partir da introdução da placa de quartzo ou de gipso

Salienta-se, entretanto, que para a identificação da face do nanolito a partir do padrão de cores exibido (ou conseqüentemente do comportamento de suas linhas de extinção), é necessário primeiramente reconhecer a espécie observada. No caso de exemplares muito pequenos como os holococolitos, o próprio reconhecimento do *taxon* ao MO é sutil, tornando-se praticamente impossível a determinação das faces distal e proximal do exemplar, exceção feita àqueles providos de espinho, que normalmente se encontram dispostos com a face distal voltada para cima.

Neste estudo, a placa de quartzo é utilizada basicamente no reconhecimento das unidades morfoestruturais dos holococolitos que exibem as tonalidades azul e amarela, alternadamente. Assim, este acessório facilita, via de regra, a determinação do número de unidades do exemplar, bem como o reconhecimento do limite (suturas, linhas de extinção) entre unidades adjacentes e a definição do número de cristalitos que as compõem.

#### 1.4 - Principais Estudos que Abordam os Holococolitos Cretáceos

Os holococolitos cretáceos são abordados pela primeira vez nos trabalhos de Risatti (1973), Wise e Wind (1977) e Wind e Wise (1976 e 1978), que fazem menção aos aspectos taxonômicos, bioestratigráficos e mesmo paleoceanográficos deste grupo de nanolitos. Igualmente importantes no estudo taxonômico e bioestratigráfico dos holococolitos cretáceos são os trabalhos de Hill (1976), Perch-Nielsen (1979 e 1985), Al Rifay *et al.* (1990) e Crux (1991).

Quanto aos aspectos paleoceanográficos, Wind e

Wise (1976) admitem que os holococolitos preservam-se em depósitos de ambientes oceânicos relativamente rasos ou em depósitos marginais à costa. Segundo estes autores, isto ocorre em função da sua delicada estrutura, bastante susceptível aos efeitos de dissolução. Neste estudo, entretanto, a partir de informações paleoecológicas com base em foraminíferos, obtidas para alguns dos testemunhos pesquisados, observa-se relativa abundância de holococolitos bem preservados em depósitos de paleoambientes nerítico externo ou batial superior.

Com relação aos aspectos biológicos dos nanolitos em questão, Tappan (1980) menciona que alguns holococolitos recentes são produzidos durante a fase móvel do ciclo de vida de alguns organismos algálicos. Estes organismos alternam a produção de holococolitos com a de heterococolitos produzidos durante a fase não-móvel de seu ciclo de vida. Exemplifica, neste caso, a produção de heterococolito *Coccolithus pelagicus* na fase não-móvel do ciclo de vida de determinado organismo algálico, e a do holococolito *Crystallolithus* durante sua fase móvel.

A utilização de holococolitos em zoneamentos bioestratigráficos do Cretáceo é primeiramente registrada no trabalho de Risatti (1973), cujas espécies-guia, em sua maioria, não foram empregadas em trabalhos posteriores, como os de Thierstein (1976), Sissingh (1977), Roth (1978), Shafik (1978), Smith (1981), Crux (1982), Perch-Nielsen (1985) e Jiang (1989). Contudo, algumas das espécies mencionadas por Risatti (*op. cit.*) continuaram sendo empregadas, exemplificando-se os holococolitos *Calculites obscurus*, *Calculites ovalis*, *Lucianorhabdulus cauxii* e *L. maleformis*, possuindo estes três últimos *taxa* utilização estratigráfica mais restrita que o primeiro.

As espécies de holococolitos cretáceos, em sua maioria, são mencionadas em poucos trabalhos, o que dificulta o reconhecimento preciso de alguns *taxa* e a utilização dos mesmos como *data* bioestratigráficos. Encontram-se, nesta situação, a maioria das espécies aqui descritas como por exemplo *Munarinus lesliae*, *Octolithus multiplus*, *Okkolithus australis*, *Orastrum partitum*, *Ottavianus giannus* e *Owenia hilli*, que têm aqui documentado seu primeiro registro nas bacias marginais brasileiras. Já *Calculites obscurus* e *C. ovalis* são mencionados com maior freqüência nos trabalhos de cunho taxonômico e bioestratigráfico (Wind e Wise *in* Wise e Wind, 1977, Sissingh, 1977, zoneamentos da PETROBRAS e de Antunes *et al.* (1994)).

## 2 - CARACTERIZAÇÃO MORFOESTRUTURAL E DISTRIBUIÇÃO BIOESTRATIGRÁFICA DOS HOLOCOCOLITOS REGISTRADOS

A abordagem dos holococolitos é realizada a nível de família, gêneros e espécies, procurando-se discutir as

principais implicações taxonômicas e bioestratigráficas dos taxa documentados.

### Família Calyptosphaeraceae Boudreaux e Hay, 1969

A família Calyptosphaeraceae inclui inúmeros gêneros (ver Tappan, 1980, p.778-779 e Perch-Nielsen, 1985, p.360-361), dentre os quais são aqui abordados apenas aqueles de importância bioestratigráfica no Cretáceo.

A família em questão foi criada para abranger células móveis portadoras de holococolitos (cocolitos de constituição simples, formados por cristalitos pequenos e uniformes) Tais holococolitos são zigóforas ou caliptroforas, constituídos por cristais calcínicos romboédricos ou prismáticos, curtos e hexagonais.

Os critérios utilizados na caracterização genérica dos holococolitos cretáceos consistem no arranjo das suturas, na conformação das placas, na presença de uma crista externa contornando-as, na existência ou não de uma estrutura central (espinho, ponte ou barra) e na presença de perfurações centrais. Tais características permitem que os nanolitos de *Calculites*, *Lucianorhabdus* (não abordado neste estudo), *Munarinus*, *Octolithus*, *Okkolithus*, *Orastrum*, *Ottavianus* e *Owenia* sejam distintos entre si.

### Gênero *Calculites* Prins e Sissingh in Sissingh, 1977

**Sinônimo:** *Phanulithus* Wind e Wise in Wise e Wind, 1977.

**Espécie-tipo:** *Tetralithus obscurus* Deflandre, 1959.

**Descrição:** Holococolitos de elípticos a subelípticos, geralmente formados pela justaposição de quatro placas relativamente grandes, com tamanho e formato variáveis (grosseiramente triangulares ou trapezoidais).

As placas são separadas entre si por suturas que se mostram extintas entre polarizadores cruzados. As suturas são quase coincidentes, paralelas ou oblíquas aos eixos principais do nanolito. Encontram-se no centro do holococolito ou, por vezes, configuram dois "V"s abertos, cujos vértices coincidem com os focos dos holococolitos elípticos.

Contornando as placas, nos exemplares bem preservados, observa-se uma crista estreita, quase sempre pouco distinta. A crista e as placas exibem elevada cor de interferência.

Wind e Wise in Wise e Wind (1977) mencionam a existência de um espinho pouco desenvolvido no lado distal do nanolito, cuja visualização é possível apenas em vista lateral. Salienta-se, entretanto, que os holococolitos de *Calculites* são observados geralmente em vista planar.

Os exemplares de menor tamanho são melhor visualizados com a inserção da lâmina de quartzo, pois

assim as placas compositivas do holococolito assumem as colorações azul e amarela, alternadamente (nos espécimes bem preservados).

**Discussão:** É seguido, aqui, o ponto de vista de Perch-Nielsen (1985), que considera os nanolitos de *Calculites* como sendo holococolitos, contrariamente a Prins e Sissingh in Sissingh (1977), que os definem como heterococolitos.

Segundo Prins e Sissingh (*op. cit.*), a distinção entre *Calculites* e *Lucianorhabdus* Deflandre, 1959 é sutil. Realiza-se através das placas relativamente maiores dos holococolitos em questão, exibindo ainda tamanho e formato distintos. Wind e Wise in Wise e Wind (1977), ao definirem *Phanulithus* (sinônimo de *Calculites*), mencionam que os nanolitos deste gênero lembram aqueles pertencentes a *Lucianorhabdus* e *Acuturris* Wind e Wise in Wise e Wind, 1977; no entanto, os holococolitos destes últimos exibem espinhos bem desenvolvidos em contraste aos exemplares de *Calculites*, que podem exibir um espinho curto, apenas observado em vista lateral. Aqui, por razões práticas, são adotadas as considerações de Perch-Nielsen (1979). A autora admite como pertencentes a *Lucianorhabdus* os holococolitos providos de espinho distinto e visualizados, via de regra, em vista lateral, atribuindo a *Phanulithus* os exemplares formados por quatro placas relativamente grandes, observados normalmente em vista planar.

De acordo com Prins e Sissingh in Sissingh (1977), nanolitos de *Calculites* diferem daqueles de *Munarinus* e *Ottavianus* Risatti, 1973 por não exibirem um elemento central ou perfurações centrais. Wind e Wise in Wise e Wind (1977) acrescentam que os holococolitos em questão são similares em formato aos nanolitos de *Orastrum* Wind e Wise in Wise e Wind, 1977 e *Okkolithus* Wind e Wise in Wise e Wind, 1977, dos quais se distinguem no maior tamanho e menor número de suas placas; além disso, mencionam a presença de um espinho curto nos holococolitos de *Calculites*.

Comparado a *Octolithus* Romein, 1979 difere no tamanho relativamente maior das placas e na ausência de uma abertura central. Além disso, os exemplares de *Octolithus multiplus* (única espécie do gênero) são tipicamente caracterizados pela conformação de suas suturas, que delineiam dois pequenos "V"s (relativamente fechados) a partir dos focos do holococolito orientado a 45° das direções de polarização.

**Caracterização a Nível Específico:** O reconhecimento das espécies de *Calculites* é ora realizado com base nos seguintes critérios:

- disposição das suturas, quase coincidentes, paralelas ou oblíquas aos eixos principais do holococolito;
- conformação das suturas, convergentes no centro do

nanolito, ou configurando dois "V"s abertos, cujos vértices podem coincidir com os focos do holococolito ou mostrarem-se bastante próximos entre si.

***Calculites obscurus* (Deflandre) Prins e Sissingh in Sissingh, 1977**  
est. 1:3a-b

***Tetralithus obscurus*** Deflandre, 1959, p.138. figs. 26-29.

***Tetralithus obscurus*** Deflandre - Bramlette e Martini, 1964, p.320, est.4:26-28.

***Tetralithus obscurus*** Deflandre - Bukry, 1969, p.63, est.37:11-12.

***Tetralithus obscurus***: Deflandre - Risatti, 1973, p.32, est.5:5-12.

***Tetralithus ovalis*** Stradner - Risatti, 1973, p.32, est.3-4.

***Phanulithus obscurus*** (Deflandre) - Wind e Wise in Wise e Wind, 1977, p.304, est. 31:5; est. 33:2-6; est. 34:2,4; est. 36.6.

***Calculites obscurus*** (Deflandre) - Prins e Sissingh in Sissingh, 1977, p.60.

***Phanulithus obscurus*** (Deflandre) Perch-Nielsen, 1979, p.249, fig. 18.

***Calculites obscurus*** (Deflandre) - Perch-Nielsen, 1985, p.361, fig. texto 9-10.

**Descrição:** Holococolito elíptico a subelíptico, formado pela justaposição de quatro placas com formato grosseiramente triangular ou trapezoidal. As placas são simétricas duas a duas segundo os eixos principais do nanolito. São circundadas externamente por uma crista bastante estreita, de pouco distinta a indistinta. As placas e a crista exibem elevada cor de interferência, sendo o limite entre estas unidades melhor visualizado com a inserção da placa de quartzo, quando assumem tonalidades distintas (azul e amarela alternadamente).

As placas são separadas entre si por meio de suturas, que se mantêm extintas entre polarizadores cruzados e exibem duas conformações básicas. No primeiro caso, as suturas normalmente configuram dois "V"s abertos, cujos vértices podem coincidir com os focos do nanolito. Assim, delimitam placas triangulares alinhadas segundo o eixo maior do nanolito e placas trapezoidais dispostas ao longo de seu eixo menor, sendo conectadas entre si por uma delicada linha ligando os vértices dos "V"s. Esta linha se apresenta de pouco distinta a indistinta, paralela ao eixo maior do holococolito e com comprimento variado. De outro modo, as suturas ainda configuram "V"s abertos, cujos vértices mostram-se bastante próximos e podem quase se encontrar no centro do nanolito. Em ambos os casos as suturas podem se mostrar pouco arqueadas e são oblíquas aos eixos principais de *Calculites obscurus*, tipificando os exemplares desta espécie.

Segundo Wind e Wise in Wise e Wind (1977), a conformação das suturas relacionada à presença e ao grau

de desenvolvimento de um espinho na face distal do exemplar. Assim, exemplares com suturas que quase se cruzam ou são conectadas entre si por uma linha exibem espinho distal bem desenvolvido. Neste estudo, o espinho não foi observado, salientando-se que os nanolitos ora descritos são visualizados apenas em vista planar e ao MO.

**Dimensões:** Comprimento do eixo maior, 5 - 6  $\mu\text{m}$ ; comprimento do eixo menor, 4 - 5  $\mu\text{m}$ .

**Discussão:** *Calculites obscurus* distingue-se de *C. ovalis* basicamente por meio da conformação de suas suturas, que se apresentam oblíquas em relação aos eixos principais do holococolito. Em *C. ovalis*, as quatro suturas geralmente se encontram no centro do holococolito e se mostram paralelas ou exibem baixa obliquidade face aos seus eixos principais.

**Distribuição Cronoestratigráfica:** Segundo Sissingh (1977), *C. obscurus* é observado da base do Campaniano Inferior à base do Maastrichtiano Inferior, através do intervalo compreendido pelas biozonas CC17 - CC23a. Conforme Antunes *et al.* (1994), esta espécie ocorre no mesmo intervalo proposto por Sissingh (1977), através das zonas N260.5 - N270 (base), sendo este o *range* documentado para *C. obscurus* neste trabalho.

***Calculites ovalis* (Stradner) Prins e Sissingh in Sissingh, 1977**  
est. 1:1a-b; 2a-b

***Tetralithus ovalis*** Stradner, 1963, p.178, est.6:7,7a.

***non Tetralithus ovalis*** Stradner - Risatti, 1973, p.32, est. 5:3-4.

***Phanulithus ovalis*** (Stradner) - Wind e Wise in Wise e Wind, 1977, p.304, est.34:1.

***Calculites ovalis*** (Stradner) - Prins e Sissingh in Sissingh, 1977, p.60.

***Phanulithus ovalis*** (Stradner) - Perch-Nielsen, 1979, p.249, fig. 18.

***Calculites ovalis*** (Stradner) - Perch-Nielsen, 1985, p.361, fig. texto 3-4.

**Descrição:** Holococolito de formato oval subelíptico. É constituído pela justaposição de quatro placas com formato triangular e, quase sempre, inequidimensionais. As placas são circundadas externamente por uma crista bastante estreita, de pouco distinta a indistinta. Tanto as placas quanto a crista exibem elevada cor de interferência, sendo o limite entre estas unidades melhor visualizado com a inserção da placa de quartzo. Com a utilização deste acessório, as placas passam a exibir alternadamente as tonalidades azul e amarela.

As placas são limitadas por suturas que se mantêm extintas entre polarizadores cruzados. As suturas

configuram quatro "V"s abertos, cujos vértices geralmente se encontram no centro do nanolito ou se apresentam bastante próximos. A disposição das suturas tipifica os exemplares de *Calculites ovalis*, nos quais se mostram praticamente retas, paralelas ou com baixa obliquidade em relação aos eixos principais do holococolito.

Nos exemplares estudados, não foram observadas evidências da presença de espinho, acrescentando-se que os nanolitos ora descritos são visualizados apenas em vista planar e ao MO.

**Dimensões:** Comprimento do eixo maior, 5 - 6  $\mu\text{m}$ ; comprimento do eixo menor, 4 - 5  $\mu\text{m}$ .

**Discussão:** Comparado a *Calculites obscurus*, *C. ovalis* difere essencialmente na disposição de suas suturas, que se mostram paralelas ou com baixa obliquidade em relação aos eixos principais do holococolito. (Ver discussão de *C. obscurus*).

**Distribuição Cronoestratigráfica:** Segundo Sissingh (1977), *C. ovalis* é observado do topo do Cenomaniano Inferior ao Campaniano Inferior, através das biozonas CC9 - CC20. Neste estudo, e de acordo com Antunes *et al.* (1994), o holococolito é reconhecido do Coniaciano Inferior ao Campaniano Inferior, no intervalo definido pelas biozonas N260.3 - N260.5, correlacionáveis às biozonas CC13 (topo) - CC19b, propostas por Sissingh (*op. cit.*).

### Gênero *Munarinus* Risatti, 1973

**Espécie-tipo:** *Munarinus lesliae* Risatti, 1973.

**Descrição:** Holococolitos elípticos e ligeiramente ovalados, formados pela margem e por um elemento ou uma ponte central. A margem é formada por duas ou quatro placas. Neste caso, as duas placas maiores mostram-se alongadas e ligeiramente arqueadas, dispostas ao longo do eixo maior do nanolito, enquanto as duas menores situam-se em extremidades opostas do mesmo. As suturas entre as placas podem ser melhor visualizadas no exemplar posicionado a 45° das direções de polarização, e com a utilização da lâmina de quartzo.

A área central possui um elemento, em descontinuidade óptica em relação à margem, ou uma ponte. O elemento central pode exibir formato circular, prismático curto ou ainda mostrar-se ligeiramente alongado segundo o eixo menor do holococolito. Esta unidade pode ocupar totalmente a pequena abertura da área central ou, quando de formato alongado, limitar duas pequenas fendas na área central.

Salienta-se que os exemplares de *Munarinus* são melhor visualizados ao MO se posicionados a 45° das direções de polarização e observados com a inserção da placa de quartzo (veja-se descrição de *Munarinus lesliae*).

**Discussão:** Os exemplares de *Munarinus* distinguem-se daqueles de *Calculites* por exibirem margem e área distintas, possuírem um elemento central ou uma ponte, e se mostrarem desprovidos de crista.

Comparado a *Lucianorhabdus*, *Munarinus* difere por possuir holococolitos visualizados, via de regra, em vista planar, exibindo as seguintes características: ausência de espinho; presença de margem distinta, formada por duas ou quatro placas; presença de um elemento central ou uma ponte, ocupando uma pequena abertura ou separando duas diminutas fendas na área central.

Contrariamente a *Octolithus*, *Munarinus* mostra-se desprovido de crista e possui um elemento ou uma ponte na área central.

*Munarinus* difere de *Okkolithus* no formato elíptico ou ligeiramente ovalado e na conformação de suas placas marginais. *Okkolithus australis* (única espécie do gênero documentada aqui) possui margem formada por cinco placas grosseiramente trapezoidais e área central aberta, portadora de um elemento limitando duas pequenas aberturas.

Distingue-se de *Orastrum* na conformação da margem e da área central, que exibe um único elemento ou uma ponte. *Orastrum partitum* (única espécie do gênero ora reconhecida) possui crista distinta contornando uma única placa de cor de interferência baixa, ornamentada com uma barra central, formada pela justaposição de quatro elementos.

*Munarinus*, em contraste com *Ottavianus*, mostra-se desprovido de duas perfurações circulares na área central, separadas entre si por meio de uma ponte. Aberturas, quando presentes nos holococolitos de *Munarinus*, assemelham-se a diminutas fendas, que são separadas entre si por um elemento em descontinuidade óptica com as placas marginais ou mesmo de uma ponte.

Difere de *Owenia hilli* (única espécie do gênero) pela conformação da margem e da área central. *Owenia hilli* é caracterizada por possuir uma crista distinta circundando uma placa de baixa cor de interferência. Esta placa assemelha-se em formato ao algarismo 8 e possui duas perfurações alinhadas segundo o eixo maior do holococolito.

**Caracterização a Nível Específico:** Foi reconhecida, aqui, uma única espécie de *Munarinus* (*M. lesliae* Risatti, 1973), utilizando-se, para compará-la e distingui-la das outras duas espécies do gênero (*M. keadyi* e *M. marszaleki*), as descrições e ilustrações fornecidas por Risatti (1973), também autor destas duas espécies.

### *Munarinus lesliae* Risatti, 1973

est.1:4

*Munarinus lesliae* Risatti, 1973, p.30, est.5:21-25.

**Descrição:** Holococolito elíptico formado por margem relativamente larga e por um elemento central. A margem

é formada pela justaposição de quatro placas. Duas delas encontram-se dispostas ao longo do eixo maior do nanolito, mostrando-se alongadas e ligeiramente arqueadas. As outras duas são menores e situam-se nas extremidades opostas do eixo maior do holococolito. As suturas entre as placas são melhor visualizadas no holococolito orientado a 45° das direções de polarização, observado com a inserção da placa de quartzo.

A área central possui um elemento circular ou de formato prismático curto, que se apresenta em descontinuidade óptica com relação à margem. Este elemento, de conformação bastante simples, ocupa quase que totalmente a abertura central.

Conforme mencionado na descrição do gênero *Munarinus*, salienta-se que *M. lesliae* é melhor observado ao MO, se posicionado a 45° das direções de polarização e visualizado com a inserção da placa de quartzo. Deste modo, as placas que compõem a margem (com exceção das menores situadas nas extremidades opostas do exemplar) e o elemento central exibem as que tonalidades azul e amarela, alternadamente. As placas menores e o elemento central geralmente exibem a mesma tonalidade.

**Dimensões:** Comprimento do eixo maior, 4 - 5 µm; comprimento do eixo menor, 2 - 3 µm.

**Discussão:** Por meio das descrições e ilustrações fornecidas por Risatti (1973) observou-se que *M. lesliae* difere das duas outras espécies do gênero, *M. keadyi* e *M. marszaleki*, pelo contorno elíptico relativamente mais alongado do holococolito, de suas quatro placas marginais e do formato circular ou prismático curto de seu elemento central, ocupando quase que na íntegra a abertura central. Contrariamente, *M. keadyi* caracteriza-se por exibir duas fendas centrais, separadas entre si por uma ponte (em continuidade óptica em relação à margem). *M. marszaleki*, por sua vez, possui apenas duas placas marginais contornando um elemento central de formato irregular.

**Distribuição Cronoestratigráfica:** Conforme Risatti (1973), *Munarinus lesliae* é documentado do Campaniano Superior ao Maastrichtiano Superior. A ocorrência desta espécie é documentada do Campaniano Inferior ao Maastrichtiano Superior, por meio das biozonas CC17 - CC26 (de Sissingh, 1977), correlacionáveis às zonas N260.5 - N290 do zoneamento de Antunes *et al.* (1994).

#### **Gênero *Octolithus* Romein, 1979**

**Espécie-tipo** *Tetralithus multiplus* Perch-Nielsen, 1973.

**Descrição:** Holococolito de formato elíptico, constituído basicamente por uma margem larga, que limita uma diminuta abertura central. Esta perfuração, no entanto, pode se mostrar totalmente preenchida em função de seu

pequeno tamanho.

A margem é constituída pela justaposição de quatro placas, sendo cada uma delas formada por dois cristalitos. No nanolito visualizado a 0° de uma das direções de polarização, as suturas entre as placas mostram-se nítidas e os cristalitos praticamente indistintos. No nanolito assim orientado, as linhas de extinção geralmente divergem do centro do exemplar, podendo coincidir com seus eixos principais, ou se mostrarem oblíquas a estes. No nanolito posicionado a 45° das direções de polarização, as linhas de extinção configuram dois "V"s relativamente fechados, cujos vértices normalmente coincidem com os focos do exemplar.

As placas são circundadas externamente por uma crista bastante estreita, de pouco distinta a indistinta. Tanto as placas como a crista exibem elevada cor de interferência, sendo o limite entre estas unidades melhor visualizado com a inserção da placa de quartzo. Também com a utilização deste acessório, as suturas entre as placas são melhor observadas. Estas, conforme a posição do nanolito face às direções de polarização, podem assumir as tonalidades azul e amarela, alternadamente.

**Discussão:** *Octolithus* consiste num gênero monoespecífico. Difere dos holococolitos de *Munarinus* basicamente por possuir uma perfuração central, que, por vezes, se mostra preenchida. *Ottavianus*, em contraste com *Octolithus*, distingue-se por exibir duas perfurações alinhadas segundo o eixo maior do nanolito.

Os exemplares ora estudados não são considerados como pertencentes ao gênero *Russellia* em função da descrição deste *taxon*. Risatti (1973) define os nanolitos deste gênero como sendo formados por dez a vinte e seis elementos, tendo no centro uma estrutura circular associada a provável presença de um espinho. Os nanolitos aqui documentados são formados essencialmente pela justaposição de quatro placas, sendo cada uma delas constituída pela união de dois cristalitos. No centro do holococolito geralmente é observada uma diminuta abertura, que, em virtude de sua dimensão, pode mostrar-se preenchida. Deste modo, os holococolitos com estas características básicas foram atribuídos a *Octolithus multiplus*.

***Octolithus multiplus* (Perch-Nielsen) Romein, 1979**  
est.1:5a-b; 6a-b

***Tetralithus?* sp.** Perch-Nielsen, 1969, p.64, est.6:4-5

***Tetralithus multiplus*** Perch-Nielsen, 1973, p.326, est. 9:6,7.

***Russellia laswelli*** Risatti, 1973, p.31, est.8:1-3.

***Biscutum supracretaceum*** (Reinhardt) - Hill, 1976, p. 124, est.2:1-9.

***Russellia multiplus*** (Perch-Nielsen) - Wind e Wise *in* Wise e Wind, 1977, p.306, est.37:5-6.

***Tetralithus multiplus*** Perch-Nielsen - Romein, 1977, p.276, est.2:7.

***Octolithus multiplus*** (Perch-Nielsen) - Romein, 1979, p.185.

***Octolithus multiplus*** (Perch-Nielsen) - Perch-Nielsen, 1985, p.362.

**Descrição:** Os principais aspectos descritivos de *O. multiplus*, única espécie de *Octolithus*, são aqueles já mencionados na descrição deste gênero (ver acima).

**Dimensões:** Comprimento do eixo maior, 5 µm.

**Discussão:** Ver acima a discussão de *Octolithus*.

**Distribuição Cronoestratigráfica:** De acordo com Perch-Nielsen (1973), a espécie é documentada do Maastrichtiano ao Paleoceno Inferior, provavelmente por meio das biozonas CC25 - NP4, correlacionáveis às zonas N290 - N307, do zoneamento utilizado na PETROBRAS. Segundo Risatti (1973) e Wind e Wise (1977), a espécie é registrada no Maastrichtiano. Conforme Romein (1979), *Octolithus multiplus* é observado no Paleoceno Inferior, por meio das biozonas NP1 - NP4, de Martini (1971), correlacionáveis às biozonas N305 - N307, de Richter *et al.* (1993). Segundo Perch-Nielsen (1985), o holococolito é documentado do Campaniano ao Paleoceno Inferior, por meio das biozonas CC22 - NP4. Neste estudo, *Octolithus multiplus* é registrado em estratos de idade mais antiga, datados do Cenomaniano ao Campaniano, no intervalo compreendido pelas biozonas CC9 - CC21, de Sissingh (1977), correlacionáveis às biozonas N252 - N265, de Antunes *et al.* (1994).

#### **Gênero *Okkolithus* Wind e Wise in Wise e Wind, 1977**

**Descrição:** Holococolito de formato subelíptico, formado por margem e área central distintas. A margem é constituída por quatro placas maiores, de formato grosseiramente trapezoidal, sepadas entre si por meio de suturas. As placas, por sua vez, são formadas por cristalitos que se mostram de pouco distintos a indistintos.

A área central possui duas aberturas, limitadas entre si por um elemento central prismático curto, alinhado segundo o eixo menor do nanolito. Este elemento (ou barra) mostra-se em descontinuidade óptica com relação às placas marginais e, assim como estas, exibem cor de interferência elevada. As placas e a barra são melhor visualizadas no holococolito posicionado a 45° das direções de polarização e com o auxílio da placa de quartzo, quando assumem, alternadamente, as colorações azul e amarela.

**Discussão:** *Okkolithus* consiste num gênero monoespecífico. Difere dos gêneros de holococolitos ora estudados pelas seguintes características: margem formada por placas trapezoidais; e área central com duas aberturas, separadas por meio de uma barra (em descontinuidade óptica com as placas adjacentes).

***Okkolithus australis* Wind e Wise in Wise e Wind, 1977**  
est.1:7a-b

***Okkolithus australis* Wind e Wise in Wise e Wind, 1977,**  
p. 302, est.37:1.2.

**Descrição:** Os principais aspectos descritivos de *O. australis*, única espécie de *Okkolithus*, são aqueles já mencionados na descrição deste gênero (ver acima).

**Dimensões:** Comprimento do eixo maior, 5 - 6 µm, comprimento do eixo menor, 4 - 5 µm.

**Discussão:** Ver acima a discussão do gênero *Okkolithus*.

**Distribuição Cronoestratigráfica:** Segundo Wind e Wise (1977), a espécie é registrada no Maastrichtiano. Neste estudo, *Okkolithus australis* é documentado em estratos de idade mais antiga, datados do Coniaciano ao Campaniano, no intervalo definido pelas biozonas CC13 - CC22, de Sissingh (1977), correlacionáveis às zonas N260.3 - N265, de Antunes *et al.* (1994).

#### **Gênero *Orastrum* Wind e Wise in Wise e Wind, 1977**

**Espécie-tipo:** *Orastrum asarotum* Wind e Wise in Wise e Wind, 1977.

**Descrição:** Segundo Wind e Wise (1977), os holococolitos de *Orastrum* são elípticos e formados por uma ou mais placas, limitadas por suturas e contornadas total ou parcialmente por uma crista distinta.

Pode-se observar, no centro, uma perfuração circular, uma pequena fenda disposta ao longo do eixo menor do holococolito ou, nesta mesma posição, uma estrutura (barra) semelhante a um "X", formada pela união de quatro pequenos elementos.

**Discussão:** Em contraste com *Owenia*, *Orastrum* difere na conformação de sua placa central, geralmente caracterizada por possuir uma perfuração, uma fenda ou uma estrutura central, formada por quatro pequenos elementos. *Owenia* também possui uma única placa que, no entanto, se assemelha em formato ao algarismo 8 e exibe duas perfurações alinhadas segundo o eixo maior do holococolito. *Orastrum*, comparado aos outros gêneros de holococolitos aqui estudados, difere basicamente na conformação de sua crista, sempre distinta a caracterizada por exibir cor de interferência mais elevada que a da placa central.

**Caracterização a Nível Específico:** Foi reconhecida, aqui, uma única espécie de *Orastrum* (*O. partitum* Varol in Al Rafaiy, 1990), utilizando-se, para compará-la e distingui-la das outras espécies do gênero, as ilustrações fornecidas por Wind e Wise in Wise e Wind, 1977 e Varol in Al-Rifaiy *et al.* (1990).

***Orastrum partitum* Varol in Al-Rifaiy et al. 1990**

est.1:8a-b; 9a-b

non ***Amphizygus brooksii*** ssp. *nanus* Bukry, 1969, p.47-48, est.25:4-7

***Amphizygus brooksii*** ssp. *nanus* Bukry - Hill, 1976, *partim* est. 1:12 - 24; non est.1:16-24.

***Orastrum partitum*** Varol in Al-Rifaiy et al. 1990, p. 193, est.3:1-8.

**Descrição:** Holococolito elíptico, formado por uma única placa central, de birrefringência pouco intensa, que pode exibir duas perfurações alinhadas segundo o eixo maior do nanolito. A placa central é circundada por uma crista fortemente birrefringente.

Uma estrutura central, também de birrefringência intensa, ornamenta a placa e se mostra alinhada segundo o eixo menor do holococolito. Esta estrutura é formada pela justaposição de quatro elementos separados entre si por duas suturas, que perfazem um "X" e se mostram sempre extintas. Segundo Varol in Al-Rifaiy et al. 1990, tal estrutura está relacionada à presença de um espinho (ou processo) pouco desenvolvido na face distal do holococolito.

Salienta-se que a crista, a placa central e os elementos formadores da estrutura central são melhor visualizados no holococolito paralelizado a uma das direções de polarização e observado com o auxílio da lâmina de quartzo. Deste modo, estas unidades são facilmente individualizadas ao assumirem as tonalidades azul e amarela, alternadamente.

**Dimensões:** Comprimento do eixo maior, 4 - 5  $\mu\text{m}$ , comprimento do eixo menor, 3 - 4  $\mu\text{m}$ .

**Discussão:** Com base nas ilustrações fornecidas por Wind e Wise in Wise e Wind, 1977, verificou-se que *Orastrum partitum* difere de *O. asarotum* por ser formado por uma única placa, ornamentada com uma estrutura central. Em contraste, *O. asarotum* é constituído por quatro placas que, justapostas, limitam uma perfuração central. Difere de *Orastrum* sp. Wind e Wise in Wise e Wind, 1977 basicamente na presença de uma estrutura central.

**Distribuição Cronoestratigráfica:** De acordo com Varol in Al-Rifaiy et al. 1990, *Orastrum partitum* é documentado do Albiano ao Cenomaniano Inferior. Neste estudo, a espécie é também registrada do Albiano ao Cenomaniano, provavelmente por meio das biozonas CC8 - CC10, de Sissingh (1977), correlacionáveis às biozonas N250 - N260.2, do zoneamento proposto por Antunes et al. (1994).

***Ottavianus* Risatti, 1973**

**Espécie-tipo:** *Ottavianus giannus* Risatti, 1973.

**Descrição:** Holococolitos de formato elíptico, constituídos pela margem e área central. A margem mostra-se lisa ou ligeiramente serrilhada. É formada pela justaposição de quatro placas, limitadas entre si por quatro suturas dispostas ao longo dos eixos principais do exemplar. As suturas coincidem com linhas de extinção no holococolito orientado a 0° de uma das direções de polarização. Segundo Risatti (1973), as placas são formadas pela união de 10 a 15 cristalitos. O limite entre cristalitos adjacentes é de pouco distinto a indistinto, podendo ser visualizado no nanolito observado com o auxílio da placa de quartzo.

A área central exibe duas perfurações circulares, separadas por meio de uma delicada ponte, alinhada segundo o eixo menor do exemplar. A ponte se mostra em continuidade óptica com as placas adjacentes, e, segundo Risatti (1973) e Wind e Wise in Wise e Wind (1977), é formada por elementos cuja cristalização ocorre a partir dos lados opostos do eixo menor do holococolito. De acordo com o primeiro autor, isto é evidenciado pela presença de uma tênue sutura, que limita os cristalitos no centro da ponte e ao longo de sua largura. A ponte e as perfurações são melhor visualizadas no nanolito orientado a 45° das direções de polarização. Nesta posição, as linhas de extinção configuram dois "V"s, cujos vértices coincidem com os focos da elipse e com a periferia das perfurações.

**Discussão:** *Ottavianus* difere dos demais gêneros abordados neste estudo pela sua típica conformação, melhor observada no holococolito orientado a 45° das direções de polarização. Assim posicionado, o exemplar mostra-se nitidamente biperfurado, sendo as perfurações separadas por uma ponte.

**Caracterização a Nível Específico:** Foi reconhecida, aqui, uma única espécie de *Ottavianus* (*O. giannus*), utilizando-se, para compará-la e distingui-la da outra espécie do gênero (*O. terrazetus*), as ilustrações e informações fornecidas por Risatti (1973), autor de ambas as espécies.

***Ottavianus giannus* Risatti, 1973**

est.1:10a-b

*Ottavianus giannus* Risatti, 1973, p. 30, est. 8:10-11.

**Descrição:** Holococolito elíptico, formado pela margem e área central. A margem é lisa e mostra-se formada pela justaposição de quatro placas. Estas são limitadas entre si por quatro suturas, coincidentes com os eixos principais do exemplar, mostrando-se extintas no holococolito orientado a 0° de uma das direções de polarização. As placas são formadas pela união de, no mínimo, 10 cristalitos, sendo o limite entre os mesmos de pouco distinto a indistinto.

A área central possui duas perfurações circulares, separadas por meio de uma delicada ponte, disposta ao

longo do eixo menor do exemplar. A ponte se mostra em continuidade óptica com as placas adjacentes e exibe uma sutura pouco distinta ao longo de sua largura, limitando seus dois cristalitos. A ponte e as perfurações são melhor visualizadas no nanolito orientado a 45° das direções de polarização. Nesta posição, as linhas de extinção configuram dois "V"s, cujos vértices coincidem com os focos da elipse e com a periferia das perfurações.

**Dimensões:** Comprimento do eixo maior, 5 µm; comprimento do eixo menor, 4 µm.

**Discussão:** Segundo Risatti (1973), *Ottavianus giannus* difere de *O. terrazetus* no seu maior tamanho e por exibir margem não serrilhada.

Difere de *Lanternithus duocavus* Locker, 1967 por exibir formato perfeitamente elíptico, quatro placas formadoras e aberturas centrais relativamente menores. Em contraste, *Lanternithus duocavus*, holococolito documentado no Paleoceno Inferior, exibe contorno grosseiramente hexagonal. É formado pela justaposição de seis placas pouco distintas, cujos limites são melhor visualizados com a inserção da placa de quartzo. Possui também duas aberturas centrais (relativamente grandes), alinhadas segundo o eixo maior do nanolito e delimitadas pelas placas justapostas.

**Distribuição Cronoestratigráfica:** De acordo com Risatti (1973), *O. giannus* é documentado do Campaniano Superior ao Maastrichtiano Inferior. São documentados, aqui, exemplares desta espécie do Cenomaniano ao Turoniano, provavelmente por meio das biozonas CC10 - CC12, de Sissingh (1977), correlacionáveis às zonas N260.1 - N260.3, de Antunes *et al.* (1994).

#### Gênero *Owenia* Crux, 1991

**Espécie-tipo:** *Owenia hilli* Crux, 1991.

**Descrição:** Holococolitos de formato elíptico, constituídos por uma crista contornando uma placa central. A crista mostra-se sempre distinta e com birrefringência intensa, superior à da placa.

A única placa formadora do holococolito se assemelha em formato ao algarismo 8. Possui duas perfurações circulares, geralmente de distintas a pouco distintas, alinhadas segundo o eixo maior do exemplar e exibe baixa cor de interferência.

No holococolito observado com a inserção da placa de quartzo, os cristalitos formadores da crista e a placa central assumem, alternadamente, as tonalidades azul e amarela, de acordo com a orientação do exemplar face aos planos de polarização.

**Discussão:** *Owenia* consiste num gênero monoespecífico.

Comparados a *Orastrum* os exemplares de *Owenia* diferem basicamente na conformação da placa central, que se assemelha em formato ao algarismo 8 e se mostra desprovida de uma perfuração, uma fenda ou uma estrutura central.

Difere dos demais gêneros de holococolitos aqui abordados por sua crista distinta, contornando uma única placa com duas perfurações, dispostas ao longo do eixo maior do exemplar.

#### *Owenia hilli* Crux, 1991 est.1:11a-b;12

*non Amphizygus brookssii* ssp. *nanus* Bukry, 1969, p.47-48, est.25:4-7.

*Amphizygus brooksii* ssp. *nanus* Bukry - Hill, 1976, p.122, *partim* est.1:12-24; *non* est. 1:12-15.

*Owenia hilli* Crux, 1991, p.214, est.1:3,6; est 2:1-4, 8.

**Descrição:** Os principais aspectos descritivos de *Owenia hilli*, única espécie de *Owenia*, são aqueles já mencionados na descrição deste gênero (ver acima).

**Dimensões:** Comprimento do eixo maior, 3-5 µm; comprimento do eixo menor, 2-4 µm.

**Discussão:** Ver acima a discussão de *Owenia*.

**Distribuição Cronoestratigráfica:** Segundo Hill (1976), a espécie é registrada do Albiano Superior ao Santoniano. Crux (1991) também documenta a primeira ocorrência de *Owenia hilli* no Albiano Superior. Neste estudo, o holococolito é observado em estratos datados do Albiano Superior ao Campaniano Inferior, provavelmente por meio das zonas CC9 - CC19, de Sissingh (1977), correlacionáveis às biozonas N252 - N260.5, de Antunes *et al.* (1994).

### 3 - ASPECTOS BIOESTRATIGRÁFICOS DOS HOLOCOCOLITOS CRETÁCEOS DOCUMENTADOS

Conforme mencionado anteriormente, a utilização de holococolitos em zoneamento bioestratigráficos do Cretáceo é bastante restrita. Em Risatti (1973) tem-se a primeira tentativa de utilização de espécies de holococolitos no estabelecimento de um arcabouço bioestratigráfico, sendo mencionados os taxa *Munarinus leslie*, *Ottavianus giannus*, *Ramsaya swansea* e *Russellia bukryi*, entre outros manolitos. No entanto, salienta-se que Risatti (*op. cit.*) elaborou seu zoneamento com base no estudo de uma seção bastante restrita, abrangendo apenas sedimentos campanianos e maastrichtianos do Mississipi, o que contribuiu para que o arcabouço proposto não fosse amplamente utilizado.

Posteriormente, Wind e Wise (1976) também registram a distribuição bioestratigráfica de holococolitos como *Okkolithus australis*, *Octolithus multiplus*, *Ottavianus giannus* e *Munarinus lesliae*, documentados em três perfurações realizadas pelo D.S.D.P. no "Plateau Falkland", sem contudo utilizá-los como *datum* bioestratigráficos.

Já em zoneamentos mais abrangentes como aquele proposto por Sissingh (1977) apenas as espécies *Calculites obscurus*, *Lucianorhabdulus cayeuxii* e *Lucianorhabdulus maleformis* são mencionadas.

São observados, ainda, outros zoneamentos locais onde autores como Jakubowski (1987), Shafik (1978) e Crux (1991) utilizam determinados holococolitos como espécies-guia. Jakubowski (*op. cit.*) adota a extinção de *Phanulithus* (= *Calculites*) *anfractus* como data eocenomaniano; já Shafik (1978) utiliza o surgimento de *Lucianorhabdulus maleformis* para definir o início do Santoniano; enquanto Crux (1991) propõe um biorizonte baseado na primeira ocorrência de *Owenia hilli* no Albiano Superior.

Com base no acima exposto, pode-se observar que são poucos os trabalhos que estabelecem a amplitude bioestratigráfica dos holococolitos. Soma-se a esse fato a relativa falta de homogeneidade com relação à taxonomia desses nanolitos, refletindo a escassez de estudos realizados com esta finalidade. Apesar disso, julga-se pertinente a utilização dos holococolitos como *datum*

bioestratigráficos, desde que sejam observadas as dificuldades inerentes ao reconhecimento taxonômico dos mesmos e à distribuição bioestratigráfica de suas várias espécies.

A seguir é discutido o *range* proposto neste estudo para cada uma das espécies pesquisadas. A amplitude bioestratigráfica aqui estabelecida para esses *taxa* é também comparada àquela fornecida pela literatura, salientando-se as diferenças de distribuição observadas entre ambas, atribuídas a prováveis erros na classificação taxonômica dos holococolitos. Para melhor compreensão das amplitudes bioestratigráficas ora apresentadas, recomenda-se consulta à figura 2 e à descrição de cada um dos *taxa* registrados.

Neste estudo, *Calculites obscurus* é documentado em sedimentos campanianos e maastrichtianos, sendo esta a amplitude verificada para este *taxon* nos trabalhos de Sissingh (1977), Wind e Wise (1976) e Wind (1977) e Perch-Nielsen (1985).

Já *Calculites ovalis* é aqui registrado do Coniaciano Inferior ao Campaniano Inferior, enquanto Sissingh (1977) admite que a espécie tenha sua primeira ocorrência no Cenomaniano Superior, e sua extinção no Campaniano Inferior. O *range* de *C. ovalis* adotado neste estudo (Coniaciano - Campaniano) muito se aproxima da distribuição documentada por Perch-Nielsen (1985).

Segundo Risatti (1993), *Munarinus lesliae* é

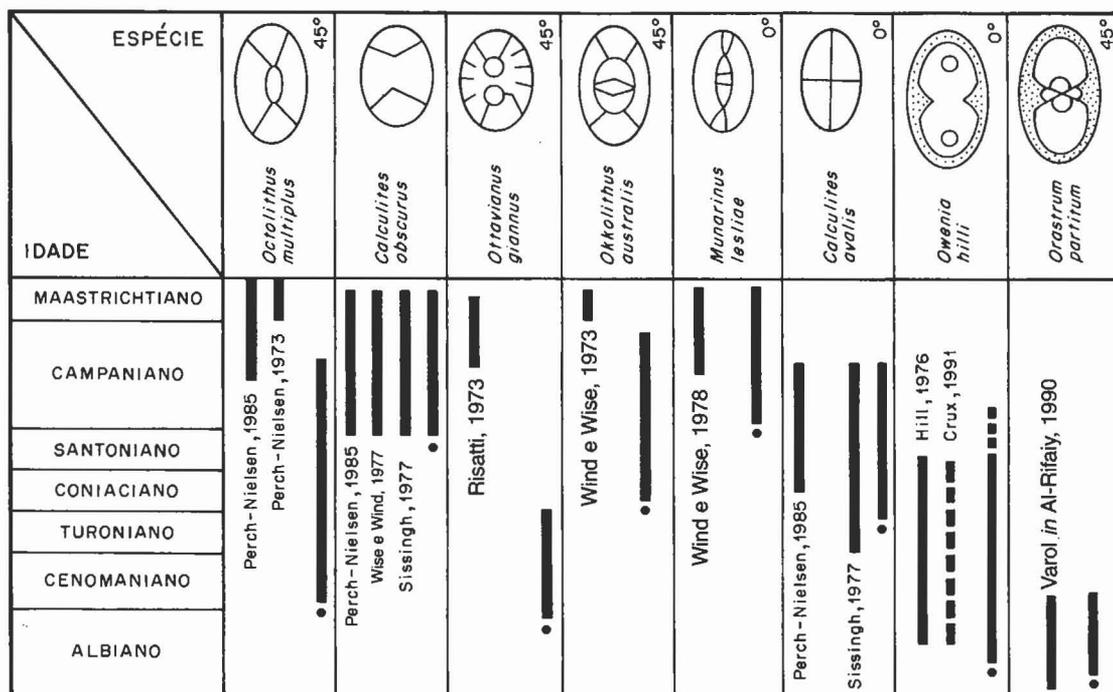


Fig. 2 - Distribuição estratigráfica das espécies documentadas.

• Neste estudo.

Fig. 2 - Range of the recognized species.

• In this study.

documentado do Campaniano Superior ao Maastrichtiano Superior, sendo aqui observado do Campaniano Inferior ao Maastrichtiano Superior.

*Okkolithus australis* é aqui registrado do Coniaciano ao Campaniano. No entanto, Wind e Wise *in* Wind (1977), tendo analisado amostras da perfuração 372A do D.S.D.P., documentam raros exemplares desta espécie em sedimentos santonianos e campanianos, que se tornam abundantes em estratos maastrichtianos.

Tanto *Octolithus multiplus* quanto *Ottavianus giannus* são ora documentados em intervalos distintos daqueles propostos inicialmente por Perch-Nielsen (1973, 1985) e Risatti (1973), respectivamente. *Octolithus multiplus*, neste estudo, é observado do Cenomaniano ao Campaniano, enquanto Perch-Nielsen (1973) documenta sua ocorrência do Maastrichtiano ao Paleoceno Inferior, tendo posteriormente (em 1985) registrado esta mesma espécie a partir do Campaniano. Já *Ottavianus giannus* é aqui observado do Cenomaniano ao Turoniano, muito embora Risatti (1973) tenha registrado esta espécie em estratos datados do Campaniano ao Maastrichtiano. Salienta-se, no entanto, que se considera difícil a classificação taxonômica destes *taxa*, havendo, provavelmente, alguma confusão na literatura com relação ao reconhecimento destas espécies (ver descrição de ambos os *taxa*).

Conforme Varol *in* Al-Rifaiy, 1990, *Orastrum partitum* é documentado do Albiano ao Cenomaniano Inferior, o que também se verifica no presente estudo.

Finalmente, tem-se que a espécie *Owenia hilli* é aqui documentada do Albiano Superior ao Campaniano Inferior, muito embora, ainda se julgue difícil precisar o nível de extinção deste *taxon*. Esta distribuição se aproxima daquela anteriormente proposta por Hill (1976) (Albiano - Santoniano), tendo Crux (1991) utilizado o surgimento desta espécie como um biorizonte neoalbiano.

#### 4 - CONCLUSÕES

São apresentadas, aqui, descrições detalhadas ao microscópio óptico de oito espécies de holococolitos, discutindo-se também os aspectos bioestratigráficos desses *taxa*. As oito espécies abordadas são *Munarinus lesliae*, *Octolithus multiplus*, *Okkolithus australis*, *Orastrum partitum*, *Ottavianus giannus*, *Owenia hilli*, *Calculites obscurus* e *C. ovalis*, sendo os seis primeiros *taxa* documentados pela primeira vez nas bacias marginais brasileiras. Acrescenta-se, entretanto, que do ponto de vista bioestratigráfico, as considerações aqui apresentadas ainda requerem maior comprovação. Assim, se propõe a tentativa de utilização das espécies estudadas em análises bioestratigráficas de rotina, tendo-se por objetivo testar sua eficácia como *taxa* acessórios nas datações envolvendo o sistema Cretáceo.

#### AGRADECIMENTOS

À PETROBRAS - Petróleo Brasileiro S.A. pela permissão para a elaboração e publicação deste trabalho. Aos geólogos Luiz Carlos Veiga de Oliveira, Rogério Loureiro Antunes e Seirin Shimabukuro (todos do CENPES/DIVEX/SEBIPE) e ao geólogo Alexandre A. Grassi (E & P-BC/GEXP/GELAB), pela revisão crítica do texto e sugestões apresentadas.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-RIFAIY, VAROL, O., LEMONE, D. Middle to Lake Biostratigraphy of the Cuchillo Formation from Sierra De Sapelló, México. *Newsletter on Stratigraphy*, Berlim, v. 21, n. 3, p. 187-200, 1990.
- ANTUNES, R. L. Geohistória do paleocânion de Fazenda Cedro, Bacia do Espírito Santo - Brasil, segundo dados biocronoestratigráficos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33; 1984. Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro. Sociedade Brasileira de Geologia, 1984, v. 2, p. 670-684.
- ANTUNES, R.L. *Contribuição ao conhecimento geológico do paleocânion de Regência - Bacia do Espírito Santo, Brasil: um estudo com base na bioestratigrafia dos nanofósseis calcários*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1990. 2 v. Dissertação (Mestrado).
- ANTUNES R.L., CUNHA, A.A.S., SHIMABUKURO, S., OLIVEIRA, L.C.V. *Biozonas de nanofósseis do Cretáceo da margem continental brasileira: uma análise crítica*. Rio de Janeiro: PETROBRAS. CENPES. DIVEX. SEBIPE, 1994. 36 p. (Relatório interno).
- AZEVEDO, R.L.M., GOMIDE, J., VIVIERS, M.C. *et al.* Bioestratigrafia de Cretáceo marinho da Bacia de Campos, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 17, n.2, p. 147-153. 1987
- BLOSS, F.D. *Introducción a los métodos de cristalografía óptica*. Barcelona: Omega, 1970. 320 p.
- BOUDREAUX, J.E., HAY, W.W. Calcareous nannoplankton and biostratigraphy of the Late Pliocene - Pleistocene - Recente sediments in the submarex cores. *Revista Española de Micropaleontología*, Madrid, v. 1, p. 242-292, 1969.
- BRAMLETTE, M.N., MARTINI, E. The great change in calcareous nannoplankton fossils between Maastrichtian and Danian. *Micropaleontology*, New York, v. 10, p. 291-322, 1964.

- BUKRY, D. Upper Cretaceous coccoliths from Texas and Europe. *University of Kansas Paleontological Contributions, Papers*. Lawrence, v. 51, n. 2, p. 1-79, 1969.
- CRUX, J.A. Upper Cretaceous (Cenomanian to Campanian) calcareous nannofossils. In: LORD, A.R. (Ed.). *A stratigraphical index of calcareous nannofossils*. Chichester: E. Horwood, 1982. p. 81-135.
- CRUX, J.A. Albian calcareous nanofossils from the Gault Clay of Munday's Hill (Bedsfordshire, England). *Journal Micropaléontol.*, London, v. 10, n. 2, p. 303-322, 1991.
- CUNHA, A.S.S. *Bioestratigrafia dos nanofósseis calcários da Sub-bacia de Mundaú (Bacia do Ceará)*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990. 151 p. Dissertação (Mestrado).
- DEFLANDRE, G. Sur les nannofossiles calcaires et leur systématique. *Revue de Micropaléontologie*, Paris, v. 2, p. 127-152, 1959.
- DEFLANDRE, G., FERT, C. Observations sur les Coccolithophoridés actuels et fossiles microscopie ordinaire et électronique. *Revue de Micropaléontologie*, Paris, v. 40, p. 115-176, 1954.
- FREITAS, L.C.S. *Nanofósseis calcários e sua distribuição (Aptiano - Mioceno) na Bacia Sergipe - Alagoas*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1984. 247 p. Dissertação (Mestrado).
- FUJIMORI, S., FERREIRA, J.A. *Introdução ao uso do microscópio petrográfico*. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 1970. 202 p. (Programa de Textos Didáticos)
- GOMIDE, J. Bioestratigrafia do nanoplâncton calcário da Bacia de Campos. *Boletim Técnico da PETROBRAS*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 3, p. 129-137, 1982.
- HILL, M.E. Lower Cretaceous calcareous nannofossils from Texas and Oklahoma. *Paleontographica B*, Stuttgart, v. 156, p. 103-109, 1976.
- JIANG, M.J. *Biostratigraphy and geochronology of the Eagle Ford shale, Austin chalk, and lower Taylor marl in Texas based on calcareous nannofossils*. Ann Arbor: University Microfilms International, 1989. 2 v. Tese (Doutorado)
- JAKUBOWSKI, M. A proposed lower Cretaceous calcareous nannofossil zonation scheme for the Moray Firth area of the North Sea. *Abhandlungen Geologische Bundesanstalt - A*, Wien, v. 39, p. 99 - 119, 1987.
- KAMPTNER, E. Das mikroskopische Studium des Skelettes der Coccolithineen (kalkflagellaten). *Mikroskopie*, Wien, p. 232-386, 1952.
- LOCKER, S. Neue Coccolithophoriden (flagellata) aus dem Alttertiär Norddeutschlands. *Geologie*, Berlin, v. 16, p. 361-364, 1967.
- MARTINI, E. Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In: PLANKTONIC CONFERENCE, 2., 1971, Roma. *Proceedings...* Roma: Tecnoscienza; Roma, v. 2, p. 739-785.
- MOSHKOVITZ, S., OSMOND, K. The optical properties and microcrystallography of Arkhangelskiellaceae and some other calcareous nannofossils in the Late Cretaceous. In: CRUX, HECK, S.E. (Ed.). *Nannofossils and their applications*. Chichester: Ellis Horwood, 1987. p. 76-97.
- NORTH AMERICAN STRATIGRAPHIC CODE. North American Commission on Stratigraphic nomenclature. *AAPG Bulletin*, Tulsa, v. 67, n. 5, p. 841-875, 1983.
- PERCH-NIELSEN, K. Die Coccolithen einiger danischer Maastrichtien - und Danienlokalitäten. *Meddelelser til Dansk Geologisk Forening*, Copenhagen, v. 19, p. 51-68, 1969.
- PERCH-NIELSEN, K. Neue Coccolithen aus dem Maastrichtien von Dänemark, Madagaskar und Ägypten. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, Copenhagen, v. 22, p. 306-333, 1973.
- PERCH-NIELSEN, K. Calcareous nannofossils from the Cretaceous between the North Sea and the Mediterranean. *IUGS Series A*, Ottawa, v. 6, p. 223-272, 1979.
- PERCH-NIELSEN, K. Mesozoic calcareous nannofossils / Cenozoic calcareous nannofossils. In: BOLLI, H.M., SAUNDERS, J.B., PERCH-NIELSEN, K. (Ed.) *Plancton stratigraphy*: Cambridge University, 1985. p. 329-426. (Cambridge Earth Science Serie).
- PRINS, B. Evolution and stratigraphy of coccolithinids from the Lower and Middle Lias: In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PLANKTONIC MICROFOSSILS, 1969, Geneva. *Proceedings...* Leiden: J. Brill, 1969. v. 2, p. 547-558.
- REINHARDT, P. Coccolithen Kalkiges Nannoplankton seit Jahrmillionen. *Neue Brehm Bucherei*, Wien, v. 39, p. 99 - 119, 1972.
- RICHTER, A.J. Subaflorentamento das discordâncias turoniana e campaniana no Sul da Bacia de Campos. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 17,

n. 2, p. 173-176, 1987.

- RICHTER, A.J., GOMIDE, J., SHIMABUKURO, S., ANTUNES, R.L. *Novo zoneamento bioestratigráfico dos nanofósseis calcários do Cenozóico da margem continental do Brasil*. Rio de Janeiro: PETROBRAS. CENPES., 1993. (Relatório interno).
- RISATTI, J.B. Nannoplankton biostratigraphy of the Upper Bluffport Marl - Lower Prairie Bluff Chalk interval (Upper Cretaceous), in Mississippi. *Gulf Coast Section Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*, Oklahoma, p. 8 - 57, 1973.
- ROMEIN, A.J.T. Calcareous nannofossils from the Cretaceous/Tertiary boundary interval in the Barranco del Gredero (Caravaca, prov. Murcia, S.E. Spain). *Proceedings Nederlandsche Akademie van Wetenschappen*, Holland, v. 80, p. 256-279, 1977.
- ROMEIN, A.J.T. Lineages in Early Paleogene calcareous nannoplankton. *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, Utrecht, v. 22, p. 1 - 231, 1979.
- ROTH, P.H. Cretaceous nannoplankton biostratigraphy and oceanography of the Northwestern. Ocean. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, Washington, v. 44, p. 731-759, 1978.
- SHAFIK, S. A new nannofossil zone based on the Santonian Gingin Chalk, Perth Basin, Western Australia. *Bureau of Mineral Resource Journal of Australian Geology Geophysics*, Canberra, v. 3, p. 211-226, 1978.
- SISSINGH, W. Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton. *Geologie en Mijnbouw*, The Haarlem, v. 56, n. 1, p. 37-65, 1977.
- SMITH, C.C. Calcareous nannoplankton and stratigraphy of Late Turonian, Coniacian, and Early Santonian Age of the Eagle ford and Austin Groups of Texas. *United States Geological Survey*, Reston, n. 1075, p. 1 - 198, 1981.
- STOVER, L.E. Cretaceous coccoliths and associated nannofossils from France and the Wetherlands. *Micropaleontology*, New York, v. 12, p. 133-167, 1966.
- STRADNER, H. New contributions to Mesozoic stratigraphy by means of nannofossils. In: WORLD PETROLEUM CONGRESS, 6., 1963, Frankfurt, *Proceedings...* Hamburg, 1963. sec. 1, paper 4.
- THIERSTEIN, H.R. Mesozoic calcareous nannoplankton biostratigraphy of marine sediments. *Marine Micropaleontology*, Amsterdam, v.1, p. 325-362, 1976.
- TROELSEN, J.C., QUADROS, L.P. Distribuição bioestratigráfica dos nanofósseis em sedimentos marinhos (Aptiano - Mioceno) do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências, supl.*, Rio de Janeiro, v. 43, p. 577 - 609, 1971.
- WAHLSTROM, E.E. *Cristalografia óptica*, Rio de Janeiro: Livro Técnico, 1969. 367 p.
- WANDERLEY, M.D. *Estudo de uma seção cretácea da Bacia Potiguar com base em nanofósseis calcários*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1987. 162 p. Dissertação (Mestrado).
- WIND, F.H., WISE, S.W. Mesozoic origin of holococcoliths. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, Tulsa, v. 60, p. 733-734, 1976.
- WIND, F.H., WISE, S.W. Mesozoic holococcoliths. *Geology*, Boulder, v. 6, p. 140-142, 1978.
- WISE, S.W., WIND, F.H. Mesozoic and Cenozoic calcareous nannofossils recovered by DSDP Leg 36 drilling on the Falkland Plateau, Southwest Atlantic sector of the southern ocean. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, Washington, v. 36, p. 269-491, 1977.

## EXPANDED ABSTRACT

*This paper presents detailed L.M. (light microscope) descriptions of the Cretaceous holococcoliths belonging to genera *Calculites*, *Munarinus*, *Octolithus*, *Okkolithus*, *Orastrum*, *Ottavianus* and *Owenia*, all of them assigned to the *Calyptosphaeraceae* family.*

*The research was based mainly on the biostratigraphic analysis of Albian/Maastrichtian nannofossils of core from 11 boreholes of the Campos, Ceará, Potiguar,*

*Santos and Sergipe basins.*

*The reasons that motivated this study are: (a) scarcity of published papers on the subject; (b) the need of objective criteria for the recognition of holococcolith species using the L.M., in order to optimize their use in routine biostratigraphy.*

*The descriptive criteria followed herein include: (a) the built and arrangement of structural units in the*

holococcolith; (b) the specimen shape; and (c) the optical behavior of the specimen in cross-polarized light (with the longer axis of the nannolith being either parallel to one of the nicols or rotated 45° in relation to them). The holococcoliths were also observed with a quartz plate inserted in the light beam at an angle of 45° with the polarization directions. The plates (or crystallites) showed alternate blue and yellow colors, depending on the orientation of the nannolith regarding the polarization directions. The nannoliths recognized herein comprise the following species.

**(1) *Calculites obscurus* (Deflandre) Prins & Sissingh in Sissingh, 1977:** pl. 1:3a-b.

Elliptical to subelliptical holococcolith with four triangular or trapezoidal plates bordered by a narrow ridge. The plates are separated by sutures that configure a double "V", and are oblique in relation to the main axis of the nannolith. The species ranges from Lower Campanian to Lower Maastrichtian, in biozones N260.5 - N270 (base), correlating with Sissingh's (1977) zones CC17 - CC23a.

**(2) *Calculites ovalis* (Stradner) Prins & Sissingh in Sissingh, 1977:** pl.1:1a-b; 2a-b.

Oval to subelliptical holococcolith with four triangular, generally unequal, plates bordered by a narrow ridge. The plates are separated by sutures configuring four "V"s, whose apices usually come across at the nannolith central portion. The sutures are parallel or slightly oblique in relation to the principal axis of the holococcolith. The species is present from Lower Coniacian to Lower Campanian in biozones N260.3 - N260.5, correlating with Sissingh's (1977) zones CC13 (top) - CC19b.

**(3) *Munarinus lesliae* Risatti, 1973:** pl. 1:4.

Elliptical holococcolith with margin and a central element. Four plates form the margin. The two larger plates are elongated and slightly arched. The plates are separated by sutures in the opposite extremities of the nannolith. The sutures existing between the plates are better observed using the quartz plate, and when the holococcolith is rotated 45° from the polarization directions. The species is present from Lower Campanian to Upper Maastrichtian, in biozones N260.5 - N290, correlating with Sissingh's (1977) zones CC17 - CC26.

**(4) *Octolithus multiplus* (Perch-Nielsen) Romein, 1979:** pl. 1:5a-b; 6a-b.

Elliptical holococcolith with margin and usually a small

central opening. The margin is formed by four plates, limited by a very narrow ridge and separated by sutures. The extinction lines configure a double "V" with the holococcolith is rotated 45° from the polarization directions. The apices of the "V" feature generally coincide with the foci of the nannoliths. The species is recorded from the Cenomanian to the Campanian in biozones N252 - N265, correlating with Sissingh's (1977) zones CC9 - CC21.

**(5) *Okkolithus australis* Wind & Wise in Wise & Wind, 1977:** pl. 1:7a-b.

Subelliptical holococcolith with margin formed by four large trapezoidal plates separated by sutures. The central portion presents two openings limited by a short prismatic central element that is in optical discontinuity with the marginal plates. The species is recorded from the Coniacian to the Campanian in biozones N260.3 - N265, correlating with Sissingh's (1977) zones CC13 - CC22.

**(6) *Orastrum partitum* Varol in Al-Rifaiy et al. 1990:** pl. 1:8a-b; 9a-b.

Elliptical holococcolith formed by a central plate with shallow interference color and bordered by a ridge with intense birefringence. A central structure with intense birefringence configures a bar that ornates the plate. This structure (using cross-polarized light) has the shape of an "X" and it is formed by four elements separated by two sutures. The species ranges from the Albian to the Cenomanian in biozones N250 - N260.2, correlating with Sissingh's (1977) zones CC8 - CC10.

**(7) *Ottavianus giannus* Risatti, 1973:** pl. 1:10-a-b.

Elliptical holococcolith with margin and central portion. The margin is formed by four plates limited by four sutures that coincide with the main axes of the nannolith. The central area shows two circular perforations separated by a delicate bridge. The perforations and the bridge are better observed when the nannolith is rotated 45° from the polarization directions. The species ranges from the Cenomanian to the Turonian in biozones N260.1 - N260.3, correlating with Sissingh's (1977) zones CC10 - CC12.

**(8) *Owenia hilli* Crux, 1991:** pl.1:11a-b; 12.

Elliptical holococcolith formed by a central plate bordered by a distinct ridge with intense birefringence. The central plate resembles the figure 8, shallow interference color and shows two circular perforations aligned with the larger axis of the nannolith. The species is recorded from

*Upper Albian to Lower Campanian, biozones N252 - N260.5, correlating with Sissingh's (1977) zones CC9 - CC19.*

*Part of the holococcoliths object of this discussion are mentioned in international biozones (Risatti, 1973; Sissingh, 1977; Perch-Nielsen, 1985). Only some of these holococcoliths are used in zonal schemes that are routinely employed by PETROBRAS in order to date Cretaceous strata from Brazilian marginal basins.*

*Most of the biostratigraphic considerations made in this*

*research are based on the adoption of zones proposed by Sissingh (1977). The propositions made by Antunes et al. (1994) for the Brazilian marginal basins are also taken into account. Antunes' biozones are interval zones of the 4C2 type, in the sense given by the North American Stratigraphic Code (N.A.C.S.N., 1983, art. 50, fig. 4).*

*All slides investigated during this study belong to the nannofossil slide collection of the Biostratigraphy and Paleoecology Sector (DIVEX/SEBIPE) of PETROBRAS Research Center (CENPES), in Rio de Janeiro, Brazil.*

## ESTAMPA 1

**Holococolitos.** Todas as formas são ilustradas em vista planar com ampliação média de 2900x. Orientação dos nicóis: direções do polarizador e analisador coincidentes com o comprimento e a largura da estampa, respectivamente. Iluminação do nanolito: n.c. = exemplar fotografado entre nicóis cruzados. Orientação do nanolito: 0° = exemplar com o eixo maior paralelo a um dos nicóis; 45° = exemplar com o eixo maior orientado a 45° dos nicóis.

**Calculites ovalis** (Stradner) Prins e Sissingh in Sissingh, 1977.

**Figs. 1a-b:** 1a: c.n., 0°. 1b: c.n., 45°.

**Figs. 2a-b:** 2a: c.n., 0°. 2b: c.n., 45°.

**Calculites obscurus** (Deflandre) Prins e Sissingh in Sissingh, 1977.

**Figs. 3a-b:** 3a: c.n., 0°. 3b: c.n., 45°.

**Munarinus lesliae** Risatti, 1973

**Fig. 4:** c.n., 45°.

**Octolithus multiplus** (Perch-Nielsen) Romein, 1979.

**Figs. 5a-b:** 5a: c.n., 0°. 5b: c.n., 45°.

**Figs. 6a-b:** 6a: c.n., 0°. 6b: c.n., 45°.

**Okkolithus australis** Wind e Wise in Wise e Wind, 1977.

**Figs. 7a-b:** 7a: c.n., 0°. 7b: c.n., 45°.

**Orastrum partitum** Varol in Rifaiy et al. 1990.

**Figs. 8a-b:** 8a: c.n., 0°. 8b: c.n., 45°.

**Figs. 9a-b:** 9a: c.n., 0°. 9b: c.n., 45°.

**Ottavianus giannus** Risatti, 1973.

**Figs. 10a-b:** 10a: c.n., 0°. 10b: c.n., 45°.

**Owenia hilli** Crux, 1991.

**Figs. 11a-b:** 11a: c.n., 0°. 11b: c.n., 45°.

**Figs. 12:** c.n., 45°.

## PLATE 1

**Holococoliths.** All forms are illustrated on planar view with an average enlargement of 2900x. Nicols orientation: directions of the polar and analyzer are respectively coincident with the plate length and width. Nannolith illumination: c.n. = specimen illustrated between crossed nicols. Nannolith orientation: 0° = specimen with the longer axis coinciding with one of the nicols; 45° = specimen with the longer axis rotated 45° from the nicol direction.

**Calculites ovalis** (Stradner) Prins & Sissingh in Sissingh, 1977.

**Figs. 1a-b:** 1a: c.n., 0°. 1b: c.n., 45°.

**Figs. 2a-b:** 2a: c.n., 0° 2b: c.n., 45°.

**Calculites obscurus** (Deflandre) Prins & Sissingh in Sissingh, 1977.

**Figs. 3a-b:** 3a: c.n., 0°. 3b: c.n., 45°.

**Munarinus lesliae** Risatti, 1973.

**Fig. 4:** c.n., 45°.

**Octolithus multiplus** (Perch-Nielsen) Romein, 1979.

**Figs. 5a-b:** 5a: c.n., 0°. 5b: c.n., 45°.

**Figs. 6a-b:** 6a: c.n., 0°. 6b: c.n., 45°.

**Okkolithus australis** Wind & Wise in Wise & Wind, 1977.

**Figs. 7a-b:** 7a: c.n., 0°. 7b: c.n., 45°.

**Orastrum partitum** Varol in Al-Rifaiy et al. 1990

**Figs. 8a-b:** 8a: c.n., 0°. 8b: c.n., 45°.

**Figs. 9a-b:** 9a: c.n., 0°. 9b: c.n., 45°.

**Ottavianus giannus** Risatti, 1973.

**Figs. 10a-b:** 10a: c.n., 0°. 10b: c.n., 45°.

**Owenia hilli** Crux, 1991.

**Figs. 11a-b:** 11a: c.n., 0°. 11b: c.n., 45°.

**Figs. 12:** c.n., 45°.

# ESTAMPA 1 / PLATE 1

