



## HISTÓRICO DA PALINOESTRATIGRAFIA MARINHA NO BRASIL COM ÊNFASE EM DINOFLAGELADOS CRETÁCEOS <sup>1</sup>

(Com 3 figuras)

MITSURU ARAI <sup>2</sup>

**RESUMO:** Até há cerca de uma década, os palinómorfs terrestres – sobretudo esporos e grãos de pólen – têm sido utilizados de modo quase exclusivo na Palinóestratigrafia do Cretáceo brasileiro. Isto se deveu aos fatores geo-econômico (o centro tradicional de exploração do petróleo brasileiro era o Recôncavo Baiano, uma bacia *rift* continental), cultural (os estrangeiros pioneiros que treinaram os primeiros palinólogos da PETROBRAS eram especialistas em palinómorfs terrestres) e técnico (o Cretáceo marinho, possuindo poucos afloramentos na área emersa, dificultou a iniciativa dos pesquisadores da comunidade acadêmica), além de uma certa dose de inércia (mesmo nas bacias com seções marinhas, o esquema palinoestratigráfico tradicional baseado em palinómorfs terrestres continuou sendo utilizado com resultados satisfatórios para a época). Mas, crucial para o desenvolvimento da Palinologia marinha no Cretáceo brasileiro foi o fator técnico. Comparando com palinómorfs marinhos do Devoniano brasileiro, cujos estudos estavam bem adiantados já nas décadas de 1940 e 1950, era gritante o atraso existente no conhecimento acerca de palinómorfs marinhos do Cretáceo do Brasil. Mesmo na década de 1960, quando a PETROBRAS iniciou a exploração das bacias marinhas da plataforma continental (*offshore*), o espaço para Palinóestratigrafia não se criou imediatamente, pois foram adotados prioritariamente foraminíferos e nanofósseis calcários. A mudança desse *status quo* ocorreu nos anos 70, com a descoberta de petróleo na Bacia de Campos, onde a primeira unidade litoestratigráfica a ser reconhecida como portadora de reservatório de petróleo foi a Formação Macaé, depositada em plataforma carbonática. Seu ambiente de mar restrito e raso, oferecendo condições desfavoráveis para a proliferação de foraminíferos e organismos produtores de nanofósseis calcários, ofereceu pouca resolução bioestratigráfica. Além disso, devido a menor aporte terrígeno – típico de plataforma carbonática –, a formação é pobre também em palinómorfs terrestres, o que obrigou os especialistas a darem mais atenção a palinómorfs marinhos, principalmente dinoflagelados. Decorridas quase três décadas, os dinoflagelados constituem hoje ferramenta indispensável na exploração de petróleo no Brasil, sobretudo na seção marinha do Cretáceo.

**Palavras-chave:** Palinóestratigrafia. Palinologia marinha. Cretáceo. Brasil.

**ABSTRACT:** Retrospective of Brazilian marine palynostratigraphy with emphasis on Cretaceous dinoflagellates. As concerns the Brazilian Cretaceous, palynostratigraphy – palynology applied to biostratigraphy – was mainly based on terrestrial palynomorphs (mostly spores and pollen grains) until about a decade ago. This was due to the following factors: (1) for several decades, Brazilian petroleum exploration was focused on the Recôncavo Basin, where the sediment filling is essentially nonmarine; (2) some other basins, both of marine and nonmarine character, have yielded reasonable results through the application of traditional palynostratigraphy based only on terrestrial palynomorphs; (3) pioneer foreign palynologists (*e.g.*, H. Müller), who came to Brazil to train the earliest native biostratigraphers at PETROBRAS (Brazilian state-owned oil company), were all experts in spores and pollen grains; (4) marine Cretaceous rocks suitable to palynological study are poorly exposed in Brazilian onshore areas, so hampering investigations by Brazilian academicists who had no access to subsurface data. The last factor was particularly crucial in affecting the development of the Brazilian marine Cretaceous palynology. A striking contrast is noticed as the situation is compared to the study of Brazilian Devonian marine palynomorphs – mostly scolecodonts, chitinozoans and microphytoplankton. Here, investigations began as early as the forties and fifties (1940/1950's), supplied by abundant materials collected from the extensive outcrop areas on the borders of the great Paleozoic intracratonic basins, particularly the Paraná and Amazonas basins. During the sixties, PETROBRAS extended oil exploration to the Brazilian continental shelf (*offshore* areas). Nevertheless, at that time the company did not

<sup>1</sup> Submetido em 16 de abril de 2004. Aceito em 22 de julho de 2005.

<sup>2</sup> PETROBRAS/CENPES/PDEXP/BPA. Ilha do Fundão, Q-7, 21949-900. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: arai@petrobras.com.br.

invest immediately in marine palinostratigraphy, because it was believed that biostratigraphic schemes based on foraminifers and calcareous nannofossils would be more efficient and reliable than palynology in Cretaceous marine sequences. This belief changed only in the seventies, when the commercial oil fields were discovered in the Campos Basin. The oil reservoirs identified at that time were within the Macaé Formation, a rock unit deposited in a carbonate shelf environment under restricted (hypersaline), shallow marine conditions. These environmental conditions were certainly hostile to the development and post-mortem preservation of foraminifers and calcareous nannofossil-producing algae. In result, no more than two or three biozones could be identified in the Macaé carbonate section on the basis of such organisms. Besides, carbonate shelf sediments, subject to only minor terrigenous input, are usually poor in terrestrial palynomorphs. After some initial attempts it was soon concluded that traditional palynostratigraphy, based mainly on terrestrial palynomorphs, was unsuitable to the zonation of the Macaé formation. On the other hand, the palynological content of some Macaé strata consists mainly (up to 100%) of such marine palynomorphs as dinoflagellates, acritarchs, and palynoforaminifers. Consequently, PETROBRAS recognized the importance of the development of a zonal framework based on these organisms. The first zonation was erected in 1976, using one acritarch and three dinoflagellate species to subdivide the Macaé Formation. Since the eighties, marine Cretaceous palynostratigraphy has made significant advances mainly due to the use of dinoflagellates. Hundreds of Cretaceous dinoflagellate index species have been introduced in PETROBRAS databanks, and more detailed zonal schemes incorporating several dinoflagellate-defined bio-horizons and zones are becoming widely applicable to all basins of the Brazilian continental margin.

Key words: Palynostratigraphy. Marine palynology. Cretaceous. Brazil.

## INTRODUÇÃO

A Palinologia Aplicada à Bioestratigrafia – a Palinoestratigrafia – tem como objeto de estudo todos os tipos de palinóforos. Estes, por sua vez, abrangem todas as estruturas de matéria orgânica identificáveis taxonomicamente ao microscópio, mesmo que os detalhes da classificação sejam baseados em critérios meramente morfológicos, sem compromisso com a sistemática natural. Basicamente, palinóforos são relacionadas a estruturas oriundas de plantas vasculares (esporos e grãos de pólen), algas (*e.g.*, *Botryococcus* Kützinger, 1849, *Pediastrum* Meyen, 1829, *Ovoidites* Potonié ex Krutzsch, 1959, *Chomotriletes* Naumova, 1939 e prasinoíceas diversas), fungos (hifas e esporos), cistos de protistas (dinocistos e a maioria dos acritarcos), foraminíferos (palinoforaminíferos = testas quitinosas de foraminíferos e seus moldes em betume sólido) e restos orgânicos de alguns metazoários (*e.g.*, quitinozoários, escolecodontes, graptólitos, copépodes e conchostráceos), entre outros.

No Brasil, até há cerca de uma década, a Palinoestratigrafia do Cretáceo era baseada principalmente em palinóforos terrestres (sobretudo esporos e grãos de pólen). Segundo ARAI (1985a, b), esta restrição deveu-se aos seguintes fatores: (1) por várias décadas, o centro de atenção da palinoestratigrafia aplicada à exploração de petróleo brasileiro foi o Recôncavo Baiano, cuja bacia, essencialmente cretácea, experimentara uma

sedimentação predominantemente não-marinha; (2) mesmo entre as bacias com seções marinhas, a maioria apresentou resultados satisfatórios com a aplicação do esquema palinoestratigráfico tradicional baseado em palinóforos terrestres, já que o início da exploração *offshore* se deu em áreas de águas rasas, onde o aporte terrígeno é relativamente maior; (3) os estrangeiros pioneiros (*e.g.*, H. Müller) que treinaram os primeiros palinólogos da PETROBRAS eram especialistas em palinóforos terrestres; (4) o Cretáceo marinho no Brasil tem poucos afloramentos na área emersa (*onshore*), o que dificultou bastante a iniciativa dos pesquisadores da comunidade acadêmica. O Cretáceo marinho aflorante é raro em terras brasileiras, podendo suas ocorrências ser enumeradas rapidamente (de norte a sul): formações Codó e Itapecuru (*pars*), nas bacias de São Luís e do Parnaíba; Grupo Apodi, na Bacia Potiguar; Formação Santana, na Bacia do Araripe; Formação Gramame, na Bacia de Pernambuco-Paraíba; formações Muribeca, Riachuelo, Cotinguiba e Calumbi, na Bacia de Sergipe; Formação Algodões, na Bacia de Camamu e Formação Urucutuca, na Bacia de Almada. Este fato foi crucial para o desenvolvimento da Palinologia marinha no Cretáceo brasileiro, pois o acesso ao material litológico de subsuperfície das bacias submersas da margem continental brasileira – que, além de ser mais rico, abrange maior gama de intervalo estratigráfico –, era conseguido praticamente de modo exclusivo pelas atividades de exploração

petrolífera da PETROBRAS. Para vislumbrar quão efetivo foi este fator, basta comparar com os estudos de palinómorfos marinhos do Devoniano brasileiro – sobretudo escolocodontes, quitinozoários e microfítolâncton (prasinofíceas e acritarcos) –, os quais tinham tido seu advento ainda nos anos 40 e 50 (e.g., LANGE, 1947, 1949a, b, 1950, 1952; SOMMER, 1953, 1956), servindo-se das extensas faixas de afloramentos nas bordas das grandes bacias paleozóicas do Paraná e Amazonas.

Nos anos 60, a PETROBRAS iniciou a exploração das bacias cretáceas da plataforma continental (*offshore*), mas o espaço para Palinóstratigrafia não se criou imediatamente. Havia a crença de que, nas seções marinhas, os arcabouços bioestratigráficos baseados em foraminíferos e nanofósseis calcários seriam mais eficientes.

Todo esse quadro veio a sofrer mudanças nos anos 70, com a descoberta de petróleo na Bacia de Campos, onde a primeira unidade litoestratigráfica a ser reconhecida como portadora de reservatório de petróleo foi a Formação Macaé, depositada em plataforma carbonática. Seu ambiente, sendo de mar restrito e raso, deve ter oferecido condições um tanto hostis para a proliferação de foraminíferos e organismos produtores de nanofósseis calcários, assim como para sua preservação. De fato, dentro da seção carbonática

da formação, estes organismos não têm sido capazes de oferecer mais do que duas ou três unidades bioestratigráficas. É também sabido que ambiente de plataforma carbonática caracteriza-se pela deficiência de aporte terrígeno. Não tardou a perceber-se que o arcabouço palinoestratigráfico tradicional (e.g., esquema de REGALI, UESUGUI & SANTOS, 1974a, b) baseado sobretudo em palinómorfos terrestres também era pouco útil para a exploração da Formação Macaé (Fig.1). Alguns níveis dentro da formação revelaram conter até 100% de palinómorfos marinhos (dinoflagelados, acritarcos e palinoforaminíferos). Assim, a PETROBRAS sentiu a necessidade de elaborar um esquema baseado principalmente nesses organismos. O primeiro arcabouço baseado essencialmente em palinómorfos marinhos foi proposto por UESUGUI (1976), que adotou três espécies de dinoflagelados e uma de acritarco, para subdividir a Formação Macaé. Desde o final dos anos 80, vem se experimentando grandes progressos na Palinóstratigrafia marinha baseada principalmente em dinoflagelados. Atualmente, no cadastro da PETROBRAS existem centenas de dinoflagelados-guias do Cretáceo. E, hoje, os esquemas palinoestratigráficos com ampla incorporação de espécies de dinoflagelados passaram a ser utilizados na maioria das bacias da margem continental brasileira.



Fig.1- Cartoon mostrando a razão da escassez de palinómorfos continentais na Formação Macaé, Bacia de Campos (desenho do autor).

## PALINOESTRATIGRAFIA MARINHA DO CRETÁCEO

Quando se fala em Palinostratigrafia marinha no Cretáceo, resume-se praticamente em Bioestratigrafia baseada em dinocistos (cistos de dinoflagelados). Isto porque, no Mesozóico, os palinomorfos marinhos que prosperaram no Paleozóico se tornam decadentes e numericamente insignificantes – como no caso de acritarcos – ou, senão, totalmente extintos – como nos casos de quitinozoários e graptolitos. Já os dinoflagelados, surgidos no final do Triássico, tiveram seu auge no Cretáceo (Fig.2). Em função da ocorrência abundante e diversificada e da existência de um número elevado de fósseis-guias eficientes, os dinocistos são amplamente utilizados na palinoestratigrafia marinha do Cretáceo.

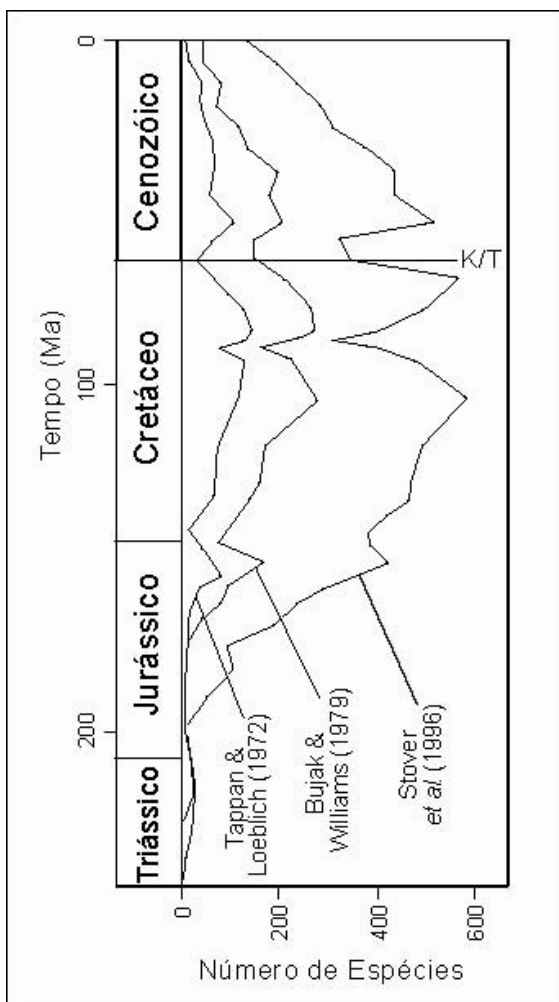


Fig.2- Variação do número de espécies de dinoflagelados ao longo do tempo geológico (MacRAE, 2002). Observar a nítida tendência de declínio no Cenozóico. (K/T) limite Cretáceo – Terciário.

Além de dinocistos, têm presença marcante no Cretáceo marinho os palinoforaminíferos, cuja aplicação estratigráfica ainda se encontra em estágio embrionário. Tentativas pioneiras de sua utilização prática foram realizadas por ARAI & KOUTSOUKOS (1997, 1998).

Além de dinocistos e palinoforaminíferos, a Palinologia marinha do Cretáceo pode contar ainda com escolcodontes, acritarcos e restos de copépodes. Escolcodontes típicos são, na maioria, representados por mandíbulas de anelídeos poliquetas, mas não se descarta a possibilidade de alguns deles serem rádulas de gastrópodes, conforme sugerido pelas ilustrações do trabalho de CALVO (1987), as quais mostram identidade com alguns escolcodontes que vêm sendo observados no Cretáceo. A aplicação estratigráfica dos escolcodontes ainda está em estágio embrionário, pois a maioria dos trabalhos publicados a respeito é dedicada mais à taxonomia (SZANIAWSKI, 1996). No Brasil, os únicos trabalhos de cunho bioestratigráfico adotando fósseis-guias de escolcodontes foram realizados no Terciário da Bacia do Ceará (REGALI, 1980) e da Bacia do Pará-Maranhão (REGALI, 1981).

Nos estratos cretáceos, os acritarcos não apresentam o mesmo brilho do Paleozóico. Conhecem-se poucos táxons de acritarcos cretáceos no Brasil, tendo sido registrados até o momento apenas os seguintes gêneros: *Crassosphaera* Cookson & Manum, 1960, *Cyclopsiella* Drugg & Loeblich Jr., 1967, *Michrhystridium* Deflandre, 1937, *Nummus* Morgan, 1975, *Pterospermella* Eisenack, 1972, *Tarsisphaeridium* Riegel, 1974, *Tasmanites* Newton, 1875 e *Verhachium* Deunff, 1954. Destes, apenas uma espécie de *Cyclopsiella* – aquela denominada “*Acritarcha* ? sp.” por UESUGUI (1976) e “*Cyclopsiella mura*” por BOTELHO NETO (1996) – tem importância estratigráfica, por ser fóssil-guia do Intervalo Alfa (Albiano inferior a médio).

Restos de copépodes (ovos e fragmentos de exoesqueleto) são comuns em sedimentos quaternários (VAN WAVEREN, 1992, 1994; VAN WAVEREN & MARCUS, 1993). No Cretáceo, os registros de ovos de copépodes no Albiano das bacias de Campos e Santos (ARAI, 2000) e no Aptiano da Bacia do Parnaíba (ANTONIOLI, 2001) são os únicos documentados. Ainda é cedo para avaliar a potencialidade estratigráfica desses ovos, mas, segundo ARAI (2000), os picos quantitativos anômalos desses palinomorfos podem servir como ferramenta de correlação.

### BREVE HISTÓRICO DO ESTUDO DE DINOFLAGELADOS FÓSSEIS

Embora dinoflagelados fósseis sejam conhecidos desde o século XIX (*e.g.*, EHRENBERG, 1838; READE, 1839; WHITE, 1842; MANTELL, 1850), eles passaram a ser estudados com critério somente a partir da década de 1930, graças aos esforços dos pioneiros (*e.g.*, DEFLANDRE, 1934; EISENACK, 1935; LEFÈVRE, 1933; O. WETZEL, 1933). Desde então, trabalhos importantes de vários autores passaram a ser publicados ininterruptamente, com exceção do período da Segunda Guerra Mundial (1939 – 1945). O estudo tomou novo impulso com a publicação do trabalho de EVITT (1961) que, por meio de minuciosa análise de tabulação das tecas de dinoflagelados, estabeleceu a relação existente entre os dinoflagelados e as “hístricosferas”. Estas são nada mais que cistos condensados de dinoflagelados e, até então, recebiam um tratamento sistemático à parte, sendo colocadas ao lado dos acritarcos *incertae sedis*. Mas, esquemas bioestratigráficos baseados exclusivamente em dinocistos no Cretáceo surgiram somente a partir dos anos 60 (*e.g.*, CLARKE & VERDIER, 1967; DUXBURY, 1977; WILLIAMS, 1977; DAVEY, 1979), em função da intensificação da exploração petrolífera das bacias marinhas de margens continentais.

Graças ao acúmulo de dados levantados desde então, existem atualmente esquemas bioestratigráficos baseados exclusivamente em dinocistos, cuja aplicabilidade chega a ser de abrangência quase global (*e.g.*, WILLIAMS & BUJAK, 1985; HELBY, MORGAN & PARTRIDGE, 1987; POWELL, 1992).

### ESTUDO DE DINOFLAGELADOS PRÉ-QUATERNÁRIOS NO BRASIL

MENDES (1960), em seu respeitável e pioneiro livro didático de Paleontologia, já reservava algumas linhas para fazer menção ao dinoflagelado, classificando-o dentro do “Phylum Pyrrophytophita” na taxonomia botânica, mas nada comentou sobre sua ocorrência no Brasil.

REGALI (1971) fez um trabalho de cunho bioestratigráfico baseado em palinomorfos dos sedimentos cenozóicos da foz do Amazonas, incluindo seis táxons de dinoflagelados entre 86 palinomorfos *lato sensu*. O Cretáceo não constituiu o objeto deste estudo.

REGALI, UESUGUI & SANTOS (1973) elaboraram uma síntese dos conhecimentos até então obtidos

pelos palinólogos da Petrobras, em seções mesozóicas e cenozóicas das bacias da margem continental brasileira, apresentando um esquema palinoestratigráfico com 42 biozonas baseadas em 226 táxons distribuídos do Cretáceo Inferior ao Terciário, sendo 18 deles dinoflagelados, e destes, cinco provenientes do Cretáceo (*Deflandrea striata* Drugg, 1967, *Gymnodinium nelsonense* Cookson, 1956, *Hystriosphæridium espiritosantensis* Regali, Uesugui & Santos, 1974, *Palaeocystodinium* sp. A e *Palaeocystodinium* sp. B). Este trabalho tornou-se público no ano seguinte (REGALI, UESUGUI & SANTOS, 1974a, b).

HERNGREEN (1975), após estudar palinologicamente amostras de testemunho de vários poços das bacias de Barreirinhas e Sergipe/Alagoas, apresentou um trabalho figurando cerca de 20 táxons de dinoflagelados, além de outras dezenas de grãos de pólen, todos do Cretáceo. O autor propôs uma espécie nova de dinocisto: *Senegalinium sergipense* Hengreen, 1975.

UESUGUI (1976) estabeleceu um esquema bioestratigráfico no intervalo Albiano – Santoniano da Bacia de Campos, baseando-se em 23 formas de palinomorfos, sendo quatro de dinoflagelados. Este trabalho, embora inédito, constituiu um marco na Palinoestratigrafia marinha do Cretáceo no Brasil, pois ele propôs as unidades bioestratigráficas (intervalos Alfa e Beta) baseadas exclusivamente em palinomorfos marinhos onde nenhuma ferramenta bioestratigráfica havia sido capaz de estabelecer uma subdivisão.

LIMA (1978) realizou um estudo palinológico da Formação Santana (Albo-aptiano da Bacia do Araripe), baseando-se em 224 espécies de palinomorfos, sendo quatro de dinoflagelados. O autor reconheceu também a existência de palinoforaminíferos.

REGALI (1978) estudou palinologicamente a coluna estratigráfica da Bacia de Cassiporé por meio de 114 formas de palinomorfos, sendo 22 de dinoflagelados. A maioria dos palinomorfos provém do Terciário, sendo *Gymnodinium nelsonense* o único táxon de dinoflagelado cretáceo.

BRITO (1979) fez breve menção de ocorrência de dinoflagelado no Mioceno da Bacia de Pelotas.

REGALI (1980) publicou um esquema bioestratigráfico estabelecido para a seção cretácea/ terciária da Sub-bacia de Mundaú (Bacia do Ceará), por meio de 54 formas de palinomorfos, as quais incluíam nove dinoflagelados.

O ano de 1980 foi marcado também pela vinda ao Brasil do Prof. William Antony Sarjeant (Universidade de Saskatchewan, Canadá) que fez

uma breve visita ao Laboratório de Micropaleontologia da PETROBRAS (então pertencente ao DEXPRO/DIVEX/SEGEL/LACEX-Laboratório Central de Exploração, Rio de Janeiro), para introduzir os palinólogos da empresa no mundo de dinoflagelados. Receberam esse treinamento os geólogos Armando Teruo Hashimoto, Marília da Silva Pares Regali, Mitsuru Arai, Namio Uesugui, Solange Mello Gonzaga e Sônia Silveira.

ARAI (1981) realizou um trabalho palinoestratigráfico de alta resolução no reservatório petrolífero aptiano do Campo de Riachuelo (Estado de Sergipe), estabelecendo um esquema bioestratigráfico local baseado em 32 formas de palinomorfos, sendo seis de dinoflagelados. Estes dados foram incorporados no trabalho de ABREU *et al.* (1982) que integrou com dados sedimentológicos e petrográficos, concluindo que o aparecimento de dinoflagelados na área coincide praticamente com o surgimento de outras evidências de influência marinha, tais como a microfauna de miliolídeos e tapetes algáceos (*algal mats*) constituídos por cianobactérias.

UESUGUI (1981), após a conclusão do estágio junto ao Prof. William A. Sarjeant, na Universidade de Saskatchewan (Canadá), elaborou um relatório inédito, cujo texto constitui uma verdadeira iniciação ao estudo de dinocistos. O relatório incluiu também a análise bioestratigráfica da seção terciária de um poço da Bacia de Campos, realizada exclusivamente com base em elementos fitoplanctônicos (30 táxons de dinoflagelados e um de acritarco).

RIBEIRO-HESSEL (1982), em seu livro didático, expôs resumidamente a natureza biológica de dinoflagelado e mostrou sua importância estratigráfica. A autora, no entanto, pecou ao cometer a clássica confusão entre dinocistos e histricosferídeos, citando como exemplos os acritarcos devonianos da Formação Inajá (Bacia de Jatobá).

REGALI & GONZAGA (1982), estudando a palinoestratigrafia da Bacia Potiguar, identificaram 20 táxons de dinoflagelados em meio a 127 formas de palinomorfos *lato sensu*. Por meio das distribuições vertical e horizontal de dinocistos, as autoras demonstraram a oscilação de domínio marinho ao longo do intervalo de tempo compreendido entre o Aptiano e o Terciário. O trabalho foi publicado em REGALI & GONZAGA (1985).

REGALI, UESUGUI & LIMA (1983) efetuaram um estudo palinoestratigráfico na seção do Aptiano ao Mioceno da Bacia de Barreirinhas, utilizando 144 formas de palinomorfos, três das quais de

dinoflagelados. O trabalho tornou-se público em REGALI, UESUGUI & LIMA (1985).

AZEVEDO *et al.* (1987) aprimoraram a parte nealbianana do arcabouço bioestratigráfico de UESUGUI (1976), subdividindo o Intervalo Beta em Beta-0 (Zona Din-D/ Din-H) e Beta-1 (Zona *Hystriosphæridium maranhensis* Regali, Uesugui & Santos, 1974).

Em 1988, aconteceu um marco histórico: a vinda da Dra. Edwige Masure da Universidade Pierre et Marie Curie (Paris VI, França), especialista em dinoflagelados do Cretáceo. Ela veio ao Laboratório de Micropaleontologia do Centro de Pesquisas da PETROBRAS (então CENPES/DIVEX/SEBIPE). A Dra. Masure retornou ao Brasil em 1991 e serviu de consultora ao projeto que estava em andamento na PETROBRAS, além de proferir uma palestra no XII Congresso Brasileiro de Paleontologia realizado em São Paulo. Tiveram contato com a pesquisadora os geólogos Armando Teruo Hashimoto, Cecília Cunha Lana, Elizabete Pedrão, Francisco Henrique de Oliveira Lima, José Botelho Neto, Mitsuru Arai, Namio Uesugui e Paulo Roberto Silva Santos.

ARAI & UESUGUI (1989), incorporando novos conhecimentos taxonômicos, rebatizaram as unidades bioestratigráficas albianas definidas por UESUGUI (1976): Zona de *Cyclopsiella* sp. (= Intervalo Alfa), Zona de *Ovoidinium diversum* Davey, 1979 (= Intervalo Beta-0) e Zona de *Oligosphaeridium* aff. *complex* (= Intervalo Beta-1). REGALI (1989) definiu algumas ecozonas caracterizáveis por meio de associações palinológicas observadas na Bacia do Ceará. Duas delas são definidas por dinoflagelados: a Ecozona *Subtilisphaera* spp., do mar epicontinental restrito do Aptiano; e a Ecozona *Canningia colliveri* Cookson & Eisenack, 1960 / *Coronifera oceanica* Cookson & Eisenack, 1958, de ambiente marinho nerítico do Albiano.

LANA & BOTELHO NETO (1989), por meio da comparação das associações de dinoflagelados, diferenciadas entre as bacias de Santos e Potiguar, confirmaram a existência de provincialismo caracterizável por dinoflagelados em bacias brasileiras marinhas no Neocretáceo.

ARAI (1990) apresentou um inventário preliminar dos dinocistos encontrados na Formação Macaé (Albo-cenomaniano da Bacia de Campos).

ARAI & COIMBRA (1990), identificando níveis ricos em dinoflagelados dentro da Formação Santana (Albo-aptiano da Bacia do Araripe), interpretaram eventos de floração fitoplanctônica (*blooms*)

relacionados a episódios de ingressão marinha naquela bacia.

ARAI (1991a, b, 1992, 1993) elaborou um inventário mais completo de dinoflagelados albianos da Bacia de Campos e apresentou uma proposta de zoneamento baseado exclusivamente em dinoflagelados, subdividindo o Albo-cenomaniano em nove unidades bioestratigráficas (cinco baseadas em níveis de aparecimento e quatro baseadas em níveis de extinção).

ARAI (1994) fez um inventário dos dinoflagelados do Cretáceo Superior (intervalo Turoniano – Maastrichtiano) da Bacia de Campos, subdividindo-o em 18 unidades bioestratigráficas (cinco baseadas em níveis de aparecimento e 13 baseadas em níveis de extinção).

ARAI, LANA & PEDRÃO (1994, 1996) realizaram um levantamento das ocorrências da Ecozona *Subtilisphaera* spp. em várias bacias da orla do Atlântico Sul primitivo do Eocretáceo, reconhecendo a ecozona como registro de um bioevento intercontinental.

ARAI, SHIMABUKURO & VIVIERS (1996) efetuaram uma análise bioestratigráfica minuciosa do Vraconiano (parte superior do Albiano superior), destacando a importância estratigráfica de dinoflagelados.

BOTELHO NETO (1996), em sua dissertação de mestrado, reconheceu por meio de elementos microfítotoplancônicos as palinozonas B, C e D – respectivamente equivalentes às biozonas de *Muderongia* cf. *pariata* Duxbury, 1983, *Cyclopsiella* sp. e *Ovoidinium diversum* –, além de identificar mais de uma dezena de táxons de dinoflagelados na coluna estratigráfica do Cretáceo da Bacia do Espírito Santo.

ARAI & BOTELHO NETO (1996), integrando os dados levantados nas bacias do Sul/Sudeste (Pelotas, Santos, Campos e Espírito Santo), propuseram para o Cretáceo dessas regiões um arcabouço constituído por 16 biozonas baseadas exclusivamente em dinocistos.

ARAI (1997) apresentou um inventário dos dinocistos miocênicos presentes no nível marinho da parte inferior do Grupo Barreiras do nordeste do Estado do Pará.

ARAI & MASURE (1997) efetuaram o inventário mais completo jamais realizado do Vraconiano da Bacia de Campos, apresentando cerca de 70 táxons de dinocistos.

LANA (1997), em sua dissertação de mestrado que versou sobre a palinoestratigrafia integrada do intervalo Cenomaniano – Turoniano da Bacia

Potiguar, utilizou mais de 100 táxons de palinomorfs, sendo 60 de dinocistos. A autora aprofundou também na caracterização paleoambiental das associações. Este enfoque foi destacado no trabalho de LANA (1998).

ANTONIOLI (1998), estudando o Albo-Aptiano da Bacia do Ceará, identificou quatro táxons de dinocistos em meio a 154 de palinomorfs *lato sensu*. ARAI *et al.* (1998a, b, c, 2000) ao reunir todos os dados de ocorrências de dinoflagelados cretáceos em diversas bacias do Brasil, mostrou a evolução de provincialismo no Atlântico Sul no decorrer do Cretáceo.

LANA & PEDRÃO (2000a) e PEDRÃO & LANA (2000), estudando o Aptiano inferior da Bacia de Almada, identificaram o registro mais antigo da Ecozona *Subtilisphaera* spp. no Brasil. No material investigado, LANA & PEDRÃO (2000b) reconheceram a predominância de uma espécie nova: a *Subtilisphaera almadaensis* Lana & Pedrão, 2000.

ARAI (2001a) apresentou um trabalho que sintetiza o valor estratigráfico dos dinocistos pertencentes ao gênero *Odontochitina* no Cretáceo do Brasil.

ANTONIOLI (2001), na sua tese de doutorado, identificou a Ecozona *Subtilisphaera* spp. na Formação Codó (Albo-aptiano da Bacia do Parnaíba). No material investigado, a autora reconheceu a predominância de uma espécie nova: a *Subtilisphaera codoensis* Antonioli, 2001. Convém lembrar que este registro da ecozona é que faltava para comprovar a conexão via Bacia do Parnaíba do mar Albo-aptiano entre a Bacia de São Luís e a Bacia do Araripe, como havia conjecturado ARAI (2001b). O significado paleogeográfico do registro foi destacado por ANTONIOLI & ARAI (2002).

CARVALHO (2001), ao estudar seções testemunhadas das formações Muribeca e Riachuelo (Albo-aptiano) de dois furos de sondagem na Bacia de Sergipe, identificou 72 táxons de palinomorfs *lato sensu*, sendo destes 20 dinoflagelados.

LANA & ROESNER (2002) identificaram 61 táxons de dinocistos e definiram 10 biozonas de dinoflagelados no intervalo Aptiano – Maastrichtiano das bacias do Ceará e Potiguar.

LANA, ARAI & ROESNER (2002) fizeram análise comparativa entre os esquemas de ARAI & BOTELHO NETO (1996) e LANA & ROESNER (2002), destacando em esquemas bioestratigráficos do Cretáceo similaridades e diferenças entre as bacias das margens equatorial e do Sudeste do Brasil.

SARKIS (2002), em sua tese de doutorado, fez levantamento detalhado de dinocistos presentes na adjacência do limite Cretáceo – Terciário da Pedreira Poty, Bacia de Pernambuco-Paraíba, identificando 84 espécies de dinocistos. A síntese bioestratigráfica da tese foi apresentada em SARKIS, ARAI & KOUTSOUKOS (2002).

MASURE & ARAI (2003) efetuaram um inventário detalhado de dinoflagelados presentes na seção do Albiano ao Turoniano de um poço da Bacia de Santos, registrando 63 táxons.

ARAI (2003) apontou a necessidade de revisão de alguns táxons de dinoflagelados, citando o exemplo do mórfon *Oligosphaeridium complex* (White, 1842).

ARAI & LANA (2004) elaboraram um histórico sobre o estudo de dinoflagelados fósseis no Brasil, dando destaque na sua aplicação à Geologia de Petróleo.

FERREIRA (2004), em sua tese de doutorado, realizou estudos palinoestratigráficos e paleoambientais do intervalo Paleoceno – Eoceno da Formação Calumbi (Bacia de Sergipe), tendo como ferramenta principal os dinocistos.

ARAI (2004) registrou a ocorrência de seis eventos de floração (*blooms*) de dinoflagelados no Cretáceo marinho do Brasil e destacou sua importância sob aspectos paleoecológicos e bioestratigráficos.

#### A EVOLUÇÃO DA PALINOESTRATIGRAFIA MARINHA DO CRETÁCEO NO BRASIL

Analisando o histórico da evolução do estudo de dinoflagelados fósseis no Brasil, pode-se afirmar que a Palinoestratigrafia marinha do Cretáceo teve três momentos históricos. O primeiro foi, sem dúvida, a proposição dos intervalos Alfa e Beta que introduziu a subdivisão inédita para o Albiano da Bacia de Campos (UESUGUI, 1976). Este arcabouço recebeu aprimoramento por AZEVEDO *et al.* (1987) que introduziram as subdivisões do Intervalo Beta (Beta-0 e Beta-1) e por ARAI & UESUGUI (1989) que efetuaram as correções necessárias na nomenclatura taxonômica relativa aos fósseis-guias dos Intervalos Alfa, Beta-0 e Beta-1.

O segundo ciclo é representado pela série de trabalhos do autor – ARAI (1990, 1992, 1994) – que, juntos, consolidaram o biozoneamento baseado exclusivamente em dinoflagelados para todo o Cretáceo marinho da Bacia de Campos. Também foi nessa segunda fase que houve aprimoramento significativo no levantamento taxonômico. O número de táxons de dinoflagelados saltou de 30, no final da década de 1980, para cerca

de 180, nos meados da década de 1990 (Fig. 3). Além disso, efetuou-se uma exaustiva arrumação taxonômica, tomando como padrão a lista de gêneros e espécies de LENTIN & WILLIAMS (LENTIN & WILLIAMS, 1973, 1975, 1977, 1981, 1985, 1989, 1993; WILLIAMS, LENTIN & FENSOME, 1998).

O terceiro ciclo é constituído pela expansão da aplicação do zoneamento para além do limite da Bacia de Campos. Não tardou a descobrir-se que o arcabouço bioestratigráfico nascido nessa bacia serviria para todas as bacias costeiras do Sul e Sudeste, como foi provado por ARAI & BOTELHO (1996). Com o avanço de estudos, foram propostos esquemas bioestratigráficos de dinoflagelados em outras regiões do país: Bacia Potiguar (LANA, 1997) e Bacia do Ceará (LANA & ROESNER, 2002). Com o levantamento das associações de diversas bacias, houve amadurecimento no estudo de provincialismo paleobiogeográfico (ARAI *et al.*, 1998a, b, c; 2000), cujo estudo pioneiro no Brasil havia sido ensaiado por LANA & BOTELHO (1989). Com a conscientização da existência de provincialismo, passou-se a valorizar arcabouços regionais diferentes daqueles utilizados nas bacias do Sul/Sudeste, tendo, no entanto, sempre uma preocupação em calibrar os bio-horizontes em relação à escala cronoestratigráfica padrão. O exemplo deste esforço pode ser apreciado no trabalho de LANA, ARAI & ROESNER (2002), que fizeram um estudo comparativo das sucessões de associações de dinoflagelados entre as bacias da margem equatorial e as do Sudeste.

#### CONCLUSÕES

No Brasil, embora algumas aplicações bioestratigráficas de dinoflagelados tenham sido ensaiadas antes (*e.g.*, REGALI, 1971; REGALI, UESUGUI & SANTOS, 1974 a,b; REGALI, 1980), a proposição de esquemas baseados exclusivamente em dinoflagelados aconteceu somente a partir dos anos 90 (ARAI, 1992, 1994; ARAI & BOTELHO NETO, 1996; LANA & ROESNER, 2002; LANA, ARAI & ROESNER, 2002). Sem dúvida alguma, a necessidade exploratória na Bacia de Campos foi um grande estímulo primordial, pois os primeiros reservatórios ali reconhecidos eram do Albo-cenomaniano, onde palinomorfos marinhos desempenharam papel importante, já que os fósseis-guias tradicionais de REGALI, UESUGUI & SANTOS (1974 a,b) têm ocorrência discreta no Cretáceo médio das bacias do Sul e Sudeste do Brasil.



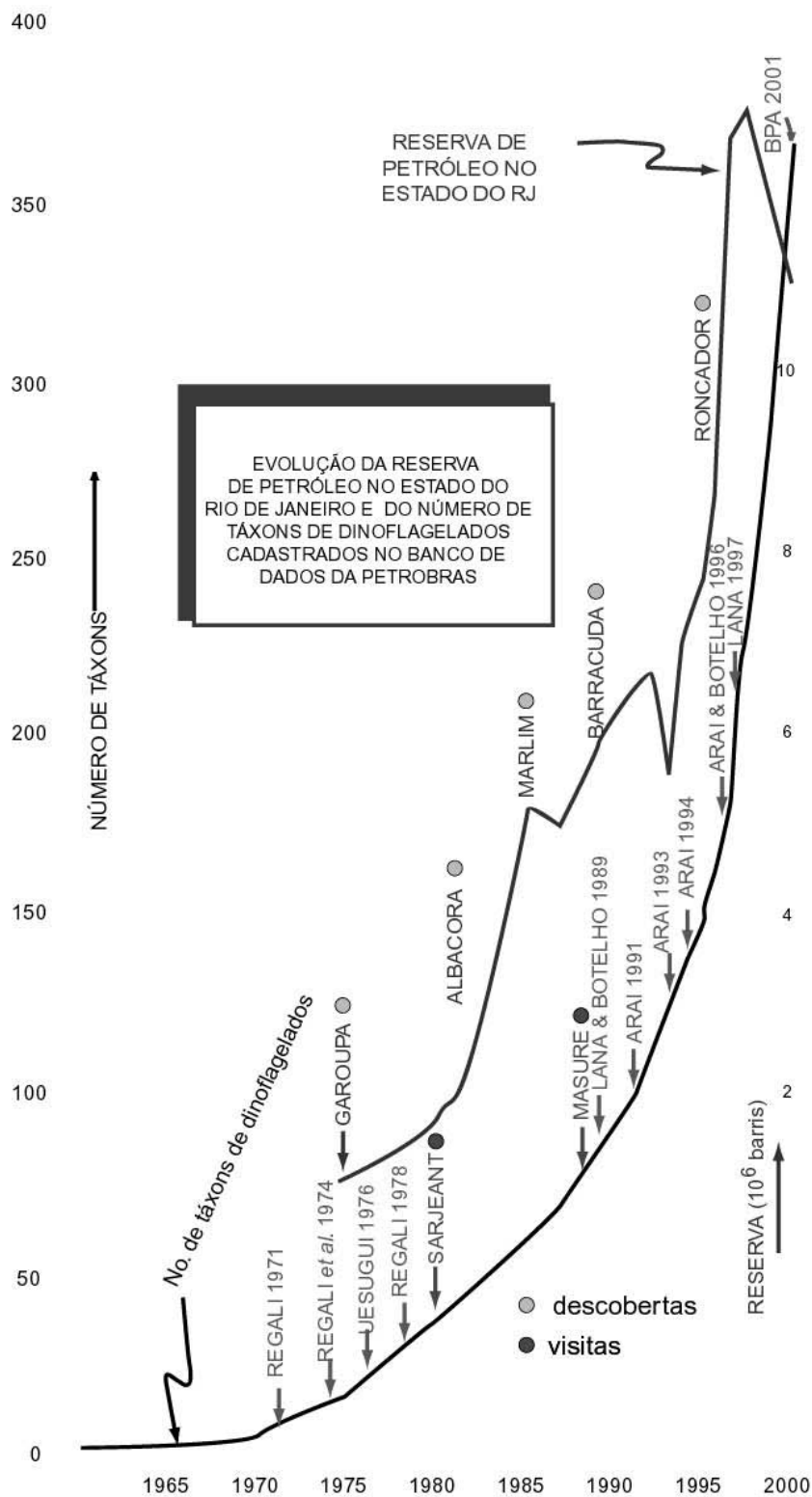


Fig.3- Gráfico mostrando o paralelismo entre a evolução da reserva de petróleo no estado do Rio de Janeiro e o crescimento do número de táxons de dinoflagelados fósseis identificados no Brasil (extraída do painel de ARAI, 2001c).

Com o avanço da atividade exploratória em direção às áreas de águas profundas nas últimas décadas, os estratos atravessados por poços perfurados também passaram a representar paleoambientes marinhos cada vez mais profundos. Hoje, não é exagero afirmar que, se não houvesse a consecução do zoneamento baseado em dinoflagelados, o exercício de bioestratigrafia no Cretáceo médio marinho (Aptiano – Turoniano) estaria seriamente comprometido, já que nesse intervalo os outros métodos bioestratigráficos (palinologia tradicional, nanofósseis calcários e foraminíferos) revelaram-se menos eficientes.

São inúmeros os feitos bioestratigráficos devidos exclusivamente a dinoflagelados, sendo de especial destaque os seguintes:

1. Reconhecimento de incursão marinha precoce já no Eoaptiano (e.g., LANA & PEDRÃO, 2000a, b; PEDRÃO & LANA, 2000);
2. Identificação de evidências de ingressão marinha incipiente, como aconteceu no estudo do Campo de Riachuelo (ABREU *et al.*, 1982);
3. Subdivisão do Albo-cenomaniano das bacias de Campos e Santos e pelo menos cinco unidades bioestratigráficas (ARAI, 1992);
4. Demarcação segura do topo do Campaniano nas bacias do Sul/Sudeste do Brasil (ARAI & BOTELHO NETO, 1996).

#### REFERÊNCIAS

- ABREU, C.J.; FALCONI, C.M.O.; ARAI, M.; PIMENTEL, A.M.P. & ANJOS, S.M.C., 1982. Sedimentação dos reservatórios petrolíferos do Campo de Riachuelo, Bacia de Sergipe/Alagoas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., Salvador, 1982. **Anais...** Salvador, SBG, v.5: p.2300-2313.
- ANTONIOLI, L., 1998. **Estudo palinológico da seção aptiana-eoalbiã da Bacia do Ceará, Nordeste do Brasil: sistemática, bioestratigrafia e paleoambientes.** Rio de Janeiro-RJ. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, 151 p., 23 est., 1 anexo.
- ANTONIOLI, L., 2001. **Estudo palinocronoestratigráfico da Formação Codó - Cretáceo Inferior do Nordeste Brasileiro.** Rio de Janeiro-RJ. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, 265p.
- ANTONIOLI, L. & ARAI, M. 2002. O registro da Ecozona *Subtilisphaera* na Formação Codó (Cretáceo Inferior da Bacia do Parnaíba, Nordeste do Brasil): seu significado paleogeográfico. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 6., São Pedro-SP, 2002. **Boletim...** Rio Claro, UNESP. p.25-30.
- ARAI, M., 1981. **Projeto Riachuelo: Palinoestratigrafia.** Rio de Janeiro, PETROBRAS. CENPES. LABOR. SEPALE (Relatório Interno).
- ARAI, M., 1985a. Dinoflagelados fósseis: um grupo ainda pouco utilizado na reconstituição geohistórica da margem atlântica brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 9., Fortaleza, 1985. **Resumo das Comunicações**, p.34.
- ARAI, M., 1985b. Dinoflagelados fósseis: uma ferramenta pouco utilizada na reconstituição geohistórica da margem atlântica brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 9., Fortaleza, 1985. **Anais...** (texto em minuta, inédito).
- ARAI, M., 1990. Dinoflagelados fósseis do Cretáceo médio da Bacia de Campos. **Paleobotânica Latinoamericana** (Circular Informativa ALPP), 9(1): p.5. (resumo).
- ARAI, M., 1991a. **Dinoflagelados do Cretáceo médio da Bacia de Campos.** Rio de Janeiro. PETROBRÁS. CENPES. DIVEX. SEBIPE (Relatório de Progresso do Projeto Dinoflagelado- Parte 1).
- ARAI, M., 1991b. O gênero *Litosphaeridium* (Dinophyceae) e sua contribuição à cronoestratigrafia do Cretáceo médio da Bacia de Campos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 12., São Paulo, 1991. **Boletim de Resumos**, p.90.
- ARAI, M., 1992. Dinoflagellates from the middle Cretaceous in the offshore Campos Basin, southeastern Brazil. In: SIMPÓSIO SOBRE AS BACIAS CRETÁCIAS BRASILEIRAS, 2., Rio Claro-SP, 1992. **Resumos Expandidos...**, p.27-29.
- ARAI, M., 1993. **Dinoflagelados do Cretáceo médio da Bacia de Campos.** Rio de Janeiro. PETROBRÁS. CENPES. DIVEX. SEBIPE, 60p., 9 figs., 4 ests., anexos (Relatório Final do Projeto 01.02.44).
- ARAI, M., 1994. Dinoflagelados do Cretáceo Superior (Turoniano – Maastrichtiano) da Bacia de Campos, plataforma continental do Sudeste Brasileiro. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 3., Rio Claro-SP, 1994. **Boletim...** Rio Claro, UNESP. p.59-61.
- ARAI, M., 1997. Dinoflagelados (Dinophyceae) miocênicos do Grupo Barreiras do Nordeste do Estado do Pará (Brasil). **Revista Universidade de Guarulhos, Geociências**, Ano II (Número Especial): 98-106.
- ARAI, M., 2000. Ocorrências de ovos de copépodes em associações palinológicas do Albiano das bacias de Santos e Campos (plataforma continental do Sudeste do Brasil). **Revista Universidade de Guarulhos, Geociências V** (Número Especial): 93-97.
- ARAI, M., 2001a. O gênero *Odontochitina* Deflandre, 1937 (Pyrrhophyta, Dinophyceae) no Cretáceo das bacias da margem continental brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 17., Rio Branco – AC, 2001, **Boletim de Resumos**, p.64.

- ARAI, M., 2001b. Palinologia de depósitos cretáceos no Norte e Meio-Norte do Brasil: histórico e estado-da-arte. In: ROSSETTI, D.F.; GÓES, A.M. & TRUCKENBRODT, W. (Eds.) **O Cretáceo na Bacia de São Luís - Grajaú**. Belém: MPEG Editoração, Coleção Friedrich Katzer, p.175-189.
- ARAI, M., 2001c. Bacia de Campos: o berço da Palinoestratigrafia marinha do Cretáceo brasileiro. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 7., Rio de Janeiro, 2001. **Boletim de Resumos**, Rio de Janeiro, SBG-Núcleo RJ/ES (CD-ROM).
- ARAI, M., 2003. Revisão do mórfon *Oligosphaeridium complex* (White, 1842), Pyrrophyta, Dinophyceae: sua implicação na palinoestratigrafia e na paleobiogeografia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 18., Brasília, 2003, **Boletim de Resumos**, p.51.
- ARAI, M., 2004. Dinoflagellate blooms from the Cretaceous of Brazil. In: INTERNATIONAL PALYNOLOGICAL CONGRESS, 11., Granada, Espanha, 2004. **Proceedings...** Córdoba, Servicio de Publicaciones, Universidad de Córdoba, p.120 (**Polen**, 14).
- ARAI, M. & BOTELHO NETO, J., 1996. Biostratigraphy of the marine Cretaceous from Brazilian southern and southeastern marginal basins, based on fossil dinoflagellates. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., Salvador, 1996. **Anais...** SBG. 7, p.408-410.
- ARAI, M.; BOTELHO NETO, J.; LANA, C.C. & PEDRÃO, E., 1998a. Biogeographic differentiation and provincialism of Cretaceous dinoflagellates in Brazilian basins and the Atlantic Ocean. **Boletim de la Asociación Paleontológica del Golfo S. Jorge**, Comodoro Rivadavia, **2** (Ed. Especial), Ano I: 4.
- ARAI, M.; BOTELHO NETO, J.; LANA, C.C. & PEDRÃO, E., 1998b. Diferenciação biogeográfica dos dinoflagelados cretáceos nas bacias brasileiras e sua relação com o provincialismo no Atlântico. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, **70**(2):382-383.
- ARAI, M.; BOTELHO NETO, J.; LANA, C.C. & PEDRÃO, E., 1998c. Low latitude palynology from Brazilian marine cretaceous. **Noticias ALPP**, Lima, **6**(1-2):4.
- ARAI, M.; BOTELHO NETO, J.; LANA, C.C. & PEDRÃO, E., 2000. Cretaceous dinoflagellate provincialism in Brazilian marginal basins. **Cretaceous Research**, **21**:351-366.
- ARAI, M. & COIMBRA, J.C., 1990. Análise paleoecológica do registro das primeiras ingressões marinhas na Formação Santana (Cretáceo Inferior da Chapada do Araripe). In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1., Crato, 1990. **Atas...**, p.225-239.
- ARAI, M. & KOUTSOUKOS, E.A.M., 1997. Palynoforaminifera and their stratigraphical application: an example from the Vraconian (upper Albian) of the Campos Basin, offshore southeastern Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 15., São Pedro - SP, 1997. **Boletim de Resumos**, p.155.
- ARAI, M. & KOUTSOUKOS, E.A.M., 1998. Palynoforaminifera (foraminiferal organic linings and allied material): a new tool for petroleum exploration. In: RIO 98 AAPG INTERNATIONAL CONFERENCE & EXHIBITION, Rio de Janeiro, 1998. **Extended Abstracts Volume**, p.584-585.
- ARAI, M. & LANA, C.C., 2004. Histórico do estudo de dinoflagelados fósseis no Brasil: sua relação com a evolução da exploração petrolífera no Cretáceo das bacias da margem continental. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, **12**(1):175-189.
- ARAI, M.; LANA, C.C. & PEDRÃO, E., 1994. Ecozona *Subtilisphaera* spp.: registro eocretáceo de um importante episódio ecológico do Oceano Atlântico primitivo. **Acta Geológica Leopoldensia**, São Leopoldo, **39**(2):521-538.
- ARAI, M.; LANA, C.C. & PEDRÃO, E., 1996. Le genre *Subtilisphaera*, dinoflagellé pionnier des premières transgressions de l'Atlantique Nord en région équatoriale. **Strata**, Paris, Série 1, v.8: p.90.
- ARAI, M. & MASURE, E., 1997. Les dinoflagellés Vraconiens du Bassin de Campos (Brésil). **SAMC News**, Heidelberg, **7**:9
- ARAI, M.; SHIMABUKURO, S. & VIVIERS, M.C., 1996. Caracterização do Vraconiano (Albiano superior, Cretáceo Inferior) no Brasil: uma contribuição paleomicroplanctônica. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 4, Águas de São Pedro - SP, 1996. **Boletim...** Rio Claro, UNESP. p.39-45.
- ARAI, M. & UESUGUI, N., 1989. Dinoflagellate biostratigraphy of the Macaé Formation (Albian - Cenomanian), Campos Basin. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODERN AND FOSSIL DINOFLAGELLATES, 4, Woods Hole, 1989. **Program and Abstracts**, p.20.
- AZEVEDO, R.L.M.; GOMIDE, J.; VIVIERS, M.C. & HASHIMOTO, A.T., 1987. Bioestratigrafia do Cretáceo marinho da Bacia de Campos, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, **17**(2):147-153.
- BOTELHO NETO, J., 1996. **Porção Norte da plataforma de Regência, Bacia do Espírito Santo: caracterização palinoestratigráfica e evolução paleoambiental**. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências. Dissertação de Mestrado. 163p.

- BRITO, I.M., 1979. **Bacias sedimentares e formações pós-paleozóicas do Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Interciências, 179p.
- BUJAK, J.P. & WILLIAMS, G.L., 1979. Dinoflagellate diversity through time. **Marine Micropaleontology**, Oxford, **4**:1-12.
- CALVO, I.S., 1987. **Rádulas de gastrópodes marinhos brasileiros**. Rio Grande, Editora da Fundação Universidade do Rio Grande. 201p.
- CARVALHO, M.A., 2001. **Paleoenvironmental reconstruction based on palynological and palynofacies analyses of the Aptian - Albian succession in the Sergipe Basin, northeastern Brazil**. Heidelberg, Universidade de Heidelberg, (Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Naturwissenschaftlich-Mathematischen Gesamtfakultät der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg), 150p., 6 est., 4 apêndices.
- CLARKE, R.F.A. & VERDIER, J.P. 1967. An investigation of microplankton assemblages from the Chalk of the Isle of Wight, England. **Verhandelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Afdeling Natuurkunde, Eerste Reeks**, Amsterdam, **24**(3):1-96, est.1-17.
- DAVEY, R.J., 1979. Marine Apto-albian palynomorphs from Holes 400A and 402A, IPOD Leg 48, Northern Bay of Biscay. In: MONTADERT, L. *et al.* (Eds.) **Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project**, v.48. Washington, U.S. Government Printing Office. p.547-577.
- DEFLANDRE, G., 1934. Sur les microfossiles d'origine planctonique, conservés à l'état de matière organique dans les silex de la craie. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences**, Paris, **199**:966-968.
- DUXBURY, S., 1977. A palynostratigraphy of the Berriasian to Barremian of the Speeton Clay of Speeton, England. **Palaeontographica Abt. B**, Stuttgart, **160**:17-67, est.1-15.
- EHRENBERG, C.G., 1838. Über das Massenverhältniss der jetzt lebenden Kiesel-Infusorien und über ein neues Infusorien-Conglomerat als Polierschiefer von Jastraba in Ungarn. **Königlich Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Abhandlungen**, 1836, Berlin, **1**:109-135, ests.1-2.
- EISENACK, A., 1935. Mikrofossilien aus Doggergeschieben Ostpreussens. **Zeitschrift für Geschiebeforschung**, Berlin, **11**:167-184, ests.4-5.
- EVITT, W.R., 1961. Observations on the morphology of fossil dinoflagellates. **Micropaleontology**, New York, **7**(4):385-420.
- FERREIRA, E.P., 2004. **Palinoestratigrafia e estudos paleoambientais da seção Paleoceno-Eoceno da Bacia de Sergipe**. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências (Tese de Doutorado).
- HELBY, R.; MORGAN, R. & PARTRIDGE, A.D., 1987. A palynological zonation of the Australian Mesozoic. In: JELL, P.A (Ed.) **Studies in Australian Mesozoic Palynology**. Sidney: Association of Australasian Palaeontologists. p.1-94.
- HERNGREEN, G.F.W., 1975. Palynology of Middle and Upper Cretaceous strata in Brazil. **Mededelingen Rijks Geologische Dienst, Nieuwe Serie**, Maastricht, **26**(3):39-91.
- LANA, C.C., 1997. **Palinologia e estratigrafia integrada da seção Cenomaniano médio - Turoniano inferior da porção centro-leste da Bacia Potiguar, NE do Brasil**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de Mestrado. v.1, 197p.; v.2, 144p.
- LANA, C.C., 1998. The palaeoenvironmental distribution of the upper Cenomanian - lower Turonian dinocyst assemblages of Potiguar basin, Northeastern Brazil. In: SIXTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODERN AND FOSSIL DINOFLAGELLATES, DINO 6, Trondheim, 1998, **Abstracts, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet Vitenskapsmuseet, Rapport botanisk serie 1998-1:90**.
- LANA, C.C.; ARAI, M. & ROESNER, E.H., 2002. Dinoflagelados fósseis da seção cretácea marinha das bacias marginais brasileiras: um estudo comparativo entre as margens equatorial e sudeste. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 6., São Pedro-SP, 2002. **Boletim...** Rio Claro, UNESP. p.247-252.
- LANA, C.C. & BOTELHO NETO, J., 1989. Evidências de provincialismo entre os dinoflagelados peridinióides do Cretáceo Superior - Paleoceno das bacias de Santos e Potiguar, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11., Curitiba, 1989. **Anais...** Curitiba, Sociedade Brasileira de Paleontologia, v.1, p.353-371.
- LANA, C.C. & PEDRÃO, E., 2000a. *Subtilisphaera almadaensis*, uma nova espécie de dinoflagelado da Bacia de Almada, Brasil. **Revista Universidade de Guarulhos, Geociências V**, Guarulhos, Número Especial:86-88.
- LANA, C.C. & PEDRÃO, E., 2000b. Um episódio de incursão marinha no Eoaptiano (Eoalagoas) da Bacia de Almada, BA, Brasil. **Revista Universidade de Guarulhos, Geociências V**, Guarulhos, Número Especial): 89-92.
- LANA, C.C. & ROESNER, E.H., 2002. Biocronoestratigrafia de dinoflagelados da seção cretácea marinha das bacias do Ceará e Potiguar, margem equatorial brasileira. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 6., São Pedro-SP, 2002. **Boletim...** Rio Claro, UNESP. p.239-245.

- LANGE, F.W., 1947. Anelideos poliquetas dos folhelhos devonianos do Paraná. **Arquivos do Museu Paranaense**, Curitiba, **6**:161-230.
- LANGE, F.W., 1949a. Polychaete annelids from the Devonian of Paraná, Brazil. **Bulletins of American Paleontology**, Ithaca, **33**(134):1-102.
- LANGE, F.W., 1949b. Novos microfósseis devonianos do Paraná. **Arquivos do Museu Paranaense**, Curitiba, **7**:287-298.
- LANGE, F.W., 1950. Um novo escolecodonte dos Folhelhos Ponta Grossa. **Arquivos do Museu Paranaense**, Curitiba, **8**:189-214.
- LANGE, F.W., 1952. Chitinozoários do Folhelho Barreirinha, Devoniano do Pará. **Dusenja**, Curitiba, **3**(5):373-386.
- LEFÈVRE, M., 1933. Recherches sur les péridiniens fossiles des Barbades. **Bulletin du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris**, Série 2, Paris, **5**:415-418.
- LENTIN, J.K. & WILLIAMS, G.L., 1973. Fossil dinoflagellates: index to genera and species. **Geological Survey of Canada**, New Scotia, **Paper No.73-42**, p.1-176.
- LENTIN, J.K. & WILLIAMS, G.L., 1975. Fossil dinoflagellates: index to genera and species - Supplement 1. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, **53**:2147-2157.
- LENTIN, J.K. & WILLIAMS, G.L., 1977. Fossil dinoflagellates: index to genera and species, 1977 edition. **Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences, Report Series B1-R-77-8**, New Scotia: Bedford Institute of Oceanography, p.1-209.
- LENTIN, J.K. & WILLIAMS, G.L., 1981. Fossil dinoflagellates: index to genera and species, 1981 edition. **Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences, Report Series BI-R-81-12**, New Scotia: Bedford Institute of Oceanography, p.1-345.
- LENTIN, J.K. & WILLIAMS, G.L., 1985. Fossil dinoflagellates: index to genera and species, 1985 edition. **Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences**, New Scotia, **60**:1-451.
- LENTIN, J.K. & WILLIAMS, G.L., 1989. Fossil dinoflagellates: index to genera and species, 1989 edition. **American Association of Stratigraphic Palynologists Contributions Series**, Houston, **20**:1-473.
- LENTIN, J.K. & WILLIAMS, G.L., 1993. Fossil dinoflagellates: index to genera and species, 1993 edition. **American Association of Stratigraphic Palynologists Contributions Series**, Houston, **28**:1-856.
- LIMA, M.R., 1978. **Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil)**. São Paulo, Universidade de São Paulo, (Tese de Doutorado), 337 p., est.1-27.
- MACRAE, A., 2002. **Diversity of dinoflagellate species from Triassic to Quaternary. A: Total number of species per time interval**. Disponível em: <[http://geo.ucalgary.ca/~macrae/diversity\\_sp93.gif](http://geo.ucalgary.ca/~macrae/diversity_sp93.gif)>. Acesso em 06 dez. 2002.
- MANTELL, G.A., 1850. **A pictorial atlas of fossil remains consisting of coloured illustrations selected from Parkinson's "Organic Remains of a Former World", and Artis's "Antediluvian Phytology"**. London, Henry G. Bohn, 207p., 74 est.
- MASURE, E. & ARAI, M., 2003. Les kystes de dinoflagellés du Crétacé moyen de la marge atlantique brésilienne, le bassin de Santos. **Revue de Micropaléontologie**, Paris, **46**:47-64.
- MENDES, J.C., 1960. **Introdução à Paleontologia Geral**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional do Livro.
- PEDRÃO, E. & LANA, C.C., 2000. Ecozona *Subtilisphaera* e seu registro nas bacias brasileiras. **Revista Universidade de Guarulhos, Geociências V**, Guarulhos, Número Especial:81-85.
- POWELL, A.J., 1992. **A stratigraphic index of dinoflagellate cysts**. London: Chapman & Hall. 290p.
- READE, J.B., 1839. On some new organic remains in the Flint of Chalk. **Annals of Natural History**, London, **2**:191-198, est.8-9.
- REGALI, M.S.P., 1971. **Palinologia dos sedimentos cenozóicos da foz do Rio Amazonas**. São Paulo, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 96p., 11 estampas, 8 anexos
- REGALI, M.S.P., 1978. **Palinocronoestratigrafia dos sedimentos da plataforma do Amapá/ Bacia de Cassiporé**. Rio de Janeiro, PETROBRAS. DIVEX. SEGEL, 33p., 10 figs. (Relatório Interno).
- REGALI, M.S.P., 1980. Palinocronoestratigrafia da Bacia do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., Camboriú-SC, 1980. **Anais...** Florianópolis, SBG. v.5, p.3118-3129.
- REGALI, M.S.P., 1981. Tertiary scolecodont assemblages of the Maranhão continental shelf, northeast Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, **34**:237-246.
- REGALI, M.S.P., 1989. Primeiros registros da transgressão neo-aptiana na margem equatorial brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11., Curitiba, 1989. **Anais...** SBP. v.1, p.275-293.
- REGALI, M.S.P. & GONZAGA, S.M., 1982. **Palinocronoestratigrafia da Bacia Potiguar**. Rio de Janeiro, PETROBRAS. DIVEX. SEGEL (Relatório Interno).
- REGALI, M.S.P. & GONZAGA, S.M., 1985. Palinocronoestratigrafia da Bacia de Potiguar - Rio Grande do Norte, Brasil. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Coletânea de Trabalhos Paleontológicos**, Brasília. p.443-460. (Geologia, 27, Paleontologia e Estratigrafia, 2).

- REGALI, M.S.P.; UESUGUI, N. & LIMA, E.C., 1983. **Projeto Barreirinhas – Reavaliação palinológica e paleoambiental**. Maranhão-Brasil. Rio de Janeiro, PETROBRAS. CENPES. SEBIPE (Relatório Interno).
- REGALI, M.S.P.; UESUGUI, N. & LIMA, E.C., 1985. Palinostратigrafia e paleoambiente da Bacia de Barreirinhas - Maranhão-Brasil. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Coletânea de Trabalhos Paleontológicos**, Brasília. p.461-470. (Geologia, 27, Paleontologia e Estratigrafia, 2).
- REGALI, M.S.P.; UESUGUI, N. & SANTOS, A.S., 1973. **Palinologia dos sedimentos meso-cenozóicos do Brasil**. Salvador, PETROBRAS. DEXPRO. RPBA. DIREX (Relatório Interno).
- REGALI, M.S.P.; UESUGUI, N. & SANTOS, A.S., 1974a. Palinologia dos sedimentos meso-cenozóicos do Brasil. I. **Boletim Técnico PETROBRAS**, Rio de Janeiro, **17**(3):177-191.
- REGALI, M.S.P.; UESUGUI, N. & SANTOS, A.S., 1974b. Palinologia dos sedimentos meso-cenozóicos do Brasil. II. **Boletim Técnico PETROBRAS**, Rio de Janeiro, **17**(4):263-301.
- RIBEIRO-HESSEL, M.H., 1982. **Curso Prático de Paleontologia Geral**. Porto Alegre: Editora da Universidade, UFRGS, 250p.
- SARKIS, M.F.R., 2002. **Palinostратigrafia com base em dinoflagelados do limite Cretáceo-Terciário, Pedreira Poty, Bacia de Pernambuco-Paraíba, Nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 253p., 10 estampas (Tese de Doutorado).
- SARKIS, M.F.R.; ARAI, M. & KOUTSOUKOS, E.A.M., 2002. Dinoflagelados do limite Cretáceo – Terciário (K-T), Pedreira Poty, Bacia de Pernambuco-Paraíba, Nordeste do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 6., São Pedro-SP, 2002. **Boletim...** Rio Claro, UNESP. p.271-277.
- SOMMER, F.W., 1953. Os esporomorfos do folhelho de Barreirinha. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**, Rio de Janeiro, **140**:1-49.
- SOMMER, F.W., 1956. Novas espécies de Tasmanites do Devoniano do Pará. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, **28**(4):455-463.
- STOVER, L.E.; BRINKHUIS, S.P.; DAMASSA, S.P.; DE VERTEUIL, L.; HELBY, R.J.; MONTEIL, E.; PARTRIDGE, A.D.; POWELL, A.J.; RIDING, J.B.; SMELROR, M. & WILLIAMS, G.L., 1996. Chapter 19. Mesozoic-Tertiary dinoflagellates, acritarchs and prasinophytes. In: JANSONIUS, J. & MCGREGOR, D.C. (Eds.) **Palynology: principles and applications**. Texas: American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, v.2, p.641-750.
- SZANIAWSKI, H., 1996. Chapter 12. Scolecodonts. In: JANSONIUS, J. & MCGREGOR, D.C. (Eds.) **Palynology: principles and applications**. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, v.1, p.337-354.
- TAPPAN, H. & LOEBLICH JR., A.R., 1972. Geobiologic implications of fossil phytoplankton evolution and time-space distribution. In: KOSANKE, R.M. & CROSS, A.T. (Eds.) **Symposium on palynology of the Late Cretaceous and Early Tertiary**. Boulder: Geological Society of America, *Special Paper*, **127**:247-340.
- UESUGUI, N., 1976. **Intervalos bioestratigráficos da Bacia de Campos do Albiano ao Santoniano**. Rio de Janeiro: PETROBRAS. DEXPRO. DIVEX. SEGEL. 11p. (Relatório interno).
- UESUGUI, N., 1981. **Dinoflagelados, bioestratigrafia e paleoecologia**. Rio de Janeiro, PETROBRAS. CENPES. LABOR. SEPALE. (Relatório interno).
- VAN WAVEREN, I.M., 1992. Morphology of probable planktonic crustacean eggs from the Holocene of the Banda Sea (Indonesia). In: HEAD, M.J. & WRENN, J.H. (Eds.) **Neogene and Quaternary Dinoflagellate cysts and acritarchs**. Dallas: American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, p.89-120.
- VAN WAVEREN, I.M., 1994. Distribution of copepod egg-envelopes in sub-Recent sediments from the Banda Sea (Indonésia). **Scripta Geologica**, Leiden, **105**:53-67.
- VAN WAVEREN, I.M. & MARCUS, N.H., 1993. Morphology of recent copepod egg-envelopes from Turkey Point, Gulf of Mexico, and their implications for acritarch affinity. **Special Papers in Palaeontology**, London, **48**:111-124.
- WETZEL, O., 1933. Die in organischer Substanz erhaltenen Mikrofossilien des baltischen Kreide-Feuersteins mit einem sediment-petrographischen und stratigraphischen Anhang. **Palaeontographica Abstract A**, Stuttgart, **77**:141-188.
- WHITE, H.H., 1842. On fossil Xanthidia. **Microscopical Journal**, **11**:35-40, est.4.
- WILLIAMS, G.L., 1977. Dinocysts: their paleontology, biostratigraphy and paleoecology. In: RAMSAY, A.T.S. (Ed.) **Oceanic Micropalaeontology**. London: Academic Press, p.1231-1325.
- WILLIAMS, G.L. & BUJAK, J.P., 1985. Mesozoic and Cenozoic dinoflagellates. In: BOLLI, H.M., SAUNDERS, J.B. & PERCH-NIELSEN, K. (Eds.) **Plankton Stratigraphy**, Cambridge: Cambridge University Press, p.847-1032.
- WILLIAMS, G.L.; LENTIN, J.K. & FENSOME, R.A., 1998. The Lentin & Williams Index of fossil dinoflagellates - 1998 edition. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, **Contributions Series**, Houston, **34**:1-817.