

A MICROPALAEONTOLOGIA NA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO

DIMAS DIAS-BRITO*

ABSTRACT MICROPALAEONTOLOGY IN OIL INDUSTRY. This article presents a comprehensive overview of the nature and use of Micropaleontology in oil industry, and is intended for undergraduate students of Geology and other courses in related scientific areas (e.g., Biology, Oceanography, etc.). The fossil groups most frequently employed in hydrocarbon exploration of the Brazilian sedimentary basins are presented and discussed, on the basis of investigations carried out by PETROBRÁS at its Research Center (CENPES). Applied studies of palynomorphs, ostracodes, calcareous nanofossils and foraminifera, as well as examples of major contributions provided by such studies to stratigraphical or paleoecological interpretations of the geological history of Brazilian sedimentary basins, are also included in the main scope of this paper.

RESUMO A MICROPALAEONTOLOGIA NA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO. O artigo apresenta uma visão atual acerca da natureza e uso da micropaleontologia na indústria do petróleo, através de um texto especialmente escrito para estudantes de geologia e de áreas potencialmente formadoras de recursos humanos para atuação neste campo geocientífico (i.e: biologia, oceanografia). Centrado nas atividades que a PETROBRÁS desenvolve no seu Centro de Pesquisas - CENPES -, os diversos grupos de microfósseis mais amplamente utilizados na exploração petrolífera das bacias sedimentares brasileiras são citados e discutidos. A aplicação dos estudos palinológicos, de ostracodes, nanofósseis calcários e de foraminíferos é enfocada, explicitando-se algumas das contribuições que cada uma destas especialidades vem prestando à interpretação de história geológica de nossas bacias, seja no campo estratigráfico ou no domínio da paleoecologia.

Longe ao norte, numa terra chamada SVITHJOD, existe uma rocha. Possui cem milhas de altura e cem milhas de largura. Uma vez em cada milênio, um passarinho vem à rocha para afiar seu bico. Quando a rocha tiver sido assim totalmente desgastada, então um único dia da eternidade ter-se-á escoado. HENDRIK W. VAN LOON, EICHER, D. (*TEMPO GEOLÓGICO*, tradução de J.E.S. Farjallat, Eds. Edgard Blücher/EDUSP, p. 17, 1969).

INTRODUÇÃO Antigos lagos e mares do passado geológico da Terra constituem as bacias sedimentares que, hoje, são o alvo da indústria petrolífera mundial.

O conhecimento geológico dessas bacias, em cujo cerne se encontra a Micropaleontologia, é um dos mais importantes fatores de sucesso desta indústria. Sendo ferramenta geológica essencial para o reconhecimento da sucessão de eventos históricos que ocorreram em uma bacia sedimentar, a Micropaleontologia tem papel relevante e destacado para responder a questões vitais da exploração petrolífera (relações entre rochas-fonte de hidrocarbonetos e entre rochas-fonte e rochas reservatórios; migração do óleo; influência das descontinuidades na acumulação de petróleo; taxas de deposição e sua influência na preservação da matéria orgânica e na acumulação do petróleo; influência da forma e arquitetura da bacia sobre os ambientes e fácies; extensão das fácies ambientais no controle da distribuição e extensão das ocorrências petrolíferas; relação de depósitos turbidíticos e acumulações de petróleo), tais como formuladas por L.G. WEEKS em seu clássico artigo "Habitat of oil and some factors that control it" (*in: Habitat of Oil, A Symposium - AAPG, Tulsa, USA, 1958*). Henry B. Milner em seu trabalho "The study and correlation of sediments by petrographic methods", como cita um dos maiores nomes da história da indústria petrolífera americana M.T. HALBOUTY (*in: Petrographic and Physical Characteristics of Sands from Seven Gulf Coast Producing Horizons, Houston, Texas, Gulf Publishing Company, 1937*), cunha, em relação aos métodos petrográficos, a seguinte frase: "Os métodos de maneira nenhuma substituem os processos mais exatos de correlação paleontológica, que são e sempre deverão ser de importância primeira e fundamental na geologia analítica".

No Brasil, todos os campos petrolíferos descobertos até o momento tiveram, nos estudos geológicos, a presença imprescindível da pesquisa micropaleontológica. Em bacias paleozóicas, mesozóicas e cenozóicas, as várias especialidades deste campo científico sempre marcaram presença. Assim, não é demais afirmar que esse domínio da Paleontologia contribuiu e vem contribuindo significativamente para a descoberta de cada barril de petróleo produzido no país.

MICROPALAEONTOLOGIA: SUAS BASES E SEU USO NA INDÚSTRIA PETROLÍFERA Mas, afinal, o que é a Micropaleontologia e em que residem suas bases? Quais seus enfoques e como vem sendo usada na indústria petrolífera, especialmente na Petrobrás?

Procuraremos responder a essas questões com um texto especialmente escrito para estudantes envolvidos com as Ciências da Terra.

A Micropaleontologia é o ramo do conhecimento humano envolvido com o estudo dos microfósseis. Elementos biológicos que viveram ou se distribuíram nos lagos ou mares antigos e abundantemente se preservaram nas rochas, os microfósseis têm em si características que indicam as condições ambientais sob as quais a camada que os contém foi depositada. Por estudos analógicos, qualitativos e quantitativos, que comparam aspectos e distribuição das microfaunas e microfloras que hoje habitam os modernos lagos e oceanos com aqueles apresentados pelas comunidades de microfósseis, pode-se reconstruir, etapa a etapa, a evolução paleoambiental de uma bacia sedimentar, sendo, então, revelados pontos significativos, tais como: profundidade e salinidade da lâmina d'água do sítio deposicional, produtividade orgânica do antigo ecossistema, nível de oxigenação do meio, condições climáticas da época etc. Este enfoque da Micropaleontologia insere-se no amplo e dinâmico campo da Paleoecologia.

O outro aspecto micropaleontológico, que na exploração petrolífera certamente é ainda mais importante que o enfoque paleoecológico, refere-se à correlação das camadas sedimentares. Os microfósseis são os elementos mais seguros e amplamente utilizados para correlacionar os estratos

* Setor de Bioestratigrafia e Paleoecologia da Divisão de Exploração, Cenpes/Petrobrás. Ilha do Fundão, Quadra 7, CEP 21910, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

rochosos, dado ao fato de que, em decorrência da evolução dos seres vivos no tempo geológico, cada parte do empilhamento sedimentar tem seu conteúdo microfossilífero particular. Se a descoberta de um esqueleto completo de um dinossauro se constitui em fato excepcional no mundo paleontológico, o achado de milhares de microfósseis bem preservados em alguns gramas de sedimento é um fato quase rotineiro. Com a combinação de dados radiométricos e paleontológicos, foi possível o estabelecimento de uma escala padrão de tempo – a Escala Internacional do Tempo Geológico – usada em todo o mundo e que possibilita, pela identificação dos fósseis de determinada camada, o reconhecimento de sua idade (biocronologia). Vinculam-se a isso termos tais como Oligoceno, Mioceno, Albiano, Cretáceo etc. (que significam determinados intervalos do Tempo Geológico), tão freqüentemente usados na geologia do petróleo. Assim, o método bioestratigráfico não só permite a datação, por exemplo, de uma camada geradora de petróleo ou de um corpo reservatório de hidrocarbonetos, mas também auxilia no reconhecimento da extensão da camada na bacia; possibilita, por outro lado, a correlação desta camada com aquelas presentes em outras áreas do país ou mesmo em bacias estrangeiras. Além disso, os estudos biocronoestratigráficos identificam e quantificam importantes discontinuidades no registro sedimentar, que são, na realidade, páginas perdidas da história das bacias. Tais hiatos, muitas vezes oriundos da erosão de camadas por correntes submarinas ou vinculados a rebaixamento do nível do mar, são de larga importância para a geologia do petróleo já que, não raro, sua ocorrência associa-se à presença de importantes reservatórios turbidíticos ou porque, freqüentemente, colocam rochas geradoras em contato direto com sedimentos-reservatório.

Deste modo, a Bioestratigrafia e a Paleocologia, que têm como suporte essencial os estudos de detalhe da morfologia dos microfósseis feitos sob microscopia óptica convencional e com o auxílio do microscópio eletrônico de varredura (MEV), são áreas intimamente ligadas e se completam como ferramenta paleobiológica de grande uso na indústria petrolífera: dão número às páginas que fizeram a história de cada bacia sedimentar, bem como fornecem importantes informações sobre as condições paleoambientais dominantes em cada momento desta história.

Tais áreas científicas e seu pleno domínio tecnológico são fundamentais para a prospecção de hidrocarbonetos em qualquer parte do mundo. Na Petrobrás, a área micropaleontológica teve origem nos anos 50 e vem dando indispensáveis contribuições ao entendimento da geologia sedimentar de nosso território, podendo-se afirmar, com absoluta certeza, que a compreensão de nossas bacias petrolíferas tem importante apoio nesta atividade científica.

Na Petrobrás, o futuro da Bioestratigrafia e da Paleocologia, cujas bases repousam sobre especialidades intrínsecas do campo micropaleontológico exploratório, tais como palinologia, ostracodes, foraminíferos e nanofósseis calcários, é o mesmo que se delineia para a área fora do Brasil: sua plena integração com outros métodos geocientíficos, especialmente a sísmica, seu avanço na utilização de recursos da Informática, seu crescimento nos campos da taxonomia e da investigação ecológica nos ambientes modernos e sua expansão/diversificação como área de pesquisa; neste último aspecto é absolutamente indispensável continuar com uma forte articulação de nossos especialistas com a comunidade científica nacional e, sobretudo, internacional. Só assim far-se-á frente à gigantesca tarefa de se estudar os mais de 5.000.000 km² da área sedimentar brasileira e participar da exploração de bacias situadas em outros continentes do mundo.

PALINOLOGIA Um dos ramos da Paleontologia, mais particularmente da Paleobotânica, a Palinologia trata,

sobretudo de pólen e esporos de plantas, fragmentos de algas e fungos, registrados ao longo do tempo geológico. Seu uso na exploração petrolífera é vasto já que é aplicada na datação e correlação de camadas depositadas tanto em ambiente marinho como em meio lacustre; auxilia, também, na reconstrução de cenários deposicionais intimamente relacionados à acumulação de petróleo, tais como deltas, recifes e embaiamentos costeiros, fornecendo informações valiosas para a confecção de mapas paleogeográficos. Dentro do campo da Geoquímica Orgânica, a coloração dos palinomorfos pode ser usada como guia na definição do grau de maturação da rocha geradora de hidrocarbonetos.

No território brasileiro as investigações palinológicas têm-se prestado para as pesquisas geológicas conduzidas nas mais diversas bacias. Vejamos alguns exemplos:

- Bacias pré-cambrianas (com sedimentos mais velhos que 570 milhões de anos): os estudos palinológicos dataram rochas da Bacia de São Francisco, localizada nos Estados de Minas Gerais, Bahia e Goiás, onde a Petrobrás revela interesse exploratório em hidrocarbonetos.

- Bacias paleozóicas (com sedimentos mais velhos que 250 milhões de anos) envolvem as bacias do Paraná, Parnaíba, Amazonas e Solimões. As idades das rochas geradoras e reservatórios da área de Urucu, por exemplo, obtidas com base em análises palinológicas foram de grande importância para a compreensão do modelo geológico da Bacia do Solimões.

- Bacias mesozóicas (com sedimentos mais velhos que 65 milhões de anos) envolvem as bacias costeiras de Pelotas e Cassiporé. O método palinológico aparece com destaque nessas bacias pela datação de nossas rochas não-marinhas geradoras de hidrocarbonetos, sendo especialmente importante para o estabelecimento das relações das rochas lacustres do Brasil – depositadas entre 140 e 115 milhões de anos atrás – com suas contemporâneas marinhas acumuladas em outras bacias da Terra; é também de alta aplicação na subdivisão estratigráfica dos pacotes rochosos das formações Macaé e Campos da Bacia de Campos e Pendência da Bacia Potiguar, onde se encontram importantes jazidas de hidrocarbonetos.

- Bacias cenozóicas (com sedimentos mais jovens que 65 milhões de anos): Ao longo de toda a margem atlântica brasileira, sedimentos depositados sob forte influência continental, como as formações Pirarucu e Tucunará na Bacia da Foz do Amazonas, só podem ser datados com o auxílio da Palinologia, cujas informações também são de grande valia para os estudos paleoclimáticos.

OSTRACODES Diminutos crustáceos (carapaças calcárias com tamanho médio de 0,5 a 1,5 mm), os ostracodes ocorrem em corpos aquosos – lagos, rios e oceanos – da Terra desde 570 milhões de anos atrás. Tais fósseis são particularmente usados pela indústria do petróleo para o estudo de antigas bacias lacustres, como as do Brasil, da costa oeste africana, do Sudão, China, Mongólia, União Soviética e do Oriente Médio.

Sua aplicação na exploração petrolífera tem estado, sobretudo, associada à datação das rochas sedimentares. Somente nos últimos anos tem-se voltado para as investigações paleoambientais baseadas nos ostracodes, o que vem exigindo maiores investimentos na pesquisa deste grupo biológico.

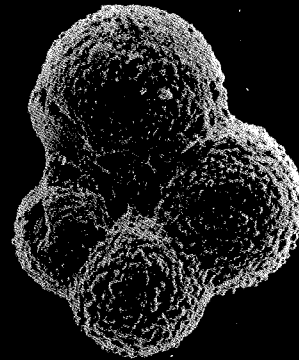
No Brasil, a Petrobrás vem empregando os estudos de ostracodes desde 1956. Por conter um grande número de espécies que apresentaram rápida evolução biológica em lagos de 140 a 115 milhões de anos atrás (Lago do Recôncavo, Lago Potiguar, Lago de Campos etc.), o grupo dos ostracodes fósseis constitui-se a mais importante ferramenta de que dispomos para a datação de nossas camadas lacustres geradoras e acumuladoras de hidrocarbonetos. Em realidade,

NANOFÓSSIL - 20µ



Eiffelithus turriseiffeli
(100 milhões de anos)

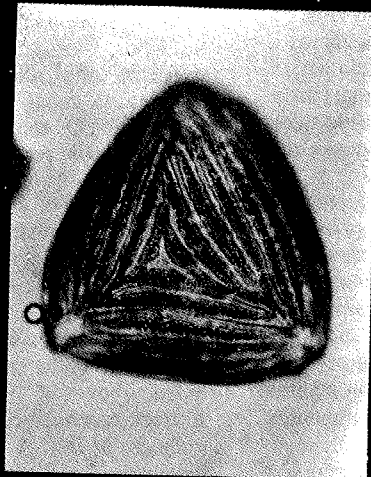
FORAMINÍFERO - 300µ



Whiteinella baltica
(90 milhões de anos)

29506 20KV 50U

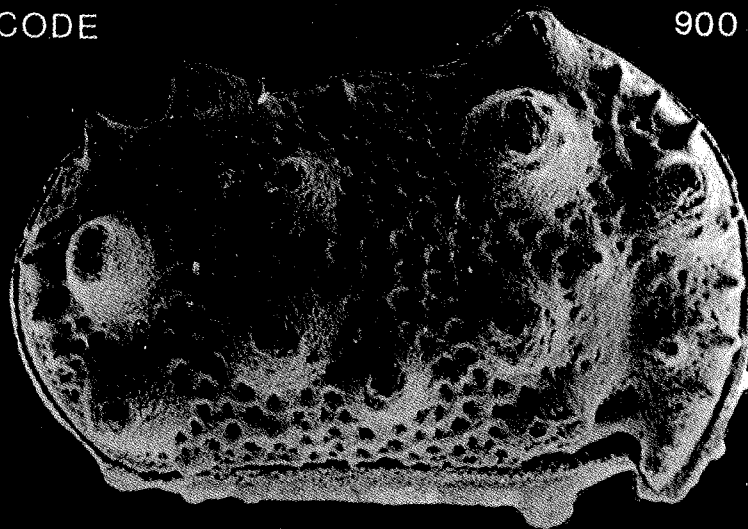
PALINOMORFO
60µ



Cicatricosisporites sp
(110 milhões de anos)

OSTRACODE

900µ



Cypridea heliopolisensis hespera (140 milhões de anos.)

Plate 1 - Alguns exemplos de nano e microfósseis

o habitat dos ostracodes se confunde com o próprio habitat em que ocorreu a deposição das rochas geradoras de todo o petróleo nacional. Esta associação dá a medida correta do que significa a importância do conhecimento da distribuição espacial e vertical dos ostracodes nas bacias sedimentares brasileiras. Se integrada aos estudos palinológicos, a pesquisa ostracodológica se transforma em uma das armas mais poderosas que o geólogo dispõe para a correlação de nossas bacias com aquelas do Oeste da África.

Nas bacias do Recôncavo, Tucano, Sergipe-Alagoas, Potiguar, Campos, Bahia Sul e Espírito Santo, que tiveram as subdivisões estratigráficas de suas rochas lacustres feitas sobretudo com base nos ostracodes, empregam-se esses microfósseis no dia-a-dia exploratório para a correlação dos poços perfurados.

Atualmente, tomando-se como referência a Bacia do Recôncavo, realiza-se no Cenpes um programa de estudo com base em ostracodes cujo objetivo é reconstruir as condições ecológicas e ambientais do antigo Lago Recôncavo em sua história evolutiva. De vanguarda, tal pesquisa visa auxiliar a compreensão do modelo geológico daquela bacia e contribuir para a geração de novas idéias a serem incorporadas no processo prospectivo de nossas bacias sedimentares.

NANOFÓSSEIS Plaquetas algálicas com dimensões inferiores a 0,03 mm, os nanofósseis calcários são os menores microfósseis em uso na indústria do petróleo.

De origem marinha, os organismos produtores dessas plaquetas ocorrem nos oceanos da Terra desde 150 milhões de anos atrás. Por terem apresentado taxas de evolução e diversificação biológica extremamente rápidas, os nanofósseis são excelentes indicadores da idade das rochas, o que os transforma em forte ferramenta para a exploração petrolífera: daí seu uso crescente por todas as companhias do mundo.

No Brasil, esta especialidade da Micropaleontologia é empregada desde os anos 70. Todas as bacias da margem leste e de grande parte da margem equatorial da Plataforma Continental Brasileira vêm tendo seu conteúdo nanofossilífero investigado. Tais estudos, à semelhança da especialidade que se ocupa com os foraminíferos, permitem que se detalhe, com agudez, a sucessão dos eventos históricos ocorridos em uma bacia: pode-se estabelecer, a cada milhão de anos, a seqüência de episódios transcorridos no sítio sedimentar, o que é valiosíssimo para a exploração petrolífera.

A técnica tem sido exaustivamente usada na exploração de águas profundas na Bacia de Campos, oferecendo subsídios essenciais para o entendimento da história e geometria dos reservatórios turbidíticos dos campos gigantes de Albacora e Marlim. Daí, pode-se depreender que sua aplicação será de vital importância para as novas descobertas que a Petrobrás deverá fazer em águas profundas ao longo da margem atlântica do Brasil. Neste contexto, ocorrem hoje, no Centro de Pesquisas da Petrobrás (Cenpes), projetos que visam a implantação desta ferramenta exploratória nas bacias Potiguar e do Ceará, objetivando o plano futuro de prospecção de hidrocarbonetos nas águas profundas dessas bacias.

FORAMINÍFEROS Protozoários que constroem carapaças calcárias ou arenosas de 0,02 a 44 mm, os

foraminíferos ocorrem nos mares da Terra desde 570 milhões de anos atrás. Seu uso na indústria petrolífera é praxe quando se exploram bacias marinhas.

Em razão de sua extensa variabilidade morfológica, de sua grande abundância nas rochas sedimentares e da rápida evolução que suas espécies apresentaram através do tempo geológico, esses microfósseis são excelentes elementos para a correlação e a datação de camadas depositadas em ambientes marinhos.

Devido à ampla distribuição de suas espécies nos mais diversos habitats dos oceanos (cada conjunto de espécies habitando áreas oceânicas específicas — da costa às profundidades abissais), os foraminíferos são os mais importantes elementos de que dispõe o paleoecólogo para reconstruir a história dos oceanos. Pelo estudo desses microfósseis fazem-se mapas batimétricos para as diferentes fases da evolução geológica de uma bacia sedimentar, indicando-se os valores da lâmina d'água da bacia ao longo tempo. Tais estudos, por exemplo, auxiliam na identificação de corpos arenosos turbidíticos que no Brasil representam os reservatórios portadores das mais importantes acumulações de hidrocarbonetos, tais como Marlim e Albacora; são, também, de grande importância para cálculos de subsidência (afundamento da bacia ao longo do tempo) que visam avaliar o potencial gerador de HC das bacias sedimentares.

Eis algumas aplicações dos foraminíferos no Brasil:

- Bacias paleozóicas: Datação de camadas calcárias depositadas entre 250 e 350 milhões de anos atrás na Bacia do Amazonas.
- Bacias mesozóicas: Datação de rochas carbonáticas da Bacia de Campos contendo reservatórios com petróleo (campos de Garoupa, Pampo e Bicudo, entre outros) e reconstrução das condições paleoambientais da época (110 milhões de anos atrás), quando se depositou a Formação Macaé. Datação dos reservatórios turbidíticos dos campos petrolíferos de Namorado, Cherne, Vermelho e Garoupinha, entre outros, e dos reservatórios Açú na Bacia Potiguar. Na Bacia de Santos, os foraminíferos foram usados para a datação dos sedimentos do Campo de Merluza e daqueles presentes no Poço 1-PRS-4, cuja gênese dos reservatórios se situa na mesma situação paleoecológica dos calcários da Formação Macaé na Bacia de Campos.
- Bacias cenozóicas: Na plataforma de Pará-Maranhão rochas calcárias, formadas à base de foraminíferos, constituem reservatórios que já produziram alguma quantidade comercial de petróleo. Em Sergipe-Alagoas, os estudos de foraminíferos auxiliaram na definição da idade dos sedimentos Calumbi, nos campos de Guaricema e Caioba, principais produtores de HC da bacia. Na Bacia de Campos, as pesquisas baseadas em foraminíferos estão sendo usadas para a compreensão do contexto ambiental em que se depositaram os arenitos dos importantes campos petrolíferos de água profunda de Albacora e Marlim.

MANUSCRITO P01

Recebido em 01 de janeiro de 1989

Revisão do autor em 20 de março de 1989

Revisão aceita em 12 de abril de 1989

Nas terras de milagre as águas preches dos garimpos choram em cada bateia a lágrima dum diamante.

Mário de Andrade