

MICROFÓSSEIS

Maria Helena Zucon
Fabiana Silva Vieira

META

Neste capítulo vamos introduzir os conhecimentos básicos sobre os microfósseis, assim como, os principais microfósseis estudados dentro da Paleontologia.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:
distinguir os diferentes tipos de microfósseis.

PRÉ-REQUISITOS

Os pré-requisitos para o estudo dos microfósseis são os conceitos básicos de Paleontologia e os conteúdos iniciais da disciplina Invertebrados I.

INTRODUÇÃO

Neste capítulo trataremos de uma especialização da Paleontologia denominada de Micropaleontologia a qual apresenta estreita relação com a Biologia e a Geologia, especialmente, a Estratigrafia e a Sedimentologia. Os microfósseis, objetos de estudo da Micropaleontologia corresponde a restos fossilizados de organismos microscópicos, sendo encontrados em abundância nos ambientes marinhos, lacustres ou fluviais. Comumente são preservadas suas carapaças (conchas) e esqueletos formados por minerais ou revestimentos orgânicos endurecidos (VILELA, 2004).

Quem são os organismos que estaremos chamando de microfósseis? Muitos vocês conhecem ao menos na teoria por terem representantes atuais. Abaixo segue uma lista com os microfósseis que serão contemplados neste capítulo:

- Dentre os protoctistas podemos destacar os foraminíferos, radiolários, as diatomáceas, nanofósseis, dinoflagelados, tintinídeos e calcipionelídeos;
- Entre os artropódes estão os ostracodes;
- Partes reprodutivas de plantas e fungos como os poléns e esporos.
- Quitinozoários e Acritarcas.

Você consegue imaginar qual seria o interesse de se estudar os microfósseis? De modo geral, estes microrganismos são numerosos, têm tamanho reduzido, estão amplamente distribuídos com ocorrência em quase todas as idades, desde o Pré-Cambriano aos tempos atuais (rápida evolução), possuem ampla distribuição batimétrica e são facilmente preservados no registro fóssil, além disso, em uma pequena fração de amostra é possível encontrar informações suficientes para análises criteriosas e interpretações precisas como datação e correlação dos sedimentos, além de serem empregados em estudos paleoecológicos.

PROTOCTISTAS

FORAMINÍFEROS

São protoctistas microscópicos, bentônicos ou planctônicos, predominantemente marinhos e que têm seu protoplasma envolto por uma testa composta de material orgânico secretado, ou minerais (calcita, aragonita ou sílica) ou por partículas aglutinadas. A testa pode ser constituída por uma única câmara ou por várias sendo, então, denominadas por unilocular ou multilocular, respectivamente, as quais se conectam entre si por meio de pequenas aberturas denominadas foramen. Externamente das testas estendem-se os pseudópodes, que são filamentos protoplasmáticos usados

na locomoção, fixação ao substrato e alimentação (Figura 1). A morfologia varia muito em função da adaptação ao meio (Figura 2).

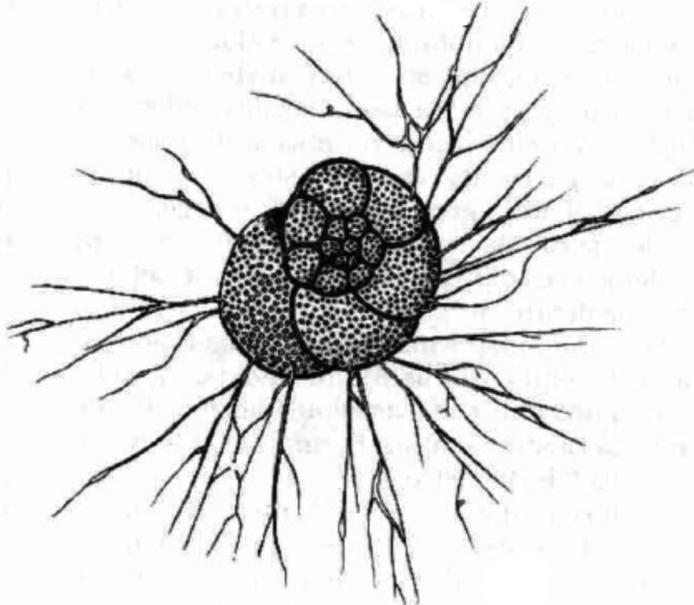


Figura 1. Foraminífero planctônico recente com os pseudópodos visíveis (Fonte: <http://www.infoescola.com/reino-protista/filo-foraminifera>)

O que se preserva destes organismos no sedimento e a partir do qual identifica-se a nível específico é a testa, sendo que a maior representatividade no registro fóssilífero é daquelas compostas por carbonato de cálcio por ser um mineral resistente a dissolução.

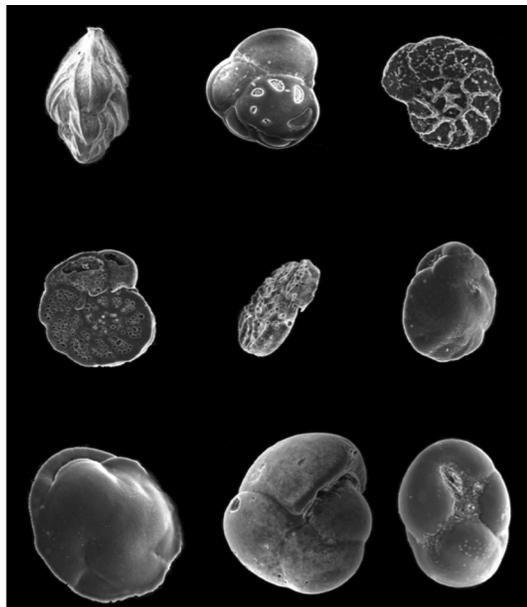


Figura 2. Variações da morfologia básica (Imagem: VIEIRA, 2004).

Os foraminíferos constituem um grupo de organismos de enorme sucesso, sendo os mais abundantes componentes eucarióticos do assoalho marinho, tanto em número de indivíduos como em biomassa (GOODAY, 1994; MORIGI et al, 2001). Constituem um grupo muito amplo ocorrendo no registro paleontológico em rochas com mais de 300 milhões de anos. Aproximadamente 4000 espécies são bentônicas, enquanto apenas 40 espécies são planctônicas. Geralmente as formas planctônicas têm testas mais delicadas que as bentônicas, e comumente apresentam espinhos.

Os foraminíferos são sensíveis às menores variações ambientais, tendo por isso, inúmeras aplicações. Os bentônicos são frequentemente empregados em trabalhos de reconstruções paleoambientais. Entenda-se que isto inclui compreender como era o ambiente pretérito, inclusive saber se era um ambiente saudável ou alterado pelas atividades humanas. São, também, os mais utilizados em trabalhos de datações de rochas do Paleozóico. As datações precisas associadas às indicações paleoambientais são muito úteis no reconhecimento de rochas geradoras e armazenadoras de petróleo. Enquanto que as espécies planctônicas são usadas como indicadores das variações de temperatura sendo utilizada nas reconstruções glaciais em rochas do Pleistoceno.

Os foraminíferos bentônicos têm sido intensamente utilizados como bioindicadores de poluição nos mais diversos ambientes como baía, lagoas, estuários, plataforma e talude continentais. Estes ambientes por serem importantes sob o aspecto sócio-econômico e devido a proximidade com grandes centros urbanos vêm passando por intensa devastação dos seus recursos naturais como flora, fauna e recursos hídricos que acabam afetando o bem estar e a permanência do homem na terra.

RADIOLÁRIOS

São exclusivamente marinhos, habitam desde a superfície até as profundidades abissais. (EILERT et al, 2004; FAUTH & FAUTH, 2009).

Possuem endoesqueleto silicoso e pseudópodes rígidos (axópodes). A estrutura esquelética é representada sob a forma de espinhos anastomosados, esferas perfuradas concêntricas ou estruturas cônicas multiloculares e com possíveis espinhos (Figura 03).

O tamanho entre as espécies solitárias variam de 0,05 mm a 0,25 mm, e entre as coloniais podem atingir, em alguns casos, até 3 m de comprimento (FAUTH & FAUTH, 2009). Os registros mais antigos datam do Cambriano. Durante o Paleozóico, a biodiversidade aumenta consideravelmente. No Cenozóico comparativamente ao Paleozóico sua diversidade foi reduzida (EILERT et al, 2004).

Inúmeras espécies possuem preferências ecológicas definidas o que as caracterizam como excelentes indicadoras de parâmetros ecológicos,

de temperatura, salinidade, profundidade e disponibilidade de nutrientes (EILERT et al, 2004).

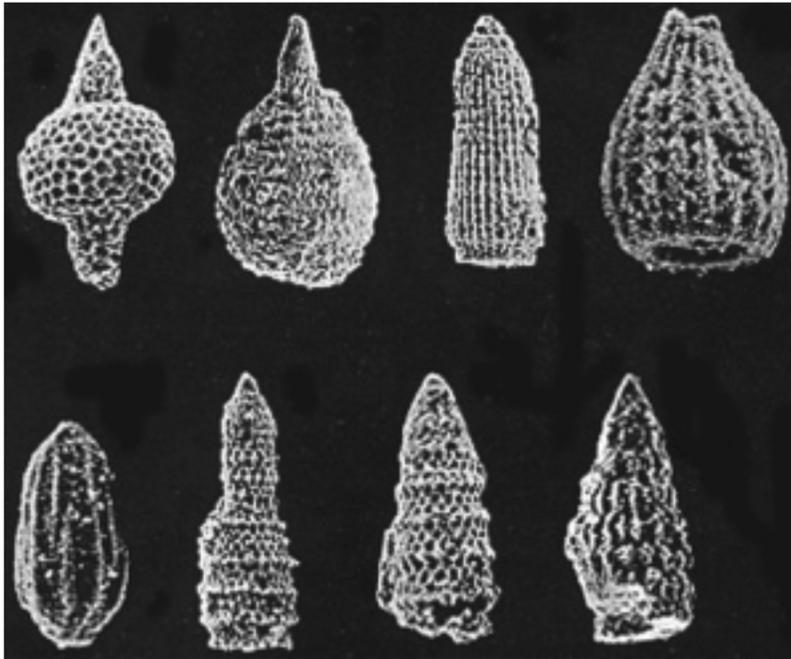


Figura 03. Morfologia dos radiolários. (Fonte: <http://www.dicionario.pro.br/dicionario/images/thumb/c/c1/Radiolaria-chert.jpeg/300px-Radiolaria-chert.jpeg>).

DIATOMÁCEAS

São algas unicelulares, bentônicas ou planctônicas, que habitam a zona fótica dos oceanos (até cerca de 200 m de profundidade), mares, lagos, rios, mangues hipersalinos e hiposalinos, os solos úmidos e presas a vegetais. Podem ser solitárias ou coloniais.

Apresenta morfologia variada e a parede celular é formada por sílica (Figura 04). Possuem grandes cloroplastos de cores verde-olivas e pardos. Suas células possuem o tamanho médio de 50 microns, ainda que excepcionalmente possam chegar a medir 2 mm, e um esqueleto intracitoplasmático que recebe o nome de frústula. Cada frústula apresenta duas valvas ou tecas, ligeiramente desiguais (a menor das valvas encontra-se encaixada na maior).

Segundo a forma e ornamentação das valvas, as diatomáceas podem ser Centrales ou Pennales. As Centrales são circulares, elípticas ou poligonais, com uma ornamentação concêntrica ou radiada sem adornos. São em sua maioria planctônicas marinhas, ainda que sejam encontradas espécies lacustres e reproduzem-se sexualmente por microsporos. As Pennales são naviculares, contendo uma linha que separa a valva em duas metades. Não possuem microsporos. Há gêneros de águas doces e marinhas.

Os registros mais antigos datam do Cretáceo. No Terciário surge maior

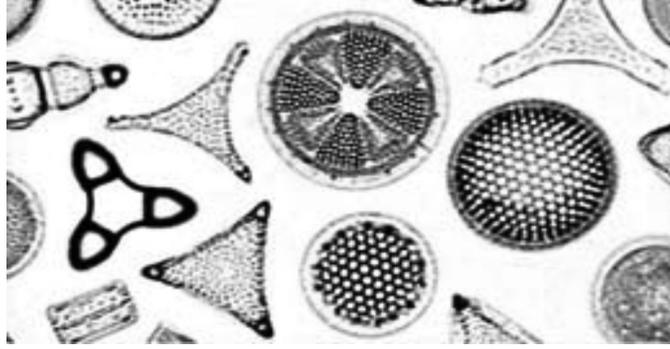


Figura 04. Morfologia das diatomáceas (Fonte: http://geocities.ws/pri_biologiaonline/bacillariophyta.html).

irradiação das espécies concêntricas. No Paleoceno surgem as penadas que atualmente são em maior número.

As diatomáceas planctônicas são ferramentas para bioestratigrafia devido a sua ampla distribuição geográfica, estando relacionadas a biozonas de regiões frias e quentes.

NANOFÓSSEIS

Nanofósseis calcários correspondem a minúsculas partículas carbonáticas de dimensões inferiores a 0,05 mm. Apresentam uma ampla variedade de formas, as mais comuns são plaquetas arredondadas, denominadas por cocólitos. Além dos cocolitoforídeos fósseis são incluídos como nanofósseis outras formas associadas, de origem indeterminada (ALVES & WANDERLEY, 1998; WANDERLEY, 2004).

Os cocolitoforídeos são organismos unicelulares, biflagelados, fotossintetizantes, normalmente planctônicos e predominantemente marinhos. O caráter singular do grupo é a presença de placas externas conhecidas por cocólitos que formam, em conjunto, um envoltório celular denominado como cocosfera (Figura 05).



Figura 05. Cocosfera à esquerda e seu respectivo cocólito à direita. (Fonte: ALVES & WANDERLEY, 1998).

Os cocolitoforídeos apresentam um ciclo de vida curto, entre quatro e dez dias em águas tropicais, e comumente existem cerca de 100 indivíduos vivos por litro de água marinha. Após morte o indivíduo fragmenta-se. Cerca de 90% dos cocólitos atingem o fundo oceânico (HONJO, 1976) (Figura 06).

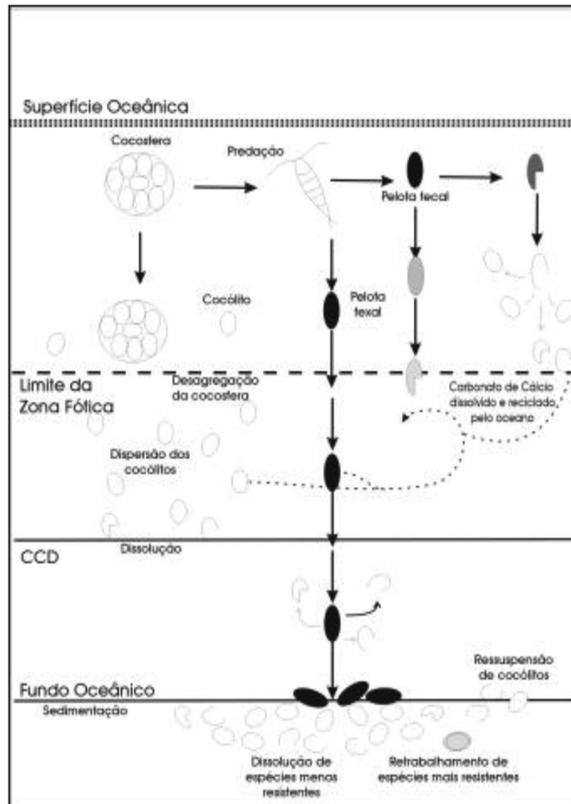


Figura 06. Processo de transportes e deposição dos cocólitos (Fonte: ALVES & WANDERLEY, 1998).

Normalmente o que se encontra no registro fóssil são os cocólitos que se depositam abundantemente no substrato oceânico. São encontrados em maior abundância e diversidade em sedimentos de granulometria fina, de ambientes de baixa energia e geralmente distantes da costa. Aparecem no registro fóssil desde o Triássico sendo mais abundantes no Cretáceo e seguem até os dias atuais. São os principais produtores primários que convertem dióxido de carbono (CO_2) no oceano para carbonato de cálcio (CaCO_3) (ALVES & WANDERLEY, 1998).

São empregados em estudos bioestratigráficos e nas correlações a longa distância. Aliado ao fato de apresentarem uma ampla distribuição paleogeográfica e diversas formas guias, são facilmente recuperados da matriz sedimentar e preparados em laboratório, o que agiliza a interpretação das análises. Por apresentarem representantes com rápida diversificação

biológica, elevada taxa evolutiva e diversos espécimes cosmopolitas são intensamente empregados como indicadores cronoestratigráficos para a aplicação petrolífera na datação de rochas e correlação entre poços (ALVES & WANDERLEY, 1998).

DINOFLAGELADOS

Os dinoflagelados ou dinocistos (dinoflagelados fósseis) são protoctistas flagelados de tamanhos entre 0,005 a 0,2 mm. Sua composição química é variável podendo ser calcária, silicosa ou orgânica sendo a última forma dominante (ARAI & LANA, 2004). A maior parte das espécies pertencem ao plâncton marinho (mais especificamente do fitoplâncton), mas são também comuns em água doce.

Ocorrem desde o Triássico Superior, mas é a partir do Cretáceo e Paleógeno que se diversificam amplamente quando no Quaternário diminuem significativamente. São empregados em zoneamento bioestratigráfico (ARAI & LANA, 2004).

OSTRACODES

São microcrustáceos que apresentam o corpo envolvido por uma carapaça calcária bivalve (Figura 7). Seu tamanho é pequeno, variando entre 0,5 mm e 1 mm. A carapaça calcária que os envolve é trocada sucessivas vezes para permitir seu aumento de tamanho não deixando, portanto, linhas de crescimento como nos moluscos.

Os ostracodes surgiram no Ordoviciano e existem até hoje. O que frequentemente fica preservado nas rochas são as valvas. Em casos excepcionais de preservação, partes moles são encontradas.

Os ostracodes ao longo de sua evolução adaptaram-se a praticamente a todos os ambientes aquáticos sendo sua origem nas águas marinhas onde ainda hoje estão em maior número (COIMBRA & BERGUE, 2004; FAUTH & FAUTH, 2009).

Estes microcrustáceos são reconhecidamente sensíveis as variações nas características físico-químicas do meio aquoso, o que os tornam excelentes indicadores paleoambientais (COIMBRA & BERGUE, 2004; FAUTH & FAUTH, 2009). Também, são bons para

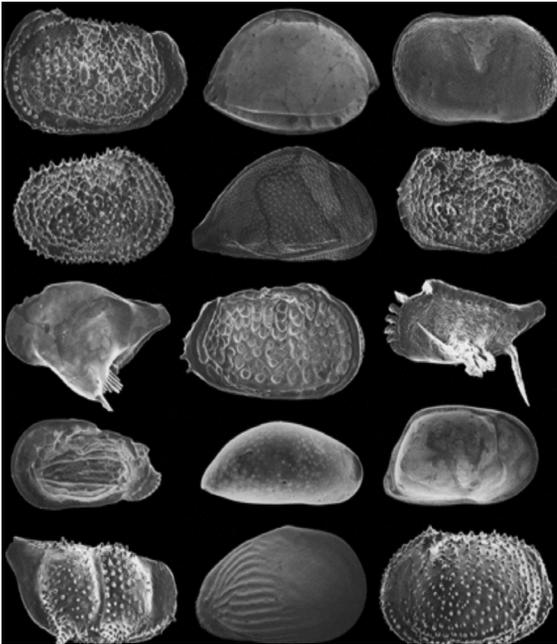


Figura 07. Morfologia de ostracode (Fonte: <http://www.pnas.org/content/105/5/F1.medium.gif>).

inferir a salinidade da água em que viviam quando foram mortos e soterrados (FAUTH & FAUTH, 2009).

TINTINÍDEOS

Protistas ciliados que possuem uma carapaça orgânica conhecida por lórica de tamanho diminuto variando entre 0,12 a 0,2 mm. A lórica apresenta uma abertura oral e na maioria da vezes outra aboral.

A maioria vive nas camadas fóticas dos oceanos alimentando-se de nanoplâncton fotossintetizante, sendo mais comuns nas regiões polares. Existem espécies que habitam além dos mares e oceanos regiões estuarinas e lagos. Podem apresentar enquistamento que é quando os processos vitais praticamente cessam. São sensíveis indicadores de temperatura e salinidade (WANDERLEY, 2004b).

CALPIONELÍDEOS

Possuem o corpo envolto por uma concha ou lórica geralmente em forma de sino, com um colar, comumente, sem escultura e com abertura oral e tamanho entre 0,04 mm e 0,15 mm. Sobre a composição química de sua carapaça não existe um consenso, alguns acreditam que eram orgânica, enquanto outros que eram calcárias com capacidade de aglutinar material exógeno. São registrados somente nos sedimentos pelágicos do Jurássico Superior e Cretáceo inferior. Sua posição sistemática ainda é incerta, sendo considerados por alguns como tintinídeos fósseis. Apresentam curta distribuição temporal e ampla distribuição geográfica sendo, por isso, indicadores biocronoestratigráficos (WANDERLEY, 2004b).

ESPOROS E PÓLENS

Os esporos, unidades reprodutivas das pteridófitas e das briófitas, são essencialmente uma célula envolvida por uma parede celular que a protege até que as condições ambientais se mostrem favoráveis a sua germinação. A parede celular ou esporoderma é constituída por uma parte interna de celulose, a intina, e uma outra externa conhecida por exina composta de esporopolenina, uma das estruturas mais resistentes de todos os seres vivos permanecendo inalterada por milhares de anos apesar da morte celular.

Enquanto que os grãos de pólen (microgametófitos) são estruturas microscópicas das fanerógamas que transportam a célula reprodutora masculina, estando, assim, diretamente relacionados a reprodução e perpetuação da espécie (Figura 08). O pólen é formado por dois processos independentes:

- Microsporogênese que corresponde a formação dos micrósporos dentro do microsporângio ou saco polínico da antera;
- Microgametogênese que trata do desenvolvimento do microgametófito, o grão de pólen maduro, até o estágio de três células.

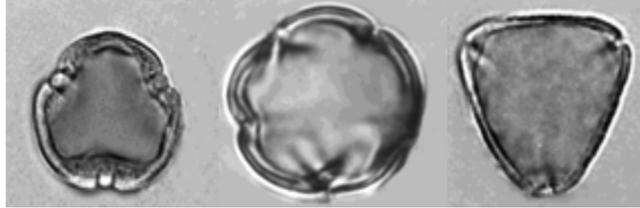


Figura 08. Grãos de pólen de espécies vegetais representativas do Quaternário. (Fonte: Barth, 2003).

E você, aluno, sabe qual o nome dado ao ramo da Ciência que estuda as estruturas anteriormente citadas?

O termo é Palinologia e foi introduzido por dois cientistas Hyde & Willians em 1944. A Palinologia é um dos ramos que mais tem contribuído para a Paleoclimatologia.

Para estudar os esporos e polens é preciso analisar sua morfologia. A classificação dos esporos e polens nos níveis genéricos e específicos são normalmente feitos com base na estrutura da exina, aberturas, forma, simetria, ornamentação e dimensões (CRUZ, 2004a).

Devido a sua resistência e pouco peso, estas estruturas podem sofrer retrabalhamento o que pode dificultar a datação geocronológica dos sedimentos. Apesar disso, são de grande valor estratigráfico para datação de sedimentos continentais, lacustres, fluviais e deltaicos, na interpretação da origem dos sedimentos finos e do tempo de sedimentação, além de auxiliar na correlação de estratos marinhos e continentais (CRUZ, 2004). A Palinologia constitui-se em uma das ferramentas utilizáveis em estudos retrospectivos que dizem respeito às mudanças climáticas, ambientais e à influência do homem sobre a paisagem em tempos históricos (BARTH, 2003).

QUITINOZOÁRIOS

São vesículas orgânicas em formato cilíndrico ou discóides de 60 a 2000 microns. Constituem um grupo extinto de organismos marinhos, microscópicos, dotados de testas orgânicas de quitina que ocorreram entre Ordoviciano e o Devoniano. Por apresentarem distinções morfológicas bastante definidas são considerados excelentes fósseis guias para inferências estratigráficas (CRUZ, 2004b).

Os fósseis do Ordoviciano Inferior possuem parede lisa e, frequentemente, são grandes. No Ordoviciano Médio e Superior encontra-se uma variedade de formas e ornamentação (espinhos e cristas). No Siluriano e Devoniano as testas diminuem de tamanho tornando-se mais delicadas e intensamente ornamentadas (CRUZ, 2004b).

Ainda não existe um consenso entre os pesquisadores sobre se os quitinozoários têm um hábito de vida bentônico ou planctônico. Os quitinozoários ocorrem, na grande maioria, sob a forma de testa isolada que consistem em duas partes, bojo e o tubo oral (CRUZ, 2004b).

ACRITARCAS

É um grupo artificial considerado como sendo vegetais eucariontes, unicelulares de dimensões entre 5 a 10 microns de parede orgânica resistente a ataque de ácidos e morfologia variada. Aparecem no registro histórico no Proterozóico distribuindo-se até o Recente, sendo seu auge no Paleozóico. No Brasil são excelentes indicadores para determinar o Ordoviciano, Siluriano e Devoniano (CRUZ, 2004c).

CONCLUSÃO

Os microfósseis são restos de organismos invisíveis ao olho nu que se fossilizaram. São estudados com auxílio de lupa ou microscópio. Os microfósseis são encontrados em abundância nos sedimentos marinhos, lacustres e fluviais. Normalmente o que se preserva são as carapaças e esqueletos formados por minerais. No grupo dos protoctistas podemos destacar os foraminíferos, radiolários, as diatomáceas, nanofósseis, tintinídeos e calpionelídeos; entre os artrópodes estão os ostracodes. Os palinomorfos são estudados na palinologia e destacam-se por apresentar uma característica comum, apesar de pertencerem a grupos taxonomicos distintos: possuem um revestimento orgânico muito resistente aom ataque de ácidos. Incluem os esporos, grãos de polen, dinoflagelados, quitinozoários e acritarcas.

RESUMO

Os microfósseis consistem em um grupo que pela sua abundância e larga distribuição geográfica (eles se distribuem por todo planeta) e ainda sua rápida evolução através do tempo geológico, permitem estudos muti precisos como a datação relativa e a correlação dos sedimentos. Os microfósseis são, também, muito úteis para a determinação de paleoambiente . Eles determinam com precisão a profundidade, salinidade, temperatura, bem como a energia do meio, características dos substratos e níveis de oxigênio, permitindo a reconstituição paleoambiental da área estudada.

Neste capítulo conhecemos os principais e mais estudados microfósseis. Este grupo de fósseis é muito importante da a indústria do petróleo porque com uma pequena amostra é possível estudar muitos organismo. Os principais grupos utilizados pela industria do petróleo são os foraminíferos, os nanofósseis calcários, as diatomáceas e os ostracodes. Dentro da Paleopalinologia os polens e ao esporos auxiliam nos estudos para a busca do petróleo.



ATIVIDADES



As espécies de foraminíferos A, B e C são características de uma camada encontrada numa perfuração de petróleo. Essa camada acha-se a 2.550m, e a zona armazenadora de óleo foi alcançada a 2.610m. Continuando as perfurações, em um novo poço distante 1,5Km do primeiro, a camada, com as espécies A, B e C, foi encontrada a uma profundidade de 2.100m. A que profundidade seria alcançada a zona produtora de petróleo nesse segundo poço? (Atividade retirada do livro *Paleontologia de Invertebrados – guia de aulas práticas*, de autoria de CARVALHO & BABINSKI, 1985).

AUTO-AVALIAÇÃO



Recomendo para a auto avaliação fazer uma visitando site deste capítulo e se possível consultar o livro *Paleontologia – conceitos e métodos*, de CARVALHO, 2010 e no capítulo 21 sobre *Técnicas de Preparação de Microfósseis* preparar uma amostra com sedimentos da praia atual para observar sob a lupa as carapaças de foraminíferos.

PRÓXIMA AULA



A próxima aula virá cheia de novidades e vamos conhecer toda a história de vida na terra.

REFERÊNCIAS

- ALVES, C. F.; WANDERLEY, M. D., 1998. **Utilização dos nanofósseis calcários na indústria do petróleo**. 2º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo & Gás.
- ARAI, M., LANA, C. C., 2004. Nanofósseis calcários. In. CARVALHO, I. de S. (Ed.). **Paleontologia**, Rio de Janeiro: Interciência, 861 p.
- BARTH, O. M., 2003. **A Palinologia como Ferramenta no Diagnóstico e Monitoramento Ambiental da Baía de Guanabara e Regiões Adjacentes**, Rio de Janeiro, Brasil. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, Vol. 26.
- COIMBRA, J. C., BERGUE, C. T., 2004. Ostracodes. In. CARVALHO, I. de S. (Ed.). **Paleontologia**, Rio de Janeiro: Interciência, 861 p.
- CRUZ, N. M. da C., 2004a. **Palinologia**. In. CARVALHO, I. de S. (Ed.). **Paleontologia**, Rio de Janeiro: Interciência, 861 p.
- CRUZ, N. M. da C., 2004b. **Quitinozoários**. In. CARVALHO, I. de S. (Ed.). **Paleontologia**, Rio de Janeiro: Interciência, 861 p.

- CRUZ, N. M. da C., 2004c. Acritarcas. In. CARVALHO, I. de S. (Ed.). **Paleontologia**, Rio de Janeiro: Interciência, 861 p.
- EILERT et al, 2004. In. CARVALHO, I. de S. (Ed.). **Paleontologia**, Rio de Janeiro: Interciência, 861 p.
- FAUTH, G.; FAUTH, S. B., 2009. Microfósseis. In. **Livro Digital de Paleontologia: a paleontologia na sala de aula**, Porto Alegre: 1ª ed., Sociedade Brasileira de Paleontologia. Acessível em <http://www.ufrgs.br/paleodigital/Apresentacao.html>, consultado em: 19/01/2011.
- GOODAY, A. J., 1994. **The biology of deep-sea foraminifera: a review of some advances and their applications in paleoceanography**. PALAIOS, 9: 14-31.
- HONJO, S., 1976. **Coccoliths: production, transportation and sedimentation**. Marine Micropaleontology, 1 (1):65-79.
- MORIGI, C.; JORRISSSEN, F. J., GERVAIS, A.; GUICHARD, S., BOERSETTI, A M., 2001. **Benthic foraminiferal faunas in surface sediments off NW África: Relationship with organic flux the ocean floor**. Marine Micropaleontology,(31): 350-368.
- VIEIRA, F. S., 2004. **Padrões de distribuição de foraminíferos bentônicos na plataforma externa e talude entre a área limítrofe das Bacias de Campos e Santos no Estado do Rio de Janeiro**. Dissertação, Departamento de Oceanografia Universidade Federal de Pernambuco
- VILELA, C. G., BATISTA, D. S., BAPTISTA-NETO, J. A., CRAPEZ, M., MCALLISTER, J. J., 2004. **Benthic foraminifera distribution in high polluted sediments from Niterói Harbor (Guanabara Bay), Rio de Janeiro, Brazil**. Anais da Academia Brasileira de Ciências 76(1): 161-171.
- WANDERLEY, M. D., 2004. Nanofósseis calcários. In. CARVALHO, I. de S. (Ed.). **Paleontologia**, Rio de Janeiro: Interciência, 861 p.
- WANDERLEY, M. D., 2004b. Tintínídeos e Calpionelídeos. In. CARVALHO, I. de S. (Ed.). **Paleontologia, Rio de Janeiro: Interciência**, 861 p.