

Universidade de Lisboa  
Faculdade de Ciências  
Departamento de Geologia



# Ossículos de Equinodermes do Miocénico da Península de Setúbal

Bruno Miguel Claro Pereira

Mestrado em Geologia

(Ramo de Estratigrafia, Sedimentologia e Paleontologia)

2010



Universidade de Lisboa  
Faculdade de Ciências  
Departamento de Geologia



# Ossículos de Equinodermes do Miocénico da Península de Setúbal

Bruno Miguel Claro Pereira

Tese orientada por:  
Prof. Doutor Mário Cachão e Prof. Doutor Pedro Pereira

Mestrado em Geologia

(Ramo de Estratigrafia, Sedimentologia e Paleontologia)

2010

Pereira, B. M. C. (2010). Ossículos de Equinodermes do Miocénico da Península de Setúbal. Tese de mestrado não publicada, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, p. 153, 14 estampas e 3 anexos.

## **Agradecimentos**

Sinto vontade de agradecer a várias pessoas que sem a ajuda delas seria impossível chegar até onde cheguei com este trabalho. Contudo, é-me difícil estabelecer uma ordem pela qual deva agradecer a estas pessoas que tanto me ajudaram.

Quero agradecer aos meus pais e restante família, já que sem a preciosa ajuda e apoio não seria possível ter escrito uma única palavra deste trabalho. Acompanharam-me sempre ao longo da vida, demonstrando um enorme esforço para que hoje pudesse chegar onde cheguei.

É com enorme dificuldade que escolho a ordem que se segue, das pessoas a quero agradecer. Espero não ofender ninguém com a mesma, e penso que a maneira mais fácil de a estabelecer é deixar-me ir ao sabor da escrita do momento. Se alguém se sentir ofendido com esta ordem desde já peço as minhas desculpas.

Aos meus orientadores, prof. Doutor Mário Cachão e prof. Doutor Pedro Pereira, pelo apoio e incentivo que proporcionaram durante a tese. E como é claro ao Centro de Geologia e ao Departamento de Geologia, da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, pelo acesso a diversos equipamentos de laboratório e à microsonda electrónica, sem os quais este trabalho não poderia ser realizado.

Quero agradecer ao meu amigo prof. Doutor Octávio Mateus pelo seu enorme apoio, não só para este trabalho, mas também ao longo destes últimos anos. O facto é que tem apostado em mim, e faço votos que a nossa colaboração dure por muito tempo. Foi também alguém indispensável para alguns dos contactos que estabeleci, na obtenção de Equinodermes actuais e de artigos que, directa ou indirectamente, contribuíram para a realização desta tese.

Claro está que não me poderia esquecer do também amigo Carlos Natário que me ajudou a obter alguns artigos e gentilmente me cedeu algumas fotografias. Carlos, se estás a ler isto, espero que esta tese te dê jeito a compreender melhor o mundo e a morfologia dos equinodermes.

Ao prof. Doutor Carlos Marques da Silva pelo apoio e pelas fotografias que gentilmente cedeu.

Aos meus colegas de mestrado, não esquecendo aqueles que não foram até ao fim. Grandes epopeias, e dificuldades trazem, fazem grandes amigos. As noites de trabalhos até altas horas na faculdade e o stresse com prazos chegaram ao fim, com o final de mais esta etapa.

Quase me atrevera a dizer que a Ana Margarida Bento e eu somos os sempre eternos velhos do Restelo, quando um diz mata outro diz esfola. Ana pelas inúmeras risadas descompressivas que demos e por me aturares nos momentos de maior tensão com aquela pessoa que nós sabemos bem quem é. Que tal vai a armadilha de urso? Já a colocas-te no sítio?

Ao Pedro Reis, técnico da microssonda do departamento de Geologia da FCUL, pela enorme paciência que teve a ajudar-me a tirar várias das fotografias que se encontram neste trabalho, na microssonda.

Quero também agradecer ao prof. Doutor João Castro, do Laboratório de Ciências do Mar da Universidade de Évora (CIEMAR), pela enorme ajuda na obtenção de Equinodermes actuais para comparação, pois ajudaram-me muito a perceber como é a morfologia de muitos destes animais.

Ao amigo Vasco Valadares pelas dicas e apoio que para este trabalho.

E a todos os investigadores espalhados por todo o globo, que deram também um importante contributo e que sem os quais não teria obter os resultados que obtive. Quero em especial destacar o Prof. Doutor John Jagt, do Museu de História Natural de Leiden, Holanda (Nationaal Natuurhistorich).

## Índice

Resumo .....	VII
Abstract.....	IX
I. Introdução.....	1
I-1. Características gerais dos Equinodermes .....	1
I-2. Definição de Milifóssil.....	4
II. Estudos Anteriores sobre Equinodermes Fósseis em Portugal .....	5
III. Enquadramento Geográfico, Geológico e Estratigráfico.....	8
III-1. Caracterização litológica das unidades em estudo .....	11
III-2. Enquadramento estratigráfico.....	13
III-2.1. A idade da Unidade de Ribeira da Lage .....	13
III-3. Enquadramento tectónico .....	17
IV. Sistemática e Filogenia.....	18
V. Morfologia dos Equinodermes .....	23
V-1. Echinoidea .....	23
V-2. Asteroidea.....	32
V-3. Crinoidea .....	36
V-4. Ophiuroidea .....	46
V-5. Holothuroidea .....	55
VI. Dados de Campo e Procedimento de Recolha das Amostras .....	58
VI-1. Foz do Rego .....	59
VI-2. Fonte da Telha e Olhos de Água .....	59
VI-3. Lagoa de Albufeira.....	68
VII. Métodos.....	73
VII-1. Procedimentos laboratoriais.....	73
VII-1.1. Tratamento das amostras e triagem .....	74

VII-1.2. Efeitos da tina de ultra-sons .....	75
VII-1.3. Métodos de fotografia do material .....	76
VII-1.4. Execução de lâminas delgadas para Nanofósseis calcários.....	77
VII-1.5. Preparação de organismos actuais .....	78
VIII. Resultados.....	82
VIII-1. Utilização de tina de ultra-sons .....	82
VIII-2. Conteúdo em Nanofósseis calcários .....	82
VIII-3. Tafonomia (fossildiagénesse).....	83
VIII-4. Secagem de equinóides.....	83
VIII-4. Sedimentos.....	83
VIII-5. Restos de Equinodermes .....	84
VIII-5.1. Holoturóides.....	86
VIII-5.2. Ophiuroidea.....	87
VIII-5.3. Crinoidea.....	92
VIII-5.4. Asteroidea .....	94
VIII-5.5. Echinoidea.....	96
IX. Discussão.....	98
IX-1. Dados de campo .....	98
IX-2. Experiências com a tina de ultra-sons .....	99
IX-3. Restos fósseis de Equinodermes .....	99
IX-3.1. Holothuroidea .....	99
IX-3.2. Crinoidea.....	100
IX-3.3. Ophiuroidea .....	101
IX-3.4. Echinoidea .....	102
IX-3.5. Proporções entre Equinodermes .....	106
IX-4. Tafonomia .....	109
IX-4.1. Lagoa de Albufeira .....	109
IX-4.2. Restantes localidades .....	111
IX-5. Interpretação Paleoambiental .....	112
X. Considerações Futuras .....	117

XI. Conclusões .....	119
XII. Bibliografia .....	120
Estampas .....	125
Anexos .....	i
Anexo I .....	ii
Anexo II .....	vii
Anexo III .....	ix

# Índice de Tabelas e Figuras

## Tabelas

Tabela 1 – Tabela com o peso seco das amostras estudadas. ....	74
Tabela 2 – Lista dos ossículos e outros fragmentos de esqueleto de Equinoderme encontrados nas amostras LAAM1 a LAAM3 da Lagoa de Albufeira, com dimensão superior ou igual a 1mm .....	85
Tabela 3 – Conteúdo em restos esqueléticos de Equinoderme das amostras da Foz do Rego, Fonte da Telha e Olhos d'Água .....	86

## Figuras

Figura 1 – Esquema dos ossículos de asteróides encontrados por Pereira <i>et al.</i> (2006) .....	7
Figura 2 – Mapa de parte da Península de Setúbal, com a localização dos pontos de amostragem.....	9
Figura 3 – Esquema da possível falha da Lagoa de Albufeira .....	11
Figura 4 – Resumo da biostratigrafia do Miocénico da Península de Setúbal .....	14
Figura 5 – Resumo da biostratigrafia na fronteira Serravaliano/Tortoniano.....	16
Figura 6 – Cladograma com os principais grupos de equinodermes fósseis .....	21
Figura 7 – Cladograma dos principais grupos de equinodermes.....	22
Figura 8 – Esquema de um equinóide regular em diferentes vistas .....	25
Figura 9 – Pormenor do periprocto dum <i>Sphaerechinus granularis</i> .....	26
Figura 10 – Esquema de um espatangóide em diferentes vistas .....	28
Figura 11 – Clipeasteróide em diferentes vistas .....	29
Figura 12 – Vista aboral de <i>Amphiope</i> sp., Burdigaliano da Praia de Carcavelos .....	30
Figura 13 – <i>Anseropoda placenta</i> , vista oral .....	33
Figura 14 – Esquema da disposição dos ossículos de um asteróide .....	34
Figura 15 – Paxilas .....	35
Figura 16 – Crinóide comatulídeo com 30 braços.....	37
Figura 17 – Esquema simplificado de um crinóide comatulídeo .....	39
Figura 18 – Comatulídeos de diferentes ambientes.....	40
Figura 19 – Braço de crinóide comatulídeo com pínulas, demonstrando a disposição destas últimas .....	42
Figura 20 – Esqueleto do cálice e braços de crinóides .....	44
Figura 21 – Diferentes articulações de ossículos braquiais de crinóides .....	45

Figura 22 – Morfologia de um ofiuróide, <i>Ophiura ophiura</i> .....	47
Figura 23 – Vista oral de dois discos centrais de ofiuróide.....	49
Figura 24 – Vértebras de ofiuróides sem os escudos braquiais.....	51
Figura 25 – Esquema de uma vértebra de ofiuróide ( <i>Ophiocantha bidentata</i> ).....	51
Figura 26 – Vértebras de ofiuróides com escudos braquiais.....	52
Figura 27 – Parte de do aparelho mastigador com a base de um dos braços de <i>Ophiomusium</i> .....	53
Figura 28 – Vista dorsal do interior do disco central de um ofiuróide <i>Ophiura ophiura</i> ....	53
Figura 29 – Placa dentária e maxilar de <i>Asteronyx loveni</i> .....	55
Figura 30 – Ossículos de <i>Holothuria</i> sp. ....	57
Figura 31 – Alguns aneis calcários de holoturóides.....	58
Figura 32 – Coluna litoestratigráfica simplificada do afloramento da Foz do Rego.....	60
Figura 33 – Pormenor da camada onde foram colhidas as amostras da Foz do Rego.....	61
Figura 34 – Coluna litoestratigráfica simplificada da secção da arriba de onde provem a amostra FTAM1. ....	62
Figura 35 – Fotografia da base da camada 4 do afloramento a Sul da Fonte da Telha de onde provém a amostra FTAM1.....	63
Figura 36 – Afloramento a Sul da Fonte da Telha de onde provêm as amostras FTAM2 1 e 2.....	64
Figura 37 – Coluna estratigráfica simplificada do local onde foram colhidas as amostras FTAM2 1 e FTAM2 2.....	65
Figura 38 – Pormenor do topo da camada 2 do afloramento do afloramento a Sul da Fonte da Telha, de onde provêm as amostras FTAM2 1 e FTAM2 2.....	66
Figura 39 – Afloramento nos Olhos de Água onde foi recolhida a amostra OAAM1.....	67
Figura 40 – Coluna litoestratigráfica simplificada da arriba d’ Olhos de Água, a Sul da Fonte da Telha.....	68
Figura 41 – Pormenor da arriba imediatamente a Sul da Lagoa de Albufeira, sendo visíveis os níveis do Pliocénico.....	69
Figura 42 – Pormenor das areolas do Tortoniano Inferior, a Sul da Lagoa de Albufeira ...	70
Figura 43 – Final do afloramento em estudo, a Norte da foz da Ribeira da Lage.....	71
Figura 44 – Pormenor da figura 42 onde é visível a bioturbação.....	71
Figura 45 – Coluna litoestratigráfica simplificada da arriba entre a Lagoa de Albufeira e a foz da Ribeira da Lage.....	72
Figura 46 – Placas orais de ofiuróides.....	91

Figura 47 – Representação dos ossículos de asteróides encontrados neste trabalho.....	96
Figura 48 – Comparação de 4 <i>Echinocyamus</i> sp. do Neogénico português.....	103
Figura 49 – Espinhos de Diadematidae .....	104
Figura 50 – Distribuição paleoambiental das diferentes zonas obtidas a partir das associações de equinóides .....	114
Figura 51 – Reconstituição paleoambiental do Tortoniano Inferior da Lagoa de Albufeira .....	117

## Resumo

Este trabalho aborda o tema dos ossículos de equinodermes do Miocénico da Bacia Neogénica do Tejo-Sado, a partir de amostras provenientes da arriba costeira da Península de Setúbal, nomeadamente Foz do Rego, Fonte da Telha, Olhos d'Água e Lagoa de Albufeira. Complementarmente, foram observadas associações de Nanofósseis calcários dos níveis amostrados para maior precisão biostratigráfica.

Foram recolhidas 11 amostras que foram crivadas por via húmida e posteriormente triadas. Da fracção fina daquelas amostras foram feitas lâminas delgadas para o estudo das associações de Nanofósseis calcários, e para a amostra LAAM4 também para o estudo da possível existência de ossículos de holoturóides de dimensão nanométrica.

Em todas as amostras estudadas, a *Helicospahera stalis* e *H. walbersdorfensis* estão presentes indicando uma idade Tortoniano Inferior.

Apenas as amostras provenientes da Lagoa de Albufeira possuíram conteúdo relevante em Equinodermes. Vários ossículos dos representantes fósseis deste Filo foram encontrados naquela localidade, nomeadamente de equinóides, asteróides, ofiuróides, crinóides e holoturóides.

Vários fragmentos de carapaças de Equinodermes irregulares espatangóides foram encontrados, juntamente com dois tipos dos seus espinhos. O seu elevado estado de fragmentação não possibilitou uma identificação específica.

Fragmentos de equinóides regulares foram também descobertos. Alguns desses fragmentos foram identificados como pertencendo aos géneros *Psammechinus* e *Genocidaris*.

Os ossículos de equinodermes asteróides dos géneros *Luidia* e *Astropecten* encontram-se presentes, nomeadamente ossículos marginais e ambulacrais. Espinhos e outros ossículos de asteróides não identificados foram também encontrados, não tendo sido possível uma classificação sistemática.

O género *Ophiura* encontra-se representado no sedimento estudado, por diversos dos seus ossículos. Foi também possível fazer a distinção de outros ossículos de ofiuróides, não tendo sido possível saber qual a sua espécie.

A análise dos cálices de crinóides descobertos possibilitou afirmar que pertencem ao género *Palaoantedon*. Outros ossículos de crinóides estão também presentes, nomeadamente ossículos dos cirrais e braquiais, englobado-os dentro daquele género.



## Abstract

The present study approaches the Miocene equinoderm fossil content from the Neogenic Tejo-Sado's Basin (Portugal). The samples were collected on the coastal cliffs of the Setúbal Peninsula, where four localities were sampled: Foz do Rego, Fonte da Telha, Olhos d'Água and Lagoa de Albufeira. The Calcareous nannofossil content of those samples was also screened for biostratigraphic constrain.

Eleven samples were collected and wet sieved. The sediment was screened for obtaining the echinoderm ossicles. Sediment fractions below 500µm were kept and prepared for Calcareous nannofossil observations. Sample LAAM4 was also prepared for screening for the presence of holothurian ossicles.

Calcareous nannofossil assemblages hold *Helicospahera stalis* e *H. walbersdorfensis*, which allowed constraining the age of those layers to Lower Tortonian.

Only samples from Lagoa de Albufeira had a relevant equinoderm fossil content. Several remains from these animals were found from that locality from echinoids, crinoids, asteroids, ophiuroids to holothuroids.

Both regular and irregular echinoids were registered on samples from that locality. Several fragments from spatangoid tests were found and two different types of their spines. Due to the elevated state of fragmentation, it was not possible an identification to the species level.

Several tests fragments from regular echinoids like *Psammechinus* and *Genocidaris* genus were possible to be identified.

Asteroid marginal ossicles were from both *Luidia* and *Astropecten* genus were also registered. Nevertheless, spines and other asteroid ossicles could not be identified to the genus level.

Ophiuroid's ossicles were recognized in Lagoa de Albufeira Miocene layers, some of which belong to the *Ophiura* genus. Others ossicles from this group remain unidentified.

Crinoids are also represented by *Palaoantedon* sp. calixs, brachials and cirri ossicles.



## **I. Introdução**

O principal objectivo deste trabalho foi identificar e caracterizar os ossículos de tamanho milimétrico (milirrestos) de Equinodermes fósseis que ocorrem geralmente desarticulados e dispersos em vários níveis do Miocénico mais distais da Bacia Neogénica do Tejo-Sado. O estudo destas peças incidiu sobre níveis miocénicos dum sector da arribalitoral Oeste da Península de Setúbal.

Este estudo surge na sequência de um trabalho académico anteriormente realizado, em colaboração com Rosa Pita, para a cadeira de Projecto I, da Licenciatura em Geologia e Recursos Naturais, da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (Pereira & Pita, 2006; Pereira *et al.*, 2006). Dele se concluiu a necessidade em aprofundar a temática dos restos de Equinodermes fósseis do Miocénico da Bacia vestibular do Tejo-Sado, nomeadamente através da recolha de novas amostras para melhor caracterização das associações fósseis e do seu grau de desagregação tafonómica.

No capítulo IV será feita uma breve descrição da morfologia dos diferentes *taxa* de Equinodermes existentes nas amostras estudadas, e dos seus respectivos ossículos. A sistemática e filogenia deste filo utilizada para o presente trabalho irá ser explanada no capítulo III. Também far-se-á uma menção aos principais trabalhos sobre equinodermes fósseis portugueses.

Para além do estudo das associações de Equinodermes dos diferentes níveis estudados, foi efectuado o estudo das associações de Nanofósseis calcáreos, dos mesmos níveis. O seu estudo, ainda que sumário, serviu para obter uma datação biostratigráfica mais precisa.

Foi efectuada também uma descrição dos afloramentos onde foram colhidas as amostras em estudo.

Para a localidade da Lagoa de Albufeira, será feita a resconstituição paleoambiental onde se teram formado as rochas actualmente em estudo.

### **I-1. Características gerais dos Equinodermes**

A designação Echinodermata foi introduzida por J. T. Klein em 1734, para classificar as carapaças dos equinóides, derivando de duas palavras gregas *echinos* (espinho) e *derma* (tegumento ou pele). Assim, esta designação baseava-se na natureza espinhosa de muito animais que pertencem a este Filo.

Os Equinodermes são organismos marinhos, bentónicos, sésseis ou vágeis no estado adulto, nunca vivendo em colónias, mas algumas formas, tanto fósseis como actuais, tornaram-se pelágicas ou pseudopelágicas. Estes são exclusivamente marinhos e frequentemente estenohalinos, não existindo fósseis autóctones em depósitos de água salobra ou doce.

Os Equinodermes encontram-se em todos os oceanos, a todas as latitudes, em todo o tipo de fundos oceânicos e a todas as profundidades, desde a zona litoral até às planícies abissais. Ubaghs (1967) menciona que expedições científicas recolheram holoturóides a profundidades superiores a 10.000m, no estreito das Filipinas.

Os Equinodermes são animais deuterostómios. Aquele autor acrescenta que este grupo de animais apresenta 4 características distintivas: i) simetria radial (tipicamente pentarradial), sobreposta à assimetria da fase larvar; ii) endosqueleto formado por placas ou ossículos distintos, compostos por calcite cristalina depositada numa rede orgânica de características cristalográficas distintas; iii) um sistema vascular hídrico composto de sacos e canais de natureza celómica, abrindo para o exterior através de um poro e dando lugar a numerosas pequenas projecções na superfície do corpo; e iv) não possuem aparelho excretor diferenciado.

Nos animais adultos pentarradiados, distingue-se uma região oral (ou ventral) e outra aboral (ou dorsal), onde a linha que liga os seus centros determina o eixo principal do corpo de onde irradiam os cinco raios. No meio da região oral encontra-se a boca, enquanto na aboral, encontra-se frequentemente o ânus.

Uma das características mais importantes deste Filo é a existência de um tecido calcário em todos os seus representantes, com excepção de alguns holoturóides. A sua constituição histológica e propriedades cristalográficas são utilizadas para estabelecer a unidade deste grupo e permite a identificação sob microscópio do mais pequeno fragmento esquelético (Ubaghs, 1967).

É comum a todos estes organismos onde a mesoderme está presente, mas especialmente na parede corporal do organismo, que algumas das suas células possuam a capacidade de segregar carbonato de cálcio. Como resultado, um esqueleto carbonatado é produzido e, conseqüentemente, designa-se endosqueleto (Ubaghs, 1967). Este endosqueleto é geralmente bem desenvolvido e composto por placas, ossículos, espículas, peças microscópicas e apêndices dérmicos como espinhos. Em vida, os apêndices externos, tal como o esqueleto principal encontram-se cobertos por uma epiderme e uma fina camada de derme, podendo esta cobertura ser rompida nas projecções proeminentes.

As placas e ossículos do esqueleto principal possuem geralmente espinhos, bastonetes, grânulos ou outras projecções. É desta característica que deriva no nome deste Filo. Os espinhos estão presentes em diversas espécies de asteróides, ofiuróides e equinóides, bem como em algumas das espécies da maioria dos grupos extintos. Estes ocorrem com formas variadas, possuindo várias funções, como protecção, locomoção, escavação, construção de galerias, produção de correntes e proteger as formas juvenis (Ubaghs, 1967). Os espinhos são também cobertos pela epiderme, pelo menos enquanto juvenis, e encontram-se implantados em tubérculos das placas esqueléticas subcutâneas.

Como foi referido, endosqueleto é construído por células segregadoras de calcite. Cada elemento reticulado é iniciado através da formação de um grânulo calcítico no interior de uma única célula, sendo rapidamente transformado numa espícula tricípide. Esta espícula espessa e bifurca nas suas extremidades, ao mesmo tempo que outras células segregadoras de calcite executam o mesmo processo. As bifurcações unem-se nos pontos de contacto, formando uma pequena placa fenestrada. Esta aumenta o seu tamanho através da fusão de numerosas bifurcações em todas as direcções do espaço, formando assim uma rede tridimensional como uma forma mais ou menos regular (Ubaghs, 1967).

Os espinhos formam-se dum modo ligeiramente diferente das placas e espículas. Como exemplo, Ubaghs (1967) refere que num espinho típico de um equinóide, o grânulo primordial desenvolve-se numa estrela de 6 pontas, onde as pontas dessa estrela se ligam às pontas das estrelas vizinhas, formando um anel completo que constitui a base do espinho. Um processo cresce verticalmente a partir do centro da estrela, dando lugar a 3 ramificações que crescem para fora e para cima, dividindo-se novamente, fundindo-se de forma a formar um anel hexagonal paralelo à base. A partir desse anel, saem prolongamentos verticais que se cruzam em intervalos mais ou menos regulares, e toda a estrutura desenvolve-se para formar a base do espinho. Contudo, os espinhos nos asteróides formam-se de maneira semelhante (*op. cit.*).

Cada unidade do esqueleto de todos os Equinodermes é aparentemente composta por um único cristal de calcite, através de análises ópticas, quer macroscópicas quer ao microscópio. Porém, análises de raio-X mostram que cada um dessas unidades é afinal composta por pequenos cristais, mas com eixos ópticos praticamente paralelos na direcção *c* (Ubaghs, 1967).

Ubaghs (1967) refere que a calcite que forma o endosqueleto destes animais é composta por 71 a 95% de carbonato de cálcio, apresentando valores de magnésio moderados. A proporção de carbonato de magnésio (3 a 15%) parece ser dependente da

temperatura, onde os organismos de águas mais quentes apresentam maiores valores de magnésio que os de águas mais frias (Ubaghs, 1967). Geralmente estão também presentes pequenas quantidades de outros elementos como fosfatos, sulfato de cálcio, sais de alumínio e ferro, assim como traços de estrôncio, bário, cobre, zinco, manganés, cobalto, níquel, cádmio e alguns outros elementos (Ubaghs, 1967).

O endosqueleto calcítico que os Equinodermes possuem, torna-os muito abundantes no registo fóssil, e os seus restos são frequentemente parte importante do sedimento carbonatado de uma rocha (Clarkson, 1998). Ubaghs (1967) também refere que a fossilização não muda a orientação cristalográfica dos cristais de calcite que compõem os endosqueletos, a não ser que esta seja totalmente dissolvida e reprecipitada.

## **I-2. Definição de Milifóssil**

O termo milifóssil, anteriormente referido neste trabalho, surge da necessidade cada vez mais premente de tentar enquadrar, do ponto de vista terminológico, elementos dissociados de dimensões milimétricas com potencial de fossilização que certos organismos macroscópicos possuem.

Por definição, um macrofóssil é algo que pode ser manejado com a mão livre e pode ser examinado a olho nu ou com o recurso a uma lupa de mão (x10). Por sua vez, um microfóssil requer o uso de um meio óptico auxiliar de observação, geralmente um microscópio ou lupa binocular, para a sua observação. Por razões práticas, alguns grupos de geólogos restringiram esta última definição para estruturas fossilizadas de organismos compreendendo entre 1mm e 50 $\mu$ m. Contudo, é pouco clara em qual das duas divisões se deverá enquadrar os fósseis com dimensões entre 1 cm e 1 mm. Por outro lado, pertencem a grupos de organismos macroscópicos que podem ser observados com lupa de mão; a sua concentração e triagem carece de procedimentos laboratoriais e uso de lupa binocular, como os microfósseis.

Assim, propõe-se uma nova categoria dimensional na classificação dos fósseis, a de milifóssil, correspondendo a um grupo de fósseis com dimensões entre 1 e 10 mm, que sejam parte de organismos de maiores dimensões (macroscópicos). Esta nova definição engloba a maior parte dos restos esqueléticos (por esse facto designados milirrestos) de Equinodermes estudados para este trabalho.

Podemos também englobar na categoria dos milifósseis os restos de peixes (dentes, vértebras e escamas), elementos do esqueleto de crustáceos cirrípedes, ou de outros crustáceos, os fragmentos de corais, de algas calcárias ou de colónias de briozoários.

Foraminíferos, Ostracodos, Nanofósseis calcários, entre outros, ficam fora desta classificação de milifóssil dado a estrutura que se observa no fóssil ser da mesma dimensão que o organismo que a produziu. Pólenes, esporos, fitólitos e elementos não mineralizados de plantas são, por definição e critérios metodológicos, integrados na Paleobotânica pelo que não serão aqui incluídos.

O tamanho dos Equinodermes é bastante variável, ocorrendo exemplares com dimensões desde alguns milímetros (por exemplo, alguns equinóides adiante referidos) até a alguns metros alcançados, por exemplo, por algumas espécies de holoturóides (Frizzell & Exline, 1966). Por seu lado, os diferentes restos esqueleticos destes organismos variam de dezenas de micrómetros até alguns milímetros. Tendo em conta a categoria dimensional de fósseis referida anteriormente, poderemos enquadrar estes restos como mili e microfósseis. No presente trabalho foram abordados essencialmente milirrestos fossilizados ou milifósseis.

## **II. Estudos Anteriores sobre Equinodermes Fósseis em Portugal**

Em Portugal, fósseis do Filo Echinodermata têm vindo a ser estudados desde, pelo menos, os anos trinta do século XIX. Apesar disso, apenas em 1841 surge a primeira referência a equinodermes fósseis portugueses (mais concretamente equinóides), publicado por Sharpe (1841).

A Loriol (1884) atribui-se a primeira referência a asteróides no registo fóssil português, ao formalizar o género *Aspidaster* e a espécie *A. delgadoi* partir de um exemplar do Lusitaniano de Vale de Porcos (Sintra).

Mais tarde, Loriol (1890-91) publica uma excelente monografia onde faz um resumo das ocorrências de equinodermes no Mesozóico português e onde classifica muito material existente então. Nesse trabalho, o referido autor faz referências a asteróides, crinóides e equinóides.

Só com os trabalhos de Antunes & Jonet (1969-70) e Cachão & Dantas (1981) são feitas as primeiras referências a ossículos isolados de asteróides em afloramentos da Costa da Caparica (Miocénico Médio), onde os últimos atribuíram os ossículos encontrados ao género *Astropecten*.

É também a Antunes & Jonet (1969-70) que se deve a primeira referência a ofiuróides no registo fóssil português, no Helveciano (antiga denominação para uma época que é grosseiramente o Serravaliano utilizado actualmente) superior VI-b, na escarpa

depois da antiga estrada dos Capuchos (região de Lisboa). M. T. Antunes (comunicação pessoal, 2009) diz não ter presente o que terá ocorrido ao material que identificou na altura, recordando-se vagamente de alguém ter encontrado um ofiuróide completo (ou quase completo) na Bacia do Sado, não tendo presente quem terá esse exemplar e se alguma vez foi publicado.

Mais tarde, Hess & Palain (1975) descrevem os primeiros ossículos desarticulados de ofiuróides do registo geológico português, no Hetangiano (Jurássico Inferior) da localidade Sá (Sangalhos). Nesse artigo, os autores referem que esse material iria ser doado ao antigo Museu dos Serviços Geológicos de Portugal (actual Museu Geológico, LNEG). Em visita recente (fim de 2009) a esse museu, com o intuito de observar esse material, não foi possível encontrá-lo. Em contacto recente com os autores desse artigo (fim de 2009) ambos afirmam que o material foi devolvido na altura. Como tal e por agora, esse material encontra-se em parte incerta.

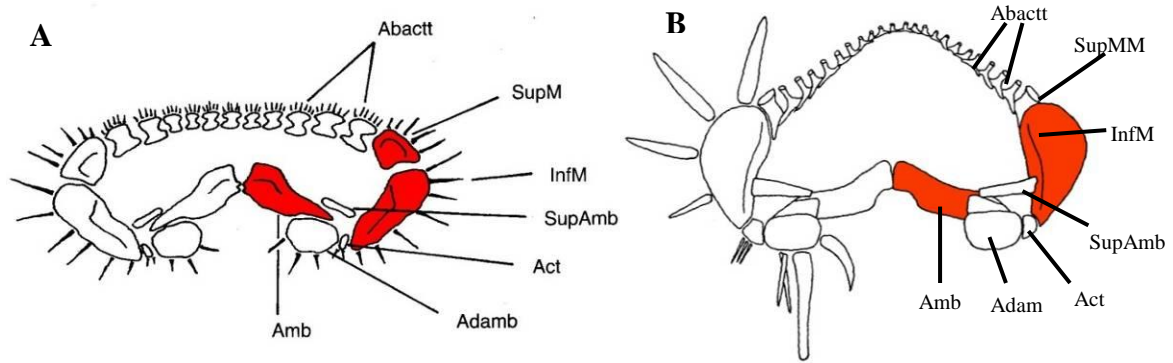
Em 2003, Pereira *et al.* publicam um estudo sobre asteróides do Miocénico da Bacia do Baixo Tejo-Sado. Nesse estudo, os autores identificam ossículos desarticulados de *Astropecten* sp., *Luidia* sp. e goniasterídeos no Miocénico Inferior e Médio e oreasterídeos apenas no Miocénico Inferior, da referida região.

Mais tarde, outros trabalhos foram realizados sobre equinodermes, sem ter existido, nenhum trabalho de classificação e/ou descrição pormenorizada de ofiuróides, bem como, alguma referência a crinóides para o Miocénico português.

Estudos preliminares (Pereira & Pita, 2006 e Pereira *et al.*, 2006) numa amostra colhida num afloramento a Sul da Lagoa de Albufeira, mais concretamente da arriba entre a Lagoa e a foz da Ribeira da Lage, revelaram-se bastante promissores. Apesar da dimensão reduzida da amostra estudada (aproximadamente 1kg), aquela revelou conter milirrestos de diversos grupos de equinodermes. À data, foram identificados milifósseis pertencentes a equinóides, asteróides, crinóides e ofiuróides, resultando nas primeiras referências para crinóides do Miocénico português.

Nesse estudo, em relação aos asteróides foram identificados ossículos ambulacrais, superomarginais, inferomarginais e espinhos de *Astropecten* sp. (fig. 1A) e ossículos ambulacrais e inframarginais de *Luidia* sp. (fig. 1B).

Foram também encontrados fragmentos de carapaças de equinóides regulares e irregulares (espatangóides), bem como, espinhos e peças do labro deste último grupo. Carapaças de equinóides regulares quase completas e com dimensões milimétricas existiam igualmente na amostra.



**Figura 1** – Esquema dos ossículos de asteróides encontrados por Pereira *et al.* (2006). A) Secção transversal idealizada de um braço de *Astropecten* sp.: SupM – superomarginal; InfM – inferomarginal; Amb – ambulacral; Adamb – adambulacral; SupAmb – superoambulacral; Act – actinal; Abactt – abactinais. B) Secção transversal idealizada de um braço de *Luidia* sp.: SupM – superomarginal; InfM –inferomarginal; Amb – ambulacral; Adamb – adambulacral; SupAmb – superoambulacral; Act – actinal; Abactt – abactinais. Adaptado de Kaczmaraska (1987).

Na figura 21 podemos observar a morfologia de um ofiuróide. Estes organismos são compostos por centenas de ossículos calcíticos com morfologia muito variada. Como é possível ver na figura mencionada anteriormente, os ofiuróides possuem muitos mais ossículos do que os que foram identificados por Pereira & Pita (2006) e Pereira *et al.* (2006).

Foram também identificados outros ossículos diferentes, sendo comparados com o material descrito por Kroh (2003). Concluiu-se que os milirrestos encontrados apresentam algumas semelhanças com o material descrito por aquele autor, permitindo assim afirmar que se tratavam de ossículos de crinóide. Esta comparação permitiu também alguma classificação morfológica, sendo identificados ossículos braquiais, com diferentes tipos de articulações, e cirrais.

Ao comparar-se o material encontrado na Lagoa de Albufeira com material actual descrito por Messing (1997), classificaram-se os milirrestos de crinóides como pertencendo à ordem Comatulida. Contudo, não se pôde ir mais além, já que não fazia parte daquele trabalho uma classificação detalhada. Também há que ter em conta que a classificação específica dos crinóides é feita através dos cálices. Tal peça esquelética não foi encontrada durante o referido trabalho. Ainda assim, os crinóides do Miocénico português pecam por um estudo mais aprofundado.

Mais recentemente e já no decurso deste trabalho, Pereira (2009) retoma o material de ofiuróides encontrado em 2006 e, após comparação do material fóssil encontrado com os milirrestos de um organismo actual da espécie *Ophiura ophiura*, classifica

morfologicamente os diferentes ossículos de ofiuróide descobertos em 2006. Este artigo encontra-se em anexo (Anexo I).

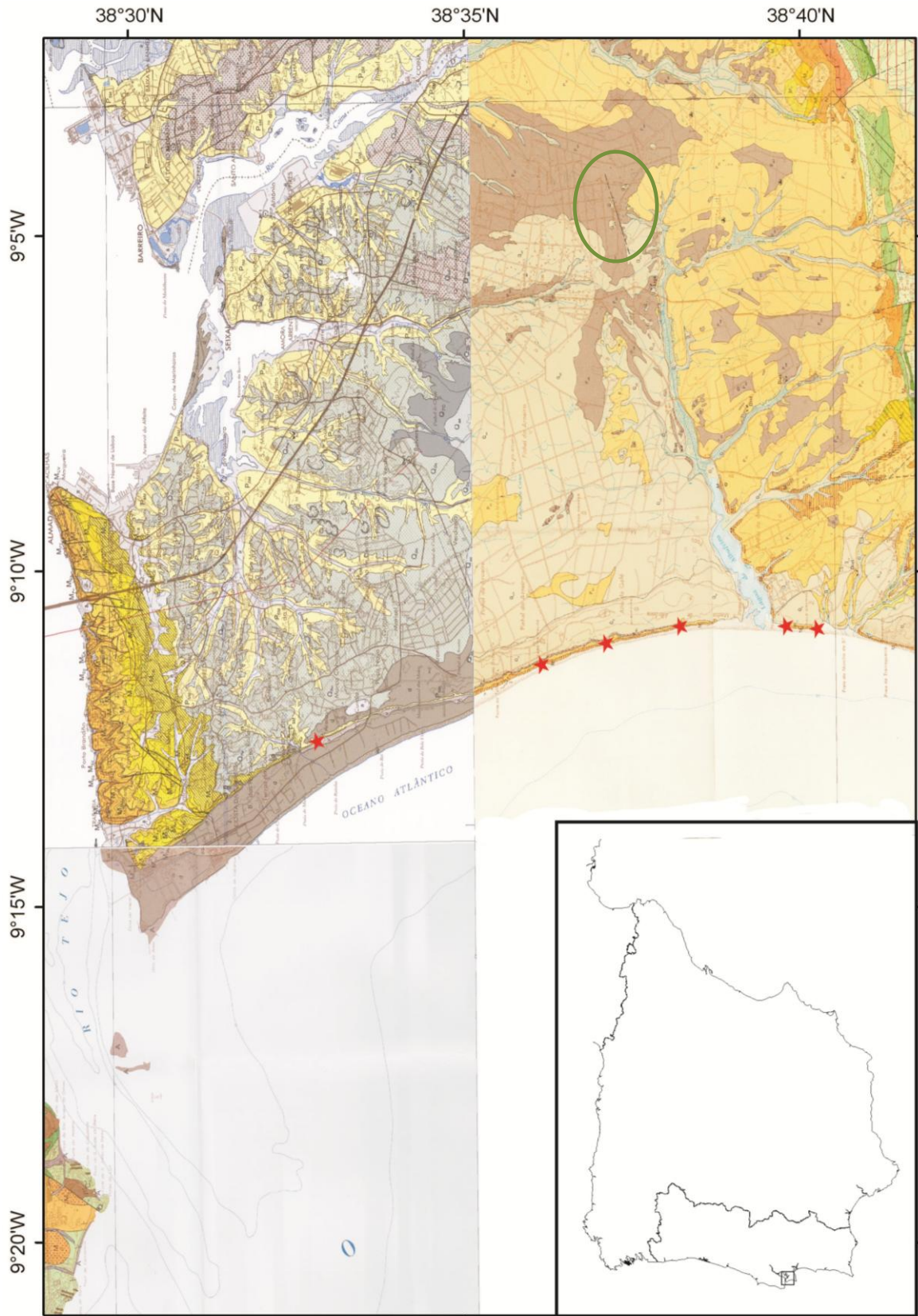
Aquele autor concluiu que os milirrestos de ofiuróides encontrados compreendiam vértebras dos braços (mais concretamente primeiras vértebras e vértebras proximais a distais), placas braquiais laterais, dorsais e ventrais, espinhos e placas bocais.

Os holoturóides nunca foram mencionados até hoje para o registo fóssil português. A sua descrição a nível mundial é escassa, talvez não pela sua fraca distribuição ou inabilidade de preservarem no registo fossilífero, mas pelo facto de ser um grupo onde poucas pessoas trabalham. Ainda assim, várias referências a holoturóides no registo geológico provêm de estudos realizados por alemão Mike Reich (exemplos, Reich, 1995; Reich, 1997; Reich, 2003).

### **III. Enquadramento Geográfico, Geológico e Estratigráfico**

Para o presente estudo, devido ao grau de exposição, ao fácil acesso e à boa extensão dos afloramentos, optou-se por colher amostras no litoral Oeste da Península de Setúbal. A amostragem foi efectuada a Sul da Foz do Rego, a Sul da aldeia de Fonte da Telha, nos Olhos d' Água (a Sul da aldeia de Fonte da Telha, entre esta e a Lagoa de Albufeira) e a Sul da Lagoa de Albufeira (entre esta Lagoa e a Foz da Ribeira da Lage), (fig. 2). Todos os afloramentos enquadram-se na Bacia Cenozóica do Tejo-Sado, encontrando-se indicados na carta geológica da região como pertencentes aos depósitos de Ribeira da Lage (Manupella *et al.*, 1999).

Segundo Manupella *et al.* (1999), na região SW da Península de Setúbal é evidente um alinhamento da Lagoa de Albufeira com a Ribeira da Apostiça, com orientação ENE-WSW a E-W. Este alinhamento fluvial, com orientação diferente da restante drenagem, marca aproximadamente a fronteira entre dois domínios diferentes. Um domínio WNW, com evidente basculamento para NE, e um domínio ESE, basculado para NNW. A diferença entre os dois domínios é também marcada por assimetria do padrão de distribuição dos canais de drenagem fluvial (predominantes na margem Sul, com disposição subparalela a NNW-SSE). Estes indícios levam a considerar a existência de uma falha (ou dobra) ao longo daquele alinhamento, apesar de ainda não ter sido comprovado (Manuppella *et al.*, 1999).



**Figura 2** – Mapa de parte da Península de Setúbal, com a localização dos pontos de amostragem. Mapa construído tendo por base as cartas geológicas 34-C (Ramalho *et al.*, 1999), 34-D (Pais, 2005) e 38-B (Manupella, 1994). As estrelas vermelhas indicam o local de colheita das amostras e o círculo verde mostra a falha de Carvoeiras. Para as legendas das cartas geológicas *vide* Anexo III.

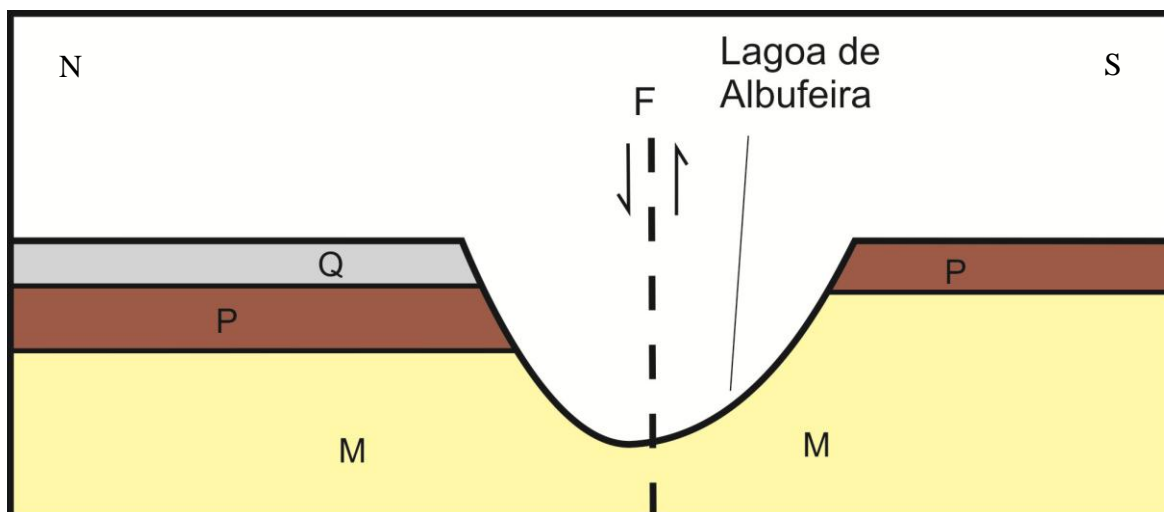
Existe uma falha com a orientação da Lagoa de Albufeira e próximo deste alinhamento quase no centro da aldeia de Carvoeiras (fig. 2), situada a Sul de Fernão Ferro, visível na carta geológica 38-B 1/50.000 da região (Manuppella, 1994). Assim, a Lagoa de Albufeira poderá ser a materialização geomorfológica do prolongamento dessa falha.

Segundo Manuppella *et al.* (1999), as formações miocénicas a Norte do alinhamento Lagoa de Albufeira – Ribeira da Apostiça apresentam inclinação de aproximadamente 2° para Sul, deixando de aflorar no Galherão (a cerca de 1 km a Norte da Lagoa de Albufeira), voltando a aparecer um pouco a Sul da Lagoa de Albufeira, com litologias semelhantes mas atitude sub-horizontal. Os mesmos autores referem que esta diferente disposição não exclui a presença de uma falha orientada ENE-WSW, mas implica reduzida amplitude de deslocamentos verticais. Cachão (1984) pôs em causa a hipótese mais ou menos consensual da Lagoa de Albufeira corresponder ao eixo do sinclinal da Península de Setúbal, colocando-o mais a Norte entre a Foz do Rego e a Fonte da Telha.

Manuppella *et al.* (1999) referem que a superfície erosiva de contacto entre as unidades carbonatadas do Miocénico e os arenitos pouco consolidados do Pliocénico é regular e subparalela à estrutura dos sedimentos miocénicos, na secção a Norte da Lagoa de Albufeira. A Sul da Lagoa, essa superfície adquire morfologia muito irregular, apresentando abarrancamentos muito pronunciados nas formações miocénicas (Manuppella *et al.*, 1999).

Segundo Manuppella *et al.* (1999), o movimento da hipotética falha teria um abatimento relativo do bloco Sul. Contudo, se analisarmos a disposição do padrão de manchas do Pliocénico e Quaternário, não parece que esta possível movimentação seja verdadeira.

A existir, a movimentação da falha deverá ter ocorrido com abatimento relativo do bloco Norte, pois a Norte, estes níveis encontram-se relativamente bem preservados e contínuos espacialmente, enquanto a Sul os mesmos são irregulares e muito incisivos nos níveis miocénicos. Por outro lado, a existir essa falha, ela teria movimentação anterior à deposição dos níveis pliocénicos, conduzindo a maior erosão no bloco Sul, aquando da instalação da rede fluvial de drenagem do Pré-Tejo. Essa falha terá posteriormente sido reactivada (pós deposição dos níveis Pliocénico), de tal forma que possibilitou à deposição dos níveis Quaternários preferencialmente no bloco Norte (fig. 3).



**Figura 3** – Esquema da possível falha da Lagoa de Albufeira. Q – Quaternário; P – Pliocénico; M – Miocénico; F – falha.

Na Península de Setúbal, a arriba litoral Oeste não se encontra permanentemente sobre a acção dos agentes erosivos marinhos. Parte desta arriba é fóssil, nomeadamente no troço entre a Costa da Caparica até à Lagoa de Albufeira, sendo um corpo praticamente contínuo até a essa lagoa. Na Lagoa de Albufeira, a arriba é interrompida pela desembocadura da lagoa, reaparecendo imediatamente a Sul da mesma. A partir daqui, a arriba deixa de ser fóssil, sendo a ser activa apenas durante as grandes vagas de tempestade, desde a Sul da Lagoa de Albufeira até à Praia do Penedo, passando a ser permanentemente activa a Sul da Praia do Penedo.

### III-1. Caracterização litológica das unidades em estudo

Segundo Manuppella *et al.* (1999), a sequência de rochas de onde provém o material em estudo pertence à unidade da Ribeira da Lage. Esta unidade é constituída na base por areolas, rochas compostas por clastos com uma granulometria compreendida entre a areia fina a muito finas, micáceas, muito bem a moderadamente calibradas (Cachão e Freitas, 1998). Estas areolas apresentam uma cor amarelada a esbranquiçada, com vários níveis decimétricos concrecionados. Estes níveis concrecionados foram anteriormente estudados por Cachão e Freitas (1998). Para o topo, abundam valvas de *Chlamys macrotis* (Manuppella *et al.*, 1999).

Segundo os mesmos autores, por cima deste conjunto, encontra-se uma sequência de areolas amarelas, marinhas, não fossilíferas, com espessura reduzida. O contacto desta sequência com a descrita anteriormente é erosivo. No presente trabalho esta superfície será denominada D1. Estas areolas são atribuídas ao Tortoniano Superior, materializando o início do III Ciclo Neogénico (Tortoniano Inferior/Médio), segundo Cachão & Silva

(2000), ou Tortoniano Médio-Messiniano, segundo Antunes *et al.* (2000). Esta sequência é particularmente visível a Sul da Lagoa de Albufeira, onde a superfície erosiva com a sequência anterior é particularmente bem marcada a Sul da Foz da Ribeira da Lage. Não é claro através da análise do trabalho de (Manuppella *et al.*, 1999) se estes autores incluem esta última sequência dentro dos depósitos de Ribeira da Lage.

Segundo Antunes *et al.* (1996), a curva de variação do  $^{18}\text{O}$  ( $\delta^{18}\text{O}$ ) indica ambiente marinho aberto, com ligeiro aumento da temperatura da água para a parte superior. A diminuição de  $\delta^{13}\text{C}$ , comparado com a sequência glauconítica do Penedo, pode significar maior influência continental e/ou a presença de condições mais oxidantes.

É visível em vários dos locais estudados, uma superfície erosiva entre as areias fluviais feldspáticas pliocénicas, denominadas de Areais de Fonte da Telha e Coina, e a sequência marginal costeira do Tortoniano Inferior. Para o presente trabalho essa superfície erosiva será denominada de D2. A D2 é visível em quase toda a costa, sendo um denominador comum em quase todas as secções estudadas.

Estas areias constituem depósitos fluviais do Pré-Tejo, com idade Pliocénica. Estes depósitos são compostos por areias siliciosas, de granularidade média a grosseira a muito grosseira, podendo localmente ser conglomeráticos, de cor amarelada a avermelhada (fig. 41). Por vezes são visíveis estruturas internas oblíquas e entrecruzadas. Estas camadas são geralmente desprovidas de microfósseis, existindo algumas referências a raros microfósseis e a macrorrestos vegetais.

As duas sequências acima e abaixo da D1 apresentam uma fácies bastante semelhante, diferindo essencialmente no seu conteúdo fossilífero, uma apresenta microfósseis outra não. Se optarmos pela assunção que Manuppella *et al.* (1999) de que a sequência desprovida de fósseis é marinha, é plausível que as duas sequências mencionadas anteriormente tenham sido formadas a profundidades semelhantes. Contudo, parece existir alguma improbabilidade desta assunção com contexto evolutivo da região. Nesta hipótese teríamos que ter: i) uma bacia inicial a uma profundidade x, para a deposição dos sedimentos com fósseis do Miocénico; ii) emersão das rochas então formadas; iii) erosão; iv) imersão novamente para a profundidade x, para a deposição da sequência sem fósseis; e v) nova emersão e erosão para acomodar os níveis Pliocénicos. Ora, num contexto tectónico compressivo e, conseqüentemente, de levantamento da cadeia da Arrábida, parece pouco provável este efeito de vai e vem ocorrer, e em tão pouco tempo.

Assim, propõe-se uma outra hipótese possível para explicar o observado. Que aquela sequência sem fósseis resulte nos primeiros níveis de deposição do Pré-Tejo ou de uma rede de drenagem incipiente, tendo sido depositadas já em contexto fluvial, mas devido à inexistência de outro sedimento disponível, aquele sistema de drenagem terá redepositado sedimento que arrancou aos níveis Miocénicos da sequência anteriormente depositada.

### **III-2. Enquadramento estratigráfico**

Zbyszewski *et al.* (1965) atribuíram a idade Tortoniano aos depósitos de Ribeira da Lage sendo, mais tarde, correlacionados com o Tortoniano VII<sub>a-b</sub> (Zbyszewski, 1967).

Manuppella *et al.* (1999) referem que as associações de foraminíferos planctónicos presentes nos depósitos de Ribeira da Lage indicam que estamos perante a biozona N15 e que as associações de ostracodos apresentam afinidades com associações do Serravaliano. Os dinoflagelados são raros e pouco diversificados (Manuppella *et al.*, 1999).

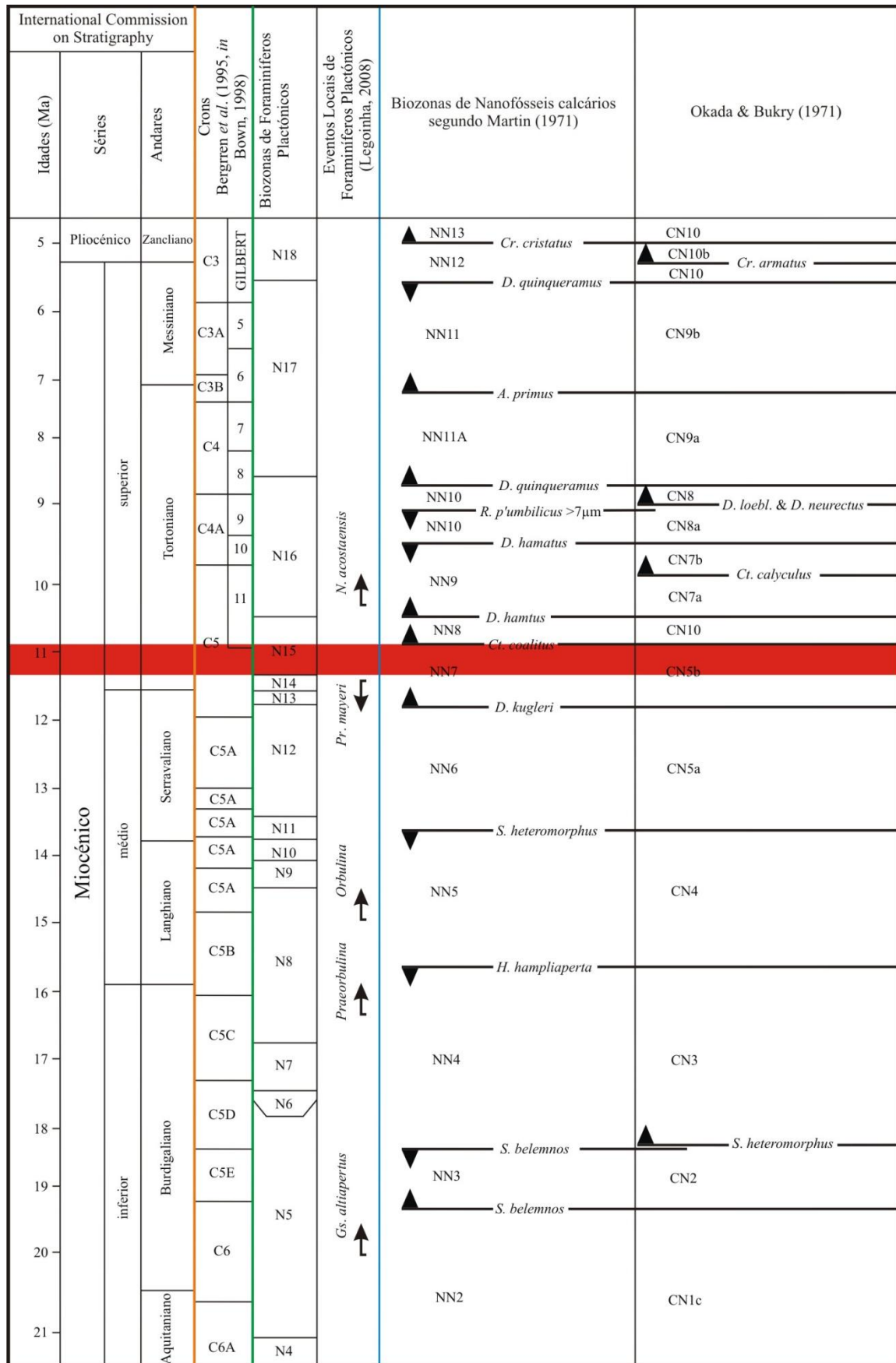
Foram efectuadas datações isotópicas em valvas de *Chlamys* da parte superior da unidade, tendo sido obtidas idades entre os 11,5 a 15 M.a. por <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr (Antunes *et al.*, 1995; Antunes *et al.*, 1996), ou seja, Serravaliano (à data daquele trabalho). Contudo, a barra de erro destas datações é significativa.

Em 2000, Cachão & Silva estudam as associações de Nanofósseis calcários da sequência da Foz do Rego e atribuem ao Serravaliano as unidades de Ribeira da Lage.

#### **III-2.1. A idade da Unidade de Ribeira da Lage**

Manuppella *et al.* (1999) adoptaram as conclusões de Zbyszewski (1967) referindo que as unidades de Ribeira da Lage pertencem ao Tortoniano VII<sub>a-b</sub>. Como também foi mencionado, as associações de foraminíferos planctónicos indicam que as camadas mais superiores da unidade de Ribeira da Lage se enquadram na biozona N15 (fig. 4). Segundo Manuppella *et al.* (1999), a associação de foraminíferos planctónicos desta unidade é composta por *Globorotalia cf. menardii*, *Neogloboquadrina continua*, *Globigerina apertura*, *Globigerina druryi*, *Globigerinopsis aguasayensis*, *Orbulina suturalis* e *O. universa*, não ocorrendo a *Globorotalia mayeri* e a *Neogloboquadrina acostaensis*.

Nos primeiros trabalhos sobre foraminíferos planctónicos desta unidade, a biozona N15 encontrava-se dividida a meio entre o Serravaliano e o Tortoniano, desconhecendo-se as razões para a datação Tortoniano apenas. Tal datação também é defendida por outros autores (e.g., Antunes *et al.*, 2000; Legoinha, 2008), para além dos anteriormente referidos.



**Figura 4** – Resumo da biostratigrafia do Miocénico da Península de Setúbal. Representação das biozonas de foraminíferos plactónicos (segundo Legoinha, 2008) e de Nanofósseis calcários (segundo Martini, 1971 e Okada & Burky, 1980; modificadas por Raffi *et al.*, 2006) e os eventos de foraminíferos plactónicos para o Miocénico daquela península. A vermelho a intersecção das biozonas dos dois grupos de organismos para a unidade de Ribeira da Lage.

Cachão & Silva (2000) estudaram as associações de Nanofósseis calcários das camadas da Foz do Rego, pertencentes à unidade de Ribeira da Lage, obtendo as biozonas NN7 (segundo Martini, 1971) e CN5b (segundo Okada & Bukry, 1980), as quais se estendem desde o Serravaliano Superior ao Tortoniano Inferior. Estes autores encontraram *Helicospahera stalis* e *H. walbersdorfensis* nas suas amostras e, com base nestas, atribuem uma idade Serravaliano Superior a esta unidade.

Em 2004, ocorreram acertos nos intervalos estratigráficos, onde a fronteira Serravaliano/Tortoniano foi estabelecida aos 11,608 M.a.. Mais recentemente, a distribuição das biozonas de foraminíferos planctónicos foi revista, passando o Tortoniano a começar muito próximo do início da biozona N14 e a biozona N15 a pertencer inteiramente ao Tortoniano.

Para os foraminíferos planctónicos, a *Globorotalia mayeri* (*Paragloborotalia mayeri* em Hilgen *et al.*, 2003) possui a sua última ocorrência aos 12,048-12,055 M.a. (Serravaliano), enquanto a *Neogloboquadrina acostaensis* apresenta a sua primeira ocorrência regular aos 10,554 M.a. – Tortoniano (Hilgen *et al.*, 2003). Como estas espécies não foram encontradas nesta unidade é possível afirmar que a mesma ter-se-á formado em algum período entre aquelas duas ocorrências. Este intervalo corresponde ao topo da biozona N12, incluindo também a N13, N14 e N15.

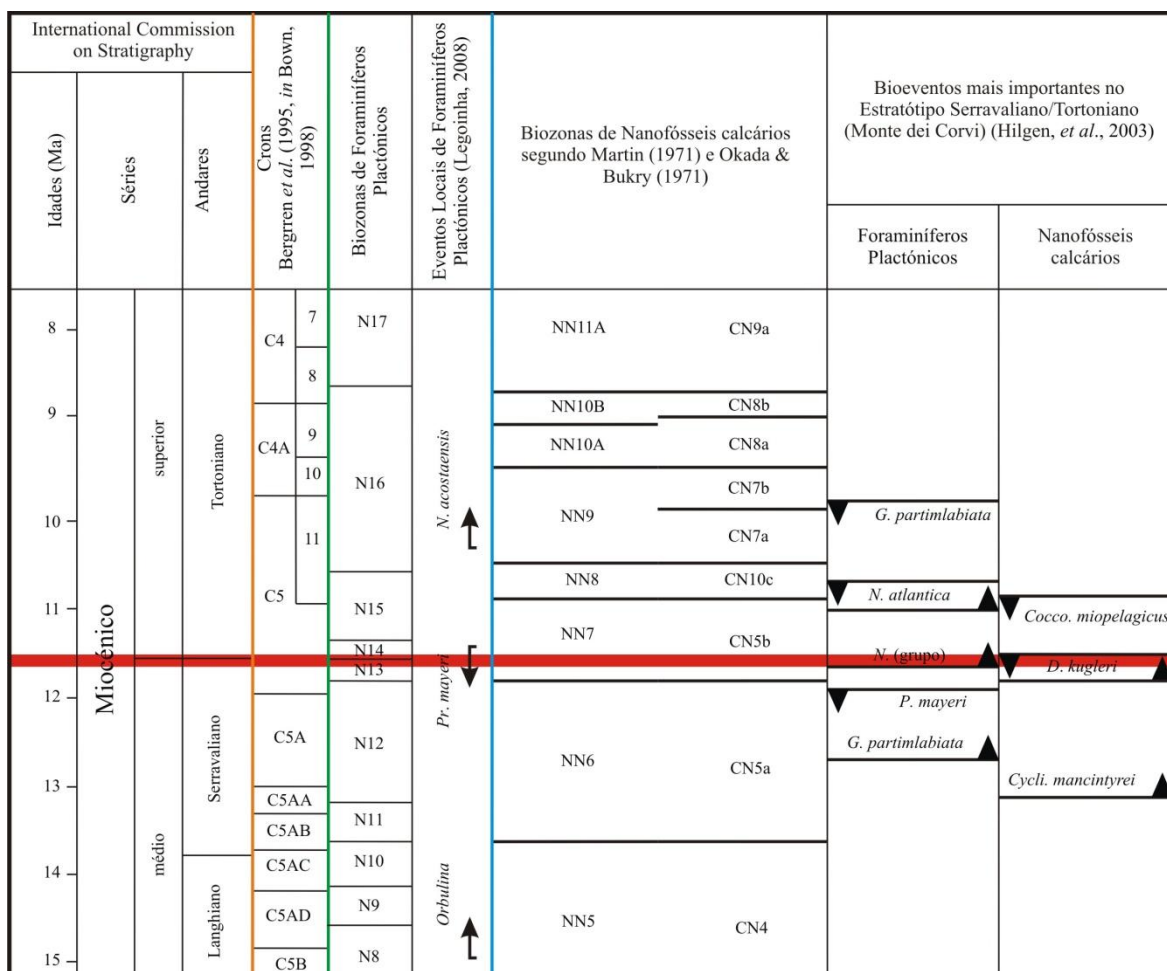
A primeira ocorrência regional no estratótipo de Monte di Corvi da *Globigerina apertura* (descrita naquele local como *Globoturborotalita apertura*) é aos 11,538-11,548 M.a. (Hilgen *et al.*, 2003). Assim, restringe o intervalo de formação daquela unidade para as biozonas N14 e N15, pertencentes ao Tortoniano.

Desconhece-se se alguma das outras espécies de foraminíferos planctónicos encontradas permite afirmar que se trate apenas da biozona N15 em causa. Por não existirem motivos para supor que esta interpretação não seja correcta irá ser essa a biozona em causa usada.

Em 2006, Raffi *et al.* apresentam uma revisão da distribuição dos principais eventos de Nanofósseis calcários, propondo uma correcção das biozonas definidas por Martini (1971) e Okada & Bukry (1980). Raffi *et al.* (2006) colocam a “Lowest Consistent Occurrence” da *H. stalis* e a “Highest Consistent Occurrence” da *H. walbersdorfensis* acima dos 11,6 M.a., dentro do Tortoniano. De acordo com a magnetostratigrafia definida por Lourens *et al.* (2004, *in* Raffi *et al.*, 2006).

Através da intersecção das biozonas obtidas pelos dois grupos de organismos (Nanofósseis calcários e foraminíferos planctónicos), obtem-se um intervalo mais restrito

para a formação das camadas superiores da unidade de Ribeira da Lage. Como é visível na Fig. 5, estas camadas ter-se-ão depositado no Tortoniano Inferior, entre cerca de 10,9 e de 11,2 M.a..



**Figura 5** – Resumo da biostratigrafia na fronteira Serravaliano/Tortoniano. Encontram-se representadas as biozonas de foraminíferos planctónicos (Legoinha, 2008), de Nanofósseis calcários (Martini, 1971 e Okada & Burky, 1980, modificado por Raffi et al., 2006) e os eventos de foraminíferos planctónicos e Nanofósseis calcários para o estratótipo em Monte dei Corvi (Hilgen et al., 2000 e Hilgen et al., 2003). A faixa vermelha representa intervalo que melhor representa essa transição.

No estratótipo Serravaliano/Tortoniano, as associações de Nanofósseis calcários são diferentes das encontradas por Cachão & Silva (2000). Este estratótipo encontra-se definido no Mediterrâneo, existindo diferenças das associações de Nanofósseis calcários, bem como diferenças no tempo de ocorrência de alguns eventos entre este e outras partes do globo, como acontece com o Oceano Atlântico, por exemplo (Hilgen et al., 2000 e Hilgen et al., 2003).

Como é possível observar na Fig. 5, no estratótipo de Monte dei Corvi, a transição Serravaliano/Tortoniano é melhor representada pelo segundo fluxo do grupo das

*Neogloboquadrina* e pela última ocorrência consistente do *Discoaster kugleri*. Este Nanofóssil calcário não foi encontrado nas amostras estudadas por Cachão e Silva (2000), embora esta ausência se possa ficar a dever mais a restrições de natureza paleoambiental do que temporal.

Raffi *et al.* (2006) referem que as biozonas definidas pelas duas *Helicosphaera* são úteis para o Miocénico do Mediterrâneo, sendo pouco fiáveis em bacias oceânicas, pois são raros e apresentam distribuição irregular. Devido à proximidade das rochas em estudo com o Mediterrâneo, por estas se terem formado em ambiente nerítico (onde as *Helicosphaera* são mais abundantes) e por não existirem melhores marcadores, as duas espécies de *Helicosphaera* são dos poucos marcadores biostratigráficos que podem ser utilizados no contexto paleoambiental nerítico costeiro miocénico português (Cachão, comun. pessoal).

### **III-3. Enquadramento tectónico**

A sequência de camadas em estudo encontra-se afectada pelo levantamento da Serra da Arrábida. Apesar de ser pouco expressivo no local em estudo, a formação desta cadeia influencia toda a Península de Setúbal.

A cadeia da Arrábida é a mais importante estrutura da tectónica de inversão ocorrida durante o Miocénico, por toda a Bacia Lusitânica. Esta cadeia possui orientação aproximada ENE-WSW (direcção paralela à cordilheira Bética) e extensão de cerca de 30 km. A Arrábida é limitada a Norte pelo Sinclinal da Lagoa de Albufeira, a Este pela falha de Setúbal-Pinhal Novo, a Sul pelo alto estrutural de soco (imerso) da Arrábida e a Oeste por provável falha de transferência direita, conjugada da falha Setúbal-Pinhal Novo situada aproximadamente a 5 km a Oeste do Cabo Espichel (Kullberg, 1996).

Com a formação desta estrutura, as camadas do sector a Norte da mesma sofreram basculamento, adquirindo inclinação para N ou NNE, consoante a região, até ao alinhamento Lagoa de Albufeira-Ribeira da Apostiça.

O levantamento desta cadeia influenciou a sedimentação naquela região. A porção oriental da Arrábida já se encontrava emersa aquando da deposição das unidades de Ribeira da Laje, criando uma bacia que possibilitou a deposição destes sedimentos na secção Noroeste da Península de Setúbal (Santos *et al.*, *subm.*).

## IV. Sistemática e Filogenia

Abordar a sistemática dos Equinodermes não é um assunto fácil, já que parece não existir um consenso entre a comunidade científica em relação à sistemática, filogenia e relações filogenéticas entre dos diferentes grupos de Equinodermes.

Em 1955, Hyman faz uma revisão dos diferentes grupos de Equinodermes, onde utiliza dois subfilos dentro do filo Echinodermata, o subfilo Pelmatozoa (onde inclui os equinodermes sésseis) e o Eleutherozoa (equinodermes de vida livre). Ao mesmo tempo, esta autora atribuiu diferentes classes a cada um dos subfilos. Essas classes e a sua distribuição foram as seguintes:

### Filo Echinodermata

#### Subfilo Plematozoa

Classe Heterostelea

Classe Cystidea

Classe Blastoidea

Classe Edrioasteroidea

Classe Crinoidea

#### Subfilo Eleutherozoa

Classe Holothuroidea

Classe Echinoidea

Classe Asteroidea

Classe Ophiuroidea

Classe Ophiocistoidea

Mais tarde, Ubaghs (1967) afirma que actualmente existem 5 classes de Equinodermes – Crinoidea, Holothuroidea, Echinoidea, Asteroidea e Ophiuroidea. Afirma também que as duas últimas são frequentemente combinadas com a classe Someasteroidea para formar uma só classe, a Stelleroidea. Existem outras classes que se restringem ao Paleozóico, nomeadamente a ?Machaeridia, a Homostelea, a Stylophora, a Homolostelea, a Eocrinoidea, Paracrinoidea, a Cystoidea, a Parablastoidea, a Blastoidea, a Edrioblastoidea, a Edriasteroidea, a Cyclocystoidea, a Helicoplacoidea, a Ophiocistoidea, a Lepidocystoidea e a Camptostromatoidea (Ubaghs, 1967).

Fell (1965, *vide* Ubaghs, 1967) estabeleceu vários subfilos sob o filo Echinodermata. Esta classificação foi adoptada por Ubaghs (1967), com a seguinte disposição:

#### Filo Echinodermata

Subfilo Homalozoa. Equinodermes sem simetria radial e corpo fundamentalmente assimétrico (conta também com 3 outras classes colectivamente chamadas de “carpóides” e possivelmente a classe Machaeridia)

Classe Homoiostelea

Classe Homostelea

Classe Stylophora

Subfilo Crinozoa. Equinodermes com simetria radial, apresentando um padrão meridional parcial de crescimento tendendo a produzir uma teca em forma de taça ou globoide e um padrão divergente parcial do crescimento formando apêndices (braquíulas ou braços) que possuem extensões extrateca de ambulacros de alimentação.

Classe Blastoidea

Classe Crinoidea

Classe Cystoidea

Classe Edrioblastoidea

Classe Eocrinoidea

Classe Parablastoidea

Classe Paracrinoidea

Classe Lepidocystoidea

Subfilo Asterozoa. Equinodermes com simetria radial, apresentando padrão radial divergente de crescimento o que produz projecções radiais e corpo em forma de estrela.

Classe Stelleroidea

Subclasse Somasteroidea

Subclasse Asteroidea

Subclasse Ophiuroidea

Subfilo Echinozoa. Equinodermes com simetria radial, padrão meridional de crescimento produzindo essencialmente um corpo globoso, mas sem braços ou projecções radiais.

Classe Cyclocystoidea  
Classe Echinoidea  
Classe Edrioasteroidea  
Classe Helicoplacoidea  
Classe Holothuroidea  
Classe Ophiocystioidea  
Classe Camptostromatoidea

Mais tarde, Sprinkle (1976, *fide* Clarkson, 1998) modifica esta divisão apresentando a divisão que se segue:

#### Filo Echinodermata

Subfilo Homalozoa (Ordovícico)

Subfilo Blastozoa

Classe Diploporita (?Câmbrico – Devónico)

Classe Rhombifera (?Câmbrico – Devónico)

Classe Bastoidea (Silúrico – Pérmico)

Classe Eocrinoidea (Final do Câmbrico – Silúrico)

Subfilo Crinozoa (equinodermes que possuem uma pequena armadura corporal (cálice) e braços com pínulas para a captura de alimento)

Classe Crinoidea (Câmbrico médio – Actualidade)

Subfilo Asterozoa

Classe Stelleroidea (Ordovícico – Actualidade)

Subclasse Asteroidea (Ordovícico – Actualidade)

Subclasse Ophiuroidea (Ordovícico – Actualidade)

Subclasse Somasteroidea (Ordovícico – Devónico)

Subfilo Echinozoa (equinodermes radiais, geralmente globosos ou discoidais)

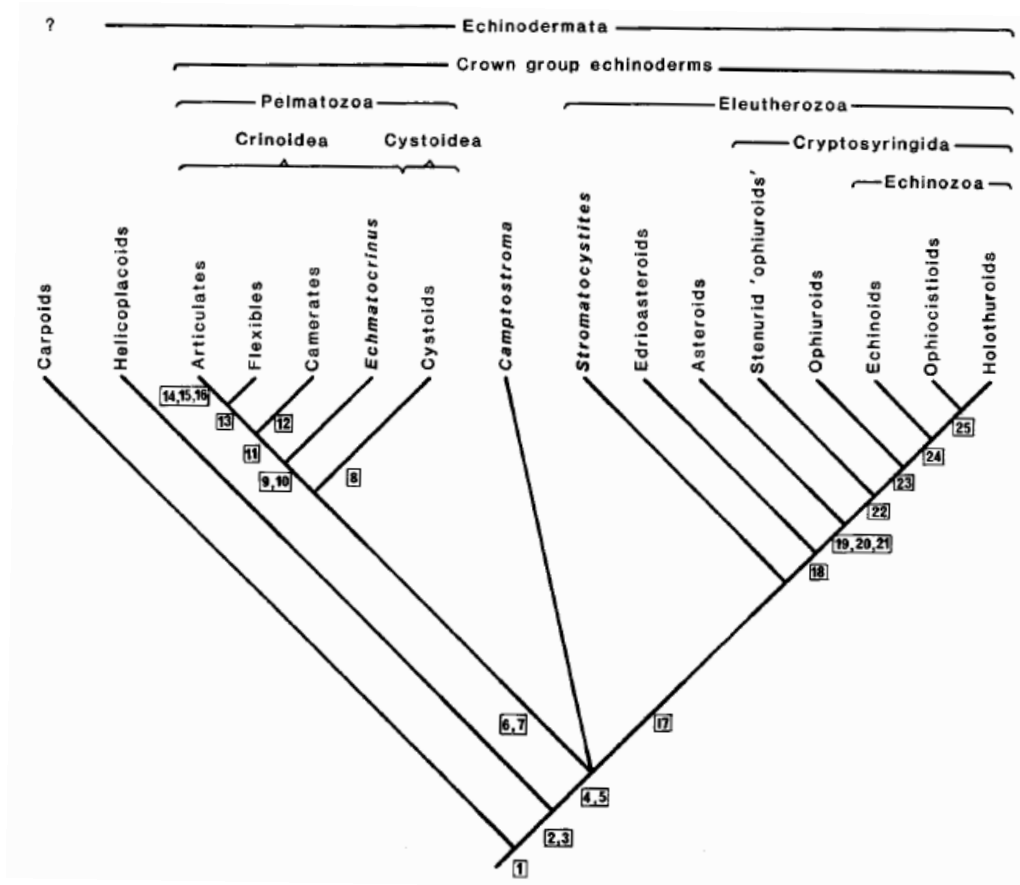
Classe Echinoidea (Ordovícico – Actualidade)

Classe Holothuroidea (Ordovícico – Actualidade)

Classe Edrioasteroidea (final do Câmbrico – Carbónico)

A filogenia do grupo de equinodermes e as relações filogenéticas entre os diferentes grupos acompanharam estas mudanças na sistemática. Em 1984, Smith faz um resumo da evolução da percepção filogenética, apresenta um cladograma (fig. 6) com os principais

grupos fósseis e uma nova classificação filogenética. Nesse trabalho, o autor recupera a classificação de subfilo Pelmatozoa e subfilo Eleutherozoa de Hyman (1955).



**Figura 6** – Cladograma com os principais grupos de equinodermes fósseis, segundo Smith (1984).

Essa classificação é descrita de seguida:

Filo Echinodermata

Subfilo Pelmatozoa

Classe Crinoidea

Subclasse Articulata

Subfilo Eleutherozoa

Superclasse Asterozoa

Classe Asteroidea

Superclasse Cryptosyringida

Subsuperclasse Ophiuroidea

Subsuperclasse Echinozoa



ADN mitocondrial aparentam suportar a “Hipótese Asterozoan” (Smith et al. 1993), mas mais estudos ainda são necessários.

Assim, o cladograma da figura 6 segue a linha da “Hipótese Asterozoan” enquanto o da figura 7 suporta a “Hipótese Cryptosyringid”.

Mais recentemente, passou a considerar-se que os cinco taxons actuais pertencem a cinco classes distintas, ideia defendida inicialmente por Hyman, em 1955.

As relações filogenéticas entre os cinco *taxa* existentes actualmente não são relevantes para o presente trabalho, nem é de todo o interesse opinar sobre qual das classificações taxonómicas é a mais correcta. Assim, refere-se apenas que se opta pela determinação aparentemente consensual de classificar os cinco *taxa* existentes actualmente cinco classes distintas.

## **V. Morfologia dos Equinodermes**

Durante o Miocénico já só existiam os cinco grupos de Equinodermes que existem actualmente (Echinoidea, Asteroidea, Crinoidea, Ophiuroidea e Holothuroidea), não tendo sofrido grandes alterações morfológicas desde então. Assim, através do estudo da morfologia dos Equinodermes actuais, pode-se facilmente aplicar os mesmos critérios de classificação morfológica aos Equinodermes fósseis.

Serão focadas principalmente as estruturas biomineralizadas que estes organismos possuem, pois são aquelas que serão encontradas no registo geológico. As descrições que serão feitas baseiam-se no que foi descrito por Hyman (1955) e, sempre que não for mencionada a fonte dessa informação, a descrição é segundo aquele autor.

### **V-1. Echinoidea**

Os equinóides são animais com uma forma globosa, oval ou discoide, orientados com a superfície oral para baixo, e cobertos com espinhos que partem do endosqueleto. Este endosqueleto é constituído por placas calcárias dispostas próximas umas das outras, em 20 fiadas meridionais, de 10 ambulacrais e 10 interambulacrais, onde os ossículos das primeiras apresentam perfurações para a passagem dos pés ambulacrários. Devido ao seu endosqueleto calcário, os equinóides encontram-se muito bem preservados no registo geológico, ocorrendo em abundância em rochas desde o Ordovícico Médio.

Os equinóides subdividem-se em duas categorias, regulares e irregulares. Os regulares apresentam forma tipicamente globosa, mais ou menos achatada nos pólos,

podendo alguns ser ovais. Apresentam superfícies oral e aboral diferenciadas, deslocando-se sobre a superfície oral que, por consequência, é mais ou menos achatada, ou até mesmo côncava, enquanto a aboral é moderadamente a acentuadamente arqueada. A característica externa mais distintiva destes animais é o facto de possuírem a sua carapaça coberta por espinhos. Os espinhos podem ser todos mais ou menos do mesmo tamanho, mas é usual que os da região central oral e aboral sejam mais curtos que os laterais. A restante armadura consiste em espinhos grandes, permeados por espinhos mais pequenos. Em algumas espécies, os espinhos são normalmente curtos, enquanto noutras são compridos; onde alguns diadematídeos possuem espinhos curtos na superfície oral e muito compridos e aguçados na aboral, por vezes alcançando os 30 cm.

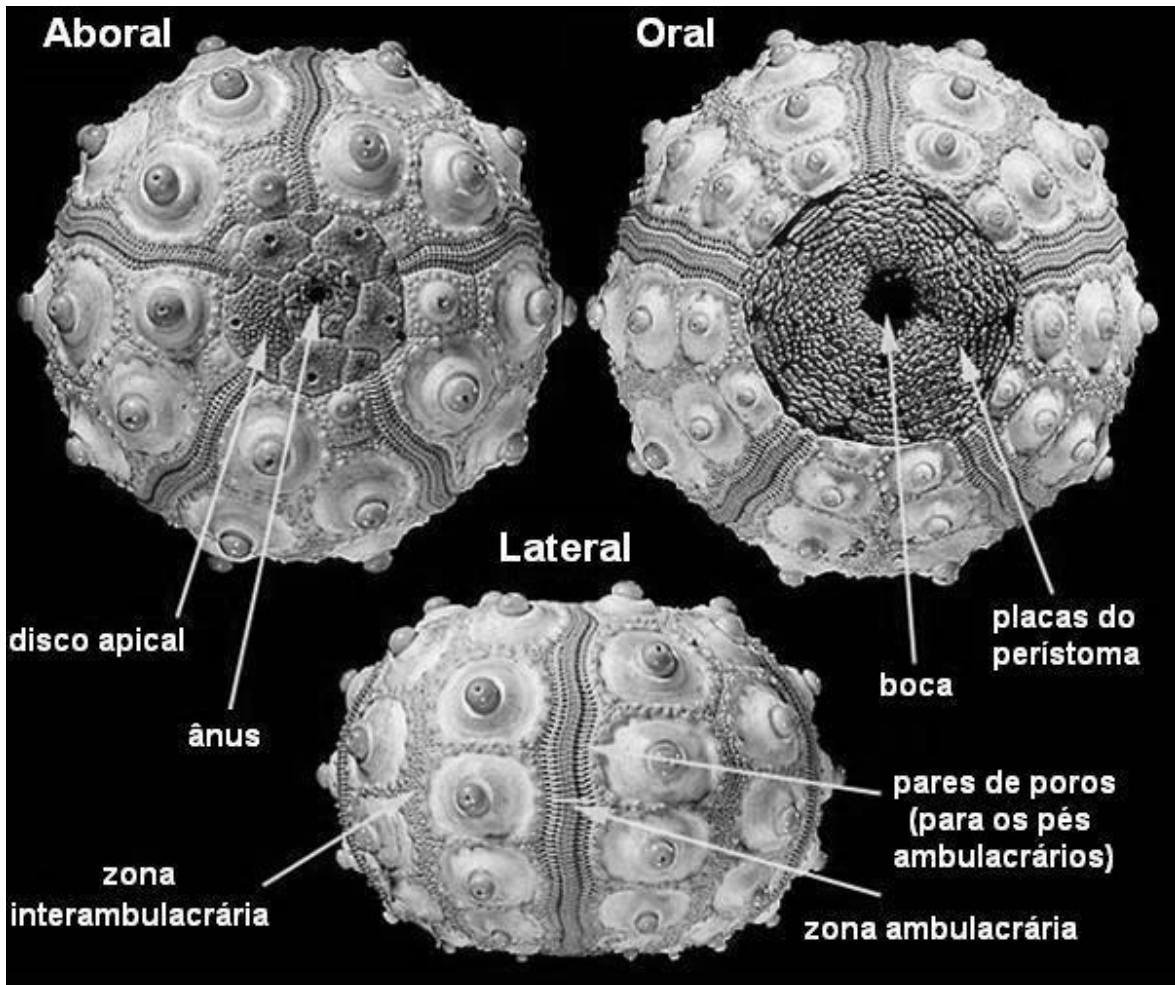
Para além dos espinhos, outra característica típica dos equinóides regulares, especialmente nos que existem actualmente, é possuírem cinco fiadas duplas de pés ambulacrários, com uma perfeita disposição pentaradiada, desde a superfície oral até à apical. Os pés ambulacrários definem cinco áreas ambulacrais, intercaladas por 5 áreas interambulacrais (fig. 8).

No centro da superfície oral encontramos a boca, de onde são salientes 5 dentes pertencentes ao aparelho mastigador (lanterna de Aristóteles). A boca é circundada por uma membrana mole, mais ou menos circular, o peristoma. Perto da boca, o peristoma possui um círculo de cinco pares de pés ambulacrários modificados, os pés ambulacrários bocais, sendo usualmente curtos e espessos e com uma forma circular, oval ou riniforme. O peristoma pode ser mais ou menos nu, sendo frequente possuir espinhos e pedicelários e conter no seu interior placas que o suportam (fig. 8).

No pólo aboral ocorre também uma membrana, o periprocto, contendo entre uma até várias placas endosqueléticas, normalmente provido com pequenos espinhos e pedicelários. O ânus encontra-se algures no periprocto, frequentemente perto do seu centro, podendo também estar presente numa posição francamente excêntrica. Nos equinóides regulares, o eixo oral-aboral, que se estende da boca ao centro do periprocto, funciona como um eixo de simetria em redor do qual a maior parte do corpo se dispõe pentaradialmente.

Entre o peristoma e o periprocto, a parede corporal é rígida, devido à presença dum endosqueleto calcítico contínuo. As placas calcárias do endosqueleto encontram-se ligadas solidamente umas às outras. Este facto conduz a que estes animais possuam um corpo rígido, encontrando-se as partes moles apenas na zona do perístoma (boca) e do periprocto (ânus). O exosqueleto é formado por placas contíguas, dispostas, nos equinóides regulares,

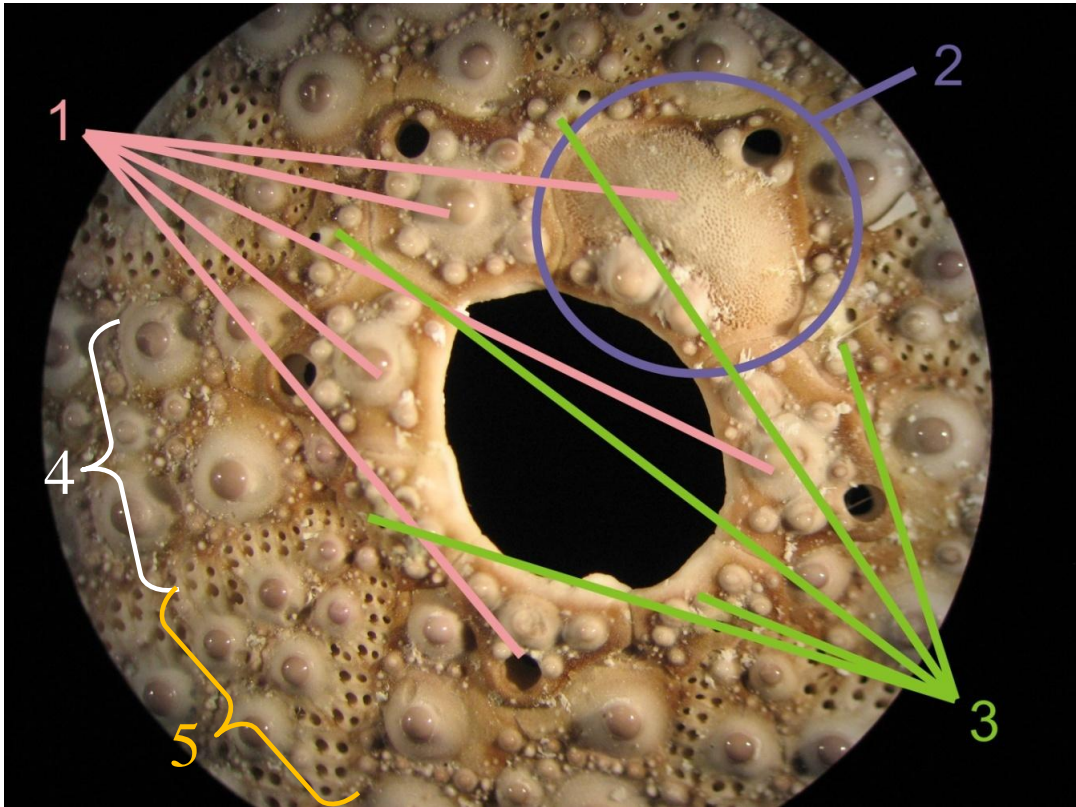
em dez filas duplas. Estas placas são inamovíveis e suportam os espinhos, excepto na família Echinothuriidae e em alguns membros da ordem Diadematidae onde as placas são imbricadas, de tal modo que a sutura seja mais ou menos flexível. Visto da superfície oral ou aboral, a circunferência do corpo, o ambitus, é geralmente circular, podendo algumas vezes aparecer pentagonal, e regularmente oval em alguns géneros como o *Echinometra*.



**Figura 8** – Esquema de um equinóide regular em diferentes vistas. Adaptado de Smith, “The Echinoid Directory”; 01/02/2010.

O endosqueleto é dividido alternadamente por cinco zonas ambulacrárias com cinco zonas interambulacrárias. As zonas ambulacrárias são constituídas por filas duplas de placas perfuradas, enquanto as zonas interambulacrárias são mais largas compostas por placas não perfuradas (fig. 8). As perfurações das zonas ambulacrárias servem para permitir a passagem dos pés ambulacrários para o exterior da carapaça. Cada placa ambulacrária possui primitivamente um par de poros, mas este número pode aumentar muito através da reunião de várias placas vizinhas.

Num dos extremos de cada zona ambulacrária encontra-se o periprocto, sendo que esta termina numa única placa chamada placa ocular. Por outro lado, cada zona interambulacrária termina numa placa maior chamada de placa genital. Uma destas placas genitais é geralmente também a placa madreporica (fig. 9).



**Figura 9** – Pormenor do periprocto dum *Sphaerechinus granularis*, ampliação de 2X. 1 – placas genitais; 2 – placa madreporica; 3 – placas oclares, 4 – zona interambulacrária e 5 – zona ambulacrária.

Tanto nas placas interambulacrárias como nas ambulacrárias existem tubérculos hemisféricos, onde se fixam os espinhos. Estes ligam-se ao corpo do animal através de uma musculatura particular, para além de os fixar ao corpo, possibilita que estes se movimentem em todas as direcções.

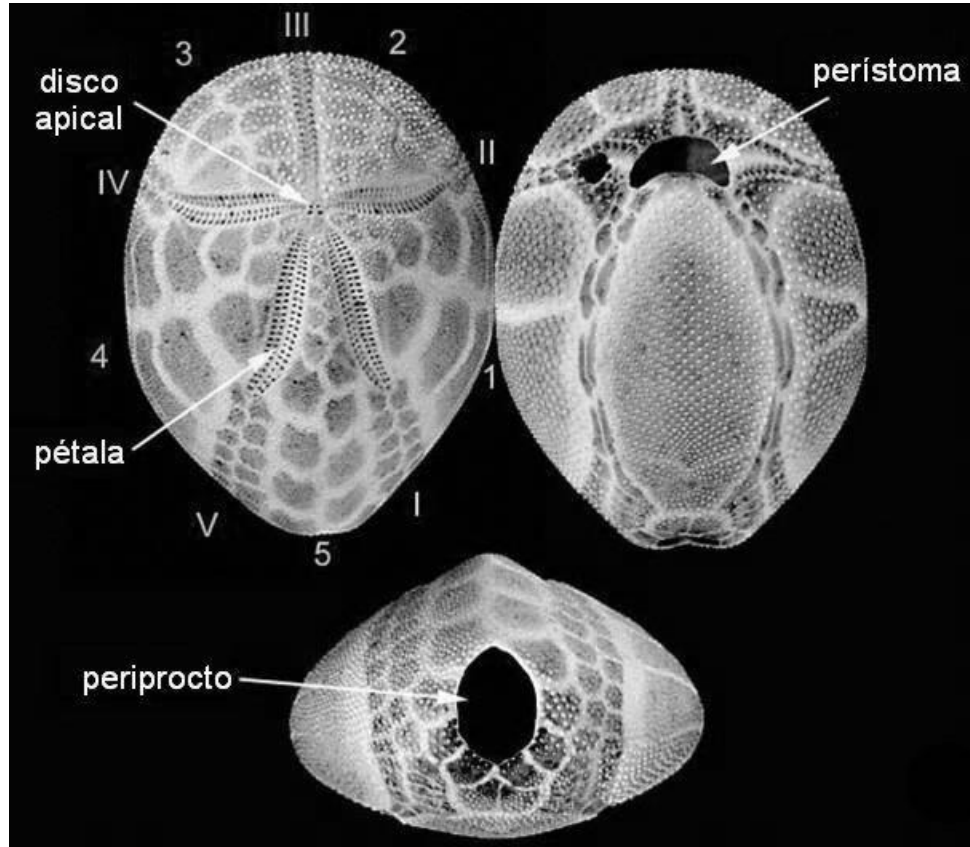
Todos os equinóides regulares, e em alguns irregulares, possuem na boca 5 dentes suportados por um aparelho esquelético muito complexo, formando no seu conjunto a lanterna de Aristóteles. Para além dos 5 dentes já referidos, a lanterna de Aristóteles é composta por 30 peças calcíticas, encontrando-se também articuladas por uma musculatura complicada (Kükenthal *et al.*, 1986).

Nos equinóides irregulares o periprocto, incluindo o ânus, deslocou-se do centro da superfície aboral, onde a linha de deslocação deste ao longo de uma região interambulacrária estabelece um plano de simetria bilateral constante em todas as formas irregulares. Como tal, extremidades posteriores e anteriores podem ser definidas, onde o

interambulacro bissectado pelo plano de simetria bilateral se define como posterior, pois possui o periprocto, e na direcção oposta no plano de simetria encontra-se um par ambulacrário, bissectado por este plano, sendo o ambulacro anterior. O ambitus dos equinóides irregulares varia de oval ou ondulado até praticamente circular. O corpo é achatado oralmente, podendo ser arqueado no lado aboral, ou mais ou menos achatado na superfície aboral. Com o desaparecimento do periprocto do centro da superfície aboral, as placas do endosqueleto encontram-se dispostas muito próximas umas das outras, mantendo um centro aboral deslocado para a zona anterior ou posterior. A partir deste 5 ambulacros radiam na superfície aboral, encontrando-se normalmente modificados em forma de pétala, de tal modo que a superfície aboral dos equinóides irregulares aparenta conter uma flor. Os pés ambulacrários das regiões ambulacrárias têm como principal função a respiração e não a locomoção. Na superfície oral destes animais, a boca e o peristoma podem ocupar uma posição central, ou deslocados anteriormente. Os ambulacros continuam em direcção ao ambitus até ao bordo do peristoma, onde quer que este se encontre.

Os grupos principais de equinóides irregulares são os espatangóides e os *Sanddollars*. Nos espatangóides, o ambitus é oval ou irregular e a superfície aboral é mais ou menos arqueada. O centro aboral pode encontrar-se deslocado anterior ou posteriormente, mas o peristoma encontra-se sempre no zona anterior, onde os 3 ambulacros anteriores percorrem um percurso mais pequeno, através do ambitus, até ao peristoma que os posteriores, com os últimos encurvados sobre a extremidade posterior e estendendo-se para essa extremidade (fig. 10). Os 3 ambulacros anteriores são frequentemente apelidados de *trivium*, e os posteriores como *bivium*, não correspondendo ao *trivium* e *bivium* dos holoturóides. O ambulacro anterior não se encontra geralmente alterado para petalóide nos espatangóides, mas forma uma banda estreita com uma fiada de pés ambulacrários de cada lado. Na superfície aboral, os outros 4 ambulacros, adquirem a forma petalóide, podendo ser superficiais ou mais ou menos indentados (fig. 10). O periprocto, suportado por um pequeno número de placas, encontra-se no interambulacro posterior na extremidade posterior, ou perto desta, tanto na superfície oral como aboral (fig. 10). O peristoma, também possuindo pequenas placas, localiza-se na zona anterior juntamente com uma pequena projecção semelhante a um lábio no bordo posterior do interambulacro, o labro (fig. 3). A presença do labro força o peristoma a uma forma oval ou semi-crescente. A extremidade oral dos ambulacros circunda o peristoma, alternando com interambulacros mais estreitos, e expandem-se para uma forma semelhante a uma pétala, o filódio (fig. 10). Os ambulacros do filódio possuem largos poros para a passagem de pés ambulacrários

modificados. Na superfície oral, os dois ambulacros posteriores são muito longos e estreitos, delimitando uma larga parte do interambulacro posterior que é denominada por plastrão, podendo possuir espinhos especiais (fig. 10). O plastrão estende-se desde o labro até ao periprocto.

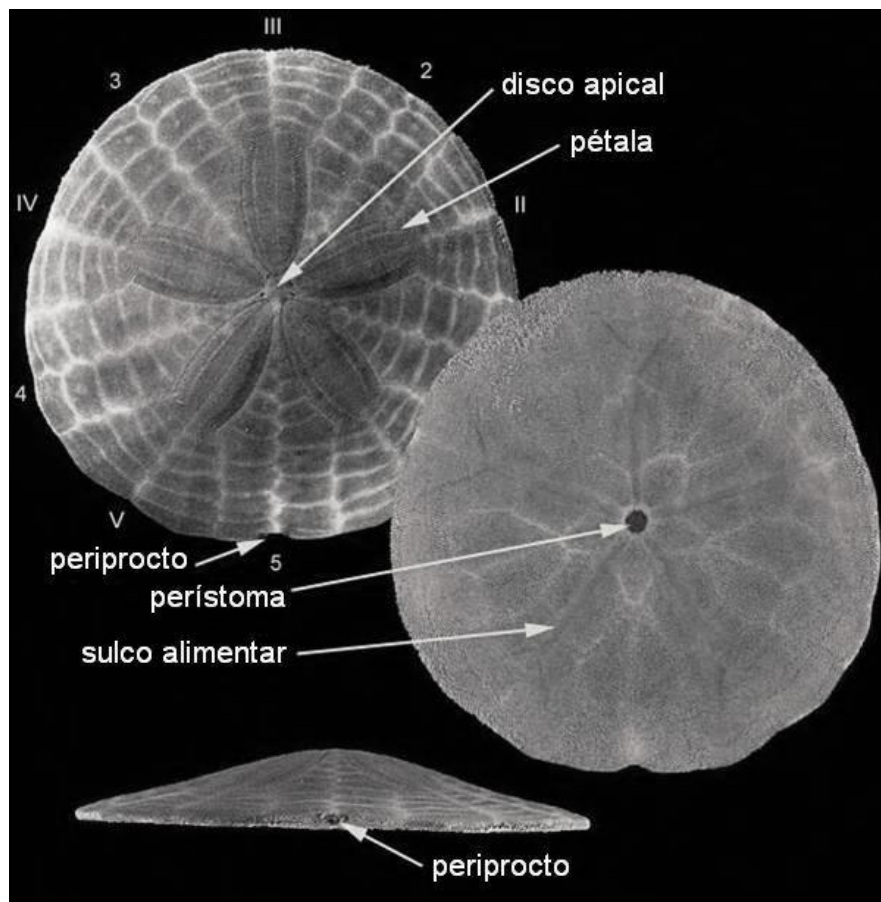


**Figura 10** – Esquema de um espatangóide em diferentes vistas. Adaptado de Smith, “The Echinoid Directory”; 01/02/2010.

Os espatangóides encontram-se cobertos por espinhos de comprimento curto a moderado, possuindo frequentemente tamanhos e formas diferentes consoante a região do corpo, sendo usualmente curvos e dispostos paralelos à superfície do corpo. Uma característica peculiar dos espatangóides é possuírem bandas estreitas e densas de pequenos espinhos chamados clávilas, com uma forma semelhante a uma raquete de ténis e densamente ciliados na base. Pensa-se que as clavulas servem para manter a circulação da água e auxiliar a remoção de grãos de areia da carapaça.

Os *Sand-dollars* possuem geralmente um ambitus oval ou circular e são muito achatados no plano oral-aboral. No entanto, os membros da família Clypeastridae são frequentemente arqueados dorsalmente (fig. 11). O corpo destes animais é coberto por espinhos muito curtos, assemelhando-se a pelos. O apex aboral é geralmente centrado e é

circundado por 5 pétalas, frequentemente demonstrando simetria bilateral (fig. 11). O peristoma ocupa o centro da superfície oral e o periprocto é frequente ser encontrado no lado oral, ocorrendo em qualquer ponto ao longo da linha de simetria do interambulacro posterior, do peristoma ao ambitus (fig. 11). O lado oral possui depressões que radiam a partir do peristoma até ao ambitus (fig. 11). Quando essas depressões são 5, como nos *Clypeaster*, elas ocorrem no centro do ambulacro. Por outro lado, quando radiam como nos *Mellita* e *Rotula*, elas não estão associadas aos ambulacros, excepto junto ao peristoma, desenvolvendo-se dentro do interambulacro.



**Figura 11** – Clypeasteróide em diferentes vistas. Adaptado de Smith, “The Echinoid Directory”; 01/02/2010.

Em vários géneros deste último tipo de equinóides, o endosqueleto é perfurado com dois ou mais orifícios arredondados alongados, as lúnulas (fig. 12), que tipicamente são indentações e tornam-se inclusas durante o crescimento da carapaça. O género *Amphiope* é um bom exemplo de clypeasteróides com lúnulas.

Os equinóides são animais de tamanho pequeno a moderado. Dentro dos equinóides regulares, as maiores espécies não atingem mais de 10 a 15 cm de diâmetro, não incluindo os espinhos. Algumas das formas maiores dentro dos espatangóides podem chegar a um

comprimento de 18 cm. Os maiores equinóides existentes actualmente pertencem à família Echinothuriidae, com um diâmetro de 28 cm para a *Hygrosoma hoplacantha* e 32 cm para *Sperrosoma giganteum*.



**Figura 12** – Vista aboral de *Amphiope* sp., Burdigaliano da Praia de Carcavelos (Cascais). 1 – Lúnulas.

Os espinhos são uma das características principais dos equinóides. Eles são normalmente diferenciados em dois tamanhos principais, os espinhos grandes (também chamados radiolas) ou primários, e os pequenos ou secundários; os espinhos muito pequenos são chamados de terciários ou miliares. Nos equinóides regulares, os primários ocorrem em fiadas meridionais que se estendem desde o periprocto ao peristoma, e os secundários dispõem-se mais ou menos dispostos em redor dos primários. Esta disposição é mais evidente ao examinar a carapaça nua. Por outro lado, em géneros comuns de ouriços regulares, como *Echinus*, *Strongylocentrotus*, *Tripneutes*, não existe grande diferença entre os espinhos primários e os secundários e tamanhos intermédios podem ocorrer, sendo essa diferença maior noutros géneros. É notável nos cidaróides uma grande variedade de espinhos primários, enquanto os secundários são reduzidos a pequenos espinhos, que circundam a base de cada espinho primário, cobrindo também as áreas entre os meridianos

dos primários. A família Echinometridae apresenta frequentemente um grande contraste entre os espinhos primários e secundários, com espinhos primários semelhantes a bastonetes e os secundários curtos, de topo achatado, formando um mosaico sobre a superfície. Existem ainda outras diferentes morfologias.

Nos equinóides irregulares essa variação é menos comum, onde os espinhos geralmente curtos, em especial nos clypeasteróides. Os primários são frequentemente evidentes nos spatangóides, em certas áreas entre os petalóides e no, e ao lado, do plastrão, mas estes grandes espinhos são curvos e dispõem-se junto da carapaça.

Os espinhos inserem-se em tubérculos existentes na carapaça, e por isso possuem uma base indentada onde se encaixam o tubérculo. Por cima da base existe um rebordo circular conhecido como “milled ring”, marcado por depressões que se assemelham às reentrâncias de uma moeda. Estendendo-se desde o tubérculo até ao “milled ring” existe um círculo de fibras musculares que fazem mover o músculo em qualquer dimensão. Acima deste anel, uma curta e lisa banda, o colar, pode estar presente, e distalmente ao colar, a parte principal do espinho é chamada bastão. Apesar de o bastão parecer liso à vista desarmada, é quase sempre ornamentado se observado à lupa. Muito frequentemente, a superfície é longitudinalmente estriada ou com depressões circulares e podem apresentar fiadas circulares ou longitudinais de pequenos espinhos. O espinho é usualmente sólido, podendo apresentar um lúmen central em alguns equinóides, como nos membros da família Diadematidae, bem como na maioria dos espatangóides.

Os espinhos ocorrem numa grande variedade de formas e tamanhos. O espinho típico é comprido, circular em secção, terminando numa ponta romba ou pontiaguda. Contudo, os espinhos podem apresentar secção triangular, como no género *Coelopleurus*. Os espinhos são frequentemente curvos, como na espécie *Plesiadiadema indicum*, onde os espinhos primários são excessivamente longos, finos e curvos, de tal forma que as suas pontas tocam o chão. São também frequentemente achatados ao longo do seu comprimento ou apenas distalmente. Espinhos curvos e achatados podem ser usados para escavar, como nos espatangóides.

Como o resto do esqueleto, os espinhos são compostos por calcite, sendo os detalhes da sua estrutura variáveis de espécie para espécie. Em geral, o material carbonatado é disposto de forma radial em redor de uma malha central e consiste frequentemente em arestas sólidas alternadas por espaços vazios.

## V-2. Asteroidea

O nome estrelas-do-mar advém da forma do seu corpo, pois é constituído por um disco central e alguns braços, que partem do primeiro de forma radial. Possuem geralmente 5 braços, de acordo com a simetria pentarradiada dos Equinodermes. Os animais desta classe possuem uma forma de vida livre, deslocando-se sob a sua face oral, com um corpo achatado sob o plano oral-aboral e flexível, em forma de pentágono ou de estrela. O achatamento do corpo destes organismos confere-lhes uma notória diferenciação entre as superfícies oral e aboral. A sua forma típica é de uma estrela de 5 pontas, onde a área central (ou disco) passa para os braços de forma suave, terminando estes últimos gradualmente em pontas arredondadas. Alguns asteróides possuem constantemente 6 braços, como as espécies do género *Leptasterias*, os do género *Solaster* podem ter entre 7 a 14, e a *Pycnopia helianthoides* possui de 15 a 24 braços.

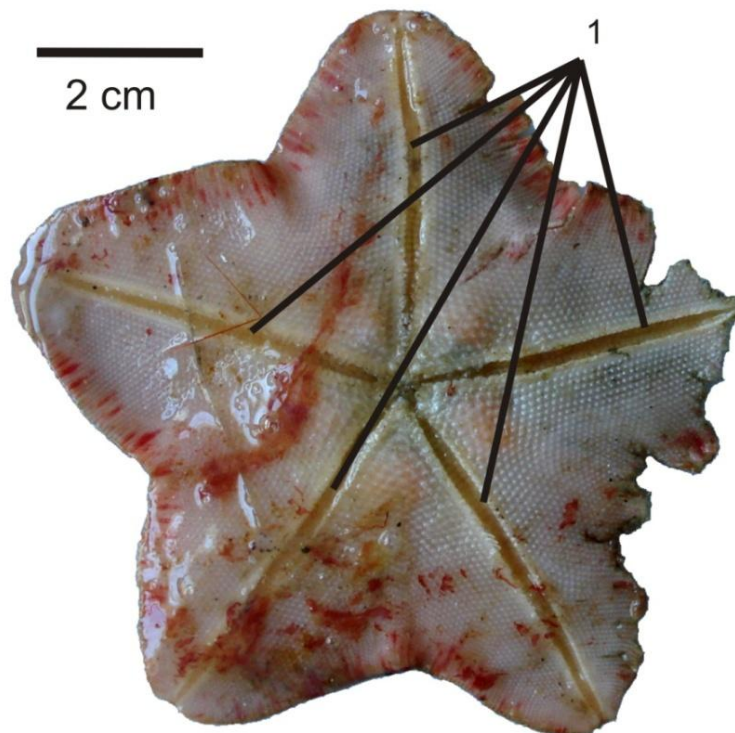
O comprimento típico dos braços é de duas ou três vezes superior ao comprimento do disco, de braços com uma forma mais ou menos cilíndrica e base relativamente ampla. Partindo desta norma geral dos braços, a sua forma pode variar de longo e magro, normalmente quando numerosos, ou progressivamente curtos e com uma base mais ampla. A variação do tamanho dos asteróides é considerável, existindo indivíduos desde apenas alguns centímetros até 60cm de comprimento.

A superfície externa destes animais é mais ou menos irregular, rugosa, tuberculada ou espinhosa, devido às protuberâncias conferidas pelos ossículos que possuem, mas não inteiramente interligados uma coisa com a outra.

Na superfície aboral do disco é evidente o madreporito, de aspecto circular e perfurado. Apesar da grande maioria dos asteróides possuir apenas um madreporito, a multiplicação de madreporitos não é um acontecimento raro, ocorrendo nas famílias Asteroiidae, Echinasteridae e Linckiidae. A presença de mais de um madreporito está frequentemente associada com a irregularidade, o incremento do número de braços para além de 5, ou a ocorrência de reprodução assexuada por fissão. Os madreporitos adicionais não apresentam uma distribuição regular, contudo posicionam-se sempre na região interradial.

No centro da superfície oral é possível ver-se a boca, circundada por um peristoma membranoso e por um conjunto de espinhos. A partir do peristoma radia uma depressão ambulacral (cavidade ambulacral), ao longo na região mediana da superfície oral de cada um dos braços até atingir a ponta (fig. 13). Cada cavidade ambulacral contém 2 ou 4 fiadas

de pés ambulacrários, que possuem normalmente ventosas. Estas cavidades são ladeadas por espinhos móveis, podendo entrecruzar-se sobre as mesmas de tal modo que fecham estas cavidades.



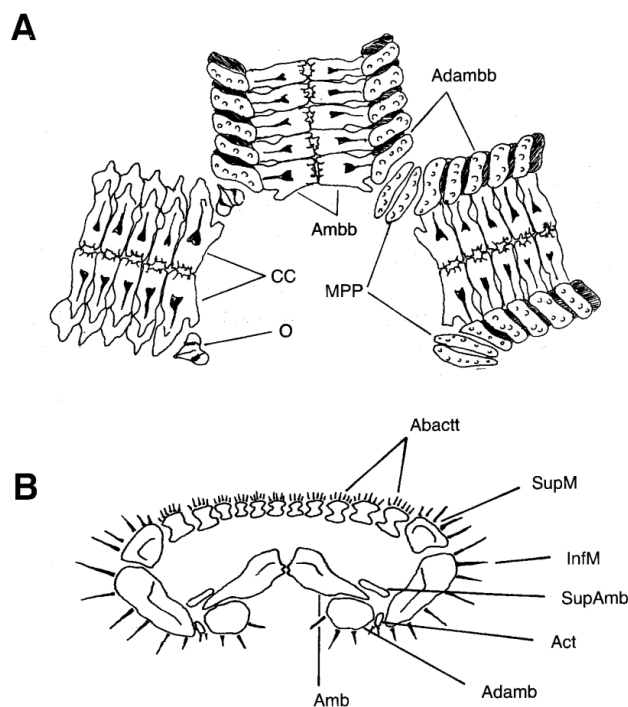
**Figura 13** – *Anseropoda placenta*, vista oral. 1 – sulcos ambulacrários.

A parede do corpo destes organismos é reforçada por placas calcárias, móveis entre si e inclusas na parede mesodérmica da pele, sob a epiderme. Os ossículos mais visíveis na parede destes animais são as placas ambulacrárias, dispostas aos pares ao longo da face central dos braços, formando no seu conjunto o tecto de um sulco mediano chamado sulco ambulacrário. Kükenthal e colaboradores (1986) afirmam que este endosqueleto na face dorsal varia a sua configuração, podendo ser muito reduzido, referindo também que os espinhos ligam-se às placas deste endosqueleto, onde os espinhos são em parte móveis e em parte soldados à placa subjacente. Os mesmos autores referem que o endosqueleto pode ser dividido entre o esqueleto que suporta o animal, encontrando-se no interior da derme, e o esqueleto mais superficial, com mais ou menos espinhos, tubérculos, altos, grânulos, etc.. O endosqueleto superficial nasce sempre a partir do esqueleto mais profundo e em vida encontra-se oculto por uma fina camada de derme.

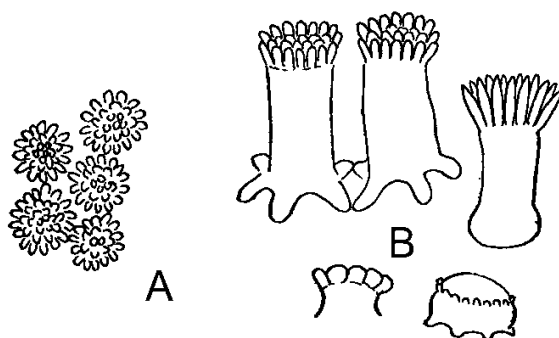
Os ossículos do endosqueleto encontram-se dispostos segundo um padrão reticulado, com áreas de tecido orgânico entre as redes e tubérculos. Por outro lado, em

muitos animais desta classe, o endosqueleto é composto por ossículos em forma de placas, conferindo à superfície um aspecto de pavimento ou mosaico e uma textura rígida.

Na ordem Phanerozonia, as laterais dos braços possuem duas fiadas de placas grandes, arredondadas, algo quadrangulares, ou retangulares, as placas supra- e inferomarginais (fig. 14). Na maioria dos organismos desta ordem, a restante superfície do corpo (exceptuando a zona ambulacral) é suportada por um conjunto de placas próximas umas das outras, com aspecto de colunas erectas, onde os seus topos expandidos são cobertos por pequenos tubérculos ou espinhos. Estas peças assemelham-se a cogumelos, as paxilas, e nos asteróides com este tipo de ossículos a superfície aboral, quando observada de cima para baixo com o auxílio de uma lupa, assemelha-se frequentemente a um campo de flores. Os pequenos tubérculos ou espinhos formando a coroa da paxila são mais ou menos móveis por acção de pequenos músculos e, se o animal se sentir em perigo, os primeiros podem colocar-se em posição horizontal encontrando-se com os vizinhos, formando uma superfície de cobertura (fig. 15). Um espinho maior, ou um tubérculo, pode estar presente no centro da coroa.



**Figura 14** – Esquema da disposição dos ossículos de um asteróide. A, Face oral de um asteróide, onde foi removida a matéria orgânica, os ossículos adambulacrais e os ossículos orais do lado esquerdo. Adambb – adambulacrais; Ambb – ambulacrais; CC – circunorais; MPP – orais; O – odontóforo. B, Secção transversal idealizada de um braço de um asteróide: SupM – superomarginal; InfM – inferomarginal; Amb – ambulacral; Adamb – adambulacral; SupAmb – superoambulacral; Act – actinal; Abactt – abactinais. Retirado de Kaczmarzka (1987).



**Figura 15** – Paxilas. A, paxila de *Mediaster*, vista superior. B, várias formas de paxila. Retirado de Hyman (1955).

A ordem Spinulosa não é muito diferente da ordem anterior, não possuindo ossículos marginais grandes e com endosqueleto mais ou menos reticulado. Contudo, ossículos semelhantes às paxilas, adquirindo aqui a designação de pseudopaxila, podem estar presentes como no género *Crossaster*, onde os ossículos consistem em colunas erectas com um conjunto de espinhos. Menor semelhança com as paxilas pode ser observada no género *Henricia*, onde a sua superfície é coberta com grupos irregulares de pequenos espinhos.

Na ordem Forcipulata, o endosqueleto é normalmente reticulado, composto por ossículos alongados arredondados ou angulosos, frequentemente imbricados ou sobrepostos, que se encontram juntos através de um tecido conector, deixando áreas papilares nos intervalos. É frequente ser presente uma fiada de ossículos distintos, designados carinais, ao longo da linha mediana aboral do braço, e os outros ossículos que se estendem lateralmente a partir desta fiada formando mais ou menos um padrão, com ossículos mais longos juntos aos carinais e mais arredondados ou quadrilobados lateralmente. As duas próximas fiadas de adambulacrais denominam-se supra e inframarginais, apesar de não serem mais largas que os anteriores. Os ossículos também pode encontrar-se dispostos mais ou menos transversalmente ao braço, e estes são chamados de arcos esqueléticos. Nos Forcipulatos, os espinhos e tubérculos proeminentes desenvolvem-se separadamente nos ossículos esqueléticos, não se encontrando agrupados ou circundando colunas erectas como nas ordens anteriores.

O endosqueleto é frequentemente pouco visível em animais vivos, encontrando-se frequentemente cobertos por uma membrana ou “pele” espessa que presumivelmente representa as paredes externas da derme. Contudo, é frequente os ossículos serem razoavelmente visíveis em exemplares secos, sendo necessário dissecar o animal para estudos mais profundos.

O arranjo dos ossículos nos asteróides suporta o sulco ambulacral. Essas cavidades são formadas por duas fiadas de ossículos opostos em forma semelhante a um bastonete, os

ossículos ambulacrais (fig. 6), que se unem em forma de V invertido. As suas terminações aborais projectam-se para o celoma e produz uma crista proeminente, a crista ambulacral. Os pés ambulacrários movem-se para o exterior por entre os ossículos ambulacrários, onde cada um destes ossículos possui uma concavidade, ou meio poro, para esta função. Estas concavidades formam usualmente uma fiada única de cada lado do sulco ambulacrário, existindo assim duas fiadas dentro dessa cavidade. Em algumas famílias de asteróides, especialmente na família Asteriidae, essas concavidades alternam de posição em ambulacrais sucessivos, conduzindo, por consequência, à existência de duas fiadas de poros em cada lado da cavidade ambulacral, o que aparenta o animal possuir 4 fiadas de pés ambulacrários. Os ossículos ambulacrais nunca possuem nenhum espinho, tubérculo ou outro apêndice externo. Lateralmente e para a outra extremidade dos ossículos ambulacrais formando o fim da cavidade ambulacral, existe uma fiada de ossículos chamados adambulacrais, que se encontram com os ambulacrais opostos, ou alternadamente no seu lado mediano, que possuem sempre espinhos móveis. Estes espinhos inserem-se em pequenos tubérculos nos adambulacrais e são movidos por dois pequenos músculos, onde o músculo depressor move o espinho em direcção ao sulco ambulacral, e o elevador torna-o erecto de novo.

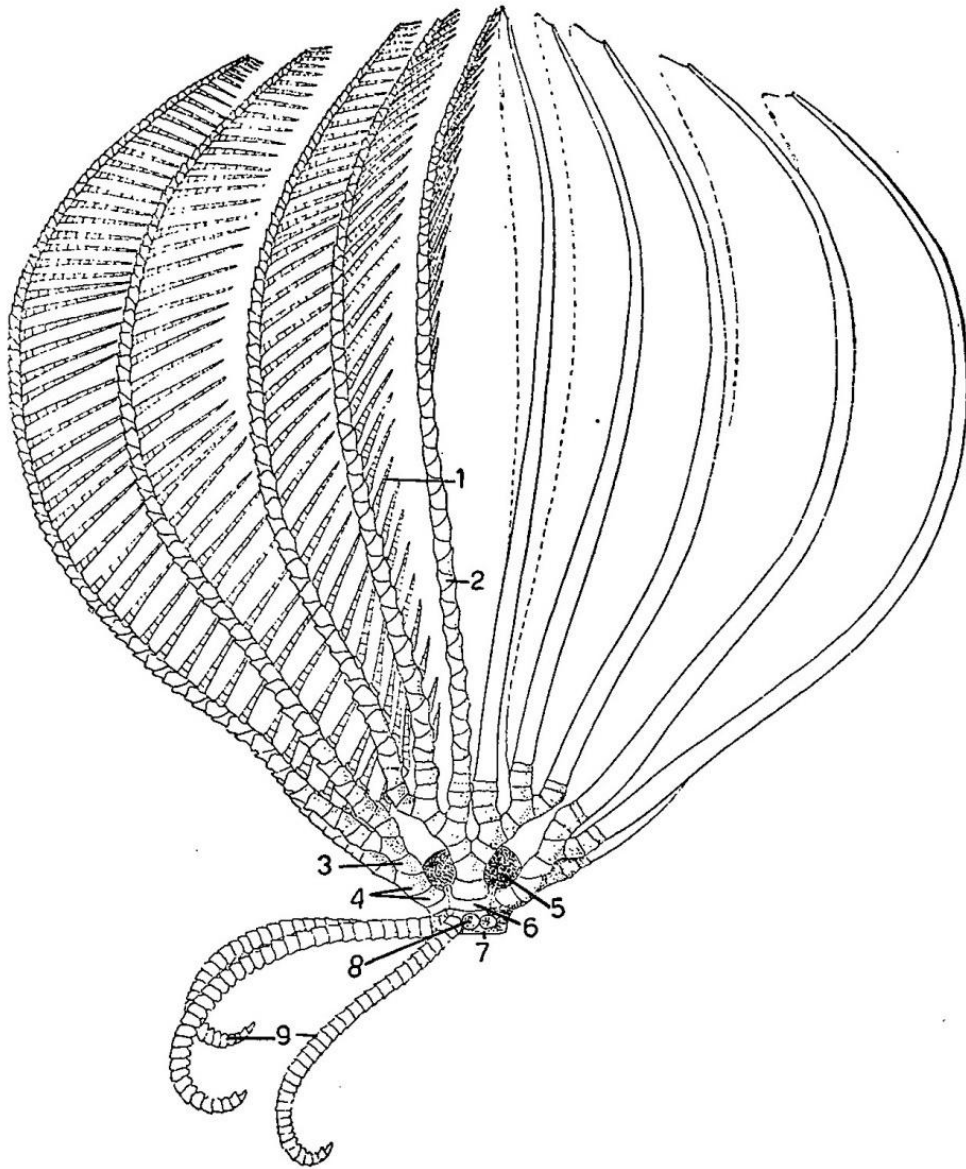
Nos asteróides fanerozóicos com braços estreitos, os adambulacrais encontram-se em contacto lateral com os inframarginais, sendo o caso usual para a extremidade distal do braço. Contudo, se a base dos braços for ampla, ossículos adicionais encontram-se presentes entre os adambulacrais e os inframarginais. Estes ossículos são normalmente semelhantes aos da superfície aboral, podendo diferir dos mesmos.

### **V-3. Crinoidea**

Os organismos pertencentes a este taxon podem possuir pedúnculo ou não, a teca é reduzida para a taça aboral, e coberta na região oral pelo tegumento. Estes possuem braços, que podem ser ramificados ou não, apresentando pínulas, e que seguem em continuidade com as placas radiais da teca.

Este grupo de equinodermes floresceu durante o Paleozóico, começando no Câmbrico e desenvolvendo a sua abundância até atingir o seu clímax durante o Carbónico Inferior (Mississipiano). Após este pico, a abundância dos crinóides diminuiu, com a extinção dos géneros paleozóicos próximo do final desta Era. Contudo, o grupo dos crinóides continuou até aos dias de hoje, onde alguns dos géneros existentes hoje em dia remontam ao Triásico. Actualmente existem cerca de 630 espécies de crinóides, onde

apenas cerca de 80 ainda retêm o pedúnculo, subgrupo este (crinóides sésseis) em processo de recessão evolutiva. Os outros, intitulados de comatulídeos (fig. 16), perderam o pedúnculo e adoptaram um estilo de vida livre, apresentando um elevado grau de diversificação e especiação na actualidade.



**Figura 16** – Crinóide comatulídeo com 30 braços, *Neometra acanthaster*. 1- pínula; 2- braquial; 3- primeiro secundibraquial; 4- primibraquiais; 5- tegumento; 6- ciclo radial do cálice; 7- centrodorsal ou cálice; 8- faceta dos cirros e 9- cirro. Retirado de Hyman (1955).

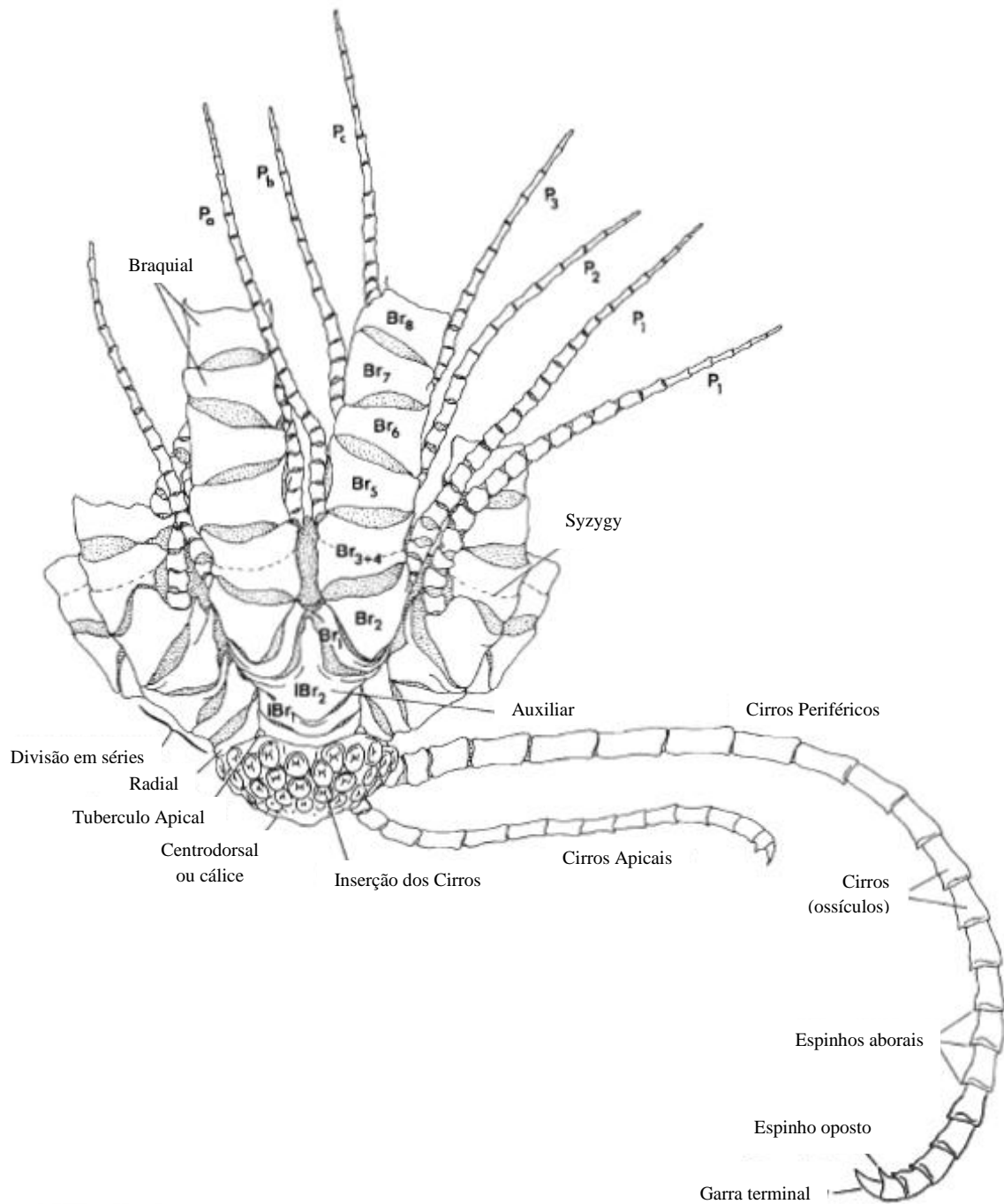
Nos crinóides, grande parte do seu corpo é ocupada pelo seu endosqueleto. As peças que o constituem não são maciças, mas sim fenestradas, formando uma rede com grandes interstícios. O esqueleto destes organismos é constituído por calcite magnesiana. Alguns autores (Clark, 1921a e Clark & Wheeler, 1922, *in* Hyman, 1955) analisaram o esqueleto de 25 espécies de crinóides actuais, concluindo que este tem uma composição

que varia entre os 83 e os 91% de carbonato de cálcio, 7 a 13% de carbonato de magnésio, 0,02 a 5,7% de dióxido de silício, alguns óxidos de metais em quantidades inferiores a 1% e traços de carbonato de fósforo. A elevada quantidade de magnésio é notória e apresenta um padrão de variação com a temperatura da água onde os organismos habitavam, onde os maiores valores de magnésio pertencem a animais que habitam em águas mais quentes.

Os comatulídeos são constituídos por diversos ossículos diferentes entre si. Estes possuem um cálice (ou centro dorsal), de onde partem os cirros periféricos e os apicais na região aboral, enquanto da zona apical partem os 5 braços (fig. 16 e 17). Os braços são constituídos pelos ossículos braquiais, de onde partem as pínulas.

Durante a ontogenia dos comatulídeos, o pedúnculo é perdido, mas frequentemente os cirros persistem, formando um ou vários círculos na superfície aboral do cálice de onde partem os cirros. Os cirros são uma estrutura importante nos crinóides comatulídeos, apresentando uma grande diversidade de formas e tamanhos, encontrando-se normalmente em estreita dependência com o habitat onde o animal vive. Os cirros são um importante carácter taxonómico. Os comatulídeos com crescimentos arborescentes apresentam tendencialmente cirros curtos, espessos, fortes e curvos para permitir suportar tais coroas (fig. 18 B). Outros que habitam em ambientes rochosos ou duros possuem cirros muito longos, espessos, fortes e curvos, para permitir que o animal se fixe às rochas (fig. 18 A). Por outro lado, em zonas argilosas os cirros são estreitos e rectos, para permitir que o animal não se enterre no fundo (fig. 18 C). O número de cirros varia de 1, ou poucos, até mais de 80, sendo usual serem entre 15 a 35. Eles não ocorrem necessariamente em múltiplos de 5, embora seja frequente isso acontecer, mas aparentemente 5 seria o número inicial. Normalmente os cirros são 1/4 ou 1/5 do comprimento dos braços, porém, em algumas espécies, estes ultrapassam o tamanho dos braços. Os cirros terminam normalmente numa garra (fig. 17), e muitos apresentam uma série de projecções espinhosas, ao longo da superfície da sua face aboral. Os cirros regeneram-se rapidamente quando se quebram: os comatulídeos que habitam a grandes profundidades são muito frágeis e partem-se facilmente, enquanto as espécies mais litorais são mais fortes e mais resistentes. Os cirros são constituídos por um conjunto de ossículos denominados cirral.

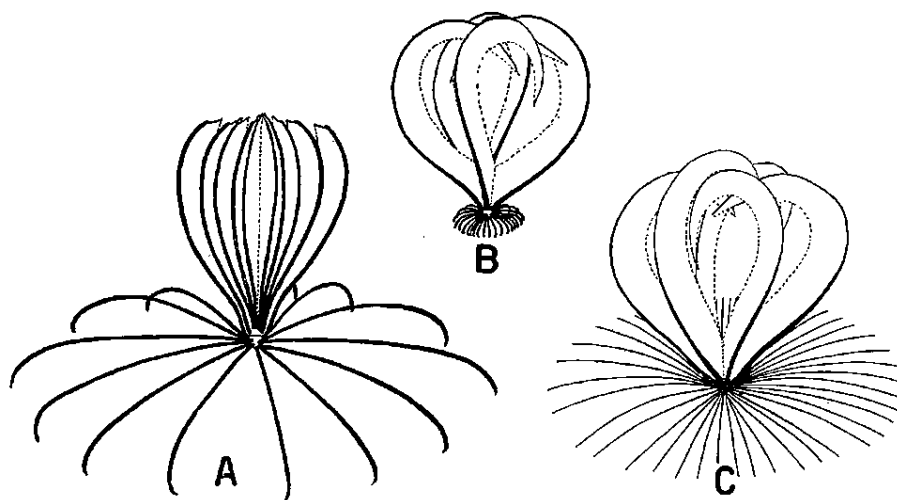
Os cirrais seguem as características do cirro que constituem. Isto é, se tomarmos como exemplo um animal com uma coroa grande, tanto os cirros como os cirrais serão curtos, espessos, fortes e curvos.



**Figura 17** – Esquema simplificado de um crinóide comatulídeo. P – Pínulas; IBr – primibraquiais e Br - Braquiais. Adaptado de Messing & Dearborn (1990).

A coroa é uma massa central redonda, oval, hemisférica ou discoidal, que inclui as vísceras, e é de onde partem 5 braços. Esta massa central, ou pelo menos o esqueleto que a envolve, corresponde à teca dos extintos Pelmatozoa, sendo normalmente um invólucro incompleto perto da boca nos crinóides existentes actualmente. Esta massa central pode ser dividida em cálice ou centrodorsal e uma membrana oral, o tegumento, que existe sobre o cálice. Nas formas primitivas dos crinóides actuais, o cálice é alto com ciclos evidentes de placas, mas na maioria dos crinóides existentes actualmente, especialmente nos

comatulídeos, este é grandemente encurtado sendo claramente ultrapassado, em tamanho, pela articulação com o pedúnculo que se torna parte integrante do cálice. O tegumento é a parede oral do corpo e varia desde uma membrana fina e delicada até uma membrana espessa e forte.



**Figura 18** – Comatulídeos de diferentes ambientes. É notória a variação do tamanho e número de cirros consoante o tipo de ambiente. A – *Asterometra macropoda* com cirros grandes e fortes relacionados com substratos duros; B – *Pentametrocrinus tuberculatus* com cirros curtos e fortes para se fixar a objectos; C – *Pentametrocrinus varians* com cirros finos e longos adaptados a substratos lodosos. Adaptado de Clark (1921b, in Hyman, 1955).

A boca encontra-se normalmente no centro, ou perto deste, do tegumento, sendo deslocada periféricamente na família comatulída Comasteridae. O ânus está localizado excentricamente, excepto nos organismos da família Comasteridae, na ponta de um cone projectado, sendo por vezes muito longo.

Os braços partem da fronteira entre o cálice e o tegumento, estendendo-se livremente na água. Primitivamente os braços eram em número de 5, sendo esta condição retida em algumas espécies de crinóides, mas o normal é que estes bifurquem uma vez, passando a ser 10, número frequente entre os comatulídeos. Essa bifurcação poderá repetir-se até um máximo de 8 ou 9 vezes. O número total de braços excede raramente 40 nos crinóides com pedúnculo, mas muitos comatulídeos possuem 40 a 60 braços, sendo que alguns atingem entre 80 a 200.

Segundo Clark (1921a, in Hyman, 1955), comatulídeos com mais de 40 braços são característicos de litorais de águas quentes. A grande maioria das espécies de comatulídeos com mais de 10 braços ocorre em águas tropicais a subtropicais, a profundidades superiores a 200m; a grande profundidade e águas frias, os comatulídeos têm frequentemente mais de 10 braços; espécies com entre 25 a 30 braços ocupam

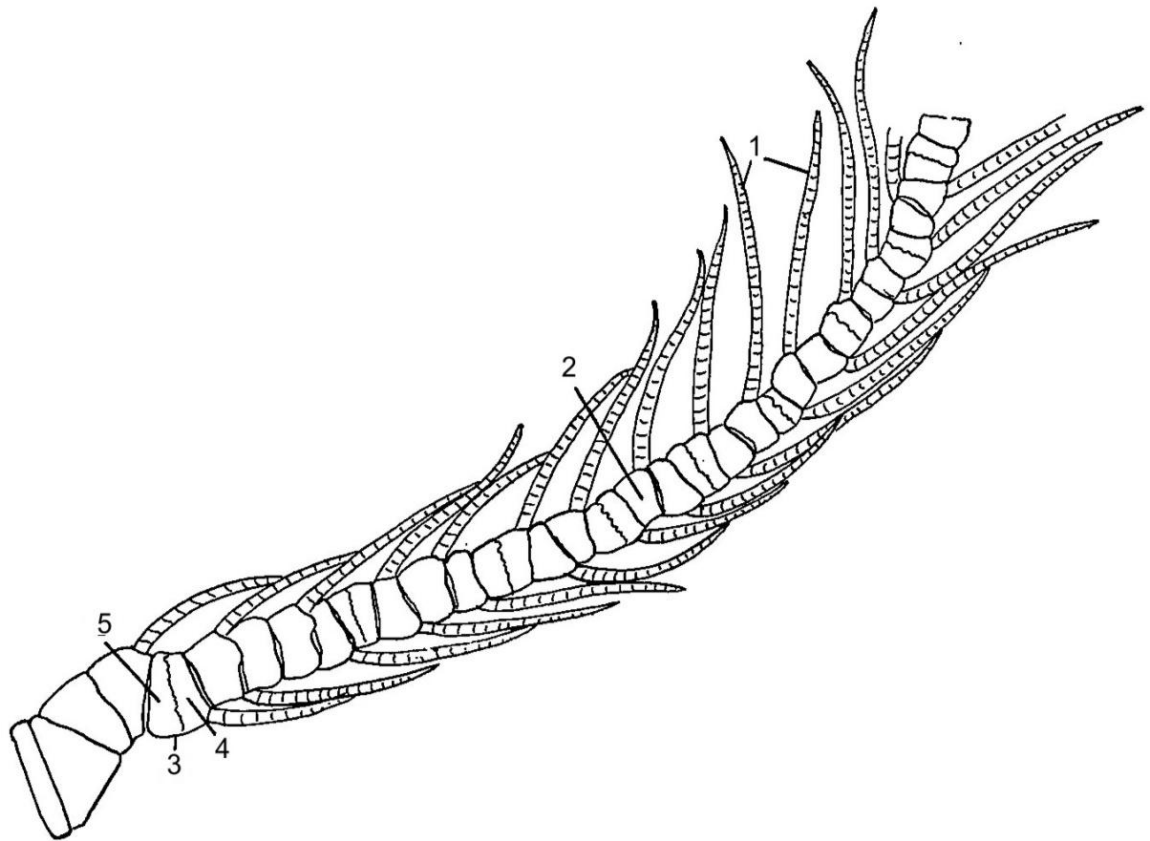
tendencialmente águas de profundidades intermédias e temperatura moderada. O número de braços está provavelmente relacionado de alguma maneira com condições de alimento.

Os braços variam de forma, desde longos e estreitos a curtos e espessos e, em alguns casos, a forma parece estar correlacionada com a temperatura. Águas quentes favorecem o desenvolvimento de braços compridos, enquanto as frias favorecem os curtos. Os braços dos crinóides variam de 10mm, ou menos, até 300mm, sendo normalmente inferiores a 100mm, e frequentemente abaixo dos 50mm de comprimento. Assim, a coroa é normalmente de tamanho pequeno a médio.

Todos os braços são tipicamente ladeados ao longo do seu comprimento, por duas fiadas de pequenas ramificações conhecidas como pínulas (fig. 17), desenvolvendo-se alternadamente (fig. 19). As pínulas ligam-se aos braços através de articulações, tendo a mesma estrutura que um braço, podendo ser de facto miniaturas de braços. As pínulas diferenciam-se ao longo dos braços em pínulas proximais (ou orais), pínulas medianas (ou genitais) e pínulas distais. As pínulas orais encontram-se melhor diferenciadas nos comatulídeos que nos crinóides pedunculados. Estas são constituídas por 1 até 4 ou 5 pínulas de cada lado da zona proximal do braço. Estas diferem, frequentemente de modo vincado, das restantes pínulas, tanto em estrutura como em função, funcionando como órgãos tácteis e protectores. São geralmente longos, frequentemente mais conspícuos que as outras pínulas e comumente mais rígidas e espinhosas, conduzindo a que o seu poder de movimento seja limitado. São encontradas frequentemente dobradas sobre o disco, com o intuito de proteger o mesmo.

Distalmente às pínulas orais aparecem as pínulas genitais, assim chamadas por conterem as gónadas, sendo apenas distinguíveis das pínulas distais durante a maturidade sexual. As pínulas proximais genitais são normalmente curtas, contrastando com o longo comprimento das pínulas orais adjacentes, e aumentam gradualmente o seu comprimento para a parte distal. As pínulas distais são na maioria longas e esguias, mantendo o seu tamanho até quase ao final do braço, local esse onde o seu comprimento diminui rapidamente.

As pínulas são mais ou menos espinhosas distalmente, correlacionando-se com o grau de espinhosidade do resto do crinóide. As duas ou quatro articulações mais distais das pínulas possuem sempre ganchos curvos na superfície aboral, atingindo o seu máximo desenvolvimento nos Comasterídeos.



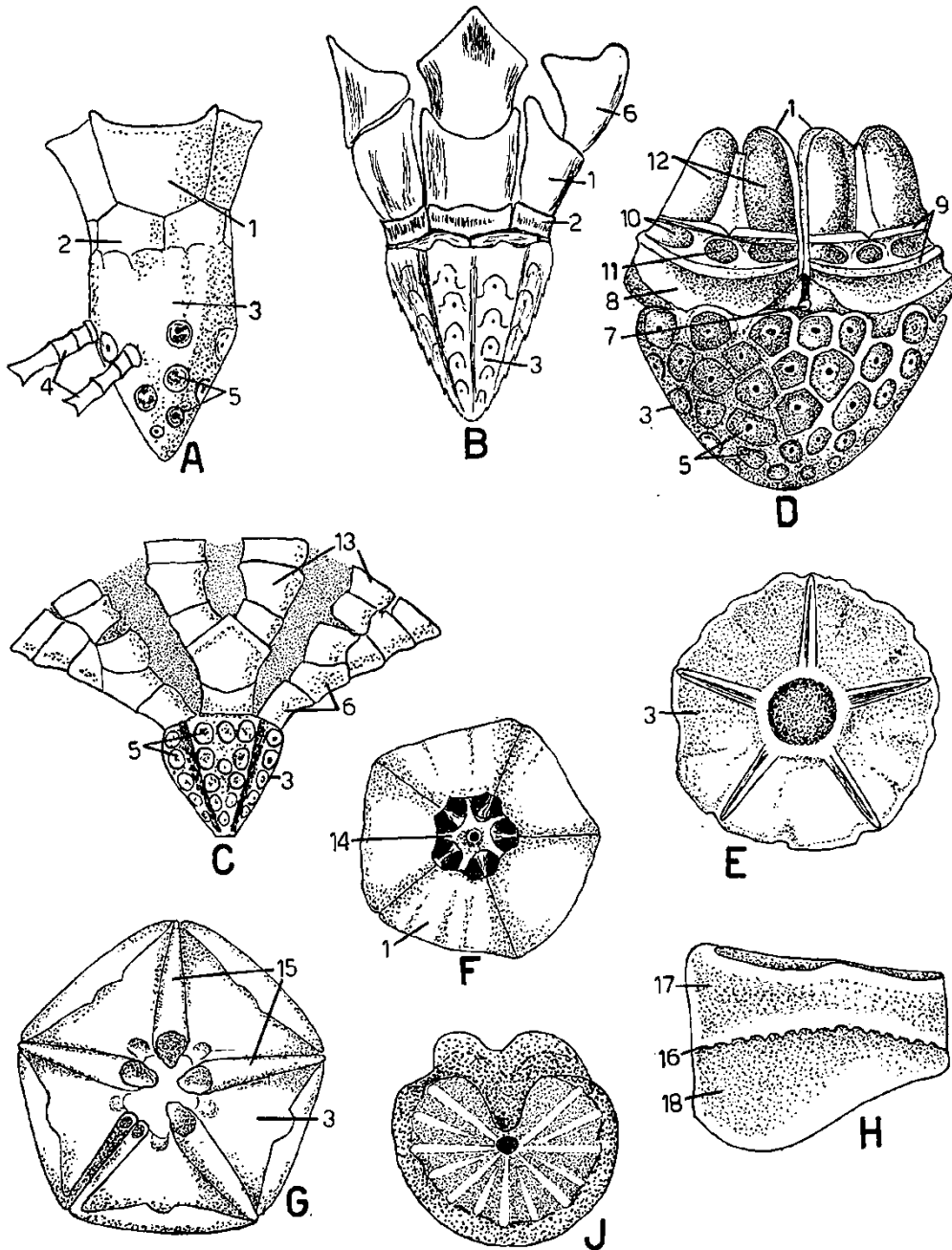
**Figura 19** – Braço de crinóide comatulídeo com pínulas, demonstrando a disposição destas últimas. 1 – pínulas; 2 – braquial; 3 – articulação sizigial; 4 – epizigal e 5 – hipozigal. Adaptado de Carpenter (1888, *in* Hyman 1955).

O cálice dos comatulídeos difere em muito dos ancestrais pedunculados (fig. 20). O centrodorsal forma a maior parte do cálice de um comatulídeo adulto, na maioria das espécies. Em alguns que não possuam cirros ou que possuam poucos, este é uma pequena placa pentagonal mais ou menos no interior do ciclo radial; mas na maioria dos comatulídeos, este é uma pequena placa redonda, em forma de taça ou um cilindro com 5 ângulos. Este encontra-se coberto por facetas de articulação com os cirros. Nos comatulídeos, os ossículos radiais encontram-se em contacto directo com o centrodorsal, onde a face de contacto entre estas duas estruturas é marcada por 5 sulcos ou elevações radiais que dividem 5 áreas onde os radiais se inserem (fig. 20 E e F). Em muitos comatulídeos, 5 peças semelhantes a cordas, chamadas de raios basais, estendem-se desde a roseta (localizada no interior da cavidade do centrodorsal) ao longo da superfície oral do centrodorsal em posição interradianal, ao longo dos sulcos e elevações anteriormente mencionadas (fig. 20 F). A terminação exterior destes raios basais pode aparecer à superfície, entre o centrodorsal e os radiais (fig. 20 D).

Na ausência do desenvolvimento de infrabasais e basais, são os radiais que formam a maior parte do verdadeiro cálice dos comatulídeos, já que o centrodorsal é um colunar (ossículos que constituem uma parte do pedúnculo dos crinóides pedunculados). Os radiais

são ossículos grandes com forma angulosa, que no seu conjunto formam o pentágono radial, encontrando-se sobre a superfície oral do centrodorsal, ou nos raios basais quando estes estão presentes (fig. 20). Esta superfície aboral dos radiais é praticamente suave, mas a superfície oral compreende a articulação com a base do braço, permitindo a ligação de músculos e ligamentos. Esta superfície oral dos radiais apresenta normalmente 5 depressões ou fossas: uma grande fossa hemisférica aboral para o ligamento extensor (“dorsal”) dos braços; um par de fossas para os ligamentos interarticulares, separados da fossa anterior e seguinte por uma elevação estreita transversal; e no lado oral dos radiais um par de fossas onde se liga a extremidade proximal do músculo flexor do braço (fig. 20 D). Nos ossículos radiais existe um orifício para a passagem do nervo. Como a face braquial dos ossículos radiais se encontra coberta (em vida) pela base dos braços, que se articulam com estes, conduz a que apenas uma pequena parte dos radiais seja visível à superfície externa sendo que, por vezes, chegam a estar completamente ocultos pelos primibraquiais (significado explicado adiante). A cavidade central do pentágono radial é separada do centrodorsal pela roseta.

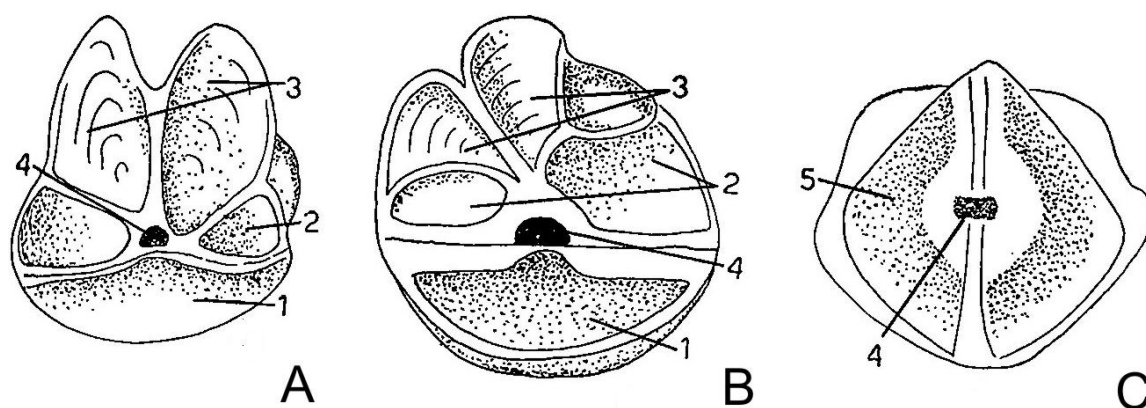
Os braços são suportados por um conjunto de ossículos chamados braquiais, encontrando-se em continuidade com os radiais. Filogeneticamente, estes podem ser parte do esqueleto do braço e não ossículos do cálice. Os braquiais que bifurcam os braços são chamados de auxiliares. Os braquiais de um braço não bifurcado chamam-se primibraquiais, sendo que o segundo primibraquial é geralmente o auxiliar, bifurcando os braços e conduzindo a que passem a ser 10 braços (fig. 16). Os braquiais para lá dos primibraquiais são chamados de secundibraquiais, os para lá da próxima bifurcação são os tertibraquiais ou palmares e por fim, caso existam mais braquiais, estes tomam a designação de pós-palmares. Originalmente, os braços movimentavam-se logo após os radiais mas, em muito crinóides actuais, um número variável de braquiais, intitulados braquiais fixos, encontram-se envoltos pelo tegumento, não os tornando necessariamente completamente imóveis, já que o tegumento é flexível. Nos comatulídeos, existem frequentemente 2 primibraquiais e os primeiros 3 secundibraquiais inclusos no tegumento. Os braquiais são arredondados na sua superfície aboral e profundamente irregulares na superfície oral. Os auxiliares possuem um par de cristas para poderem-se articular com os braços que suportam. Os braquiais mais distais podem ter a forma de discos, os cilindros curtos, mas os comatulídeos apresentam frequentemente um perfil com arestas, sendo mais largo num lado que noutro, e essas arestas orientadas alternadamente, onde as suturas entre elas dão um padrão em zigzag.



**Figura 20** – Esqueleto do cálice e braços de crinóides. A – uma espécie do género *Atelectrinus* com grandes basais. B – outra espécie de *Atelectrinus* com basais pequenos. C – cálice de comatulídeo com bases dos braços onde os radiais não aparecem à superfície. (A e C adaptados de Clark, 1915a; in Hyman, 1955) D – cálice de *Antedon* sp. com as bases dos braços removidas para se mostrar a superfície de articulação dos radiais. E – superfície interna ou oral de um centrodorsal de um indivíduo do género *Antedon* com 5 depressões. F – superfície aboral de centrodorsal de *Antedon* sp. mostrando a roseta em posição. G – superfície oral de centrodorsal de *Antedon* sp. com 4 dos dos 5 raios basais em posição. (B, D-G, adaptados de Carpenter, 1888; in Hyman, 1955) H – par sizigial, vista exterior (aboral). J – superfície sizigial de um dos ossículos do par sizigial, possuindo cristas radiais (H, J adaptados de Carpenter, 1866; in Hyman, 1955) 1 – radiais; 2 – basais; 3 – centrodorsal; 4 – cirro; 5 – facetas dos cirros; 6 – primibraquiais; 7 – extremidade do raio basal; 8 – fossa para o ligamento extensor; 9 – cristas transversas; 10 – fossais para o ligamento interarticular; 11 – orifício para a passagem do nervo; 12 – fossais para o musculo flexor; 13 – secundibraquiais; 14 – roseta; 15 – raios basais; 16 – sizigi; 17 – epizigal; 18 – hipozigal. Retirado de Hyman (1955).

As articulações entre os braquiais são moveis ou rígidas. As articulações móveis ou musculares são semelhantes às descritas entre os radiais e os primibraquiais, ou seja, uma face articulável com 5 fossais, uma fossa aboral hemisférica para o ligamento extensor, duas fossais medianas para os ligamentos interarticulares e duas fossas no lado

oral para os músculos flexores (fig. 21). Estas articulações podem ser verticais (fig. 21 A) ou oblíquas (fig. 21 B). As articulações inamovíveis ou ligamentares são de dois tipos, sinartriais (fig. 21 C) e sizigiais (fig. 20 H e J). As sinartries apresentam alguma flexibilidade, onde as duas superfícies em contacto são unidas por duas grandes fibras elásticas inseridas das depressões hemisféricas (fig. 21 C), e a sutura entre os dois braquiais da sinartrial é visível externamente como a normal entre os braquiais. A sizigial é uma união muito próxima entre dois braquiais adjacentes através de fibras muito pequenas, distribuídas ao longo das duas superfícies opostas. Estas superfícies apresentam cristas radiais (fig. 20 H), conferindo-lhe um aspecto exterior em zig-zag ou um conjunto de pontos alinhados (fig. 20 J). O ossículo distal de uma articulação sizigial é denominado epizigal e o ossículo proximal de hipozigal. Nos comatulídeos que possuem 10 braços, os pares sizigiais encontram-se distribuídos de um modo preciso entre os secundibraquiais, sendo separados por 1 a 4 braquiais, de acordo com as espécies e a posição ao longo do braço. O mais comum é encontrarmos a articulação sizigial entre o 3º e 4º, 9º e 10º e 14º e 15º braquiais proximais; distalmente, os pares sizigiais são regularmente separados por 1 ou 4 braquiais dependendo da dimensão da espécie. No caso de espécies multibraquiadas, esta articulação sofre uma redução da sua quantidade nos tercibraquiais e pós-palmares.



**Figura 21** – Diferentes articulações de ossículos braquiais de crinóides. A, superfície de braquial com articulação muscular recta; B, superfície de braquial com articulação muscular oblíqua. C, superfície Sinartrial. 1 – fossa para o ligamento extensor; 2 – fossais para os ligamentos interarticulares; 3 – fossais para os músculos flexores; 4 – orifício para o nervo; 5 – fossas para ligamentos. Adaptado de Gilsen (1924; *in* Hyman, 1955).

As pínulas dispõem-se regularmente em lados alternados de braquiais sucessivos, exceptuando os que se localizam no primeiro braquial pois segue o auxiliar sem pínula sendo seguido pelo hipozigal também sem pínula. Assim, após a bifurcação a primeira pínula ocorre no segundo braquial, após o auxiliar e no lado exterior do braço. As pínulas são suportadas por uma série de ossículos chamados pínulares, os quais são semelhantes aos braquiais, e são unidos por músculos e fibras elásticas. Os braquiais e os pínulares possuem um orifício próximo da zona central para permitir a passagem do nervo.

O tegumento varia desde uma membrana achatada até a uma forma de cúpula, onde a última forma abrange a base dos braços até vários braquiais. Esta característica é frequentemente acompanhada de diversas placas extra, interbraquiais e interambulacrais,

na região periférica do tegumento, podendo este último ser ou não suportado por placas. Primitivamente, o tegumento contém 5 placas deltóides em redor da boca, entre das depressões ambulacrárias, resultando de uma reminiscência ancestral nas larvas de crinóides actuais, apenas retida em poucos adultos. Usualmente, o tegumento é preenchido por pequenas placas calcíticas de tamanho microscópico.

As depressões ambulacrárias encontram-se na face oral dos ossículos braquiais e pínulares. Os pés ambulacrários e partes adjacentes contêm frequentemente pequenas formações calcíticas simples espículas ramificadas e placas fenestradas. Estas podem fechar-se sobre as depressões e pés ambulacrários para protecção.

#### **V-4. Ophiuroidea**

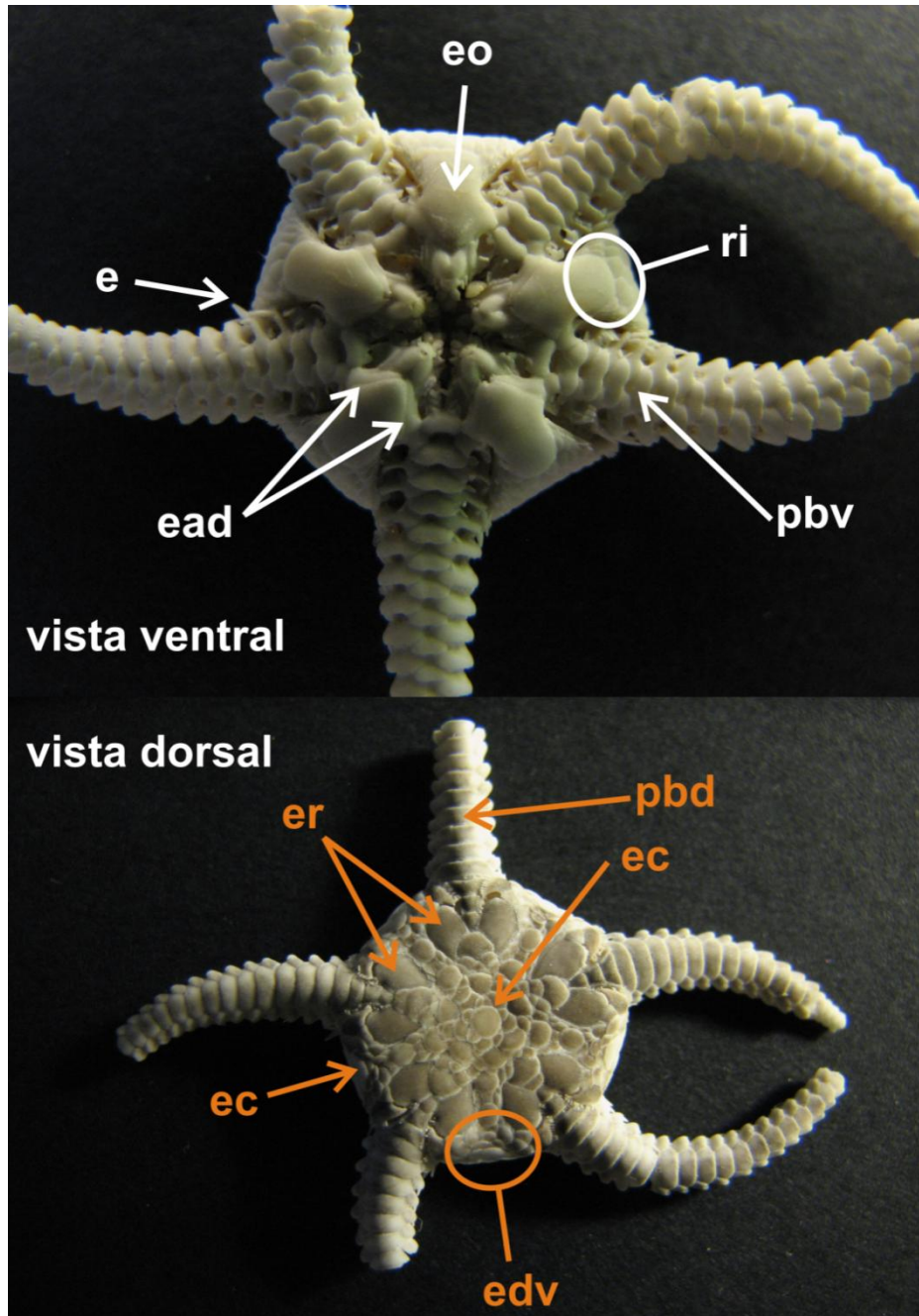
Os ofiuróides são animais em forma de estrela, de braços simples ou ramificados separados de um disco central, de aspecto sólido, de forma abrupta. Estes são suportados por uma fiada interna de ossículos que representam ossículos ambulacrários fundidos, sem depressões ambulacrárias. Não possuem ânus, intestino ou (em raros casos) extensões digestivas nos braços.

Estes organismos são conhecidos vulgarmente como estrelas serpentes, devido à semelhança dos seus braços com cobras. O nome da classe deriva de *ophis* (cobra) e *ura* (cauda), referindo-se à semelhança dos braços com a cauda de uma cobra.

Segundo Clark (1946; *in* Hyman, 1955) existem actualmente cerca de 1600 espécies de ofiuróides, ultrapassando o número de espécies vivas das outras classes, com excepção dos asteróides. Pode ser considerado o grupo de equinodermes com mais sucesso presentemente, o que pode dever-se ao seu pequeno tamanho e à agilidade dos braços.

Estes animais possuem um disco central pequeno, achatado, pentagonal ou subcircular, separado bruscamente de 5 braços (raramente 6 ou 7) dispostos simetricamente e longos, finos e macios ou espinhosos. Nas formas conhecidas como estrelas cesto, o disco é maior e os braços ramificam-se repetidamente, produzindo uma malha de braços entrelaçados.

A superfície aboral do disco pode ser macia ou rugosa, ou coberta por grânulos ou pequenos espinhos, ou pode ainda apresentar placas inclusas. Esta superfície apresenta-se frequentemente coberta por pequenas placas de formas irregulares e tamanhos diferentes. Dessas placas, as mais identificativas são os escudos radiais (fig. 22) na base de cada braço, podendo estar ocultos por grânulos. Estes são tipicamente de tamanho considerável e podem tornar-se tão grandes que se estendem desde a periferia até ao centro do disco.



**Figura 22** – Morfologia de um ofiuróide, *Ophiura ophiura*. e – espinho; ead – escudo adoral; ec – escama centrodorsal; edv – zona de encontro das escamas dorsais e ventrais; eo – escudo oral; er – escudo radial; pbd – placa braquial dorsal; pbv – placa braquial ventral; ri – região interradianal. A fotografia pertence a um exemplar actual de *Ophiura ophiura*.

Os braços são sempre longos relativamente ao diâmetro do disco, podendo ser mesmo muito longos em algumas espécies. Os braços podem ser lisos ou apresentando vários tamanhos de espinhos. Estes têm uma aparência articulada, algo semelhante aos dos crinóides, encontrando-se protegidos por 4 séries longitudinais de placas calcárias, ou escudos, que podem ser visíveis em vida ou ocultos por uma derme. Cada articulação do braço (correspondendo a um ossículo interno) encontra-se coberta aboralmente por um

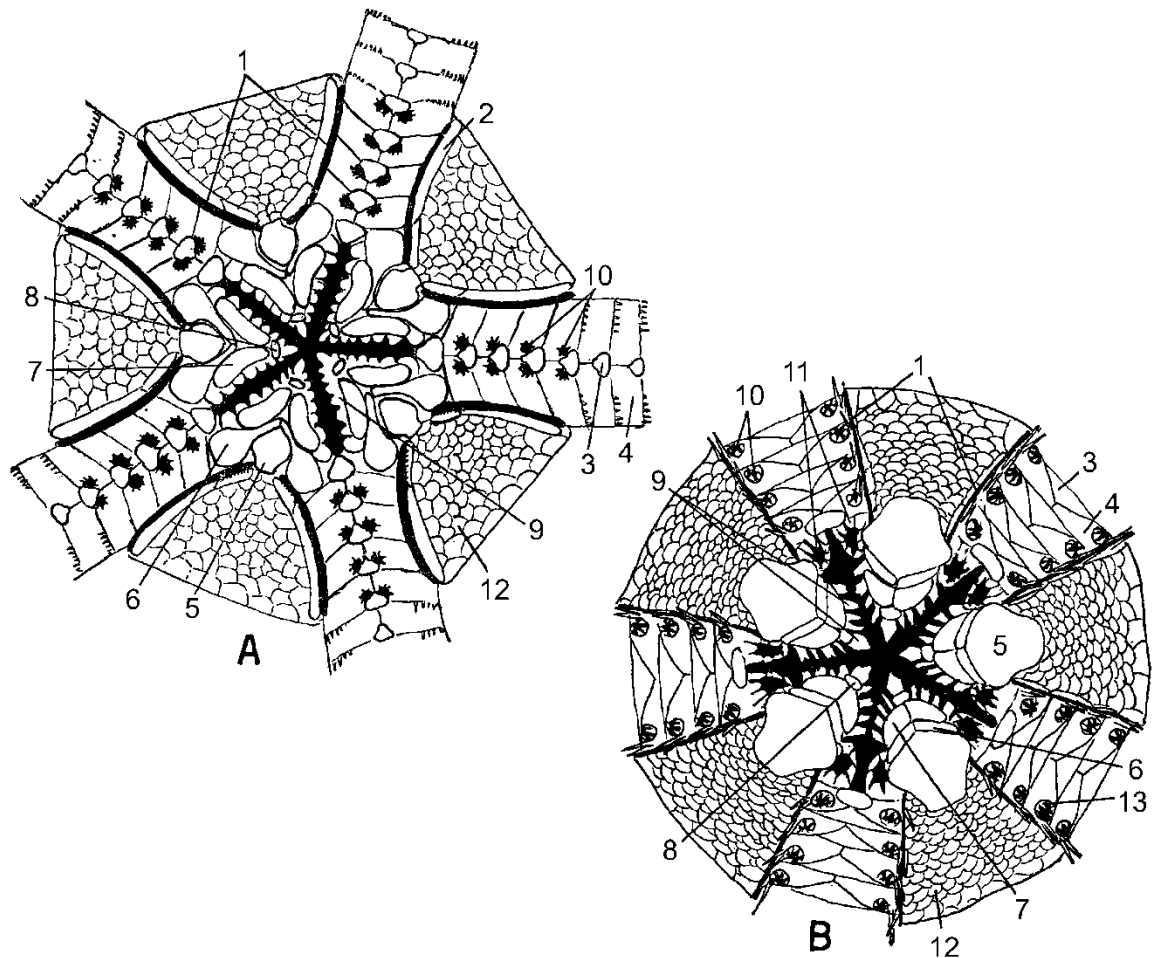
escudo braquial aboral, de cada lado por um escudo braquial lateral, e oralmente por um escudo braquial oral. Estes escudos podem ser de tamanho semelhante, mas frequentemente os escudos braquiais orais e aborais são reduzidos e os laterais grandes; ou os escudos braquiais aborais podem separar-se em várias placas mais pequenas ou tornarem-se num mosaico de peças. Os escudos braquiais laterais são fundamentais na cobertura dos braços podendo encontrar-se em cima ou em baixo, forçando o desaparecimento dos orais e aborais.

Os espinhos dos braços, variando em número de 2 ou 3 até 15 em cada escudo braquial lateral, dispõem-se linearmente na vertical. Estes posicionam-se em ângulos rectos ao eixo do braço, conferindo a estes animais uma aparência espinhosa. Eles podem também existir nas extremidades distais do escudo, sendo usualmente pequenos e dispostos paralelamente ao braço, o que reduz a sua flexibilidade. Os espinhos são mais ou menos semelhantes ao longo do braço de uma determinada espécie, mas variam em comprimento ao longo do mesmo escudo braquial lateral. O espinho mais aboral da fiada poderá ser o maior e o comprimento decresce no sentido oral (fig. 26 B); ou o maior espinho pode ocorrer algures na fiada e o comprimento decrescente em ambos os sentidos. Dentro dos ofiuróides, os espinhos variam muito de forma. Os espinhos podem ser longos ou curtos, pontiagudos ou rombos, redondos ou achatados em secção, lisos ou espinhosos, etc.. Por exemplo, espinhos finos e espinhosos caracterizam a família *Ophiotrichidae*.

Os ofiuróides distinguem-se dos outros equinodermes pela total ausência de algo que se assemelhe a ambulacros ou cavidades ambulacrais na superfície do corpo. Contudo, pés ambulacrários estão presentes como pequenas papilas. Existe uma par de papilas por cada articulação do braço, uma de cada lado entre o escudo braquial lateral e o oral e encontram-se protegidas por um ou mais espinhos alterados conhecidos por escamas tentaculares, geralmente inamovíveis, e na maioria dos casos com forma redonda (fig. 22 e 23). As papilas servem maioritariamente como órgãos sensoriais, apesar de participarem na locomoção através da sua fixação ao substrato.

No centro da superfície oral do disco, é visível uma abertura com uma forma semelhante a uma estrela de 5 pontas vulgarmente chamada boca, tratando-se de uma cavidade preoral até à verdadeira boca (fig. 23). Esta é circundada por 5 mandíbulas interradaiais que formam a moldura da boca, comparável aos adambulacrais dos asteróides. Apenas a terminação oral triangular das mandíbulas é visível na superfície oral. Estas são ladeadas por pequenos dentes, as papilas orais, sendo ausentes em alguns géneros. As mandíbulas consistem em duas peças fundidas, as placas orais, onde a extremidade oral

pode ser usualmente vista na superfície triangular exposta da mandíbula (fig. 23). Entre estas e a ponta da placa oral encontra-se normalmente exposta a terminação oral de um ossículo alongado vertical, a placa mandibular, por onde passa o músculo que movimenta os dentes. A maior parte da superfície oral da mandíbula é coberta por uma placa redonda, o escudo oral, ladeado de cada lado por um pequeno e alongado escudo adoral (fig. 23). Um dos escudos orais funciona como madreporito, sendo normalmente perfurado por um único poro, por vezes mais, mas é geralmente irreconhecível externamente.



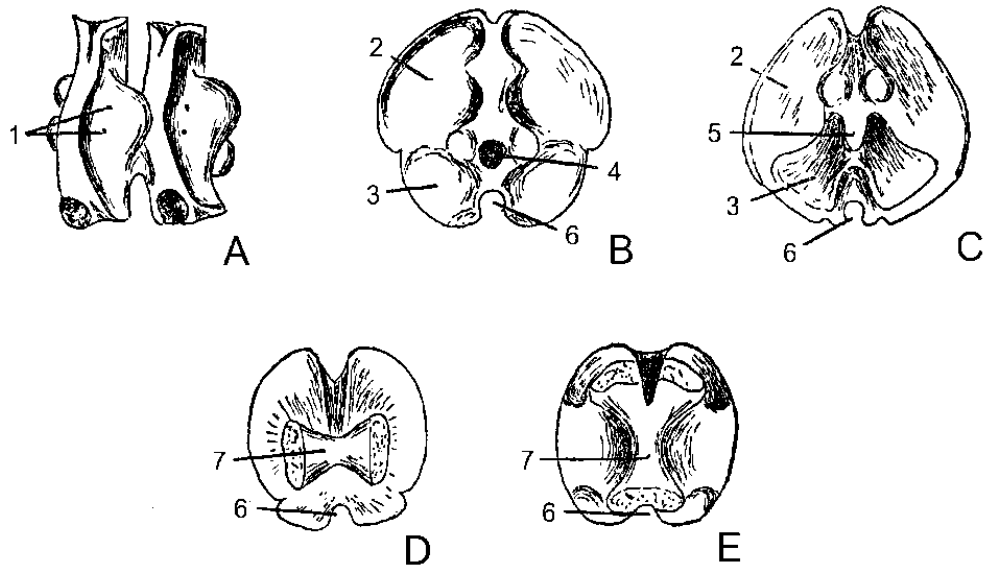
**Figura 23** – Vista oral de dois discos centrais de ofiuróide. A, vista oral do disco de *Ophiomusium*, neste género os pés ambulacrários restringem-se à base dos braços. B, vista oral do disco de *Ophiura*. 1 – “bursal slit”; 2 – placa genital; 3 – escudo braquial oral; 4 – escudo braquial lateral; 5 – escudo oral; 6 – escudo adoral; 7 – placa oral; 8 – maxila; 9 – papila oral; 10 – poros para os pés ambulacrários; 11 – segundo par de poros para os pés ambulacrários; 12 – escamas do disco; 13 – escamas tentaculares. Adaptado de Hyman (1955).

Os ofiuróides são na sua maioria animais pequenos, com o disco variando de diâmetro entre 10 a 30 mm, e o comprimento dos braços tipicamente 3 a 5, ou 6 vezes, o diâmetro do disco.

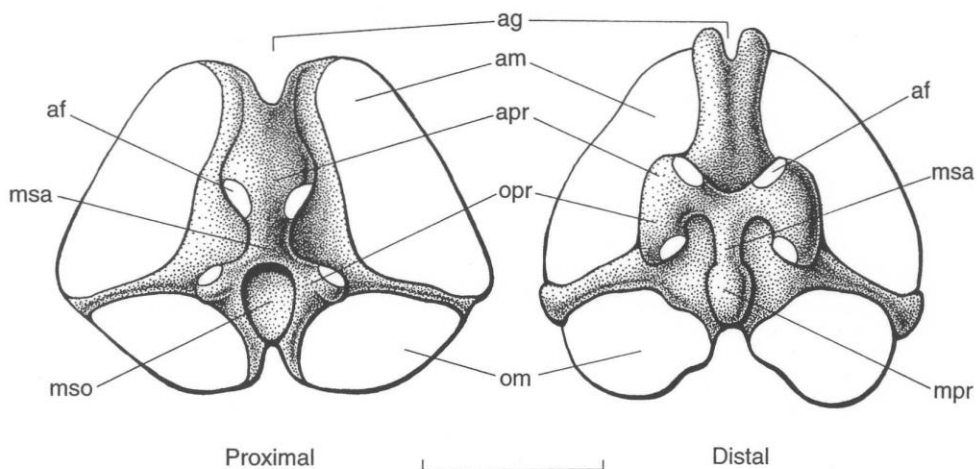
O endosqueleto pode ser grosseiramente dividido em superficial e interno. Os elementos do primeiro denominam-se escudos e foram descritos anteriormente. Nos

braços, o esdoesqueleto superficial é constituído pelos escudos braquiais dorsais, laterais e ventrais localizados próximo da superfície e geralmente visíveis externamente devido ao fraco desenvolvimento da epiderme. O interior do braço é ocupado por uma série longitudinal de ossículos pertencentes ao endosqueleto interno denominados de ossículos vertebrais ou vértebras, devido à sua ligeira semelhança e função com as vértebras dos vertebrados. As vértebras apresentam uma forma algo discóide, mais espessa para o centro e mais fina para o exterior (fig. 24); com abas laterais que funcionam como locais de fixação de músculos intervértebra. Para a extremidade distal do braço, as vértebras tornam-se reduzidas e mais ou menos cilíndricas e o ossículo terminal possui uma cavidade oral para alojar o pé ambulacrário terminal. Medianamente, a superfície oral de cada vértebra possui um sulco em V profundo, e a sucessão desses V's formam um corredor por onde passa o nervo radial (fig. 24 B e C). Para cada um dos lados deste corredor existem dois pequenos orifícios em cada vértebra que conduzem a finos canais no interior da vértebra. O par de orifícios mais proximais hospedam um par de nervos para os músculos intervertebrais superiores; o par mais distal alberga as ramificações do sistema vascular hídrico. Existe também uma depressão aboral mediana mas que não pertence a nenhuma estrutura específica. As duas extremidades de cada vértebra, ou seja, a sua superfície proximal voltada para a boca e a sua distal voltada para a ponta do braço, diferem uma da outra. Na maioria dos ofiuróides, a superfície proximal possui uma série de depressões e uma projecção mediana na superfície distal (fig. 24 B e C e 25), formando uma articulação que em geral permite movimentos somente laterais dos braços, no plano horizontal (articulação zigospondilosa). Um diferente tipo de articulação (setreptospondilosa) existe nos ofiuróides euralosos. Nestes ambas as terminações vertebrais possuem projecções semelhantes a ampulhetas, mas encontram-se dispostas verticalmente na superfície proximal e transversalmente na superfície distal (fig. 24 D e E). Isto permite que as vértebras rolem uma sobre a outra e o braço pode mover-se de tal modo que pode agarrar ou agarrar-se a objectos.

Uma descrição sumária das diferentes partes de uma vértebra pode ser vista na figura 25.

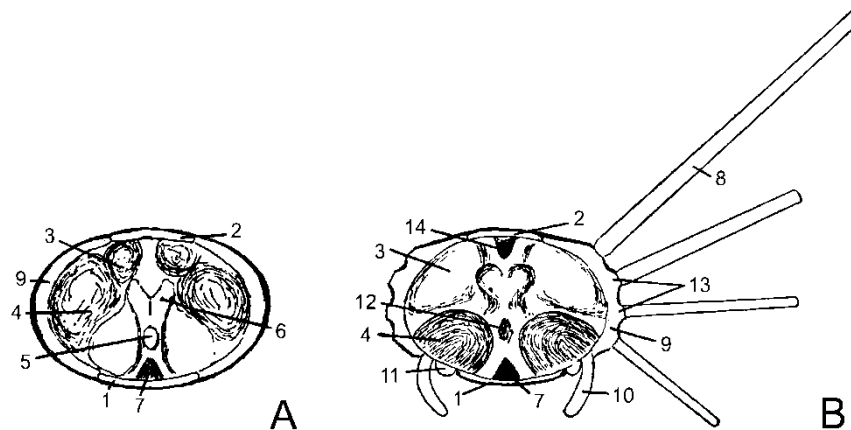


**Figura 24** – Vértex de ofiuróides sem os escudos braquiais. A, vista lateral de vértebras de *Ophiarachna* (segundo Ludwig, 1878; *in* Hyman, 1955). B, superfície proximal de vértebra de *Ophiolepis*. C, igual ao B mas superfície distal. D, superfície distal de vértebra de *Astrophyton* com articulação em ampulheta transversal. E, superfície proximal de E com articulação em ampulheta vertical. (B-E segundo Lyman, 1882; *in* Hyman, 1955) 1 – orifícios para a passagem dos cais dos pés ambulacrários; 2 – fossa para o músculo intervertebral superior; 3 - fossa para o músculo intervertebral inferior; 4 – depressão central; 5 – projecção central; 6 – canal para o nervo radial; 7 – projecção em ampulheta. Adaptado de Hyman (1955).



**Figura 25** – Esquema de uma vértebra de ofiuróide (*Ophiocantha bidentata*) baseado em imagens de microscopia electrónica, vista proximal e distal. af – faceta articulante, ag – depressão aboral, am – reação muscular aboral, apr – processo aboral, mpr – processo mediano, msa – selim mediano, mso – cavidade mediana, om – região muscular oral, opr – processo oral. A escala representa 1 mm. Retirado de LeClair (1996).

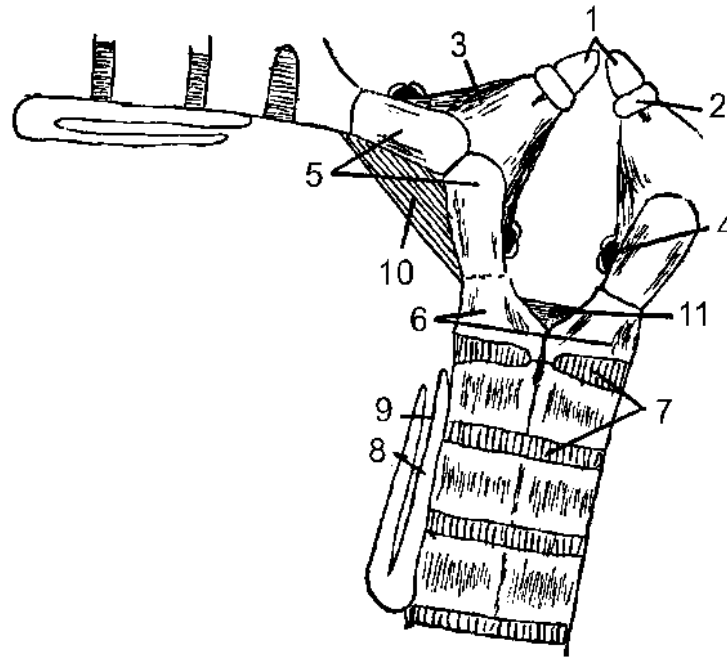
Cada vértebra corresponde a uma articulação externa e encontra-se coberta por um conjunto de escudos braquiais (fig. 26). É assente que cada vértebra é formada pela fusão de um par de ossículos ambulacrários, e em algumas espécies a linha de fusão é visível ao longo da vida. Pensa-se que o tipo de braço dos ofiuróides resulta de um braço que encerrou a cavidade ambulacrária e os ossículos ambulacrários migraram para o seu interior, seguidos pela fusão em pares para formar as vértebras.



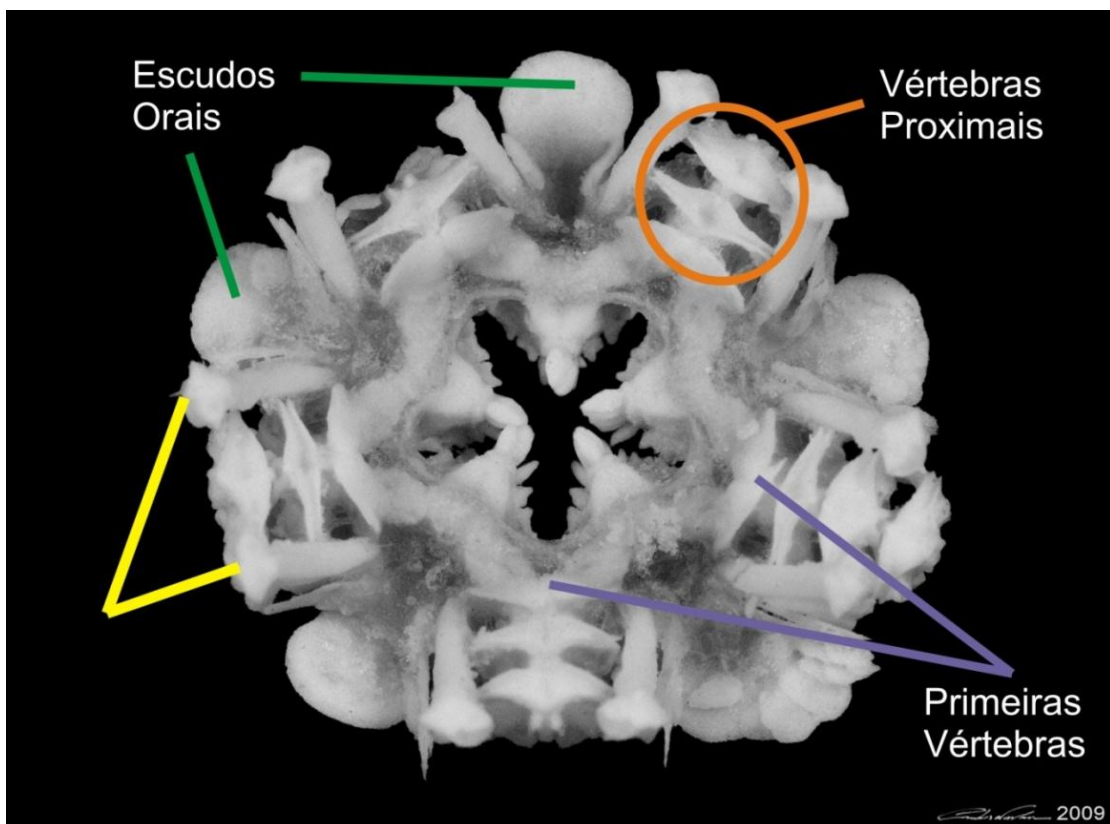
**Figura 26** – Vértex de ofiuróides com escudos braquiais. A, superfície distal da articulação do braço de *Ophiocoma*, espinhos omissos. B, articulação de *Ophiocoma*, vista da extremidade proximal, mostrando os espinhos de um dos lados e a articulação da vértebra. 1 – escudo braquial ventral; 2 – escudo braquial dorsal; 3 – depressão para músculo superior intervertebral; 4 - depressão para músculo inferior intervertebral; 5 – projecção central da articulação (umbo); 6 – projecções articulares; 7 – canal oral para o nervo radial e vaso hídrico; 8 – espinho ordinário; 9 – escudo braquial lateral; 10 – pé ambulacrário; 11 – escama tentacular; 12 – depressão onde encaixa o umbo; 13 – tubérculos do escudo braquial lateral para articulação com os espinhos.

Como já foi referido, a boca consiste num aro formado pelos maxilares, pelos dois primeiros ambulacros, pelos dois primeiros adambulacros, e pelos escudos superficiais. Como cada mandíbula ocupa uma posição interradianal e é evidentemente composta por ossículos da base dos dois braços adjacentes forma assim duas meias mandíbulas. Cada meia mandíbula ou maxilar consiste num peça grande que representa o segundo ambulacro e uma peça mais pequena que representa o primeiro adambulacral (escudo braquial lateral) unidos à região oral de um ossículo maior e possuindo dentes, que resultam de espinhos adambulacrais modificados. Está geralmente presente uma pequena placa dentária ou placa mandibular para suporte adicional de dentes, e composto por uma fiada vertical de peças. Na superfície oral, os maxilares podem ser particularmente visíveis, mas são normalmente mais ou menos ocultados pelos escudos orais e adorais; os escudos adorais são facilmente vistos pois encontram-se alinhados com os escudos braquiais laterais e representam de facto os segundos adambulacrais. O primeiro par de ambulacrais é formado em duas peças alongadas, chamadas placas peristomais, e ocupam a superfície aboral do maxilar (fig. 27) não sendo visíveis do lado oral. As duas placas peristomais de raios adjacentes encontram-se diagonalmente no interradiano. Como já foi indicado, existem dois poros para os pés ambulacrários em cada mandíbula, facto que indica que dois pares de ossículos ambulacrais estão na origem de cada mandíbula.

O interior de um disco central de um ofiuróide *Ophiura ophiura*, sem as escamas dorsais, pode ser visto na figura 28.



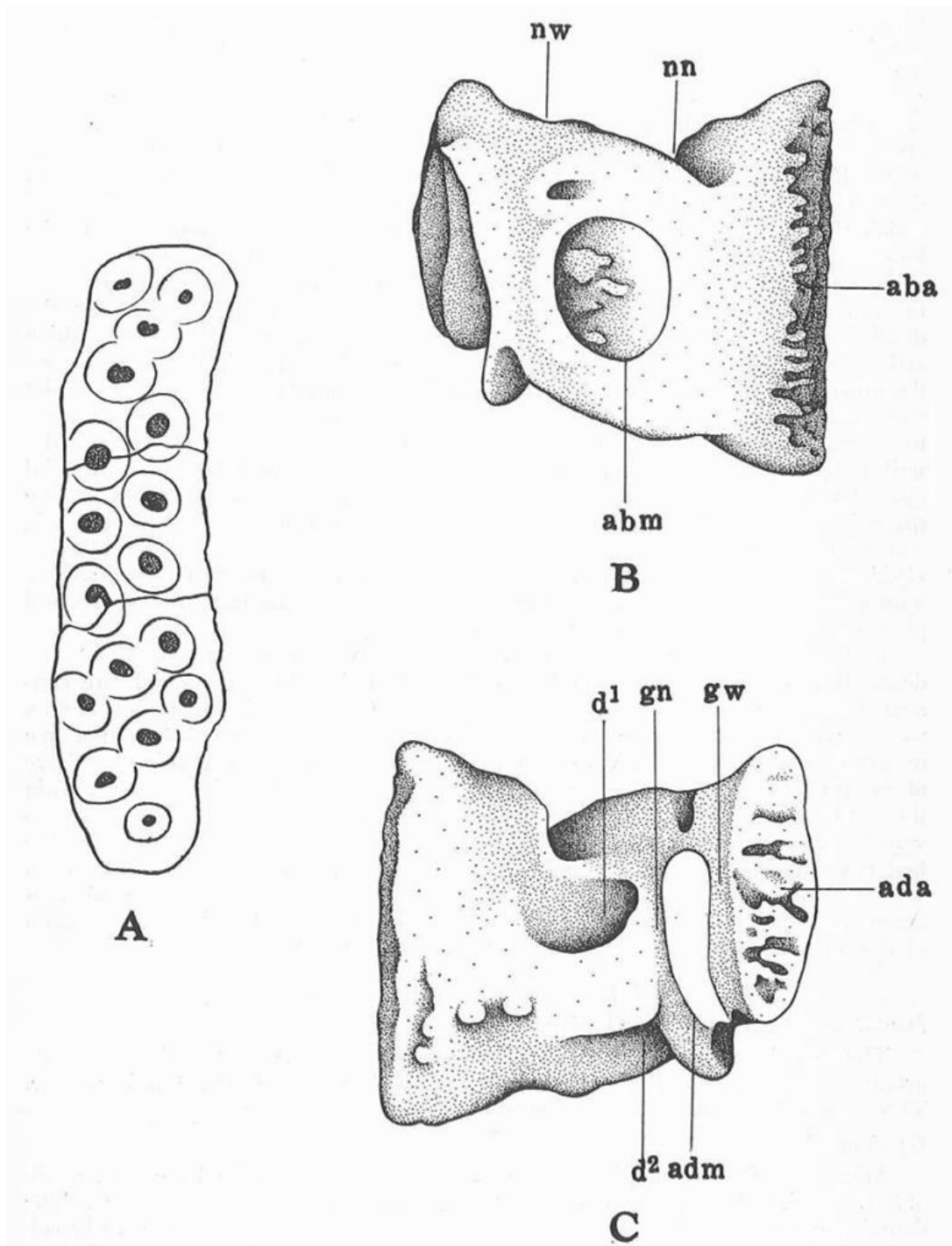
**Figura 27** – Parte de do aparelho mastigador com a base de um dos braços de *Ophiomusium*, visto do lado aboral após ser removida as escamas que o cobrem do lado aboral. 1 – dente; 2 – placa dentária; 3 – placa oral; 4 – poro para o primeiro par de pés ambulacrários; 5 – placa peristomial (1º par de ambulacros); 6 – 3º par de ambulacros; 7 – músculo superior interambulacral; 8 – placa genital; 9 – localização da abertura bursal; 10 – músculo interr radial externo; 11 – músculo radial aboral.



**Figura 28** – Vista dorsal do interior do disco central de um ofiúride *Ophiura ophiura*. Fotografia gentilmente cedida por Carlos Natário.

Como foi referido, a placa dentária (fig. 29 A) encontra-se na proximidade da mandíbula, formado por um par de maxilares (ou placas orais), e suporta os dentes ou papilas dentárias no lado adoral. Quando desassociado do maxilar, tem um aspecto de uma placa alta, achatada, sendo inteira ou dividida em várias porções por fissuras transversais. Na sua superfície adoral existe por vezes uma série vertical de depressões largas ou redondas dispostas ao longo de uma linha mediana, enquanto noutros casos possuem pequenas projecções arredondadas espalhadas aleatoriamente por toda a superfície ou limitadas à área ventral. Para além disto, podem ser encontrados uma série vertical de foromens na secção superior, que são inteiros, ou divididos lateralmente em duas metades por uma barra vertical mediana baixa. Nestas depressões encaixam os dentes ou papilas dentais, que se encontram próximos desta placa (Murakami, 1963).

A placa oral é uma placa grande e espessa próxima da abertura da boca. Em conjunto com o seu par suportam a placa dentária interradiamente nas suas extremidades proximais, enquanto as extremidades opostas (distais) articulam com a primeira vértebra radialmente, juntamente com o maxilar oposto. Quando visto do lado abradial, este ossículo parece quadrangular, mas irregular. A margem adoral é vertical. Ao longo da qual encontram-se geralmente cristas e depressões transversas mais ou menos distintas, que articulam com a estrutura correspondente da placa imediatamente oposta, formando um ângulo oral (fig. 29 B, aba). No lado dorsal encontram-se 2 duas depressões em forma de V, nas quais a adoral é distinta e recebe o anel nervoso, enquanto a distal menos pronunciada, proporciona a passagem para o anel hídrico (fig. 29 B, nn, nw). É na parte distal lateral onde se ligam os músculos interradiais aborais, adquirindo a designação de área muscular abradial (fig. 29 B, abm). No lado adradial, na região mediana, existem duas ligeiras depressões, onde a depressão proximal superior corresponde ao primeiro tentáculo oral, enquanto a outra distal inferior corresponde ao segundo (fig. 29 C, d<sup>1</sup>, d<sup>2</sup>). Distalmente a estas, um sulco descende para receber o nervo radial, e encontra-se em conexão com a depressão em V dorsal, por onde o anel nervoso passa (fig. 29 C, gn). Na extremidade distal, é visível uma distinta área de articulação com evidentes cristas e depressões, que articula com o maxilar oposto (fig. 29 C, ada). Ao longo do lado interior da área de articulação adradial encontra-se presente uma outra depressão para o canal hídrico radial (fig. 29 C, gw). Entre estas duas depressões verticais existe uma área onde os músculos radiais aborais se fixam (fig. 29 C, adm), a área adradial muscular.



**Figura 29** – Placa dentária e maxilar de *Asteronyx loveni*. A – placa dentária; B – placa oral (vista abradial); C- a mesma placa oral que a anterior (vista adradial). aba – área articular abradial; abm, área muscular abradial; ada – área articular adradial; adm – área muscular adradial; d<sup>1</sup> – depressão para o primeiro tentáculo oral; d<sup>2</sup> – depressão para o segundo tentáculo oral; gn – depressão para o nervo radial; gw – depressão para o canal hídrico radial; nn – depressão para o anel nervoso; nw – depressão para o canal do anel hédrico. Retirado de Murakami (1963).

## V-5. Holothuroidea

Nos holoturóides o eixo principal, que passa pela boca e pelo ânus, é muito alongado se comparado com outros equinodermes, onde a sua forma corporal é cilíndrica, lembrando vagamente um verme. Os animais deste grupo encontram-se deitados de lado, e

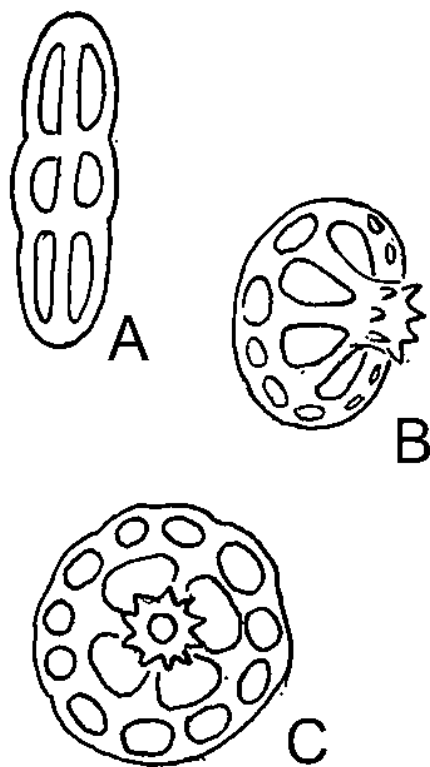
geralmente deslocam-se sobre o fundo rastejando. A boca e o ânus ocupam, respectivamente, as extremidades anterior e posterior do corpo do animal, onde a primeira é circundada por uma série de tentáculos. A face ventral é frequentemente achatada e apresenta 3 zonas ambulacrárias e duas interambulacrárias, enquanto a face dorsal é constituída por duas zonas ambulacrárias e 3 interambulacrárias. Os pés ambulacrários das duas faces são geralmente diferentes, onde os da face ventral são pés locomotores pois possuem ventosas, enquanto os dorsais apresentam-se com uma forma de tubérculos ou tentáculos, sem ventosas. Isto revela uma simetria bilateral incipiente.

Ao contrário dos restantes grupos de equinodermes, os holoturóides não apresentam um endosqueleto visível. O endosqueleto das espécies recentes é constituído por pequenos corpúsculos calcíticos com uma estrutura reticulada, sendo quase sempre acrescidos de uma coroa de peças calcíticas maiores, presentes em torno da faringe («anel calcário»). Este anel é geralmente composto por 5 lâminas radiais e 5 interradiais.

A redução do endosqueleto confere à parede do corpo, na maioria das vezes muito espessa e de consistência coriácea, uma maior flexibilidade, favorecendo a locomoção.

A derme contém, normalmente nas camadas mais superiores, o endosqueleto ou espículas. Estes são na sua grande maioria de dimensão microscópica, acreditando-se que representam um estado embrionário arcaico ou persistente do esqueleto. As pequenas placas calcíticas são fenestradas, ocorrendo com uma multiplicidade de formas, sendo estas formas de extrema importância para a identificação das espécies. Cada espécie é caracterizada pelas formas dos seus ossículos. Contudo, estes não estão presentes em alguns holoturóides e em outros podem existir em grande número, distribuídos pela parede corporal.

A forma dos ossículos de determinado holoturóide pode possuir algumas características da família, mas não muitas, e, surpreendentemente, diferentes ossículos podem ser encontrados em géneros relacionados. As formas simples incluem bastões lisos ou espinhos, com ou sem terminações globosas e ramificações, e vários tipos de placas fenestradas. Um ossículo perfurado com 4, 6 ou mais orifícios dispostos em duas fiadas, chamado de botão (fig. 30 A), é comum em algumas ordens. Um tipo mais complicado, chamado mesa, consiste num disco, ou placa, perfurado contendo uma espira ou uma torre, também perfurada (fig. 30 B e C). Tanto os botões como as mesas são comuns na ordem Aspidochirota, onde as mesas ocorrem perto da superfície, com as torres direccionadas para o exterior.

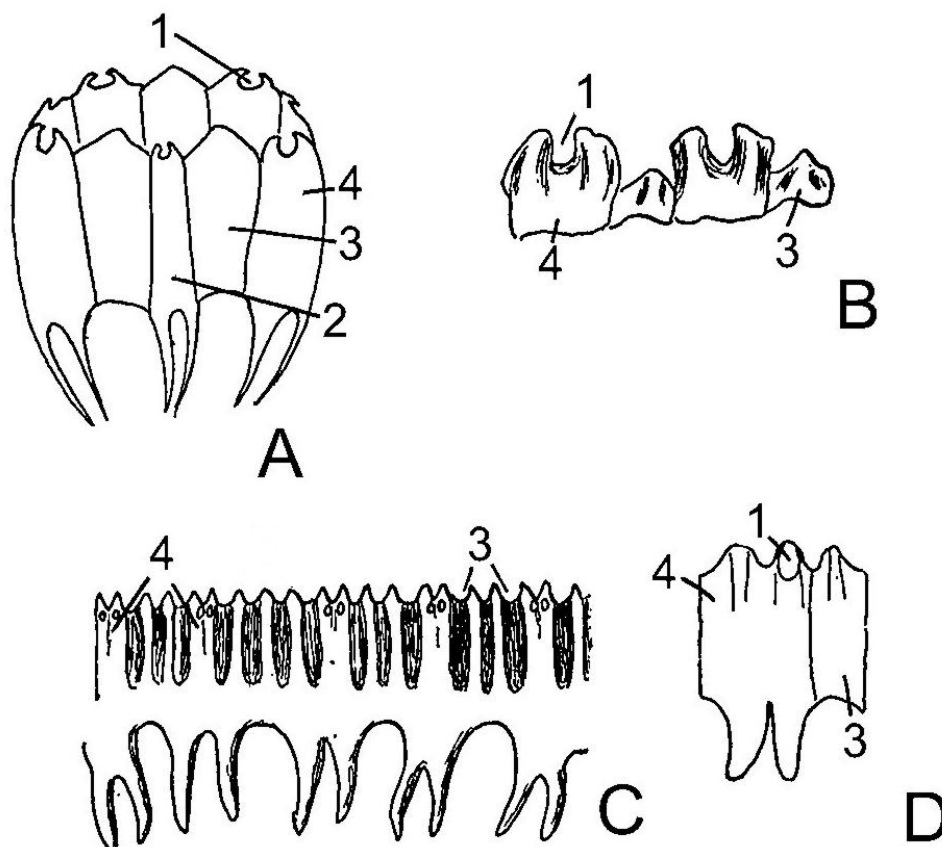


**Figura 30** – Ossículos de *Holothuria* sp.. A – botão; B –mesa (vista lateral); C- mesa (vista superior). Retirado de Hyman (1955).

Como foi referido, o início da faringe dos holoturóides é circundado por um anel de placas calcíticas, denominado anel calcário, sendo provavelmente homólogo à lanterna de Aristóteles dos equinóides. Este anel funciona como suporte para a faringe, para o anel nervoso, para os vasos do sistema hídrico, e como ponto de inserção das bandas musculares longitudinais. Em diferentes holoturóides, o tamanho e forma das peças que formam este anel são muito variáveis. Tipicamente, este anel é constituído por 5 ossículos radiais e 5 interradiais (fig. 31 A), onde os primeiros são geralmente maiores que os segundos, mantendo-se juntos através tecidos conectivos. Pelo menos os ossículos radiais estão sempre presentes.

As peças que formam o anel calcário são geralmente quadrangulares ou rectangulares, onde a margem anterior possui frequentemente projecções pontiagudas ou cegas, enquanto a margem posterior apresenta duas projecções, onde passa o canal hídrico radial correspondente (fig. 31). Estas últimas projecções ou o anel calcário completo podem ser compostos por numerosas pequenas peças. A extremidade anterior das placas radiais possui um pequeno orifício para a passagem do canal hídrico, e a superfície anterior destas placas possui depressões nas quais se fixam os canais principais do radial. As bandas musculares longitudinais e os retractores da faringe inserem-se em depressões na

superfície externa da parte anterior dos ossículos radiais. O anel calcário não é necessariamente simétrico, sendo frequente os ossículos ventrais serem mais pequenos, que os ossículos dorsais correspondentes, podendo também diferir na forma. Os diferentes ossículos que compõem o anel calcário podem exibir simetria bilateral esquerdo-direito.



**Figura 31** – Alguns aneis calcários de holoturóides. A - anel calcário de *Thyone briareus* (Hyman, 1955); B - 4 peças do anel calcário de *Holothuria mexicana* (Hyman, 1955); C - anel calcário de *Acaudina* sp. aberta e desenrolada (Sluiter, 1901; in Hyman, 1955); D - 2 peças do anel calcário de *Leptosynapta* sp. (Clark, 1907; in Hyman, 1955). 1 - abertura para passagem do canal hídrico; 2 - peça ventral mediana anã; 3 - peça interradianal; e 4 - peça radial.

## VI. Dados de Campo e Procedimento de Recolha das Amostras

As amostras para este estudo foram recolhidas na arriba litoral Oeste da Península de Setúbal, em quatro locais distintos. Foram colhidas amostras a Sul da Foz do Rego (FRAM1, FRAM2 e FRAM3), três amostras a Sul da Fonte da Telha (FTAM1, FTAM2 1 e FTAM2 2), uma amostra nos Olhos de Água (OAAM1) e quatro amostras a Sul da Lagoa de Albufeira (LAAM1, LAAM2, LAAM3 e LAAM4) entre a Lagoa de Albufeira e a foz da Ribeira da Lage.

As amostras recolhidas consistem em amostras de rochas detríticas, relativamente friáveis. As amostras foram colhidas com o auxílio de martelo e escopro e apresentavam diferentes dimensões.

Para evitar contaminação de cada uma das amostras, estas eram colocadas separadamente em sacos de plástico novos, pois era um dos objectivos secundários deste trabalho era a determinação das associações de Nanofósseis calcários. Cada um dos sacos era posteriormente etiquetado com um marcador, com a referência da amostra, local de colheita (o mais rigoroso possível) e a data da colheita. Estas colheitas tiveram como intuito o estudo da sua componente mili e nanofóssil.

### **VI-1. Foz do Rego**

Na Foz do Rego, localidade a Sul da Costa da Caparica, a colheita de amostras foi realizada nas seguintes coordenadas 38° 37,388' N 9° 12,665'W (datum WGS84). Essa colheita foi efectuada na arriba aí existente, com uma orientação aproximadamente NNW-SSE.

A superfície erosiva D2 encontra-se presente neste local, próximo do topo da sequência.

Neste local, foram colhidas três amostras (FRAM1, FRAM2 e FRAM3) de rochas detríticas, na camada 8 (fig. 32), definida por Lourenço *et al.* (2009). A camada de onde provêm as amostras a serem estudadas, é uma areola pouco consolidada, bioclástica, com macrofragmentos de conchas de bivalves e gastrópodes. As valvas dos bivalves encontram-se quase sempre desarticuladas, bioerosionadas e muitas vezes partidas, sendo visível num ou outro caso de valvas unidas e o organismo em posição de vida. Na figura 33 é possível ver-se o pormenor da camada amostrada. Tanto a base como o topo desta camada são irregulares. Visto esta secção já ter sido analisada por aqueles autores, não será feita uma descrição da restante coluna estratigráfica de onde provêm as amostras.

As três amostras foram colhidas na mesma camada, com uma distância horizontal de cerca de 1m entre si. Com tal amostragem pretendia-se avaliar se existia uma variação significativa do seu conteúdo milifóssil ao longo da mesma.

### **VI-2. Fonte da Telha e Olhos de Água**

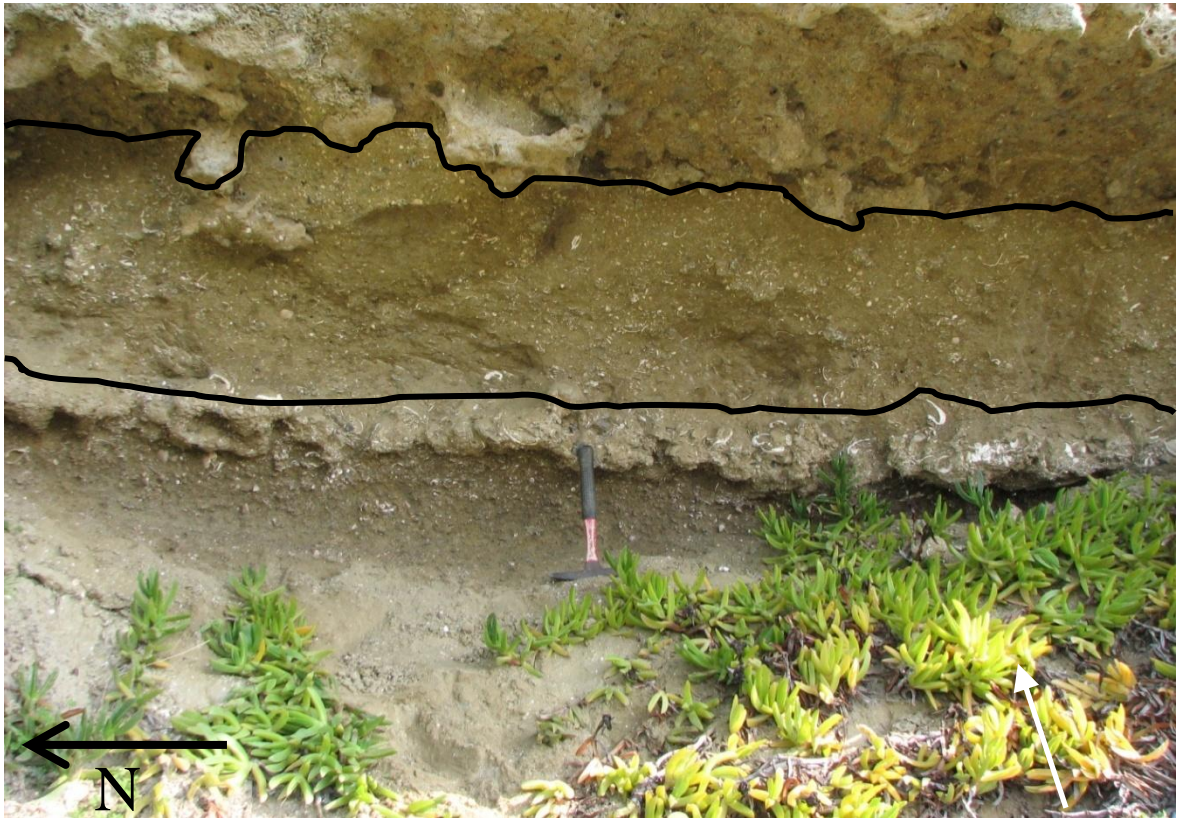
Foram colhidas três amostras de rochas detríticas a Sul da aldeia da Fonte da Telha. A amostra FTAM1 foi colhida nas coordenadas 38° 33,300'N 9° 11,296'W, a sensivelmente 11m de altura do nível actual de praia.

SISTEMA	SÉRIE	ANDAR	CAMADA	ESPESSURA	COLUNA ESTRATIGRÁFICA	FÓSSEIS	DESCRIÇÃO	
NEOGÉNICO	PLIO.		11	>2m			Arenito de grão médio, ocre, feldspático, contactando com a camada subjacente por superfície erosiva. Conteúdo macrofóssil ausente.	
			10	2m			Argilito cinzento, estando a base bioturbada e rubeficada e distinguindo-se no topo intercalações argilo-siltosas micáceas que passam lateralmente a areias avermelhadas. Fossilífero.	
			9	0,5m			Calcoarenito cinzento, bastante concrecionado. Fossilífero	
				8	c 0,2m b 0,2m a 0,6m			Calcoarenito amarelado, friável. Fossilífero. Calcoarenito amarelado, friável. Muito fossilífero. Calcoarenito amarelado, friável. Fossilífero.
			7	2m			Arenito siltítico, cinzento-acastanhado, onde se diferencia pequeno nível fossilífero. Pouco fossilífero.	
			6	5m			Arenito de grão fino, ocre, individualizando-se inferiormente clusters de cascalho e para o topo da camada níveis lenticulares concrecionados e ferruginosos, leitões conglomeráticos mal calibrados, grosseiros e quartzicos e feixes laminares alaranjados. Pouco fossilífero.	
			5	2m			Arenito siltítico, creme, bem calibrado. Fraco registo fóssil.	
			4	0,7m			Arenito de grão médio a grosseiro, mal calibrado, constituindo uma lumachela de <i>Aequipecten opercularis</i> . Fossilífero.	
			3	3m			Arenito de grão fino, amarelo-acastanhado, friável, micáceo, individualizando-se inferiormente clusters de ostreídeos e superiormente feixes de <i>Aequipecten opercularis</i> . Fossilífero.	
			2	2,5m			Arenito de grão fino, alaranjado, constituindo uma lumachela de <i>Aequipecten opercularis</i> . Contém lenticula de fósseis da mesma espécie muito fracturados e compactados. Muito fossilífera.	
			1	1,5m			Arenito de grão fino, creme-amarelado, friável, que contacta com a unidade sobrejacente através de superfície erosiva. Pouco fossilífero.	

Somatofósseis		Icnofósseis	
<i>Aequipecten opercularis</i>	Crustáceos	Gastrópodes	Outros Bivalves
Balanídeos	Equinodermes	Ostreídeos	Outros Pectinídeos
			Estruturas de bioerosão
			Estruturas de bioturbação

**Figura 32** – Coluna litoestratigráfica simplificada do afloramento da Foz do Rego. A vermelho encontra-se marcada a camada de onde provêm as amostras colhidas nesta localidade. Retirado de Lourenço *et al.* (2009).

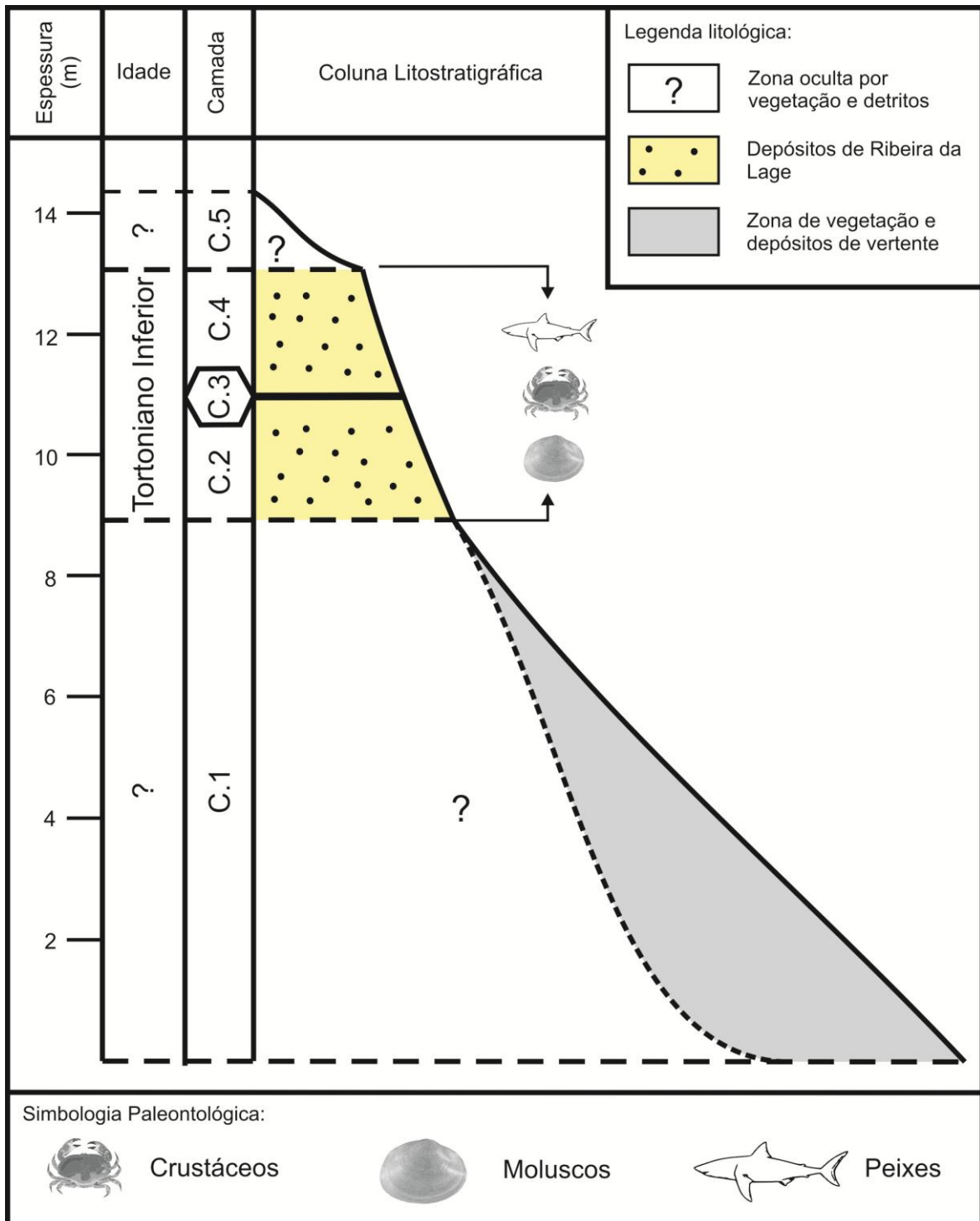


**Figura 33** – Pormenor da camada onde foram colhidas as amostras da Foz do Rego. As duas linhas irregulares negras delimitam o sector amostrado.

Na secção a descoberto, camadas 2, 3 e 4 (fig. 34), a rocha aflorante é composta por areolas friáveis de cor amarelada. Estas camadas contêm algumas porções mais carbonatas, podendo ser consideradas como nódulos calcoareníticos (zonas de maior concentração de carbonato). Os macrofragmentos de conchas de bivalves são frequentes e abundantes, constituindo, em alguns níveis, mais 60% da rocha, algo que acontece na camada 3. São também visíveis macrorestos de peixes, ao longo de toda a secção exposta, nomeadamente fósseis de dentes e otólitos de teleóstomos.

A amostra colhida neste local provém da base da camada 4. Nesta camada, as conchas de bivalves encontram-se fragmentadas e bioerodidas, sendo possível ver-se num ou outro caso onde as duas valvas se encontram ainda unidas, sendo raro encontrarem-se em posição de vida (fig. 35).

Nesta porção da arriba, não é visível a superfície erosiva D2, nem os depósitos fluviais pertencentes à unidade Areias de Fonte da Telha e Coia (Pliocénico). O topo deste afloramento é marcado pela superfície erosiva actual.

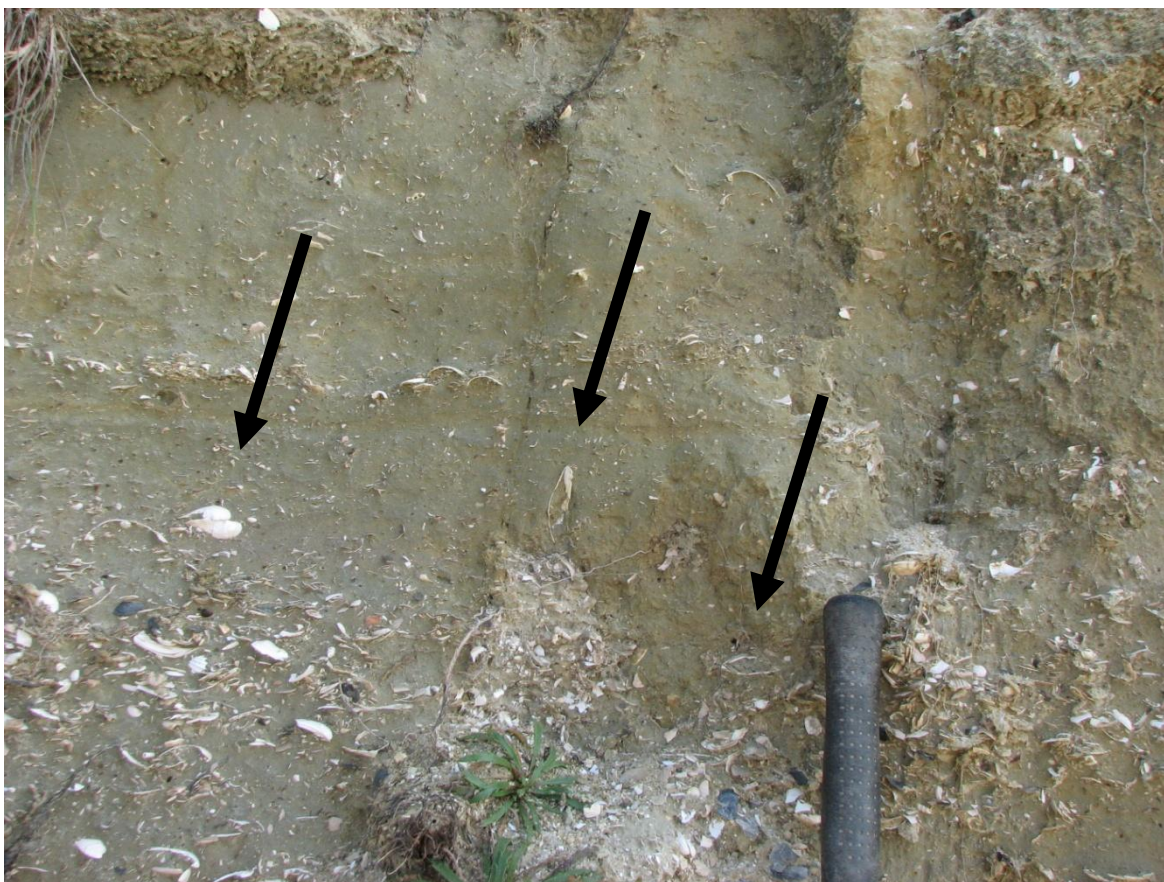


**Figura 34** – Coluna litostratigráfica simplificada da secção da arriba de onde provem a amostra FTAM1.

Segue-se a coluna litostratigráfica simplificada daquele local. As camadas 1 e 5 dessa coluna são zonas desta secção onde existia muita vegetação e material de escorrência, não existindo a possibilidade de acesso a afloramento limpo “*in situ*”.

As camadas 2 a 4 deverão pertencer aos depósitos de Ribeira da Lage. Como tal, a sua idade deverá ser Tortoniano Inferior, mas essa idade deverá ser comprovada através do

estudo das associações de Nanofósseis calcários, através da observação de lâminas delgadas.



**Figura 35** – Fotografia da base da camada 4 do afloramento a Sul da Fonte da Telha de onde provém a amostra FTAM1. Note-se três conchas de bivalves com as valvas unidas, sendo que só uma delas se encontra em posição de vida.

As amostras FTAM2 1 e FTAM2 2 foram colhidas na mesma arriba, mas a Sul do local de colheita da amostra anterior, nas coordenadas 38° 32' 35" N, 9° 11' 06" W (sistema WGS 84). Estas amostras foram colhidas em camadas diferentes, acima dos 12m do nível actual de praia. A figura 36 mostra o local onde foram colhidas estas amostras.

O que foi definido por camada 1 (fig. 37) neste afloramento corresponde a uma porção do mesmo que não se encontra acessível devido tanto a existência de grande quantidade de vegetação, bem como de material de escorrência, proveniente da erosão dos níveis superiores.

As amostras FTAM2 1 e FTAM2 2 foram ambas colhidas na mesma camada (cam. 2), mas em locais diferentes da mesma. Esta camada é caracterizada por ser constituída também por uma areola friável, de cor acinzentada. Esta apresenta 2 níveis de maior concentração em fragmentos de conchas de bivalves (fig. 38), um deles, próximo da base e o fim do outro a marcar o fim da camada. Com o aumento na quantidade desses

fragmentos, ocorre também uma diminuição da quantidade de sedimento. Esses níveis não são diferenciáveis do resto da camada, pois apresentam um incremento gradual da quantidade de fragmentos de conchas para o topo, sendo seguido de um decréscimo também gradual. Não são visíveis valvas unidas nem conchas em posição de vida. Esta camada não apresenta estratificação interna evidente.



**Figura 36** – Afloramento a Sul da Fonte da Telha de onde provêm as amostras FTAM2 1 e 2. Vista de Oeste para Este. O Rectângulo azul indica o local onde foi feita a colheita das duas amostras. Fotografia gentilmente cedida por Carlos Marques da Silva.

A amostra FTAM2 1 foi colhida num nível com frequentes fragmentos de mineralizações de bivalves, bastante argiloso, entre os dois níveis de maior concentração de microfósseis de conchas de bivalves, enquanto a amostra FTAM2 2 foi colectada no sector inferior de maior concentração de bivalves. Com estas duas colheitas pretende-se avaliar se existe maior quantidade de equinodermes em níveis argilosos ou nos níveis fossilíferos mais ricos em bivalves.

A camada 3 diferencia-se da camada anterior pois apresenta cor mais amarelada e redução dramática na quantidade de macrofragmentos de conchas de bivalves, praticamente não contendo nenhum. Em relação à sua granulometria, esta parece ser bastante semelhante à da camada anterior. O topo desta camada é truncado pela superfície erosiva D2.

A camada 4 é bastante distinta das anteriores, tanto em cor como em granulometria e conteúdo macro fossilífero. Esta camada engloba os arenitos e conglomerados da unidade

de Areias de Fonte da Telha e Coina. Tem cor amarela ou alaranjada, com estratificação interna oblíqua e sem conteúdo macrofossilífero. A granulometria é grosseira a muito grosseira.

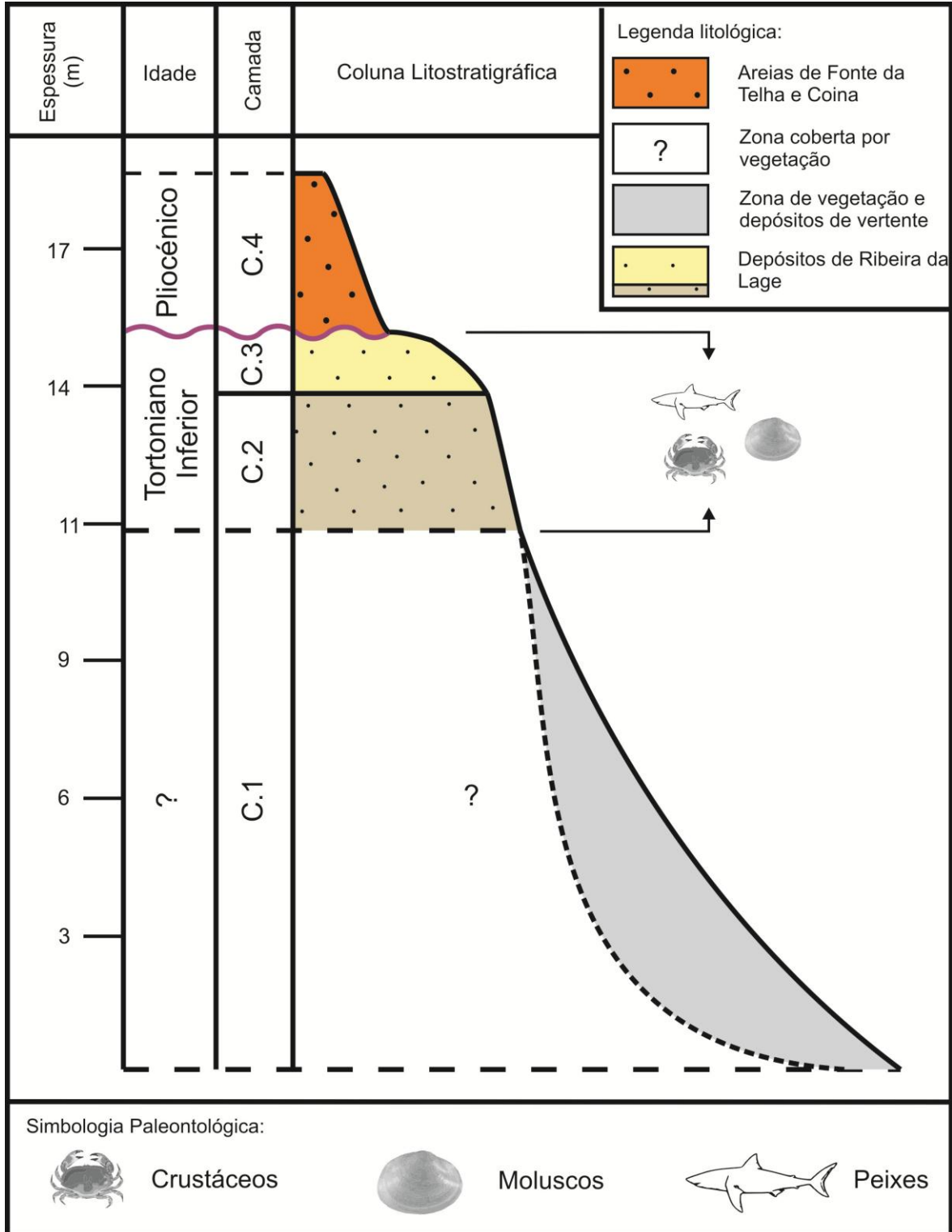


Figura 37 – Coluna estratigráfica simplificada do local onde foram colhidas as amostras FTAM2 1 e FTAM2 2.

Tanto a camada 2 como a 3 deverão pertencer à unidade depósitos de Ribeira da Lage, de idade Tortoniano Inferior. Tal irá ser confirmado posteriormente através da observação das associações de Nanofósseis calcários, em lâmina delgada.



**Figura 38** – Pormenor do topo da camada 2 do afloramento do afloramento a Sul da Fonte da Telha, de onde provêm as amostras FTAM2 1 e FTAM2 2. É visível o nível superior de maior concentração de macrofragmentos de conchas de bivalves.

Nos Olhos de Água (mais a Sul da Fonte da Telha) foi colhida uma amostra de rocha detrítica nas coordenadas 38° 31' 35" N, 9° 10' 55" W (fig. 39).

Desta vez, a amostra foi colhida a cerca de 1m do nível actual de praia, próximo do topo da camada 1 (fig. 40). Trata-se de uma areola siliciclástica, acastanhada, com apenas alguns macrofragmentos de fragmentos de conchas de bivalves visíveis e muito disseminados pela rocha. Apenas esta camada foi amostrada neste local. Segue-se a camada 2, constituída pela mesma litologia e cor da camada precedente, mas apresentando maior concentração (extremamente evidente) de macrofragmentos de conchas de bivalves e de alguns gastrópodes. A camada 3 é muito semelhante à camada 1. Estas três primeiras camadas pertencem aos depósitos de Ribeira da Lage.

O que se designou por camada 4 é uma porção do afloramento que se encontra coberta por vegetação rasteira intensa, e que impossibilita perceber o que se passa naquele sector. Entre esta camada e a camada seguinte, existe uma superfície de erosão que será

denominada de D2, no presente trabalho. Esta superfície de erosão é pouco acentuada neste local.



**Figura 39** – Afloramento nos Olhos de Água onde foi recolhida a amostra OAAM1. Vista de Oeste para Este.

A camada 5 trata-se dos arenitos grosseiros e conglomerados pertencentes às areias de Fonte de Telha e Coina, do Pliocénico. Apresentam cor alaranjada, e aparentam ter atitude subhorizontal, próxima das camadas anteriores.

Devido à grande à grande distância entre os locais de colheita das amostras e à intensa vegetação que cobre as arribas é de todo impossível estabelecer uma correlação lateral entre as diferentes amostras. Tais factos impossibilitam também a elaboração de uma coluna estratigráfica correlacionável entre os diferentes afloramentos.

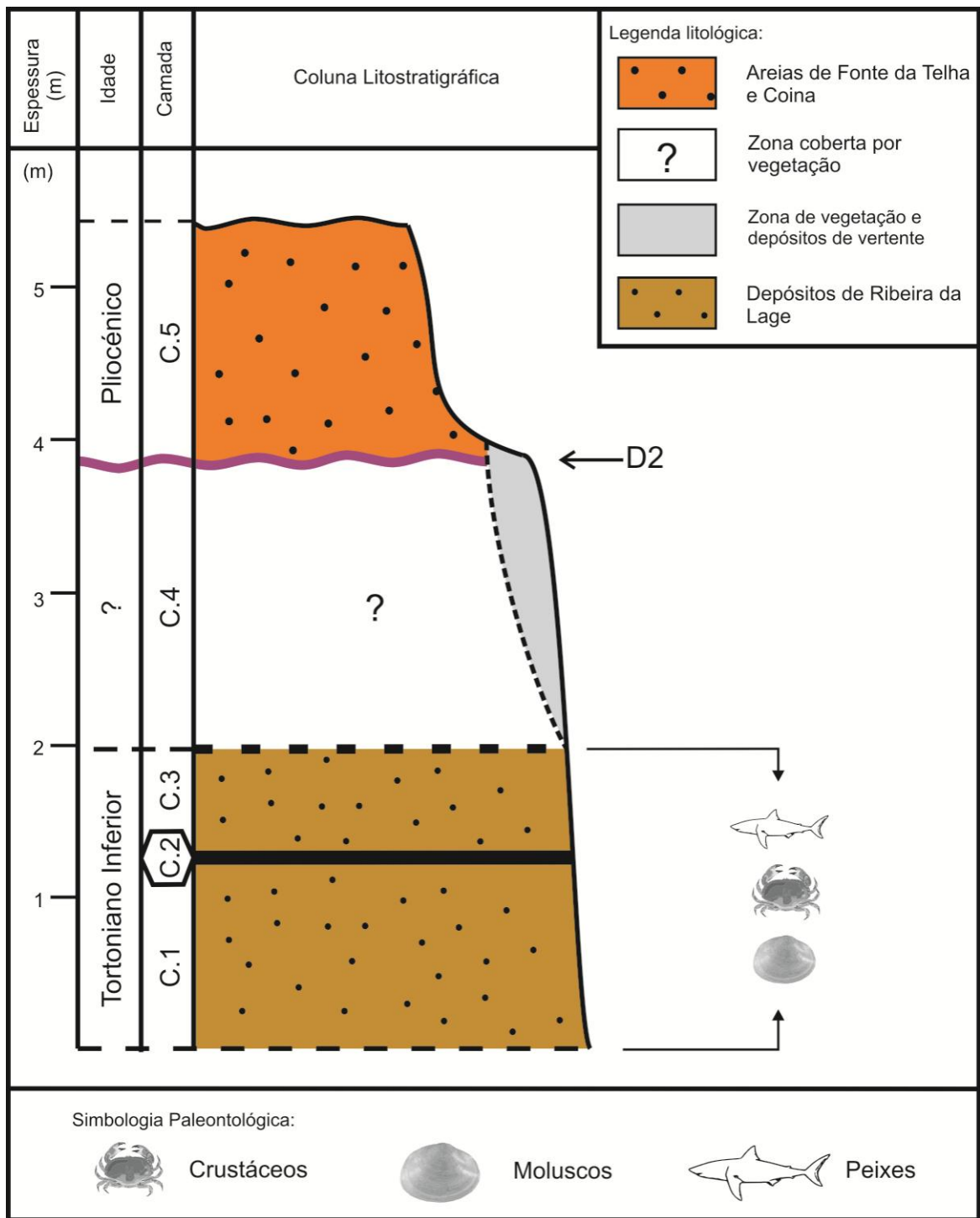


Figura 40 – Coluna litostratigráfica simplificada da arriba d’ Olhos de Água, a Sul da Fonte da Telha.

### VI-3. Lagoa de Albufeira

A Sul da Lagoa de Albufeira e caminhando de Norte para Sul, os primeiros níveis da arriba consistem em depósitos fluviais do pré-Tejo, com idade pliocénica (fig. 41).

Cerca de 160m mais a Sul, são visíveis os primeiros afloramentos miocénicos, pertencentes ao Tortoniano Inferior (depósitos de Ribeira da Lage). O contacto destas

rochas com os arenitos do Pré-Tejo é erosivo (D2), com abarrancamentos muito pronunciados, chegando a atingir 2-3m de altura neste afloramento. Foi nestas camadas do Tortoniano Inferior que foram feitas as colheitas de sedimento nesta localidade.



**Figura 41** – Pormenor da arriba imediatamente a Sul da Lagoa de Albufeira, sendo visíveis os níveis do Pliocénico. Diferença de cor entre os leitos visível bem como a estruturação interna. Vista de W para E.

Naquele local, o Tortoniano Inferior é caracterizado por uma sucessão mais ou menos monótona de areolas siliciclásticas, de cor amarelada a esbranquiçada a acinzentada, intercaladas por níveis calcareníticos e níveis bioclásticos (fig. 42).

Em relação ao conteúdo microfossilífero este é composto por *Chlamys macrotis*, ostreídeos, briozoários, balanídeos e pinças de crustáceos, encontrando-se as valvas de *C. macrotis* em clara maioria. As conchas dos bivalves apresentam-se frequentemente fracturadas, existindo, por vezes, algumas valvas unidas e em posição de vida. É comum encontrarem-se balanídeos fixos às conchas de bivalves. As pinças de crustáceos são relativamente abundantes, mas apresentam-se desarticuladas e relativamente frágeis.

Os níveis calcareníticos apresentam carácter muito compacto, espessura decimétrica e valvas desarticuladas de *C. macrotis*. Estes níveis não são contínuos ao longo de todo o afloramento, apresentando extensão de vários metros e terminando de maneira mais ou menos brusca (fig. 42).



**Figura 42** – Pormenor das areolas do Tortoniano Inferior, a Sul da Lagoa de Albufeira. Visível o carácter descontínuo dos níveis calcareníticos, e a diferença de tonalidades das rochas mais inferiores para as superiores. Vista de NW para SE.

Esta grande abundância de *C. macrotis* indica-nos que estamos perante o topo da unidade de Ribeira da Lage. Algo que não era evidente nos restantes afloramentos, mesmo naqueles onde a superfície D2 estava presente.

No topo da arriba, e com atitude aparentemente semelhante às camadas do Tortoniano Inferior, encontramos nova sequência de rochas areníticas, mas de aspecto diferente às que sobrepõe. Trata-se novamente de areolas, mas mais esbranquiçadas, intensamente lixiviadas. Estas areolas contactam com as anteriores através de uma superfície erosiva (D1). Manuppella *et al.* (1999) mencionam que esta sequência de camadas não apresenta conteúdo fossilífero, contudo, moldes externos de bivalves foram encontrados no final do afloramento, já junto à foz da Ribeira da Lage. Estes poderiam ser de *C. macrotis*, mas não existindo certezas em relação a esta identificação.

É também no final do afloramento que se atinge a maior espessura de sequência exposta e onde podemos ver com mais clareza a D1 (fig. 43). Aí podemos observar que a camada mais inferior a descoberto do Tortoniano Inferior apresenta cor acinzentada e bioturbação, em galeria e com parede (fig. 44).

No afloramento a Sul da Lagoa de Albufeira foram inicialmente colhidas três amostras. A primeira (LAAM1) foi colhida na camada 2 (fig. 45), tratando-se da amostra mais pequena das três colhidas naquela área (tab. 1), nas coordenadas 38° 30,105'N 9° 10,964'W (datum WGS84). As outras duas amostras (LAAM2 e LAAM3), com dimensão

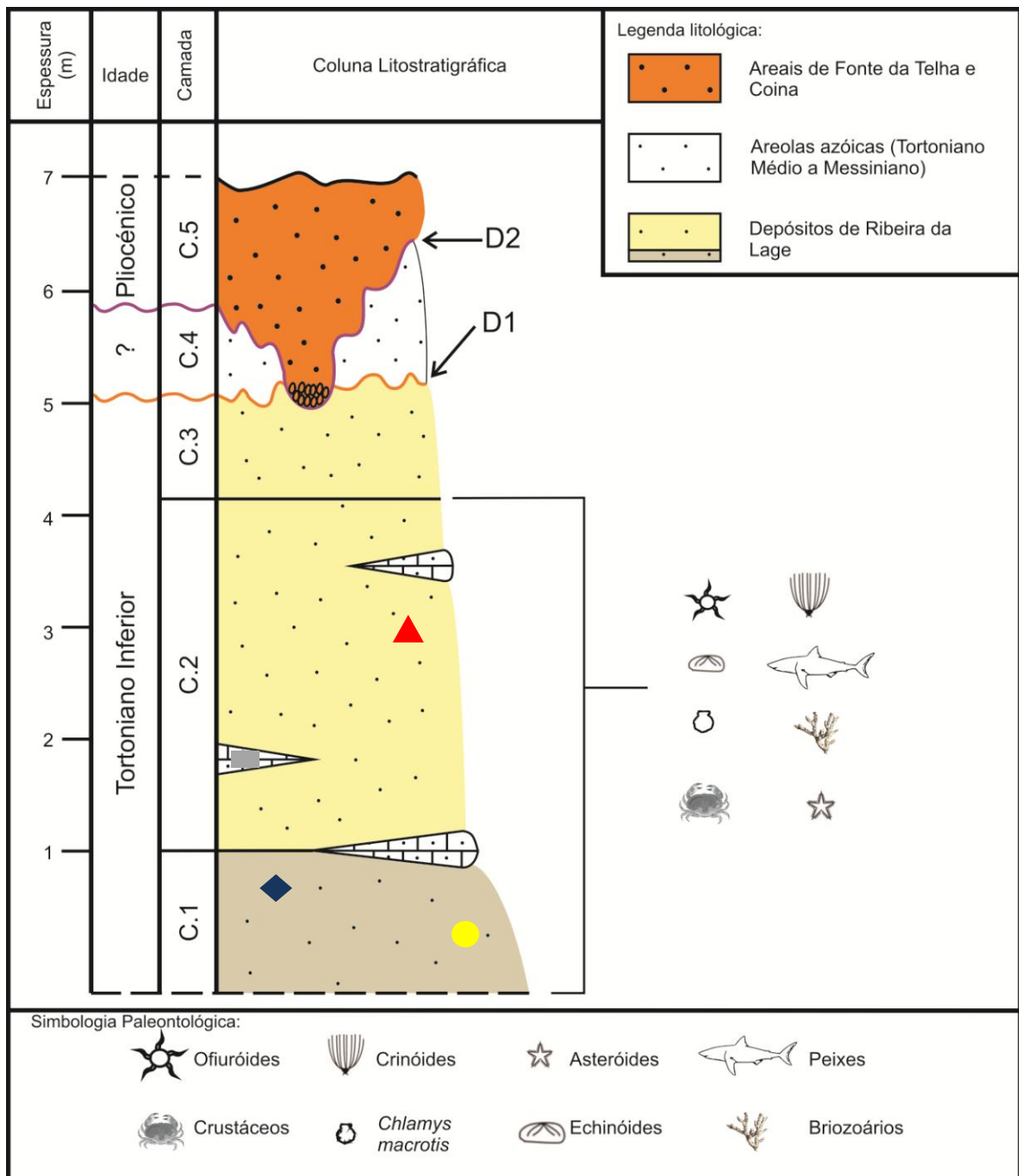
maior que a anterior, foram colhidas na camada 1. A amostra LAAM2 foi colhida nas coordenadas  $38^{\circ} 29,968'N$   $9^{\circ} 10,981'W$  (datum WGS84) e a amostra LAAM3 nas coordenadas  $38^{\circ} 29,934'N$   $9^{\circ} 10,974'W$  (datum WGS84).



**Figura 43** – Final do afloramento em estudo, a Norte da foz da Ribeira da Lage. O rectângulo azul mostra o local onde foi tirada a figura 10. Vista de SW para NE.



**Figura 44** – Pormenor da figura 42 onde é visível a bioturbação (rectângulo vermelho) da camada 1.



**Figura 45** – Coluna litostratigráfica simplificada da arriba entre a Lagoa de Albufeira e a foz da Ribeira da Lage. O triângulo vermelho indica o local onde foi efectuada a colheita das amostras LAAM1 e LAAM4; o rectângulo cinzento indica a proveniência da amostra LAAM5; o losango azul indica o local onde foi recolhida a amostra LAAM2; e o círculo amarelo indica o local de onde provem a amostra LAAM3.

Como a camada 1 se apresenta bioturbada, foram colhidas duas amostras em diferentes locais desta camada. A amostra LAAM2 foi colhida numa zona onde a bioturbação era mais intensa, enquanto a amostra LAAM3 foi colhida numa zona menos bioturbada.

A colheita destas duas amostras na mesma camada teve como intuito averiguar se a bioturbação será responsável pela desagregação pós-sedimentação dos restos dos

equinodermes, ou se pelo contrário, a sua desagregação será uma condição “ante-sedimentação”.

Mais tarde, justificou-se uma nova ida ao campo tendo sido colhidas as amostras LAAM4 (de arenito) e a LAAM5 (calcarenito). A amostra LAAM4 foi colhida na camada 2, exactamente no mesmo local da amostra LAAM1, enquanto a amostra LAAM5 provém de uma das camadas de calcarenito presentes dentro da camada 2.

Como não foram encontrados cálices de crinóides completos após triagem das três primeiras amostras (LAAM1, LAAM2 e LAAM3), foi recolhida a amostra LAAM4. Assim, foi possível perceber em qual dos três locais de amostragem existia maior quantidade de ossículos de crinóides, maximizando as hipóteses de encontrar tais peças esqueléticas. Das três amostras colhidas anteriormente foi a amostra LAAM1 que revelou maior quantidade de ossículos de crinóides, no sedimento acima de 1mm, tendo sido decidido que a nova amostra seria nessa camada.

Também se colheu uma amostra num dos níveis calcoareníticos (LAAM5) com o objectivo de serem feitas lâminas delgadas, para que possa ser esclarecido qual a origem da cimentação preferencial destes níveis.

## **VII. Métodos**

O presente trabalho teve duas etapas distintas, uma etapa de triagem do sedimento e uma outra de identificação morfológica dos milirrestos. Dentro da primeira etapa podemos englobar todos os processos experimentais que possibilitaram a triagem, desde a recolha de rochas detríticas, o tratamento laboratorial das amostras e a triagem propriamente dita, bem como outros pequenos procedimentos como a desagregação através da tina de ultra-sons.

Na segunda etapa de identificação morfológica dos ossículos encontrados durante a triagem das diversas amostras procedeu-se de duas maneiras distintas, a consulta bibliográfica e a comparação com exemplares actuais. Os exemplares actuais que serviram para esta comparação, provêm da costa portuguesa, tendo sido recolhidos no raso de maré e por pesca de arrasto.

### **VII-1. Procedimentos laboratoriais**

Em laboratório, três etapas distintas foram aplicadas no tratamento das amostras colhidas no campo, nomeadamente, crivagem, triagem e produção de lâminas delgadas. As

lâminas delgadas serviriam para a observação das associações de Nanofósseis calcáreos e, para a amostra LAAM4, para a observação de ossículos de holoturóides.

### VII-1.1. Tratamento das amostras e triagem

As amostras foram secas na estufa, a cerca de 50°C, com o intuito de se determinar o seu peso do sedimento seco. Os pesos de secos de cada amostra encontram-se discriminados na tabela seguinte (tab. 1).

**Tabela 1** – Tabela com o peso seco das amostras estudadas.

Amostra	Peso (kg)
FRAM1	1,662
FRAM2	1,538
FRAM3	1,696
FTAM1	1,071
FTAM2 1	1,137
FTAM2 2	1,142
OAAM1	1,546
LAAM1	1,394
LAAM2	8,231
LAAM3	8,689
LAAM4	9,337

Após a secagem e pesagem, as amostras foram mergulhadas em água de tal modo a que a altura da coluna de água cobrisse a amostra por completo, repousando por um período de cerca de 24 horas.

Passado esse período, deu-se início à crivagem das mesmas. Optou-se pela crivagem por via húmida, já que este método permite diminuir as forças mecânicas sobre os milifósseis e assim minimizar possível abrasão ou fractura.

Como se pretende recuperar a fracção silto-argilosa para posterior datação biostratigráfica por Nanofósseis calcários, não é possível fazer-se uma crivagem por via húmida com recurso a água corrente. Assim, o processo adoptado é constituído por duas fases, tentando utilizar o mínimo de água em cada uma delas. A primeira fase consiste na crivagem do sedimento através de um crivo de malha 1mm e uma segunda fase com recurso a crivo de malha 250µm.

Em ambas as fases, tanto o sedimento que passa através do crivo como a água ficam retidos num recipiente e decantam durante cerca de 24 horas.

No caso das amostras LAAM1 e LAAM4, o sedimento retido no crivo de 1mm foi submetido a ultra sons (a 50 Hz) durante 2 minutos. Tal procedimento foi necessário devido ao facto de amostra se encontrar muito aglutinada.

Ao sedimento que não ficou retido no crivo de 250 $\mu$ m, após decantação, foi-lhe retirado o excesso de água e deixou-se secar à temperatura ambiente. Após secagem completa, procedeu-se à recolha de uma pequena porção da camada mais superficial de sedimento (mais argilosa) com vista à realização das lâminas delgadas para determinação biostratigráfica através de Nanofósseis calcários.

Para a amostra LAAM4, a porção de sedimento que não ficou retida no crivo de malha 250 $\mu$ m foi, posteriormente, passada através dum crivo de 63 $\mu$ m de malha. A fracção inferior a esta malha foi também guardada.

Após crivagem, o sedimento retido nos crivos foi seco na estufa (a cerca de 50°C) e procedeu-se à triagem da fracção maior que 1mm (utilizada neste trabalho).

A fracção inferior a 63 $\mu$ m da amostra LAAM4 possuiu um peso seco de 662g. Este peso equivale a cerca de 7% da amostra.

A triagem do sedimento foi efectuada com o auxílio de uma lupa binocular. A ampliação preferencialmente usada resulta da combinação da ocular 10x e objectiva 0,68x, ou seja 6,8x, recorrendo-se a maiores ampliações (de 20x a 40x) para a observação de alguns detalhes.

Para o presente trabalho foi triado sedimento das 11 amostras com dimensão igual ou superior a 1mm, devido a uma restrição de tempo. Assim, as fracções entre 1mm e 250 $\mu$ m e a fracção inferior a 250 $\mu$ m da amostra LAAM4 ficam por triar.

### **VII-1.2. Efeitos da tina de ultra-sons**

Com o intuito de desagregar a rocha e limpar os ossículos decidiu-se utilizar a tina de ultra sons (a 50 Hz), em detrimento de métodos químicos, já que estes últimos são mais agressivos e corroem os ossículos.

Assim, para determinar os efeitos dos ultra-sons sobre o material foram realizados testes com o intuito de perceber quanto tempo deveria a amostra, ou ossículo individual, ser submetida a ultra-sons. Os testes foram efectuados com ossículos isolados, com diferentes intervalos de tempo.

Optou-se pelo uso de ossículos de ofiuróides para a execução de tais experiências, mais concretamente vértebras, já que possuem morfologia irregular, com estruturas finas,

logo mais frágeis à vibração. Essa escolha foi feita no sentido de mais facilmente perceber quais os efeitos da tina de ultra sons sobre os ossículos.

Na primeira experiência, o ossículo foi submetido a ultra-sons durante 10 minutos. Na segunda diminuiu-se o tempo para 5 minutos, sendo que uma terceira experiência foi efectuada com 2 minutos. Os resultados dos testes serão referidos no capítulo Resultados.

### **VII-1.3. Métodos de fotografia do material**

As dimensões dos milifósseis em estudo impossibilitam que estes sejam fotografados com o recurso às vulgares máquinas fotográficas que normalmente usamos. Assim, estes têm que ser fotografados com o recurso a uma ferramenta que amplie o nosso objecto. O mais fácil é o recurso a uma lupa binocular (OLYMPUS SZ61) com câmara fotográfica acoplada (OLYMPUS DP-20). Ambos os equipamentos pertencentes ao Centro de Geologia da Universidade de Lisboa, sedado nas instalações da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (C6, piso 4, sala 71, PaleoLab).

Contudo, a espessura / altura de muitos dos milifósseis em estudo acarreta problemas com a profundidade de campo, conduzindo a que existam zonas focadas e outras desfocadas do mesmo objecto.

Algumas opções podem ser usadas na tentativa de correcção deste problema. A maneira mais fácil é a imagem ser capturada a uma maior distância do objecto / menor ampliação, e depois ser usado zoom digital para obtermos um objecto maior. Note-se que a máquina fotográfica terá que possuir uma boa resolução, caso contrário a imagem fica “pixelizada”.

Outro modo de conseguir imagens deste tipo de objectos é estes serem fotografados com o recurso a um microscópio electrónico de varrimento (SEM). Os ossículos são montados num porta-amostras e cobertos por um banho metálico, frequentemente em ouro, para que possa existir condução dos electrões. Na ausência de um SEM, a microsonda electrónica pode também se usada para o mesmo efeito.

Para este efeito, foi utilizada a microsonda electrónica JEOL JXA 8200. Este equipamento pertence ao Centro de Geologia da Universidade de Lisboa, sedado nas instalações da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (C6, piso 1).

O método de montagem dos porta-amostras, para fotografar o material na microsonda electrónica ou num SEM é relativamente simples. Para tal, basta fixar os ossículos num porta-amostras metálico ou numa lâmina de vidro. Para a fixação pode ser usada uma fita-cola normal de dupla face, ou uma fita de carbono, onde a fita-cola normal

é mais barata e fácil de obter, onde os ossículos são colocados directamente sobre a fita-cola.

Antes de o porta-amostras ser colocado no interior da máquina, é necessário aplicar sobre o conjunto uma fina camada de uma matéria condutora. Essa matéria pode ser ouro (o mais comum) ou se as peças a fotografar forem grandes, pode ser usado carbono. Esta última substância é mais económica que o ouro, tendo também a vantagem de não alterar muito o aspecto dos ossículos, já que apenas lhes confere um aspecto menos brilhante e um pouco mais negro, ao contrário do ouro que oculta completamente o aspecto inicial das peças e conferes-lhe um tom dourado intenso.

Para as fotografias em microscopia electrónica presentes neste trabalho usou-se a microsonda electrónica, onde os ossículos foram montados em lâminas de vidro, usando uma fita-cola de dupla face para os fixar à lâmina. Após uma cobertura de carbono, as lâminas estavam prontas para poderem ser inseridas na microsonda.

No caso da microsonda usada, a altura do material mais a lâmina não pode ser superior a 4mm, pois há o risco de o material bater no feixe. Assim, há que ter em atenção este factor. Outro pormenor a ter em consideração é que nem sempre os SEM e as microsondas possuem platinas rotativas, logo a vista dos exemplares a observar terá que se encontra paralela à superfície da lâmina.

#### **VII-1.4. Execução de lâminas delgadas para Nanofósseis calcários**

O objectivo da observação das associações de Nanofósseis calcários é obter uma maior precisão biostratigráfica no enquadramento temporal atribuído às unidades estudadas. Para tal, utilizou-se o método do esfregaço ondulado para a realização das lâminas, já que é o método com procedimento expedito e mais adequado (Bown & Young, 1998). Este método expedito consiste em:

1. Raspa-se uma pequena porção do material silto-argilos separado aquando do processo de crivagem, para uma lamela de 24x50mm;
2. Através da adição de uma gota de água da torneira, espalha-se o sedimento pela lamela com o auxílio de um palito achatado, tentando obter um aspecto ondulado, produzido por variações transversais na concentração de sedimento ao longo da lamela;
3. Leva-se a lamela à placa de aquecimento para secagem;
4. Raspa-se o excesso de sedimento com o auxílio de uma lamela de 18x18mm;

5. Sobre uma lâmina de 76x26mm, coloca-se uma resina fixadora – utilizou-se o bálsamo sintético “Entellan”;
6. Coloca-se a lamela com o sedimento sobre a lâmina, tendo o cuidado de o lado que contem o sedimento ficar entre a lâmina e a lamela;
7. Por fim, leva-se o conjunto à placa de aquecimento, até que as bolhas de ar presentes comecem a coalescer;
8. Ao coalescerem em grandes bolhas, retira-se da placa e deixa-se arrefecer à temperatura ambiente;
9. Por fim, é etiquetada com as referências da amostra.

Foram produzidas 8 lâminas delgadas para a observação das associações de Nanofósseis calcários; uma para as amostras da Fonte da Telha, sendo realizada apenas uma visto que as 3 amostras obtidas pertencem à mesma camada; 3 para a Fonte da Telha, uma para cada amostra; uma para a amostra dos Olhos de Água; e 3 amostras para as amostras LAAM1, LAAM2 e LAAM3 da Lagoa de Albufeira. Não se justificou a realização de uma lâmina delgada para a amostra LAAM4 porque esta foi colhida no mesmo local e posição estratigráfica da amostra LAAM1.

### **VII-1.5. Preparação de organismos actuais**

Como em tantos outros casos, a comparação do material fóssil com material actual é deveras importante. Esta comparação possibilita não só melhor compreensão da morfologia dos diferentes grupos de equinodermes, bem como perceber os diversos ossículos que compõem cada organismo, a morfologia de cada um destes e a sua posição no mesmo. Assim, foram obtidos, preparados e estudados diversos organismos actuais, onde os diferentes métodos de preparação são seguidamente descritos.

#### ***VII-1.5.1. Método de Secagem***

Se o objectivo é estudar/preservar o animal inteiro, recomenda-se a sua secagem. Para tal, basta colocar o organismo ao sol durante vários dias e aguardar que seque. Também poderá ser usada a estufa para o mesmo efeito, contudo, há que ter em atenção a libertação de gases e maus cheiros durante o processo. Este processo é relativamente rápido (2 ou 3 dias dependendo do tamanho do animal), mas conduz à perda da cor.

Knudsen (1966) refere um outro método para conservar equinóides, mantendo os espinhos em posição. O mesmo autor refere que estes animais são fáceis de manter e não requerem um grande emprego de matérias conservantes, podendo ser retiradas a vísceras

destes animais para uma secagem mais rápida, contudo, referindo que este procedimento é desnecessário. O autor descreve o método como consistindo em colocar o animal ainda com vida num recipiente com água salgada e deixar que o animal coloque os espinhos em posição de vida. De seguida, adiciona-se rapidamente areia fina em torno do animal, até cobrir todo o animal, e retirando o excesso de água após este processo. Depois disto é só deixar secar a areia e o animal em conjunto, no fim a areia é facilmente retirada com água.

Para o caso dos holoturóides, a secagem não poderá ser feita desta maneira. O seu corpo é constituído maioritariamente por matéria orgânica mole e grandes quantidades de água, água essa que faz parte da matéria orgânica, e um endo esqueleto muito reduzido. A sua secagem irá deixar um resíduo que não permitirá preservação alguma. Assim, a sua secagem deverá ser efectuada pelo método da salga. Para tal, basta colocar o animal entre duas camadas de sal e deixá-lo assim durante várias semanas, até que seque.

#### ***VII-1.5.2. Eliminação da matéria orgânica***

Os organismos actuais que se podem normalmente obter encontram-se frequentemente ainda com matéria orgânica. Esta não se encontra normalmente preservada no registo geológico e, como tal, não é de todo importante que ela lá esteja, pois dificulta também a observação da parte inorgânica. Há que então retirar toda a matéria orgânica associada.

A melhor substância que pode ser usada para o fazer é a lixívia doméstica (Hipoclorito de Sódio inferior a 5%). Esta degrada a matéria orgânica, deixando a matéria inorgânica intacta. A sua velocidade de actuação sobre a matéria orgânica é relativamente lenta, pelo que se aconselha o uso de lixívia “pura” (directamente da embalagem).

O método consiste em colocar o organismo dentro de um recipiente, onde o organismo é totalmente coberto por lixívia. Ao fim de cerca de uma hora, irá observar-se a formação de pequenas bolhas de ar na superfície, resultantes da degradação da matéria orgânica.

Este processo, para além da eliminação da matéria orgânica, resultará na desarticulação do organismo. O material pode ser retirado da lixívia em qualquer estágio, permitindo que alguma matéria orgânica ainda persista e que alguma articulação ainda permaneça. Quanto mais tempo se deixar o espécimen imerso na lixívia, mais matéria orgânica desaparecerá.

Se o organismo contiver muita matéria orgânica (caso frequente para os equinóides e holoturóides), poderá ser necessário substituir o líquido de imersão. Para saber qual a

altura de mudar, basta agitar um pouco o recipiente. Se se vir pequenas bolhas, a reacção ainda se está a processar. Caso contrário, aconselha-se a adição de mais lixívia ou a mudança completa do líquido.

No caso de se optar pela substituição do fluido resultante da digestão orgânica, deverá procurar verter-se o líquido do recipiente, com cuidado, para que nenhum ossículo seja arrastado durante o processo. Esta mudança é particularmente crítica para o caso dos holoturóides, visto que os seus ossículos são da dimensão de vários micrómetros. Neste caso, aconselha-se o uso de um crivo, para a filtragem do líquido que está a ser retirado.

Após a degradação total ou parcial da matéria orgânica, aconselha-se a imersão do resíduo em água por um período de, pelo menos, 24 horas, para eliminar completamente os resíduos de lixívia.

Posteriormente, decanta-se o excesso de água e seca-se o resíduo biomineralizado. A secagem pode ser feita à temperatura ambiente, ou com o auxílio de uma estufa. Caso se opte pela estufa, é aconselhável a não utilização de temperaturas elevadas (> 60°C), já que podem “cozer” o material e fragilizar a matéria inorgânica.

### ***VII-1.5.3. Preparação de lâminas delgadas para holoturóides***

Como já foi referido, os holoturóides são compostos por uma grande massa de matéria orgânica, com ossículos calcíticos no seu interior. Os ossículos com tamanho micrométrico terão que ser observados ao microscópio. Para o presente trabalho foi utilizado o microscópio petrográfico (OLYMPUS BX 40), com ampliações de 100x, mas com observação por luz transmitida. Poderá ser utilizado qualquer microscópio óptico normal. O microscópio utilizado pertence ao Centro de Geologia da Universidade de Lisboa, sedado nas instalações da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (C6, piso 4, sala 67, NanoLab).

Poderão ser utilizados dois tipos de observações. Através da observação de lâminas provisórias, ou através da observação de lâminas definitivas.

O método de elaboração das primeiras é o mais simples e rápido, e permite uma observação rápida do material. Para tal basta juntar um pouco de água ao recipiente com os ossículos de holoturóides previamente desagregados, agitar o mesmo de modo a que os ossículos entrem em suspensão e colher algumas gotas do líquido. Essas gotas são colocadas numa lâmina de vidro e posteriormente são cobertas por uma lamela. No fim deste procedimento, o material está pronto para observação.

O outro tipo de lâminas (definitivo) poderá ser obtido da mesma maneira que se executam as lâminas para a observação de Nanofósseis calcários.

Dentro da preparação de lâminas definitivas, o método descrito alguns subcapítulos antes pode ser utilizado e é o mais rápido. A única alteração ao procedimento descrito por Bown & Young (1998) é que não se deve espalhar o material com o auxílio de um palito, pois irá destruir os ossículos. Para poder espalhar o material, deverá simplesmente ser usada a gravidade. Para isso, basta inclinar a lâmina para um lado e para o outro, deixando que a gota de água arraste o material e este fique espalhado pela lâmina.

Pode também ser utilizado outro método para a preparação de lâminas definitivas, já que, apesar do método anterior ser o mais fácil e rápido, acarreta uma não distribuição uniforme pela lâmina e a existência de muitos ossículos juntos. Este outro método, também utilizado na execução de lâminas definitivas para a observação de Nanofósseis calcários, consiste na decantação aleatória dos diferentes ossículos.

A decantação aleatória consiste na decantação de forma aleatória dos ossículos de holoturóides sobre uma lamela. Esta técnica foi testada utilizando sedimentos pelágicos, nos quais os nanofósseis são geralmente o principal componente, bem como em sedimentos em que a componente nanofóssil estava praticamente dissolvida (abaixo do CCD). Esta metodologia foi também testada para fácies mais arenosas e com baixa quantidade de nanólitos, requerendo adaptações ao método, mas com resultados também favoráveis (Ferreira & Cachão, 2003).

O método utilizado para o presente trabalho foi ligeiramente diferente ao método descrito por aqueles autores, pelo facto de os ossículos de holoturóides serem muito maiores que a maioria dos Nanofósseis calcários (frequentemente dez vezes maiores). O método passa a ser de seguida descrito:

1. Colocar num recipiente com 10 ml de água da torneira;
2. Pesar 0,2 g de resíduo de ossículos de holoturóides nesse recipiente;
3. Agitar bem o conjunto no sentido de desaglutinar o máximo de ossículos possível;
4. Numa caixa de Petri com 60 mm de diâmetro, coloca-se uma lamela (50 x 24 mm) posteriormente coberta com água. Convém que a água tenha alguns milímetros de altura, não necessitando de encher totalmente a caixa de Petri;
5. Procede-se à pipetagem de um volume de 200µl da água com os ossículos para a caixa de Petri;
6. Mistura-se o novo conjunto até que tenha um aspecto uniforme;

7. Deixa-se então repousar cerca de 12 horas, dentro do Nanódromo, contentor alongado com uma superfície estável e perfeitamente horizontal com duas calhas sobreelevadas com capacidade para cerca de 12 amostras e dispositivo para drenagem;
8. No fim desse período, e já com todas as partículas em suspensão no fundo, colocam-se duas tiras de papel absorvente em dois extremos dos bordos da caixa de Petri;
9. Após o desaparecimento da maior parte da água, a caixa de petri poderá ir à estufa para evaporar a restante água;
10. Após secagem, destaca-se a lamela do fundo e esta pode ser fixa a uma lâmina segundo o procedimento descrito por Bown & Young (1998).

Ao todo foram produzidas sete lâminas através deste método.

## **VIII. Resultados**

### **VIII-1. Utilização de tina de ultra-sons**

Das experiências efectuadas com os ossículos na tina de ultra-sons foi notório que este processo libertava parte do sedimento aglutinado aos ossículos. Como tal, recomenda-se que este método seja utilizado na limpeza destes fósseis.

Contudo, observou-se ter ocorrido desgaste dos ossículos durante as experiências efectuadas com ossículos de ofiuróide. Foi evidente que quanto maior o intervalo de tempo a que se submeteu o ossículo aos ultra-sons, maior era a quantidade de sedimento removida, no entanto, era também maior o desgaste que o ossículo sofria. Assim, das três experiências efectuadas (10, 5 e 2 minutos) foi necessário ponderar entre a quantidade de sedimento removida e o desgaste que o ossículo sofria.

### **VIII-2. Conteúdo em Nanofósseis calcários**

Dos diferentes locais de amostragem foram guardadas pequenas porções das diferentes amostras que não ficaram retidas pelo crivo de 250µm. Esse sedimento seria posteriormente utilizado para a realização de lâminas delgadas definitivas, através do método de esfregaço anteriormente descrito. Essas lâminas permitiram observar do conteúdo em Nanofósseis calcários de cada uma das amostras.

Sobre o afloramento da Foz do Rego, as suas associações de Nanofósseis calcários foram estudadas por Lourenço *et al.* (2009); todas as lâminas delgadas observadas das diferentes sequências estudadas indicam uma associação de Nanofósseis calcários pertencente às biozonas NN7 (segundo Martini, 1971) e CN5b (segundo Okada & Bukry, 1980), para a qual Lourenço *et al.* (2009) estabeleceram a datação Serravaliano Superior – Tortoniano Inferior. De acordo com a revisão de Raffi *et al.* (2006), como foi já referido, esta biozonas pertencem ao Tortoniano Inferior. Esta atribuição foi feita por terem sido encontradas a *Helicospahera stalis* e a *Helicospaera walbersdorfensis*, em todas as amostras. Assim, fica provado que as sequências em estudo são mais ou menos contemporâneas umas das outras, e reafirma assim, a classificação conferida até agora, fazendo sentido agrupar as diferentes sequências sob a mesma denominação.

### **VIII-3. Tafonomia (fossildiagénese)**

Em todas as amostras o estado de conservação dos fósseis era semelhante. Estes encontravam-se muito bem preservados, a grande maioria não rolados, não apresentando notória dissolução. Destaca-se assim a excelente preservação dos restos encontrados.

Todos os grupos de equinodermes encontrados se apresentam praticamente desagregados, não existindo diferenças no estado de desagregação entre as amostras.

### **VIII-4. Secagem de equinóides**

No procedimento descrito por Knudsen (1966), o mesmo não menciona quais os tipos de equinóides a que o procedimento de secagem que descreveu se destina. Assim, aplicou-se o método a cinco ouriços espatangóides.

Através da aplicação deste método, não se obtiveram os resultados esperados, pois a sua execução conduziu à destruição, por colapso, dos cinco ouriços espatangóides que se pretendia secar. A altura de areia sobre estes animais não ultrapassou os 5 cm, tendo sido colocada com cuidado.

### **VIII-4. Sedimentos**

Não foi efectuado um estudo rigoroso da granulometria das amostras estudadas. No entanto, algumas considerações podem ser tecidas com base no que foi observado durante o processo de crivagem.

Nas amostras da Lagoa de Albufeira, a fracção acima do 1 mm é inteiramente constituída por fragmentos bioclásticos, e a fracção acima dos 250µm apresenta

percentagem de bioclastos inferior a 5%. Assim, a componente detrítica da rocha encontra-se quase exclusivamente na fracção inferior a 250 $\mu$ m onde, como já foi referido anteriormente, a fracção de sedimento inferior a 63 $\mu$ m constitui cerca de 7% para a amostra LAAM4.

Para as restantes amostras, a fracção superior a 250 $\mu$ m é exclusivamente constituída por bioclastos. A fracção inferior àquela medida e se comparada com a granulometria da mesma fracção das amostras da Lagoa de Albufeira apresenta granularidade ainda mais fina, pelo que é seguro afirmar que a fracção argilosa deverá ser muito maior.

### **VIII-5. Restos de Equinodermes**

Após a triagem das onze amostras, apenas as amostras da Lagoa de Albufeira revelaram conteúdo relevante de equinodermes. As restantes amostras revelaram raros fragmentos de carapaças e espinhos de equinóides. Encontram-se em anexo duas tabelas qualitativas representando o que foi encontrado nas onze amostras (Anexo II, tabelas 1 e 2).

Tal como na amostra estudada em 2006 (Pereira & Pita, 2006; Pereira *et al.*, 2006), as amostras colhidas para este trabalho na Lagoa de Albufeira (LAAM1, LAAM2, LAAM3 e LAAM4) revelaram-se bastante ricas em milirrestos de Equinodermes. A amostra LAAM4 revelou inclusivamente a existência de restos de holoturóides em lâminas delgadas da sua fracção fina.

Estas quatro amostras revelaram um conteúdo milifossilífero semelhante, com ossículos e fragmentos de espinhos e carapaças de equinóides, conchas e fragmentos de conchas de bivalves (*Chlamys macrotis* e ostreídeos) e outros moluscos, vértebras e dentes de peixes, ostracodos, balanídeos (frequentemente associados a conchas de bivalves e carapaças de equinóides) e fragmentos de pinças e carapaças de outros crustáceos, fragmentos de briozoários arborescentes e foraminíferos bentónicos e planctónicos.

Os diferentes ossículos de Equinodermes encontrados nas amostras LAAM1 a LAAM3 e a sua proporção por quilograma de sedimento seco encontram-se listados na tabela 2.

Ao comparar-se as quantidades de cada ossículo/conjunto de ossículos entre cada amostra é notório que a amostra LAAM1 é frequentemente a que apresenta maior quantidade dos mesmos. Como as três amostras preliminarmente colhidas não possuíam restos significativos de cálices de crinóides, foi necessário a colheita de uma nova amostra

e de maior dimensão. Assim, como a amostra LAAM1 possuía maior número de ossículos de crinóides por quilograma de sedimento, considerou-se que a nova amostra (LAAM4) deveria ser colhida na mesma camada e no mesmo local onde tinha sido colhida a amostra LAAM1. Como a amostra LAAM4 provém do mesmo local e posição estratigráfica que a amostra LAAM1, não foram efectuadas contagens do número de cada tipo de ossículos presentes na amostra (com tamanho superior a 1mm), pois será espectável que as proporções entre ossículos sejam muito semelhantes aos obtidos para esta amostra LAAM1.

**Tabela 2** – Lista dos ossículos e outros fragmentos de esqueleto de Equinoderme encontrados nas amostras LAAM1 a LAAM3 da Lagoa de Albufeira, com dimensão superior ou igual a 1mm. Na contabilização das vértebras proximais e distais excluem-se as primeiras vértebras que são contabilizadas à parte. Valores aproximados de cada ossículo/conjunto de ossículos por quilograma de sedimento seco.

Equinodermes		Amostras (nº/kg de sedimento seco)		
		LAAM1	LAAM2	LAAM3
Ophiuroidea	Primeiras vértebras	20,4	7,2	7,5
	Vértebras proximais e distais	310,6	91,5	113,5
	Escudos orais	21,5	4,9	9,6
	Escamas do disco central e Escudos radiais	50,2	24,8	24,4
	Placas braquiais laterais	38,0	33,5	13,4
	Placas braquiais dorsais e ventrais	7,2	7,4	4,1
	Placas orais	20,1	10,0	12,9
Crinoidea	Braquiais	373,0	1,3	3,3
	Cirrais	256,1	0,1	0
	Cálices (fragmentos)	2,2	?	0
Asteroidea	Ambulacrais	4,3	3,4	3,2
	Espinhos	0,7	1,0	<0,5
	Marginais	19,4	10,3	9,6
Equinóides	Fragmentos de carapaças de espatangóides	>200	>200	>200
	Fragmentos de espinhos de espatangóides	23,0	>25	1,6
	Carapaças de <i>Echinocyamus</i> sp.	1,4	<0,5	<0,5
	Carapaças de equinóides regulares (milimétricas)	1,7	<0,5	0

É evidente não existirem diferenças significativas entre a quantidade de ossículos ou conjunto de ossículos entre as amostras LAAM2 e LAAM3.

A amostra LAAM4 revelou vários ossículos do cálice de crinóides, encontrando-se na sua grande maioria desarticulados. Esta amostra possuía também dois cálices com os ossículos radiais ainda associados (Est. IV, figs. 8, 9, 11 e 12).

Para as restantes amostras, o respectivo conteúdo em restos de equinodermes encontra-se na tabela seguinte (tab. 3).

**Tabela 3** – Conteúdo em restos esqueléticos de Equinoderme das amostras da Foz do Rego, Fonte da Telha e Olhos d'Água. São apresentados os resultados por amostra e os mesmo resultados em número de ossículos ou fragmentos de ossículos por quilograma de sedimento seco.

	Conteúdo em Equinodermes	
	Valor absoluto	nº/kg de sedimento seco
FRAM1	12 fragmentos de espinhos de espatangóides + 1 fragmento de espinho de equinóide regular	7,2 fragmentos de espinhos de espatangóides + 0,6 fragmento de espinho de equinóide regular
FRAM2	1 fragmento de espinho de espatangóide	0,7 fragmentos de espinho de espatangóide
FRAM3	3 fragmentos de espinhos de espatangóides	1,8 fragmentos de espinhos de espatangóides
FTAM1	7 fragmentos de espinhos de espatangóides + 10 fragmentos de espinhos de equinóides regulares todos semelhantes	6,5 fragmentos de espinhos de espatangóides + 9,3 fragmentos de espinhos de equinóides regulares todos semelhantes
FTAM2 1	9 fragmentos de espinhos de espatangóides	7,9 fragmentos de espinhos de espatangóides
FTAM2 2	6 fragmentos de espinhos de equinóides regulares + 5 fragmentos de espinhos de espatangóides	5,3 fragmentos de espinhos de equinóides regulares + 4,4 fragmentos de espinhos de espatangóides
OAM1	2 fragmentos de espinhos de espatangóides	1,3 fragmentos de espinhos de espatangóides

### VIII-5.1. Holoturóides

Foram produzidas lâminas delgadas, pelo método anteriormente descrito, com o intuito de averiguar a existência, ou não, de restos fossilizados de holoturóides. Tais restos foram descobertos na amostra LAAM4. Não se sabe se estes também existiriam nas restantes amostras, pois a reduzida quantidade de sedimento inferior a 250µm guardado impossibilita a produção de lâminas delgadas. Nenhuma das lâminas produzidas para a observação das associações de Nanofósseis calcários através do método de esfregaço, revelou ossículos de holoturóides.

Como foi referido anteriormente, sete lâminas foram elaboradas pelo método de decantação aleatória (procedimento descrito no capítulo Métodos), a partir da amostra LAAM4. Algumas destas lâminas continham restos de holoturóides, com dimensões

próximas de 60µm. Esses restos consistiam em raros ossículos do tipo botão, frequentemente surgiu apenas um destes ossículos por lâmina. Como foi referido, apenas puderam ser produzidas e observadas lâminas da amostra LAAM4, ficando por saber se as outras amostras também conteriam ossículos destes animais.

Dessas lâminas, em nenhuma delas apareceu outro tipo de ossículos destes equinodermes, nem as peças do anel calcário foram encontradas na componente milimétrica do sedimento. Fica assim por saber se estes últimos ossículos poderiam estar na componente entre os 250µm e o 1mm. Fotografias dos ossículos encontrados nas lâminas encontram-se na Estampa I.

Os botões encontrados são geralmente mais ou menos espessos, na sua maioria com espinhos. Veja-se como exemplo os ossículos da Est. I, figs. 5, 8 e 16. São ossículos geralmente relativamente pequenos, como foi referido, com dimensões em redor dos 60µm, com orifícios também geralmente comparativamente pequenos, variando em número de 6, 8, 10 e 12 (como seria de esperar nos ossículos destes animais). Um dos ossículos encontrados foge um pouco ao que foi mencionado sobre os orifícios (Est. I, figs. 3 e 4), pois apresenta orifícios dimensões comparativamente grandes e muito abertos.

Sem dissolução evidente, podemos afirmar que os defeitos observados em alguns dos botões encontrados (Est. I, figs. 14 e 15) são resultado de defeitos biológicos na construção dos mesmos, ou de fragmentação, quer durante a tafonomia e diagénese, quer pelos processos de colheita e/ou laboratoriais aplicados às amostras.

Num dos ossículos encontrados (Est. I, fig. 16), o surgimento de novos orifícios aparenta resultar da segmentação de orifícios já existentes, pois é evidente, em alguns destes, a existência de protuberâncias calcíticas que aparentam estar a dividi-los. Uma dessas protuberâncias poderá já ter atingido o lado oposto (canto superior esquerdo do ossículo).

### **VIII-5.2. Ophiuroidea**

Diversos ossículos destes organismos encontram-se presentes nas amostras da Lagoa de Albufeira. Foram encontrados muitos dos ossículos que constituem estes organismos, incluindo ossículos dos braços e do disco central.

Dos braços, foram encontradas diversas vértebras, bem como as placas braquiais laterais, ventrais e dorsais. Estes ossículos apresentam diversos tamanhos, sendo isto resultado de diferentes posições ocupadas no braço de um mesmo organismo, bem como

provenientes de organismos com tamanhos diferentes (facto especialmente evidente nas primeiras vértebras, como referido mais à frente).

Dos braços também foram encontrados espinhos (Est. VIII, fig. 12), pouco abundantes na fracção superior a 1 mm; são relativamente curtos, pontiagudos e com pequenos espinhos laterais.

Em relação aos ossículos que compõem o disco central, foram identificadas placas orais, escudos radiais, escudos orais, algumas escamas e primeiras vértebras. Encontram-se presentes outros dois ossículos pertencentes ao disco central destes animais, mas enquanto para um deles não foi possível determinar o seu nome (Est. XI, fig. 3), sabendo apenas a sua posição no organismo (ossículo em forma de “prego”), para o outro ossículo não foi possível saber a sua posição no disco central e por isso a sua designação morfológica. Sabe-se, contudo, que estes dois ossículos pertencem a estes animais por comparação com ossículos semelhantes de um indivíduo *Ophiura ophiura* actual, que foi desagregado.

O ossículo em forma de “prego” ocupa uma posição lateral a cada braço, existindo dez no total por indivíduo, ladeando as vértebras do braço mais proximais. A principal função deste ossículo deverá ser de suporte da parte dorsal do disco central, mantendo a sua porção dorsal erguida.

Uma comparação visual sumária permitiu identificar a presença de pelo menos dois morfótipos de placas braquiais laterais. Um morfótipo apresenta placas braquiais laterais estreitas, com inserções laterais para os espinhos bem marcadas (Est. VIII, fig. 13 e Est. IX, figs. 4-6 e 8). As inserções variam o seu número consoante o ossículo, podendo ser de cinco ou seis.

O outro morfótipo é bastante diferente, é bastante mais largo que o anterior, não sendo muito evidentes as inserções para os espinhos (Est. X, figs. 1-7). Neste último, as inserções para os espinhos adquirem uma posição muito próxima do bordo distal do ossículo. Deste último morfótipo é possível afirmar-se a existência de placas braquiais laterais mais proximais (Est. X, figs. 5 e 7), pois possuem uma forma ligeiramente diferente das restantes e ausência de articulações para os espinhos. Foram também identificadas placas braquiais mais distais deste morfótipo (Est. X, fig. 9).

Estas diferenças nos tubérculos para inserção dos espinhos significam que para o primeiro morfótipo os espinhos deveriam ser mais compridos, do que no segundo. Como tal, a placa braquial lateral tem que apresentar os tubérculos bem marcados. Assim, os espinhos encontrados, como o representado na Estampa VIII, fig. 12, deverão pertencer à mesma espécie do primeiro morfótipo de placas braquiais.

A diferença na disposição dos tubérculos nas placas braquiais laterais demonstra também diferença entre a disposição dos espinhos nos dois morfótipos. No primeiro morfótipo, os espinhos estariam dispostos abertos em leque em torno do braço. Para o outro morfótipo, os espinhos seriam bastante curtos e colocados junto ao braço apontados para a para extremidade distal deste.

As placas braquiais laterais encontradas foram comparadas com as placas braquiais laterais de *Ophiura ophiura*, podendo afirmar-se que o segundo morfótipo de placas braquiais laterais descrito é muito semelhante à daquela espécie. Assim irão ser designadas como pertencentes ao género *Ophiura*.

Das placas braquiais dorsais e ventrais (Est. X, figs. 10, 12 e 13 e Est. XI, fig. 2) não foi possível fazer uma distinção em morfótipos, sendo por vezes difícil perceber se se tratam de placas braquiais dorsais ou ventrais.

Em relação às vértebras, foram identificados dois morfótipos, novamente apenas com base numa análise morfológica. A diferença mais substancial entre os dois morfótipos é ao nível da articulação. Este critério, o tipo de articulação, pode ser um critério diferenciador básico na separação de diferentes ofiuróides, pois não varia dentro da mesma espécie (por observação de organismos actuais), mas variando entre grupos principais.

No primeiro morfótipo (Est. VIII, figs. 1-11 e Est. IX, fig. 7), a apr e opr esquerdas (*vide* fig. 18 para rever as abreviaturas) encontram-se bastante afastadas das opostas, não sendo a apr muito espaçada da opr. Estas são praticamente paralelas ao plano aboral-oral, sendo bastante destacadas da mpr. Nestas vértebras, a am é bastante desenvolvida, em comparação com a om que é muito reduzida, podendo esta última ser um terço (ou até menos) da anterior. O ams da articulação distal é visível e bem desenvolvido. A ag é bem evidente e em V. A mso não é muito grande e é pouco profunda. A depressão oral é em U. O contorno das vértebras deste morfótipo varia consoante a sua posição no braço, adquirindo contorno mais triangular para a extremidade distal do braço (vértebra proximal - Est. VIII, fig. 1; vértebra um pouco distal - Est. IX, fig. 7). Também para a extremidade distal desenvolve-se uma crista no plano aboral-oral, partindo da região mediana entre as duas apr até ao bordo aboral da vértebra, no lado distal da vértebra. A crista bifurca próximo da margem aboral do ossículo, para dar lugar à ag, sendo esta pouco desenvolvida. O msa deixa de ser visível devido a uma crescente proximidade dos três processos.

No outro morfótipo (Est. X, fig. 8 e Est. XI, figs. 6-8 e 11), os apr e opr esquerdos não se encontram muito afastados dos processos (apr e opr) opostos, onde os apr se

encontram mais próximos que os opr. Isto conduz a que na união dos dois processos se desenvolva uma crista diagonal ao plano aboral-oral. Para além disto, a crista formada pela união do apr com o opr é maior que no outro morfótipo. A om mais desenvolvida que no outro morfótipo, constituindo cerca de 40% do tamanho do ossículo. A sutura mediana segundo o plano aboral-oral é bastante visível neste morfótipo. A ag é em forma de U, não sendo muito pronunciada. A depressão oral é também em forma de U. O msa também não é muito visível neste morfótipo devido à proximidade dos três processos. As vértebras tendem a manter uma forma mais ou menos circular para a extremidade distal.

Neste último morfótipo é notória uma mudança da posição da articulação proximal e distal, correlacionável com a posição da vértebra no braço. Conforme nos deslocamos para a extremidade distal do braço, a articulação proximal desloca-se para uma posição cada vez mais aboral, enquanto a articulação distal tem uma trajectória oposta, cada vez mais oral (Est. XI, fig. 11). Esta movimentação conduz a uma mudança na forma da vértebra, passando de um cilindro achatado, com as duas articulações alinhadas (Est. XI, fig. 6), para uma forma cilíndrica cada vez mais alongada (Est. XI, fig. 11). A esta mudança de posição das duas articulações precede uma mudança entre as duas am e om opostas (distal e proximal) do mesmo ossículo. Esta mudança conduz ao aparecimento de saliências cada vez mais proeminentes para a região distal do braço (Est. VIII, figs. 7 e 8).

O contorno das vértebras, a sua articulação e esta mudança da posição da articulação distal face à proximal foram comparados com as mesmas características nas vértebras de um exemplar de *Ophiura ophiura*, podendo afirmar a existência de uma grande semelhança.

Em relação às primeiras vértebras, não são evidentes diferenças entre elas, aparentando pertencer ao último morfótipo de vértebras descrito (Est. X, fig. 11 e Est. XI, figs. 1, 4 e 5). Do primeiro morfótipo, apenas foi encontrada uma primeira vértebra, e esta encontra-se mal preservada e partida, na amostra LAAM4 (Est. IX, fig. 1). É notória uma variação do tamanho destes ossículos, estando relacionada com diferenças de tamanho entre indivíduos.

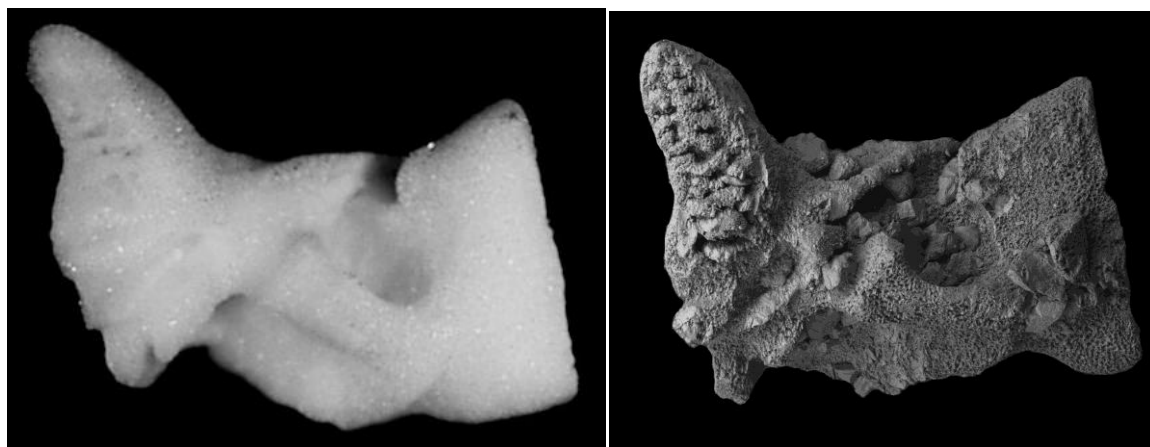
Em relação aos maxilares encontrados, dois morfótipos foram identificados. Uma das formas é bastante mais alongada e baixa, enquanto a outra é muito mais curta e alta.

No morfótipo em que a placa oral é mais alongada (Est. XI, figs. 9 e 10),  $d^1$  e  $d^2$  são bastante profundas, deixando uma crista estreita e saliente entre elas. A ada não é muito grande e encontra-se deslocada em direcção à região aboral. A nw e nn são também muito pronunciadas, sendo que a nn se estende para lá do bordo aboral, até ao lado abradial. A gn

e gw são estreitas. A adm é relativamente restrita à zona mais próxima do bordo oral e pouco profunda. Na região aboral, existe uma projecção logo abaixo da adm, encontrando-se deslocada para o lado abradial. No lado oral, próximo da aba, existe um sulco pronunciado convexo. A abm é bastante grande, encontrando-se mais desenvolvida para a região aboral distal do ossículo. No lado abradial do ossículo são visíveis dois rebordos salientes grandes, na sua parte distal. O rebordo saliente mais aboral cobre uma parte da abm.

Como foi referido, o outro morfótipo é bastante mais curto que o anterior (Est. IX, figs. 2, 3, 9 e 10).  $d^1$  e  $d^2$  são estreitas e pouco profundas. A gm, gw e adm são muito estreitas, ao ponto de ser difícil a sua distinção. A nw e nn não são muito profundas. A aba é muito comprida, existindo um afunilamento do ossículo entre esta e a  $d^1$  e  $d^2$ . No lado abradial é visível uma protuberância saliente que se desenvolve desde a parte de trás da aba, até quase à extremidade oposta do ossículo. Esta protuberância é comprida e larga, podendo ultrapassar a altura da aba. A existência desta projecção oculta a abm.

A primeira forma de placa oral foi comparada com as placas orais de organismos actuais descritos por Murakami (1963) sendo visíveis grandes semelhanças com os maxilares de ofiuróides do género *Ophiura*. Comparando as placas orais deste morfótipo (fig. 46 B) com as de um ofiuróide actual da espécie *Ophiura ophiura* (fig. 46 A) é notória a grande semelhança entre os dois ossículos, existindo, no entanto, algumas pequenas diferenças. Essas diferenças podem significar diferenças ao nível da espécie, pelo que, e sem um estudo mais aprofundado se irá atribuir uma classificação apenas genérica (*Ophiura* sp.).



**Figura 46** – Placas orais de ofiuróides, vista adrial. A – placa oral de *Ophiura ophiura* (actual). B – placa oral encontrada no sedimento da Lagoa de Albufeira.

Assim, o segundo morfótipo de vértebras e o primeiro morfótipo da placa oral serão considerados como pertencentes à mesma espécie. Como tal, aqueles dois morfótipos passarão a ser designados como pertencentes ao género *Ophiura*. O segundo morfótipo descrito de placas braquiais laterais será também englobado como pertencendo à mesma espécie que aqueles dois tipos de ossículos.

A relação entre o segundo morfótipo de placas braquiais laterais e o segundo morfótipo de vértebras pôde ser facilmente ser comprovado com a descoberta de uma vértebra daquele morfótipo com as placas braquiais ainda associadas (Est. XII, figs. 10-13). Esta descoberta permitiu também perceber quais as formas de placas braquiais ventrais e dorsais que pertencem a este género (Est. XII, figs. 2 e 3 e Est. XIII, figs. 3-6).

Resumindo, o género *Ophiura* encontra-se representado por vértebras, placas braquiais laterais, dorsais e ventrais e placas orais.

Como foi referido, foram também encontrados escudos orais. Estes ossículos apresentam forma semelhante a uma seta, variando desde formas mais compridas a formas mais curtas, e desde formas mais largas a formas mais estreitas. Como se pode constatar ao observar-se os escudos orais de diversos indivíduos de *Ophiura ophiura*, será impossível atribuir uma classificação com grau de confiança significativa.

### **VIII-5.3. Crinoidea**

Ossículos destes organismos foram encontrados nas quatro amostras provenientes da Lagoa de Albufeira.

Embora não existam valores para o número de indivíduos de crinóides, pois não foram encontrados cálices completos nas três primeiras amostras da Lagoa de Albufeira, o número de total de ossículos de crinóides encontrados na amostra LAAM1 é muito maior que o das outras duas amostras (tab. 2). Na amostra LAAM2 foi identificado um ossículo que se assemelha a um fragmento de um cálice de crinóide. Contudo, este não tem a forma de cálice de comatulídeo e, como tal, não há certeza de que seja realmente um fragmento de cálice de crinóide. A confirmar-se esta classificação, tratar-se-á de um cálice de um crinóide de uma diferente ordem.

A amostra LAAM4 tornou-se importante já que revelou conter vários ossículos do cálice. Nas amostras desta localidade, encontram-se centrodorsais (Est. IV, figs. 1 a 3, 8, 9, 11 e 12), radiais (Est. IV, figs. 8, 9, 11 e 12), braquiais (Est. V, figs. 1, 2, 5 e 7) e cirrais (Est. V, figs. 3, 4 e 6). Os ossículos das pínulas são muito semelhantes ao braquiais, pelo

que, e por falta de tempo para maior pesquisa bibliográfica, neste momento não é possível saber-se se estes ossículos estão também presentes.

Já que aparentemente existem indivíduos de diferentes tamanhos, é impossível determinar-se se os braquiais encontrados são secundibraquiais, ou outros, pois os braquiais de cada uma destas categorias não apresentam diferenças, exceptuando o seu tamanho. A articulação dos braquiais encontrados é vertical, por vezes com ligeira obliquidade (Est. V, fig. 1). Foram também encontrados diversos braquiais com articulações sinartriais e sizigiais. As primeiras parecem restringir-se à articulação do primeiro auxiliar com o ossículo anterior (Est. IV, figs. 7 e 10), enquanto as segundas aparecem frequentemente ainda unidas.

Os auxiliares encontram-se também presentes (Est. IV, fig. 4 a 6), mas é de todo impossível determinar o seu número para cada indivíduo. Assim, é impossível saber-se quantos braços cada um destes crinóides possuía. No entanto, a sua presença indica que os braços bifurcavam pelo menos uma vez, sendo que o número mínimo de braços de cada organismo seria de 10.

Os cirrais identificados são cilíndricos, curtos e espessos. Vistos lateralmente, as suas extremidades podem ser rectilíneas ou com um degrau geralmente bastante pronunciado (Est. XIII, figs. 7 e 8). As suas articulações, tanto a projecção como a depressão, são elípticas (Est. V, 4 e 6). É frequente encontrarem-se defeitos em alguns cirrais (Est. V, fig. 3 e Est. XIII, fig. 9), conduzindo a que sejam cilindros imperfeitos.

Em relação aos cálices encontrados, alguns encontravam-se desarticulados, mas dois deles ainda possuíam os ossículos radiais associados. Os centrodorsais encontrados são arqueados a hemisféricos, sendo aboralmente arredondados e sem estrela dorsal. O contorno da face dorsal varia de praticamente circular (Est. IV, fig. 1 e 3) a pentagonal de arestas arredondadas (Est. IV, fig. 8). As depressões para os cirros são numerosas, pequenas e sem depressões para articulação com a projecção do primeiro cirral. Estas depressões encontram-se dispostas muito próximas umas das outras, alternando em fiadas sem formar colunas. As cavidades dorsais variam o seu tamanho entre cerca de 25 a 30%, em relação ao diâmetro total da face oral.

Para além da forma do centrodorsal, o modo como os radiais que o sobrepõem se dispõem também apresenta ligeiras diferenças. Na forma em que o centrodorsal é praticamente pentagonal, os radiais não ultrapassam a linha de contorno do centrodorsal (Est. IV, figs. 8 e 9), enquanto na outra, o centrodorsal é mais pequeno que o conjunto dos radiais, pelo que estes sobressaem da margem do radial (Est. IV, figs. 11 e 12).

Os centrodorsais encontrados correspondem à descrição do género *Palaeantedon*, Gislén, 1924. Este género foi revisto pelo investigador Hans Hess, para a futura revisão do respectivo volume da colecção “*Treatise on Invertebrate Paleontology*” com a seguinte descrição (comun. pessoal daquele autor):

“Gislén, 1924, p. 182 [\**Antedon solutus* Pomel, 1887, p. 336; OD]. *Centrodorsal arched to hemispherical, aborally rounded without dorsal star or depression or significant cirrus-free area. Cirrus sockets numerous, small, without distinct sculpturing or with slightly elevated margin around lumen. Sockets closely placed, alternating in rows without forming columns. Centrodorsal cavity approximately 30 percent of centrodorsal diameter. No radial pits or coelomic impressions. Indistinct interradiar furrows in adoral side of centrodorsal may correspond to reduced rod-shaped basals (not observed). Radials cover entire adoral side of centrodorsal, concealed or with low exposed surface. Radial articular facet gently sloping, rather high, with large, triangular interarticular ligament fossae. Adoral muscle fossae smaller, triangular. Radial cavity narrow to moderate. Synarthry between primibrachials 1 and 2, second primibrachial axil. Paleogene (Eocene): USA (South Carolina) - Neogene (Miocene): Europe (Italy, Hungary), Africa (Algeria); Pleistocene: Algeria.”*

Assim, organismos deste género parecem estar completos no registo geológico da Lagoa de Albufeira, embora desarticulados, com excepção de alguns cálices e da maioria dos braquiaais com articulação sizigial.

#### **VIII-5.4. Asteroidea**

Este grupo de equinodermes encontra-se apenas representado nas amostras da Lagoa de Albufeira, sendo completamente ausentes nas restantes. Estes organismos encontram-se completamente desarticulados.

No campo foi recolhido o ossículo marginal de um organismo desta classe. Este apresenta dimensão próxima de 1cm. Este apresenta-se um pouco erodido, sendo claro que foi transportado para aquele local. Assim, este não deverá pertencer à associação daquele local. No entanto a sua existência é digna de nota, já que um asteróide com um ossículo deste tamanho deveria ser de grandes dimensões.

Pelo menos dois géneros estão presentes nas amostras daquele local, *Astropecten* e *Luidia*. Contudo, não se exclui a possibilidade de estarem presentes outros géneros, já que alguns dos ossículos encontrados não conseguiram ser identificados em tempo útil.

O género *Astropecten* encontra-se representado pelos ossículos supra (Est. VI, figs. 11 a 13) e inframarginais (Est. VI, fig. 7 a 10). Os ossículos inframarginais deste género apresentam um rebordo oral ornamentado com pequenos tubérculos, enquanto nos supramarginais, quando presentes, estes são muito menos pronunciados, podendo mesmo ser ausentes. Esta classificação foi feita por comparação do material encontrado com o descrito e ilustrado por Rico-García *et al.* (2008).

Encontram-se também presentes ossículos ambulacrais de *Astropecten* sp..

Por comparação com o material descrito e ilustrado por Kroh & Harzhauser (1999), foi também possível identificar ossículos inframarginais de *Luidia* sp. (Est. VI, fig. 14 e 15). Não é visível ornamentação nestes ossículos.

Encontram-se também presentes naquelas amostras, ossículos ambulacrais de asteróides. Por comparação dos ossículos encontrados com os identificados por Kroh & Harzhauser (1999) é possível afirmar a presença de ossículos ambulacrais de *Luidia* sp. (Est. VI, fig. 4).

As extremidades dos restantes ossículos ambulacrais nas proximidades dos ossículos marginais variam a sua forma, sendo umas mais largas que outras. Esta diferença de larguras pode ser vista se compararmos, por exemplo, os ossículos da Estampa VI, fig. 3 com o da fig. 5 da mesma estampa.

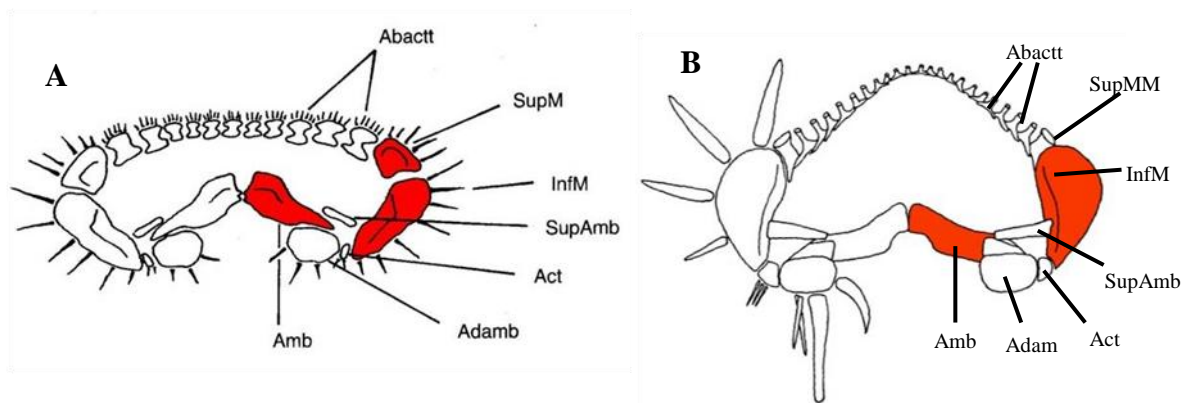
As paxilas encontram-se também presentes nas amostras daquela localidade, sendo nesta altura também impossível discriminar a qual género pertencem. Nestes ossículos, as suas bases são diferentes, não sendo possível afirmar se são paxilas de espécies diferentes ou se ocupam diferentes posições num mesmo indivíduo.

Foram descobertos outros ossículos calcíticos e que poderão ser de asteróides, contudo não foi possível identificar que tipo de ossículos se tratam. Dois desses ossículos encontram-se representados na Estampa VI, figs. 6 e 8 a 10.

Foram também identificados espinhos destes equinodermes. Os espinhos de asteróides são facilmente distinguíveis dos espinhos de equinóides pois não apresentam estrias ao longo do alongamento destes ossículos, nem possuem uma base convexa articulável com um tubérculo. Dois tipos de espinhos estão presentes nas amostras, um com pontas aguçadas (Est. XIII, fig. 2) e outro com terminação achatada (Est. XIII, fig. 3).

Os espinhos aguçados deverão corresponder aos espinhos que revestem o animal, enquanto os outros deverão ser os espinhos que revestem a cavidade ambulacral.

Na figura seguinte (fig. 47) encontramos uma representação dos ossículos que foram encontrados daqueles dois géneros.



**Figura 47** – Representação dos ossículos de asteróides encontrados neste trabalho. A) Secção transversal idealizada de um braço de *Astropecten* sp.: SupM – superomarginal; InfM – inferomarginal; Amb – ambulacral; Adamb – adambulacral; SupAmb – superoambulacral; Act – actinal; Abactt – abactinais. B) Secção transversal idealizada de um braço de *Luidia* sp.: SupM – superomarginal; InfM – inferomarginal; Amb – ambulacral; Adamb – adambulacral; SupAmb – superoambulacral; Act – actinal; Abactt – abactinais. Adaptado de Kaczmarek (1987).

### VIII-5.5. Echinoidea

Todas as amostras estudadas revelaram restos destes animais. Contudo, mais uma vez foram as amostras provenientes da Lagoa de Albufeira as que revelaram ser mais ricas nestes restos. As amostras das restantes localidades revelaram escassos restos de equinóides, apenas aparecendo alguns fragmentos de espinhos, sendo relativamente raros na fracção acima de 1mm. O que foi encontrado nas restantes localidades encontra-se na tabela 3.

Das amostras da Lagoa de Albufeira resultaram milhares de fragmentos de carapaças de ouriços espatangóides. É notório que as carapaças destes animais se encontram frequentemente partidas pelas zonas ambulacrárias (Est. II, fig. 1), havendo casos raros onde alguns poros da região ambulacrária ainda persistem (Est. II, fig. 8).

Foram também encontradas dezenas de fragmentos de espinhos destes equinóides. Os espinhos atribuíveis a espatangóides (Est. III, figs. 4 a 6) presentes nas amostras da Lagoa de Albufeira apresentam duas pontas distintas. Uma delas é em forma de aba (Est. III, fig. 5), enquanto a outra é pontiaguda (Est. III, fig. 4). Nos espinhos deste grupo de equinóides é visível que o “milled ring” é oblíquo em relação ao eixo vertical do espinho, e a sua base é bastante desenvolvida. Outra característica destes espinhos é o facto de serem

quase sempre curvos, contrastando com os dos equinóides regulares que são normalmente direitos. Esta condição confere-lhes a característica de se encontrarem dispostos junto à carapaça do animal, em vida.

Alguns exemplares do género *Echinocyamus* foram encontrados nas quatro amostras da Lagoa de Albufeira, encontrando-se ausentes nas restantes. Nomeadamente uma carapaça mais metade de outra na amostra LAAM1, duas carapaças na amostra LAAM2, quatro fragmentos de carapaças na amostra LAAM3 e outros sete fragmentos na amostra LAAM4.

Nas carapaças de *Echinocyamus* descobertas, o peristoma e o periprocto encontram-se localizados na face oral da mesma. A boca se encontra sensivelmente na região mediana da carapaça, enquanto o periprocto encontra-se mais próximo do ambitus. O ambitus destes animais é praticamente uma elipse perfeita.

Estão também presentes fragmentos de carapaças e espinhos de equinóides regulares.

Foram encontrados quatro morfótipos diferentes de espinhos nas 11 amostras estudadas (Est. III, figs. 12 a 15). Um primeiro morfótipo (Est. III, fig. 12), do qual apenas foram encontrados fragmentos, é composto por espinhos com um estriado vertical, mais ou menos acentuado e descontínuo, e um estriado, bem marcado, seguindo o crescimento do espinho. A base e a ponta deste tipo de espinhos não foram encontradas.

Um segundo morfótipo de espinhos é visível na Estampa III, fig. 12, não tendo sido encontrada as suas pontas. São espinhos com estrias verticais subtilmente pronunciadas, sendo contínuas ao longo de todo o espinho. O “*milled ring*” é horizontal e bastante pronunciado, com indentações também muito vincadas. A base é relativamente pequena.

Um outro morfótipo de espinhos, também não encontrado inteiro, possui uma base bastante diminuta (Est. III, fig. 13). O “*milled ring*” é também horizontal, mas praticamente indiferenciado do bastão. O estriado vertical é visível e pouco pronunciado. Este morfótipo foi encontrado na amostra FTAM1.

O último morfótipo de espinhos de equinóides regulares apresenta um “*milled ring*” subtilmente diferenciado (Est. III, figs. 14 e 15). A base é mais ou menos proeminente e o estriado vertical relativamente bem marcado. Também não foram encontradas as extremidades dos espinhos deste morfótipo. No espinho da Estampa III, figuras 14 e 15, são visíveis marcas de bioperfuração no espinho. Este morfótipo foi encontrado na amostra FTAM2 2.

Também foram identificadas duas carapaças e um fragmento de carapaça de equinóides regulares de dimensão milimétrica na amostra LAAM1, bem como outros tantos na amostra LAAM4 (Est. II, figs. 2 a 4, e 7). Estas carapaças apresentam tamanho reduzido, com pouco mais de um milímetro. Tanto o peristoma como o periprocto são bastante abertos, atingindo a mais de 70% da carapaça, e de tamanhos praticamente iguais. Tal facto impede uma identificação de qual das faces é a oral e qual a aboral, pois as placas oculares não estão preservadas com o resto da carapaça.

Alguns fragmentos de carapaça de equinóides do género *Genocidaris* encontram-se também presentes nas amostras da Lagoa de Albufeira (Est. II, fig. 6). Apesar de serem apenas fragmentos, estes deverão pertencer a um só indivíduo, pois aparentam encaixar-se uns nos outros.

Outros fragmentos de carapaças de equinóides regulares encontram-se também presentes (Est. II, fig. 5). Comparando os fragmentos encontrados com o que foi descrito por Pereira (2008), estes aparentam possuir semelhanças com *Psammechinus dubius dubius*. Assim, é plausível a classificação dos fragmentos encontrados como *Psammechinus* sp., tanto mais que aquela subespécie já foi encontrada na unidade depósitos de Ribeira da Lage, mais concretamente entre Mutela e Cacilhas, entre Lagoa e Penedo, e Costa do Rego.

Ainda assim, para outros fragmentos de carapaças de equinóides regulares não poderá ser-lhes atribuída uma classificação taxonómica, pois não possuem poros ambulacrários, nem outras características, que permitam a sua classificação.

Foram também encontradas peças da lanterna de Aristóteles na amostra LAAM3 e LAAM4. Correspondem a hemipirâmides (LAAM4) e um dente (LAAM3), ossículos sobre os quais se deslocam os dentes, de ouriços regulares, não podendo afirmar algo mais.

## **IX. Discussão**

### **IX-1. Dados de campo**

A baixa quantidade de ossículos de equinodermes presente nas amostras da Foz do Rego não permitiu obter uma resposta à questão inicialmente colocada: existiria alguma variação lateral no padrão de distribuição dos equinodermes?

Também não foi possível perceber se a maior ou menor concentração de valvas de bivalves influencia a distribuição dos equinodermes. Tal resposta esperava-se que pudesse

ser obtida com a colheita das duas amostras FTAM2. Infelizmente, não foi possível chegar a qualquer conclusão pela mesma razão que na questão anterior.

O facto dos níveis calcareníticos, encontrados na arriba a Sul da Lagoa de Albufeira, não serem contínuos ao longo de todo o afloramento e de terminarem subitamente pode indicar variação mais ou menos brusca entre um ambiente propício à deposição de carbonato para outro de sedimentação arenítica. Por outro lado, estes níveis podem também significar zonas preferenciais de deposição de carbonato diagenético. As camadas acima da descontinuidade D1 encontram-se intensamente lixíviadas, podendo ter funcionado como fonte desse carbonato.

Tais hipóteses podem ser comprovadas através da observação de lâminas delgadas desses níveis, tentando perceber se o carbonato que os constitui é de precipitação “sin-sedimentar” ou diagenética. Por falta de tempo, não puderam ser feitas lâminas delgadas da amostra LAAM5 para tentar responder a esta questão.

Das rochas amostradas, quase todas possuem granularidade fina, devendo ser quase da dimensão da fracção silto-argilosa, com excepção das amostras da Lagoa de Albufeira. As amostras desta localidade foram colhidas numa areola.

Actualmente, areias da dimensão das areolas encontram-se a ser depositadas na nossa costa a cerca de 30m de profundidade (Cachão & Freitas, 1998). Ainda que com algumas reservas, esta pode ser uma profundidade possível para a Lagoa de Albufeira naquela altura.

## **IX-2. Experiências com a tina de ultra-sons**

As experiências sobre os efeitos da utilização da tina ultra-sons sobre os ossículos fósseis revelaram que, após a aplicação de dois minutos de ultra-sons, é removida grande quantidade de sedimento aglutinado foi removida, sem desgaste significativo. Neste sentido, optou-se por usar durações de dois minutos sempre que se justificasse necessário a remoção de sedimento aglutinado ao material em estudo.

## **IX-3. Restos fósseis de Equinodermes**

### **IX-3.1. Holothuroidea**

Como foi referido, foram encontrados alguns ossículos do tipo botão destes equinodermes na amostra LAAM4.

Contudo, é neste momento impossível determinar se os botões encontrados pertencem à mesma espécie ou não. Como foi referido a quando da descrição inicial deste grupo no capítulo Morfologia dos Equinodermes, os holoturóides apresentam grande variabilidade de ossículos dentro da mesma espécie, o que impossibilita essa determinação. No entanto, salienta-se que dois dos ossículos encontrados (Est. I, figs. 3, 4, 7 e 8) são francamente diferentes dos restantes.

Para solucionar tal questão, era necessária uma pesquisa bibliográfica mais intensa, bem como a comparação com espécimes actuais, algo que para o curto período de tempo disponível para a realização desta tese é impossível realizar.

Apesar de não se conseguir, até à data, dizer muito sobre estes ossículos, esta descoberta é a primeira identificação de ossículos destes equinodermes, no registo geológico português.

### **IX-3.2. Crinoidea**

Apesar dos ossículos pínulares não terem sido identificados nas amostras da Lagoa de Albufeira, estes deverão estar presentes, já que são de tamanho semelhante aos cirrais. Apenas não puderam ser identificados devido às suas semelhanças com os ossículos braquiais.

A fossilização aparentemente frequente de ambos os ossículos braquiais das articulações sizigiais unidos deverá dever-se à estreita ligação existente entre os dois braquiais desta articulação, durante o período de vida do animal. Aparentemente, o estado de degradação dos tecidos moles não foi o suficiente para separar estes dois ossículos anteriormente à sua sedimentação. Este facto terá conduzido a que estes dois braquiais fossilizassem unidos.

Para os restantes braquiais, cirrais e pínulas, a sua ligação em vida não é próxima, não sendo suportada por ligamentos fortes, como os braquiais mencionados anteriormente. Assim, é de esperar o que está patente nas rochas da Lagoa de Albufeira, ou seja, encontrá-los desagregados uns dos outros. Apenas condições de soterramento rápido permitem a fossilização destes organismos, com os ossículos mais ou menos articulados.

Apesar das diferenças entre a forma dos cálices encontrados, irão ser considerados todos como pertencentes ao mesmo género, pois ambas as formas encaixam na descrição do género.

Os centrodorsais encontrados foram comparados com os centrodorsais de *Palaeantedon caroliniana* descritos por Ciampaglio & Weaver (2004), para o Eocénico do

Sudeste da Carolina do Norte (E.U.A.). As semelhanças entre os ossículos encontrados na Lagoa de Albufeira e os descritos por aqueles autores são notórias. Contudo, a base aboral do centrodorsal encontrados neste trabalho é mais achatada que os centrodorsais identificados por eles. Assim, manter-se-á a apenas a designação genérica.

Infelizmente não foi possível obter acesso a imagens, nem a descrições de outros ossículos deste género, à parte do cálice. Como outros géneros não foram identificados para as amostras estudadas, considerar-se-á que os ossículos braquiais e cirrais encontrados (pelo menos grande parte deles) pertencem ao género *Palaeantedon*.

Os defeitos evidenciados em alguns cirrais deverão resultar do facto de serem ossículos proximais ao centrodorsal (ex. Est. V, fig. 3). Tais defeitos deverão existir para possibilitar a maior proximidade dos cirros uns aos outros, nomeadamente quando próximos do cálice.

### **IX-3.3. Ophiuroidea**

A classificação de ofiuróides com base em organismos desarticulados não é tarefa fácil, tal como noutros equinodermes. A classificação de organismos actuais desta classe é baseada em indivíduos completos, existindo poucos trabalhos que incidam na sua classificação com base em ossículos desarticulados. Contudo, algumas tentativas foram efectuadas (e.g., Matsumoto, 1917 – baseado na morfologia das vértebras; Murakami, 1963 – com base nas placas orais; LeClair, 1996 – com base na morfometria da vértebras) com base em material actual. Este facto conduz a que a maior parte dos trabalhos realizados no registo fóssil destes organismos seja sobre espécimes mais ou menos articulados e completos, ou parcialmente completos. Tal conduz à dificuldade sentida na tentativa de identificação dos restos encontrados.

Apesar de Pereira (2009) ter mencionado ter encontrado espinhos, o ossículo que se encontra representado na Est. I, fig. 8 (daquele trabalho) como espícula, corresponde a um dos ossículos do disco central que ajudam no suporte deste e não a uma espícula.

No material fóssil dos organismos desta classe é raro poder combinar placas orais com as placas braquiais e vértebras, o que limita a aplicação do sistema de classificação de Matsumoto (1917) baseado nas placas orais. Contudo, esta classificação aparenta ser útil se aplicada a espécies recentes (Jagt, 2000a), onde há acesso aos diferentes ossículos.

Apesar de haver consciência destas dificuldades, foi possível estabelecer uma distinção preliminar em dois morfótipos, com base nas vértebras, e outros dois morfótipos através das placas orais encontradas. Com mais tempo e recurso a mais bibliografia, talvez

pudesse ter sido atribuída uma classificação taxonómica mais precisa ao material encontrado.

No entanto, a comparação de ossículos de animais actuais com os que foram encontrados no registo fóssil permitiu a primeira identificação do género *Ophiura* no registo fóssil português.

Este género já foi identificado no Miocénico de outras localidades. Por exemplo, a espécie *Ophiura sarsii* foi identificada para um período desde o Miocénico Médio até à actualidade, no Japão (Ishida & Fujita, 1999).

É possível afirmar que o outro morfótipo identificado não pertence a uma espécie de ofiuróide de braços ramificados. Kroh (2004) descreveu os primeiros vestígios para este tipo de ofiuróides para o Miocénico Médio do Mediterrâneo Central. Nesse artigo encontra-se patente a articulação das vértebras em ampulheta e as suas faces laterais, orais e ventrais articuláveis, típicas deste grupo de ofiuróides. Ora, tais características não existem naqueles dois morfótipos, pelo que se excluí que pertençam a aquele grupo de ofiuróides.

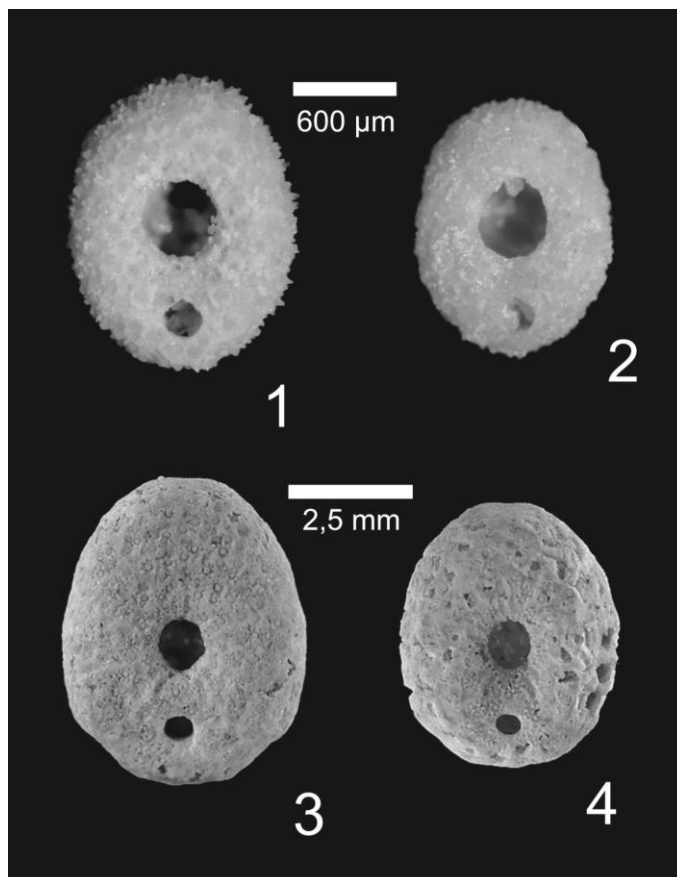
#### **IX-3.4. Echinoidea**

Ao comparar-se os exemplares de *Echinocyamus* sp. encontrados com os descritos por Pereira (2008) são notórias algumas diferenças. Nos exemplares encontrados na Lagoa de Albufeira, a sua carapaça possui semelhanças com o que aquele autor classificou como *Echinocyamus pusillus*?. Contudo, não existem grandes diferenças de largura entre a região posterior e anterior, o que contrasta com os exemplares vistos por aquele autor. Para além da largura da carapaça, existem também diferenças ao nível do periprocto e peristoma. Nos exemplares da Lagoa de Albufeira, o tamanho do periprocto como do peristoma em proporção com o tamanho da carapaça são ambos ligeiramente maiores que nos exemplares identificados por aquele autor. Na figura seguinte (fig. 48) é possível ver-se a comparação entre os dois tipos de *Echinocyamus*.

Quanto ao *Echinocyamus* sp. 1 e *Echinocyamus* sp. 2 descritos por aquele autor, as diferenças são ainda maiores.

Zbyszewski (1959) ilustrou outro *Echinocyamus* sp.. Contudo, aquele autor ilustrou-o em tamanho real. Visto o exemplar ser de pequenas dimensões (e logo a ilustração também) é impossível uma comparação fiável com o material encontrado.

Para além das ilustrações de Pereira (2008) e Zbyszewki (1959), desconhecem-se outras ilustrações de *Echinocyamus* sp. de Portugal, pelo que, não poderão ser feitos outros comentários sobre o material encontrado.



**Figura 48** – Comparação de 4 *Echinocyamus* sp. do Neogénico português. 1 e 2 – Vista oral de *Echinocyamus* sp. provenientes da Lagoa de Albufeira, do Tortoniano Inferior; 3 e 4 – Vista oral de *Echinocyamus pusillus*? (figurados em Pereira, 2008), do Pliocénico.

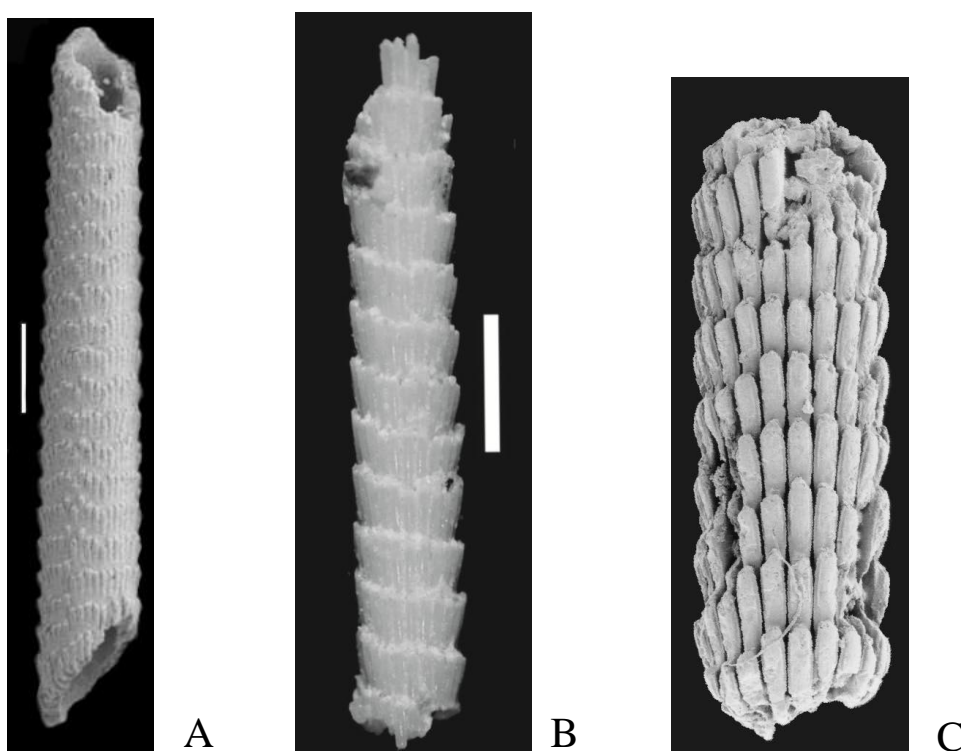
Os exemplares de *Echinocyamus* sp. encontrados foram também comparados com os exemplares figurados por Kroh (2005, fig. 34). As diferenças entre os exemplares descritos por aquele autor e os encontrados no decurso deste trabalho são também bastante evidentes e, a meu ver, suficientes para não atribuir as carapaças encontradas a nenhuma daquelas espécies que Kroh ilustrou. A espécie mais semelhante é o que o autor classifica como *Echinocyamus* sp. (Kroh, 2005; fig. 34-5). No entanto, nas carapaças encontradas na Lagoa de Albufeira, o periprocto encontra-se mais afastado do ambitus.

É prematuro afirmar que as carapaças de *Echinocyamus* sp. encontradas correspondem a uma nova espécie, pelo que, se manterá a classificação genérica apenas.

O primeiro morfótipo de espinhos de equinóides descrito neste trabalho foi comparado com os encontrados por Kroh (2003). Esta comparação permitiu que estes fossem atribuídos como pertencendo à família Diadematidae. A identificação de alguns dos

fragmentos de espinhos encontrados como pertencentes a ouriços da família Diadematidae constitui a primeira identificação desta família para o registo geológico português.

Comparando os fragmentos de espinhos desta família encontrados com os publicados por Jagt (2000b) e por Kroh & Harzhauser (1999) é notória a semelhança no estilo de ornamentação dos espinhos. Os três apresentam um estriado vertical não contínuo, contudo o espinho encontrado na Lagoa de Albufeira apresenta degraus bem vincados na ornamentação, sendo estes degraus em espiral, com espira bem vincada ao longo do eixo vertical do espinho. Na figura seguinte (fig. 49) encontram-se representados dois desses fragmentos de espinhos de Diadematidae.



**Figura 49** – Espinhos de Diadematidae. A – espinho classificado como pertencendo a um diadematídeo do Cretácico Superior por Jagt (2000b); B – espinho classificado como pertencente a um ouriço da família Diadematidae encontrado na Lagoa de Albufeira; C – fragmento de espinho de Diadematidae indet., com cerca de 267 $\mu$ m de comprimento, do Miocénico Inferior (Kroh & Harzhauser, 1999). A barra branca representa 1 mm.

Os fragmentos de espinhos de equinóides pertencentes à família Diadematidae presente nas amostras da Lagoa de Albufeira foram também comparados com os fragmentos de espinhos de equinóides da mesma família figurados por Kroh (2005). Também aqui as diferenças são evidentes, onde nenhum dos fragmentos ilustrados por aquele autor é igual aos encontrados neste trabalho.

Kroh & Harzhauser (1999) apresentaram um trabalho sobre equinodermes do Miocénico Inferior da Áustria, onde referem alguns dos grupos desses animais. Nesse

trabalho, são apresentados vários grupos de equinodermes que também são mencionados nesta tese.

Kroh & Harzhauser (1999) referem ter encontrado três vértebras e uma placa braquial lateral de ofiuróides. Baseando-se na opinião de Hess (1962; *fide* Kroh & Harzhauser, 1999) de que as placas braquiais laterais são importantes para a classificação dos animais deste grupo. Os referidos autores apenas os descreveram morfológicamente, referindo que não conseguiram atribuir uma classificação específica ao material encontrado. Os ossículos encontrados por Kroh & Harzhauser (1999) encontram-se mal preservados, com os bordos ausentes. Contudo, a região da articulação encontra-se mais ou menos bem preservada, o que nos permite tecer algumas indicações. A ausência dos bordos e o baixo número de ossículos encontrados pode muito bem significar que aqueles ossículos não são autóctones, tendo sofrido transporte e erosão até terem sido depositados naquele local.

Analisando as vértebras que descreveram, é notória a presença de dois morfótipos distintos, algo que aqueles autores não referem. O que aqueles autores representaram na Plate 4, figs. 5-9, é um morfótipo, enquanto que o que representaram na Plate 6, figs. 6-10, consiste noutro morfótipo. O que representaram na Plate 6, figs. 1-5, encontra-se demasiado erodido e com sedimento, não permitindo uma análise concreta (Kroh & Harzhauser, 1999).

Aquele primeiro morfótipo assemelha-se em muito com o segundo morfótipo descrito neste trabalho, o qual foi identificado como sendo de *Ophiura* sp.. Se analisarmos a placa braquial também descrita naquele trabalho, esta apresenta bastantes semelhanças com o primeiro morfótipo de placas braquiais laterais descritas neste trabalho. Devido a estas semelhanças, é plausível classificar os ossículos encontrados por aqueles autores como *Ophiura* sp..

Kroh & Harzhauser (1999) também identificaram ossículos braquiais e dos cirros de comatulídeos mas, mais uma vez, a sua preservação é relativamente má, aparentando que os ossículos foram transportados. No entanto, são notórias algumas semelhanças com os mesmos tipos de ossículos encontrados no estudo para esta tese. Como aqueles autores não encontraram nenhum centrodorsal, será impossível uma comparação mais fiável, podendo apenas referir-se a existência de semelhanças.

### **IX-3.5. Proporções entre Equinodermes**

Como é possível observar na tabela 2, o conteúdo de milirrestos de equinodermes é muito semelhante nas três amostras da Lagoa de Albufeira.

Para melhor compreender a associação de equinodermes que existia na altura, deverá tentar ser estimado o número de indivíduos de cada grupo presente em cada amostra. No entanto, é difícil estabelecer comparações entre os diferentes grupos de equinodermes. Tentar perceber qual ou quais os grupos predominantes é tarefa árdua, já que no sedimento que dispomos, os organismos se encontram completamente desarticulados.

A diferença de quantidades de ossículos entre a amostra LAAM1 com as amostras LAAM2 e LAAM3 é notória. Tal diferença pode estar associada a uma mudança ambiental da camada 1 para a 2, com melhoria das condições para os grupos de equinodermes, nomeadamente ofiuróides e crinóides. Outra hipótese poderá ser menor acarreo sedimentar na amostra 2, o que conduz a maior concentração de ossículos nesta camada.

Um dos tipos de ossículos mais facilmente distinguíveis entre os ossículos dos ofiuróides são as primeiras vértebras. Assim, a quantidade destes ossículos presentes em cada amostra pode ser usada para estimar o número mínimo de indivíduos presentes em cada uma delas. A amostra LAAM1 continha 28,5 primeiras vértebras de ofiuróides, a LAAM2 possuía 59 e LAAM3 65. Cada indivíduo possui cinco destes ossículos, como tal, pode-se tentar estimar o número de indivíduos presentes em cada amostra, dividindo o número de ossículos encontrados por cinco. Assim, na amostra LAAM1 estariam pelo menos seis indivíduos, 12 na amostra LAAM2 e 13 na amostra LAAM3.

Como as três amostras não possuem a mesma dimensão, a comparação do número de ofiuróides existente em cada local de amostragem apenas poderá ser feita após a determinação de quantos indivíduos existem por determinada massa de sedimento seco. A unidade utilizada foi o quilograma, obtendo-se a razão do nº indivíduos por quilograma de sedimento seco. Assim, obtêm-se ~4,3 indivíduos/kg para a amostra LAAM1, ~1,5 indivíduos/kg para a amostra LAAM2 e ~1,5 indivíduos/kg para a amostra LAAM3. Comparando estes três valores, a amostra LAAM1 apresenta quase três vezes mais indivíduos que as outras duas.

O número de indivíduos de ofiuróides presentes em cada uma das amostras foi obtido a partir do número total de primeiras vértebras. Assim, este será um número mínimo de exemplares necessário para produzir aquele número de primeiras vértebras. Contudo,

este procedimento não tem em conta as diferenças de tamanhos entre estes ossículos. Em cada indivíduo, as primeiras vértebras são todas do mesmo tamanho, assim, se tivermos primeiras vértebras com tamanhos diferentes, estas terão que pertencer a diferentes animais.

Para uma aproximação mais rigorosa do número de indivíduos presentes em cada amostra, dever-se-á ter em conta as diferenças de tamanhos. Terão que agrupar-se os ossículos com tamanho semelhante e, só aí estimar o número de indivíduos. Contudo, o valor actualmente obtido tem significado, já que é o valor mínimo de indivíduos que terá existido naquela amostra. Esta análise morfométrica não pôde ser finalizada em tempo útil nesta tese de mestrado.

Por outro lado, existem outros ossículos de ofiuróides que nos permitem estimar o número de espécimes presentes, já que existem em número fixo por indivíduo e são facilmente reconhecidos. Tais ossículos podem ser as placas orais, os escudos orais ou os escudos radiais, existindo dez de cada um destes ossículos por indivíduo. Assim, a contagem daqueles ossículos pode também permitir perceber com maior rigor qual o número de ofiuróides que terão originado as amostras estudadas.

Em relação aos crinóides, é difícil determinar qual o número mínimo de exemplares presentes nas amostras. Os crinóides, tal como outros equinodermes, produzem centenas de ossículos, sendo que, a única peça esquelética facilmente distinguível entre indivíduos é o cálice, existindo um por cada exemplar. Nas três primeiras amostras estudadas da Lagoa de Albufeira apenas apareceu um fragmento de cálice de comatulídeo, nomeadamente na amostra LAAM1, não estando presente nas outras duas. Como tal não podemos estimar qual o número mínimo de indivíduo para essas amostras.

Trabalhando com os dados disponíveis para o número de indivíduos em cada amostra, observa-se que a amostra LAAM1 possui a maior quantidade de indivíduos/kg de sedimento seco.

Como já foi referido, cada equinoderme produz centenas de ossículos diferentes, principalmente crinóides, asteróides e ofiuróides. Para os crinóides, a peça mais distintiva é o cálice. Tal peça ainda não foi encontrada completa, nem as amostras LAAM2 e LAAM3 possuíam qualquer fragmento. Assim, poderemos considerar que se tratará de pelo menos um indivíduo em cada uma daquelas amostras. Salienta-se contudo que esse número poderá estar muito longe da verdade, logo não permite tecer considerações fidedignas.

Para o caso dos asteróides esta questão é também aplicável já que a única peça distinguível que permita indicar um número é o madreporito. Tal peça não foi encontrada

nas amostras estudadas pelo que não é possível determinar o número de indivíduos presentes.

Arriscando uma estimativa muito grosseira, e já que cada indivíduo de cada um destes últimos grupos produz centenas de ossículos, irá ser feita a comparação entre eles através do número total de ossículos encontrados.

Destacam-se largamente o número superior de ossículos de ofiuróides encontrados, seguindo-se os crinóides e por último os asteróides, para as amostras LAAM2 e LAAM3. Assim, os ofiuróides deveriam ser o grupo predominante, seguindo-se os crinóides e por fim os asteróides. Na amostra LAAM1, os ossículos de crinóide encontram-se em maior número, sendo seguidos pelos ofiuróides e asteróides.

Para o caso da amostra LAAM4 e sem terem sido efectuadas contagens, o número de primeiras vértebras de ofiuróide é muito maior que o número de centrodorsais de crinóides. Como tal, o número de indivíduos de ofiuróides deveria ser superior ao número de indivíduos de crinóides.

Em relação aos equinóides é de todo impossível fazer tal estimativa, visto terem sido encontradas dezenas de espinhos e fragmentos de carapaças. Contudo há excepções como se passa a enumerar.

Os indivíduos do género *Echinocyamus* encontram-se em menor proporção nas quatro amostras da Lagoa de Albufeira. Outro facto é só terem sido encontrados milirrestos de carapaças de equinóides regulares na amostra LAAM1 e LAAM4. Isto indica-nos que estes organismos deveriam existir em número muito reduzido.

Todas as considerações que têm sido feitas em relação às proporções de indivíduos de cada grupo de equinodermes, sofrem à partida de uma limitação que se prende com o modo em como foi efectuada a amostragem. Esta foi efectuada numa determinada camada mas sem ter em atenção à espessura de camada amostrada. Tal facto pode conduzir a alguns erros de proporção, já que uma determinada porção da área amostrada pode ser muito rica e outra porção mais pobre, o que conduz a uma mistura de proporções na amostra estudada. Contudo, como se pode verificar para o caso das amostras LAAM2 e LAAM3, que foram colhidas na mesma camada mas em diferentes locais, estas apresentam conteúdo e proporções muito semelhantes entre os diversos grupos de equinodermes. Tal facto leva-nos a supor que o conteúdo em equinodermes nessa camada deverá ser relativamente homogéneo, no sector amostrado.

Outra limitação prende-se com as limitações impostas pelas questões tafonómicas. Como é sabido, os processos tafonómicos podem mascarar toda uma associação, já que podem prevalecer determinadas formas/organismos sobre outras. Assim, há que ter em conta que as proporções entre os grupos de equinodermes estimadas podem não corresponder à associação da altura.

#### **IX-4. Tafonomia**

##### **IX-4.1. Lagoa de Albufeira**

Centenas de fragmentos de carapaças de espatangóides foram encontradas nas 4 amostras provenientes da Lagoa de Albufeira. Esta condição pode resultar de alguns factores, que se passam a enumerar.

Poderá dever-se aos processos de colheita e de tratamento laboratorial a que são submetidas as amostras, ou a factores de predação/tafonómicos. Estas foram colhidas com o auxílio de martelo e escopro, com o intuito de retirar pedaços à rocha. Tal procedimento pode ter, logo à partida, fragmentado algumas carapaças. No entanto, se observarmos os fragmentos das carapaças à lupa binocular, estes não apresentam sinais de fracturação recente. Por outro lado, no campo foram descobertos algumas macro carapaças de ouriços espatangóides, mas estas encontram-se muito fragmentadas. Tal ocorrência impossibilita qualquer identificação mais precisa. Assim, penso ser plausível afirmar que o método de colheita das amostras não foi um factor responsável pela grande fragmentação das carapaças destes animais.

Outra causa para a fragmentação pode ser o método de crivagem. Porém e mais uma vez, seriam evidentes marcas recentes de fracturação, algo que não acontece. Assim, será também seguro excluir esta hipótese.

Por último, há que considerar-se que esta fragmentação tenha ocorrido antes ou durante a fossilização. Predação e transporte podem ser factores que contribuem para a fragmentação da carapaça destes animais. O factor transporte poderá ser excluído, razão que será discutida mais à frente. Restos de alguns possíveis predadores, como caranguejos, foram encontrados, podendo este factor ser uma das causas que possam explicar esta fragmentação.

Outra possível causa poderá ser o que aconteceu às carapaças de espatangóides actuais, durante uma experiência realizada. O objectivo da mesma era secar as carapaças de ouriços espatangóides, através do método de secagem descrito por Knudsen (1966).

Com uma altura de sedimento arenoso de cobertura que não ultrapassou os 6 cm, o resultado foi o colapsar, e conseqüente fragmentação, das carapaças. Assim, o enterramento pode ter sido uma outra causa possível para a fragmentação das carapaças destes organismos encontradas no registo fóssil. Posteriormente com o tratamento de campo e laboratorial das amostras, os fragmentos das carapaças deverão ter sido dissociados.

Equinóides deste grupo são encontrados pouco ou nada fragmentados nas arribas do Penedo, localidade mais a Sul da Lagoa de Albufeira e pertencente à mesma unidade das rochas estudadas (comun. pessoal de Pedro Pereira, 2010). Aí, os exemplares encontrados possuem por vezes ainda os espinhos. Porém o sedimento onde se encontram estes Equinodermes é argiloso. Assim, é possível que esta diferença de litologias, que se traduz facilmente em diferenças entre graus de compactação, parece muito bem ser a causa para esta diferença no grau de fragmentação.

Outro factor para a fragmentação da carapaça destes animais é a predação. Contudo, o seu elevado estado de fragmentação impede-nos de verificar a existência de marcas de predação e, como tal, afirmar a contribuição deste factor na fragmentação.

O estado de desagregação total evidenciado pelos diferentes grupos de equinodermes insere-se no estado 6 (estado de desagregação total) definido por Kerr & Twitchett (2004). Contudo, ainda são visíveis alguns casos de ossículos agregados, como o caso de alguns dos cálices dos crinóides encontrados, bem como poucas vértebras de ofiuróides ainda com as placas braquiais associadas.

É muito bem conhecido que, em condições actuais, os ofiuróides se desarticulam rapidamente, entre um dia a duas semanas (Brett, *et al.*, 1997). Segundo Kerr & Twitchett (2004), o grau de desarticulação depende da temperatura da água, da intensidade de transporte e do grau da degradação da matéria orgânica. Assim, quanto maior for cada um destes factores, maior será o grau de desarticulação evidenciado pelos organismos.

Quanto ao transporte, este não deverá ter sido intenso, já que: (1) os milifósseis de ofiuróides, asteróides e crinóides não se encontram muito partidos; (2) quase todos os diferentes ossículos que compõem o endosqueleto dos ofiuróides se encontram presentes (não sabendo com certezas em relação aos outros grupos), não sendo notória uma selecção por tamanho dos mesmos; e (3) o sedimento do qual provém este material é fino e composto por areias quartzosas, com micas presentes. Tendo isto em consideração,

podemos afastar o transporte como factor determinante na desarticulação dos indivíduos presentes naquela rocha.

O estado de degradação da matéria orgânica é algo que no registo fóssil não pode ser contabilizada, contudo sabe-se que é influenciada pela temperatura, nomeadamente, quanto maior a temperatura maior será a degradação da matéria orgânica. Os estudos de Kerr & Twitchett (2004) revelaram que quanto maior for a temperatura da água, maior será a taxa de desarticulação que os ofiuróides apresentam. Assim, o estado de desarticulação do material encontrado assemelha-se aos resultados obtidos por aqueles autores para temperaturas elevadas. Como foi referido, os dados obtidos por Antunes *et al.* (1996) já indicavam uma temperatura da água um pouco elevada para este período.

Por outro lado, a acção de organismos predadores/necrófagos contribuem para a desarticulação dos organismos. Se por exemplo olharmos para o caso dos ofiuróides (e equinóides), um dos principais predadores são os asteróides. Já que estes estão presentes no sedimento podemos apontá-los como possíveis contribuidores para a desagregação destes organismos.

Presentes também no sedimento encontram-se inúmeros fragmentos de exoesqueletos de malacostráceos. Estes organismos podem ser predadores ou necrófagos (dependendo da espécie), podendo também eles contribuir para a desagregação dos organismos daquela associação.

#### **IX-4.2. Restantes localidades**

Poucas inferências tafonómicas podem ser retiradas dos restos de equinodermes das restantes amostras.

Como foi referido, apenas foram encontrados alguns fragmentos de carapaças e espinhos de equinóides nas restantes amostras, tendo sido encontrados sempre sob a forma de fragmentos.

Como é frequente em todos os outros locais de amostragem existirem valvas de bivalves fragmentadas, o factor transporte não pode ser excluído como factor responsável pela fragmentação dos restos encontrados.

Mais uma vez, o factor predação também não é excluído, já que restos de peixes e crustáceos se encontram presentes nas amostras.

## IX-5. Interpretação Paleoambiental

As rochas estudadas na Lagoa de Albufeira são areolas o que implica a existência de alguma corrente que transportasse o sedimento até àquele local. Tal corrente pode ter transportado parte dos ossículos de equinodermes, conduzindo à dissociação dos organismos e à selecção de alguns dos seus ossículos, consoante a sua capacidade hidrodinâmica.

Através da observação dos vários ossículos, é notório que nem todos estão presentes e que as proporções iniciais no indivíduo não são as mesmas proporções patentes no sedimento. Por exemplo, o número de placas braquiais dorsais de ofiuróides deveria ser igual ao número de vértebras, algo que não acontece. Assim, deverá ter existido uma corrente que transportou parte das placas braquiais dorsais dos ofiuróides. Essa corrente pode ter sido também responsável pelo transporte de todos os ossículos, contribuindo para alguma selecção hidrodinâmica. No entanto, a existir tal transporte terá que ter sido muito reduzido, pois os ossículos não apresentam erosão significativa.

O facto de ser frequente existirem balanídeos fixos às valvas de bivalves e a alguns fragmentos de carapaças de ouriços espatangóides leva a supor uma taxa de sedimentação relativamente baixa, permitindo a fixação dos primeiros organismos nos segundos, antes de serem ambos cobertos por sedimento. Saber que a sedimentação era lenta, releva-se mais um argumento para o baixo transporte

Actualmente, o género *Ophiura* habita a grande variabilidade de profundidades, variando consoante as espécies. Este género pode ser observado a profundidades que variam entre 0m até a profundidades da ordem dos 1200m, ou até mais (Tyler *et al.*, 2005). A título de exemplo, nas observações de Tyler *et al.* (2005) sobre a distribuição da associação de ofiuróides em redor das ilhas Faroe (Oceano Atlântico NE), a espécie *Ophiura ophiura* (espécie com placas orais mais semelhantes às que foram encontradas na Lagoa de Albufeira) foi vista a profundidades inferiores a 400m. Os mesmos autores referem que esta espécie é actualmente muito comum nos mares do NW da Europa e no Mediterrâneo, aparecendo relacionada com as massas de água do Atlântico Norte (NAW) e Atlântico Norte modificada (MNAW). A NAW possui uma temperatura superior a 8°C e salinidade superior a 35‰ (Turrell *et al.*, 1999; Hansen & Østerhus, 2000; *vide* Tyler *et al.*, 2005), enquanto a MNAW é mais fria e mais salgada que a anterior.

Em habitats recentes, caranguejos, estomatópodes, asteróides, outros ofiuróides e peixes são considerados como predadores de ofiuróides. Restos desses predadores foram encontrados nas amostras estudadas desta localidade. No entanto, não é só a predação que conduz a danificação destes organismos.

Telford *et al.* (1983) publicaram um estudo sobre as estruturas usadas para a alimentação, o comportamento e o microhabitat do *Echinocyamus pusillus*, da Escócia. Nesse trabalho, referem que os animais desta espécie são mais abundantes em substratos arenosos, mal calibrados, a profundidades entre os 10 e os 20m. Estes são muito comuns em regiões expostas à acção das ondas e das marés, mas ausentes em sedimentos finos de zonas abrigadas. Referem também que estes animais possuem grande adaptação para se refugiarem entre grandes rochas.

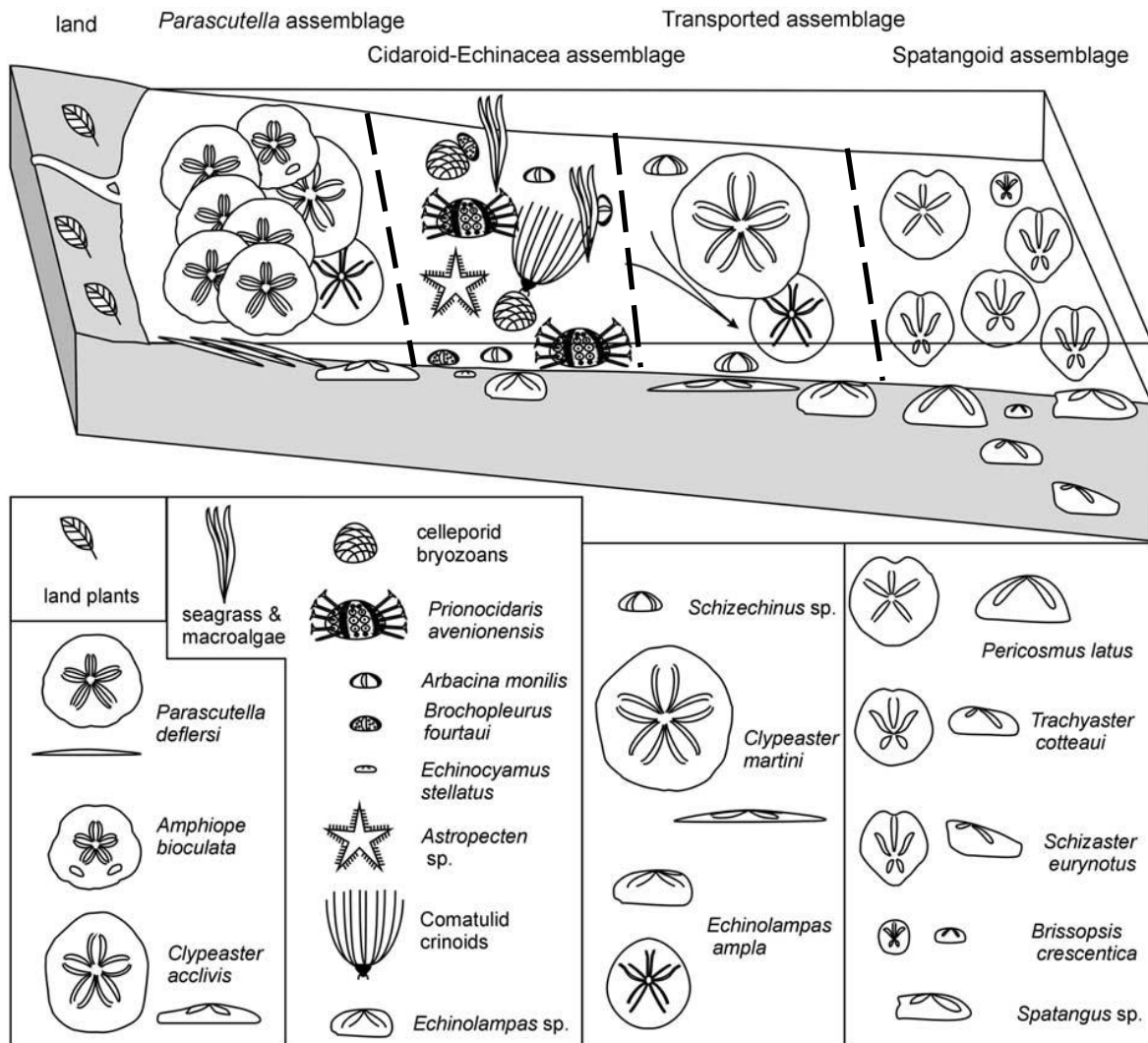
Tendo esta descrição em consideração e assumindo possíveis similaridades entre habitats das diferentes espécies deste género e a granularidade fina das rochas do Tortonian Inferior da Lagoa de Albufeira, as condições ambientais daquela altura não eram as ideais para o desenvolvimento destes organismos, pois não deveriam existir os abrigos de que estes animais necessitam para se proteger. No entanto, e apesar de a granularidade ser fina, o substrato seria mal calibrado e mais ou menos grosseiro, devido à grande quantidade de ossículos dos restantes equinodermes, como ofiuróides e crinóides.

Como foi referido, a profundidade estimada para as rochas daquela localidade deverá ser próxima dos 30m. Essa profundidade encontra-se fora da gama de profundidades evidenciada por Telford, *et al.* (1983), para o *Echinocyamus pusillus*. Este facto, juntamente com o substrato não ser o ideal, pode explicar a baixa quantidade de carapaças de organismos deste género encontrada.

Riedl (1983 *fide* Pereira, 2008) elaborou um estudo sobre a única representante actual do género *Genocidaris*, nomeadamente *Genocidaris maculata*. Aquele autor identificou que esta espécie ocorre em areias com algas calcárias e areias argilosas, entre os 12 e os 500m de profundidade no Mediterrâneo. Esta espécie ocorre também nas Caraíbas e no Oceano Atlântico (costa Este da América do Norte, Açores e Atlântico Oeste até ao Congo). O tipo de sedimentos onde esta espécie habita é o mesmo tipo de sedimentos que a sua congénere fóssil, descoberta nas amostras da Lagoa de Albufeira, viveria naquela altura. Mortensen (1943a *fide* Pereira, 2008) estudou o conteúdo do aparelho digestivo daquela espécie de equinóides, encontrando maioritariamente restos de

briozoários. Foram encontrados fragmentos de briozoários arborescentes nas amostras da Lagoa de Albufeira, pelo que, se pode assumir que estes serviriam de alimento para os *Genocidaris* sp. encontrados. Assim, é plausível afirmar que estes equinóides encontrariam as condições ideais, em relação a alimento, no mar da Lagoa de Albufeira daquela altura.

Kroh & Nebelsick (2003) apresentaram um modelo de estruturação de paleoambiental segundo as associações de equinóides. Estes autores consideram uma faixa a qual denominaram “Cidaroid-Echinacea Assemblage” (fig. 50), que apresenta uma associação biológica muito semelhante à associação presente na Lagoa de Albufeira.



**Figura 50** – Distribuição paleoambiental das diferentes zonas obtidas a partir das associações de equinóides. Retirado de de Kroh & Nebelsick (2003).

No local descrito por aqueles autores, esta zona é caracterizada pela presença de *Prionocidaris avenionensis*, um cidaróide; *Echinolampas* sp.; *Arbacina monilis*,

*Brochopleurus fourtaui* e *Temnopleuridae* indet. (três pequenos equinóides regulares); menos comuns os *Echinocyamus stellatus* e *Echinocyamus* sp.; e diversos fragmentos de carapaças de espatangóides. Encontram-se também presentes centrodorsais de comatulídeos, embora raros, e ossículos marginais de *Astropecten* sp.. Juntamente com esta fauna de equinodermes, existem fragmentos de pectinídeos e ostreídeos, briozoários, placas de balanídeos, dentes de tubarão e restos de peixe (Kroh & Nebelsick, 2003).

Com esta associação fossilífera, aqueles autores fazem inferências paleoambientais, dizendo que se tratará de ambiente sublitoral, com baixa energia. O substrato seria arenoso fino, podendo apresentar abrigos para aqueles organismos sob a forma de algas ou tapetes macroalgais. Os briozoários presentes poderiam funcionar como substrato rochoso secundário para as formas de equinóides regulares pequenas, e a presença dos crinóides comatulídeos indica a presença de ambiente estratificado (Kroh & Nebelsick, 2003). Como foi referido, os briozoários poderiam funcionar também de alimento para algumas formas de equinóides.

Os comatulídeos, como tal como os outros crinóides, são organismos suspensívoros passivos que não geram a sua própria corrente, dependendo do movimento extrínseco da água (Messing, 1997). Nos comatulídeos actuais, a predação destes organismos é realizada por peixes não especialistas (Meyer, 1985; Schneider, 1988a; *fide* Jagt, 2000c), onde asteróides e crustáceos também foram sugeridos como predadores (Mladenov, 1983; Meyer *et al.*, 1984; *fide* Jagt, 2000c). Estes três grupos de animais foram encontrados nas amostras da Lagoa de Albufeira, pelo que poderão ter sido predadores dos comatulídeos encontrados, logo contribuindo para a sua desarticulação.

Meyer (1997; *fide* Jagt, 2000c) refere que o grau de articulação destes animais pode dar informações sobre a taxa de sedimentação e/ou taxa de transporte. Testes que realizou em laboratório mostraram que a desarticulação e/ou degradação podem ocorrer sem transporte significativo, e que a perda de braços pode verificar-se com mudanças de temperatura e salinidade. Os comatulídeos são crinóides frágeis, o que explica que espécimes fósseis mais ou menos completos sejam raros (Simms, 1984 *fide* Jagt, 2000c) e, assim, porquê de o seu registo geológico ser tão pobre.

Jagt (2000c) afirma que em geral, densas populações de equinodermes suspensívoros apenas poderão existir se a pressão por parte de predadores for baixa, se as taxas de sedimento em suspensão forem baixas e se o fluxo de partículas orgânicas em suspensão for alto.

A possível presença de algas permite-nos restringir a profundidade onde se terão formado as rochas em estudo. As algas consideradas necessitam de luz para a sua fotossíntese, possibilitando que seja restringindo a deposição daqueles sedimentos para a profundidade entre 0 e cerca de 200m de profundidade (zona fótica).

Se tomarmos em consideração o que foi referido para as espécies e géneros referidas anteriormente, um pouco mais pode ser dito sobre este paleoambiente deste local.

A principal diferença entre a associação identificada por Kroh & Nebelsick (2003) e as rochas em estudo prende-se com o facto de eles não terem encontrado ofiuróides. Como tal, as inferências paleoambientais que os mesmos descreveram deverão ser genericamente semelhantes para as rochas estudadas.

Em suma, no Tortoniano Inferior da Lagoa de Albufeira estaríamos perante um ambiente marinho costeiro, na plataforma continental, nomeadamente na zona infralitoral, dentro da zona fótica, mas ainda com grande influência terrígena, mas já com coluna de água estratificada, com pelo menos alguns metros para permitir a sobrevivência dos crinóides (animais suspensívoros), com correntes de fundo pouco intensas e baixa taxa de sedimentação. Também devido a estes animais, a coluna de água não teria muito sedimento em suspensão, a quantidade de partículas orgânicas na coluna de água seria elevada e a pressão de predadores sobre os equinodermes não seria intensa.

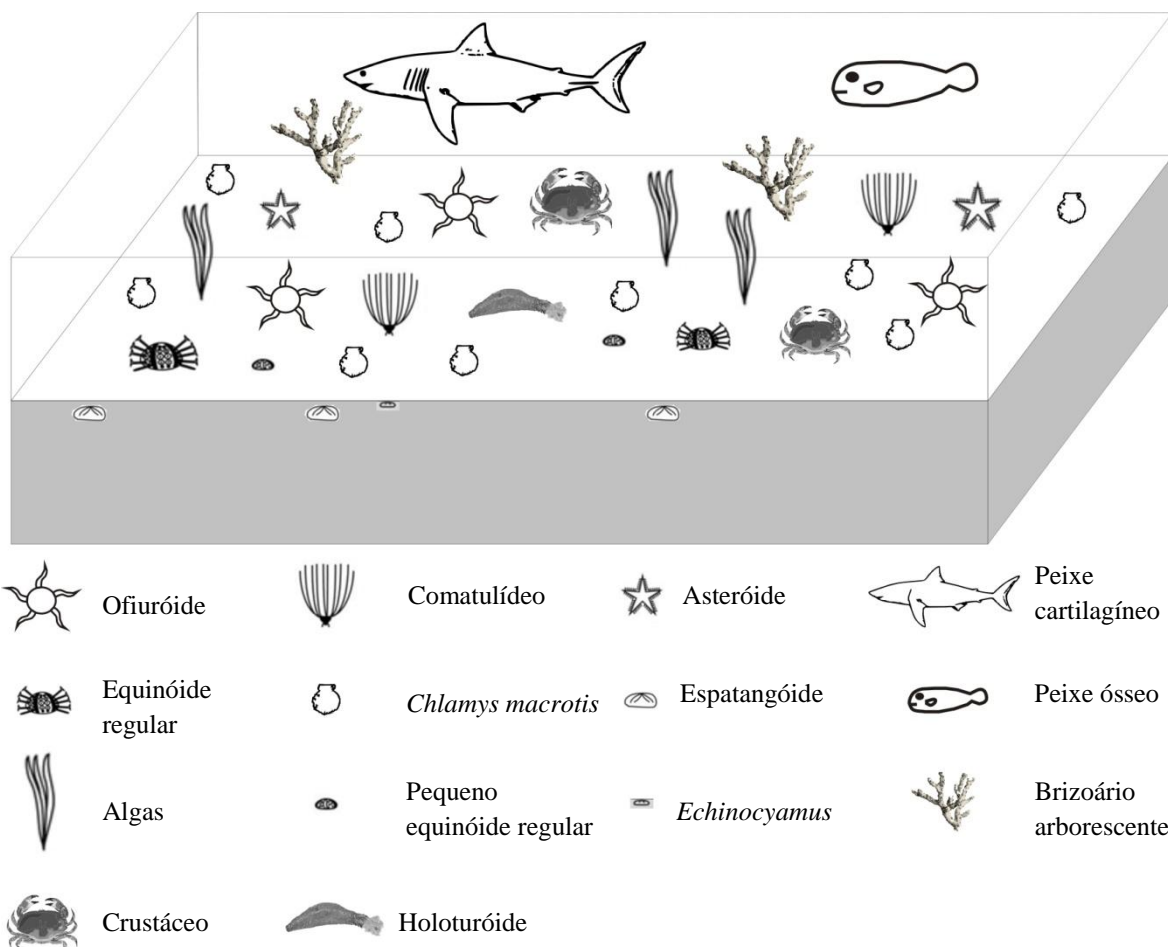
A figura 51 mostra uma reconstituição de que seria o ambiente naquela altura a partir da reconstituição de Kroh & Nebelsick (2003).

O tipo de sedimento que constitui as rochas do afloramento em estudo leva também a supor que se tratava de ambiente costeiro proximal, situado perto da foz de um rio. Considerando a evolução paleogeográfica da região, essa rede de drenagem deveria ter orientação geral de E para W.

A presença de grande quantidade de micas na rocha implica que o sedimento que a originou não terá tido grande transporte. Assim, a fonte de alimentação do sedimento desta rocha, terá que ser próxima daquele local. O substrato do fundo oceânico seria arenoso fino, com uma componente argilosa inferior a 10%.

Por outro lado, o facto de não existirem praticamente vestígios de equinóides nos restantes afloramentos estudados pode muito bem indicar que não existiam condições para que estes organismos lá habitassem. Deveria tratar-se também de ambientes costeiros proximais, com deposição de sedimentos finos (mais finos que os da Lagoa de Albufeira), mas que por algum motivo desconhecido, não se apresentava favorável ao

desenvolvimento das comunidades de equinodermes, e daí resultando a baixa concentração de restos destes animais nas amostras colhidas.



**Figura 51** – Reconstituição paleoambiental do Tortoniano Inferior da Lagoa de Albufeira, com os principais grupos de seres vivos representados. Proporção entre grupos não respeitada. Baseado no esquema proposto por Kroh & Nebelsick (2003).

## X. Considerações Futuras

Como penso que este trabalho deixou patente, há ainda muito ainda há para fazer em relação aos milirrestos de equinodermes miocénicos. O estudo destes ossículos revelou o enorme potencial que este tipo de estudos detém, já que permitiu identificar uma classe, uma família e dois géneros até então desconhecidos em Portugal. Apesar de que muito foi feito com este trabalho, muito fica por fazer ainda.

O afloramento da Lagoa de Albufeira, entre esta laguna e a foz da Ribeira da Lage, revelou mais uma vez excepcional conteúdo em milirrestos de equinodermes. Assim, merece que seja efectuado um estudo pormenorizado deste afloramento, com cortes pormenorizados, amostragem mais fina e caracterização sedimentológica, para tentar obter

mais informações sobre o ambiente onde aquelas rochas se formaram. Isto permitirá também compreender as condições ambientais que deram origem aquela associação fossilífera.

Apenas um dos locais amostrados da unidade Depósitos de Ribeira da Lage revelou a existência de tal extraordinária associação de equinodermes. Assim, recomenda-se nova amostragem em outras localidades destes depósitos, com o intuito de encontrar outros possíveis locais com conteúdo em equinodermes relevante.

A descoberta dos restos de holoturóides foi realmente um achado importante, contudo, é necessário um estudo pormenorizado sobre os ossículos encontrados. O trabalho aqui realizado em relação a este grupo foi sumariamente e apenas morfológicamente descritivo, sendo necessário continuar o trabalho de comparação e classificação destes ossículos.

Em relação aos crinóides identificados como pertencendo ao género *Palaeantedon* é necessário confirmar se todos os restos encontrados pertencem a este género. O trabalho de identificação específica necessita também de ser feito.

Muito trabalho ainda pode ser realizado em relação aos restos de ofiuróides encontrados. Um trabalho importante que fica por realizar é a aplicação de um modelo morfométrico às vértebras destes animais, podendo o trabalho de LeClair (1996) servir como modelo. Isto poderia confirmar a distinção em dois morfótipos, ou até identificar outros. Para além disto, poderia servir como indicador para a determinação genérica ou até específica dos restos encontrados.

O género *Echinocyamus* ainda se encontra pouco caracterizado/estudado. Só após um estudo desta natureza ser feito será possível melhor compreender qual a espécie/espécies que se encontram presentes no sedimento estudado.

Sobre os asteróides, algum estudo ainda necessita ser feito. Nomeadamente, é importante continuar a pesquisa bibliográfica no sentido de tentar identificar os ossículos que não puderam ser identificados durante este trabalho.

Como foi referido, uma óptima maneira de se estudar os restos fósseis de equinodermes é observar exemplares actuais. Assim, recomenda-se a obtenção de uma colecção de referência com o máximo de exemplares e espécies possível. Este tipo de observações revela-se especialmente importante para quem quiser iniciar o estudo dos equinodermes fósseis.

## XI. Conclusões

Das 11 amostras colhidas, apenas as que provinham da Lagoa de Albufeira revelaram conteúdo em milirrestos de Equinodermes importante.

Na unidade denominada “depósitos de Ribeira da Lage” foram encontrados ossículos das cinco classes de equinodermes existentes (Asteroidea, Crinoidea, Ophiuroidea, Echinoidea e Holothuroidea), durante o período de deposição daquela sequência, nomeadamente nas amostras provenientes da Lagoa de Albufeira. Com dimensões que os enquadram dentro dos milifósseis, foram recolhidos ossículos de crinóides, ofiuróides, asteróides e equinóides, e com dimensões mais pequenas os ossículos de holoturóides. Todos os restos destes animais encontram-se mais ou menos desarticulados.

Com este trabalho, foi reanalisado o posicionamento cronostratigráfico desta unidade (Tortoniano Inferior), por intersecção das biozonas de foraminíferos planctónicos e Nanofósseis calcários.

Através da comparação dos milifósseis de ofiuróides com material actual, foi possível classificar morfologicamente os ossículos encontrados e apresentar uma estimativa do número mínimo de indivíduos deste grupo presentes em cada amostra da Lagoa de Albufeira.

Para além disto, foi possível classificar algumas das vértebras, placas braquiais laterais e placas orais como pertencendo ao género *Ophiura*. Através duma observação puramente visual foi possível estabelecer mais dois morfótipos para as vértebras destes animais, mais um morfótipo de placas orais e mais um morfótipo de placas braquiais laterais.

Foi possível pela primeira vez a identificação de ossículos de *Palaeantedon* sp. (crinóide), a partir da análise de centrodorsais encontrados no sedimento da Lagoa de Albufeira. Juntamente com estes ossículos foram encontrados outros ossículos destes animais, como peças dos cirrais, radiais e braquiais.

É registado pela primeira vez microrrestos de holoturóides do registo geológico português. Estes restos consistem em botões, apresentando algumas diferenças morfológicas entre eles, sem contudo ser possível precisar uma identificação mais pormenorizada.

Os géneros *Luidia* e *Astropecten* encontram-se também presentes nas amostras da Lagoa de Albufeira.

Com o conhecimento das associações de equinodermes bem como de outros grupos de paleo-organismos presentes naquele local e das características sedimentológicas da unidade analisada foi possível inferir que o paleoambiente da Lagoa de Albufeira existente na altura era marinho, na zona infralitoral, dentro da zona fótica, devendo situar-se próximo dos 30m de profundidade.

Para as restantes amostras o seu conteúdo em equinodermes revelou apenas escassos fragmentos de espinhos de equinóides regulares e espatangóides.

## **XII. Bibliografia**

- Antunes, M. T. & Jonet (1969-70) – Requiens de l’Helvétien Supérieur et du Tortonien de Lisbonne. *Rev. Fac. Ciências de Lisboa*, 2ª Série – C, vol. 16, nº 1, pp. 119-280.
- Antunes, M. T.; Legoinha, P.; Cunha, P. & Pais, J. (2000). High Resolution stratigraphy and Miocene Facies correlation in Lisbon and Setúbal Peninsula (Lower Tagus basin, Portugal). *Ciências da Terra (UNL)*, vol. 14, pp. 183-190.
- Bather, F. A. (1900). The Echinodermata. Part iii, A and C. In Lankester, R.R. (ed.), *A Treatise on Zoology*. Black, London.
- Bown, P. R. & Young, J. R. (1998). Techniques. In Bown, P. R. (ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. Chapman & Hall, pp. 17.
- Brett, C. E.; Moffat, H. A. & Taylor, W. L. (1997). Echinoderm taphonomy, taphofacies, and lagerstätten. *Paleon. Soc. Papers*, vol. 3, pp. 147-190.
- Cachão, M. & Dantas (1981). Contribuição parcial para o estudo do Serravaliano da margem esquerda do Tejo (considerações paleoecológicas sobre o corte da Quinta de Santo António – Costa da Caparica). Relatório não publicado, Dep. Geologia, Fac. Ciências da Universidade de Lisboa.
- Cachão, M. (1984). Contribuição para o estudo do Pliocénico marinho português. Relatório de estágio de Licenciatura não publicado, Dep. Geol. F.C.U.L., 230pp..
- Cachão, C. & Freitas, M. C. (1998). Sedimentologia e interpretação paleoambiental de Areolas do Neogénico português (dados preliminares). *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, tomo 84, fascículo 1, pp. A-165 – A-168.
- Cachão, M. & Silva, C. M. (2000). The Three main marine depositional cycles of the Neogene of Portugal. *Ciências da Terra (UNL)*, vol. 14, pp. 303-312.
- Ciampaglio, C. N. & Weaver, P. G. (2004). Comatulid Crinoids from the Castle Hayne Limestone (Eocene), Southeastern North Carolina. *Southeastern Geology*, vol. 42, nº 3, pp. 179-187.
- Clarkson, E. N. K. (1998). *Invertebrate Palaeontology and Evolution*. Blackwell Science, 4ª edição, pp. 263-317.
- Ferreira, J. & Cachão, M., 2003. Nanofósseis calcários em fácies costeiras: revisão de técnicas de estudo. *Ciências da Terra (UNL)*, Lisboa, nº esp. V, pp. A76-A78.

- Frizzell, Don I. & Exline, H. (1966). Holothuroidea-Fossil record. In Moore, R. C. (ed.): *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Geological Society of America and University of Kansas Press, Part U, Echinodermata 3, vol. 2, pp. U648.
- Gage, J. D. (2003). Growth and Production of *Ophioceten gracilis* (Ophiuroidea: Echinodermata) on the Scottish Continental Slope. *Marine Biology*, vol. 143, n° 1, pp. 85-97.
- Hess, H. & Palain, C. (1975). Ophiures de l'Hettangien du Nord de Portugal. *Com. Dos Serv. Geol. De Portugal*, vol. LIX, pp. 5-13.
- Hilgen, F. J.; Krijgsman, W.; Raffi, I.; Turco, E. & Zachariasse, W. J. (2000). Integrated stratigraphy and astronomical calibration of the Serravallian/Tortonian boundary section at Monte Gibliscemi (Sicily, Italy). *Marine Micropaleontology*, vol. 38, n° 3-4, pp. 181-211.
- Hilgen, F. J.; Abdul Aziz, H.; Krijgsman, W.; Raffi, I. & Turco, E. (2003). Integrated stratigraphy and astronomical tuning of the Serravallian and lower Tortonian at Monte dei Corvi (Middle–Upper Miocene, northern Italy). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 199, n° 3-4, pp. 229-264.
- Hyman, L. H. (1955). *The Invertebrates: Echinodermata – The coelomate Bilateria*. McGraw-Hill Book Company, Inc., vol.4, 763 pp.
- Ishida, Y. & Fujita, T. (1999). Dense populations of fossil and extant *Ophiura sarsii* (Echinodermata, Ophiuroidea) in Japan. In: Candia Carnevali, M. D. & Bonasoro, F. (eds.), *Echinoderm Research 1998*. Balkema, pp. 293-298.
- Jagt, J. W. M. (2000a). Late Cretaceous-Early Palaeogene echinoderms and the K/T boundary in the southeast Netherlands and northeast Belgium – Part 3: Ophiuroids; with a chapter on: Early Maastrichtian ophiuroids from Rügen (northeast Germany) and Møn (Denmark) by M. Kutscher & J. W. M. Jagt. *Scripta Geol.*, vol. 121, pp. 1-179.
- Jagt, J. W. M. (2000b). Late Cretaceous-Early Palaeogene echinoderms and the K/T boundary in the southeast Netherlands and northeast Belgium – Part 4: Echinoids. *Scripta Geol.*, vol. 121, pp. 181-375.
- Jagt, J. W. M. (2000c). Late Cretaceous-Early Palaeogene echinoderms and the K/T boundary in the southeast Netherlands and northeast Belgium – Part 6: Conclusions. *Scripta Geol.*, vol. 121, pp. 555-577.
- Kaczmarska, G. (1987). Asteroids from the Korytnica Basin (Middle Miocene; Holy Cross Mountains, central Poland). *Acta Geologica Polonica*, Warszawa, vol. 37, n° 3-4; pp. 131-144.
- Kerr, T. J. V. & Twitchett, R. J. (2004). Experimental decay and disarticulation of *Ophiura texturata*: implications for the fossil record of ophiuroids. In: *Proceedings of the 11th International Echinoderm Congress*, Munich, Taylor and Francis Group, London, pp. 439-446.
- Knudsen, J. W. (1966). *Biological Techniques*. Harper & Row Publisher, capítulo 16, pp. 299-310.
- Kroh, A. (2003). The Echinodermata of the Langhian (Lower Badenian) of the Molasse Zone and northern Vienna Basin (Austria). *Ann. Naturhist. Mus. Wien*; vol. 104 A; pp. 155 – 183.
- Kroh, A.; Harzhauser, M. (1999). An Echinoderm Fauna from the Lower Miocene and Implications for Central Paratethys Paleobiogeography. *Ann. Naturhist. Mus. Wien*; vol. 101 A; pp. 145 – 191.

- Kroh, A. & Nebelsick, J. H. (2003). Echinoid assemblages as a tool for palaeoenvironmental reconstruction – an example from the Early Miocene of Egypt. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 201, pp. 157-177.
- Kroh, A. (2003). The Echinodermata of the Langhian (Lower Badenian) of the Molasse Zone and the northern Vienna Basin (Austria). *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, vol. 104 A; pp. 155-183.
- Kroh, A. (2004). First fossil record of the family Euryalidae (Echinodermata: Ophiuroidea) from the Middle Miocene of the Central Mediterranean. In: Heinzeller, T. & Nebelsick, J.H. (eds). *Echinoderms: München*. Taylor & Francis Group, London, pp. 447-452.
- Kullberg, M. C. R. (1996). Estudos Tectónicos e Fotogeológico nas Serras de Sintra e Arrábida. Dissertação de Doutoramento (não publicada), Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 187p.
- Kükenthal, W.; Matthes, E. & Renner, M. (1986). *Guia de Trabalhos Práticos de Zoologia*. Livraria Almedina, Coimbra, 19ª edição, pp. 313-342.
- LeClair, E. E. (1996). Arm joint articulations in the ophiuran brittlestars (Echinodermata: Ophiuroidea): a morphometric analysis of ontogenetic, serial, and interspecific variation. *J. Zool.*, vol. 240, pp. 245-275.
- Legoinha, P. (2008). The Serravalian – Tortonian boundary in the Lower Tagus Basin (Portugal) and the new GSSP of the Tortonian age. *E-Terra*, vol. 6, nº. 1.
- Loriol, P. (1884). Notes pur server à l'étude des Echinodermes, I. *Recueil Zoologique Suisse*, vol. 1, nº 4, pp. 633-638.
- Lourenço, J.; Mocho, P. & Pereira, S. (2009). Estudo Paleontológico da Jazida Miocénica da Foz do Rego (Costa da Caparica): Sistemática de Bivalves/Estudo Bioerosivo/Biostratigrafia de Nanofósseis Calcáreos. Relatório de Projecto (não publicado), Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- MacBride, E. W. (1906). Echinodermata. In Harmer, S. F. and Shipley, A. E. (eds.), *The Cambridge Natural History*. MacMillan, London.
- Manuppella, G.; Pais, J.; Legoinha, P. & Rey, J. (1994). Carta Geológica de Portugal, na escala 1/50.000, Folha 38-B (Setúbal). *Instituto Geológico e Mineiro*, 2ª edição.
- Manuppella, G.; Antunes, M. T.; Pais, J.; Ramalho, M. M. & Rey, J. (1999). Carta Geológica de Portugal na escala 1/50000. *Notícia explicativa da folha 38-B (Setúbal)*. Serviços Geológicos de Portugal, pp. 70-71 & 95-96.
- Martini, E. (1971). Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplakton zonation. In Farinacci, A. (ed.), *Proc. 2<sup>nd</sup> Conf. Planktonic Microfossil Roma*, Ed. Tecnosci., vol. 2, pp. 739-785.
- Matsumoto, H. (1917). A Monograph of Japanese Ophiuroidea, arranged according to a New Classification. *J. Coll. Sci., Imp. Univ. Tokyo*, vol. 38, pp. 1-408.
- Messing, C.G.; Dearborn, J. H. (1990). Marine Flora and Fauna of the Northeastern United States Echinodermata: Crinoidea. *NOAA Technical Report NMFS*, vol. 91, pp. 30.
- Messing, C.G. (1997). Living Comatulids. In Waters, J. A. & Maples, C. D. (eds.), *Geobiology of Echinoderms. Paleontological Society Papers*, vol. 3, pp. 3-30.
- Mooi, R. & David, B. (1997). Skeletal homologies of echinoderms. *The Paleontological Society Papers*, vol. 3, pp. 305-335.

- Mooi, R. (2001). Not all written in stone: interdisciplinary syntheses in echinoderm paleontology. *Canadian Journal of Zoology*, 79, 1209–1231.
- Murakami, S. (1963). The Dental and Oral Plates of Ophiuroidea. *Transactions of the Royal Society of New Zealand, Zoology*, vol. 4, n° 1, pp. 1-48.
- Okada, H. & Burky, D. (1980). Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphy zonation (Burky, 1973, 1975). *Marine Micropaleontology*, vol. 5, pp. 321-325.
- Pais, J.; Moniz, C.; Clavijo, E.; Dias, R. P.; Manupella, G. & Machado, S. (2005). Carta Geológica de Portugal, na escala 1/50.000, Folha 34-D (Lisboa). *Instituto Geológico e Mineiro*, 2ª edição.
- Pereira, B. & Pita, R. (2006). Restos Esqueléticos de Equinodermes do Miocénico da Bacia do Baixo Tejo (Portugal). Relatório de Projecto I (não publicado), Fac. Ciências da Univ. de Lisboa, 25 pp..
- Pereira, B. (2009). Ophiuroidea (Echinodermata) do Miocénico da Lagoa de Albufeira (Portugal). In: Pérez Garcia, A.; Silva, B. C.; Malafaia, E. e Escaso, F. (eds.), 2009. *Paleolusitana*, n°. 1, pp. 125 – 128.
- Pereira, P.; Cachão, M. & Silva, C. M. da (2003). Asteroidea (Echinodermata) do Miocénico da Bacia do Baixo Tejo-Sado. *Ciências da Terra (UNL)*, n° esp. V, pp. A106-A109.
- Pereira, P.; Pereira, B.; Pita, R.; Cachão, M. & Silva, C. M. da (2006). Ophiuroidea e Crinoidea (Echinodermata) do Miocénico da Bacia do Baixo Tejo Portugal: dados preliminares. *Actas do VII Congresso Nacional de Geologia*, Portugal, vol. II, pp. 741-747.
- Pereira, P. (2008). Echinoids from the Neogene of Portugal mainland: Systematics, Palaeoecology, Palaeobiogeography. Tese de doutoramento não publicada, Dep. Geol. F:C.U.L., 200 p..
- Raffi, I.; Backman, J.; Fornaciari, E.; Pälke, H.; Rio, D.; Lourens, L. & Hilgen, F. (2006). A review of calcareous nannofossil astrobiochronology en compassing the past 25 million years. *Quaternary Science Reviews*, vol. 25, pp. 3113-3137.
- Ramalho, M. M.; Ribeiro, M. Luísa; Serralheiro, A. & Lameida, F. Moitinho de (1999). Carta Geológica de Portugal, na escala 1/50.000, Folha 34-C (Cascais). *Instituto Geológico e Mineiro*, 4ª edição.
- Reich, M. (1995). Erster sicherer Nachweis der Elaspoda (Holothuroidea, Echinodermata) aus der Kreide, sowie Bemerkungen zu den Holothurienresten der Oberkreide. *Arch. Geschiebekde*, vol. 1, n° 11, pp. 681-688.
- Reich, M. (1997). Tricalclamnella cretacea paragen. et parasp. nov. (Echinodermata) aus dem Maastrichtium Norddeutschlands. *Greifswalder Geowissenschaftliche Beitrage*, vol. 4, pp. 113-119.
- Reich, M. (2003). Holothurien (Echinodermata) aus der Oberkreide des Ostseeraumes: Teil 2. Ypsilothuriidae Heding, 1942. *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.*, vol. 8, pp. 498-512.
- Rico-García, A.; Bajo, I. & Pereira, P. (2008). El género *Astropecten* (Echinodermata, Asteroidea) en el Neógeno superior del oeste de la Cuenca del Guadalquivir. *Studia Geologica Salmanticansia*, vol. espec. 8, pp. 53-69.
- Santos, A.; Mayoral, E., Silva, C.M., Cachão, M. & Kullberg, J.C. (subm.). Trypanites Ichnofacies: Palaeoenvironmental and tectonic implications. A case study from the Miocene disconformity of Foz da Fonte (Lower Tagus Basin, Portugal). *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*. (PALEO-S-09-00296).
- Smith, A. B. (1984). Classification of the Echinodermata. *Palaeontology*, vol. 27, pp. 431-459.

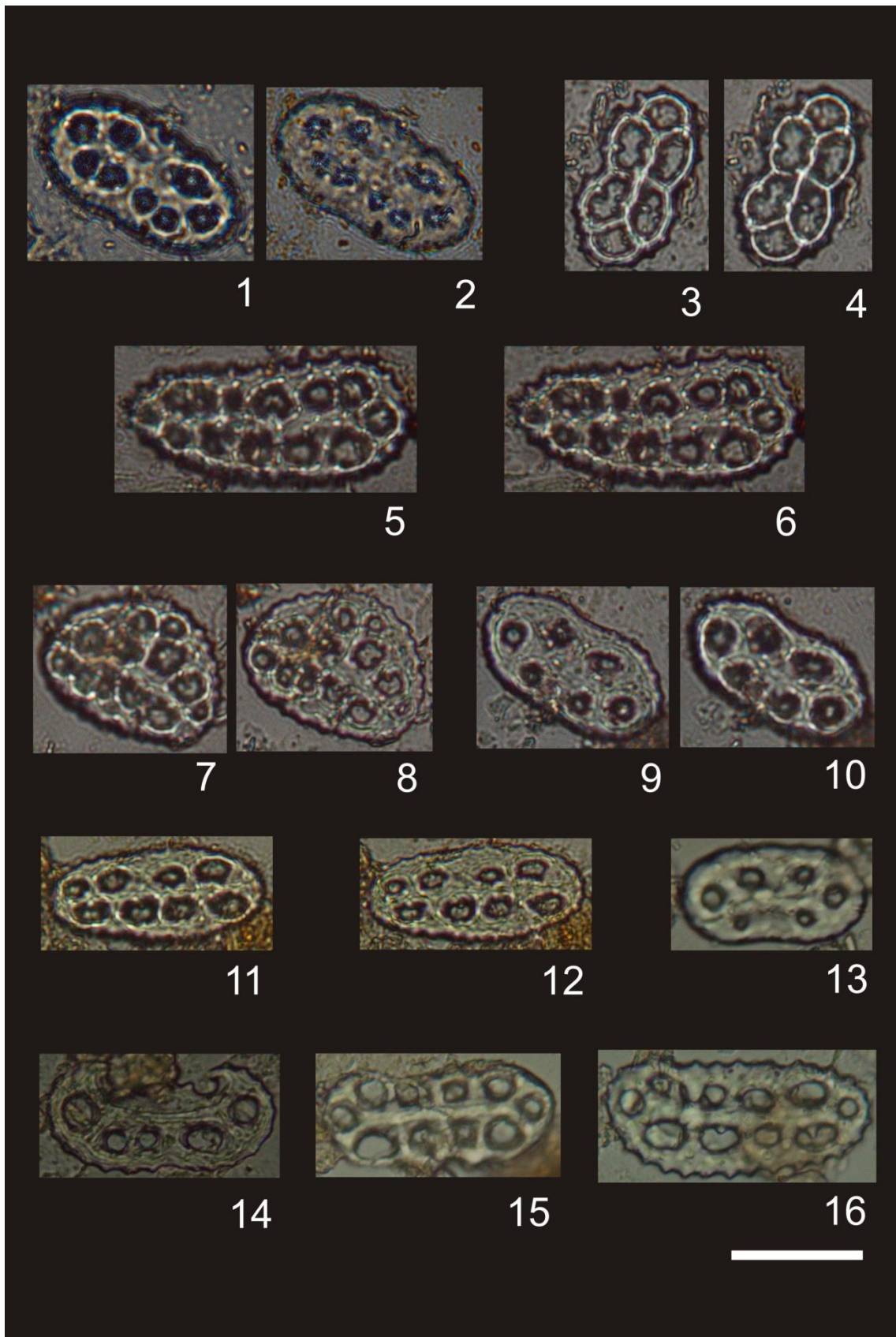
- Smith, A. B. (1988a). Fossil evidence for the relationship of extant echinoderm classes and their times of divergence. In Paul, C. R. C. and Smith, A. B. (eds.), *Echinoderm Phylogeny and Evolutionary Biology*. Clarendon Press, Oxford, pp. 85-97.
- Smith, A. B. (ed.) (2005). *The Echinoid Directory*. World Wide Web electronic publication. <http://www.nhm.ac.uk/palaeontology/echinoids> [acedido a 01/02/2007].
- Smith, M.J.; Arndt, A.; Gorski, S. & Fajber, E. (1993). The phylogeny of echinoderm classes based on mitochondrial gene rearrangements. *J. Mol. Evol.*, vol. 36, pp. 545-554.
- Telford, M.; Harold, A. S. & Mooi, R. (1983). Feeding structures, behavior, and microhabitat of *Echinocyamus pusillus* (echinoidea: clypeasteroidea). *Biological Bulletin*, vol. 165, pp. 745-757.
- Tyler, P. A.; Emson, R. H.; Sumida, P.; Howell, K. (2005). Ophiuroid distribution at sublittoral and bathyal depths round the Faroe Islands, NE Atlantic Ocean. *BIOFAR Proceedings*, vol. 2005, pp. 175-194.
- Ubaghs, G. (1967). Introduction. In Moore, R. C. (ed.), 1967. *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Part S - Echinodermata 1, *The University of Kansas e The Geological Society of America, Inc.*, volume 1, pp. S4-S15.
- Zbyszewski, G. (1959). Étude structural de l'Aire Typhonique de Caldas da Rainha. *Mem. Serv. Geol. Portugal*, 3 (N.S.), 182 p..

## **Estampas**

## **Estampa I**

Ossículos de holoturóides da Lagoa de Albufeira (amostra LAAM4), fotografados ao microscópio petrográfico. Barra branca corresponde a 40 $\mu$ m.

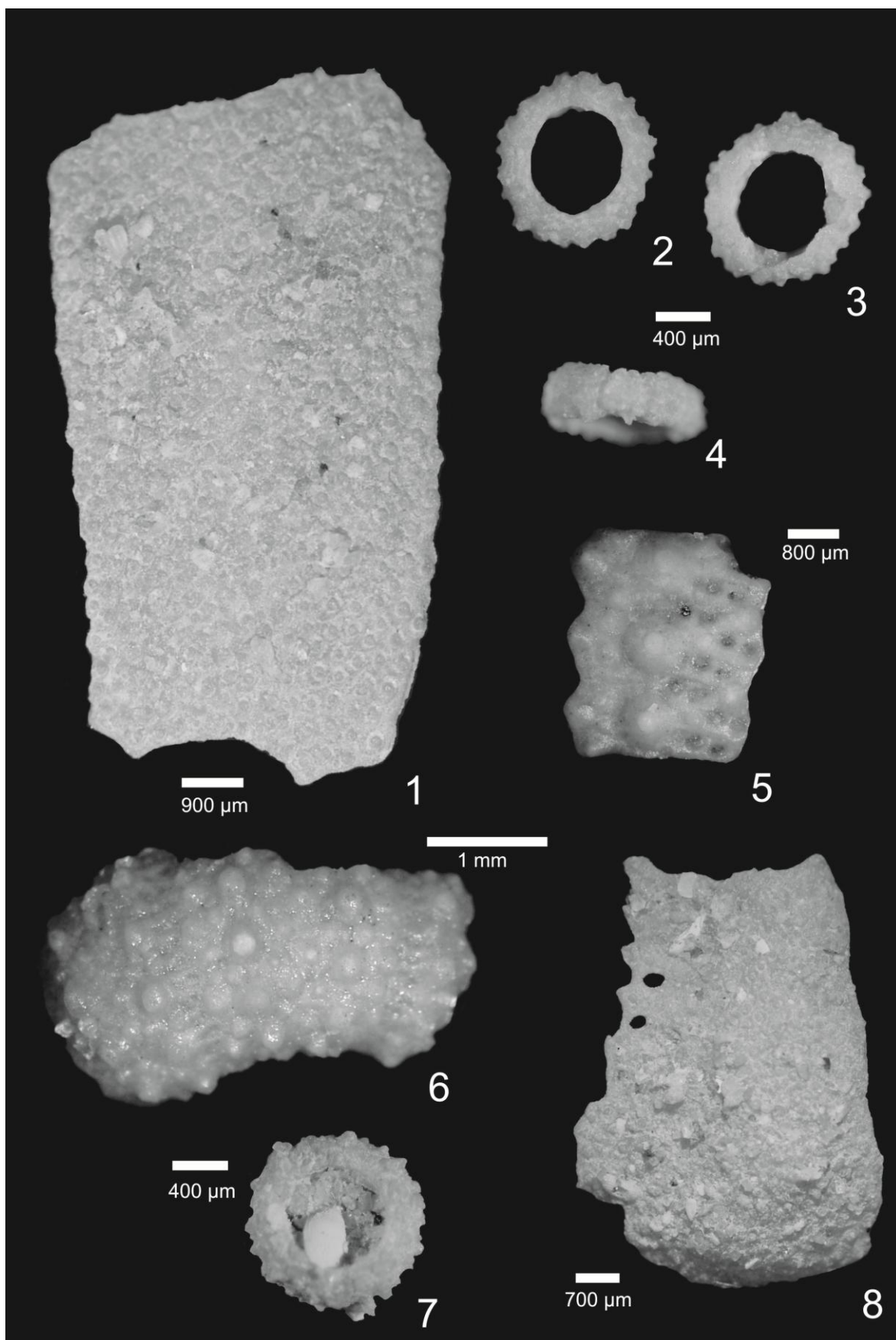
- 1- Holothuroidea indet.. Botão com 8 orifícios.
- 2- Holothuroidea indet.. O mesmo ossículo que o anterior, mas com focagem diferente. Note a grande diferença do tamanho dos orifícios resultando da grande espessura do ossículo.
- 3- Holothuroidea indet.. Botão com 6 orifícios.
- 4- Holothuroidea indet.. O mesmo ossículo que o anterior, mas com focagem diferente. Note que neste caso que a espessura do ossículo não é grande.
- 5- Holothuroidea indet.. Botão com 12 orifícios.
- 6- Holothuroidea indet.. O mesmo ossículo que o anterior, mas com focagem diferente.
- 7- Holothuroidea indet.. Botão com 12 orifícios;
- 8- Holothuroidea indet.. O mesmo ossículo que o anterior, mas com focagem diferente.
- 9- Holothuroidea indet.. Botão com 6 orifícios.
- 10- Holothuroidea indet.. O mesmo ossículo que o anterior, mas com diferente focagem.
- 11- Holothuroidea indet.. Botão com 8 orifícios.
- 12- Holothuroidea indet.. O mesmo ossículo que o anterior, mas com focagem diferente.
- 13- Holothuroidea indet.. Botão com 6 orifícios.
- 14- Holothuroidea indet.. Botão com 8 orifícios, 3 deles partidos.
- 15- Holothuroidea indet.. Botão com 10 orifícios.
- 16- Holothuroidea indet.. Botão com 10 orifícios.



## **Estampa II**

Carapaças e fragmentos de carapaças de Equinóides da Lagoa de Albufeira, fotografados à lupa binocular.

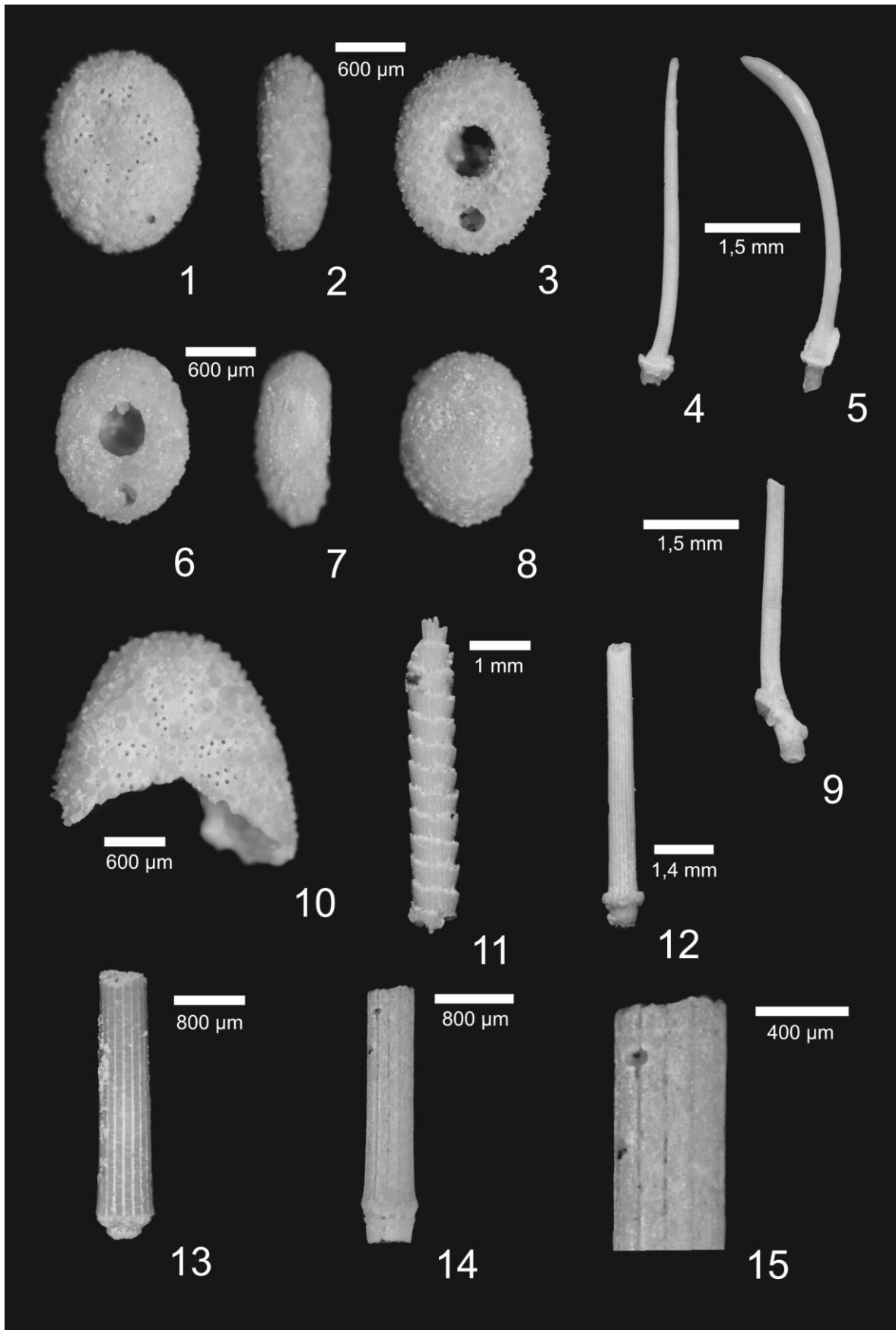
- 1- Spatangoida indet.. Fragmento de carapaça. Vista externa.
- 2- Carapaça de equinóide regular, juvenil?. Vista ?.
- 3- O mesmo que o anterior. Vista a 180°.
- 4- A mesma carapaça que as duas imagens anteriores, vista lateral.
- 5- *Psammechinus dubius dubius* ?. Fragmento de carapaça com poros visíveis. Vista externa.
- 6- *Genocidaris* sp..Framento de carapaça, próximo da região oral. Vista externa.
- 7- Outro pequeno equinóide, vista ?.
- 8- Spatangoida indet.. Fragmento de carapaça com parte da zona ambulacrária. Vista externa.



### Estampa III

Carapaças, fragmentos de carapaças e espinhos de Equinóides, à lupa binocular.

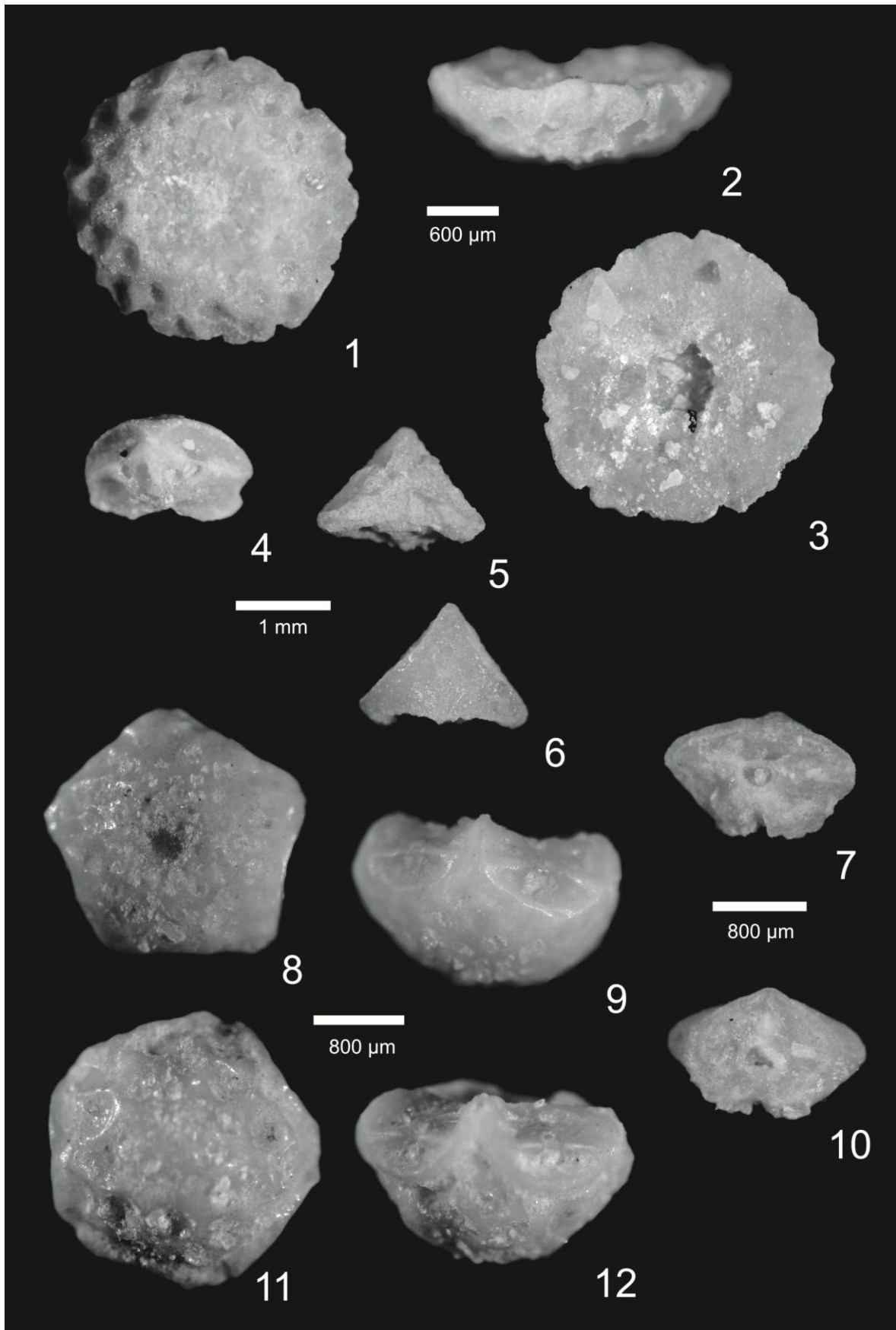
- 1- *Echinocyamus* sp.. Carapaça. Vista aboral externa. Lagoa de Albufeira.
- 2- *Echinocyamus* sp.. O mesmo exemplar que o anterior. Vista lateral, externa, esquerda. Lagoa de Albufeira.
- 3- *Echinocyamus* sp.. O mesmo exemplar que o anterior. Vista oral externa. Lagoa de Albufeira.
- 4- Spatangoida indet.. Espinho de ponta aguçada. Lagoa de Albufeira.
- 5- Spatangoida indet.. Espinho com ponta em aba. Lagoa de Albufeira.
- 6- *Echinocyamus* sp.. Carapaça. Vista oral externa. Lagoa de Albufeira.
- 7- *Echinocyamus* sp.. O mesmo exemplar que o anterior. Vista lateral, externa, direita. Lagoa de Albufeira.
- 8- *Echinocyamus* sp.. O mesmo exemplar que o anterior. Vista aboral externa. Lagoa de Albufeira.
- 9- Spatangoida indet.. Fragmento de espinho. É visível que o “*mieddle ring*” é oblíquo nos espinhos deste grupo. Lagoa de Albufeira.
- 10- *Echinocyamus* sp.. Fragmento de carapaça. São visíveis os poros ambulacrários de 3 pétalas ambulacráis. Vista aboral externa. Lagoa de Albufeira.
- 11- Diadematidae indet. Fragmento de espinho. 1º morfótipo descrito. Lagoa de Albufeira.
- 12- Fragmento de espinho de equinóide regular. 2º morfótipo descrito. Lagoa de Albufeira.
- 13- Fragmento de espinho de equinóide regular. 3º morfótipo descrito. Fonte da Telha, amostra FTAM1.
- 14- Fragmento de espinho de equinóide regular. 4º morfótipo descrito. Fonte da Telha, amostra FTAM2 2.
- 15- Ampliação do espinho anterior. São visíveis marcas de bioerosão. Lagoa de Albufeira .



## **Estampa IV**

Ossículos de *Palaeantedon* sp. vistos à lupa binocular, da Lagoa de Albufeira.

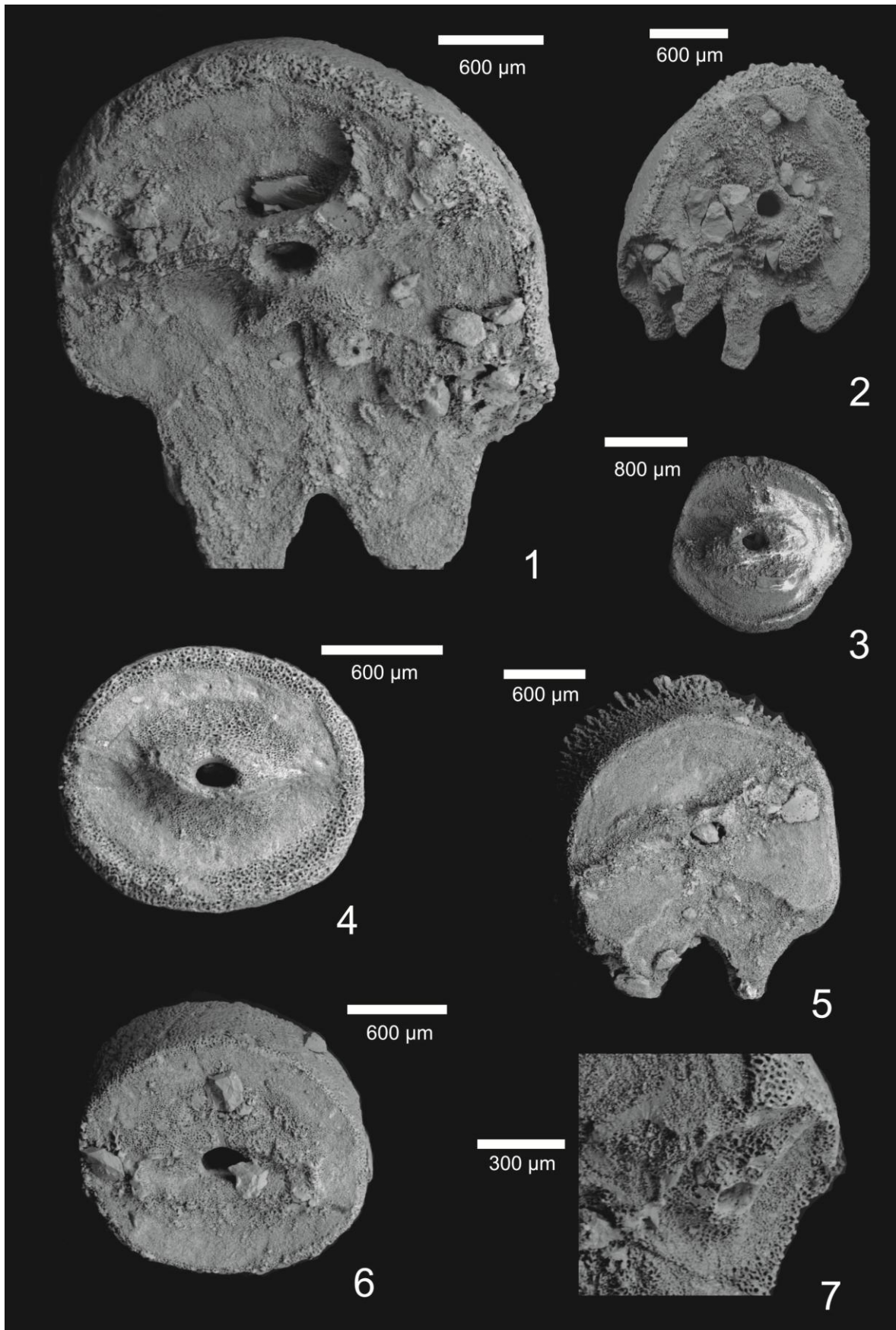
- 1- *Palaeantedon* sp.. Centrodorsal de contorno arredondado, sem radiais. Vista aboral.
- 2- *Palaeantedon* sp.. O mesmo exemplar que o anterior. Vista lateral.
- 3- *Palaeantedon* sp.. O mesmo exemplar que o anterior. Vista oral.
- 4- *Palaeantedon* sp.. Auxiliar. Vista oral.
- 5- *Palaeantedon* sp.. O mesmo que o anterior. Vista lateral interior.
- 6- *Palaeantedon* sp.. O mesmo ossículo que o anterior. Vista lateral externa.
- 7- *Palaeantedon* sp.. Primeiro primibraquial. Vista aboral.
- 8- *Palaeantedon* sp.. Centrodorsal de contorno pentagonal. Vista aboral.
- 9- *Palaeantedon* sp.. O mesmo que o anterior. Vista lateral.
- 10- *Palaeantedon* sp.. O mesmo ossículo que o 7. Vista oral.
- 11- *Palaeantedon* sp.. Centrodorsal com radiais. Vista aboral.
- 12- *Palaeantedon* sp.. O mesmo que o anterior. Vista lateral.



## **Estampa V**

Ossículos de *Palaeantedon* sp. vistos à microscopia electrónica de varrimento, da Lagoa de Albufeira.

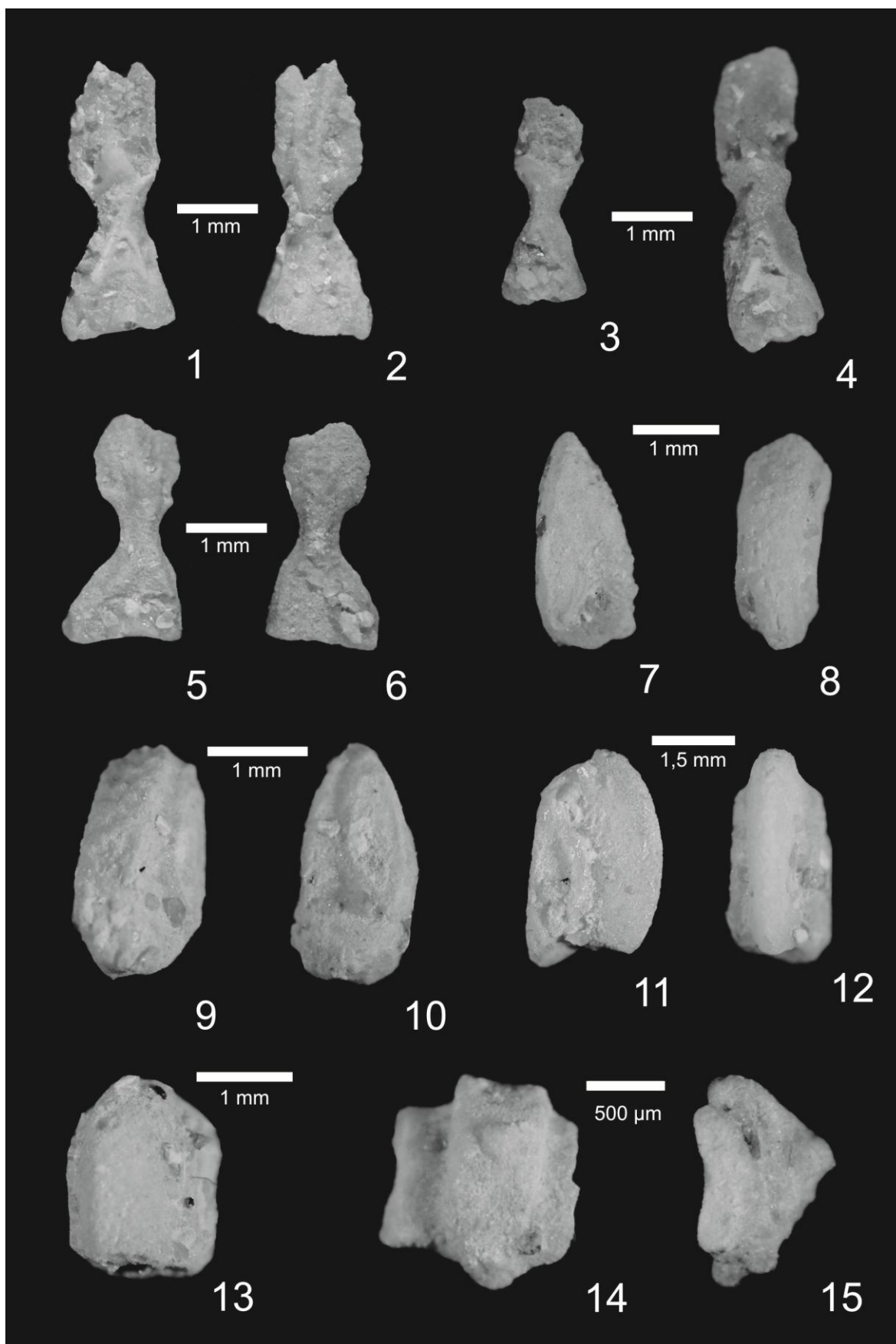
- 1- *Palaeantedon* sp.. Ossículo braquial. Vista oral.
- 2- *Palaeantedon* sp.. Ossículo braquial, com intersecção para pínula visível no canto inferior esquerdo do ossículo. Vista oral.
- 3- *Palaeantedon* sp.. Cirral apresentando um contorno circular, mas não perfeito.
- 4- *Palaeantedon* sp.. Cirral com projecção para artuculação.
- 5- *Palaeantedon* sp.. Braquial. Vista oral.
- 6- *Palaeantedon* sp.. Cirral com depressão para articulação.
- 7- *Palaeantedon* sp.. Parte de braquial, onde é visível a articulação com a pínula. Vista oral.



## **Estampa VI**

Ossículos de Asteroidea vistos à lupa binocular, da Lagoa de Albufeira.

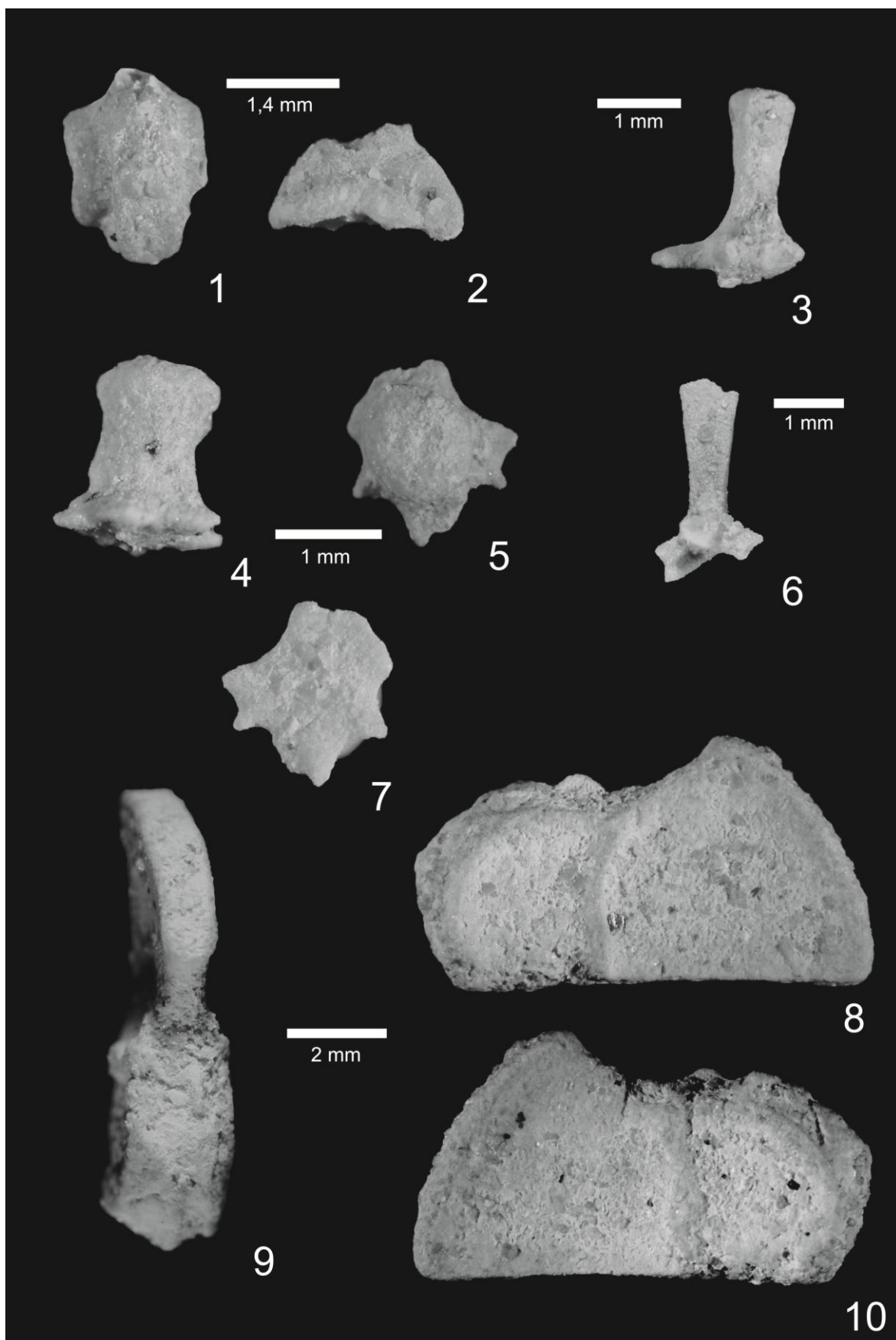
- 1- Asteroidea indet.. Ambulacral. Vista oral.
- 2- Asteroidea indet.. O mesmo ossículo que o anterior. Vista aboral.
- 3- Asteroidea indet.. Ambulacral. Vista oral.
- 4- *Luidia* sp.. Ambulacral. Vista oral.
- 5- Asteroidea indet.. Ambulacral. Vista oral.
- 6- Asteroidea indet.. Ambulacral. Vista aboral.
- 7- *Astropecten* sp.. Inframarginal. Vista lateral.
- 8- *Astropecten* sp.. O mesmo ossículo que o anterior. Vista oral.
- 9- *Astropecten* sp.. Inframarginal. Vista oral.
- 10- *Astropecten* sp.. O mesmo ossículo que o anterior. Vista lateral.
- 11- *Astropecten* sp.. Supramarginal. Vista lateral.
- 12- *Astropecten* sp.. O mesmo ossículo que o anterior. Vista aboral.
- 13- *Astropecten* sp.. Supramarginal. Vista aboral.
- 14- *Luidia* sp.. Inframarginal. Vista oral.
- 15- *Luidia* sp.. O mesmo que o anterior. Vista lateral.



## **Estampa VII**

Ossículos de Asteroidea vistos à lupa binocular, da Lagoa de Albufeira.

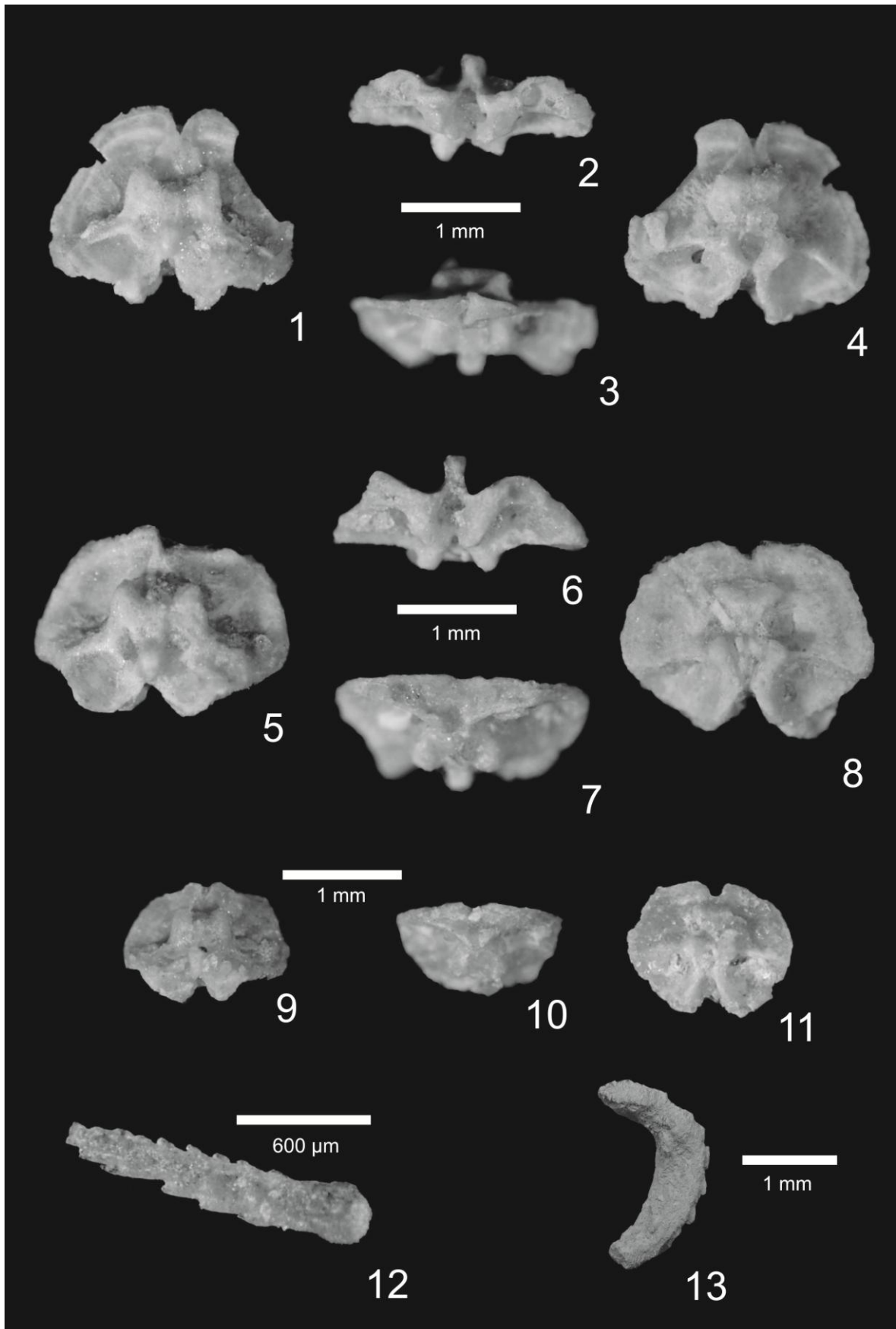
- 1- *Luidia* sp... Inframarginal. Vista oral.
- 2- *Luidia* sp.. O mesmo ossículo que o anterior. Vista lateral.
- 3- Asteroidea indet.. Paxila. Vista oral.
- 4- Asteroidea indet.. Paxila. Vista lateral.
- 5- Asteroidea indet.. O mesmo que o anterior. Vista aboral.
- 6- Possível Asteroidea indet.. ?
- 7- Asteroidea indet.. O mesmo que o 4 e 5. Vista oral.
- 8- Asteroidea indet.. Ossículo desconhecido. Vista lateral.
- 9- Asteroidea indet.. O mesmo que o anterior. Vista superior.
- 10- Asteroidea indet.. O mesmo que o anterior. Vista oposta ao nº 8.



### **Estampa VIII**

Ossículos de Ophiuroidea vistos à lupa binocular (nº 1-12) e microscopia electrónica de varrimento (nº 13), da Lagoa de Albufeira.

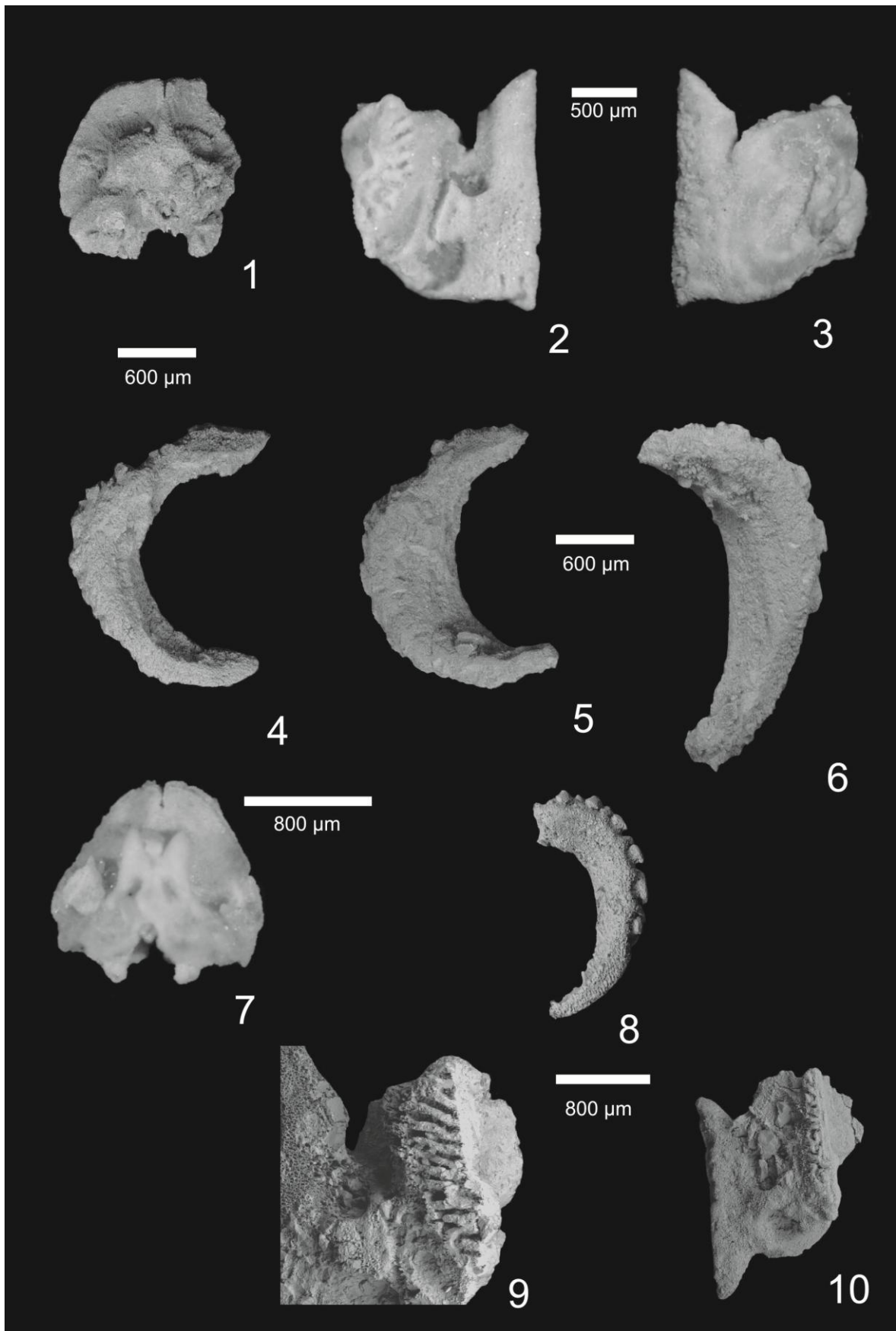
- 1- Ophiuroidea indet.. Vértebra proximal do 1º morfótipo. Vista distal.
- 2- Ophiuroidea indet.. O mesmo ossículo que o anterior. Vista oral.
- 3- Ophiuroidea indet.. O mesmo ossículo que o anterior. Vista aboral.
- 4- Ophiuroidea indet.. O mesmo ossículo que o anterior. Vista proximal.
- 5- Ophiuroidea indet.. Vértebra proximal do 1º morfótipo (mas mais distal que a vértebra anterior). Vista distal.
- 6- Ophiuroidea indet.. O mesmo ossículo que o anterior. Vista oral.
- 7- Ophiuroidea indet.. O mesmo ossículo que o anterior. Vista aboral.
- 8- Ophiuroidea indet.. O mesmo ossículo que o anterior. Vista proximal.
- 9- Ophiuroidea indet.. Vértebra mediana do 1º morfótipo. Vista distal.
- 10- Ophiuroidea indet.. O mesmo ossículo que o anterior. Vista aboral.
- 11- Ophiuroidea indet.. O mesmo ossículo que o anterior. Vista proximal.
- 12- Ophiuroidea indet.. Espinho.
- 13- Ophiuroidea indet.. Placa braquial lateral, 1º morfótipo. Vista interna.



## **Estampa IX**

Ossículos de Ophiuroidea vistos à lupa binocular (nº 7) e microscopia electrónica de varrimento (nº 1-6, 8-10), da Lagoa de Albufeira.

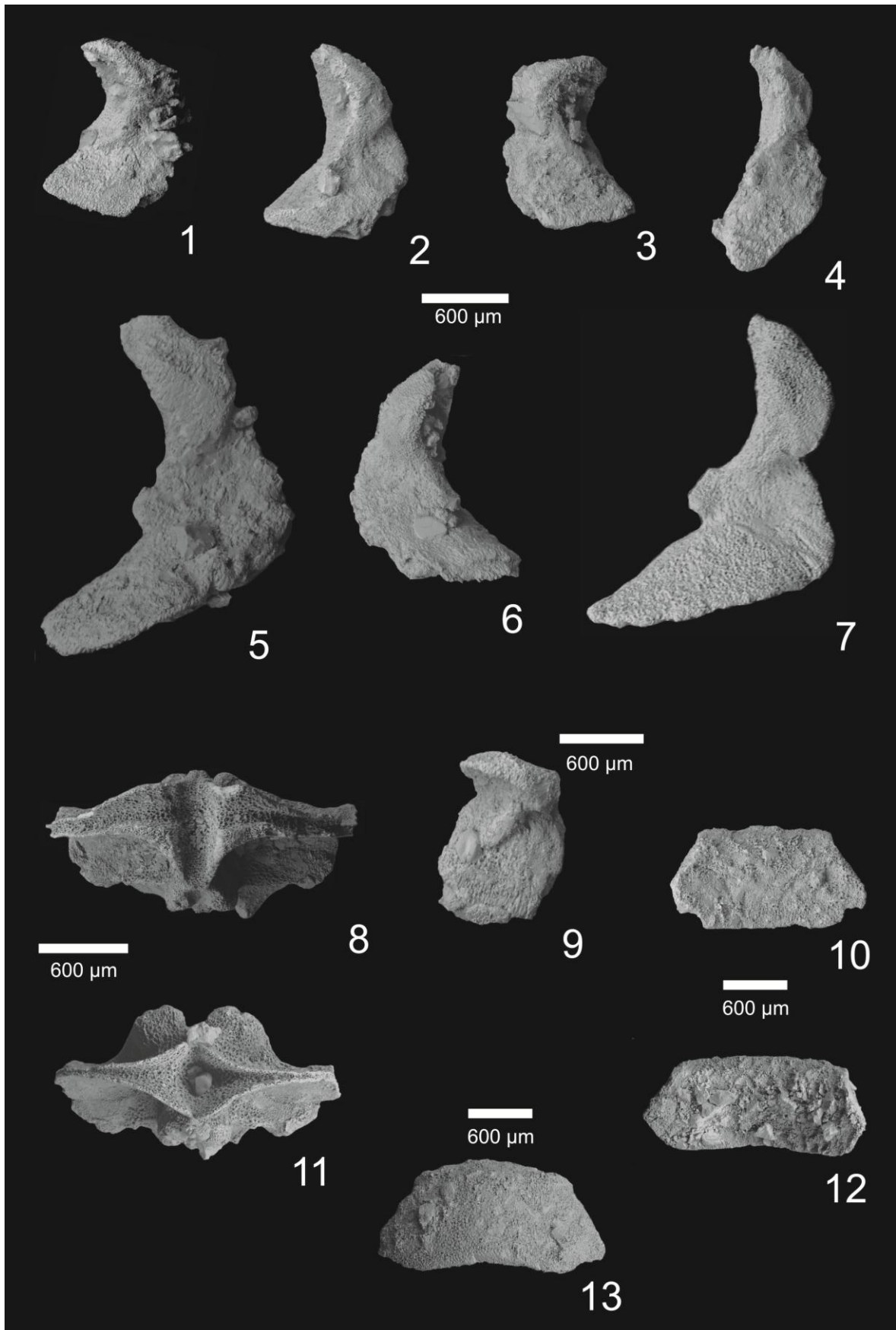
- 1- Ophiuroidea indet.. Primeira vértebra do 1º morfótipo. Vista proximal.
- 2- Ophiuroidea indet.. Placa oral 2º morfótipo. Vista adrial.
- 3- Ophiuroidea indet.. Placa oral 2º morfótipo. Vista abradial.
- 4- Ophiuroidea indet.. Placa braquial lateral, 1º morfótipo. Vista interna.
- 5- Ophiuroidea indet.. Placa braquial lateral, 1º morfótipo. Vista interna.
- 6- Ophiuroidea indet.. Placa braquial lateral, 1º morfótipo. Vista interna.
- 7- Ophiuroidea indet.. Vértebra mais distal do 1º morfótipo. Vista aboral.
- 8- Ophiuroidea indet.. Placa braquial lateral, 1º morfótipo. Vista interna.
- 9- Ophiuroidea indet.. Promenor da área de articulação adrial. Vista distal.
- 10- Ophiuroidea indet.. Placa oral 2º morfótipo. Vista adrial.



## **Estampa X**

Ossículos de Ophiuroidea vistos à microscopia electrónica de varrimento, da Lagoa de Albufeira.

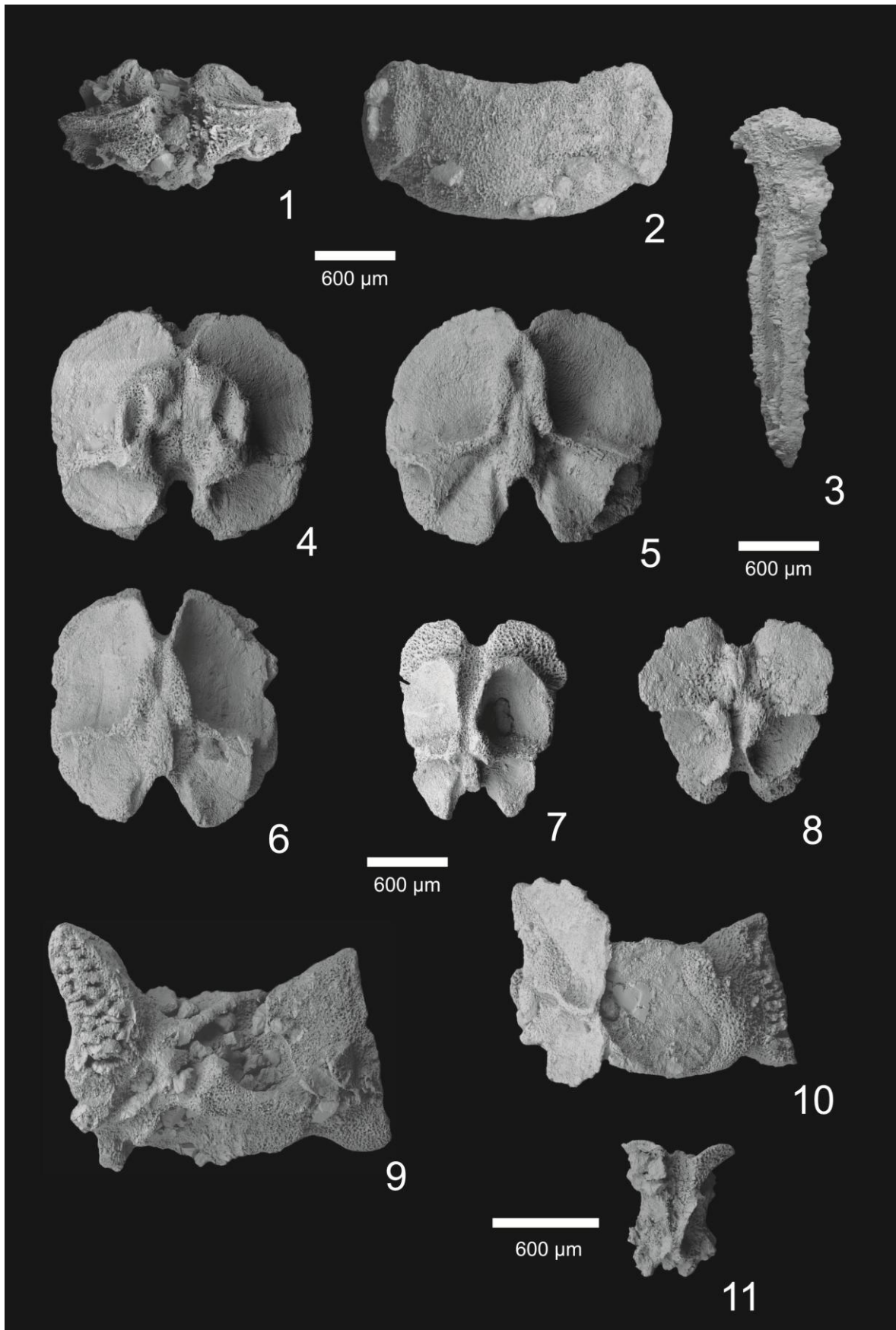
- 1- Ophiuroidea indet.. Placa braquial lateral, 2º morfótipo. Vista interna.
- 2- Ophiuroidea indet.. Placa braquial lateral, 2º morfótipo. Vista interna.
- 3- Ophiuroidea indet.. Placa braquial lateral, 2º morfótipo. Vista interna.
- 4- Ophiuroidea indet.. Placa braquial lateral, 2º morfótipo. Vista interna.
- 5- Ophiuroidea indet.. Placa braquial lateral, 2º morfótipo. Vista interna.
- 6- Ophiuroidea indet.. Placa braquial lateral, 2º morfótipo. Vista interna.
- 7- Ophiuroidea indet.. Placa braquial lateral, 2º morfótipo. Vista interna.
- 8- *Ophiura* sp.. Vértebra. Vista oral.
- 9- Ophiuroidea indet.. Placa braquial lateral, 2º morfótipo. Vista interna.
- 10- Ophiuroidea indet.. Placa braquial ventral. Vista interna.
- 11- *Ophiura* sp.. Primeira vértebra. Vista aboral.
- 12- Ophiuroidea indet.. Placa braquial dorsal. Vista interna.
- 13- Ophiuroidea indet.. Placa braquial dorsal. Vista externa.



## **Estampa XI**

Ossículos de Ophiuroidea vistos à microscopia electrónica de varrimento, da Lagoa de Albufeira.

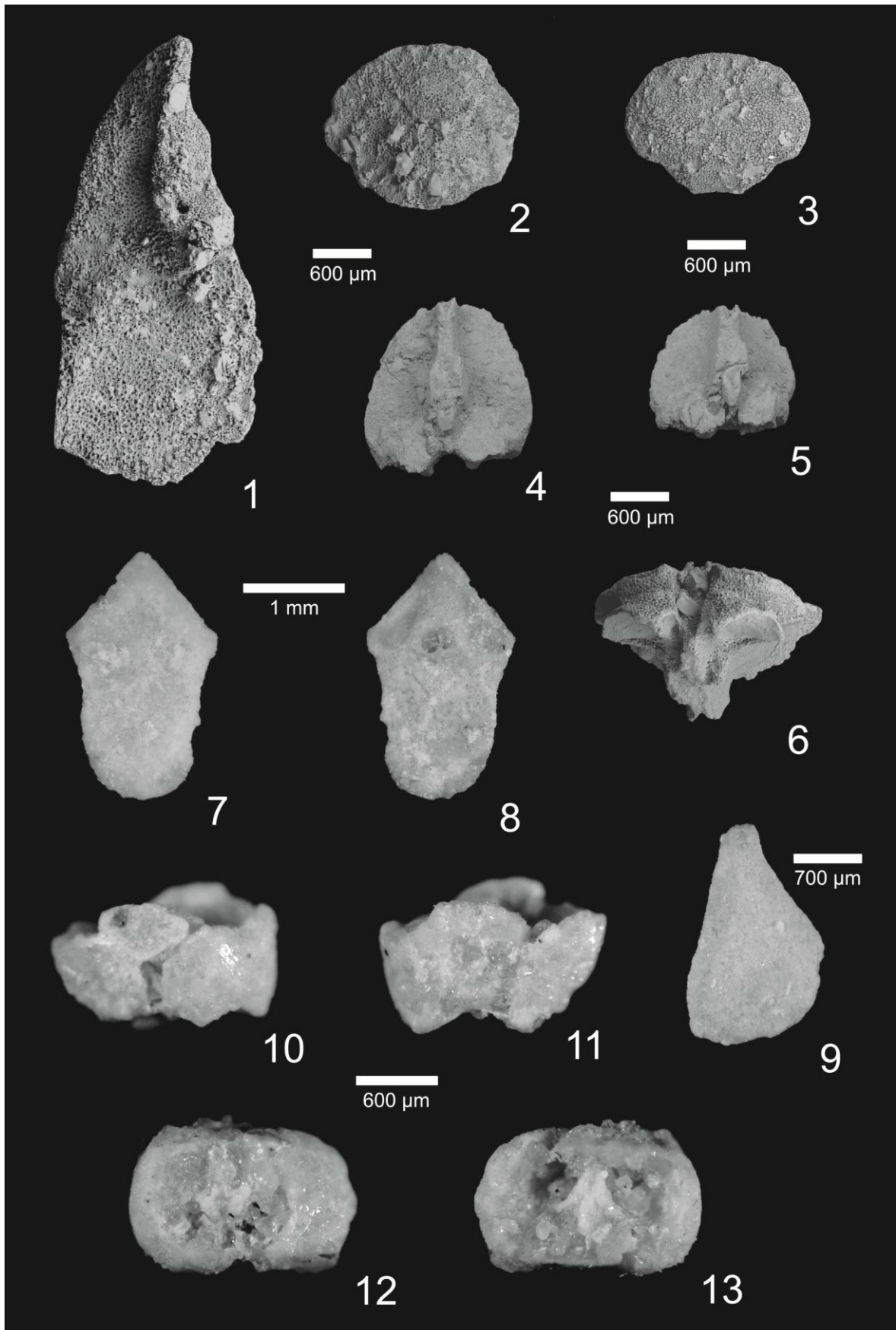
- 1- *Ophiura* sp.. Primeira vértebra. Vista oral.
- 2- Ophiuroidea indet.. Placa braquial dorsal. Vista externa.
- 3- Ophiuroidea indet.. Ossículo em forma de prego. Lado dorsal para cima.
- 4- *Ophiura* sp.. Primeira vértebra. Vista proximal.
- 5- *Ophiura* sp.. Primeira vértebra. Vista distal.
- 6- *Ophiura* sp.. Vértebra mediana, mais proximal. Vista distal.
- 7- *Ophiura* sp.. Vértebra mediana, mais distal. Vista distal.
- 8- *Ophiura* sp.. Vértebra mediana, mais distal. Vista proximal.
- 9- *Ophiura* sp.. Placa oral. Vista adrial.
- 10- *Ophiura* sp.. Placa oral. Vista abradial.
- 11- *Ophiura* sp.. Vértebra mais distal. Vista distal.



## Estampa XII

Ossículos de Ophiuroidea vistos à microscopia electrónica de varrimento (nº 1-6) e à lupa binocular (nº 7-13), da Lagoa de Albufeira.

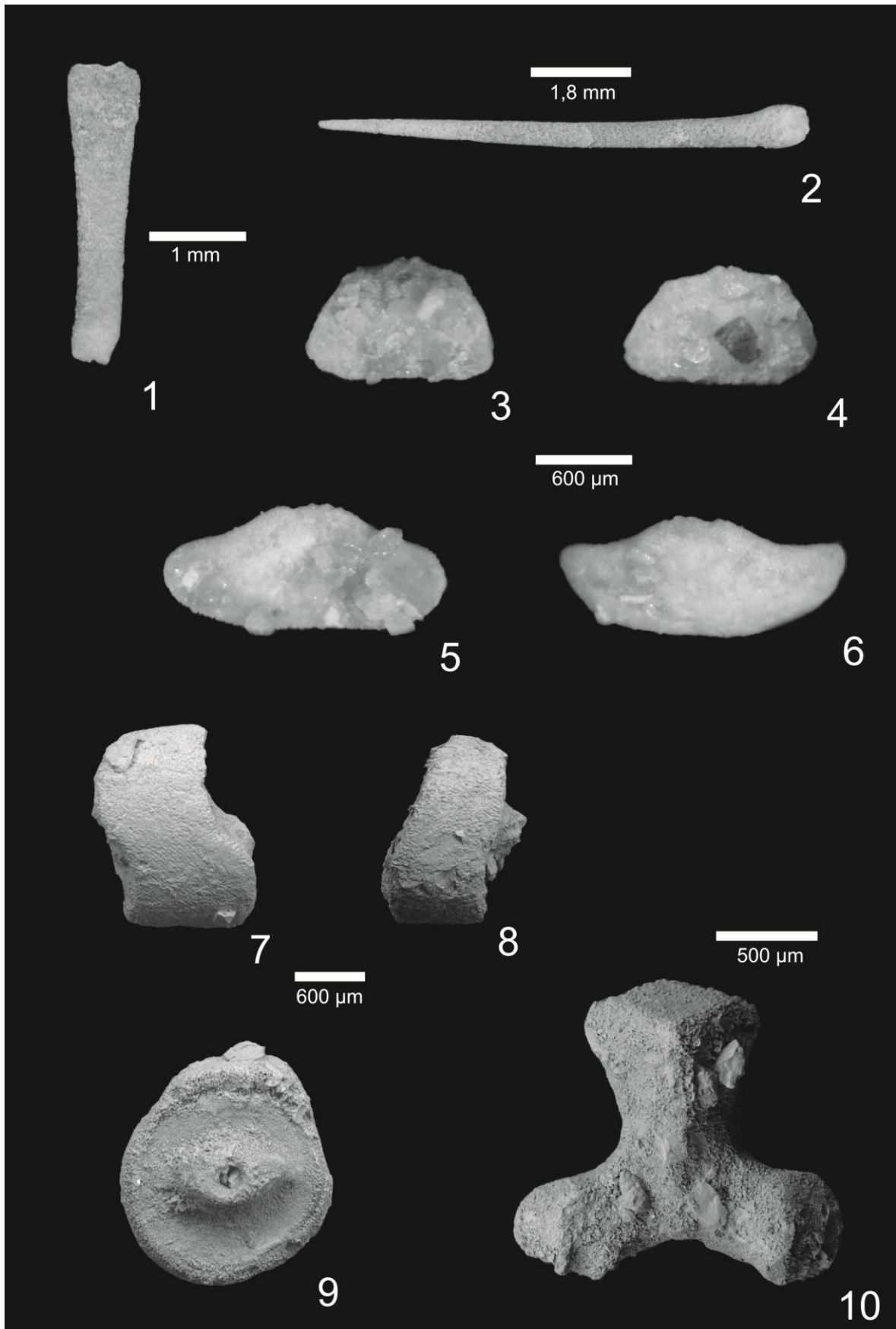
- 1- Ophiuroidea indet.. Ossículo desconhecido. Vista interna.
- 2- *Ophiura* sp.. Placa braquial dorsal. Vista interna.
- 3- *Ophiura* sp.. Placa braquial dorsal. Vista externa.
- 4- Ophiuroidea indet.. Vértebra do 2º morfótipo, mais distal. Vista distal.
- 5- Ophiuroidea indet.. Vértebra do 2º morfótipo, mais distal. Vista distal.
- 6- Ophiuroidea indet.. Vértebra do 2º morfótipo, mais distal. Vista oral.
- 7- Ophiuroidea indet.. Escudo oral. Vista oral.
- 8- Ophiuroidea indet.. O mesmo ossículo que o anterior, com madreporito visível. Vista interna.
- 9- Ophiuroidea indet.. Escudo radial. Vista aboral.
- 10- *Ophiura* sp.. Vértebra um pouco distal com escudos braquiais associados. Vista oral, visível a placa braquial ventral e a porção inferior das duas placas braquiais laterais.
- 11- *Ophiura* sp.. O mesmo que o anterior. Vista aboral, visível a placa braquial dorsal e a porção superior das placas braquiais laterais.
- 12- *Ophiura* sp.. O mesmo que o anterior. Vista proximal, visível a porção anterior das duas placas braquiais laterais.
- 13- *Ophiura* sp.. O mesmo que o anterior. Vista distal, visível a porção posterior das duas placas braquiais laterais.



### **Estampa XIII**

Ossículos de Asteroidea, Ophiuroidea, Crinoidea e interminado vistos à microscopia electrónica de varrimento (nº 7-10) e à lupa binocular (nº 1-6), da Lagoa de Albufeira.

- 1- Asteroidea indet.. Espinho da cavidade ambulacral.
- 2- Asteroidea indet.. Espinho.
- 3- *Ophiura* sp.. Placa braquial dorsal. Vista interna.
- 4- *Ophiura* sp.. Placa braquial dorsal. Vista aboral.
- 5- *Ophiura* sp.. Placa braquial ventral. Vista interna.
- 6- *Ophiura* sp.. Placa braquial ventral. Vista oral.
- 7- *Palaeantedon* sp.. Cirral com a superfície de articulação não rectilínea. Vista lateral.
- 8- *Palaeantedon* sp.. Cirral com a superfície de articulação não rectilínea. Vista lateral.
- 9- *Palaeantedon* sp.. Cirral com contorno não circular. Vista da articulação.
- 10- Asteroidea indet.? . Ossículo não identificado possivelmente de asteróide.



## **Estampa XIV**

Ossículos de Echinoidea vistos à lupa binocular, da Lagoa de Albufeira.

- 1- Echinoidea indet.. Hemimandíbula. Vista adrial.
- 2- Echinoidea indet.. O mesmo ossículo que o anterior. Vista abradial.
- 3- Echinoidea indet.. O mesmo ossículo que o anterior. Vista distal.



## **Anexos**

## Anexo I

### Ophiuroidea (Echinodermata) do Miocénico da Lagoa de Albufeira (Portugal)

#### *Ophiuroidea (Echinodermata) from the Miocene of Lagoa de Albufeira (Portugal)*

Bruno Claro Pereira<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Travessa Fontainha das Pias, Viv.<sup>a</sup> Prata da Silva 2º andar, 1675-350 Caneças. bmcperreira@gmail.com

Publicado em *PlaeoLusitania*, nº 1, 2009.

**Resumo:** O presente trabalho visa complementar a classificação dos ossículos de ophiuróides pertencentes ao Miocénico médio da Lagoa de Albufeira (Portugal), apresentados em 2006. Pouco conhece sobre estes organismos fósseis em Portugal, e por comparação com material actual, pode-se conhecer um pouco mais sobre os mesmos. Estudos de tafonomia anteriormente efectuados em espécimes actuais, permitiram especular sobre as condições paleoambientais do meio onde habitavam.

**Palavras-chave:** Ophiuroidea; Echinodermata; Miocénico; Lagoa de Albufeira; Portugal.

**Abstract:** The aim of this work was to reclassify ophiuroid material found on the Miocene from Lagoa de Albufeira, in Portugal. This material was initially described in 2006, but just a few was known. By comparing it modern ophiuroids, more was parts were classify. Modern studies on taphonomy of this animals permit to understand how the paleoenvironment was.

**Key-words:** Ophiuroidea; Echinodermata; Miocene; Lagoa de Albufeira; Portugal.

### Introdução

A primeira referência a ophiuróides em Portugal data de 1970, onde Antunes e Jonet mencionam a presença deste grupo para o Helveciano superior-Tortoniano de Lisboa (Antunes & Jonet, 1970). Porém a primeira descrição de ossículos deste grupo só ocorre mais tarde, onde Hess e Paloin descrevem ossículos desarticulados no Hetangiano de Sangalhos (Hess e Paloin, 1975).

O material estudado para o presente artigo foi encontrado em 2005, e preliminarmente descrito por Pereira *et al.* (2006). Contudo uma revisão do material era necessária.

Em 2006, Pereira *et al.* mencionam terem sido descobertos ossículos de ophiuróides desarticulados no Miocénico médio, numa amostra proveniente da Lagoa de Albufeira, Península de Setúbal (Pereira *et al.*, 2006). Este material apresenta uma excelente preservação, preservação essa que é pouco comum pela Europa, para este grupo.

O material provém de um arenito fino, micáceo, com *Chlamys macrotis*. Este arenito é proveniente de um nível da Formação de Ribeira da Lage que, segundo Cachão & Silva (2000), é de idade Serrevaliano e não Tortoniano, como é mencionado na carta geológica 1:25000 da região.

### **Resultados e Discussão**

Um novo estudo do material estudado por Pereira *et al.* (2006), revelou a presença de mais ossículos de ofiuróides do que inicialmente que foi descrito. O referido artigo menciona a presença de ossículos dos braços, nomeadamente vértebras e placas laterais.

Por comparassão do material encontrado com exemplares actuais do mesmo grupo, foi possível distinguir que de entre as vértebras anteriormente mencionadas, existem vértebras proximais (Est. I, Fig. 1 e 5), primeiras vértebras proximais (Est. I, Fig. 4 e 7) – estas últimas fazem a ligação do braço com o disco central do organismo – e distais (Est. I, Fig. 2 e 3).

Para além disto, várias placas laterais (Est. I, Fig. 6), com diferentes formas então presentes, algo que deverá indicar diferentes posições no braço. Foram também encontradas espículas (Est. I, Fig. 8) pertencentes aos braços e placas bocais (Est. I, Fig. 9). A desagregação do disco central de indivíduos actuais relevou que, os diferentes ossículos que o compõem, após desagregarem, não apresentam nenhuma característica distintiva. Estes apresentam-se como fragmentos de calcite amorfos.

A triagem do sedimento, em 2006, revelou a presença de inúmeras partículas amorfas de calcite. Tal facto leva a supor que algumas destas partículas poderam ser resultado da desagregação do disco central de ofiuróides. Contudo, por enquanto não existem certezas em relação a este facto.

A par da falta de bibliografia disponível sobre este grupo, não foi possível ainda descrever a que espécie pertence o material em estudo. A bibliografia sobre o mesmo é escassa e espalhada por diversos locais.

Até agora pôde-se apurar que os exemplares encontrados não se assemelham aos descritos por Kroh & Harzhauser (1999) para o Miocénico da Austria. Contudo, ainda é cedo para se afirmar que poderá tratar-se de uma nova espécie.

Como foi referido, os ossículos encontrados encontram-se desarticulados. Comparando o grau de desarticulação presente com os estudos de Kerr & Twitchett (2004), pode-se atribuir um estágio de desarticulação 6, desarticulação total.

Segundo os mesmos autores, a desarticulação depende da temperatura da água, da quantidade de transporte e da intensidade da degradação da matéria orgânica. Assim, quanto maior for cada um destes factores, maior será o grau de desarticulação.

Quanto ao transporte, este não deverá ter sido intenso, já que: (1) o material não se encontra muito partido; (2) quase todos os diferentes ossículos que compõem o endoesqueleto dos ofiuróides encontram-se presentes, independentemente do seu tamanho, não sendo notória uma selecção por tamanho dos mesmos; e (3) o sedimento do qual provém este material é fino, composto por areias de quartzosas, com micas presentes. Tendo isto em consideração, podemos afastar o transporte como um factor determinante na desarticulação dos indivíduos presentes naquela rocha.

Este tipo de sedimento leva também a supor que se tratava de um ambiente costeiro, não muito longe da costa, perto de um rio. Olhando para a evolução da região, é plausível que esse rio tenha sido o pré-Tejo.

O estado de degradação da matéria orgânica é algo que no fóssil não poderemos contabilizar, contudo sabe-se que é influenciada pela temperatura, ou seja, quanto maior a temperatura maior será a degradação da matéria orgânica.

Os estudos de Kerr & Twitchett (2004) revelaram que quanto maior for a temperatura da água, maior será a taxa de desarticulação que os ophiuróides apresentam. Como o material encontrado se encontra totalmente desarticulado, pode-se supor que a paleotemperatura da água do mar onde estes organismos habitaram, seria elevada.

## **Conclusões**

Do presente trabalho podemos concluir, que na camada inicialmente estudada em 2006, existem diversos ossículos de ophiuróides podendo estar presentes organismos completos, mas desarticulados.

A partir do seu estado de desarticulação e da presença, quase na totalidade, de diversos ossículos, podemos concluir que se tratava de um ambiente costeiro, de águas relativamente calmas e de temperatura elevada.

## **Agradecimentos**

O autor deseja agradecer o apoio prestado pelos prof. Mário Cachão (Centro de Geologia, U.L.) e prof. Pedro Pereira (Centro de Geologia, U.L. e Departamento de Ciências e Tecnologia da Universidade Aberta), na discussão deste artigo e ao acesso de recursos que permitiram a execução das fotografias presentes neste trabalho.

## **Bibliografia**

- Antunes, M. T. & Jonet, S. (1970). Requins de l'Helvétien Supérieur et du Tortonien de Lisbonne. Revista da Faculdade de Ciências de Lisboa, 2ª Série – C, 16 (1): 119-280.
- Cachão, M. & Silva, C. M. da (2000). The three main marine depositional cycles of the Neogene of Portugal. *Ciências da Terra (UNL)*, Lisboa, nº 14, pp. 303-312.
- Hess, H. & Paloin, C. (1975). Ophiures de l'Hettangien du Nord de Portugal. Com. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 59: 5-13.
- Kerr, T. J. V. & Twitchett, R. J. (2004). Experimental decay and disarticulation of *Ophiura texturata*: implications for the fossil record of ophiuroids. *Echinoderms: München – Heinzeller & Nebelsick* (eds), Taylor & Francis Group, London, pp. 439-446.
- Kroh, A. & Harzhauser, M. (1999). An Echinoderm Fauna from the Lower Miocene of Austria: Paleocology and implications for Central Paratethys Paleobiogeography. *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, 101 A, pp. 145-191.
- Pereira, P.; Pereira, B.; Pita, R.; Cachão, M. & Silva, C. M. da (2006). Ophiuroidea e Crinoidea (Echinodermata) do Miocénico da Bacia do Baixo Tejo (Portugal): dados preliminares. *Actas do VII Congresso Nacional de Geologia, Portugal*, vol. II, pp. 741-747.

## **Estampa 1**

Fig. 1. – Vertebra proximal, a) vista distal e b) vista proximal.

Fig. 2. – Vertebra distal, a) vista proximal e b) vista distal.

Fig. 3. – Vertebra distal, a) vista distal e b) vista proximal.

Fig. 4. – Primeira vertebra proximal, a) vista distal e b) vista proximal.

Fig. 5. – Vertebra proximal, a) vista distal e b) vista proximal.

Fig. 6. – Placa de um braço a) vista indet. e b) vista indet..

Fig. 7. – Primeira vertebra proximal, a) vista proximal e b) vista distal.

Fig. 8. – Espícula.

Fig. 9. – Placa bucal a) vista indet. e b) vista indet..

Estampa I



## Anexo II

**Tabela 1** – Tabela indicativa dos diversos grupos encontrados em cada amostra, de dimensão igual ou superior a 1mm.

Amostras	Conteúdo fossilífero											
	Moluscos			Crustáceos			Equinodermes	Peixes				
	Bivalves	Gastropodes	Cirripedes	Malacostracos	Ostracodos	Otólitos		Escamas	Ossos	Dentes		
FRAM1	X	X	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X
FRAM2	X	X	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X
FRAM3	X	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X
FTAM1	X	X	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X
FTAM2 1	X	X	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X
FTAM2 2	X	X	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X
OAAM1	X	-	-	-	-	X	-	X	X	X	X	X
LAAM1	X	X	X	X	-	X	X	-	X	X	X	X
LAAM2	X	X	X	X	-	X	X	-	X	X	X	X
LAAM3	X	X	X	X	-	X	X	-	X	X	X	X
LAAM4	X	X	X	X	-	X	X	-	X	X	X	X

**Tabela 2** – Conteúdo qualitativo em equinodermes nas diferentes amostras, de dimensão igual ou superior a 1 mm.

Amostras	Conteúdo em Equinodermes				
	Asteróides	Echinóides	Ofiuróides	Crinóides	Holoturóides
FRAM1	-	X	-	-	?
FRAM2	-	X	-	-	?
FRAM3	-	X	-	-	?
FTAM1	-	X	-	-	?
FTAM2 1	-	X	-	-	?
FTAM2 2	-	X	-	-	?
OAAM1	-	X	-	-	?
LAAM1	X	X	X	X	?
LAAM2	X	X	X	X	?
LAAM3	X	X	X	X	?
LAAM4	X	X	X	X	X

# Anexo III

## LEGENDA

CENOZÓICO	Quaternário	Holocénico	a	Aluviões	
			A	Areias de praia	
			d	Dunas	
			ad	Areias de dunas	
			dc	Dunas consolidadas	
	Plistocénico		Q	Areias e cascalheiras de praias antigas	
		Serravaliano		M <sup>3</sup> <sub>Vla</sub>	"Argilas de Xabregas"
				M <sup>3</sup> <sub>Vc</sub>	"Calcários da Quinta das Conchas com <i>Anomia choffati</i> "
				M <sup>3</sup> <sub>Vb</sub>	"Areias do Vale de Chelas"
Langhiano			M <sup>2</sup> <sub>Vla</sub>	"Calcários e areias de Musgueira e de Casal Vistoso"	
			M <sup>2</sup> <sub>III</sub>	"Calcários de Entre - Campos" ("Banco Real")	
Burdigaliano			M <sup>1</sup> <sub>I</sub>	"Areolas da Estefânea"	
			M <sup>1</sup> <sub>II</sub>	"Argilas dos Prazeres"	
Aquitânico			Φ	"Formação de Benfica"	
Eocénico/Oligocénico					

Legenda da Carta Geológica  
1/50000, 34-C (Cascais)

MESOZÓICO		Senoniano	β <sup>1</sup>	"Complexo vulcânico de Lisboa" com intercalações vulcano - sedimentares. Rochas piroclásticas (*)		
			Cenomaniaco superior	C <sup>3</sup> <sub>C</sub>	Calcários com Rudistas e "Camadas com <i>Neolobites vibrayanus</i> "	
				Albiano a Cenom. inf./méd.	C <sup>2</sup> <sub>AC</sub>	Calcários e margas ("Belasiano")
			Aptiano sup.		C <sup>1</sup> <sub>AS</sub>	Arenitos e argilas ("Grés Superiores")
				Aptiano inf.	C <sup>1</sup> <sub>A</sub>	Calcários e margas com <i>Palorbitolina lenticularis</i> ("Calcários com <i>Orbitolina</i> ")
			Barremiano sup.		C <sup>1</sup> <sub>Ba</sub>	Arenitos, argilas e dolomitos ("Grés Inferiores")
				Hauteriviaco - Barrem. inf.	C <sup>1</sup> <sub>HBa</sub>	Calcários recifais e calcários com <i>Chofattelas</i> e <i>Dasicladáceas</i>
			Hauteriviaco inf.		C <sup>1</sup> <sub>Ca</sub>	Margas e calcários margosos com <i>Toxaster</i>
				Valanginiaco	C <sup>1</sup> <sub>Ba</sub>	Calcários, margas e arenitos
			Berriasiaco		C <sup>1</sup> <sub>Be</sub>	Calcários e margas com <i>A. lusitanica</i> , <i>M. purbeckensis</i> e <i>Tracholinas</i> incluindo os níveis de "Calcários amarelo-nanquim" ("Infravalanginiaco")
				Jurásico superior	Titoniano	J <sup>5</sup>
			J <sup>4-5</sup>			Calcários margosos, margas e calcários com corais e oncólitos ("Calcários de Mem Martins", "Margo-calcários xistosos" incluindo os "Calcários corálicos" e os "Calcários com oncólitos")
			Oxfordiano sup.		J <sup>3-4</sup>	Calcoxistos com intercalações margosas e níveis conglomeráticos ("Lusitaniano", "Xistos do Ramalhão")
					J <sup>2</sup> <sub>B</sub>	Calcários compactos metamorfizados ("Calcários de S. Pedro")
			Plutonitos	Senoniano	γ	Granito de Sintra
Γ	Gabros (Malveira e Carnaxide)					
Filões e massas		ρ	Riolito (filão/chaminé)			
		λ	Traquibasalto, lamprófito Filão camada (*)			
		β <sup>1</sup>	Basalto, dolerito Chaminé basáltica (*)			
		Filão alterado e/ou não identificado				

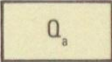
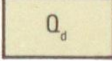
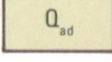
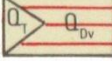
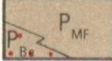

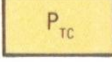

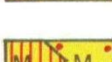


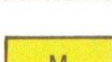
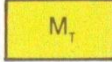

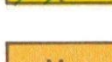
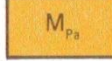

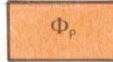
LEGENDA

CENÓZOICO	Quaternário	Holocénico	a	Aluviões e/ou aterros
			v	Depósitos de vertente
			ap	Areias de praia
			d	Dunas
		Plistocénico	Q <sub>ae</sub>	Dunas antigas e areias eólicas indiferenciadas
			Q <sub>m</sub> Q <sub>f</sub>	Q <sub>m</sub> - Depósitos de terraços marinhos Q <sub>f</sub> - Depósitos de terraços fluviais
			Q <sub>MF</sub>	Formação de Marco Furado: argilitos e conglomerados
			Q <sub>PC</sub>	Formação de Porto do Concelho: margas
			Q <sub>Be</sub> P <sub>SA</sub>	Q <sub>Be</sub> - Conglomerado de Belverde P <sub>SA</sub> - Formação da Serra de Almeirim: arenitos e conglomerados
			P <sub>SM</sub>	Formação de Santa Marta: areias
Neogénico	Tortoniano	1 2 3 4	1 - M <sub>CR</sub> - Areolas de Cabo Ruivo (M <sub>VIIb</sub> ) 2 - M <sub>BP</sub> - Areolas de Braço de Prata (M <sub>VIIa</sub> ) 3 - M <sub>CB</sub> - Areolas de Cabo Ruivo e Areolas de Braço de Prata indif. 4 - M <sub>QA</sub> - Areias e margas de Quinta do Anjo	
		1 2 3	1 - M <sub>MV</sub> - Calcários de Marvila (M <sub>VIc</sub> ) 2 - M <sub>GR</sub> - Grés dos Grilos (M <sub>VIb</sub> ) 3 - M <sub>MG</sub> - Calcários de Marvila e Grés dos Grilos indiferenciados	
			1 2	1 - M <sub>Xa</sub> - Argilas de Xabregas (M <sub>VIa</sub> ) 2 - M <sub>PI</sub> - Arenitos e calcarenitos de Pinhal e Castelo de Palmela
				3 4 5
	Langhiano	M <sub>Mu</sub>	Calcários de Musgueira (M <sub>Va3</sub> )	
		M <sub>pm</sub>	Areias com <i>Placuna miocenica</i> (M <sub>Va2</sub> ) (*) intercalação calcária - M <sub>pm</sub> '	
	Burdigalano	M <sub>CV</sub>	Calcários de Casal Vistoso (M <sub>Va1</sub> )	
		M <sub>OB</sub>	Areias de Quinta do Bacalhau (M <sub>IVb</sub> )	
		M <sub>FT</sub>	Argilas de Forno do Tijolo (M <sub>IVa</sub> )	
	Aquitânico	M <sub>EC</sub>	Calcários de Entrecampos ("Banco Real") (M <sub>III</sub> )	
M <sub>ES</sub>		Areolas de Estefânia (M <sub>II</sub> )		
M <sub>Pr</sub>		Argilas de Prazeres (M <sub>I</sub> )		

MESOZOICO	Paleogénico	Eocénico a Oligocénico	Φ <sub>Br</sub>	Formação de Benfica: conglomerados, arenitos e argilitos (*) intercalações carbonatadas: (Calcários de Alfornelos - Φ <sub>Br</sub> <sup>a</sup> )	
			β <sup>1</sup>	Complexo Vulcânico de Lisboa (*) Rochas piroclásticas - β <sub>p</sub> <sup>1</sup> (**) Filões e chaminés de basalto - β	
	Cretácico	Cretácico Superior	Cenomaniano superior	C <sub>Bi</sub> <sup>2</sup>	Formação de Bica: calcários com rudistas (inclui o nível com <i>Neolobites vibrayeanus</i> )
				Cretácico Inferior	Albiano sup. a Cenomaniano med.

Legenda da Carta Geológica 1/50000, 34-D (Lisboa)

## LEGENDA

Quaternário	Holocénico	Aluviões	
		Dunas	
		Areias de duna	
		Terraços (Q <sub>T</sub> ) e depósitos de vertente (Q <sub>Dv</sub> )	
	Plistocénico	Conglomerado de Marco Furado (P <sub>MF</sub> )	
Conglomerado de Belverde (P <sub>Be</sub> )			
Pliocénico	Areias feldspáticas de Fonte da Telha e de Coia		
Miocénico	Tortoniano	Depósitos de Ribeira da Lage (M <sub>L</sub> )	
		Areias e margas de Qta. do Anjo (M <sub>An</sub> )	
		Conglomerados de Guarda-Mor (M <sub>GM</sub> )	
	Serravaliano-Langhiano	Depósitos glauconíticos de Penedo (M <sub>Pe</sub> )	
		Arenitos e calcoarenitos de Pinhal e Castelo de Palmela (M <sub>Pi</sub> )	
Areias de Qta. da Torre			
Burdigaliano	Calcarenitos e margas de Foz da Fonte e de Penedo Sul (M <sub>FF</sub> )		
	Argilitos e margas de Azeitão (M <sub>Az</sub> )		
Aquitano	Calcários margosos de Palhavã		
Paleogénico	Calcários de Sra. das Necessidades		
	Conglomerados, arenitos e margas de Picheleiros		

Legenda da Carta Geológica  
 1/50000, 38-B (Setúbal) – Parte I

Cretácico	Albiano	Calcários e margas de Galé				
	Aptiano a Barremiano superior	Grés e argilas de Rodísio (C¹_Ro)				
		Calcários e margas de Cresmina (C¹_Cr)				
		Argilas, grés e dolomitos de Regatão (C¹_Re)				
		Grés e argilas de Almargem (C¹_Al)				
	Barremiano inferior a Hauteriviano inferior	Calcários argilosos e grés de Boca do Chapim Grés e argilas de Papo Seco Calcários e calcários argilosos de Areia do Mastro Dolomitos e grés calcários de Rochadouro Calcários argilo-gresosos e dolomitos de Ladeiras Grés e argilas de Fonte Grada (C¹_FG)	(C¹_HB)			
				Hauteriviano	Margas e calcários recifais de Maceira	
				Valanginiano e Berriasiano médio e superior	Grés, argilas e calcários gresosos de Guia e Vale de Lobos	
	Berriasiano inferior	Argilas, grés e grés calcários de Porto da Calada (C¹_Ca)				
		Grés e argilas de Serreira (C¹_S)				
Jurássico	Titoniano e Kimeridgiano	Calcários, grés e margas de Espichel (J³_Es)				
		Conglomerados de Comenda (J³_Co)				
		Argilas, grés, conglomerados e calcários de Vale de Rasca (J³_Ra)				
	Kimeridgiano a Oxfordiano med	Calcários de Azóia (J³_A), Calcários e grés intercalado de Risco (J³_R), Dolomitos de Forte da Baralha (J³_Ba)				
		Oxfordiano médio a superior	Margas, argilas, calhaus negros e conglomerados de Arrábida			
	Caloviano p.p. a Batoniano superior	Calcários de Pedreiras				
		Batoniano médio e inferior a Toarciano inferior	Dolomitos de Cabo de Ares (J¹·²_A)			
	Margas, calcários oolíticos e dolomitos com Gervilia (J¹·²_G)					
	Dolomitos do Convento e S. Luís (J¹·²_Cl)					
	Toarciano inferior a Sinemuriano	Dolomitos de Califórnia				
Margas dolomíticas e calcários dolomíticos com Braquiópodes de Meia Velha						
Dolomitos de Sesimbra						
Sinemuriano inferior a Hetangiano	Complexo Vulcano-Sedimentar					
	Dolomitos em plaquetas (J¹_Pl) Complexo pelítico carbonatado evaporítico. (Margas de Dagorda) (J¹_Da)					

Legenda da Carta Geológica 1/50000, 38-B (Setúbal) – Parte II

#### FILÕES E MASSAS

Doleritos ( $\delta$ ), teschenitos ( $\Theta$ ), Lamprófios (l)

Basaltos

