



UNIVERSIDADE DO ALGARVE
FACULDADE DE CIÊNCIAS DO MAR E DO AMBIENTE

REGISTO PALEONTOLÓGICO DAS ALTERAÇÕES AMBIENTAIS
APLICAÇÃO DIDÁCTICA DO USO DE FÓSSEIS DE FORAMINÍFEROS
(LAGOA DOS SALGADOS – SUL DE PORTUGAL)

MESTRADO EM BIOLOGIA E GEOLOGIA
ESPECIALIZAÇÃO EM EDUCAÇÃO

Andreia Marisa Rodrigues Monteiro

Faro, 2008



UNIVERSIDADE DO ALGARVE
FACULDADE DE CIÊNCIAS DO MAR E DO AMBIENTE



**Dissertação apresentada à Universidade do Algarve para obtenção do grau de
Mestre em Biologia e Geologia – Especialização em Educação**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO

**REGISTO PALEONTOLÓGICO DAS ALTERAÇÕES AMBIENTAIS
APLICAÇÃO DIDÁCTICA DO USO DE FÓSSEIS DE FORAMINÍFEROS
(LAGOA DOS SALGADOS – SUL DE PORTUGAL)**

MESTRANDA

Andreia Marisa Rodrigues Monteiro

ORIENTADORA

Professora Doutora Delminda Moura

JÚRI

Presidente: Doutora **Maria Sofia Júdice Gamito Pires**, Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente da Universidade do Algarve.

Vogais: Doutora **Delminda Maria de Jesus Moura**, Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente da Universidade do Algarve;
Doutora **Maria Teresa Drago Pereira**, Investigadora Auxiliar do IPIMAR Olhão.

Faro, 2008

RESUMO

O presente estudo tem como objectivos primordiais a compilação de informação que possa ser utilizada pelos professores nas suas aulas, na abordagem de um estudo de caso, os microfósseis de foraminíferos, que permanece dispersa, fazendo uma breve reflexão sobre ela, e fornecer um contributo para o estabelecimento das linhas gerais, apresentando-se um projecto concreto, a que uma aula de campo sobre o referido tema, e sua posterior interpretação, deve obedecer.

Foi escolhida como área de estudo a Lagoa dos Salgados, que se situa na parte central da Baía de Armação de Pêra, sector costeiro sul-centro do Algarve (Sul de Portugal).

Pretende-se que o exemplo aqui dado possa não só ir ao encontro de objectivos de desígnio nacional no âmbito da Educação Ambiental e da Literacia Científica, mas que também tenha em conta as exigências curriculares nacionais. O objectivo deste propósito é, pois, juntar o melhor da Ciência com o melhor da Pedagogia tendo como fim último a divulgação da aplicação didáctica da utilização dos microfósseis de foraminíferos na interpretação do registo paleontológico das alterações ambientais, e a promoção de uma maior consciencialização da população portuguesa, em particular de alunos do Ensino Básico e Secundário, para a importância dos recursos naturais em geral, e dos recursos faunísticos e geológicos em particular, assim como da necessidade de os proteger para garantir um desenvolvimento sustentável. Pretende-se ainda sensibilizá-los para as principais ameaças ao património costeiro português no sentido de se tornarem agentes sensibilizadores junto da comunidade escolar e sociedade em geral.

Palavras-chave:

Educação; Trabalho de campo; Foraminíferos bentónicos; Indicadores de qualidade ambiental; Reconstrução paleoambiental; Lagoa dos Salgados.

ABSTRACT

This study has as one of its main goals the gathering of information which might be used by teachers in their classes in the study of a specific and still vaguely studied situation, such as the foraminifera's microfossils and also offer a short reflection about it. Another main goal is, in presenting this project, the contribution to the creation of principles to which a field class on this subject and its subsequent interpretation should obey.

Lagoa dos Salgados was the chosen region for the study, located in the centre of Baía de Armação de Pêra, in the south-centre coast sector of the Algarve (South Portugal).

I intend to use this case study not only as an example of the national purposes defined in environmental education and scientific knowledge, but also as an example to show the claims in the national educational curricula. The aim is to join the best in science with the best in pedagogy, by revealing the didactic application of foraminifera's microfossils in the paleoenvironmental interpretation of environment changes and by making the Portuguese population aware, in particular students in primary and secondary schools, of the importance of natural resources in general, and the fauna and geologic resources in special, as well as the necessity to protect them, in order to maintain a sustainable development. It is also my purpose to show the main existing threats to the Portuguese coast heritage, to make the students aware of this situation and take them to be more participating in their school community and in the larger community as well.

Key words:

Education; Field work; Benthic foraminifera; Environmental quality indicators; Paleoenvironmental reconstruction; Lagoa dos Salgados.

AGRADECIMENTOS

Foram muitas as pessoas que de forma directa ou indirecta contribuíram para que este trabalho fosse possível de realizar. É-me impossível listar todos os nomes de amigos e colegas que contribuíram com encorajamento e apoio, críticas e sugestões para a concretização deste trabalho, contribuições essas fundamentais para a sua valorização. Muito obrigada a todos!

Reitero um especial agradecimento à Professora Doutora Delminda Moura, não só pela criação de condições à realização deste trabalho, mas principalmente pela permanente disponibilidade, apoio científico e orientação na elaboração da presente dissertação. As suas sugestões, comentários e apreciações foram determinantes para a concretização da mesma.

Agradeço à Dra. Sarita Camacho e à Dra. Laura Pereira pelo apoio e disponibilidade demonstrados ao longo a realização da componente laboratorial deste trabalho, e por me permitirem a consulta das suas bibliografias.

Aos meus pais José e Lucinda a quem tudo devo e que sempre se orgulharam e acreditaram em mim.

Finalmente, não existem palavras para expressar o meu profundo agradecimento ao João Lucas não só pelo apoio literário e gráfico mas acima de tudo pelo seu amor e apoio incondicional, por tudo aquilo que não se consegue escrever mas que se sente e que não esquecerei...

ÍNDICE GERAL

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
AGRADECIMENTOS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABELAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2. ENQUADRAMENTO DO TRABALHO DE CAMPO NO ENSINO E NA APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS	5
2.1 Teorias Construtivistas no Ensino e Aprendizagem das Ciências	5
2.2 Ensino por Pesquisa	8
2.3 Actividades Práticas no Ensino das Ciências	9
2.3.1 Trabalho de Campo	10
2.3.1.1 Modelos de Saídas de Campo	12
2.3.2 Modelo de Trabalho de Campo Utilizado	16
2.3.2.1 Pré – Saída de Campo (preparação)	17
2.3.2.2 Saída de Campo	18
2.3.2.3 Pós – Saída de Campo	19
CAPÍTULO 3. O ESTUDO DOS FORAMINÍFEROS	21
3.1 A Posição dos Foraminíferos na Sistemática	21
3.2 A Biologia dos Foraminíferos	23
3.2.1 Os Foraminíferos como Organismos	23
3.2.2 O Corpo Protoplasmático	25
3.2.3 Os Pseudópodes	
Uma Característica Específica dos Foraminíferos	26
3.2.4 Os Organitos Celulares	28
3.2.5 A Nutrição dos Foraminíferos	30
3.2.6 Crescimento e Formação das Carapaças	33
3.2.7 Reprodução e Ciclo de Vida	35
3.2.8 A Carapaça dos Foraminíferos	40
3.2.8.1 Composição da Carapaça	43
3.2.8.2 Disposição das Câmaras e Arquitectura Geral das Carapaças	47

3.2.8.3 As aberturas	50
3.2.8.4 A ornamentação	51
3.3 A Ecologia dos Foraminíferos	52
3.3.1 Distribuição ecológica dos foraminíferos	52
3.3.2 Zonação ecológica em ambientes parálisos	57
3.4. A Importância dos Foraminíferos	
no Estudo dos Ambientes Actuais e Pretéritos	58
3.4.1 Os Foraminíferos como Indicadores de Qualidade Ambiental	58
3.4.2 Os Foraminíferos na Reconstrução Paleoambiental	63
3.5. Os Foraminíferos como Recurso Didáctico	64
CAPÍTULO 4. FOSSILIZAÇÃO	68
4.1 Conceito de Paleontologia e de Fóssil	69
4.2 Processos de Fossilização	71
CAPÍTULO 5. CARACTERIZAÇÃO DE AMBIENTES COSTEIROS	76
5.1 Lagoas Costeiras	76
5.2 Estuários	80
CAPÍTULO 6. ENQUADRAMENTO DA ÁREA EM ESTUDO	84
6.1 Localização da Área em Estudo	84
6.2 Caracterização da Área em Estudo	85
6.2.1 Enquadramento Geológico	85
6.2.2 Caracterização Climática	87
6.2.3 Agitação Marítima	87
6.2.4 Acção do Homem	88
CAPÍTULO 7. METODOLOGIA	91
7.1 Material e Métodos de Campo	91
7.1.1 Preparação do Trabalho de Campo	91
7.1.2 Trabalho de Campo	92
7.2 Métodos e Técnicas Laboratoriais dos Sedimentos	94
7.2.1 Determinação do Teor em Matéria Orgânica Total	95
7.2.2 Determinação da Granulometria dos Sedimentos	96
7.2.2.1 Análise granulométrica	
da fracção fina dos sedimentos (< 63 µm)	97
7.2.2.2 Análise granulométrica	
da fracção grosseira dos sedimentos (> 63 µm)	101
7.2.3 Determinação do Conteúdo em Carbonatos	102
7.2.4 Análise da Composição dos Sedimentos	104
7.3 Métodos e Técnicas Micropaleontológicas de Laboratório	105
7.3.1 Lavagem e crivagem das amostras	105

7.3.2	Preparação das amostras para contagem e classificação	106
7.3.2.1	Método utilizado nas amostras húmidas	106
7.3.2.2	Método utilizado nas amostras secas	107
7.3.3	Triagem dos Organismos	108
7.3.4	Método de Contagem	110
7.3.5	Identificação e Descrição dos Organismos	111
CAPÍTULO 8. RESULTADOS E DISCUSSÃO		112
8.1	Resultados da Análise dos Sedimentos	112
8.1.1	Matéria Orgânica e Carbonato de Cálcio	112
8.1.2	Granulometria e Composição dos Sedimentos	113
8.2	Resultados da Análise dos Foraminíferos	117
8.3	Discussão dos Resultados	118
CAPÍTULO 9. CONCLUSÕES		126
CAPÍTULO 10. CONSIDERAÇÕES FINAIS		128
CAPÍTULO 11. BIBLIOGRAFIA		129
ANEXOS		143
Anexo I	Tabelas e Figuras de Apoio	144
Anexo II	Tabelas de Resultados, Cálculos e Gráficos	
	Referentes à Componente Experimental do Trabalho	151
Anexo III	Análise Estatística das Populações	167

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Esquema representativo dos vários microhabitats ocupados pelos foraminíferos vivos (brancos) num ambiente marinho bentónico (modificado de Jorissen, 1999)	24
Figura 3.2 Disposição dos pseudópodes: a) nos foraminíferos imperfurados (<i>Miliolidae</i>); b) nos foraminíferos perfurados (<i>Rotaliida</i>) (adaptado de Nicholson, 1971 in Florida Center for Instructional Technology, 2007)	26
Figura 3.3 a) Captura de uma diatomácea os pelos pseudópodes da espécie <i>Cribrorhammina alba</i> (Goldstein, 1999); b) Ampliação da figura 4.3. a)	31
Figura 3.4 Classificação das carapaças quanto ao número de câmaras: a) e b) uniloculares (adaptado de Martins, 1997; Sen Gupta, 1999b); c) multiloculares (adaptado de Seyve, 1990)	33
Figura 3.5 Sequência das etapas de formação de uma nova câmara na espécie calcária <i>Ammonia tepida</i> (adaptado de Goldstein, 1999)	34
Figura 3.6 Ciclo de vida da espécie <i>Iridia lucida</i> , incluindo uma alternância entre gamonte megalosférico, uninucleado, haplóide e um esquizonte microsférico, plurinucleado, diplóide (modificado de Loeblich e Tappan, 1964)	36
Figura 3.7 Dimorfismo em secções de carapaças de foraminíferos (modificado de Colom, 1974): a) Forma macrosférica ou megalosférica: Gamonte megalosférico com uma grande câmara inicial (prolóculo) e um só núcleo de grandes dimensões; b) Forma microsférica: Esquizonte microsférico com uma pequena câmara inicial (prolóculo) e diminutos núcleos dispersos no citoplasma	38
Figura 3.8 Principais elementos estruturais dos foraminíferos (modificado de BIODIDAC, sd.)	41
Figura 3.9 Esquemas das suturas: a) Carapaça com suturas limbadas; 1. Sutura septal; 2. Sutura espiral; b) Carapaça com suturas deprimidas (adaptado de Seyve, 1990)	42
Figura 3.10 Esquemas das carapaças: a) Carapaça não lamelar; b) Carapaça lamelar (adaptado de BIODIDAC, sd.)	45
Figura 3.11 Géneros representativos das ordens dos foraminíferos (Sen Gupta, 1999b)	46
Figura 3.12 Exemplos de carapaças uniloculares (adaptado de Debenay <i>et al.</i> , 1996): a) Carapaça globosa; b) Carapaça piriforme; c) Carapaça em tubo recto; d) Carapaça em tubo espiralado	47
Figura 3.13 Principais tipos de carapaças dos foraminíferos (adaptado de Loeblich e Tappan, 1964; Bignot <i>et al.</i> , 1975 in Seyve, 1990; Dodd e Robeert, 1991 in Martins, 1997)	48

Figura 3.14 Esquema do enrolamento em carapaças milioliformes: (adaptado de Hottinger, 2006): A. <i>Quinqueloculina</i> ; B. <i>Triloculina</i> ; C. <i>Biloculina</i>	49
Figura 3.15 Principais tipos de aberturas nas carapaças dos foraminíferos (adaptado de Le Calvez, 1953 in Martins, 1997; Loeblich e Tappan, 1964; Bignot <i>et al.</i> , 1975 in Seyve, 1990)	51
Figura 3.16 Principais tipos de aberturas nas carapaças dos foraminíferos (adaptado de Martins, 1997; Bignot <i>et al.</i> , 1975 in Seyve, 1990)	52
Figura 4.1 Exemplos de fossilização por conservação: a) Carcaça de mamute bebé conservado no gelo, encontrado na Sibéria e datado de há 10 mil anos (FarNorthScience, 2007); b) Insecto aprisionado em âmbar com 45 milhões de anos, encontrado no Báltico (Photo Researchers, 2008)	72
Figura 4.2 Exemplos de fossilização por mineralização: a) Secção de coral fossilizado, Barlavento Algarvio (© Andreia Monteiro, Abril 2004); b) Coral fossilizado, Barlavento Algarvio (© Andreia Monteiro, Abril 2004)	72
Figura 4.3 Exemplos de fossilização por incarbonização: a) Graptólito <i>Eoglyptograptus</i> sp. encontrado no “Túnel Ordovícico Del Fabar (Astúrias – Espanha)” (Departamento de Geologia – UTAD, 2005); b) Tronco de árvore fossilizado, <i>Annonoxylon teixeirae</i> , encontrado na área do Lucriz junto a Perais (Vila Velha de Ródão), data, provavelmente, do Miocénico superior e pertence à classe das Anonáceas (Vila Velha de Ródão, 2008)	73
Figura 4.4 Exemplos de fossilização por moldagem: a) Fóssil de <i>Meretrix gigas</i> encontrado em Cacela (Algarve, Portugal), data do Miocénico (INETI, 2008); b) Fóssil de <i>Pereirae gervaisi</i> encontrado em Almada (Portugal), data do Miocénico (INETI, 2008)	74
Figura 4.5 Exemplos de fossilização por impressão: a) Impressão de folhas, <i>Taeniopteris jejunata</i> , encontrada no Buçaco (Aveiro - Portugal), data do Miocénico (INETI, 2008); b) Impressão de um insecto, <i>Phylloblatta fonsecai</i> , encontrada em S. Pedro da Cova (Gondomar - Portugal), data Carbónico Superior (INETI, 2008)	74
Figura 4.6 Fotografias do Monumento Natural das Pegadas dos Dinossáurios da Serra de Aire (Pedreira do Galinha), que contém um importante registo fóssil do período Jurássico: a) Fotografia de um dos vinte trilhos ou pistas na laje calcária (© Andreia Monteiro, Junho 2007); b) Impressões produzidas por dinossáurios saurópodes, datadas do período Jurássico Médio (conservadas ao longo de 175 milhões de anos) (© Andreia Monteiro, Junho 2007)	75
Figura 4.7 Icnofósseis do Vale do Pônsul, em Penha Garcia: a) Rastos de trilobites em quartzitos do Paleozóico (Geopark Naturtejo, 2007); b) Icnofósseis de alimentação de trilobites, formas denominadas Cruziana (MONFORTUR, 2007)	75
Figura 6.1 Localização geográfica da área de estudo (Google, 2008)	84
Figura 7.1 Localização das estações de amostragem (Google, 2008)	93

Figura 7.2 Sonda manual de meia cana (FCMA, Universidade do Algarve)	93
Figura 7.3 Frascos de plástico utilizados na recolha das amostras e respectiva identificação	94
Figura 7.4 Estufa na FCMA (UAlg)	95
Figura 7.5 Mufla na FCMA (UAlg)	95
Figura 7.6 a) Material utilizado na lavagem da amostra (FCMA – Universidade do Algarve): 1. Crivo de inox de 63 μm ; 2. Colector de suspensão munido de um tubo de escoamento; b) Crivo e colector em coluna	97
Figura 7.7 Malvern Mastersizer na FCMA (UAlg)	99
Figura 7.8 Esquema de funcionamento de um analisador por difracção laser (Dias, 2004)	100
Figura 7.9 Agitador de peneiros e coluna de peneiração (FCMA – UAlg)	101
Figura 7.10 Material utilizado na fase de pesagem das fracções granulométricas obtidas no processo de peneiração na FCMA (Universidade do Algarve): 1. folha de papel escuro; 2. escova para limpar os peneiros; 3. caixa de Petri; 4. pincel grosso	102
Figura 7.11 Hotte da FCMA (UAlg)	103
Figura 7.12 a) Material utilizado na eliminação do ácido clorídrico das amostras: 1. Papel de filtro; 2. Funil de vidro; 3. Balão Erlenmeyer. 4. Indicador colorimétrico de ácido-base em tiras de papel. b) Montagem utilizada na eliminação do ácido clorídrico das amostras	104
Figura 7.13 a) Fotografia do Divisor Preciso de Plâncton; b) Esquema detalhado do divisor: 1 – vista lateral da base com as respectivas dimensões; 2 – vista de cima da base, evidenciando a configuração das oito divisões; 3 – vista lateral do divisor com as dimensões da coluna (adaptado de Scott e Hermelin, 1993)	107
Figura 7.14 Lupa binocular (FCMA – UAlg)	109
Figura 7.15 Material necessário para estudar foraminíferos na FCMA (UAlg): 1. Pincel munido de estilete; 2. Porta-foraminíferos; 3. Gel de modelação de cabelo; 4. Pincel para aplicação do gel	109
Figura 8.1 Variação do teor em matéria orgânica total e do teor em carbonatos em função da profundidade nos testemunhos das duas estações analisadas	112
Figura 8.2 Variação da razão finos/grosseiros em função da profundidade nos testemunhos das duas estações analisadas	114

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.I	Comparação entre duas classificações para o grupo dos foraminíferos (Seyve, 1990; Sen Gupta, 1999)	22
Tabela 3.II	Comparação entre a geração megalosférica e microsférica	39
Tabela 7.I	Coordenadas geográficas das sete estações de amostragem, respectivas unidades de amostragem e número de amostras	93
Tabela 8.I	Teor em matéria orgânica e em carbonato de cálcio referentes às estações de amostragem S1 e S2.....	112
Tabela 8.II	Análise granulométrica I das amostras referentes às estações de amostragem S1 e S2	114
Tabela 8.III	Análise granulométrica II das amostras referentes às estações de amostragem S1 e S2	115
Tabela 8.IV	Caracterização da morfologia dos grãos de quartzo e a composição da fração detrítica e biogénica das amostras referentes às estações de amostragem S1 e S2	117
Tabela 8.V	Frequências absolutas dos taxa encontrados nas estações de amostragem S1 e S2	119
Tabela 8.VI	Frequências absolutas dos taxa encontrados na estação de amostragem S6 (0 - 40 cm)	120
Tabela 8.VII	Frequências absolutas dos taxa encontrados na estação de amostragem S6 (40 - 67,5 cm)	120

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I TABELAS E FIGURAS DE APOIO	144
Tabela A.I Tabela de divisões cronostratigráficas simplificada (modificado de Ruppert <i>et al.</i> , 2004)	144
Tabela A.II Conteúdos programáticos segundo as orientações do Ministério da Educação no âmbito da Geologia (adaptado de Galvão <i>et al.</i> , 2001; Silva <i>et al.</i> , 2001; Mendes <i>et al.</i> , 2003; Amador e Silva, 2004)	145
Tabela A.III Conteúdos programáticos segundo as orientações do Ministério da Educação no âmbito da Biologia (adaptado de Silva <i>et al.</i> , 2001; Mendes <i>et al.</i> , 2003)	146
Tabela A.IV Conteúdos programáticos segundo as orientações do Ministério da Educação no âmbito da intervenção do Homem nos subsistemas terrestres (adaptado de Galvão <i>et al.</i> , 2001; Silva <i>et al.</i> , 2001; Mendes <i>et al.</i> , 2003; Amador e Silva, 2004)	147
Figura A.1 Diagrama de Hjulström: gráfico da velocidade de transporte em função do tamanho da partícula, mostrando as relações entre erosão, transporte e sedimentação (modificado de Friedman e Sanders, 1978)	148
Tabela A.V Determinação visual da esfericidade e do arredondamento (modificado de Chamley, 1987)	148
Figura A.2 Esquemas ilustrativos do conceito de calibração (Departamento de Ciências da Terra – Univ. do Minho, 2008)	148
Tabela A.VI Escala adoptada no programa de análise estatística GRADISTAT versão 4.0, e comparação com as escalas anteriormente utilizadas por Udden (1914), Wentworth (1922) e Friedman e Sanders (1978) (adaptado de Blott e Pye, 2001)	149
Tabela A.VII Profundidade em cm da inserção da pipeta, para uma dada temperatura, no método da pipetagem para a análise granulométrica da fracção fina dos sedimentos (adaptado de Lewis e McConchie, 1994)	150
Tabela A.VIII Síntese dos critérios de divisão dos ambientes de acordo com o grau de influência marinha segundo Camacho (2004)	150

**ANEXO II TABELAS DE RESULTADOS, CÁLCULOS E GRÁFICOS
REFERENTES À COMPONENTE EXPERIMENTAL DO TRABALHO 151**

Tabela A.IX	Cálculos para a determinação do teor em matéria orgânica para as estações de amostragem S1 e S2	151
Tabela A.X	Cálculos para a determinação do teor em CaCO ₃ para as estações de amostragem S1 e S2	151
Figura A.7	Análise granulométrica da fracção fina dos sedimentos da amostra S1 (0-10) obtida pelo método de medição de partículas por difracção laser (Malvern Mastersizer) e respectivo gráfico	152
Figura A.8	Análise granulométrica da fracção fina dos sedimentos da amostra S1 (10-30) obtida pelo método de medição de partículas por difracção laser (Malvern Mastersizer) e respectivo gráfico	153
Figura A.9	Análise granulométrica da fracção fina dos sedimentos da amostra S1 (30-47) obtida pelo método de medição de partículas por difracção laser (Malvern Mastersizer) e respectivo gráfico	154
Figura A.10	Análise granulométrica da fracção fina dos sedimentos da amostra S2 (0-6) obtida pelo método de medição de partículas por difracção laser (Malvern Mastersizer) e respectivo gráfico	155
Figura A.11	Análise granulométrica da fracção fina dos sedimentos da amostra S2 (6-18,5) obtida pelo método de medição de partículas por difracção laser (Malvern Mastersizer) e respectivo gráfico	156
Figura A.12	Análise granulométrica da fracção fina dos sedimentos da amostra S2 (18,5-38) obtida pelo método de medição de partículas por difracção laser (Malvern Mastersizer) e respectivo gráfico	157
Figura A.13	Análise granulométrica da fracção grosseira dos sedimentos da amostra S1 (0-10) obtida pelo programa de análise estatística GRADISTAT versão 4.0 (Blout, 2000) e respectivo histograma	158
Figura A.14	Análise granulométrica da fracção grosseira dos sedimentos da amostra S1 (10-30) obtida pelo programa de análise estatística GRADISTAT versão 4.0 (Blout, 2000) e respectivo histograma	159
Figura A.15	Análise granulométrica da fracção grosseira dos sedimentos da amostra S1 (30-47) obtida pelo programa de análise estatística GRADISTAT versão 4.0 (Blout, 2000) e respectivo histograma	160
Figura A.16	Análise granulométrica da fracção grosseira dos sedimentos da amostra S2 (0-6) obtida pelo programa de análise estatística GRADISTAT versão 4.0 (Blout, 2000) e respectivo histograma	161
Figura A.17	Análise granulométrica da fracção grosseira dos sedimentos da amostra S2 (6-18,5) obtida pelo programa de análise estatística GRADISTAT versão 4.0 (Blout, 2000) e respectivo histograma	162
Figura A.18	Análise granulométrica da fracção grosseira dos sedimentos da amostra S2 (18,5-38) obtida pelo programa de análise estatística GRADISTAT versão 4.0 (Blout, 2000) e respectivo histograma	163

Tabela A.XI Caracterização da morfologia dos grãos de quartzo e a composição da fracção detrítica e biogénica das amostras referentes às estações de amostragem S1 e S2	164
--	-----

ANEXO III ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS POPULAÇÕES 167

III.1 Densidade faunística	167
III.2 Abundância	167
III.3 Dominância	167
III.4 Constância	168
III.5 Razão Planctónicos/ Bentónicos	168
III.6 Razão Aglutinados/ Calcários	169
III.7 Diversidade	169
III.7.1 Número de espécies ou riqueza específica	170
III.7.2 Índice de equitabilidade	170
III.7.3 Índice de diversidade de Shannon	171
III.8 Análise das comunidades faunísticas	172

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Segundo a Comissão Estratégica dos Oceanos (2004) tem-se assistido nos últimos anos a um forte crescimento demográfico, em particular nas zonas costeiras, assim como a um aumento de actividades económicas no litoral. Tal facto tem-se traduzido na degradação do ambiente e destruição dos ecossistemas marinhos.

A mesma comissão recomenda que Portugal adopte, entre outras soluções, políticas conducentes ao desenvolvimento de pólos de vanguarda no campo da investigação científica e tecnológica que lhe permita proceder a uma exploração sustentável e efectiva das riquezas minerais e biológicas das zonas costeiras (Comissão Estratégica dos Oceanos, 2004). Quaisquer que sejam as recomendações políticas, para que estas sejam efectivas devem ter a colaboração das populações. Para que tal aconteça, as pessoas têm de compreender a importância das zonas costeiras para Portugal, das suas potencialidades e do modo como estas poderão ajudar a melhorar as condições de vida das populações. Desta forma conseguir-se-á que estas adquiram um maior sentido de pertença e que conseqüentemente assumam um papel mais activo na resolução dos problemas e na aceitação de determinadas medidas políticas, económicas e sociais.

É objecto de consenso, o facto de a escola ser um meio preferencial para divulgar as Ciências Marinhas, como tal, é preciso realizar um trabalho pedagógico neste âmbito, para que através da escola, espaço de formação por excelência, se faça uma clara aposta nas crianças e nos jovens não só como alvos de sensibilização mas também como agentes sensibilizadores da sociedade em geral. A este propósito, a Comissão Estratégica dos Oceanos (2004) afirma no seu relatório que “a educação das crianças, é hoje um método

reconhecidamente bem sucedido de alterar, através da percepção que estas últimas adquirem, as mentalidades dos progenitores e logo também dos adultos em geral”. É durante o processo educativo e escolar que, com mais efectividade e longevidade, se transmitem os princípios e conceitos básicos do saber e do conhecimento.

Neste contexto, o objectivo primordial deste trabalho é não só reunir alguma informação que possa ser utilizada pelos professores nas suas aulas, na abordagem de um estudo de caso, os microfósseis de foraminíferos, que permanece dispersa, fazendo uma breve reflexão sobre ela, mas principalmente dar um contributo para o estabelecimento das linhas gerais, apresentando-se um projecto concreto, a que uma aula de campo sobre o referido tema, e sua posterior interpretação, deve obedecer. Pretende-se que o exemplo aqui dado possa não só ir ao encontro de objectivos de desígnio nacional no âmbito da Educação Ambiental e da Literacia Científica, mas que também tenha em conta as exigências curriculares nacionais. O objectivo deste propósito é, pois, juntar o melhor da Ciência com o melhor da Pedagogia tendo como fim último a divulgação da aplicação didáctica da utilização dos microfósseis de foraminíferos na interpretação do registo paleontológico das alterações ambientais, e a promoção de uma maior consciencialização da população portuguesa, em particular de alunos do Ensino Básico e Secundário, para a importância dos recursos naturais em geral, e dos recursos faunísticos e geológicos em particular, assim como da necessidade de os proteger para garantir um desenvolvimento sustentável. Pretende-se ainda sensibilizá-los para as principais ameaças ao património costeiro português no sentido de se tornarem agentes sensibilizadores junto da comunidade escolar e sociedade em geral. As actividades propostas poderão ser realizadas nos 7.º e 8.º anos da disciplina de Ciências Naturais do 3.º ciclo do Ensino Básico, nos 10.º e 11.º anos da disciplina de Biologia e Geologia, e no 12.º ano de Geologia do Ensino Secundário, tal como na disciplina de Área de Projecto, em qualquer dos níveis referidos.

Assim, o presente trabalho tem como objectivos gerais: recolher e construir informação que possa ser utilizada como recurso didáctico; assim como fomentar o trabalho de campo como um recurso didáctico de extrema importância na motivação dos alunos para o estudo das Ciências da Terra e da Vida. No que concerne aos objectivos específicos pretende-se: compreender e aplicar alguns dos métodos utilizados na reconstituição da história da Terra; construir material didáctico interpretativo a partir de um estudo de caso; utilizar microfósseis na reconstituição dos paleoambientes; programar um bloco de “aulas-tipo” facilmente aplicável, por qualquer docente, recorrendo a técnicas simples e que sirvam para explorar vários conteúdos programáticos.

Este trabalho encontra-se dividido em onze capítulos. No primeiro faz-se uma breve introdução ao trabalho que irá ser desenvolvido. Do segundo ao sexto capítulo é apresentada uma recolha de bibliografia com o objectivo da construção do quadro teórico do estudo. No segundo capítulo faz-se um enquadramento do trabalho de campo no ensino e na aprendizagem das ciências, e descreve-se a metodologia de trabalho de campo sugerida. No terceiro capítulo apresenta-se uma descrição sumária da Biologia dos foraminíferos, como as funções vitais e características da carapaça com importância taxonómica, referencia-se alguns aspectos relacionados com a sua Ecologia, e dá-se ênfase à aplicação do estudo dos foraminíferos como indicadores de qualidade ambiental, na reconstrução paleoambiental, e por último como recurso didáctico. No quarto capítulo faz-se uma abordagem do conceito de fóssil e de Paleontologia e descrevem-se os vários processos de fossilização. No quinto capítulo caracteriza-se brevemente alguns tipos de ambientes costeiros, nomeadamente lagoas costeiras e estuários, para no sexto capítulo se fazer o enquadramento da área de estudo, em que localiza e caracteriza do ponto de vista geológico e ambiental a Lagoa dos Salgados, a qual foi escolhida como área de estudo por não se terem feito até à data estudos de microfósseis no local. No sétimo capítulo

descreve-se pormenorizadamente a preparação do trabalho de campo, as técnicas a desenvolver no trabalho de campo propriamente dito e a metodologia laboratorial do material sedimentar e da Micropaléontologia. No oitavo capítulo são expostos e discutidos os resultados obtidos, e a enumeração das conclusões gerais consta do nono capítulo, seguido do décimo dedicado a algumas reflexões finais, nomeadamente as perspectivas futuras deste trabalho, e por fim a listagem de bibliografia utilizada. Os anexos estão divididos em três secções, sendo que na primeira se encontram algumas tabelas e figuras de apoio aos restantes capítulos, na segunda foram colocados tabelas de resultados, cálculos e gráficos referentes à componente experimental do trabalho, e da terceira consta a descrição da análise estatística das populações.

Do projecto inicial da dissertação de mestrado consta uma componente experimental, a qual foi implementada, ficando no entanto por concretizar alguns dos objectivos propostos. Por motivos profissionais, a mestranda, professora contratada do Ensino Secundário, tem sido colocada todos os anos em escolas diferentes, geograficamente muito distantes da Universidade do Algarve e, conseqüentemente da área em estudo, o que dificultou fortemente o desenvolvimento do trabalho de campo. Esta situação agravou-se ainda com as alterações do Estatuto da Carreira Docente, que exigem que o professor permaneça muito mais tempo no estabelecimento de ensino para além das horas lectivas e que não lhe permitem faltar para formação.

A proposta inicial de dissertação sofreu, assim, uma reestruturação dando-se mais ênfase à aplicação didáctica do uso de fósseis de foraminíferos, recolhendo e construindo informação que possa ser utilizada como recurso didáctico, e fomentando o trabalho de campo como um recurso didáctico de extrema importância na motivação dos alunos para o estudo das Ciências da Terra, ao invés de utilizar os resultados obtidos no campo na reconstituição do paleoambiente em questão, ou seja, a Lagoa dos Salgados.

CAPÍTULO 2

ENQUADRAMENTO DO TRABALHO DE CAMPO NO ENSINO E NA APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS

2.1 TEORIAS CONSTRUTIVISTAS NO ENSINO E APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS

Vivemos hoje num mundo caracterizado, globalmente, por um volume de conhecimentos científicos e técnicos indutores de profundas mudanças sociais, políticas, económicas e culturais, sendo, ao mesmo tempo, esses conhecimentos condicionados por tais mudanças. Com isto seria de pensar que a expansão da ciência terá sido possível devido ao aumento do nível de literacia da sociedade no seu todo. Sabe-se, no entanto, que esta relação não é directa, uma vez que também assistimos a desigualdades sociais, económicas e políticas muito grandes entre os países desenvolvidos, em desenvolvimento e subdesenvolvidos (Martins, 2002).

Apesar deste panorama, o mundo actual apresenta mais oportunidades para as populações do que há 100 anos ou mesmo 20 anos atrás. Para a maioria das crianças de hoje, a alfabetização ocorre na escola, e não à margem desta como acontecia no passado. Então, esta mudança é encarada de uma forma mais profunda reflectindo-se na actual Reforma Educativa que procura ir ao encontro dos princípios definidos na Lei de Bases do Sistema Educativo de 1986 (Secretaria-Geral do Ministério da Educação, 2004), que defende que a Escola, nos diferentes níveis de ensino, deve estar direccionada para formação integral e realização pessoal dos seu educandos.

Nas últimas décadas, e num percurso evolutivo da didáctica das ciências, surge uma prescritiva de ensino em que o conhecimento é activamente construído pelo aprendiz e não apenas transmitido pelo professor e passivamente apreendido

(Vasconcelos *et al.*, 2003). Embora seja difícil avaliar a extensão das mudanças é notória a influência desse movimento nas concepções e práticas docentes. Seria de esperar que houvesse uma concepção de uma aprendizagem de ensino perfeita. No entanto, sabe-se que não existe uma metodologia que resolva todos os problemas educativos ou que resulte com todos os alunos e satisfaça todos os objectivos (Lucas e Vasconcelos, 2005). As aulas de Ciências Naturais constituem um sistema complexo com inúmeras variáveis, onde não existem receitas que se coadunem com tarefas complexas. Sendo assim, o professor deverá desenvolver um amplo reportório de estratégias fundamentadas numa perspectiva construtivista.

Mas em que se baseia esta perspectiva construtivista? Esta perspectiva está direccionada para métodos de ensino e processos de aprendizagem, capazes de ensinar e aprender com eficiência. O olhar do educador dirige-se para as potencialidades e as dificuldades dos estudantes nas suas interacções com os conteúdos escolares.

À medida que os nossos programas educativos foram evoluindo, baseados em grande parte na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1968 *in* Novak, 2000), novos padrões foram surgindo. Um deles pretendia que os alunos desenvolvessem estruturas de conhecimento bem organizadas, em oposição aos que aprendiam por memorização, ou seja uma aprendizagem rotineira que não desenvolvia aquelas estruturas com um conhecimento que incluía muitas noções falsas (Ausubel, 1968 *in* Novak, 2000). Estas mudanças, no ensino das ciências, surgem no final da década de 1970, onde se começa, com grande esforço, a tentar mapear os conteúdos do conhecimento prévio dos alunos acerca de fenómenos e processos naturais, bem como as interacções dessas concepções espontâneas com os conceitos e teorias que são apresentadas na escola.

O Construtivismo ou o interaccionismo representa uma postura epistemológica que teve o seu início com Piaget, que compreende a origem do conhecimento na interacção do sujeito com o objecto. O professor além de ensinar passa a aprender e o

aluno além de aprender passa a ensinar. Além disso, é necessário conhecer o que o aluno já sabe sobre o conteúdo que se pretende leccionar e os conhecimentos que directamente ou indirectamente se relacionam. A aprendizagem de um novo conteúdo é o produto da actividade mental construtivista, levada a cabo pelo aluno mediante a qual ele constrói e incorpora na sua estrutura mental significados e representações relativas ao novo conteúdo, o que passa por entrar em contacto com uma série de conceitos, concepções, representações e conhecimentos adquiridos no decurso de experiências anteriores. Estes conhecimentos prévios permitem não só um contacto inicial com o novo conteúdo, como são, também, fundamentais para construção de novos significados. Uma aprendizagem é tanto mais significativa quanto maior for o número de relações com sentido que o aluno for capaz de realizar entre os seus conhecimentos prévios e o novo conteúdo que é lhe apresentado como objecto de aprendizagem (Cachapuz *et al.*, 2002).

Nesta perspectiva, segundo Wheatley (1991), o ensino das ciências deverá contribuir com tarefas, realizadas em grupo, onde se pratica a partilha e não deverá ser determinada por manuais, nos quais a aprendizagem é tomada como uma acumulação dos conhecimentos.

Resumidamente, segundo Canavarro (1999) e as orientações curriculares actuais, nesta perspectiva construtivista o professor deve desenvolver estratégias que permitam desenvolver competências para que os seus alunos saibam expor ideias, argumentar, discutir, trabalhar em grupo, pesquisar, conduzir processos de investigação e ainda ensinar a pensar e a reflectir sobre a própria forma de pensar. O ensino, assim estruturado, favorece o desenvolvimento de estruturas de pensamento e promove a construção do conhecimento de uma forma autónoma.

2.2 ENSINO POR PESQUISA

O percurso evolutivo da Didáctica das Ciências apoiou-se em diferentes fundamentações teóricas que sumariamente se reflectiram nas principais perspectivas do ensino das ciências, sendo a perspectiva de ensino por pesquisa aquela em que se desenvolveu um novo enquadramento para o ensino das ciências no final da década 1990. Este processo é fortemente marcado pelo cognitivismo, isto é pelo construtivismo que realça o papel do aluno como construtor do conhecimento, movido pela curiosidade, descoberta e resolução de problemas para além de contribuir para o desenvolvimento pessoal e social dos jovens. O ensino por pesquisa faz o apelo a conteúdos interdisciplinares, cultural e educacionalmente relevantes. Segundo Cachapuz *et al.* (2002), nesse sentido, um dos objectivos essenciais é a compreensão das relações Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente, que procura garantir aprendizagens que se tornem úteis aos alunos numa perspectiva de acção. Trata-se agora, de valorizar objectivos educacionais (e não meramente instrucionais) que promovam uma avaliação formadora em detrimento da classificatória, nas perspectivas de Vasconcelos *et al.* (2003). Importa, assim, avaliar capacidades, atitudes e valores e não apenas os conteúdos científicos sobrevalorizados no ensino tradicional.

O ensino por pesquisa fomenta nos alunos o gosto pela pesquisa, facto que os ajuda a transformar informação em conhecimento, a partilha da mesma e sua discussão na sala de aula desviando a atenção do professor para uma avaliação mais efectiva tendo em vista regular o processo de ensino aprendizagem e implicando o aluno na construção do conhecimento. Logo, o aluno é activo porque é construtor do seu próprio conhecimento, assumindo o papel indagador, numa dinâmica de grupo (visão Vygostkiana) onde a reflexão e discussão assumem um papel crucial, e onde o aluno é auxiliado a saber quais as estratégias metacognitivas a utilizar em cada tarefa segundo uma perspectiva oriunda da Psicologia sócio-cognitiva do construtivismo (Lucas e Vasconcelos, 2005).

2.3 ACTIVIDADES PRÁTICAS NO ENSINO DAS CIÊNCIAS

Independentemente do foco preferencial de um determinado currículo de ciências, do tipo de conteúdos nele incluídos ou das aplicações de conceitos científicos na resolução de problemas da vida real, as ciências podem assumir um importante papel no desenvolvimento de competências cognitivas e também socio-afectivas complexas. Estas competências podem ser transpostas para situações diversas do quotidiano, contribuindo para o desenvolvimento integral de cada aluno e onde as diferentes actividades implementadas pelo professor têm um importante papel a desempenhar.

A terminologia do trabalho prático referido no currículo das ciências, como recurso didáctico imprescindível encontra-se muitas vezes confusa na literatura, já que não se faz a distinção entre os conceitos de trabalho prático, trabalho de campo e trabalho experimental (Hodson, 1998). Para Hodson (1998) qualquer estratégia de aprendizagem que exija num aluno uma atitude activa em vez de passiva, levando a aprender melhor com a experiência directa, pode ser designada por actividade prática. Segundo Leite (2001), o critério que permite distinguir as actividades laboratoriais, das de campo são fundamentalmente, o local onde estas decorrem, e as actividades experimentais, das não experimentais, tem a ver com a necessidade, ou não, de controlar e manipular variáveis.

Nesta sequência, trabalho prático, segundo Leite (2001) e Hodson (1998) é o conceito mais abrangente, que se caracteriza por todas as actividades que exijam que o aluno se envolva activamente, podendo incluir actividades laboratoriais, trabalhos de campo, actividades de resolução de exercícios ou trabalhos de pesquisa, entre outros.

O trabalho laboratorial inclui actividades que envolvam materiais de laboratório (mais ou menos convencionais) e que são desenvolvidas num laboratório (na falta deste, poderá ser realizado numa sala comum, desde que não haja problemas de segurança). Se estes materiais laboratoriais forem transportados para o ar livre, estamos perante uma actividade prática de trabalho de campo como defende Santos (1998).

Trabalho experimental inclui actividades que envolvam o controlo e manipulação de variáveis e que podem ser laboratoriais ou de campo.

2.3.1 Trabalho de Campo

O trabalho de campo deve tratar problemas reais num ambiente natural, onde o aluno explora e contacta com um conjunto de situações que lhe permitem desenvolver competências do domínio cognitivo e atitudinal potenciando a consciencialização da “ciência real” (Santos, 2002).

As actividades de trabalho de campo são vistas como um meio de ensino que proporciona aos alunos um contacto privilegiado com o ambiente e potenciam a construção e o enriquecimento de relações sociais entre os alunos e o professor, assim como atitudes de respeito e protecção da natureza.

Não existem “receitas” de como leccionar. No entanto sabe-se que o ensino das ciências deve ser enquadrado teoricamente, e isto, passa pela forma como os professores (consoante a sua formação, que frequentemente assenta sobre a forma como adquiriram as suas concepções científicas enquanto alunos) pensam que se processa a aprendizagem dos seus alunos. Assim, constata-se que a condução do processo ensino-aprendizagem dependerá do professor e da sua dimensão epistemológica. No entanto, trabalhos realizados por diferentes investigadores permitem-nos afirmar que o trabalho de campo tem vindo sistematicamente, a ser esquecido, senão mesmo banido da prática lectiva (Praia e Marques, 1997). Neste sentido, quando se opta por um trabalho de campo, segundo Praia e Marques (1997), o mesmo tem que ser visto como ferramenta de aprendizagem de forte riqueza heurística, para que os alunos adquiram competências conceptuais específicas de um pensamento científico e sua construção (Orion e Hofstein, 1991). Deve, contudo, salientar-se práticas comuns de alguns professores relativas ao trabalho de campo a que se denomina do tipo “excursionistas”, contrastando com outras práticas mais sustentadas, ou seja, tendo como suporte contextos fomentadores de

situações problemáticas que são colocadas aos alunos bem como a proposta de actividades motivadoras e incentivadoras para eles realizarem. Por exemplo, no âmbito da Geologia, podem ser a organização de percursos, a observação de cortes geológicos, a cartografia geológica de pequenas áreas criteriosamente seleccionadas, a procura de respostas a problemas de geologia ambiental, e a recolha de elementos no âmbito da reconstrução paleoambiental. Não é fácil criar situações com essas características, devendo estar adaptadas às circunstâncias que o trabalho de campo obriga. Só a reflexão em acção, revelará da sua adequação aos objectivos pretendidos. As actividades não podem deixar de estar inseridas numa linha de continuidade com o currículo a desenvolver, deixando de surgir como episódicas e circunstanciais, o que muitas vezes acontece, ou seja, o trabalho de campo tem de fazer-se num contexto pedagógico adequado. Os professores devem tomar em mãos intencionalmente e de forma clara a construção das suas aulas, a partir da crítica que eles próprios forem capazes de realizar, não de uma forma simples e linear, como se tudo ficasse resolvido de uma vez por todas, mas num trabalho de investigação próprio, que implica uma mudança não só de concepções sobre o ensinar a aprender, mas de onde ressaltam novas atitudes, o ser-se e o tornar-se profissional (Praia e Marques, 1997).

O campo torna-se um elemento essencial para uma estratégia de desenvolvimento de competências de observação, análise, espírito crítico e investigação, constituindo para Compiani e Carneiro (1996) um local privilegiado onde o conflito entre o exterior e o interior, o real, as ideias e as representações ocorre com toda a sua intensidade.

Para Orion (1989), existe uma relação inversa entre a novidade do espaço a visitar e o nível de aprendizagem dos alunos no campo, havendo maior rendimento nos alunos que têm uma preparação prévia em relação ao espaço a estudar. Este argumento faz então com que a aprendizagem dependa do tipo de preparação que se faz e dos métodos de ensino que se implementam.

Assim sendo, Orion (1989) e Brusi (1992) consideram que na planificação do trabalho de campo devem ser consideradas três fases: preparação da saída de campo, saída de campo e pós saída de campo.

2.3.1.1 Modelos de Saídas de Campo

É consensual o papel relevante que é atribuído ao trabalho de campo pelas várias linhas de investigação da didáctica das ciências como contributo para a aprendizagem das ciências. No entanto, este consenso perde-se quando se pretende identificar a metodologia a utilizar durante as Saídas de Campo. Vários têm sido os autores que têm caracterizado e classificado o trabalho de campo segundo o seu papel didáctico e/ou metodológico, dos quais se destacam três visões.

Brusi (1992) classifica as actividades de trabalho de campo, de acordo com o papel do professor e dos alunos nas saídas de campo. Estas podem-se classificar em:

i) Saídas dirigidas: O professor assume o protagonismo total da actividade, é ele que planeia, decide, detém o conhecimento, o ritmo e o controlo. Utiliza uma metodologia de ensino por transmissão, expondo os seus conhecimentos através de um discurso descritivo sob a forma de uma conferência de campo. Recorrendo com frequência à ilustração com mapas, esquemas ou demonstrações experimentais, apresenta sempre um resultado acabado. O papel do aluno é de mero espectador, limitando-se a colocar questões ao professor, a recolher apontamentos e algumas vezes à realização de alguns esquemas interpretativos. Neste processo, o seu pensamento reflexivo é praticamente desprezado. Esta inactividade do aluno conduz a uma diminuição do interesse do mesmo à medida que se vão realizando as diferentes paragens. Contudo, este tipo de saída também apresenta vantagens, especialmente quando dirigida a adultos, e quando o principal objectivo é o conhecimento vasto e rápido sobre uma zona.

ii) Saídas Semi - dirigidas: Neste tipo, os alunos assumem algum do protagonismo da investigação, pois seguem um percurso pré-estabelecido pelo professor ou um guião de

trabalho. Os alunos trabalham em pequenos grupos. O professor define as regras e efectua as sínteses oportunas, formula perguntas sugestivas que incentivam a observação, dedução, reflexão e síntese, ou seja, é o professor que conduz os processos de resolução de um problema, desempenhando os alunos o papel de investigadores dirigidos. Esta atitude do professor deve ser interactiva, podendo tornar-se, facilmente condutiva se o professor cair na tentação de negar as hipóteses dos alunos se estas se desviarem do objectivo prioritário. O professor deve ter em conta os conhecimentos prévios dos alunos, assim como o grau de complexidade que se pretende atingir, pois a aprendizagem só se torna significativa se o docente estiver preparado para seguir o percurso traçado pelas respostas dos alunos.

Nas saídas que requerem a presença de um guia, a elaboração deste torna-se importante uma vez que é ele que vai conduzir as actividades dos alunos. A linguagem tem de ser adequada à faixa etária dos alunos e ao seu nível de conhecimentos, cativante e motivadora de forma a favorecer um bom clima de trabalho de grupo e a vontade de trabalhar. Para a sua construção o professor tem de ter um conhecimento aprofundado da região, conhecer pormenores peculiares e curiosos e abstrair-se por vezes do particular e pontual, em benefício do aspecto global.

iii) Saídas não dirigidas: Os alunos assumem o papel de protagonistas. São eles que, de forma autónoma realizam o trabalho de campo, planificando e desenvolvendo a actividade. O professor assume o papel de assessor, ao qual os alunos recorrem para satisfazer as suas dúvidas de ordem técnica, metodológica ou organizativa acerca do trabalho que estão a desenvolver. Este tipo de saída pode desencadear nos alunos alguma desorientação e descontentamento devido às dificuldades que surgem ao longo deste processo, deve ser utilizado em faixas etárias mais elevadas, pois requer alguma maturidade e formação que permitam o trabalho autónomo.

Garcia de La Torre (1994) defende três tipos de modelos a adoptar quando se faz uma saída de campo:

i) Excursões: tem como objectivo demonstrar uma grande quantidade de exemplos dados na aula, o professor assume um papel de transmissor de conhecimentos, é ele que identifica os fenómenos e os explica numa visão transmissiva;

ii) Itinerários didácticos: tem o mesmo objectivo do anterior, os alunos tentam reconhecer no local os fenómenos e objectos recordando o observado na aula. Um questionário fechado de pergunta - resposta, coerente com o modelo indutivo e activo de aprendizagem, é o instrumento utilizado neste modelo.

iii) Actividades didácticas de campo: é utilizado um modelo investigativo, semi-aberto baseado no planeamento, tratamento e resolução de problemas. Partindo da corrente construtivista da aprendizagem que tem como finalidade a aprendizagem significativa de novos conceitos e desenvolve competências e atitudes.

Pedrinaci *et al.* (1994) caracterizam as saídas de campo considerando que a metodologia usada nas mesmas é fundamental para potenciar as actividades e é um bom elemento para caracterizar o modelo didáctico preconizado, e classificam-nas em quatro grupos principais:

i) Tradicionais: de acordo com este modelo a ciência é acabada e fechada. O professor é o orientador, vai explicando o que há para ver, como ver e interpretar, com a preocupação de fazer uma transmissão do conhecimento, ordenada e o mais rápida possível.

ii) Saída de campo de descoberta autónoma: o aluno passa a ser o centro da actividade que recorre a um método científico e obtém factos observáveis a partir dos quais constrói conceitos, onde é pretendido realçar o papel dos procedimentos, valores e atitudes.

iii) Saída de Campo na qual um guia de observação substitui o professor: o professor planifica a saída elaborando um guia. O aluno assume o protagonismo durante a saída e o professor assume um papel de tutor. Neste tipo de saída o aluno desconhece, muitas vezes, o problema a resolver e o porquê daquela observação ser relevante. Desta forma

vai saltando de actividade em actividade, sem entender bem o sentido da tarefa que lhe é proposta, nem as conclusões que se podem obter dela.

iv) Saída de campo como actividade de resolução de problemas: este modelo surge como uma alternativa aos restantes, devendo as actividades relacionadas com a saída de campo iniciar-se na sala de aula com a formulação de um problema. O problema formulado deve estar relacionado com os conteúdos leccionados na aula e permitir trabalhar aspectos relevantes do currículo e que possam ser abordados *a priori* desde uma ou mais perspectivas teóricas, para que tenham sentido na aula e no campo as actividades a realizar. Após um debate e compreensão do propósito e do significado do problema levantado, os alunos constroem um guia para o trabalho de campo. As actividades são desenvolvidas, primeiro em pequeno grupo e mais tarde num grupo mais alargado onde o professor será o moderador. Este debate de ideias permite enriquecer e clarificar as propostas individuais. Este tipo de trabalho facilita a conexão entre as ideias prévias de cada aluno e a incorporação de novos conhecimentos através de perguntas ou elementos a observar, favorece a motivação e discussão inicial, e evita a construção de planos demasiado abstractos. No campo, cada grupo realiza as actividades como as planificou, podendo funcionar com bastante autonomia. Ao professor cabe exigir o cumprimento do plano proposto ou a justificação de alterações efectuadas, sugerir outras opções mostrando alguns aspectos observáveis que tenham passado despercebidos. A apresentação e discussão colectiva dos resultados traz muitos elementos importantes, como sejam a utilização de técnicas de comunicação e confronto de ideias, ajudando assim a compreender como se constrói o conhecimento. O conhecimento surge assim de um esforço colectivo.

Desta análise pode concluir-se que o trabalho de campo assume um importante papel quando é planificado numa perspectiva construtivista, onde o aluno assume o papel central. Uma vez que foi seleccionado como perspectiva de ensino a actividade prática no

ensino das ciências, apresenta-se a seguir o modelo que se considera ser o que melhor se integra nesta investigação.

2.3.2 Modelo de Trabalho de Campo utilizado

Neste modelo a saída de campo nunca deve ser a primeira actividade de aprendizagem e deve comportar três fases consecutivas: pré – saída de campo, saída de campo e pós - saída de campo.

O trabalho de campo é considerado como uma estratégia de aprendizagem para os processos nos quais o professor deve orientar as actividades no sentido da valorização dos processos e não dos produtos. A aprendizagem de processos deve ser centrada na interacção entre os alunos e entre estes e o meio natural, tendo o aluno um papel activo na construção do conhecimento e desenvolvimento cognitivo. Deste modo os conceitos abordados durante a fase de preparação devem ser novamente abordados durante a saída de campo, permitindo uma optimização do trabalho de campo, quando o professor combina as experiências concretas de aprendizagem com níveis mais elevados de aprendizagem cognitiva, colocando o trabalho de campo num nível intermédio.

Segundo Orion (1989) quando o aluno é colocado num espaço desconhecido, o seu processo de aprendizagem só se inicia após a sua familiarização com este, através da sua exploração. Surge, assim, o conceito de *novelty space* (traduzido por “consciencialização para o novo/ novidade” por Praia e Marques, 1997). Para que se criem as condições propícias à aprendizagem é necessário diminuir o *novelty space*, sendo, então, essencial que na planificação das actividades a desenvolver se tenha em conta os factores cognitivos (conhecimentos prévios), psicológicos (experiências prévias de campo) e geográficos (informação acerca da região em estudo). A identificação de todos estes factores, é importante e decisiva em todo este processo, pois só os conhecendo se pode actuar sobre eles, e quanto mais se minimizar o seu efeito, melhores serão as condições para tornar a saída de campo significativa para a aprendizagem dos alunos.

Como foi referido anteriormente, este modelo de trabalho de campo apresenta três etapas interligadas: Pré – saída de campo; saída de campo; pós – saída de campo. Caracterizando-se da seguinte forma:

2.3.2.1 Pré – Saída de Campo (preparação)

A sua primeira etapa consiste na planificação adequada, aliada a uma definição clara dos objectivos pretendidos, de forma a tornar evidente os objectivos pretendidos, e a tornar significativa a saída de campo para os alunos e não um simples passeio. Ao juntar informação detalhada sobre a saída de campo (duração, número de paragens, locais e tempos de descanso, entre outros), que permitem envolver os alunos na preparação, o professor está assim a reduzir os factores psicológicos e geográficos do *novelty space* na sala de aula. Os factores cognitivos podem ser reduzidos com o desenvolvimento de actividades de manuseamento de materiais que envolvem aprendizagem de conceitos ou a promoção de habilidades necessárias para as tarefas a realizar durante a saída (Marques *et al.*, 1997).

A selecção da área em estudo é importante e deve ter em conta as potencialidades para o ensino/aprendizagem. Deve, sempre que possível, situar-se na proximidade da escola. Na selecção dos locais de paragem devem ainda ter-se em conta os aspectos como: facilidade de acesso e identificação; proximidade das vias de circulação; topografia do local pouco acidentada e isenta de situações de risco potencial para os alunos; espaço suficiente para os alunos desenvolverem as actividades propostas sem atropelos; presença de materiais e/ou fenómenos claros e elucidativos (Praia e Marques, 1997).

Outra fase importante é a recolha de informação detalhada sobre os locais escolhidos e a região envolvente. Os professores devem recolher informações gerais, com base no seu conhecimento científico e num conjunto de documentos de carácter geral e informações específicas sobre o local. Para além desta recolha o professor deve realizar

um exame minucioso da área em estudo, com a finalidade de recolher elementos que permitam uma organização mais produtiva, bem como a adequação das estratégias aos objectivos da saída (Garcia de La Torre, 1994).

Os conceitos a abordar durante a saída de campo devem estar distribuídos pelas diferentes paragens seleccionadas e apresentados de modo articulado e de forma a contribuir para a aprendizagem, sem que, contudo, isto signifique uma abordagem compartimentada dos próprios conceitos (Orion, 1993).

Seguidamente o professor organiza e elabora o roteiro de acordo com as paragens já seleccionadas, rentabilizando ao máximo cada uma delas. O guia deve ter em conta os seguintes aspectos: a distância entre cada paragem não deve ser superior a 30 minutos de carro ou ser menor do que 100 metros; o número de paragens num dia não deve ser superior a 5 ou 6, e cada uma não deve exceder uma hora de duração; deve existir relação lógica, do ponto de vista educacional, entre as paragens a efectuar; a localização das paragens em locais atractivos não deve prejudicar o desenvolvimento das actividades, ou seja, não deve distrair os alunos; os caminhos não devem exigir grande esforço físico por parte dos alunos (Orion, 1993).

Este modelo requer a produção de material de apoio a utilizar por alunos e professores, nomeadamente materiais de aprendizagem para o aluno, que incluem o caderno de campo individual; sugestões metodológicas para o professor utilizar nas três fases de trabalho; diferentes recursos, como miniposters, que auxiliam o professor em cada paragem na explicação e clarificação das observações e interpretações efectuadas.

2.3.2.2 Saída de Campo

Esta é a etapa de concretização do trabalho de campo, onde juntamente com a etapa anterior se realiza a ponte de ligação para níveis mais abstractos de aprendizagem. A saída de campo deve ser aproveitada pelo professor para estimular a aprendizagem dos alunos e ligar, sempre que possível, a teoria com a prática.

As actividades e estratégias organizadas devem ser orientadas para o processo e não para o produto. Neste sentido é necessário que as actividades propostas no guia impliquem um diálogo constante entre os alunos e o meio, tendo como estratégia dominante a discussão inter e intragrupos, para que possam construir e adquirir atitudes e não apenas absorver e reter informações vindas do professor (Brusi, 1992).

Para cada uma das paragens as actividades propostas devem de ser organizadas de acordo com determinados critérios. Devem iniciar-se com a investigação/procura individual conduzida em grupos de dois ou três elementos, onde existe o confronto com dois tipos de actividades, as que orientam os alunos para a investigação (onde podem praticar tarefas de observação/identificação) e as questões conceptualmente mais exigentes que os obriguem a formular hipóteses, a apresentar explicações e a discuti-las com os colegas. De seguida, realiza-se uma actividade de debate intergrupos na qual o professor assume o papel de moderador e cuja finalidade é a elaboração de síntese das actividades desenvolvidas e a clarificação de pontos de vista. No final do trabalho são formuladas questões abertas que poderão funcionar como “organizadores avançados” que poderão ser retomadas nas paragens seguintes ou posteriormente na sala de aula ou laboratório (Brusi, 1992; Marques *et al.*, 1997).

2.3.2.3 Pós – Saída de Campo

Após a saída de campo, todo o conhecimento apreendido e a informação recolhida, devem ser aproveitados e explorados posteriormente na sala de aula ou laboratório.

Os conceitos seleccionados que exigem um grau de abstracção mais elevado e as questões deixadas em aberto durante a saída de campo devem ser abordados, de forma articulada, nesta fase, possibilitando que os mesmos possam ser susceptíveis de gerar novas construções conceptuais. Os alunos, com a mediação do professor, podem construir um mapa organizador de conceitos.

Nesta fase não se pode esquecer a avaliação da saída de campo. Esta avaliação tem a finalidade de diagnosticar deficiências na planificação, e permitir a sua posterior reformulação. Para a avaliação do processo de aprendizagem, os alunos respondem a questionários sobre conhecimentos e competências adquiridas, bem como questões relativas à importância do trabalho de campo e a sua atitude perante a saída de campo. Com este instrumento de avaliação do impacto e da saída de campo, são questionados temas sobre a aprendizagem individual, a metodologia, as estratégias implementadas e as actividades realizadas, a saída de campo como instrumento de aprendizagem e alguns aspectos socio-grupais, entre outros (Marques *et al.*, 1997).

Tendo por base uma visão construtivista da aprendizagem, o trabalho de campo assume como metas o formular e resolver problemas, adquirir conceitos, habilidades e atitudes (curiosidade, flexibilidade, autonomia, reflexão crítica e respeito pelo ambiente). Estas metas permitem ao aluno desenvolver atitudes, capacidades e compreender-se a si próprio e ao que o rodeia, principalmente no que concerne aos papéis da Ciência e da Tecnologia na promoção de um desenvolvimento em equilíbrio com o ambiente.

O trabalho de campo, não isolado de outros contextos igualmente importantes no ensino, permite ainda o desenvolvimento de atitudes e valores subjacentes ao progresso científico nesta área do conhecimento, situação que frequentemente é esquecida no ensino (Karabines *et al.*, 1992; Manner, 1992 *in* Praia e Marques, 1997), contudo, este tipo de trabalho não é, por si só, sinónimo de uma aprendizagem de sucesso (Orion e Hofstein, 1994).

CAPÍTULO 3

O ESTUDO DOS FORAMINÍFEROS

3.1 A POSIÇÃO DOS FORAMINÍFEROS NA SISTEMÁTICA

No século XIX, A. d'Orbigny utilizou o termo *foraminíferos* para classificar pequenos organismos cujas carapaças são constituídas por câmaras sucessivas, ligadas entre elas por furos, os *forames*. Nesta época, os foraminíferos foram classificados com os cefalópodes, nautilídeos e amonitídeos (Seyve, 1990).

Hoje são agrupados com outros protozoários (Seyve, 1990) e, sendo organismos unicelulares eucariontes, pertencem ao Reino *Protoctista* que inclui todos os organismos com as referidas características, assim como alguns organismos multicelulares com características menos definidas, nomeadamente os organismos representativos descendentes das linhagens dos mais antigos descendentes dos eucariontes, não considerados plantas, animais ou fungos (Margulis, 1990 *in* Sen Gupta, 1999b). Contudo, a grande maioria dos sistemas ainda utiliza o termo Protista para designar, com um sentido mais tradicional, o Reino Protoctista (*in* Sen Gupta, 1999b).

Por serem organismos dotados de mobilidade e na maioria heterotróficos, os protozoários foram classificados no passado, como um filo individual pertencente ao Reino *Animalia* (Barnes, 1980a; Willmer, 1990). Ainda hoje, alguns cientistas, como biólogos que se dedicam ao estudo da célula e geólogos, referem-se aos Filos *Protozoa* e *Algae* como se estes pertencessem aos Reinos *Animalia* e *Plantae*, respectivamente, argumentando que os primeiros são animais unicelulares e que os segundos são plantas unicelulares (Margulis, 1990 *in* Sen Gupta, 1999b).

A classificação dos foraminíferos continua, actualmente, muito discutível. Na Tabela 3.I encontram-se duas classificações, uma de 1990 e outra de 1999, para que se possa estabelecer uma comparação.

Tabela 3.I Comparação entre duas classificações para o grupo dos foraminíferos (Seyve, 1990; Sen Gupta, 1999b).

	Seyve (1990)	Sen Gupta (1999b)
Reino	<i>Protista</i>	<i>Protoctista</i>
Filo	<i>Protozoa</i>	<i>Granuloreticulosa</i>
Classe	<i>Rhizopoda</i>	<i>Foraminifera</i>
Ordem	<i>Foraminifera</i>	16 ordens

Segundo Seyve (1990), os foraminíferos pertencem ao Reino *Protista*, que inclui os organismos unicelulares eucariontes; ao Filo *Protozoa*; à Classe *Rhizopoda*, por possuírem pseudópodes; e à Ordem *Foraminifera*, por possuírem uma carapaça, mineralizada introcitoplásmica.

Segundo Sen Gupta, (1999b) os foraminíferos pertencem ao Reino *Protoctista*, que inclui os organismos unicelulares eucariontes; ao Filo *Granuloreticulosa*, que inclui os organismos protoctistas, heterotróficos, caracterizados por possuírem granuloreticulopodes (rede de pseudópodes); e à Classe *Foraminifera*. A categoria dos foraminíferos subiu de ordem para classe por (Loeblich e Tappan, 1964) devido às seguintes características dos organismos: pseudópodes granuloreticulopodes; invólucro externo, normalmente concha; alternância entre gerações haplóide e diplóide; e a presença, em alguns casos, de uma concha calcária ou siliciosa com um arranjo não conhecido no Reino *Animalia*. Os foraminíferos dividem-se, segundo esta classificação, em dezasseis ordens, tendo por base a constituição química e mineralógica, a estrutura das carapaças dos organismos, assim como a história geológica e uma interpretação filogenética desta classe.

3.2 A BIOLOGIA DOS FORAMINÍFEROS

3.2.1 Os Foraminíferos como Organismos

Os foraminíferos constituem um grupo de protistas amebóides muito bem sucedido (Goldstein, 1999). Divergindo muito cedo da árvore filogenética dos eucariontes, surgiram pela primeira vez no Câmbrio, e no decurso do Fanerozóico invadiram todos os ambientes marinhos, desde os níveis mais superficiais até às maiores profundidades, tendo-se diferenciado em numerosas espécies (Goldstein, 1999; Scott, *et al.*, 2001; Seyve, 1990). Contabiliza-se um total de 60 mil espécies, repartidas desde o Câmbrio até à actualidade (Lin, 1992). Os foraminíferos abundam nos oceanos actuais (Hickman *et al.*, 2001) e estima-se que existam cerca de 10 mil espécies (Vickerman, 1992 *in* Sen Gupta, 1999a). A esmagadora maioria dos foraminíferos actuais são bentónicos, estando as formas planctónicas representadas por cerca de 40 a 50 espécies (Sen Gupta, 1999a).

As espécies planctónicas vivem flutuando livremente na coluna de água e as espécies bentónicas vivem nos fundos, podendo ser livres, epífitas (fixas a algas), fixas ao substrato ou ainda viver sobre e/ou no interior do sedimento (epifauna e endofauna, respectivamente) (Camacho, 2004). As condições em ambos os lugares, interface sedimento-água e interior do sedimento, são muito diferentes. Na interface sedimento-água ocorre uma boa oxigenação e os elementos nutritivos são abundantes, enquanto que o interior do sedimento está empobrecido naquele gás e a matéria orgânica é escassa e de baixo valor nutritivo. Apesar destas condições adversas, muitos foraminíferos bentónicos colonizam o interior do sedimento e têm um papel importante nos processos biogeoquímicos que ali têm lugar (Jorriksen, 1999) (Fig. 3.1).

Os foraminíferos alimentam-se, excretam, movem-se, crescem, reproduzem-se e respondem a uma variedade de estímulos ambientais (Goldstein, 1999). A célula do

foraminífero possui todas as estruturas características de uma célula típica, e apesar de ser um organismo unicelular, é um organismo completo, que assegura todas as funções presentes num animal multicelular, sendo que muitas destas funções são realizadas por organelos não encontrados naqueles animais (Barnes, 1980a). Enquanto que, os metazoários desenvolveram órgãos e outras características especializadas através da multicelularidade, os foraminíferos e outros protistas especializaram-se desenvolvendo organelos e outros componentes sub-celulares para levar a cabo as funções vitais (Goldstein, 1999). Além dos já referidos organelos, possuem um protoplasma provido de um ou mais núcleos (Debenay *et al.*, 1996).

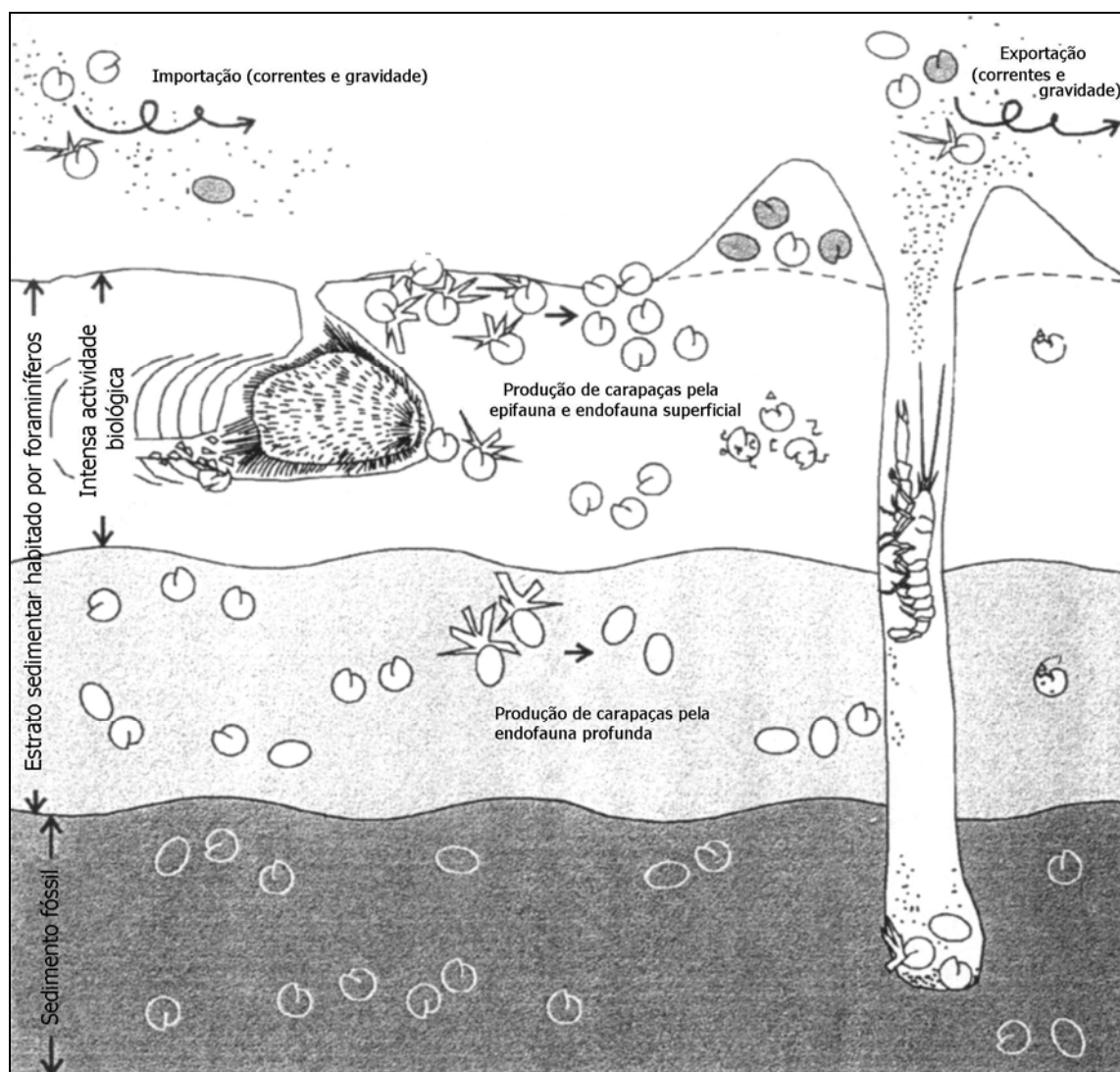


Figura 3.1 Esquema representativo dos vários microhabitats ocupados pelos foraminíferos vivos (brancos) num ambiente marinho bentônico (modificado de Jorissen, 1999).

Os foraminíferos distinguem-se dos outros protistas, em primeiro lugar porque todos eles possuem granuloreticulopodes, que são finos pseudópodes anastomosados em retículo e que apresentam uma estrutura granular quando observados ao microscópio óptico, e em segundo porque quase todos os foraminíferos possuem uma carapaça ou concha que envolve todo o organismo e o separa do meio envolvente (Goldstein, 1999).

A maioria das espécies apresenta um ciclo de vida caracterizado pela alternância entre gerações sexuada e assexuada (Goldstein, 1999). O ciclo de vida dos foraminíferos faz alternar uma geração haplóide, com um único núcleo e uma geração diplóide com núcleos múltiplos (Debenay *et al.*, 1996).

3.2.2 O Corpo Protoplasmático

O corpo protoplasmático é limitado por uma membrana celular que possui a ultra-estrutura típica de bicamada fosfolipídica das células animais (Barnes, 1980a).

Nos foraminíferos vivos, o citoplasma é diferenciado em endoplasma (interior) e ectoplasma (exterior) (Seyve, 1990).

O ectoplasma, também designado por citoplasma extracarapaça (Debenay *et al.*, 1996), concentra-se perto dos orifícios da carapaça, e é condensado numa espécie de rolha bucal, quando há uma única abertura (foraminíferos imperfurados), ou no caso de orifícios múltiplos, o ectoplasma segue a repartição deles (foraminíferos perfurados) (Seyve, 1990) e é em geral mais disperso e menos evidente, formando somente uma fina película que contacta com o exterior e a partir da qual se prolongam os pseudópodes (Loeblich e Tappan, 1964) (Fig. 3.2). O ectoplasma cobre as faces interna e externa da carapaça, podendo esta, por esse motivo, considerar-se um esqueleto intra-ectoplasmático (Seyve, 1990). A carapaça é sempre uma secreção do ectoplasma e dos pseudópodes (Loeblich e Tappan, 1964).

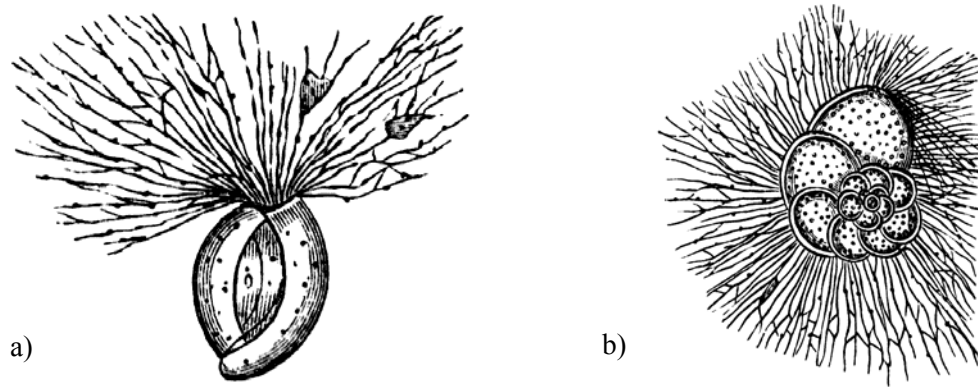


Figura 3.2 Disposição dos pseudópodes:

a) nos foraminíferos imperfurados (*Miliolidae*);

b) nos foraminíferos perfurados (*Rotaliida*) (adaptado de Nicholson, 1971 in Florida Center for Instructional Technology, 2007).

O endoplasma, também designado por citoplasma intracarapaça (Debenay *et al.*, 1996), corresponde à parte interna do citoplasma, encontra-se no interior da carapaça, tem uma cor mais escura que o ectoplasma e é ele que alberga os núcleos e os organitos necessários à vida vegetativa da célula (Seyve, 1990). Este endoplasma está restrito ao interior das câmaras e a sua cor deve-se a numerosas inclusões, como partículas minerais, presas, simbiontes, parasitas e outras resultantes da actividade metabólica do organismo (Loeblich e Tappan, 1964). Os grânulos, observáveis ao microscópio óptico, que conferem ao endoplasma um aspecto granuloso, correspondem aos núcleos e a outras estruturas celulares como o complexo de Golgi, os ribossomas, as mitocôndrias, os corpos lipídicos e, em algumas espécies, a algas simbiontes (Yassini e Jones, 1995).

3.2.3 Os Pseudópodes – Uma Característica Específica dos Foraminíferos

É hoje em dia sobejamente conhecido que os pseudópodes complementam numerosas funções vitais dos foraminíferos, e adquirem, portanto, uma importância fundamental (Goldstein, 1999).

Os pseudópodes são essenciais não só para a alimentação (captura de presas), a fixação dos organismos ao substrato, a eliminação dos resíduos fisiológicos, nas deslocações, para a construção da carapaça (Seyve, 1990), mas também desempenham

um importante papel na protecção (formação de quistos), na respiração e na reprodução (Goldstein, 1999). Os pseudópodes constituem, afinal, o mecanismo através do qual os foraminíferos interagem com o seu ambiente (Goldstein, 1999).

Os pseudópodes dos foraminíferos, os granuloreticulopodes, são estruturas retrácteis, granulosas, filamentosas e anastamosadas em retículo (Loeblich e Tappan, 1964).

Os foraminíferos emergem os seus pseudópodes através de um ou mais orifícios na carapaça (Goldstein, 1999). No primeiro caso, os chamados *foraminíferos imperfurados* emergem os seus pseudópodes para o exterior através de uma abertura oral, e no segundo caso, os pseudópodes emergem através dos poros da carapaça, designando-se assim *foraminíferos perfurados* (Martins, 1997) (Fig. 3.2).

No que concerne à estrutura, os pseudópodes dos foraminíferos são limitados por uma membrana plasmática e contêm elementos citosqueléticos, como microtúbulos (Debenay *et al.*, 1996). A mobilidade dos granuloreticulopodes envolve o alongamento e o encurtamento dos microtúbulos (Ruppert *et al.*, 2004).

Nos foraminíferos bentónicos, a locomoção sobre ou dentro do sedimento, depende da coordenação da actividade contráctil dos pseudópodes. Estes organismos migram, em geral, sobre dois tipos fundamentais de substratos: superfícies planas, tais como a fronde de algas ou a carapaça de moluscos e sedimentos que vão desde silte até areias finas (Travis e Bowser, 1991, *in* Martins, 1997). Os organismos deslocam-se lentamente sobre o sedimento e no seu interior, com velocidades da ordem de 9 a 500 $\mu\text{m}/\text{min}$, estendendo os pseudópodes na direcção do movimento e arrastando a carapaça (Kitazato, 1988 *in* Martins, 1997). A locomoção resulta do alongamento da rede de reticulopodes, da fixação ao substrato, e da contracção dos granuloreticulopodes, que faz o organismo avançar (Ruppert *et al.*, 2004).

Estudos microscópicos revelaram que o carácter granuloso dos pseudópodes se deve à presença de vários organelos, tais como, mitocôndrias, fagossomas, vacúolos digestivos e outras pequenas estruturas (Goldstein, 1999).

Os xantossomas, juntamente com partículas não digeridas e desperdícios metabólicos, são eliminados pelos foraminíferos através dos pseudópodes em vacúolos de dejectão (Goldstein, 1999).

3.2.4 Os Organitos Celulares

Como já foi várias vezes referido, a microscopia electrónica revelou a presença de grânulos, que conferem ao endoplasma e aos pseudópodes um aspecto granuloso.

As mitocôndrias são os grânulos mais eminentes nos pseudópodes dos foraminíferos. Esta ocorrência deve-se ao facto deste organelo ser essencial à respiração aeróbia e ser responsável pelo transporte da energia metabólica, o ATP, para o retículo formado pelos pseudópodes (Goldstein, 1999). As mitocôndrias dos foraminíferos são delimitadas por uma membrana dupla, apresentando a camada interna cristas tubulares típicas dos protistas (Travis e Bowser, 1991 *in* Martins, 1997). As mitocôndrias do ectoplasma são, geralmente, de menores dimensões (Leuteneger e Hansen, 1979 *in* Martins, 1997), e as do ectoplasma localizam-se, frequentemente, próximo das perfurações da carapaça para captar com maior facilidade oxigénio (Hansen, 1999).

Nestes organismos existem ainda vesículas denominadas “corpos densos” (ing. dense bodies) delimitadas por uma membrana, cuja função ainda não foi determinada, porém Travis e Bowser (1991 *in* Goldstein, 1999) sugerem que as vesículas funcionem como reservatórios para fosfolípidos, tendo portanto um papel importante na formação de membranas.

Dos vários vacúolos existentes nos foraminíferos destacam-se os fagossomas, que

contêm substâncias capturadas por ingestão e cujo conteúdo varia consoante a dieta alimentar dos foraminíferos (Goldstein, 1999), os lisossomas primários, os vacúolos digestivos, que contêm matéria orgânica ou matéria mineral de função indeterminada (Hemleben, 1988 *in* Martins, 1997), todos eles participantes nos processos de ingestão e digestão dos alimentos (Lee *et al.*, 1991 *in* Martins, 1997). As espécies de água doce possuem ainda uns vacúolos contrácteis, cuja função é regular a entrada e saída de água, estando ausentes nas espécies marinhas (Barnes, 1980a).

Os peroxissomas são pequenas vesículas esféricas, de 0,5 a 1 μm , delimitadas por uma membrana simples (Debenay *et al.*, 1996), cuja matriz contém peroxidases, que têm por função de decompor o peróxido de hidrogénio, os detritos azotados, o ácido láctico e os aldeídos e neutralizar outros compostos potencialmente tóxicos para a célula (Anderson e Lee, 1991 *in* Martins, 1997).

Nos foraminíferos estão presentes tanto o retículo endoplasmático liso, desprovido de ribossomas e implicado, entre outras funções, na síntese de lípidos, como o retículo endoplasmático rugoso, coberto por ribossomas, que é um local de síntese de proteínas (Anderson e Lee, 1991 *in* Martins, 1997).

O aparelho de Golgi, como em todas as outras células eucarióticas, é formado por sacos planos, os dictiossomas, ligeiramente encurvados e regularmente empilhados. Neste aparelho as proteínas sintetizadas no retículo endoplasmático atingem a sua maturidade, sendo depois incluídas em vesículas e transportadas até ao seu destino (Debenay *et al.*, 1996).

Segundo Debenay *et al.* (1996), o citoplasma dos foraminíferos contém numerosas inclusões lipídicas e pigmentos que formam esférulas ou massas compactas de tamanho variável, aos quais se juntam os vacúolos de origem alimentar, com presas mais ou menos digeridas, e inclusões minerais diversas. Segundo o mesmo autor, no

citoplasma podem ainda existir microrganismos simbióticos, como algas e bactérias, que são transferidos de uma geração para outra durante a reprodução assexuada, estando, contudo, ausentes nos gâmetas, e sendo adquiridos a partir do meio após concluído o processo de reprodução sexuada.

Os foraminíferos podem ter um ou mais núcleos (Seyve, 1990). A matriz nuclear é envolvida por uma membrana dupla, provida de poros, através dos quais é estabelecida a troca de moléculas com o citoplasma, e no interior da qual existe um número variável de nucleótidos e agregados de ribossomas, onde são sintetizadas as proteínas (Debenay *et al.*, 1996).

O material genético encontra-se associado a proteínas, chamadas proteínas histonas, e é composto por longos polímeros de ácido desoxirribonucleico (ADN) que se encontra, geralmente num estado disperso, tomando o nome de cromatina, condensando-se apenas durante a divisão nuclear, com o objectivo de individualizar os cromossomas (Anderson e Lee, 1991 *in* Martins, 1997).

3.2.5 A Nutrição dos Foraminíferos

Os foraminíferos, tal como os restantes protozoários amebóides, são heterotróficos (Ruppert *et al.*, 2004). Possuem um espectro de alimentação variado constituído por: moléculas orgânicas dissolvidas ou coloidais, resíduos fecais, detritos orgânicos particulados, bactérias, fitoplâncton, nomeadamente algas microscópicas (como as diatomáceas) e cocolitoforídeos (organismos unicelulares, fotossintéticos, com esqueleto formado de carbonato de cálcio), outros protozoários, e até pequenos animais como os rotíferos e os nemátodes (Barnes, 1980a; Seyve, 1990; Ruppert *et al.*, 2004).

As espécies litorais alimentam-se de diatomáceas, flagelídeos e de esporos de algas pluricelulares. Os foraminíferos pelágicos alimentam-se de copépodes e de larvas

de metazoários. As espécies bentónicas alimentam-se de matéria orgânica contida na vasa fina (Seyve, 1990).

O alimento é capturado pelos pseudópodes, ingerido por fagocitose (Ruppert *et al.*, 2004) e transportado pelas correntes citoplasmáticas (Seyve, 1990). Nos foraminíferos, os numerosos pseudópodes reticulados actuam como verdadeiras armadilhas para as presas, de modo que, qualquer organismo que contacte com os pseudópodes fica preso, a uma superfície adesiva especializada, e rapidamente paralisado, possivelmente devido à acção de toxinas (Barnes, 1980a; Ruppert *et al.*, 2004; Hickman *et al.*, 2001) (Fig. 3.3).

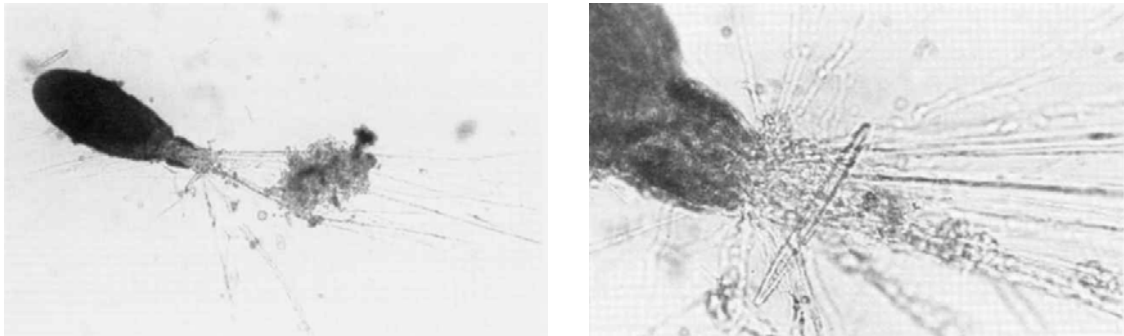


Figura 3.3 a) Captura de uma diatomácea pelos pseudópodes da espécie *Cribrothalammina alba* (Goldstein, 1999); b) Ampliação da figura 4.3.a).

As enzimas libertadas pelos pseudópodes iniciam a digestão durante a captura de pequenos crustáceos, antes de serem fagocitados pela célula (Ruppert *et al.*, 2004). As partículas alimentares são envolvidas em vacúolos digestivos e assimiladas pelo organismo (Barnes, 1980a). Pode então concluir-se que nos foraminíferos a digestão começa no exterior da carapaça, para ser completada em pequenos vacúolos no interior desta (Barnes, 1980a). Foram detectadas, em várias espécies de foraminíferos, enzimas como proteases, amilases, lipases e celulase (Barnes, 1989a). A celulase é uma enzima produzida essencialmente por fungos, bactérias, e protozoários necessária para a digestão da celulose (Purves *et al.*, 2004). A exocitose pode ocorrer em qualquer ponto da superfície do corpo (Ruppert *et al.*, 2004).

Foi identificada nos foraminíferos uma ampla variedade de estratégias

alimentares, podendo os mesmos ser herbívoros, suspensívoros, detritívoros necrófagos, carnívoros, parasitas, simbiontes, e até mesmo alimentar-se de carbono orgânico dissolvido (Goldstein, 1999).

Os foraminíferos herbívoros alimentam-se principalmente de células de algas enquanto se movem sobre as mesmas, ou usando os pseudópodes para recolher aglomerados de diatomáceas tão extensos que podem cobrir toda a sua carapaça. Já os suspensívoros utilizam como fonte de alimento os pequenos organismos e detritos suspensos na coluna de água, ocorrendo este tipo de nutrição nos foraminíferos que habitam a parte superior do sedimento, projectando a sua abertura acima do limite água-sedimento. Quanto aos detritívoros necrófagos, usando os pseudópodes constroem uma espécie de quisto de alimentação com sedimentos, algas, bactérias e detritos orgânicos, que é posteriormente dividido em pequenas partes, as quais serão fagocitadas para o interior da câmara terminal do foraminífero. Existem alguns foraminíferos que são carnívoros, quer bentónicos, quer planctónicos, simbiontes e não simbiontes, que se alimentam por exemplo de porções de copépodes e outros crustáceos, de larvas de equinodermes e até mesmo de outros foraminíferos, utilizando variadas formas de capturar as presas. Os foraminíferos parasitas infestam outros foraminíferos, bivalves, esponjas e corais. Existem foraminíferos capazes de utilizar carbono orgânico dissolvido (Goldstein, 1999) e foraminíferos que vivem em simbiose com organismos fotossintéticos como as clorófitas, as diatomáceas, os dinoflagelados, as rodófitas unicelulares e algumas bactérias (Ruppert *et al.*, 2004). É ainda de salientar a capacidade dos foraminíferos captarem e alojarem cloroplastos, ao invés de capturarem a alga por completa (Goldstein, 1999).

Os suspensívoros, herbívoros e carnívoros podem adoptar, com frequência, tipos especiais de alimentação, tornando-se, por exemplo, omnívoros oportunistas (Lipps, 1975 *in* Martins, 1997).

3.2.6 Crescimento e Formação das Carapaças

Diferentes filos de invertebrados revelam uma tendência para a repetição da estrutura ao longo de um eixo, fenómeno conhecido como metamerização, assim como alguns protozoários, nomeadamente os foraminíferos, que mostram uma repetição longitudinal (Willmer, 1990).

Algumas espécies de foraminíferos vivem em carapaças com apenas uma câmara designadas carapaças uniloculares, mas a maior parte ocupa carapaças com várias câmaras, chamadas carapaças multiloculares (Barnes, 1980a). No primeiro caso as carapaças crescem de maneira contínua ou periódica, o que permite a formação de carapaças não divididas. Por outro lado, o crescimento periódico permite a formação de carapaças com algumas câmaras, correspondente à segunda situação referida (Seyve, 1990) (Fig. 3.4).

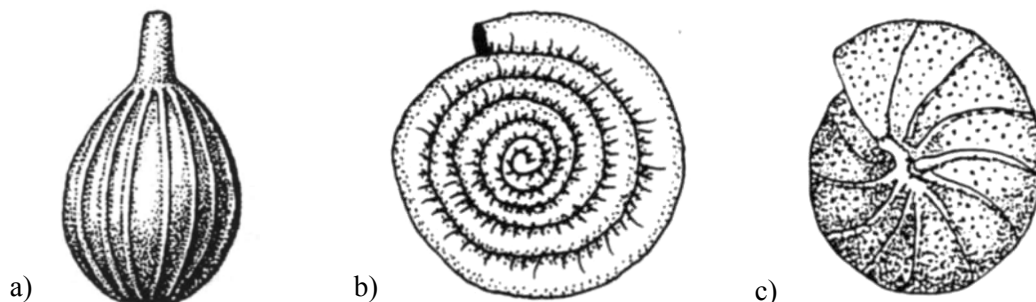


Figura 3.4 Classificação das carapaças quanto ao número de câmaras:
a) e b) uniloculares (adaptado de Martins, 1997; Sen Gupta, 1999b);
c) multiloculares (adaptado de Seyve, 1990).

Nas formas uniloculares, a câmara e o corpo protoplasmático crescem ao mesmo tempo, e nas formas multiloculares o crescimento do protoplasma é gradual e contínuo, enquanto que o crescimento da câmara é periódico (Renema e Donovan, 2004).

Os foraminíferos de carapaça multilocular vivem inicialmente numa carapaça de uma câmara só, contudo, à medida que o organismo aumenta de tamanho, os reticulopodes emergem para o exterior da abertura original e segregam uma nova câmara. Este processo continua ao longo da sua vida, resultando numa série de câmaras, cada uma maior do que a precedente (Ruppert *et al.*, 2004).

Antes de se formar uma nova câmara, é edificado um quisto de crescimento (Renema e Donovan, 2004), com função protectora, constituído por uma fina membrana e por material exógeno, como areia, cristais ou restos de animais e vegetais (fragmentos de algas filamentosas, frústulas de diatomáceas, etc.), recolhido do meio, pelos pseudópodes (Le Calvez, 1953 *in* Martins, 1997). Muitas vezes são também utilizados materiais expulsos pelos próprios foraminíferos, como carapaças vazias, invólucros quitinóides de esporos, xantossomas, que são mais ou menos consolidados por um cimento. Depois de completarem o quisto, os pseudópodes recuam, dando lugar à formação de uma película pseudoquitinosa perfurada, que depois de calcificada será preenchida por citoplasma, constituindo assim a nova câmara (Fig. 3.5). Entretanto, a parede do quisto deixando de ter utilidade desprende-se para o meio (Le Calvez, 1953 *in* Martins, 1997).

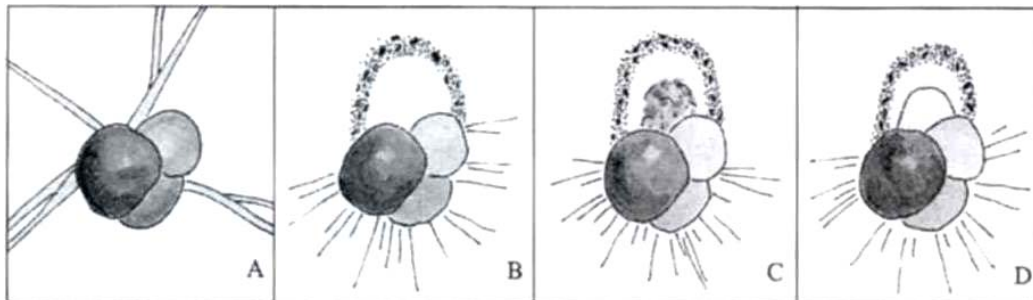


Figura 3.5 Sequência das etapas de formação de uma nova câmara na espécie calcária *Ammonia tepida* (adaptado de Goldstein, 1999):

- A. Juvenil com três câmaras;
- B. Construção de um quisto com material exógeno;
- C. Formação da película pseudoquitinosa;
- D. Formação do revestimento calcário no exterior da película pseudoquitinosa.

Segundo Yassini e Jones (1995) a abertura da câmara anterior serve de forame à seguinte, permitindo a conexão do protoplasma entre elas, e todo este processo de construção uma nova câmara em algumas espécies de foraminíferos demora 5 a 12 horas.

Noutros casos, os foraminíferos, no momento de síntese de uma nova câmara, recobrem a superfície livre de todas as outras câmaras com uma nova camada calcária, resultando uma carapaça da estrutura lamelar (Seyve, 1990) (Fig. 3.10).

Menos comum e menos conhecido é o caso dos foraminíferos uniloculares, em que o crescimento é assegurado pelo aumento do tamanho da única câmara que o constitui (Goldstein, 1999).

3.2.7 Reprodução e Ciclo de Vida

O ciclo de vida dos foraminíferos é caracterizado pela alternância de gerações, sexuada e assexuada (Goldstein, 1999). Estes organismos apresentam duas fases distintas de reprodução e maturação: a *esquizogonia* ou divisão múltipla, correspondente à fase assexuada, e a *gamogonia*, que é a fase sexuada da reprodução (Seyve, 1990) (Fig. 3.6).

A fase assexuada da reprodução ocorre, geralmente, por esquizogonia ou divisão múltipla, e consiste na formação de embriões haplóides (com n cromossomas) a partir de um esquizonte diplóide (com $2n$ cromossomas) e bentónico. Para que tal aconteça, o único núcleo do esquizonte sofre múltiplas divisões meióticas, originando vários núcleos haplóides, formando-se um esquizonte plurinucleado (Fig. 3.6 – 1, 2, 3). Em redor de cada núcleo haplóide desenvolve-se um embrião no seio do citoplasma parental. A carapaça do esquizonte dissolve-se (Seyve, 1990) e o citoplasma fragmenta-se (Debenay *et al.*, 1996) dispersando-se os embriões na água, passando a uma fase pelágica (Seyve, 1990) (Fig. 3.6 – 4, 5, 6).

Depois de uma fase pelágica, os embriões, criados pela esquizogonia, segregam uma carapaça (Barnes, 1980a) e fixam-se novamente ao fundo marinho, regressando à vida bentónica, para permitir o crescimento do foraminífero. Nesta fase, o organismo possui a designação de gamonte (Seyve, 1990) (Fig. 3.6 – 7, 8).

A fase da reprodução sexuada dos foraminíferos ocorre por gamogonia, e consiste na formação de gâmetas haplóides (células sexuais) a partir de um indivíduo uninucleado, o gamonte (Seyve, 1990). O início da gamogonia realiza-se pela

transformação do núcleo, por divisões mitóticas múltiplas e criação de gâmetas no interior da carapaça (Seyve, 1990) (Fig. 3.6 – 9).

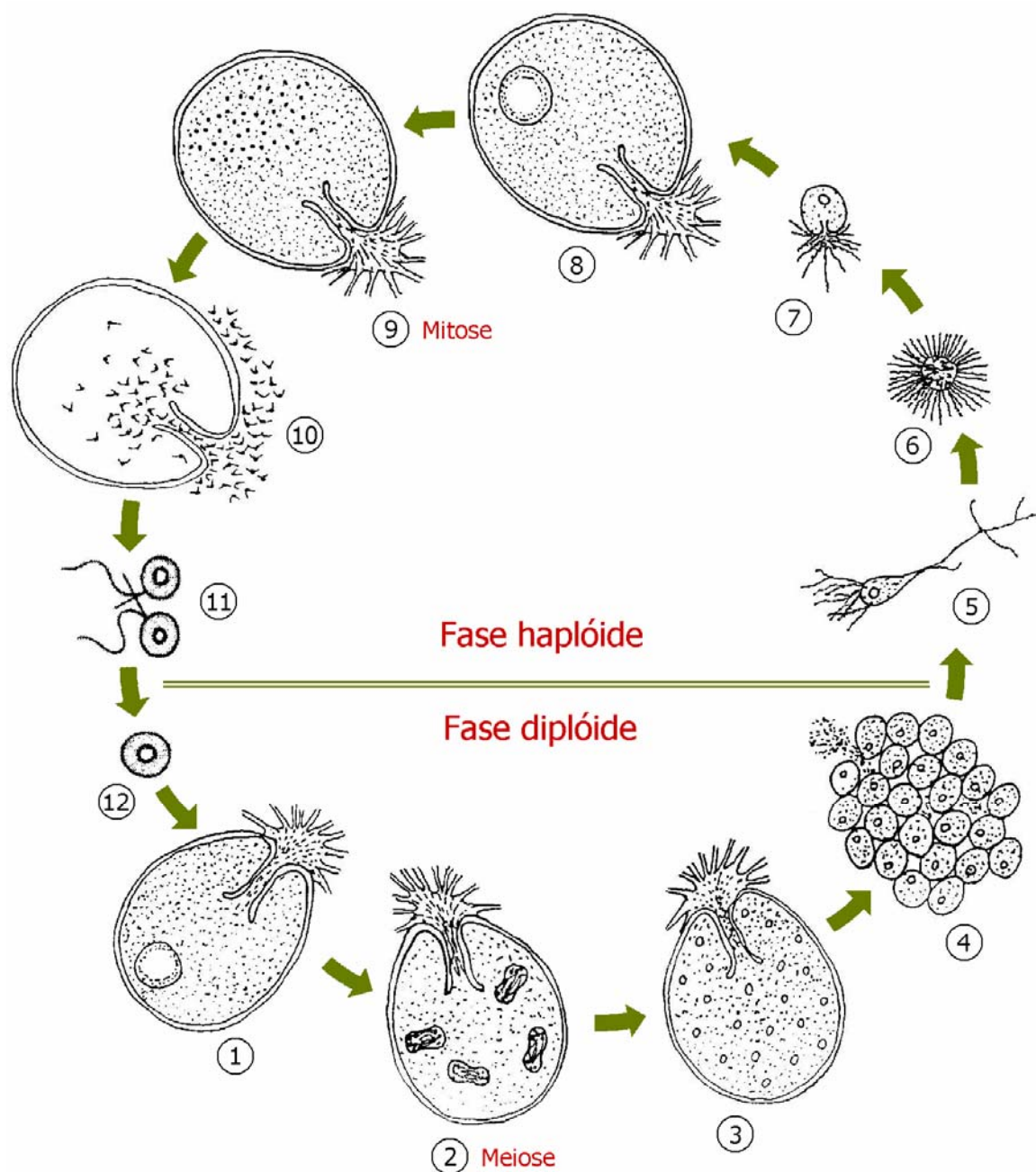


Figura 3.6 Ciclo de vida da espécie *Iridia lucida*, incluindo uma alternância entre gamonte megalosférico, uninucleado, haplóide e um esquizonte microsférico, plurinucleado, diplóide:

1. esquizonte uninucleado; 2. divisão meiótica do núcleo; 3. esquizonte plurinucleado; 4. formação dos embriões e dissolução da carapaça; 5. dispersão dos embriões haplóides uninucleados; 6. fase pelágica dos embriões; 7. regresso à vida bentônica (gamonte); 8. crescimento do gamonte; 9. formação de gâmetas por divisões mitóticas no interior da carapaça; 10. libertação dos gâmetas para o meio externo ao foraminífero; 11. encontro de dois gâmetas; 12. formação do zigoto por fecundação (modificado de Loeblich e Tappan, 1964).

Nos foraminíferos podem ocorrer gâmetas amebóides, biflagelados e trífalagelados, sendo cada um destes tipos característico de famílias ou de géneros distintos (Goldstein, 1999). Algumas espécies são isogâmicas e outras constituem casos de anisogamia, formando gâmetas diferentes (Martins, 1997). O número de gâmetas produzido é normalmente limitado, uma vez que os foraminíferos usam o seu próprio citoplasma no processo, não sendo vantajoso para a espécie desperdiçá-los (Lipps, 1982 *in* Martins, 1997).

Os gâmetas saem para o meio externo aos foraminíferos, onde através do encontro entre dois gâmetas se dá a fecundação e a formação de uma célula diplóide, o zigoto (Seyve, 1990) (Fig. 3.6 – 10, 11, 12).

A fecundação nos foraminíferos pode ser por *gametogamia*, *gamontogamia*, ou *autogamia*, em função dos processos de gametogénese e de fusão de gâmetas (Goldstein, 1999). A *gametogamia*, corresponde à formação e fusão de gâmetas livres (Debenay *et al.*, 1996), em que o zigoto poderá durante um curto período viver sem carapaça, no qual se alimentará e crescerá antes de calcificar a carapaça (Goldstein, 1999) (Fig. 3.6). A *gamontogamia* dá origem a gâmetas que se fundem no interior de uma câmara de incubação, formada pela união de dois ou de vários gamontes (Debenay *et al.*, 1996), esta estratégia reprodutiva visa assegurar a protecção e facilitar a fertilização das células sexuais provenientes de gamontes diferentes (Martins, 1997). Quando os gâmetas não abandonam a carapaça progenitora e a fecundação tem lugar dentro dela, ocorrendo a fusão de gâmetas ou de núcleos provenientes do mesmo gamonte, dá-se o nome de *autogamia* (Goldstein, 1999).

O zigoto cresce e segrega uma carapaça, dando origem ao esquizonte, completando o ciclo (Barnes, 1980a).

A alternância entre reprodução sexuada e assexuada origina dimorfismo na forma e no tamanho da câmara inicial (Martins, 1997). O gamonte possui uma forma macrosférica ou megalosférica, que se caracteriza por um prolóculo relativamente grande, mas uma carapaça de tamanho reduzido, e o esquizonte apresenta uma forma microsférica, cujo prolóculo apresenta uma câmara inicial pequena, mas a carapaça é maior (Goldstein, 1999) (Fig. 3.7).

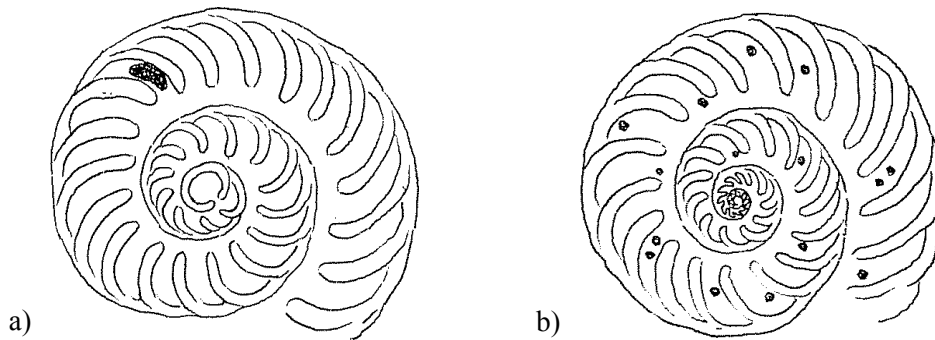


Figura 3.7 Dimorfismo em secções de carapaças de foraminíferos (modificado de Colom, 1974):

- a) Forma macrosférica ou megalosférica: Gamonte megalosférico com uma grande câmara inicial (prolóculo) e um só núcleo de grandes dimensões;
- b) Forma microsférica: Esquizonte microsférico com uma pequena câmara inicial (prolóculo) e diminutos núcleos dispersos no citoplasma.

Segundo Aubouim (1978 *in* Martins, 1997), nos foraminíferos actuais, quando as condições de vida são desfavoráveis, tendem a dominar as formas megalosféricas, responsáveis pelos processos de reprodução sexuada. Porém, quando as condições ambientais são adequadas e estáveis, a reprodução assexuada torna-se o processo dominante de crescimento da população (Lipps, 1982 *in* Martins, 1997).

O ciclo de reprodução dos foraminíferos corresponde a uma sucessão de fases haplóides (n) e diplóides ($2n$) (Seyve, 1990), ou seja, implica mudanças no número de cromossomas. Assim, o ciclo de vida dos foraminíferos é haplodiplonte, como o das plantas, contrastando com os ciclos haplóides e diplóides mais comuns entre os outros protistas e os animais (Purves *et al.*, 2004).

Nos foraminíferos, a meiose, que assegura a passagem do estado diplóide ao estado haplóide, intervém no final da fase assexuada, quando o esquizonte diplóide atinge o estado adulto e se torna capaz de originar gamontes haplóides (Debenay *et al.*, 1996). Os indivíduos haplóides resultantes crescem até se tornarem adultos, e ocorre a gametogénese que envolve apenas divisões mitóticas (Goldstein, 1999). O retorno ao estado diplóide processa-se através da fecundação, quando os gâmetas haplóides, originados pelos gamontes, se fundem aos pares (Debenay *et al.*, 1996).

Na Tabela 3.II estabelece-se a comparação entre as gerações megalosférica e microsférica.

Tabela 3.II Comparação entre a geração megalosférica e microsférica.

	Geração megalosférica	Geração microsférica
Número de núcleos	uninucleada	plurinucleada
Número de cromossomas	haplóide (n)	diplóide (2n)
Tipo de divisão celular	mitose	meiose
Reprodução	sexuada	assexuada

Existem contudo excepções ao processo de reprodução descrito. Segundo Goldstein (1999) existem mais variações nos ciclos de vida dos foraminíferos do que em qualquer outro grupo de protistas. A alternância de gerações, obrigatória em algumas espécies de foraminíferos, poderá ser facultativa noutras, ocorrendo exclusivamente reprodução assexuada. Entre duas gerações microsféricas poderão ocorrer duas gerações megalosféricas, originando uma situação de trimorfismo. Nem todos os foraminíferos com alternância de gerações revelam um dimorfismo clássico relativamente às formas megalosférica e microsférica, há espécies que apresentam um dimorfismo da carapaça inverso, isto é, o esquizonte é pequeno e megalosférico, e o gamonte é maior e microsférico, outras espécies possuem esquizontes e gamontes morfológicamente idênticos (Goldstein, 1999).

3.2.8 A Carapaça dos Foraminíferos

A carapaça dos foraminíferos é o seu elemento mais estudado e tem servido de base à classificação actual, que se apoia quase exclusivamente nas suas características (Debenay *et al.*, 1996). Os principais critérios de descrição da carapaça são a composição, a textura (disposição dos cristais, poros, e outros elementos) a estrutura (disposição de elementos que envolvem o citoplasma e pelos quais ele circula como os forames, etc.), a morfologia (número, forma e disposição das câmaras, aberturas, o prolóculo, as suturas e a zona umbilical) e o tamanho (Sen Gupta, 1999b). Todos estes caracteres morfológicos da arquitectura das carapaças de foraminíferos mostram a grande variedade do grupo, e a sua importância na sistemática é enorme, particularmente ao nível da família, do género e da espécie (Seyve, 1990). A indiscutível importância da estrutura e da constituição química e mineralógica da carapaça dos foraminíferos é evidente na actual classificação, constituindo estas características, o critério de divisão na classificação de Loeblich e Tappan (1992 *in* Sen Gupta, 1999b).

Para o estudo da composição e microestrutura das carapaças dos foraminíferos torna-se indispensável o conhecimento dos seus elementos estruturais (Fig. 3.8).

Algumas espécies de foraminíferos vivem em carapaças com apenas uma câmara designadas carapaças uniloculares ou monotalâmicas, mas a maior parte ocupa carapaças com várias câmaras, chamadas carapaças multiloculares, pluriloculares ou politalâmicas (Barnes, 1980a) (Fig. 3.4).

Os foraminíferos de carapaça multilocular vivem inicialmente numa carapaça de apenas uma câmara, essa câmara é a primeira a formar-se e chama-se prolóculo (Barnes, 1980a). O dimorfismo na forma e no tamanho da câmara inicial, originado pela alternância entre reprodução sexuada e assexuada permite a distinção entre dois tipos de indivíduos. Um organismo com um prolóculo relativamente grande, mas uma carapaça

de tamanho reduzido corresponde a uma forma macrosférica ou megalosférica, enquanto que um organismo com um prolóculo pequeno mas uma carapaça maior constitui um exemplar microsférico (Fig. 3.7). Pode, então, concluir-se que os termos megalosférico e microsférico referem-se ao tamanho do prolóculo e não ao tamanho da carapaça inteira (Goldstein, 1999).

As câmaras correspondem às cavidades das carapaças e às paredes que as delimitam e constituem a unidade morfológica fundamental dos foraminíferos. Estas unidades são, normalmente, simples e sem divisões, havendo porém espécies que se dividem em caméculas ou celas, através de septos axiais ou transversais. Os septos são elementos que dividem a cavidade interna dos foraminíferos pluriloculares em várias câmaras, sendo a comunicação entre duas câmaras contíguas feita através de orifícios que se chamam *forames*. A porção da câmara que é adjacente ou contém a abertura é designada face oral (Martins, 1997) (Fig. 3.8).

O orifício da carapaça através do qual o corpo protoplasmático contacta com o exterior designa-se por abertura primária, a qual pode ser única ou ser acompanhada por aberturas secundárias (Rocha, 1988 *in* Martins, 1997). Aquando da formação de uma nova câmara, a parede oral da câmara anterior dá origem a um septo e a antiga abertura passa a constituir um forame que permite a comunicação entre as duas câmaras contíguas (Martins, 1997).

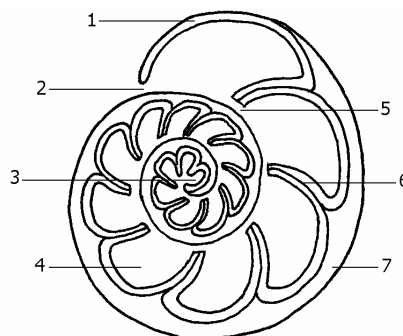


Figura 3.8 Principais elementos estruturais dos foraminíferos:
 1. Face oral; 2. Abertura; 3. Prolóculo; 4. Câmara; 5. Forame;
 6. Septo; 7. Parede (modificado de BIODIDAC, sd.).

A unir as câmaras encontram-se umas linhas, possíveis de ser observadas na superfície da carapaça, que se chamam suturas. Existem dois tipos de suturas. A sutura septal marca na superfície externa da carapaça o contacto entre o septo e a parede da carapaça (Rocha, 1988 *in* Martins, 1997); a sutura espiral marca a separação entre duas voltas sucessivas nos foraminíferos enrolados (Fig. 3.9). Se as suturas estiverem ao mesmo nível da parede da chamam-se *complanares*, se forem muito espessas e se elevarem acima da superfície da carapaça designam-se *limbadas*, mas as mais frequentes são as *deprimidas* (Martins, 1997) (Fig. 3.9).

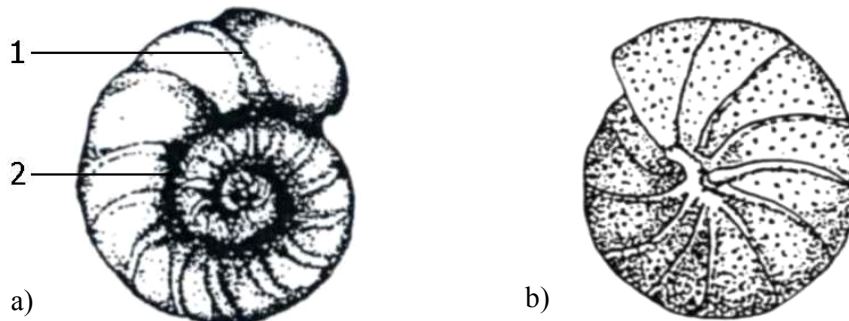


Figura 3.9 Esquemas das suturas (adaptado de Seyve, 1990):

- a) Carapaça com suturas limbadas;
 - 1. Sutura septal;
 - 2. Sutura espiral;
- b) Carapaça com suturas deprimidas.

O ponto de convergência das suturas chama-se zona umbilical ou umbílico (Seyve, 1990) e é o espaço formado entre os bordos interiores das paredes das câmaras umbilicais, pertencentes à mesma espira, podendo ser limitado por lábios orais, por prolongamentos dos bordos das câmaras, por pilares ou tampões umbilicais (Rocha, 1998 *in* Martins, 1997), os quais correspondem a estruturas centrais, circulares e salientes, existindo em algumas formas discóides, apenas num dos lados da carapaça ou em ambos (Martins, 1997).

3.2.8.1 *Composição da Carapaça*

A classificação dos foraminíferos é fundamentada, parcialmente, pela morfologia das carapaças, mas as grandes divisões são estabelecidas a partir de outros critérios baseados na estrutura da parede (Seyve, 1990).

Quatro tipos estruturais foram reconhecidos nos foraminíferos, nomeadamente, o orgânico, o aglutinado, o calcítico e o silicioso (Goldstein, 1999).

As carapaças orgânicas são constituídas por uma fina membrana flexível, mais ou menos transparente e, frequentemente lamelar (Debenay *et al.*, 1996), composta por uma substância, formada por um conjunto heterogêneo de polissacarídeos e proteínas, chamada tectina (Haynes, 1981). Os foraminíferos que possuem este tipo de carapaça encontram-se agrupados na Ordem *Allogromiida* (Sen Gupta, 1999b), onde se integram as formas simples, geralmente uniloculares, tubulares ou esféricas (Yassini e Jones, 1995). A preservação das carapaças orgânicas ocorre apenas em condições favoráveis excepcionais, não sendo por isso, comum existirem registos fósseis deste grupo (Sen Gupta, 1999b).

As carapaças aglutinadas são constituídas por material exógeno particulado, grosseira ou finamente inserido num cimento microgranular (Martins, 1997). O cimento é segregado pelo protoplasma e pode ser de diferentes materiais, incluindo o protoplasma extralocular, calcite, sílica e material ferruginoso (Camacho, 2004).

O material utilizado na construção das carapaças aglutinadas, para além de grãos de quartzo, inclui a mica, a magnetite, a granada, o topázio, a argila, fragmentos ou grãos de carbonato e matéria orgânica, as carapaças de pequenos foraminíferos, de radiolários, de cocolitos, fragmentos de conchas de moluscos e espículas de esponjas (Bignot, 1982 *in* Camacho, 2004).

A variabilidade das paredes aglutinadas pode estar relacionada com o grau de selectividade do foraminífero em relação à escolha do tipo de partículas exógenas a

integrar na carapaça (Loeblich e Tappan, 1964), as quais são seleccionadas tendo em conta a disponibilidade no meio, o tamanho e a cor (Bignot, 1982 *in* Martins, 1997), a densidade, a gravidade específica e a textura superficial (Martins, 1997). A determinação da composição das partículas aglutinantes e do cimento utilizado fornecem informação acerca do tipo de sedimento e das condições ambientais presentes na altura da formação da carapaça (Commeau *et al.*, 1985 *in* Camacho, 2004). Muitos géneros não são selectivos e utilizam, indiscriminadamente, todo o material disponível no fundo marinho (Haynes, 1981). Possuem carapaça aglutinada as Ordens *Astrorhizida*, *Lituolida*, *Trochamminida* e *Textulariida* (Sen Gupta, 1999b).

A maioria das espécies de foraminíferos constrói as suas carapaças com carbonato de cálcio, constituindo dez das dezasseis ordens da Classe *Foraminifera* (Hansen, 1999). Desde muito cedo, em estudos sobre foraminíferos, os maiores grupos de géneros calcários foram separados em *porcelânicos* e *hialinos* ou vítreos de acordo com a sua aparência à luz reflectida, como tal, os porcelânicos são opacos, reflectindo toda a luz, e os vítreos, como o próprio nome indica, são constituídos por uma estrutura fina e translúcida que permite a passagem da luz (Haynes, 1981).

As carapaças porcelanosas são essencialmente constituídas por calcite magnésiana, organizada em cristais muito finos, por vezes aciculares e dispostos de uma forma aleatória, recobertos por uma bicamada formada por romboedros de calcite com uma disposição em planos ordenados (Debenay *et al.*, 1996). As carapaças porcelanosas não possuem perfurações (Hansen, 1999), denominando-se imperfuradas (Martins, 1997).

As carapaças hialinas ou vítreas são formadas por cristais de calcite ou de aragonite de grandes dimensões, superiores a 5 μm (Yassini e Jones, 1995) e são também chamadas de perfuradas devido às suas paredes serem atravessadas por uma grande quantidade de poros que permitem as trocas gasosas entre o organismo e o meio. Os

poros são finas perfurações de diâmetro variável, geralmente entre 1 e 6 μm , atingindo raramente dimensões superiores (Le Calvez, 1953 *in* Debenay *et al.*, 1996).

Estas carapaças podem ser constituídas por várias lamelas sobrepostas e por isso recebem também a designação de carapaças lamelares (Debenay *et al.*, 1996) contrariamente às carapaças aglutinadas e porcelânicas em que cada câmara se forma independentemente das anteriores, dando origem a uma estrutura não lamelar (Martins, 1997). As carapaças lamelares podem ser constituídas por calcite ou aragonite, e formam-se aquando da adição de uma nova câmara, pois a camada nova é secretada cobrindo as câmaras expostas da carapaça, o que origina um aumento da espessura das câmaras mais recentes para as mais antigas (Hansen, 1999) (Fig. 3.10 – a). Nas formas não lamelares a adição de uma nova câmara não conduz à sobreposição de camadas (Fig. 3.10 – b).

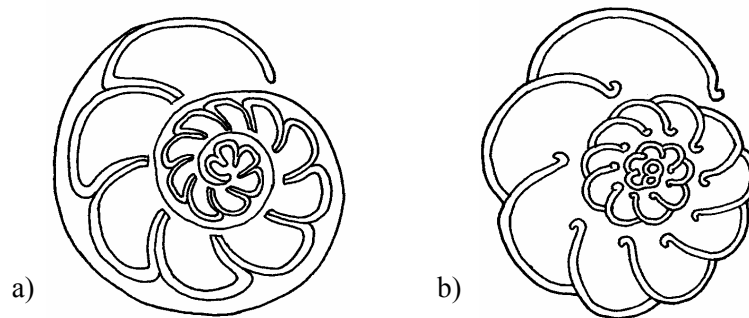


Figura 3.10 Esquemas das carapaças:
 a) Carapaça lamelar;
 b) Carapaça não lamelar (adaptado de BIODIDAC, sd.).

Os foraminíferos com uma carapaça calcítica incluem-se nas Ordens *Fusulinida* (extinta), *Miliolida*, *Carterinida*, *Spirillinida*, *Lagenida*, *Buliminida*, *Rotaliida*, e *Globigerinida*, e com uma carapaça aragonítica nas Ordens *Involutinida*, *Robertinida* e *Globigerinida* (Sen Gupta, 1999b).

As carapaças siliciosas são constituídas por sílica e actualmente são muito raras nos foraminíferos, sendo a sua posição sistemática mal conhecida, assim como a sua filogenia. Como tal, é difícil determinar se a sílica das carapaças fósseis é biogénica ou se resulta de uma processo diagenético de substituição (Debenay *et al.*, 1996). Este tipo de

foraminíferos foi incluído na Ordem *Silicoloculinida* (Sen Gupta, 1999b).

Na Fig. 3.11 encontram-se ilustrados os géneros representativos de cada uma das ordens da Classe *Foraminifera*.

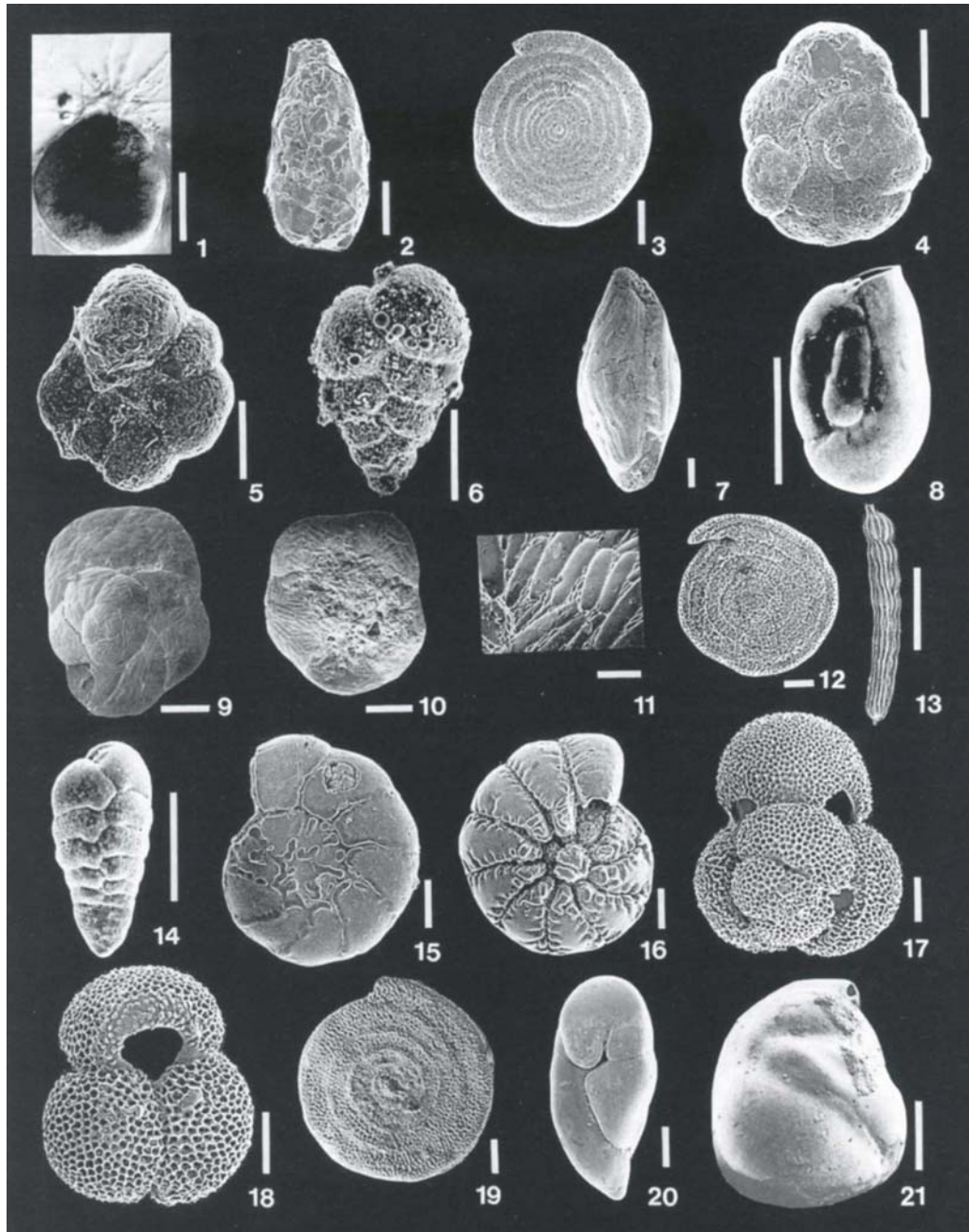


Figura 3.11 Géneros representativos das ordens dos foraminíferos; Escala: 500 μm (em 2, 7, 13), 10 μm (em 11) e 100 μm (nas restantes):

1. *Allogromia* (Allogromiida); 2. *Saccamina* (Astrorhizida); 3. *Ammodiscus* (Lituolida); 4. e 5. *Trochammina* (Trochammida), vista dorsal e ventral; 6. *Siphotextularia* (Textulariida); 7. *Tricites* (Fusulinida); 8. *Miliolinella* (Miliolida); 9., 10. e 11. *Carterina* (Carterinida), vistas dorsal, ventral e arranjo das espículas; 12. *Spirillina* (Spirillinida); 13. *Dentalina* (Lagenida); 14. *Bolivina* (Buliminida); 15. e 16. *Ammonia* (Rotaliida), vistas dorsal e ventral; 17. e 18. *Globigerinoides* (Globigerinida), vistas dorsal e ventral; 19. *Planispirillina* (Involutinida); 20. *Robertinoides* (Robertinida); 21. *Miliammelus* (Silicoloculinida) (Sen Gupta, 1999b).

3.2.8.2 Disposição das Câmaras e Arquitectura Geral das Carapaças

Em função do número de câmaras podem organizar-se as carapaças em dois grupos principais.

A carapaça *unilocular* mais simples é composta por uma só câmara esférica ou tubular (Seyve, 1990), igualmente chamada de *monotalâmica*. De acordo com a sua forma a câmara pode ser globosa, piriforme, em tubo recto ou em tubo espiralado num plano (Debenay *et al.*, 1996) (Fig. 3.12; Fig. 3.13 – 1).

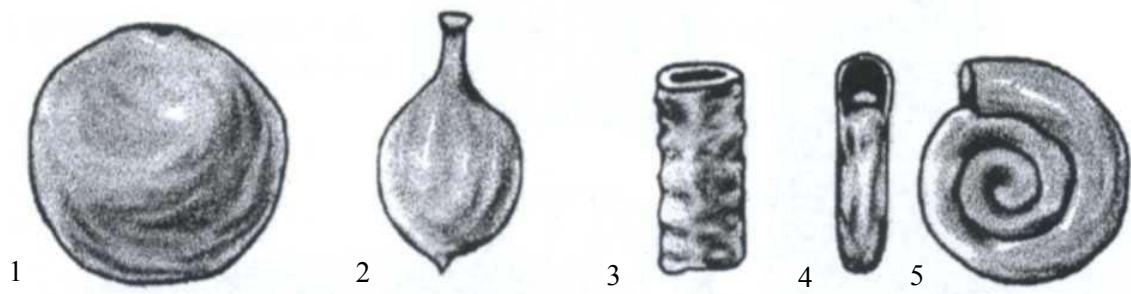


Figura 3.12 Exemplos de carapaças uniloculares (adaptado de Debenay *et al.*, 1996):

1. Carapaça globosa;
2. Carapaça piriforme;
3. Carapaça em tubo recto;
4. Carapaça em tubo espiralado.

Frequentemente, a carapaça contém algumas câmaras, de tamanho diferente, que comunicam umas com as outras pelos forames, chamando-se carapaças *pluriloculares* (Seyve, 1990; Martins, 1997).

Estas carapaças podem ter uma disposição *rectilínea* ou *arqueada* se estiverem organizadas segundo um eixo direito ou curvo, respectivamente. Se existe apenas uma série de câmaras a carapaça é *unisseriada*, se há algumas séries a carapaça pode dizer-se *bisseriada*, *trisseriada* ou *multisseriada* (Seyve, 1990) (Fig. 3.13 – 2, 3, 4). Algumas espécies apresentam um curso de crescimento caracterizado pela redução do número de séries, passando a disposição de câmaras, por exemplo de bisserial a unisserial, e de trisserial e unisserial (Fig. 3.13 – 5).

No modo *enrolado* as câmaras encontram-se dispostas segundo uma espiral e consideram-se *planispiraladas*, quando são enroladas num só plano e possuem duas faces idênticas (Seyve, 1990), ou *trocospiraladas*, quando o enrolamento se dispõe segundo uma espiral helicoidal com três dimensões (Martins, 1997) (Fig. 3.13 – 6, 7, 8).

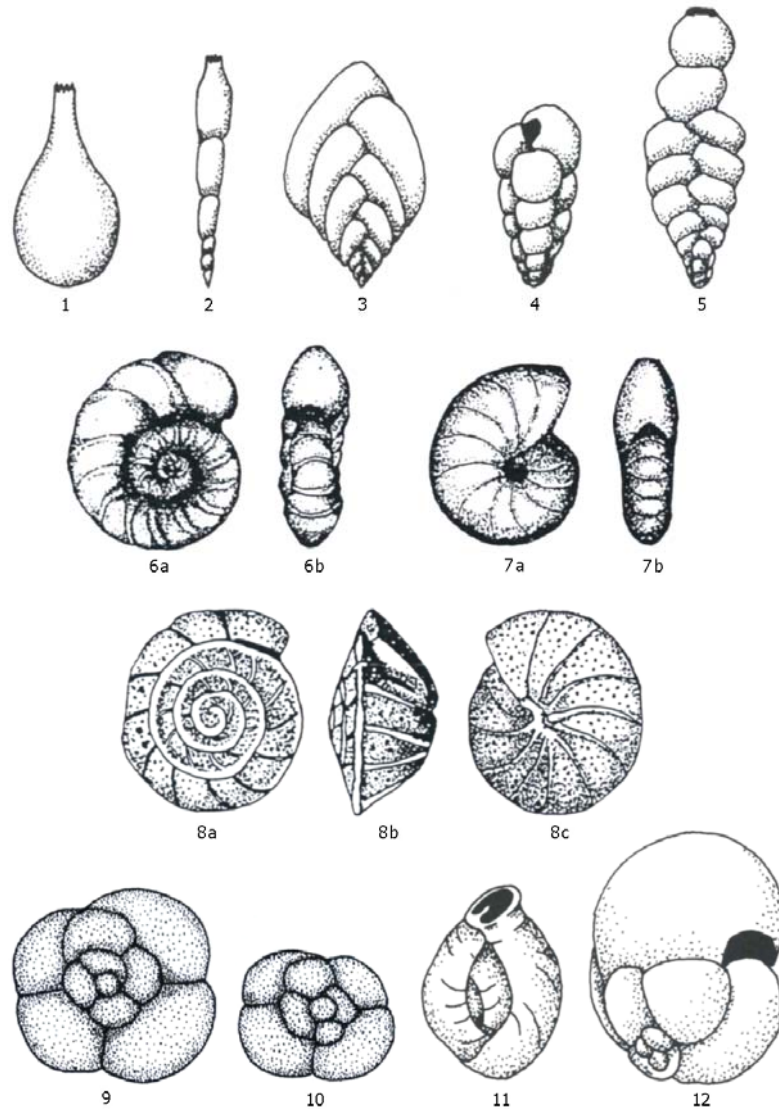


Figura 3.13 Principais tipos de carapaças dos foraminíferos:

1. unilocular; 2. unisseriada; 3. bisseriada; 4. trisseriada; 5. bisseriada tornando-se unisseriada; 6. planispiralada evoluta (a) face lateral, (b) face oral; 7. planispiralada involuta (a) face lateral, (b) face oral; 8. trocospiralada (a) face evoluta, (b) face lateral, (c) face involuta; 9. enrolamento sinistral; 10. enrolamento dextral; 11. Milioliforme; 12. estreptospiralada (adaptado de Loeblich e Tappan, 1964; Bignot *et al.*, 1975 in Seyve, 1990; Dodd e Robeert, 1991 in Martins, 1997).

Nas carapaças planispiraladas, o enrolamento é *evoluto* quando todas as câmaras da espiral são visíveis nas duas faces da carapaça, e *involuta* quando as câmaras da última volta recobrem as precedentes (Seyve, 1990) (Fig. 3.13 – 6, 7).

Nas espécies trocospiraladas o lado que mostra todas as voltas da espira é conhecido por face *dorsal*, *espiral* ou *evoluta*, enquanto que o lado que mostra só as câmaras da última volta se designa *ventral*, *umbilical* ou *involuta* (Martins, 1997) (Fig. 3.13 – 8).

A direcção do enrolamento não é sempre a mesma para todos os indivíduos da mesma espécie, podendo ser dextrógira ou levógira (sinistro) em função das variações climáticas (Seyve, 1990) (Fig. 3.13 – 9, 10).

Nas carapaças milioliformes (Fig. 3.13 – 11), o enrolamento de duas câmaras, por volta, é tal que as aberturas sucessivas se encontram todas no mesmo eixo e as câmaras podem dispor-se segundo cinco eixos nas carapaças de *Quinqueloculina*, três eixos nas carapaças de *Triloculina* e um único eixo nas carapaças de *Biloculina* (Debenay *et al.*, 1996) (Fig. 3.14).

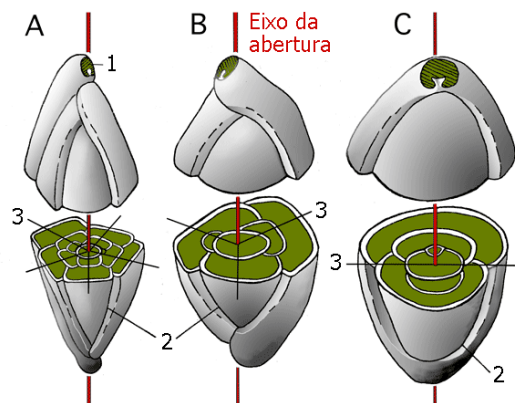


Figura 3.14 Esquema do enrolamento em carapaças milioliformes: (adaptado de Hottinger, 2006):

A. *Quinqueloculina*; B. *Triloculina*; C. *Biloculina*;
 1. Abertura; 2. Suturas; 3. Eixo de enrolamento.

Se as carapaças se dispõem espiraladamente, em vários planos designam-se *estreptospiraladas*, e pode dizer-se que a carapaça é *pelotonada* ou *enovelada*, designação também aplicada aos Miliolídeos (Seyve, 1990; Martins, Debenay *et al.*, 1996) (Fig. 3.13 – 12).

Em comparação a estes modelos simples, muitas carapaças apresentam sucessivamente, alguns tipos de organizações mistas ou compostas (Seyve, 1990).

3.2.8.3 *As aberturas*

A abertura permite a comunicação da última câmara com o exterior e tem uma grande variabilidade na forma e na disposição (Seyve, 1990), revestindo-se de grande importância taxonómica (Martins, 1997).

As aberturas podem ser simples, se existir um único orifício, ou múltiplas (Martins, 1997).

Quanto à forma as *aberturas simples* podem ser redondas, em fenda, em crescente, radiada, em forma de laçada, cruciformes e com lábio fialino (Le Calvez, 1953 *in* Martins, 1997; Loeblich e Tappan, 1964) (Fig. 3.15 – 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7).

As *aberturas múltiplas* podem apresentar uma forma dendrítica, crivada ou equatorial (Le Calvez, 1953 *in* Martins, 1997; Loeblich e Tappan, 1964) (Fig. 3.15 – 8, 9, 10).

A abertura dos foraminíferos uniloculares encontra-se, geralmente, na extremidade da sua única câmara, podendo ser no fim de uma câmara tubular enrolada, com tubo entosoleniano ou na extremidade de um colo (Le Calvez, 1953 *in* Martins, 1997; Loeblich e Tappan, 1964) (Fig. 3.15 – 11, 12, 13).

Quanto à posição, relativamente à câmara considerada, a abertura pode ser basal, terminal ou periférica (lateral). No caso de carapaças trocospiraladas, abertura pode ser mediana, umbilical ou espiral (Seyve, 1990) (Fig. 3.15 – 14, 15, 16, 17, 18).

Para além da abertura principal, localizada na última câmara, subsistem, por vezes, as aberturas das câmaras precedentes, designando-se por aberturas relíquia ou secundárias (Seyve, 1990). As *aberturas relíquia* são pequenas fendas radiais em volta do umbílico que permanecem abertas, enquanto as porções umbilicais da abertura equatorial não estiverem cobertas pelas câmaras seguintes (Martins, 1997) (Fig. 3.15 – 19).

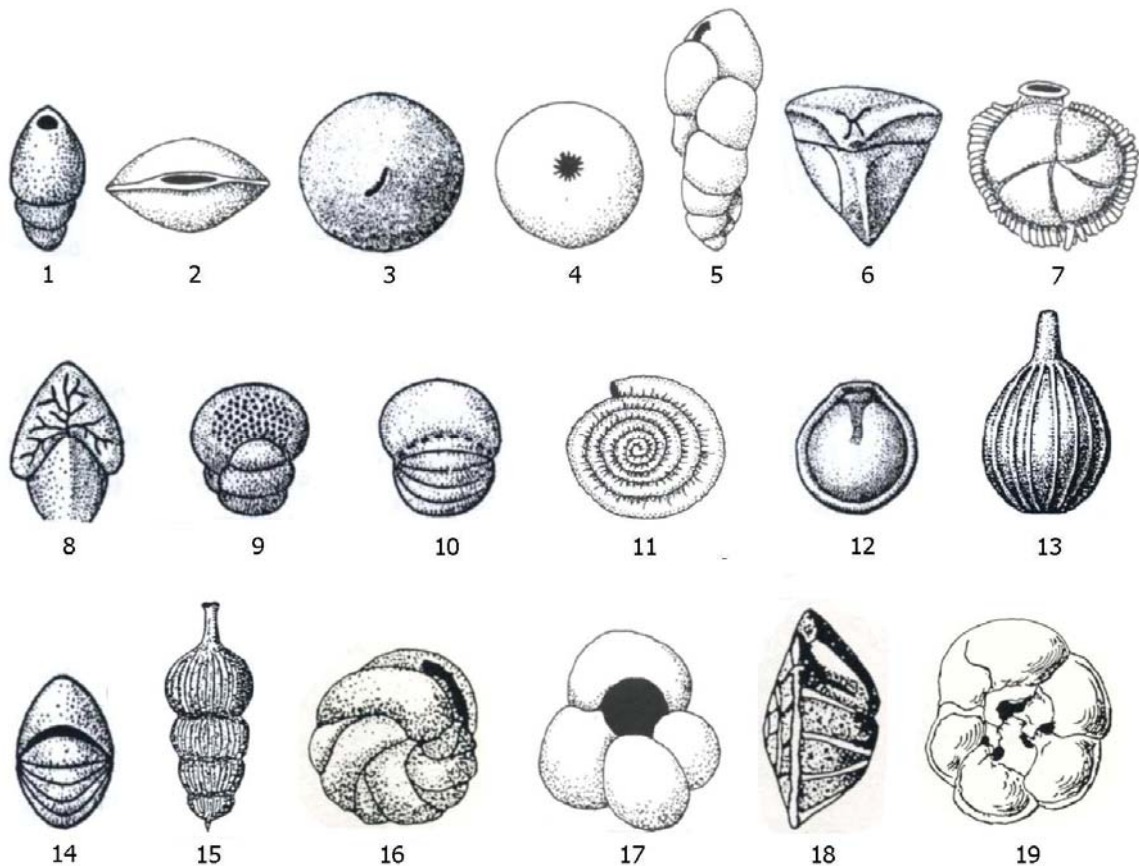


Figura 3.15 Principais tipos de aberturas nas carapaças dos foraminíferos:

1. redonda; 2. em fenda; 3. em crescente; 4. radiada; 5. em forma de laçada; 6. cruciforme; 7. com lábio fialino; 8. dendrítica; 9. crivada; 10. equatorial; 11. na extremidade de uma câmara tubular enrolada; 12. com tubo entosoleniano; 13. na extremidade de um colo; 14. na base da face oral; 15. terminal; 16. periférica; 17. umbilical; 18. espiralada; 19. aberturas relíquia (adaptado de Le Calvez, 1953 in Martins, 1997; Loeblich e Tappan, 1964; Bignot *et al.*, 1975 in Seyve, 1990).

3.2.8.4 A ornamentação

As carapaças dos foraminíferos podem ser lisas ou ornamentadas. A ornamentação reforça a parede (Martins, 1997), e pode estar disposta de várias maneiras, ou seja, na superfície da carapaça, nas suturas, ou no umbílico (Seyve, 1990).

A superfície da carapaça pode ser ornamentada com estrias ou costilhas, costelas, bossas (estruturas arredondadas e salientes, em forma de botão), carena (quando na periferia da carapaça existe um rebordo estreito, saliente, como uma quilha), espinhas curtas ou longas; ou pode ainda ser reticulada (Seyve, 1990; Rocha, 1998 in Martins, 1997) (Fig. 3.16 – 1, 2, 3, 4, 5).

Alguns foraminíferos possuem ainda suturas simples ou com limbos, ou seja, sublinhadas por uma faixa mais ou menos larga, e quanto ao umbílico podem apresentá-lo livre ou ocupado por um ou mais botões (Seyve, 1990) (Fig. 3.16 – 3, 5, 6, 7).

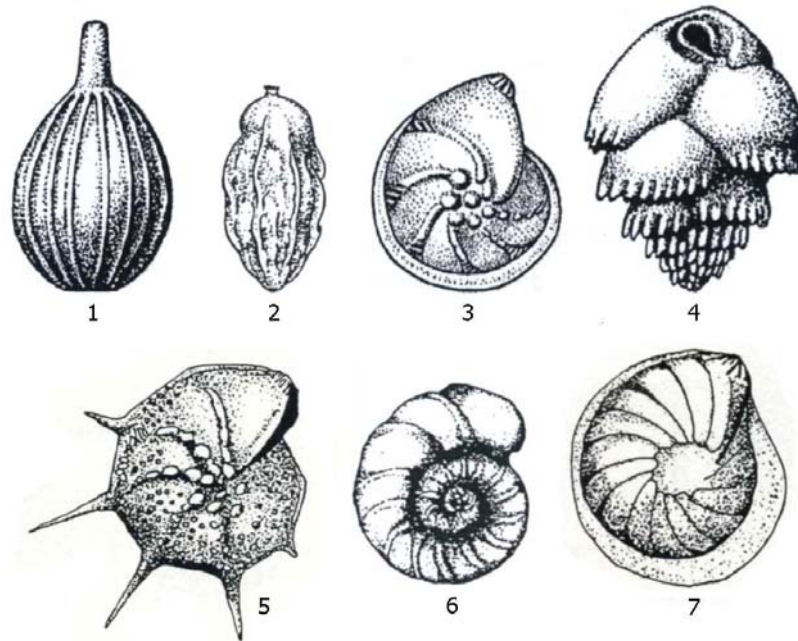


Figura 3.16 Principais tipos de aberturas nas carapaças dos foraminíferos:

1. com costilhas; 2. com costelas; 3. com bossas no umbílico, com carena; 4. com espinhas curtas; 5. com espinhas longas, com botões no umbílico; 6. com suturas limbadas; 7. com o umbílico livre (adaptado de Martins, 1997; Bignot *et al.*, 1975 in Seyve, 1990).

O tipo e o grau de ornamentação podem diferir, numa espécie, de local para local, variando com a salinidade, com a maior ou menor riqueza das águas em cálcio, com a carência de alimento, entre outros (Rocha, 1971, 1972 in Martins, 1997).

3.3 A ECOLOGIA DOS FORAMINÍFEROS

3.3.1 Distribuição ecológica dos foraminíferos

A maioria dos foraminíferos tem um modo de vida bentônico (Debenay *et al.*, 1996), como tal estes organismos desenvolvem uma relação estreita com o substrato.

Considera-se que, no âmbito das relações ecológicas, o substrato inclui as partículas inorgânicas, os resíduos de conchas, as partículas orgânicas, a água e o ar intersticiais (Martins, 1997).

As propriedades mais significativas do substrato, para as espécies bentónicas, estão relacionadas com a mobilidade, o tamanho e a densidade dos seus poros, a química da água intersticial, a natureza e a quantidade de matéria orgânica decomponível (Sen Gupta, 1982 *in* Martins, 1997).

O tamanho do grão do sedimento, a profundidade à qual se prolonga a camada superficial óxica e, possivelmente, a quantidade de alimento (bactérias e detritos orgânicos) condicionam a vida destes organismos no interior do sedimento. Verifica-se que ocorre, em geral, uma diminuição da abundância de foraminíferos, alguns centímetros abaixo da superfície (Murray, 1991 *in* Martins, 1997).

A natureza do sedimento interfere directamente na repartição dos foraminíferos, uma vez que os grãos grosseiros servem de suporte às formas fixas, ou indirectamente, atendendo a que a presença de partículas nutritivas no substrato permite o desenvolvimento de espécies detritívoras (Debenay *et al.*, 1996).

No geral, os foraminíferos são menos abundantes em areias grosseiras com pouco silte ou argila do que em sedimentos finos, possivelmente devido à disponibilidade de alimento (Higgins, 1988 *in* Martins, 1997), não podendo viver em zonas de areia fortemente exposta à acção das ondas (Phleger, 1976; Lipps e Delaca, 1980 *in* Martins, 1997).

Muitas espécies, de substratos rochosos, desenvolvem formas especiais de adaptação. Protegem-se da ondulação fixando-se ao substrato pela cimentação, por meio de pseudópodes, procurando protecção em cavidades ou adoptando um estilo de vida epífita e crescendo sobre a superfície das algas ou de outras plantas marinhas (Sen Gupta, 1982 *in* Martins, 1997). Os substratos vegetais oferecem, aos foraminíferos, numerosos microhabitats (Debenay *et al.*, 1996).

A profundidade por si só não é um agente determinante na distribuição dos foraminíferos, estando esta directamente relacionada com a temperatura da água, a

salinidade, a luz, a pressão, o oxigénio dissolvido, os alimentos, a natureza do substrato, ou seja, com factores que variam, de alguma forma, com a profundidade (Sen Gupta, 1982; Murray, 1991 *in* Martins, 1997). Em geral, o número de espécies e a quantidade de indivíduos aumenta gradualmente com o aumento da profundidade, desde a costa litoral até ao limite externo da plataforma continental (de 0 a 200 metros de profundidade) e diminui dos 200 metros até ao mar abissal (Lin, 1992).

Quer qualitativa quer quantitativamente, os foraminíferos mostram alterações na sua distribuição, motivadas principalmente por temperatura e salinidade, relacionadas com a profundidade e pressão (Madeira-Falceta, 1977 *in* Santos *et al.*, 2007). Assim, devido à preservação das suas carapaças e à capacidade em manterem os registos das alterações ambientais, podem ser utilizados na determinação das mesmas alterações (Yanko *et al.*, 1999; Debenay *et al.*, 2000).

A temperatura reveste-se de grande importância para ambos os grupos de foraminíferos, bentónicos e planctónicos. Os foraminíferos vivem numa gama de temperaturas que oscilam entre 1 e 50 °C, com cada espécie possuindo a sua própria gama (Lin, 1992). Nas águas frias existem formas primitivas, com carapaças aglutinadas com cimentos não calcários. Nas águas temperadas as microfaunas são mais variadas, sendo este o meio mais favorável. Nas águas tropicais existe um desenvolvimento de carapaças calcárias, por vezes muito ornamentadas. Alguns foraminíferos têm uma repartição limitada nos primeiros 60 m de profundidade, devido ao comensalismo com algas fotossintéticas no citoplasma (Seyve, 1990).

Os foraminíferos são organismos poiquilotérmicos, isto é, a sua temperatura corporal varia com a do meio ambiente. Algumas espécies são estenotérmicas, suportando apenas pequenas variações da temperatura, e outras euritérmicas, que suportam grandes variações da temperatura (Purves *et al.*, 2004).

A salinidade, quando combinada com a temperatura e profundidade, controla não apenas o número de espécies e de indivíduos, mas também os padrões das associações de foraminíferos. Estes habitam ambientes com valores de salinidade a variar entre os 0,5 a 57 ‰. De um modo geral, com o aumento dos valores de salinidade de 0,5 a 35 ‰ (valor típico de mar aberto) aumenta o número de espécies e de indivíduos. Para valores superiores a 35 ‰ o número de espécies e de indivíduos decresce abruptamente (Lin, 1992). Em ambientes costeiros, isto traduz-se por um aumento de diversidade de foraminíferos quando se passa de sapais e lagoas costeiras para zonas marinhas, diminuindo a diversidade em lagoas hipersalinas (Debenay *et al.*, 2000).

A intensidade da luz não afecta directamente a distribuição dos foraminíferos, mas sim, o ciclo alimentar destes, em função da abundância de alguns organismos dos quais os foraminíferos se alimentam, tais como algas e bactérias autotróficas. Como tal, existe uma relação directa entre a abundância de algas e a abundância de foraminíferos (Lin, 1992).

A depleção de oxigénio em meio marinho causa uma redução na densidade e na diversidade das espécies e reduz as dimensões dos indivíduos em consequência da diminuição da taxa de metabolismo e aumenta o número de espécies pioneiras e oportunistas (Boltovskoy e Wright, 1976 *in* Martins, 1997).

Outro factor ambiental que influencia a distribuição dos foraminíferos é o pH da água. Os foraminíferos de carapaças aglutinadas são resistentes aos ambientes redutores onde a concentração de oxigénio e o pH são baixos. As formas aglutinadas são assim bastante comuns na subsuperfície dos depósitos de ambientes parálisos e, após a sua morte, as suas carapaças preservam-se passando a fazer parte do registo fóssil. O mesmo não acontece com os foraminíferos calcários que, apesar de presentes nestes ambientes enquanto organismos vivos, dificilmente se preservam após a morte devido à rápida

dissolução das carapaças provocada pelo baixo pH (Scott *et al.*, 2001). Desta forma, o facto de determinada espécie calcária não estar presente no registo fóssil de uma amostra não significa que não tenha existido no passado nesse mesmo ambiente (Camacho, 2004).

A disponibilidade de carbonato de cálcio controla a distribuição dos tipos de carapaças (Douglas, 1979 *in* Camacho, 2004). A disponibilidade deste composto aumenta com o aumento da temperatura e da salinidade da água (Buzas, 1989 *in* Camacho, 2004). Douglas (1979 *in* Varela, 2004) verificou que ambientes com baixa disponibilidade daquele sal seriam dominados por foraminíferos com carapaças aglutinadas, enquanto que ambientes com disponibilidade média seriam dominados por foraminíferos com carapaças hialinas. Por sua vez, quando a disponibilidade de carbonato de cálcio é elevada, verifica-se o domínio de foraminíferos com carapaças porcelanosas. Assim, pode concluir-se que a percentagem de foraminíferos aglutinados e foraminíferos calcários é uma medida indirecta de salinidade, bem como da disponibilidade de carbonato de cálcio. Quando presente em abundância, este composto favorece a segregação de carapaças com uma grande espessura e uma ornamentação muito rica (Seyve, 1990).

A circulação das massas de água e das correntes é outro factor determinante na distribuição dos foraminíferos. As correntes afectam a repartição do sedimento e a estabilidade do substrato (Yassini e Jones, 1995) exercendo também a sua influência sobre os foraminíferos bentónicos. As correntes ajudam a dispersar os foraminíferos, transportando, em especial, as formas planctónicas, os gâmetas flagelados e os embriões jovens de várias espécies (Loeblich e Tappan, 1964), assim como as carapaças vazias para áreas diferentes do habitat natural dos organismos vivos, sendo necessário especial atenção quando usadas para interpretação de paleoambientes (Lin, 1992).

3.3.2 Zonação ecológica em ambientes parálicos

Os ambientes parálicos são todos aqueles que sofrem influência da transição entre as águas marinhas e continentais. Estes ambientes encontram-se isolados do mar pela presença de uma barreira física, que poderá ser por exemplo uma língua de areia, ou de uma barreira hidrodinâmica, como por exemplo a descarga de água doce (Debenay *et al.*, 2000). As características das águas parálicas dependem da intensidade da influência marinha, cuja diminuição Guelorget e Perthuisot (1983 *in* Camacho, 2004) denominaram de confinamento.

Segundo Debenay *et al.* (2000), há uma tendência nestes ambientes, verificada mundialmente, para a diminuição da diversidade faunística com a diminuição da influência marinha, comprovado por Buzas e Culver (1991) quando afirmam que a diversidade de espécies geralmente aumenta de ambientes de sapal e de baía para o oceano aberto. Assim, com a diminuição da influência marinha para montante num estuário, as associações costeiras de foraminíferos com elevado valor de riqueza específica dão lugar a associações oligoespecíficas que terminam em populações monoespecíficas nas áreas mais restritas (Debenay *et al.*, 2000).

Lagoas costeiras com reduzida entrada ou nenhuma entrada de água doce, apresentam valores de salinidade normal ou elevada, dependendo do clima local e do fluxo intermareal (Sen Gupta, 1999c), o que favorece as espécies calcárias e propicia uma maior diversidade da população, sendo este o tipo de ambiente mais comum ao longo de zonas costeiras quentes e áridas (Scott *et al.*, 2001).

Os ambientes estuarinos geralmente contêm pouca diversidade faunística e na maior parte dos casos, os foraminíferos de carapaça aglutinada dominam nos braços mais a montante onde a salinidade diminui, salientando, porém, que existem espécies calcárias tolerantes a baixas salinidades em águas quentes (Scott *et al.*, 2001).

3.4 A IMPORTÂNCIA DOS FORAMINÍFEROS NO ESTUDO DOS AMBIENTES ACTUAIS E PRETÉRITOS

A Micropaléontologia, ramo da Paleontologia que estuda os microfósseis, representa uma ciência relativamente nova, que se desenvolveu a partir do fim do século XIX, devido às suas aplicações nas explorações petrolíferas das grandes bacias sedimentares do mundo desde 1930 (Seyve, 1990).

Os primeiros testemunhos da vida terrestre estão representados por estruturas microscópicas, as cianobactérias, esféricas ou filamentosas e datam do Pré-câmbrico. Desde então, a diversificação dos microfósseis ao longo do tempo tem sido muito grande, sendo numerosos e comuns a partir do Paleozóico e em particular a partir do Câmbrio. A sua distribuição espacial cobre uma grande variedade de meios naturais, quer terrestres quer oceânicos. Estas considerações explicam a grande aplicabilidade dos microfósseis em todos os domínios de estudo geológico (Seyve, 1990).

Os foraminíferos são historicamente o grupo micropaleontológico que originou a Micropaléontologia e as suas aplicações estratigráficas e ecológicas fazem deste grupo de microfósseis o mais importante desta área do conhecimento (Seyve, 1990).

3.4.1 Os Foraminíferos como Indicadores de Qualidade Ambiental

O crescimento populacional e o conseqüente desenvolvimento das actividades doméstica, industrial, agrícola e recreativa são as principais causas da poluição antropogénica no domínio marinho, sendo este o principal destino do escoamento terrestre.

Tal poluição produz, obviamente, numerosos efeitos biológicos locais, incluindo doenças em espécies vegetais e animais, o declínio de algumas espécies ou mesmo o seu desaparecimento naquele ambiente, alterações na estrutura das comunidades, perda ou modificação de habitats, e até complicações ao nível da saúde humana (Lamb *et al.*,

1991; Vermeij, 1993; Bresler e Fishelson, 1994; Suchanek, 1993; Nee e May; 1992 *in* Yanko *et al.*, 1999).

Com a crescente tomada de consciência mundial em relação aos problemas ambientais, têm-se efectuado vastas pesquisas no sentido de detectar e monitorizar a poluição marinha. Existem numerosos estudos que demonstram o valor de determinadas espécies animais na detecção de perigosas contaminações dos ecossistemas (James e Evison, 1979 *in* Yanko *et al.*, 1999).

Em muitas zonas costeiras, especialmente em países industrializados, a poluição tem afectado severamente os microhabitats dos foraminíferos. Muitos estudos mostram que várias espécies podem servir como indicadores em programas de monitorização da poluição ambiental (Sen Gupta, 1999a).

Aqueles organismos apresentam uma grande sensibilidade a mudanças, sejam elas naturais ou antropogénicas, que se reflectem directamente na composição das associações de foraminíferos e na ornamentação das suas carapaças (Samir e El Din, 2001 *in* Santos *et al.*, 2007).

Os foraminíferos mantêm ou modificam a sua morfologia em função dos factores poluentes, tais como metais pesados, hidrocarbonetos e matéria orgânica alóctone (Samir, 2000 *in* Santos *et al.*, 2007).

Olson *et al.* (1973 *in* Châtelet *et al.*, 2004), ao estudar alguns estuários poluídos da Suécia, referiu que a distribuição dos foraminíferos é mais influenciada pelas variações da poluição do que pelas variações da salinidade, verificando-se uma baixa diversidade numa zona costeira poluída, enquanto que se verifica uma maior diversidade em estuários com valores de salinidade comparativamente mais baixos, mas menos poluídos.

A utilização dos foraminíferos enquanto indicadores da poluição marinha envolve análises quantitativas da diversidade de espécies, da densidade/abundância populacional, da constituição das associações, da morfologia das carapaças, incluído o tamanho e a morfologia do prolóculo, da ultra-estrutura, da piritização, e da constituição das carapaças, assim como da resposta biológica/citoplasmática do organismo (Yanko *et al.*, 1999).

A maioria dos estudos feitos neste âmbito mostra que uma das consequências da poluição é a diminuição da densidade e da diversidade de espécies de foraminíferos (Schafer, 1973 *in* Châtelet *et al.*, 2004), como se verifica em zonas para as quais escoam efluentes domésticos, efluentes industriais e outros. Nestes casos, quer a densidade quer a diversidade aumentam rapidamente com o aumento da distância à fonte de poluição (Châtelet *et al.*, 2004).

Existe um elevado número de poluentes químicos, incluindo pesticidas, que afectam a abundância e a diversidade de foraminíferos, alguns dos quais podem ser responsáveis pela erosão e corrosão das carapaças destes organismos (Setty, 1982 *in* Yanko *et al.*, 1999).

Os efeitos que as diversas concentrações de metais pesados têm sobre as populações de foraminíferos bentónicos são ainda pouco conhecidos. No entanto são muitos os autores que afirmam que as concentrações destas substâncias afectam a distribuição dos foraminíferos tais como Bryan *et al.* (1987), Chan (1995) e Nicholson (1999) (Le Cadre e Debenay, 2006).

De entre os metais pesados, destaca-se o cobre (Cu) que apresenta uma toxicidade muito elevada, e que se encontra geralmente em altas concentrações em estuários (Bryan *et al.*, 1987; Chan, 1995; GESAMP, 1976; Hummel *et al.*, 1997; Nicholson, 1999 *in* Le Cadre e Debenay, 2006). Este metal pode ter origem em zonas industriais, onde é usado como catalisador em inúmeros processos, provir da tinta antivegetativa utilizada no casco

dos barcos (Le Cadre e Debenay, 2006) ou da calda bordalesa utilizada no combate ao oídio das videiras. Através da realização de experiências utilizando colónias de foraminíferos bentónicos em sedimentos contaminados por cobre, Alve e Olsgard (1999 *in* Le Cadre e Debenay, 2006) concluíram que, altas concentrações do referido metal estão associadas a baixas concentrações de foraminíferos.

As anomalias morfológicas são também consideradas indicadores de poluição, uma vez que a proporção de carapaças deformadas aumenta notavelmente em áreas onde se verifica a existência de metais pesados. Os estudos indiciam que as referidas deformações resultam de um efeito citológico por parte dos poluentes, os quais entram nas células dos foraminíferos através da água do mar ou da ingestão de algas e bactérias contaminadas, modificando o citosqueleto e consequentemente a forma do organismo (Yanko *et al.*, 1999).

Os elevados níveis de deformação podem ser um efeito não só da poluição mas também podem ser resultado de condições ambientais anormais, tais como um pH baixo (Le Cadre *et al.*, 2003 *in* Le Cadre e Debenay, 2006) ou um elevado nível de salinidade (Debenay *et al.*, 2001; Seiglie, 1964; Zaninetti, 1984 *in* Le Cadre e Debenay, 2006).

A matéria orgânica oriunda de efluentes domésticos, fertilizantes e aquaculturas tem sido referida, em diversos estudos como potenciador do aumento da diversidade e densidade das populações de foraminíferos (Watkins, 1961; Bandy *et al.*, 1964, 1965; Nagy e Alve, 1987; Cearreta, 1988; Debenay *et al.*, 2001 *in* Yanko *et al.*, 1999). Tal facto é justificado pelo aumento da concentração de nutrientes, que por sua vez conduz a um crescimento de fitoplâncton, disponibilizando, assim, um abundante suplemento nutritivo para os foraminíferos (Châtelet *et al.*, 2004). Os foraminíferos tendem a desenvolver carapaças invulgarmente grandes e bem ornamentadas, assim como

deformações das mesmas em locais poluídos por efluentes domésticos (Watkins, 1961; Yanko *et al.*, 1994 *in* Yanko *et al.*, 1999).

Contudo, nem todos os investigadores chegaram à conclusão de que a diversidade e densidade das populações de foraminíferos aumenta com o aumento da matéria orgânica. Clark (1971 *in* Yanko *et al.*, 1999) ao estudar outras áreas geográficas, concluiu que pode existir uma relação inversa entre a densidade de foraminíferos no sedimento e o nível de libertação de matéria orgânica por aquaculturas, visto que extremas concentrações de matéria orgânica podem levar à eutrofização da zona e, conseqüentemente, a uma elevada mortalidade dos foraminíferos. Segundo Alve (1991 *in* Châtelet *et al.*, 2004), até determinadas concentrações a poluição orgânica pode ser favorável a algumas espécies de foraminíferos, a partir das quais se torna tóxica. Além disso, a toxicidade pode ainda depender da natureza da matéria orgânica (Châtelet *et al.*, 2004).

Além dos efeitos já referidos, a matéria orgânica influencia a distribuição de metais pesados nos sedimentos, uma vez que os metais podem ser facilmente complexados pela mesma. Conseqüentemente, um aumento na concentração de matéria orgânica pode estar relacionado com uma resposta adversa por parte dos foraminíferos que são influenciados pela presença de metais pesados (Châtelet *et al.*, 2004).

No que concerne aos níveis de carbonato de cálcio, Martin e Liddel (1991 *in* Martin, 1999) concluíram que a degradação da carapaça dos foraminíferos é inibida na presença de sedimentos ricos naquele sal. Os elevados níveis de carbonato de cálcio retardam a dissolução das carapaças e promovem a longevidade da preservação da mesma (Martin, 1999).

3.4.2 Os Foraminíferos na Reconstrução Paleoambiental

Os foraminíferos distribuem-se por alguns ambientes terrestres e por todos os ambientes marinhos, desde ambientes de transição, como sapais e estuários, habitats marinhos marginais como baías, até aos fundos abissais. Quando os foraminíferos morrem, as suas carapaças tornam-se parte do sedimento e, como tal, do registo fóssil, permitindo um registo geológico mundial que se estende desde o Câmbrico até aos dias de hoje (Buzas e Culver, 1991).

De um modo geral, as associações de foraminíferos são diferentes de acordo com o ambiente onde se encontram, por exemplo na plataforma interna, média ou externa. A realização de numerosos estudos permitiu concluir, contudo, que a profundidade não é o principal factor de dispersão, estando a distribuição de foraminíferos directamente relacionada com as características físico-químicas do meio, que de alguma forma, variam com a profundidade, e ainda com a granulometria do substrato, a temperatura, a salinidade da água, a luz, a pressão, o oxigénio dissolvido, os nutrientes e mesmo com os factores bióticos (Sen Gupta, 1982 *in* Martins, 1997; Sen Gupta, 1999a).

A vantagem de utilizar os foraminíferos nos estudos paleoecológicos, ou seja no estudo da distribuição das espécies ao longo do espaço e do tempo, prende-se com o facto de serem de fácil recolha e separação dos sedimentos (Scott *et al.*, 2001), de existir um grande número de indivíduos numa pequena amostra de sedimento marinho, uma elevada quantidade de espécies, uma grande distribuição global e um notável registo fóssil, através da excelente preservação das suas carapaças (Sen Gupta, 1999a; Buzas e Culver, 1991). Muitos destes factores relacionam-se, em parte, com as pequenas dimensões destes organismos (Sen Gupta, 1999a).

A qualidade das interpretações paleoecológicas é tanto maior quanto melhores forem os dados acerca das associações actuais e das condições ecológicas que

determinam a sua abundância. No caso dos foraminíferos bentónicos, um dos grupos com maiores potencialidades para o conhecimento dos ambientes passados, torna-se necessário determinar o microhabitat que cada espécie ocupa (Diz *et al.*, 2000).

Estudando as sucessões verticais sedimentares e conhecendo as características das associações de foraminíferos vivos actuais, é geralmente possível reconstituir paleoambientes com um elevado grau de confiança, ou monitorizar e gerir alterações ambientais contemporâneas associadas ao impacto da actividade antropogénica (Scott *et al.*, 2001), aplicando o princípio do uniformitarismo.

Estes organismos constituem, na verdade, uma ferramenta indispensável nos numerosos trabalhos de Paleooceanografia que procuram descrever e interpretar as mudanças globais do Quaternário. O Quaternário teve início há cerca de 1,8 milhões de anos (Tabela A.I, Anexo I), e o conhecimento dos seus padrões climáticos e oceanográficos reveste-se de grande importância quando se estabelecem cenários futuros. Os foraminíferos bentónicos mostram, em particular, que as variações climáticas deste Período provocaram mudanças importantes no domínio oceânico profundo (Fatela, 1995).

3.5 OS FORAMINÍFEROS COMO RECURSO DIDÁCTICO

A aplicação didáctica dos fósseis de foraminíferos é muito vasta, já que o estudo dos mesmos abrange várias temáticas contempladas nos programas curriculares vigentes, quer do 3.º ciclo do ensino básico, quer do ensino secundário.

Nas orientações curriculares dos programas referidos surge, em vários anos lectivos, a importância do estudo dos fósseis para a compreensão e reconstituição da história da Terra. A utilização dos foraminíferos neste âmbito é totalmente valiosa, uma vez que estes organismos além de serem de fácil recolha, são dotados de um excelente registo fóssil, devido à preservação das suas carapaças em parte resultante das suas

pequenas dimensões. Estes factores permitem, como é sugerido neste trabalho, a realização de actividades práticas como saídas de campo para a recolha deste tipo fósseis, e posteriormente o início ou a continuação de uma colecção de exemplares.

As actividades a desenvolver no campo, assim como as actividades a desenvolver no laboratório, aquando do tratamento das amostras, e a sua posterior interpretação vão permitir aos alunos assimilar determinados conteúdos conceptuais, dando cumprimento às orientações curriculares dos programas de Ciências Naturais, 3.º ciclo do ensino básico, de Biologia e Geologia, 10.º e 11.º anos de escolaridade e Geologia, 12.º ano de escolaridade. Estas actividades permitirão aos alunos conhecer o conceito de fóssil, identificar os diferentes processos de fossilização e reconhecer o papel dos fósseis como indicadores e de ambiente. Os fósseis podem ainda ser utilizados para estimar idades quer relativas quer absolutas, neste caso utilizando técnicas de datação cada vez mais aperfeiçoadas. Da Tabela A.II (Anexo I) constam os principais tópicos referentes aos programas das referidas disciplinas, segundo as orientações do Ministério da Educação (Galvão *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2001; Mendes *et al.*, 2003; Amador e Silva, 2004), cuja utilização dos foraminíferos focaliza directamente.

A fase de preparação da saída de campo com os alunos é de grande importância, e deverá desenvolver-se em várias aulas, durante as quais se devem implementar actividades que forneçam conceitos e competências necessárias e promovam nos alunos uma motivação para as actividades propostas no campo.

No caso específico da utilização dos foraminíferos, a preparação do trabalho de campo na sala de aula pressupõe uma pesquisa sobre os atributos do ambiente natural onde se farão as recolhas.

Após a saída de campo e de algum tratamento no laboratório, com base na experiência própria dos alunos é então viável a abordagem, por parte do professor, e

consequente assimilação por parte dos alunos de temáticas como: noção de estrato (tecto e muro), sequência estratigráfica; princípios da sobreposição, da continuidade lateral, da identidade paleontológica, da intersecção e da inclusão; o que são rochas sedimentares e como se formam, meteorização química e mecânica, erosão, transporte, arredondamento, granotriagem, deposição e diagénese; diversidade de rochas sedimentares, identificação de minerais; datação relativa e radiométrica (absoluta); etapas da história da Terra e escala do tempo geológico; princípios básicos do raciocínio geológico como o actualismo, o uniformitarismo e o gradualismo; bacia e rede hidrográfica, zonas costeiras; análise de tabelas cronostatigráficas e cartas geológicas.

A abordagem de todos estes assuntos vai dar cumprimento aos tópicos constantes da Tabela A.II (Anexo I) referentes aos programas das disciplinas, segundo as orientações do Ministério da Educação (Galvão *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2001; Mendes *et al.*, 2003; Amador e Silva, 2004).

Também no âmbito da Biologia o estudo dos foraminíferos, enquanto organismo, se reveste de grande utilidade.

Os foraminíferos são seres unicelulares e eucariontes, e mesmo não sendo animais, mas protistas, possuem todas as estruturas características de uma célula típica animal, podendo, como tal, ser utilizados no estudo da célula enquanto unidade funcional, na diversidade biológica (procariontes *versus* eucariontes; unicelulares *versus* multicelulares), contribuindo para o estabelecimento da teoria do evolucionismo, na distinção entre célula animal e vegetal e no estudo dos componentes celulares.

Os foraminíferos alimentam-se, excretam, movem-se, crescem, reproduzem-se e respondem a uma variedade de estímulos ambientais. Assim, podem contribuir para o estudo de vários conteúdos. No âmbito da nutrição, poderão ser utilizados na abordagem dos fenómenos de ingestão, digestão e absorção, endocitose (fagocitose), exocitose e

digestão intracelular, e estudo dos organelos envolvidos nestes processos. No que concerne à reprodução, o estudo dos foraminíferos pressupõe conhecimentos que envolvem conteúdos como reprodução assexuada e sexuada, estratégias reprodutoras como a esquizogonia ou divisão múltipla, meiose, mitose, fecundação, fase haplóide e diplóide dos ciclos de vida (alternância de fases nucleares).

Na sistemática dos seres vivos, os foraminíferos poderão ajudar a entender a evolução dos sistemas de classificação, já que eles próprios foram mudando de posição nos vários sistemas elaborados, com a diversidade de critérios que tem vindo a ser utilizada nas relações entre os organismos. Os exemplos da taxonomia dos foraminíferos poderão servir de exemplo para leccionar as categorias taxonómicas do sistema hierárquico (Reino, Filo, Classe, Ordem, Família, Género, Espécie), assim como as regras básicas da nomenclatura internacional para a designação dos seres vivos.

Na Tabela A.III (Anexo I) encontram-se esquematizados os tópicos das orientações curriculares relacionados com a Biologia, para os quais o estudo dos foraminíferos pode contribuir.

Os foraminíferos podem ainda servir de recurso no estudo de temáticas relacionadas com a intervenção do Homem nos subsistemas terrestres e agente de mudanças ambientais, já que alguns destes organismos constituem um importante indicador ambiental e podem ser utilizados na identificação de fontes poluentes ou na diagnose da qualidade ambiental dos ambientes. Os tópicos referentes a este assunto e contemplados nos programas escolares encontram-se esquematizados na Tabela A.IV (Anexo I).

A abordagem de cada conteúdo deverá ser adequada ao nível de escolaridade a que se destina.

CAPÍTULO 4

FOSSILIZAÇÃO

Tal como outros organismos construtores de esqueletos, internos ou externos, também os foraminíferos, tal como dito anteriormente, são susceptíveis de ficarem testemunhados no registo fóssil e por isso têm utilidade na interpretação de paleoambientes (Secção 3.4.2).

Ao longo dos últimos 300 anos os cientistas têm vindo a discutir a origem das alterações evolutivas. A resposta surge com o estudo dos fósseis (Paleontologia) e das rochas (Geologia). No tempo de Darwin o conhecimento do registo fóssil encontrava-se muito pouco desenvolvido, o que já não se verifica actualmente (Pojeta e Springer, 2001).

Nos dias de hoje, um dos grandes objectivos dos geólogos é conseguir entender a origem da formação das rochas na crosta terrestre. Para os paleontólogos, é de grande importância conhecer quais as formações rochosas que se formaram ao mesmo tempo, podendo correlacioná-las, quais as que tiveram origem em períodos de tempo diferentes, e ainda saber sequenciar estas formações desde a mais antiga até à mais recente. O estudo dos fósseis é a chave para estabelecer a sequência cronológica em estratos de rochas sedimentares, sendo que os fósseis são a prova directa das alterações que possam ter ocorrido em organismos vivos ao longo da história do nosso Planeta (Pojeta e Springer, 2001).

Em finais do século XVIII e meados do séculos XIX, geólogos ingleses e paleontólogos franceses descobriram que a idade das rochas poderia ser determinada e correlacionada através do estudo dos fósseis que estas continham. Rochas da mesma

idade continham fósseis de espécies semelhantes, mesmo quando a área em estudo era bastante extensa, ou quando os estratos não eram contínuos. Estes observaram também que existia uma sucessão distinta e observável de fósseis, desde as rochas mais antigas até às mais recentes que não se repetia (Pojeta e Springer, 2001).

4.1 CONCEITO DE PALEONTOLOGIA E DE FÓSSIL

A Paleontologia engloba a análise descritiva e interpretativa da vida, durante os períodos geológicos, através do estudo dos fósseis (Cachão, 2004).

Segundo Cachão (2004) não existem limites precisos entre a Paleontologia e a Neontologia (ciência que estuda os seres actuais). Por exemplo, organismos actuais tais como foraminíferos, são mais frequentemente estudados por paleontólogos que por biólogos, dada a importância que assumem no registo paleontológico.

Existem três conceitos indispensáveis no estudo de fósseis: (i) Fósseis são os vestígios de organismos vivos que habitaram outrora a Terra. (ii) A grande maioria dos fósseis são vestígios das partes duras de organismos já extintos. (iii) Os tipos de fósseis encontrados em rochas de diferentes idades diferem entre si, uma vez que a vida na Terra foi sendo alterada ao longo dos tempos (Pojeta e Springer, 2001).

O conceito de fóssil inclui todos os vestígios de estruturas somáticas de paleorganismos, ou traços e marcas de actividade orgânica, preservados por processos geológicos. Nesta definição incluem-se estruturas biomineralizadas ou de natureza orgânica e marcas realizadas por paleorganismos, os quais sofreram acções diagenéticas mais ou menos significativas e, eventualmente, acções metamórficas de baixo grau (p. ex. xistosidade). Assim, os fósseis são subdivididos em duas categorias: *somatofósseis*, que são restos ou vestígios de estruturas somáticas, isto é, do corpo de organismos pretéritos; e *icnofósseis*, que são marcas de actividade orgânica (Cachão, 2004).

Após a morte, qualquer organismo está sujeito a uma grande variedade de mecanismos que, na maioria dos casos, condicionam a sua preservação, total ou parcial. No decurso da fossilização, geralmente, ocorre uma transferência de material de origem orgânica, da biosfera para a litosfera. Neste sentido, os fósseis (somatofósseis) devem a sua existência a materiais que, tendo pertencido, no passado (mais ou menos remoto), a componentes esqueléticas de organismos vivos, resistiram (em maior ou menor grau) a acções meteóricas, diagenéticas e, eventualmente, metamórficas (de baixo grau). Assim, uma associação de fósseis representa apenas uma pequena e desproporcionada fracção da comunidade que lhe deu origem. Eventualmente, a longo prazo, a meteorização (alteração e erosão) das rochas pode repor esses materiais (fósseis), novamente à superfície (Cachão, 2004).

O paleontólogo analisa os ambientes actuais (sistemas fluviais, praias, lagunas) no sentido quer de reconhecer as associações que lhe são características quer de identificar todas as particularidades (abrasão, disposição dos restos esqueléticos) que cada um destes ambientes é susceptível de conferir aos restos orgânicos (Cachão, 2004).

Durante o processo de fossilização, desde que determinados restos orgânicos são produzidos até que os encontramos numa jazida, como fósseis, as estruturas esqueléticas de um organismo passam por diversos estádios (formando associações sucessivas) cada um deles contendo menos informação paleobiológica que o precedente (Cachão, 2004).

Embora boa parte de informação de natureza paleobiológica seja perdida no decurso destas várias etapas (das faunas de invertebrados marinhos, só cerca de 25 a 30% tem alguma probabilidade de ficar testemunhada no registo fóssil), existe igualmente ganho de informação ao longo deste processo já que a natureza dos processos envolvidos na fossilização deixa indicações preciosas sobre o ambiente de

deposição dos subfósseis e as acções diagenéticas exercidas sobre os fósseis (Cachão, 2004).

Os organismos sedentários herbívoros ou suspensívoros, têm maior probabilidade de ficar no registo fóssil (devido a esqueletos mais compactos e espessos) do que os organismos detritívoros e carnívoros (com esqueletos mais finos e leves) (Cachão, 2004).

Processos fossildiagenéticos são os vários mecanismos através dos quais os restos de origem orgânica (somatofósseis) ou marcas ou vestígios de actividade (icnofósseis) ficam preservados no registo geológico, isto é nas rochas (não necessariamente apenas em rochas sedimentares, pois algumas podem ser metamórficas de baixo grau, como por exemplo quartzitos e xistos) (Cachão, 2004).

Como principais processos de fossilização destacam-se a conservação, a mineralização, a incarbonização, a moldagem e a impressão, processos estes que são interpretados a partir do seu resultado final, os produtos da fossilização.

4.2 PROCESSOS DE FOSSILIZAÇÃO

O processo de conservação dá origem a produtos em que a composição química e estrutura dos restos orgânicos não é alterada, no todo (conservação total) ou em parte (conservação parcial e/ou mumificação). Este tipo de fossilização ocorre raramente pois necessita que o sedimento (argila), material químico (sal), físico (gelo) ou orgânico (resina) que envolveu o organismo tenha impedido a percolação de fluidos, atenuando ou mesmo anulando os efeitos da diagénese (Cachão, 2004). Os exemplos mais conhecidos de conservação são os dos mamutes da Sibéria conservados no gelo (crioconservação) e os insectos aprisionados e conservados no âmbar (inclusão em âmbar - resina) (Fig. 4.1).

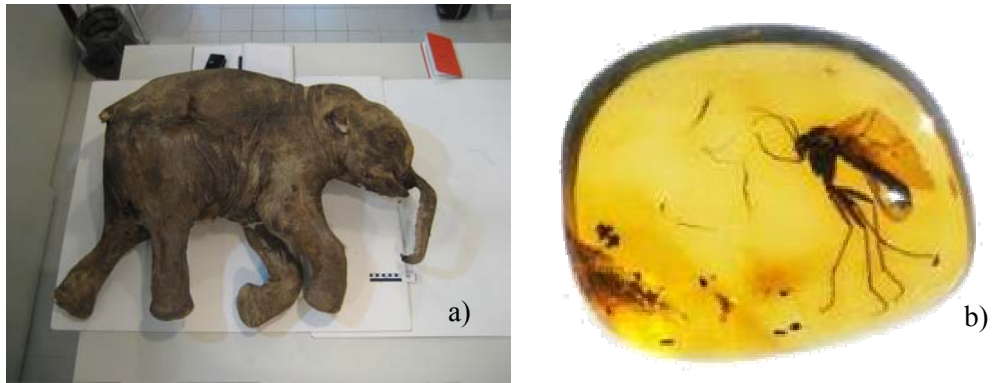


Figura 4.1 Exemplos de fossilização por conservação:

- a) Carcaça de mamute bebé conservado no gelo, encontrado na Sibéria e datado de há 10 mil anos (FarNorthScience, 2007);
- b) Insecto aprisionado em âmbar com 45 milhões de anos, encontrado no Báltico (Photo Researchers, 2008).

Na mineralização a fossilização dá-se por transformações químicas, pelas quais a matéria orgânica é substituída por matéria mineral, como a calcite, a sílica e a pirite, entre outros. Cita-se o exemplo de estruturas de corais em calcite (Fig. 4.2).

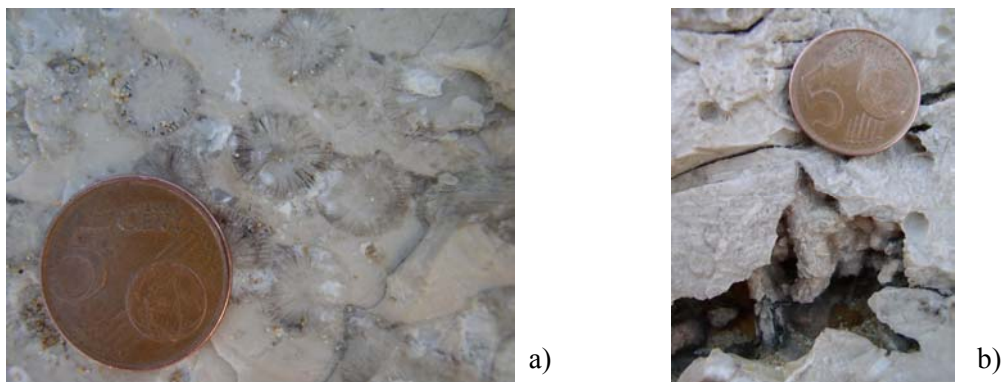


Figura 4.2 Exemplos de fossilização por mineralização:

- a) Secção de coral fossilizado, Barlavento Algarvio (© Andreia Monteiro, Abril 2004);
- b) Coral fossilizado, Barlavento Algarvio (© Andreia Monteiro, Abril 2004).

A incarbonização resulta do enriquecimento relativo e progressivo em carbono, por libertação gradual dos componentes voláteis (oxigénio e hidrogénio) das moléculas orgânicas de estruturas vegetais, por um processo de fermentação (combustão lenta ao abrigo do oxigénio atmosférico), por acção de bactérias anaeróbias. Este processo difere do anterior dado não existirem trocas de elementos químicos com os fluidos intersticiais mas, fundamentalmente, perca da componente volátil acima referida (Cachão, 2004). É

um processo comum de fossilização dos vegetais e animais com esqueletos de natureza quitinosa. Geralmente traduz-se pela manutenção da morfologia externa de estruturas resistentes, como troncos, mas com destruição da sua estrutura interna. Como produtos de fossilização destacam-se os filmes de carbono, como por exemplo graptólitos, ou os restos carbonosos, como por exemplo turfa, lignito e hulha (Cachão, 2004) (Fig. 4.3).

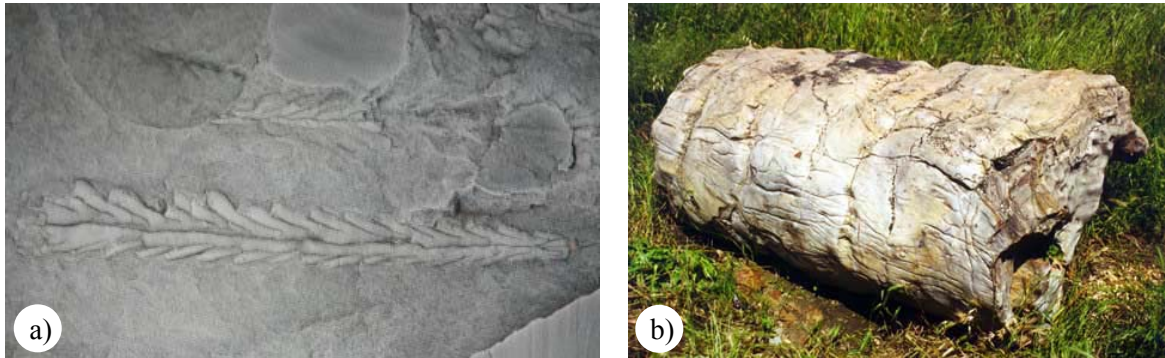


Figura 4.3 Exemplos de fossilização por incarbonização:

- a) Graptólito *Eoglyptograptus* sp. encontrado no “Túnel Ordovícico Del Fabar (Astúrias – Espanha)” (Departamento de Geologia – UTAD, 2005);
- b) Tronco de árvore fossilizado, *Annonoxylon teixeirae*, encontrado na área do Lucriz junto a Perais (Vila Velha de Ródão), data, provavelmente, do Miocénico Superior e pertence à classe das Anonáceas (Vila Velha de Ródão, 2008).

O processo de moldagem consiste na reprodução da morfologia interna ou externa de um resto orgânico pelo sedimento consolidado que o preenche ou envolve, respectivamente. O sedimento reproduzirá tanto melhor os pormenores da morfologia do fóssil quanto mais fino e homogéneo for. Exemplos de litologias favoráveis são os calcários litográficos, as margas, os argilitos e xistos argilosos e os arenitos finos siltoargilosos. Como produtos da moldagem temos os moldes internos, moldes externos e contramoldes. O molde interno reproduz o negativo da morfologia do interior de cavidades (por exemplo, da cavidade endocraniana de certos vertebrados) ou conchas. O molde externo reproduz, por seu lado, o negativo das características morfológicas externas de determinado fóssil. Os contramoldes (naturais ou artificiais) representam o positivo de estruturas internas e/ou externas consoante o molde que lhe deu origem (Cachão, 2004). Como produtos frequentes deste tipo de fossilização sobressaem os

moldes internos de gastrópodes e os moldes externos e contramoldes de bivalves (Fig. 4.4).

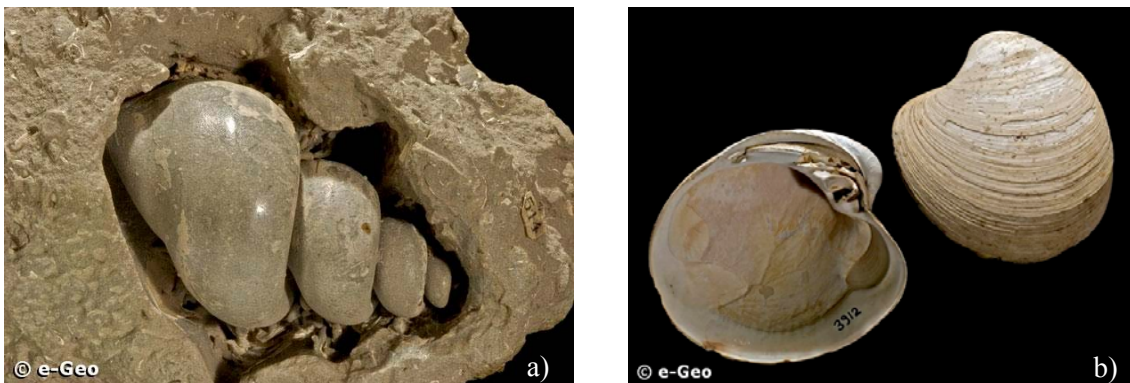


Figura 4.4 Exemplos de fossilização por moldagem:

- a) Fóssil de *Meretrix gigas* encontrado em Cacela (Algarve, Portugal), data do Miocénico (INETI, 2008);
- b) Fóssil de *Pereirae gervaisi* encontrado em Almada (Portugal), data do Miocénico (INETI, 2008).

As impressões são casos particulares de moldes externos de baixo-relevo que estão associados, geralmente, à incarbonização de estruturas foliares ou outros restos de vegetais fósseis (Cachão, 2004), como folhas, asas de insectos ou penas e rastros deixados por seres vivos. As impressões são conservadas quando os sedimentos moles em que foram deixadas sofrem diagénese, petrificando-as (Fig. 4.5).



Figura 4.5 Exemplos de fossilização por impressão:

- a) Impressão de folhas, *Taeniopteris jejunata*, encontrada no Buçaco (Aveiro - Portugal), data do Miocénico (INETI, 2008);
- b) Impressão de um insecto, *Phylloblatta fonsecai*, encontrada em S. Pedro da Cova (Gondomar - Portugal), data do Carbónico Superior (INETI, 2008).

As marcas ou vestígios de actividades vitais dos seres vivos, também podem ser fossilizados quando preenchidos por sedimentos mais finos e preservados, são os

chamados icnofósseis, como pistas, tubos, pegadas, cascas de ovos, ninhos, tocas e fezes. Estes últimos, chamados coprólitos, podem fornecer uma ideia do comportamento alimentar do animal. Existem em Portugal dois excelentes exemplos deste processo de fossilização, nomeadamente o Monumento Natural das Pegadas dos Dinossáurios da Serra de Aire, conhecido pela Pedreira do Galinha (Fig. 4.6), e os Icnofósseis do Vale do Pônsul, em Penha Garcia, onde se podem observar rastos de trilobites em quartzitos do Paleozóico (Fig. 4.7).



Figura 4.6 Fotografias do Monumento Natural das Pegadas dos Dinossáurios da Serra de Aire (Pedreira do Galinha), que contém um importante registo fóssil do período Jurássico:
a) Fotografia de um dos vinte trilhos ou pistas na laje calcária (© Andreia Monteiro, Junho 2007);
b) Impressões produzidas por dinossáurios saurópodes, datadas do período Jurássico Médio (conservadas ao longo de 175 milhões de anos) (© Andreia Monteiro, Junho 2007).

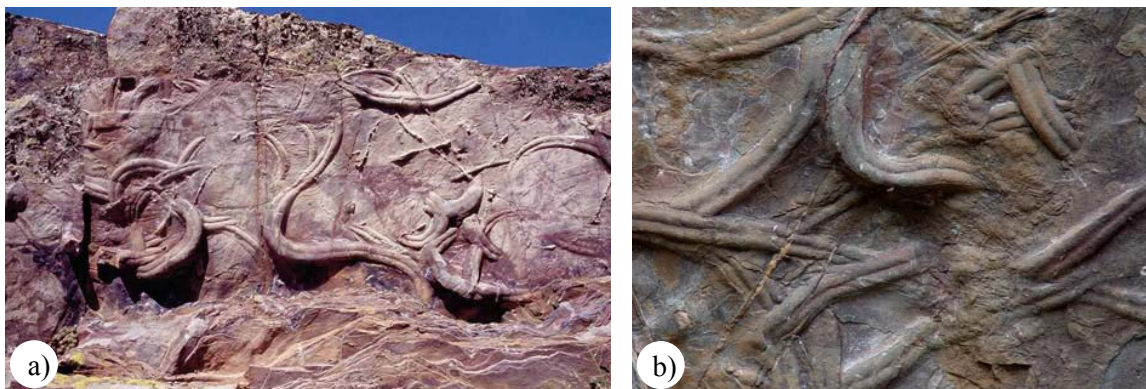


Figura 4.7 Icnofósseis do Vale do Pônsul, em Penha Garcia:
a) Rastos de trilobites em quartzitos do Paleozóico (Geopark Naturtejo, 2007);
b) Icnofósseis de alimentação de trilobites, formas denominadas Cruziana (MONFORTUR, 2007).

CAPÍTULO 5

CARACTERIZAÇÃO DE AMBIENTES COSTEIROS

A área de estudo insere-se nos ambientes geológicos habitualmente designados por costeiros ou de transição, pois sofrem influência do continente e do mar.

Ocupando aproximadamente 13% das áreas costeiras existentes em todo o mundo (Isla, 1995), as lagoas costeiras encontram-se um pouco negligenciadas, uma vez que poucos estudos têm sido feitos neste tipo de ambiente. Enquanto que os estuários têm sido foco de diversos estudos, as lagoas são muitas vezes remetidas para a categoria de “estuários com barreira” (Kjerfve, 1994).

5.1. LAGOAS COSTEIRAS

As lagoas costeiras possuem elevado valor ecológico e grande importância para as actividades humanas, como por exemplo áreas recreativas e de pesca. A sua preservação e a sua manutenção exigem um bom conhecimento destes complexos sistemas (Doody, 1992 *in* Neumeier *et al.*, 2000).

Por vezes pode gerar-se alguma confusão entre laguna e lagoa costeira.

As lagunas costeiras são corpos de água pouco profundos, geralmente orientadas paralelamente à linha de costa, e podem estabelecer ligação com o mar através de uma abertura, encontrando-se separadas do mesmo por barreiras, como barras de areia ou cascalho, ilhas barreira, baías, recifes, etc. (Reineck e Singh, 1986).

As lagoas costeiras, por sua vez, resultam geralmente da obstrução da passagem da água do rio para o mar. Essa obstrução pode resultar da subida do nível médio do mar. Assim as partes terminais de rios e ribeiras com pequenos estuários podem transformar-

se em lagoas permanentemente fechadas ao mar, embora possam ser galgadas durante marés vivas ou temporais. Em regiões em que a desembocadura (boca) do estuário está parcialmente fechada por uma praia barreira e “dune-ridge complex”, pode ocorrer o desenvolvimento de lagoas (Reineck e Singh, 1986).

As lagoas costeiras inserem-se nas denominadas zonas húmidas, que são consideradas, quer ambientes de transição entre o mar e o continente, quer como áreas de grande produtividade biológica (Vadineanu, 2005; Pedro, 1986). Das zonas húmidas fazem ainda parte as praias, as planícies de maré, os pântanos, os mangais, os sapais e os estuários (Vadineanu, 2005). O termo *zonas húmidas* surgiu para descrever um grupo de diversos ambientes que partilham a característica de serem simultaneamente habitats terrestres e aquáticos, ou periodicamente um ou outro (Pêra, 1986).

Normalmente, nas lagoas costeiras encontram-se águas salinas ou salobras pouco profundas (profundidade média 2 m ou inferior), flutuações sazonais do volume e da salinidade, que sofrem amplas variações, quer em termos locais como temporais (Healy, 1997). Estas lagoas estão relativamente abrigadas das correntes marinhas e ondas, possuem um substrato mole e a coluna de água encontra-se bem misturada devido à acção do vento (Barnes, 1980b).

De acordo com Phleger (1969 *in* Reineck e Singh, 1986) existem dois factores importantes no desenvolvimento de lagoas, são eles: a disponibilidade de sedimento arenoso (de origem fluvial ou marinha), o regime de maré e o clima de agitação marítima, pois deles depende a formação e a estabilidade das ilhas barreira. As ilhas barreira são acumulações de origem eólica, que incorporam sedimentos de origem marinha, determinadas pela areia disponível e pela energia das ondas durante os estádios iniciais da transgressão (Isla, 1995).

O fundo das lagoas pode ser irregular, onde profundos canais perpendiculares à linha de costa representam leitos de rio submersos durante a última transgressão, que são mantidos abertos devido a baixas taxas de sedimentação (Shepard e Moore, 1960 *in* Reineck e Singh, 1986). Noutros casos, esses canais são mantidos devido às correntes de maré (Phlegger, 1969 *in* Reineck e Singh, 1986).

A configuração da entrada de uma lagoa resulta da interacção entre as ondas do mar e as correntes de entrada das marés, que tendem a transportar sedimento para a abertura da lagoa reduzindo-a ou nalguns casos fechando-a, o que pode levar ao eventual isolamento da lagoa. Por outro lado, as correntes geradas pelas marés vazantes e as descargas de água proveniente da lagoa tendem a mantê-la aberta. As variações sazonais têm uma forte influência nas entradas das lagoas, sendo pouco profundas ou fechadas na estação seca, quando o fluxo de dentro para fora é fraco e reabrindo em largura e profundidade na estação húmida, quando o fluxo de água atinge elevados volumes. Quando uma barreira persiste durante vários ciclos sazonais, deixando a lagoa permanentemente fechada e com um isolamento da influência marinha por longos períodos, os habitantes locais podem reabri-la artificialmente, cavando um canal de saída que se alarga e aprofunda consoante a água começa a fluir (Bird, 1994). Muitas vezes a renovação da água salgada e a manutenção de um estado constante da lagoa depende de um canal aberto pelo homem. O período do ano em que essa conexão é estabelecida e a sua extensão tem uma influência importante na evolução da lagoa (Fonseca *et al.*, 1989).

As entradas das lagoas podem manter-se constantes, ou migrar ao longo da costa como resposta à interacção das ondas e das correntes. As lagoas com entradas permanentes (por acção antrópica ou natural) permitem uma troca constante de água, sedimentos, materiais dissolvidos e de organismos entre a lagoa e o mar, por outro lado, as lagoas completamente fechadas impedem essas mesmas trocas. No último caso, as lagoas tendem

a ser de água doce em zonas húmidas e hipersalinas em zonas áridas ou secas. Existe ainda, um tipo intermédio de lagoa, cuja entrada muda na forma, dimensões e localização, e que ocasionalmente podem estar completamente fechadas. Estas mudanças alteram a influência das marés, o nível da água no interior da lagoa, a zona de influência marinha, os gradientes salinos e as condições ecológicas dentro do sistema lagunar (Bird, 1994).

As lagoas costeiras são ambientes complexos que experimentam largas flutuações nas variáveis ambientais associadas a drásticas mudanças na estrutura das comunidades (Kjerfve, 1994). A salinidade das lagoas costeiras é determinada pelas trocas de água com o mar e pela quantidade de água proveniente dos cursos de água doce. Tal, leva à ocorrência de variações de salinidade em diferentes zonas da mesma. Na zona onde o rio desagua, a salinidade diminui da enseada para a boca do rio. Uma cunha salina é frequentemente encontrada por baixo da água doce. Se não houver fornecimento de água doce à lagoa, a mesma torna-se hipersalina. A salinidade é um importante factor na distribuição da fauna nas lagoas costeiras. Lagoas com valores de salinidade próximos dos valores de salinidade marinhos apresentam fauna semelhante à que se encontra no mar. Uma diminuição da salinidade conduz a uma diminuição da densidade e da diversidade da fauna, pelo que na desembocadura dos rios que desaguam na lagoa pode revelar-se uma fauna completamente diferente da fauna lagunar. Isto foi demonstrado por Phleger (1964 *in* Reineck e Singh, 1986) e Parker (1959, 1960, 1964 *in* Reineck e Singh, 1986) através do estudo de foraminíferos e macrofauna, respectivamente.

A distribuição dos sedimentos e das estruturas sedimentares numa lagoa costeira são determinadas, principalmente, pelas condições hidrográficas e pela disponibilidade de sedimento. Nos canais onde a velocidade é elevada, os sedimentos arenosos dominam e desenvolvem-se geralmente *ripples* de corrente. Por outro lado, nos canais onde as correntes são de baixa velocidade, os sedimentos são siltosos a argilosos. Os fundos das

lagoas proporcionam as condições ideais para a deposição dos sedimentos siltosos e argilosos, que podem ser fortemente *bioturbados*. Intercaladas nas camadas de argila, encontram-se estratos de areia, na sua maioria, trazida para as lagoas durante tempestades, podendo provir de transporte eólico, ser areia erodida das planícies intermareais ou das margens devido ao aumento da actividade das ondas, ou trazida para a lagoa por depósito de galgamento. Em frente à desembocadura dos rios que transportam sedimentos finos para a lagoa, os sedimentos depositados mostram crescentes taxas de sedimentação (Reineck e Singh, 1986).

As lagoas costeiras são formações litorais com características hidrodinâmicas e sedimentares muito próprias, que podem ser encontradas em praticamente todas as latitudes (Barnes, 1980b). São encontradas em vários ambientes, desde o Ártico ao Equador, das zonas áridas às húmidas, e com áreas de superfície que podem variar entre os 10 km² a menos de 1 ha (Bird, 1994).

O conhecimento do funcionamento actual destes ambientes é fundamental para a interpretação dos paleoambientes em geral e da distribuição dos foraminíferos em particular.

5.2 ESTUÁRIOS

Apesar dos estuários serem um dos ambientes de transição mais estudados, as complexas relações entre os vários componentes desse sistema são ainda mal compreendidas. A maior parte dos estudos têm-se centrado nas necessidades humanas, ou seja, numa busca das possíveis utilizações dos estuários, como a pesca, a navegação, a engenharia, até mesmo investigações relacionadas com a poluição, e não na investigação dos estuários enquanto ambiente sedimentar (Nichols e Biggs, 1985).

Os estuários formam-se na foz dos rios, no limite entre o mar e o continente, e a sua esperança de vida é geralmente curta (Dyer, 1997). Segundo Fairbridge (1980 *in*

Nichols e Biggs, 1985), geomorfologicamente, um estuário é “um braço de mar que penetra num vale de um rio com a subida da maré”. Por outro lado Prichard (1967 *in* Reineck e Singh, 1986) definiu o estuário como “um ambiente marinho costeiro semi-fechado, que mantém ligação com o mar, onde a água salgada se mistura gradualmente com a água doce proveniente do escoamento continental”. Esta dinâmica dá origem a gradientes horizontais e, com frequência, a gradientes verticais de salinidade.

Os estuários estendem-se desde a foz até ao limite das águas salobras, ou seja, espacialmente, correspondem ao troço final de um rio sujeito ao fluxo bidiário das marés. Dada a complexidade ecológica e geomorfológica de muitos estuários é frequente o uso do conceito de *sistema estuarino* (ICN, 2000).

As características específicas de um estuário são afectadas pelas alterações geomorfológicas e sedimentológicas que ocorrem ininterruptamente no ambiente em que o mesmo se insere (Perillo, 1995).

Allen (1972 *in* Reineck e Singh, 1986) salienta os factores importantes que controlam a circulação estuarina, ou seja, o volume de água trazido pela maré, o volume de água doce afluente e a forma do estuário. Em geral, distinguem-se quatro tipos de circulação estuarina: (i) Fluxo do rio dominante: desenvolve-se um estuário com cunha salina; (ii) Igual fluxo de descarga de rio e fluxo marítimo na superfície da água: é desenvolvida uma corrente em direcção ao mar, enquanto junto ao sedimento do fundo está presente uma corrente de água salgada; (iii) Descarga fluvial baixa e elevado fluxo marítimo: é produzido um estuário “misto”; (iv) Descarga fluvial muito reduzida e muito elevado fluxo marítimo: é produzido um estuário homogéneo sem gradiente vertical de salinidade (Reineck e Singh, 1986).

A sedimentologia de um estuário resulta de várias condições, sendo uma das mais importantes a fonte de sedimento, que pode ser de origem fluvial, das próprias margens,

trazido pelas correntes litorais ou introduzido no estuário pela acção da maré ou do vento (Perillo, 1995). Geralmente ocorre um elevado escoamento de nutrientes provenientes do continente, mas devido às grandes variações sofridas pelo estuário, como por exemplo condições ambientais de stress salino ou térmico, este tende a possuir menor variabilidade de espécies, quando comparado com outros ambientes aquáticos. As espécies existentes são frequentemente tolerantes a largas variações de temperatura e salinidade (Dyer, 1997).

Nos estuários há um aumento da diversidade e da abundância das estruturas de bioturbação, na direcção do mar. Nos sedimentos lodosos, são comuns as tocas e outros locais para habitação de animais, enquanto nos sedimentos arenosos há um número adicional de estruturas de bioturbação (Dörjes e Howard, 1975 *in* Reineck e Singh, 1986).

As variações anuais, aquando das várias estações do ano, influenciam em larga escala a salinidade nos estuários, como por exemplo as inundações (Dyer, 1997).

O contacto dos estuários com a água marinha é permanente, o mesmo não acontecendo nas lagoas costeiras (ICN, 2000).

Os estuários podem ser preservados em sequências transgressivas sob a forma de vales de rio inundados (Reineck e Singh, 1986).

Os estuários podem ser encontrados a nível mundial, em todos os tipos de clima e condições marítimas, desenvolvendo-se melhor em: zonas costeiras de média latitude, com largas plataformas continentais, principalmente em vales de rio inundados; em costas que sofreram recente glaciação originando-se fiordes; ou ao longo de costas arenosas com barreiras (Nichols e Biggs, 1985).

A mistura da água salgada do mar com a água doce fluvial e a fraca corrente das marés nas zonas protegidas dos estuários permite a deposição de sedimentos finos e a formação de lodaçais e bancos arenosos e/ou limosos, submersos durante a preia-mar. Os

sapais desenvolvem-se sobre lodaçais onde as correntes são incapazes de transportar a totalidade dos sedimentos que transportam. Reconhecem-se três tipos fundamentais de sapal externo: alto, médio e baixo. O baixo sapal situa-se no extremo inferior do sapal, coloniza solos de salinidade mais ou menos constante, permanentemente saturados de água salgada, sendo completamente submerso durante a preia-mar. Nas comunidades mais interiores do baixo sapal e no médio sapal verifica-se um intenso ciclo bidiário de inundação e drenagem. As condições ecológicas do médio sapal são intermédias entre os baixo e alto sapais. O alto sapal, em regra, só é visitado pelas águas marinhas na preia-mar. Situa-se desde um pouco abaixo do nível de preia-mar morta até, aproximadamente, ao nível de preia-mar viva, sendo, conseqüentemente, os períodos de submersão curtos e ocasionais. Nestas condições, sob um macrobioclima mediterrânico, os sais tendem a concentrar-se por capilaridade à superfície do solo, sendo atingidos teores de salinidade muito altos, tanto maiores quanto menor a probabilidade de encharcamento. Nos territórios pouco chuvosos (p.e. Sapal de Castro Marim, Sotavento Algarvio) chegam, inclusivamente, a formar-se eflorescências salinas – crostas salinas. Após longos períodos de chuva ou chuvadas muito intensas a salinidade do solo do alto sapal pode descer, temporariamente, a valores muito baixos. Ao contrário do que acontece no baixo sapal, as comunidades de alto sapal suportam variações bruscas e grandes variações sazonais na profundidade dos lençóis freáticos (ICN, 2000). De acordo com vários autores (Andrade, 1990; Morales, 1994; Teixeira, 1994 e Franco, 1997 *in* Santos e Boski, 2000), os sapais são ambientes caracterizados pelos seguintes aspectos: condições hidrodinâmicas de baixa energia; sedimentação fina silto-arenosa, laminada; existência de vegetação halófitas; ambiente intertidal mais elevado e são recortados por uma mais ou menos complexa rede de drenagem constituída por canais de maré.

CAPÍTULO 6

ENQUADRAMENTO DA ÁREA EM ESTUDO

6.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A Baía de Armação de Pêra localiza-se no litoral dos concelhos de Silves e Albufeira, sector costeiro sul-centro do Algarve (Sul de Portugal) e compreende uma extensão de cerca de 6 km desde a Praia de Armação de Pêra até à praia da Galé. É na parte central desta baía, que se localiza a área de estudo deste trabalho, a Lagoa dos Salgados (37°06' N; 8° 20' W) (Fig. 6.1).



Figura 6.1 Localização geográfica da área de estudo (Google, 2008).

6.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

6.2.1 Enquadramento Geológico

A Baía de Armação de Pêra está enquadrada, a oriente e a ocidente, por arribas litorais rochosas esculpidas em calcarenitos da formação carbonatada de Lagos – Portimão (Pais, 1982). A saliência rochosa ocidental constitui um obstáculo à deriva longilitoral (correntes dominantes de W-SW), pelo que a distribuição do sedimento na praia é essencialmente feita pelas correntes transversais à linha de costa (Moura *et al.*, 2006). Para a baía drenam as ribeiras de Espiche (extremo oriental) e de Alcantarilha (extremo ocidental), cujas bacias ocupam áreas, respectivamente, de 37 e 204 km² (PROT Algarve, 2006b). Como tal, a baía é ainda alimentada pelo sedimento transportado até ao litoral por estas ribeiras. As Ribeiras de Espiche e Alcantarilha debitam, respectivamente, $1,7 \times 10^3$ m³/ano e $6,9 \times 10^3$ m³/ano de sedimento para a zona litoral adjacente (Pinto e Teixeira, 2002).

A Lagoa dos Salgados é uma pequena lagoa costeira, que ocupa a zona terminal de uma bacia hidrográfica de pequenas dimensões e é alimentada por duas linhas de água, a Ribeira de Espiche e a Ribeira de Vale Rabelho, com uma área drenante total de 39 km², ocupando uma área inundável máxima de 1,5 km² (Fernandes *et al.*, 2001). É considerado um ecossistema aquático litoral, pouco profundo, cuja profundidade máxima é de cerca de 5 m e a profundidade média de cerca de 2 m (Corte-Real, 1992 *in* Soares, 2000; Fernandes *et al.*, 2001).

A Lagoa dos Salgados corresponde à colmatação de sistema estuarino-lagunar, possivelmente holocénico da Ribeira de Espiche. A lagoa está isolada do mar por um extenso cordão arenoso contínuo, que funciona como estrutura de contenção do caudal fluvial, descarregado pela bacia da Ribeira de Espiche. Em regime natural, a comunicação com o mar estabelece-se quando o plano de água no interior da lagoa atinge o topo do raso

de barreira, abrindo uma barra e escoando o volume de água acumulado na depressão, até ao plano dos 3,0 m (ZH – zero hidrográfico), libertando um caudal que pode atingir os 2,5 m³/s (Pinto e Teixeira, 2002). Actualmente a Lagoa é aberta artificialmente de forma a não inundar os campos circundantes (ou seja, o campo de golfe).

A lagoa constitui uma das raras zonas palustres existentes no Barlavento Algarvio. A sua formação está associada ao desenvolvimento do cordão dunar, que condiciona a comunicação com o Oceano Atlântico (Pinto *et al.*, 2001), ligação esta que só se verifica em ocasiões de elevada precipitação ou pela intervenção humana (Ministro, 2001).

A Ribeira de Espiche nasce nas proximidades do vértice geodésico de Valverde, à cota de 101 m, a norte da Guia, seguindo um percurso de 9 km no sentido Norte/ Sul e desaguando na Lagoa dos Salgados, contribuindo assim de forma dominante para existência desta (Corte-Real, 1992 *in* Soares, 2000). A lagoa ocupa uma superfície de cerca de 170 ha e constitui uma área de depósitos aluvionares salinizados, condicionados por uma dinâmica fluvio-marinha típica, constituindo assim um ecossistema de transição entre a zona costeira e a zona terrestre com características de lagoa interior (Dias *et al.*, 1997).

O espaço envolvente da margem Norte e Oeste da Lagoa dos Salgados é de domínio agrícola, sendo constituído por campos cerealíferos, pomares tradicionais de sequeiro (figueiras e amendoeiras) e várias pequenas vinhas (Ministro, 2001). A presença de moinhos e celeiros abandonados são os vestígios de uma intensa actividade agrícola passada.

No troço terminal da Ribeira de Alcantarilha, junto à foz, encontramos um ecossistema estuarino com sapal, cuja bacia hidrográfica ocupa cerca de 270 km². A ligação com o oceano, no extremo oeste do campo dunar é feita por uma barra muito dinâmica.

6.2.2 Caracterização Climática

A área em estudo insere-se na região meridional do Algarve, cuja variação média anual da temperatura se situa entre os 17 °C, em Faro e os 15 °C, em Monchique. Existe uma variação regular da temperatura ao longo de todo o ano, atingindo os valores mais baixos em Janeiro e os valores mais elevados em Agosto. Nas zonas costeiras, como é o caso em estudo, registam-se valores máximos de insolação, superiores a 3000 horas anuais (PROT Algarve, 2006a).

O clima do Algarve é do tipo mediterrânico, sendo caracterizado por um semestre chuvoso que ocorre na estação fria (80% da precipitação total anual) e um semestre seco na época quente (20% da precipitação total anual). A média dos valores de precipitação anual varia entre 1,277 mm e 406 mm, com o valor médio ponderado de 653 mm para todo o Algarve (PROT Algarve, 2006a).

Na área em estudo, o vento é predominantemente de W-SW durante cerca de 90% do ano, e de E-SE nos restantes 10% (Costa, 1994).

6.2.3 Agitação Marítima

A costa meridional do Algarve é abrigada do vento de Norte e o afloramento costeiro apenas ocorre quando sucedem ventos do quadrante Oeste, sendo esta uma situação ocasional. Quando o afloramento costeiro na área de Sudoeste é máximo, observa-se a chegada de uma corrente de água fria à plataforma algarvia. A corrente distribui-se de Oeste para Este e invade as águas quentes do Algarve. Este fenómeno é rápido, e dura apenas algumas semanas (Levy *et al.*, 1993).

Na área em estudo, o regime de ondulação ao largo é moderado, com altura média anual de 1 m, atingindo valores mais elevados durante o período de Outubro a Março (Pires, 1989). Os rumos predominantes das correntes são do quadrante W-SW (71%),

seguidos pelo SE (23%) (Costa *et al.*, 2002). A maré é semi-diurna, ou seja, duas marés cheias e duas marés vazias por dia, com amplitude média máxima de 3,5 m e 2,0 m, respectivamente (Pinto, 2004).

6.2.4 Acção do Homem

Os sectores laterais da baía de Armação de Pêra são os mais densamente afectados pela construção, uma vez que em Armação de Pêra e na Galé é notória uma intensa construção desordenada. São comuns os exemplos de construções em cima de arribas.

A zona húmida da Lagoa dos Salgados sofreu forte pressão antropogénica ao longo do último século, que contribuiu para a evolução e estado actual desta zona. Esta zona húmida, nos anos de 1950 e 1960, foi utilizada para a agricultura e drenagem. A partir da década de 70 a agricultura regrediu um pouco, mas a pressão sobre este ecossistema cresceu acentuadamente devido ao crescimento demográfico e sobretudo ao crescimento da indústria turística, que apesar da sua expansão não afectou, ainda, grandemente o ecossistema.

A lagoa dos Salgados assume um papel importante do ponto de vista ecológico, dada a sua importância para a avifauna e a sua relevância em termos paisagísticos e recreativos. Está classificada como Zona Sensível, no âmbito Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho (CCDR – Algarve, 2005).

Na área envolvente da Lagoa dos Salgados, a Este, construiu-se em 1988/89 um campo de golfe, no interior da área inundável, com consequentes alterações no balanço hídrico tornando-se necessário aberturas artificiais da barra (cordão litoral arenoso), ligando assim a lagoa ao oceano (Pinto *et al.*, 2001). Devido a esta construção com as movimentações de terra a capacidade de retenção da lagoa foi diminuída.

De realçar que a lagoa se encontra num dos troços ainda pouco ocupados do Litoral Sul da região, mas sujeito a grandes pressões urbanísticas (Dias *et al.*, 1997). Na área envolvente a Sul, o cordão dunar é local de intensa procura para zona de lazer e recreio nos meses de Verão, provocando uma forte pressão humana, devido ao uso indiscriminado pelos turistas e visitantes que habitualmente afluem ao local, quer para usufruir da paisagem, quer para a utilização da praia. A circulação motorizada verificada, quer nos limites da zona húmida, quer sobre a duna envolvente, tem contribuído igualmente para a perturbação e danificação da zona ambiental.

A Ribeira de Espiche que drena para a Lagoa dos Salgados serve de vala de drenagem e de escorrência das águas das encostas circundantes, sendo contaminada por produtos residuais (fertilizantes e pesticidas), transportados pelas águas excedentes da rega das comunidades agrícolas, das zonas circundantes, recebendo ainda as descargas dos efluentes provenientes das ETAR's da Guia e de Pêra (Soares, 2000). As descargas são sobretudo de águas residuais domésticas e industriais. Por vezes, devido a deficiências a ETAR não funciona eficazmente, sendo as águas residuais lançadas na Ribeira de Espiche sem o tratamento adequado (Soares, 2000).

Parte da água descarregada pelas ETAR's é utilizada, depois de sofrer tratamento terciário, para a rega do campo de golfe. Estas descargas são responsáveis em cerca de 44% da água que existe na lagoa (Soares, 2000), contribuindo para alteração do balanço hídrico, especialmente evidente no período seco do ano (onde serve um total de cerca de 20400 habitantes), e para degradação da qualidade ambiental de todo o ecossistema, dada as referidas condições de deficiente funcionamento (Fernandes *et al.*, 2001).

A Lagoa dos Salgados, à semelhança de outras lagoas da mesma natureza, sofre fenómenos de eutrofização, acentuados pelas descargas dos efluentes das duas ETAR's. (Ministro, 2001). As concentrações de fósforo e de azoto totais no caudal efluente

excedem largamente os respectivos valores máximos admitidos nas descargas para zonas sensíveis (Pinto *et al.*, 2001). Devido ao avançado grau de eutrofização da massa de água, a abundância de fitoplâncton é sempre muito elevada na lagoa e, no final do Verão é frequente registar grandes quantidades de cianobactérias potencialmente tóxicas (Fernandes *et al.*, 2001).

Em Agosto de 1996, procedeu-se à abertura da barra na tentativa de melhorar a qualidade de água da Lagoa, devido ao seu avançado estado de eutrofização. A renovação da água conduziu a uma situação de extrema degradação do ambiente lagunar nesse Verão, devido à morte de um grande número de peixes (Reis-Neves, 1999). Este facto tem ocorrido consecutivamente, alterando o equilíbrio hidrológico e ecológico da Lagoa.

A avifauna aquática tem sido gravemente afectada, quer pelas aberturas artificiais da barra, quer pela degradação da qualidade da água. Em Outubro de 2001 foram encontradas dezenas de aves mortas, sendo que as evidências apontam para que tenham sido intoxicadas por cianobactérias e/ou outros fenómenos associados ao avançado estado de degradação da qualidade da água (Ministro e Fernandes, 2002).

CAPÍTULO 7

METODOLOGIA

7.1 MATERIAL E MÉTODOS DE CAMPO

7.1.1 Preparação do Trabalho de Campo

A primeira etapa da preparação do trabalho de campo consistiu na planificação adequada e a definição clara dos objectivos pretendidos, de forma a tornar significativa a saída de campo para os alunos e não um simples passeio.

O professor deverá reunir informação detalhada sobre a saída de campo (duração, número de paragens, locais e tempos de descanso entre outros), o que contribuirá para o sucesso da saída de campo. Poderá, previamente, promover actividades de manuseamento de materiais que envolvem aprendizagem de conceitos ou a promoção de habilidades necessárias para as tarefas a realizar durante a saída.

A selecção da área em estudo é importante e deve, sempre que possível, situar-se na proximidade da escola. Na selecção dos locais de paragem devem ainda ter-se em conta os aspectos como: facilidade de acesso e identificação; proximidade das vias de circulação; topografia do local pouco acidentada e isenta de situações de risco potencial para os alunos; espaço suficiente para os alunos desenvolverem as actividades propostas; presença de materiais e/ou fenómenos claros e elucidativos.

Outra fase importante é a recolha de informação detalhada sobre os locais escolhidos e a região envolvente. Os professores devem recolher informações gerais, com base no seu conhecimento científico e num conjunto de documentos de carácter geral e informações específicas sobre o local. Para além desta recolha o professor deve realizar um exame minucioso da área em estudo, com a finalidade de recolher elementos que

permitam uma organização mais produtiva, bem como a adequação das estratégias aos objectivos da saída.

Seguidamente o professor organiza e elabora o roteiro de acordo com as paragens já seleccionadas, rentabilizando ao máximo cada uma delas. Este roteiro deve ter em conta os aspectos descritos na secção 2.3.2.1 deste trabalho.

Tendo em consideração os objectivos de estudo e os meios disponíveis (humanos, de tempo, entre outros) foi estabelecido um plano de amostragem na Lagoa dos Salgados, que incluiu sete estações de amostragem, efectuando uma sondagem em cada uma delas.

Na selecção da área de estudo foi utilizada a carta geológica da região, nomeadamente a Carta Geológica de Portugal, na escala 1:50 000, Folha 52-B, Albufeira (Rocha *et al.*, 1981).

7.1.2 Trabalho de Campo

As sondagens realizaram-se no dia 22 de Abril de 2005.

A localização dos furos foi seleccionada em virtude da provável diversidade de ambientes sedimentares que representavam. É de salientar que a execução das sondagens foi dificultada por condições geológicas adversas como vários níveis arenosos que não permitiam a progressão da sonda em profundidade, e locais saturados com água salgada, o que impedia a recolha completa dos testemunhos.

Em todos os locais de amostragem foram registadas as coordenadas geográficas referenciadas ao datum WGS 84 com um receptor Global Positioning System (GPS), Tabela 7.I. A recolha de amostras para o presente estudo foi realizada em sete estações, as quais se localizaram entre os 37° 05,700' N e os 37° 05,953' N de latitude e entre os 8° 19,944' W e os 8° 20,078' W de longitude (Fig. 7.1).

Tabela 7.1 Coordenadas geográficas das sete estações de amostragem, respectivas unidades de amostragem, número de amostras e profundidade máxima.

Estação de amostragem	Cota (m)	Latitude	Longitude	Unidades de amostragem	Número de amostras	Profundidade (cm)
S1	8,23	37° 05,700' N	8° 20,078' W	3	3	47
S2	5,79	37° 05,732' N	8° 20,072' W	3	3	38
S3	8,02	37° 05,764' N	8° 20,074' W	2	10	50
S4	12,80	37° 05,830' N	8° 20,047' W	1	8	37
S5	8,84	37° 05,894' N	8° 20,046' W	2	7	40
S6	8,23	37° 05,953' N	8° 19,944' W	2	12	67,5
S7	1,22	37° 05,941' N	8° 19,947' W	2	8	45



Figura 7.1 Localização das estações de amostragem (Google, 2008).

A recolha de amostras para o presente estudo foi realizada com uma sonda manual de meia cana (Fig. 7.2).



Figura 7.2 Sonda manual de meia cana (FCMA, Universidade do Algarve).

Da coluna de sedimento retirada pela sonda em cada estação, foram recolhidas amostras de acordo com a textura e coloração do sedimento (indicadores de diferentes parâmetros físicos e químicos do ambiente sedimentar onde se depositaram), para pequenos frascos de plástico devidamente identificados. Do frasco e respectiva tampa constavam a identificação da estação, e o intervalo de profundidade da recolha (Fig. 7.3).



Figura 7.3 Frascos de plástico e respectiva identificação.

Foi efectuada apenas uma sondagem por estação, num total de sete estações (Fig. 7.1). Cada testemunho de sondagem foi amostrado em intervalos geralmente de 5 cm, perfazendo um total de cinquenta e uma amostras, utilizando uma espátula para efectuar o seccionamento.

Foi feita uma observação *in situ* e registados aspectos de relevância como evidências de matéria orgânica (raízes, bioclastos, etc.), características do sedimento (grupo textural, cor), entre outros.

Devido a limitações de tempo, das sete estações apenas foram utilizadas seis amostras na análise dos sedimentos, correspondentes às estações S1 e S2, e dezoito amostras no estudo dos foraminíferos, correspondentes às estações S1, S2 e S6.

7.2 MÉTODOS E TÉCNICAS LABORATORIAIS DOS SEDIMENTOS

As amostras foram congeladas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, para evitar a degradação da matéria orgânica, até serem processadas.

As amostras foram divididas em quatro sub-amostras para determinação do teor em matéria orgânica total, da granulometria, do conteúdo em carbonado de cálcio presente nos sedimentos, e estudo dos foraminíferos bentónicos.

7.2.1 Determinação do Teor em Matéria Orgânica Total

A determinação do teor de matéria orgânica total foi efectuada por calcinação. Foram analisadas apenas seis amostras relativamente ao seu conteúdo em matéria orgânica devido a limitações de tempo, as quais foram seleccionadas aleatoriamente, sendo no entanto mais preciso o estudo se forem analisadas todas as amostras.

Prepararam-se cadinhos de papel de alumínio, os quais foram devidamente tarados. Colocou-se nos cadinhos, depois de tarados, entre 5 e 10 g, de cada amostra húmida e pesou-se o conjunto numa balança de precisão. O peso das amostras variou entre 6,0 e 11,3 g.

Seguidamente, colocaram-se os cadinhos na estufa (Horo) (Fig. 7.4) a 70 °C durante aproximadamente 3 horas, com o objectivo de extrair toda a humidade. Os cadinhos foram retirados, colocados no excicador durante 45 minutos e pesados novamente.



Figura 7.4 Estufa na FCMA (UAlg).

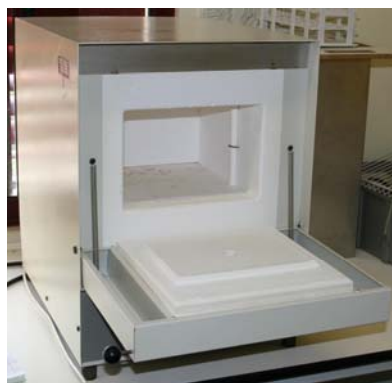


Figura 7.5 Mufla na FCMA (UAlg).

Procedeu-se à calcinação do material na mufla (Nabertherm) (Fig. 7.5), a 600 °C durante 4 horas. Os conjuntos compostos por cadinho e sedimento ficaram a arrefecer na mufla até serem novamente pesados (59 horas depois). Aquando da pesagem foram transferidos para um excicador, e a mesma foi efectuada com rapidez, a fim de se evitarem variações de peso significativas por absorção de humidade.

O teor em matéria orgânica foi determinado calculando a diferença de peso das amostras antes e depois de calcinadas na mufla, ou seja, é correspondente à diminuição de peso sofrido após a calcinação. Os dados utilizados para o cálculo do teor em matéria orgânica constam da Tabela A.IX (Anexo II). Os resultados foram expressos em % de peso seco da amostra e encontram-se na Tabela 8.I (secção 8.1.1).

7.2.2 Determinação da Granulometria dos Sedimentos

A granulometria de um sedimento está directamente relacionada com a energia do meio de deposição, em termos gerais, quando maior a granulometria de um sedimento, maior terá de ser a velocidade de transporte. A erosão, transporte e sedimentação estão relacionados entre si, relações estas ilustradas no diagrama de Hjulstrom (Friedman e Sanders, 1978) (Fig. A.1, Anexo I). Para determinar a granulometria dos sedimentos foram seleccionadas, aleatoriamente, apenas seis amostras, devido a limitações de tempo. Os resultados encontram-se expressos na Tabela 8.II (secção 8.1.2).

Para cada amostra pesaram-se 20 a 30 g de amostra húmida. Procedeu-se à separação de sedimentos grosseiros e finos. Para tal efectuou-se a lavagem da amostra à torneira, utilizando um crivo de inox de 63 µm e um colector de suspensão munido de um tubo de escoamento (Fig. 7.6), e recolheram-se os sedimentos finos para um copo de 1000 ml, perfazendo um total de suspensão de 800 ml no máximo. Com frequência, a quantidade de água com material fino resultante desta operação é grande, o que obriga a concentrar o material, isto é, reduzir a quantidade de água. Tal pode ser conseguido utilizando a decantação, em que se deixa o material sedimentar até que a parte superior da água fique completamente transparente, procedendo então ao rejeito dessa água. Os sedimentos grosseiros retidos no crivo foram recolhidos para um copo de 250 ml que foi colocado na estufa (WTC Binder) a 65 °C.



Figura 7.6 a) Material utilizado na lavagem da amostra (FCMA – Universidade do Algarve):
 1. Crivo de inox de 63 μm ;
 2. Colector de suspensão munido de um tubo de escoamento;
 b) Crivo e colector em coluna.

7.2.2.1 *Análise granulométrica da fracção fina dos sedimentos (< 63 μm)*

Para a análise granulométrica dos sedimentos finos (< 63 μm) foram utilizados dois métodos, o método da pipeta (aplicando a Lei de Stokes) e o método de medição de partículas por difracção laser (Malvern Mastersizer). O primeiro método foi utilizado para determinar a quantidade total de sedimentos finos, enquanto o segundo permitiu determinar o diâmetro das partículas da fracção fina.

No método da pipetagem determina-se a quantidade de material fino existente em fracções dimensionais previamente estabelecidas, tirando proveito das velocidades de sedimentação de cada uma dessas fracções, delas retirando alíquotas por pipetagem. Para tal, é necessário pipetar a alíquota a uma profundidade tal da proveta que garanta que, a esse nível, não existem já partículas maiores do que as da fracção pretendida, por já estarem em sedimentação a níveis mais profundos (Dias, 2004). Tal é conseguido aplicando a Lei de Stokes a um corpo em queda num fluido viscoso, uma vez que, se conclui que a velocidade terminal do corpo é directamente proporcional ao quadrado do seu raio, assim, na situação em estudo, quanto maior for o diâmetro das partículas, maior será a velocidade de sedimentação (Expressão 7.1).

$$v = \frac{2}{9} g \frac{(\rho_s - \rho_f)}{\eta} r^2 \quad \text{(Expressão 7.1)}$$

sendo v a velocidade terminal, g a aceleração da gravidade; ρ_s a densidade da partícula, ρ_f a densidade do fluido, η o coeficiente de viscosidade do fluido e r o raio da partícula.

Na execução deste método, as classes finas sobre as quais se efectua a granulometria provêm de uma separação prévia, utilizando um peneiro de inox de 63 μm em via húmida, das classes grosseiras (cascalhos e areias) e das classes lutíticas (siltes e argilas), como já foi descrito. A suspensão obtida foi colocada numa proveta de 1000 ml.

Antes de se efectuar a granulometria, a amostra é sujeita a dispersão e estabilização, com o objectivo de desaglutinar e desagregar as partículas ao máximo, de modo a obter-se uma suspensão em que as partículas estejam todas individualizadas e se mantenham, durante a análise, neste estado. Embora existam vários dispersantes disponíveis no mercado, o mais utilizado é o hexametáfosfato de sódio, em soluções da ordem de 0,5 % (Dias, 2004). Neste trabalho, adicionou-se 1,0 g de Calgon (hexametáfosfato de sódio) à suspensão, para evitar a floculação, e imediatamente antes da primeira colheita granulométrica é agitada cuidadosamente até se ter a garantia que todas as partículas presentes se encontram em suspensão homogénea. Perfez-se o volume de 1000 ml com água da torneira, e agitou-se novamente com a vareta. Esperou-se que a superfície da suspensão estabilizasse e após cronometrados 20 segundos, colocou-se a pipeta à profundidade de 20 cm, e retiraram-se 20 ml de suspensão para uma caixa de Petri previamente pesada e identificada. De acordo com a Tabela A.VII (Anexo I) os 20 ml de suspensão retirados aos 20 s e aos 20 cm de profundidade são representativos da suspensão total, isto é contêm todos os diâmetros de partículas que constituem a amostra nas proporções originais (Lewis e McConchie, 1994). A caixa de Petri com os 20 ml de suspensão foi colocada na estufa (WTC Binder) a 40 °C, retirada para um excicador onde arrefeceu para ser pesada. Efectuou-se este procedimento para todas as amostras seleccionadas.

A quantidade de argila das amostras calculou-se subtraindo o peso das caixas de Petri ao peso dos conjuntos constituídos por caixa de Petri e suspensão depois de seca. O objectivo deste procedimento foi calcular a quantidade total de partículas com diâmetro inferior a 63 μm num litro, como tal, o peso obtido foi multiplicado por 50 já se retirou apenas 20 ml. Os resultados foram expressos em gramas e encontram-se na Tabela 8.II (secção 8.1.2).

No método de medição de partículas por difracção laser foi utilizado um aparelho chamado Malvern Mastersizer que efectua medições de granulométricas de fracções entre 0,2 μm e 300 μm (Fig. 7.7).

O método granulométrico de difractometria laser, que mais correctamente se designa por LALLS – Low Angle Laser Light Scattering, baseia-se no princípio de que o ângulo de difracção é inversamente proporcional à dimensão da partícula. O equipamento deste tipo mais divulgado é o Malvern (Dias, 2004).

No funcionamento deste equipamento, um laser de He-Ne produz um feixe de luz monocromática com comprimento de onda $\lambda = 0,63 \mu\text{m}$, o qual ilumina uma célula de medida onde se encontra o fluido com as partículas (Fig. 7.8). A luz incidente é difractada pelas partículas, gerando-se um padrão de difracção estável, independente do movimento das partículas. Este padrão de difracção é focado, por uma lente, para um detector fotovoltaico constituído por um conjunto (16 ou 32) de detectores individuais de silício foto-sensitivo. Produz-se, deste modo, um sinal proporcional à intensidade da luz incidente, o qual, após ser amplificado por um tubo fotomultiplicador, é transmitido a um computador que regista o padrão de difracção e realiza as integrações necessárias (Dias, 2004).



Figura 7.7 Malvern Mastersizer na FCMA (UAlg).

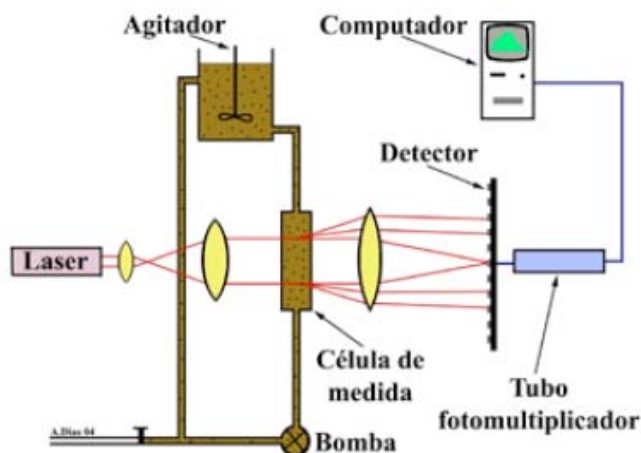


Figura 7.8 Esquema de funcionamento de um analisador por difracção laser (Dias, 2004).

O método granulométrico de difractometria laser permite determinar o volume das partículas e a partir deste deduzir o seu diâmetro. Contudo, este diâmetro não pode ser directamente correlacionado com o diâmetro de sedimentação, pois as partículas são objectos tridimensionais com formas irregulares, e a maioria das técnicas para deduzir o diâmetro do material assumem que estas têm simetria esférica, fornecendo, assim o diâmetro da esfera com o volume equivalente ao da partícula medida (Malvern Instruments Ltd., 2008).

No método de medição de partículas por difracção laser foi utilizada a suspensão contida na proveta de 1000 ml, resultante do método da pipetagem.

Inicialmente realizou-se o alinhamento do laser do aparelho Malvern Mastersizer com 600 ml de solução padrão (água e sedimento). De seguida colocaram-se 600 ml de água destilada com Calgon (hexametáfosfato de sódio), para evitar a floculação, na proporção de 1,0 g por cada litro de água. Juntou-se um pouco de suspensão até atingir a quantidade suficiente para a leitura por parte do Malvern Mastersizer. Entre cada análise, lavou-se a célula do aparelho com 600 ml de água da torneira durante cerca de 1 minuto e repetiu-se o processo de lavagem mais duas vezes. Os resultados foram impressos de imediato e encontram-se nas Figuras A.7 a A.12 (Anexo II). Efectuou-se este procedimento para todas as amostras seleccionadas.

7.2.2.2. *Análise granulométrica da fracção grosseira dos sedimentos (> 63 µm)*

A fracção grosseira (> 63 µm) do sedimento seco depois de pesada foi submetida ao método da peneiração, que é o método mais divulgado para análise granulométrica de sedimentos grosseiros. A amostra deve ser cuidadosamente pesada de modo a poderem estimar-se eventuais perdas que possam ocorrer durante o processo de peneiração e de pesagem das fracções de peneiração (Dias, 2004). O peso seco da fracção grosseira de cada amostra encontra-se na Tabela 8.II (secção 8.1.2).

Esta técnica consiste na separação dos sedimentos numa coluna de peneiros ou crivos, constituídos por um suporte cilíndrico em inox com uma rede metálica de malha calibrada. No presente estudo utilizaram-se peneiros com malhas de 1,400 mm; 1,000 mm; 0,710 mm; 0,500 mm; 0,355 mm; 0,250 mm; 0,180 mm; 0,125 mm; 0,090 mm e 0,063 mm, encaixados uns nos outros, de modo a formarem uma coluna de peneiração. Na parte superior desta coluna existe uma tampa para evitar perdas de material durante a peneiração e na base encaixa-se um peneiro *cego* destinado a receber as partículas menores que atravessaram toda a coluna sem serem retidos em nenhum dos peneiros (Fig. 7.9). A coluna de peneiração foi colocada sobre um aparelho vibratório, durante 10 minutos, designado por *agitador de peneiros*, o qual imprime aos peneiros movimentos de elevada frequência que viabilizam a peneiração das partículas. Este procedimento permitiu separar as areias e mistos em onze fracções granulométricas ou classes granulométricas de acordo com a escala de Udden e Wentworth,



Figura 7.9 Agitador de peneiros e coluna de peneiração (FCMA – UAlg).

serem retidos em nenhum dos peneiros (Fig. 7.9). A coluna de peneiração foi colocada sobre um aparelho vibratório, durante 10 minutos, designado por *agitador de peneiros*, o qual imprime aos peneiros movimentos de elevada frequência que viabilizam a peneiração das partículas. Este procedimento permitiu separar as areias e mistos em onze fracções granulométricas ou classes granulométricas de acordo com a escala de Udden e Wentworth,

a qual se encontra esquematizada na Tabela A.VI (Anexo I), assim como a respectiva comparação com a escala de Friedman e Sanders (1978), e com a escala utilizada programa de análise estatística GRADISTAT versão 4.0 (Blott e Pye, 2001).

O material retido em cada crivo foi cuidadosamente retirado para uma folha de papel escuro, escovando os peneiros com uma escova, e de seguida para uma caixa de Petri, com o auxílio de um pincel grosso, (Fig. 7.10). Este procedimento foi efectuado com o objectivo de minimizar as perdas de material. É normal que o peso total das fracções de peneiração seja um pouco inferior ao da amostra original, devido a partículas que se perderam em todo o processo. São aceitáveis perdas até 1% do peso original (Dias, 2004).



Figura 7.10 Material utilizado na fase de pesagem das fracções granulométricas obtidas no processo de peneiração na FCMA (Universidade do Algarve):

1. folha de papel escuro;
2. escova para limpar os peneiros;
3. caixa de Petri;
4. pincel grosso.

Pesaram-se os conjuntos constituídos por caixa de Petri e sedimento. Estes dados foram introduzidos no programa de análise estatística GRADISTAT versão 4.0 (Blott, 2000). Os resultados encontram-se expressos nas figuras A.13 a A.18 (Anexo II).

7.2.3 Determinação do Conteúdo em Carbonatos

O carbonato de cálcio presente no sedimento pode ter duas origens: (i) detritos de rochas carbonatadas, (ii) restos de endo ou exo esqueletos de organismos. O teor em

carbonato de cálcio foi determinado pela diferença de peso antes e após digestão das amostras em ácido clorídrico (HCl) diluído a 30 %. Foram analisadas apenas 6 amostras, seleccionadas aleatoriamente, relativamente ao seu conteúdo em carbonatos, devido a limitações de tempo.

Colocou-se aproximadamente 4 g de cada amostra, que variou entre 3,5 e 3,8 g, em copos de precipitação de 250 ml previamente pesados e identificados com etiquetas e colocaram-se os mesmos na estufa (WTC Binder) a 60 °C, durante 30 minutos, com o objectivo de extrair toda a humidade.

Depois de arrefecidas no excicador, os conjuntos formados por copo e amostra foram pesados e procedeu-se à descarbonatação com uma solução de HCl a 30%.

Para tal, na hotte (Fig. 7.11) numa proveta de 1000 ml colocaram-se 30 ml de HCl a 37%, com uma pipeta de 10 ml, perfazendo depois o restante volume da proveta (1000 ml) com água. A solução foi guardada num frasco de vidro escuro.

Ainda na hotte, verteu-se a solução de HCl preparada para cada um dos copos de precipitação até cobrir o sedimento por completo e homogeneizou-se o conteúdo, com o auxílio de uma vareta, permitindo assim uma melhor actuação do ácido em toda a amostra. Os copos foram deixados na hotte, até que toda a solução de ácido se evaporasse.

Pesaram-se filtros de 20-25 μm na balança de precisão, tantos quantas as amostras, previamente identificados com lápis, e registaram-se os pesos.

Os filtros foram colocados em funis de vidro, e estes em balões de Erlenmeyer.



Figura 7.11 Hotte da FCMA (UAlg).

Após adicionar um pouco de água às amostras já descarbonatadas, deitaram-se as mesmas nos filtros e lavaram-se com água até que o pH estabilizasse (entre 6 e 7), determinando o pH com um indicador colorimétrico de ácido-base em tiras de papel (Fig. 7.12).

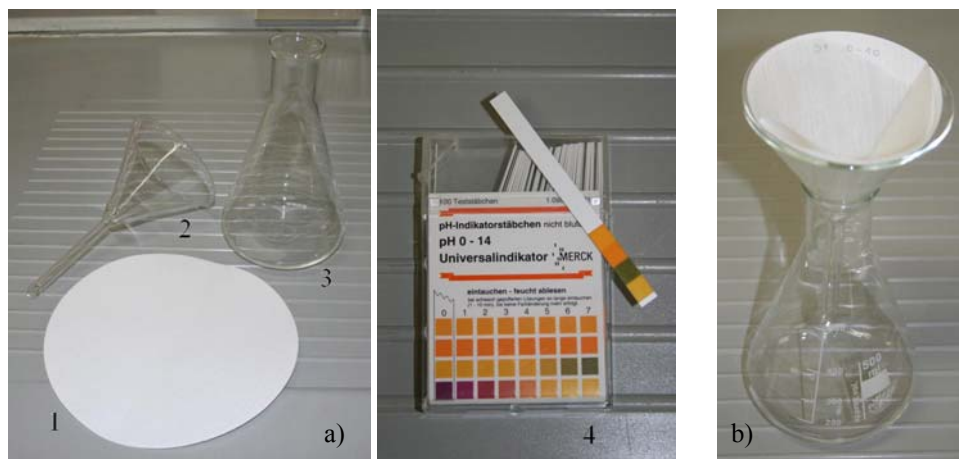


Figura 7.12 a) Material utilizado na eliminação do ácido clorídrico das amostras:
 1. Papel de filtro;
 2. Funil de vidro;
 3. Balão de Erlenmeyer;
 4. Indicador colorimétrico de ácido-base em tiras de papel.
 b) Montagem utilizada na eliminação do ácido clorídrico das amostras.

Colocaram-se os funis com os filtros na estufa a 70 °C. Ao fim de 48 horas os filtros foram retirados para um excicador. Depois de arrefecidos, os filtros foram pesados numa balança de precisão e os seus pesos registados. A pesagem foi efectuada com rapidez, a fim de se evitarem variações de peso significativas por absorção de humidade.

Os dados recolhidos para o cálculo do conteúdo em carbonatos constam da Tabela A.X (Anexo II) e resultados da determinação encontram-se na Tabela 8.I (secção 8.1.1).

7.2.4 Análise da Composição dos Sedimentos

Os sedimentos são partículas de diversas formas, origens e composição. As propriedades físicas das partículas devem ser caracterizadas quer na perspectiva da textura da superfície, podendo obter-se informações sobre a história geológica da partícula, quer da forma externa da partícula (graus de esfericidade e arredondamento).

As várias fracções, obtidas na coluna de crivos das 6 amostras (ver análises granulométricas, secção 7.2.2.2) foram analisadas com a lupa binocular, com o objectivo de caracterizar a morfologia dos grãos de quartzo, bem como a composição da fracção detrítica e biogénica. Para facilitar a análise, deve utilizar-se uma caixa de Petri com um reticulado e o tabuleiro onde se coloca a amostra deve ser preto e baço.

Para a caracterização da morfologia dos grãos de quartzo foi utilizada uma tabela de comparação de esfericidade e arredondamento (Tabela A.V, Anexo I) e as observações resultantes deste procedimento encontram-se na Tabela A.XI (Anexo II).

7.3 MÉTODOS E TÉCNICAS MICROPALAEONTOLÓGICAS DE LABORATÓRIO

Para o estudo da constituição e características das associações de foraminíferos foram seleccionadas, aleatoriamente, apenas dezoito amostras, por limitações de tempo, contidas em frascos de plástico, correspondentes às estações S1, S2 e S6 (Fig. 7.1).

7.3.1 Lavagem e crivagem das amostras

A cada frasco foi retirado 10 cm³ de amostra. Para tal colocou-se 80 ml de água num frasco de plástico graduado de 100 ml e juntou-se sedimento, com o auxílio de uma colher, até o menisco formado pela água atingir os 90 ml. Procedeu-se à agitação mecânica.

Na fase de lavagem, a suspensão foi deitada sobre uma coluna de dois crivos (500 e 63 µm). Os sólidos retidos nos crivos foram lavados com o auxílio de uma mangueira de pequeno diâmetro, até que água resultante da lavagem se apresentasse límpida. Nos casos de difícil desagregação, era adicionado um pouco de detergente para facilitar a lavagem.

Depois de lavada, cada uma das fracções foi observada à lupa binocular e descrita. Nas amostras ricas em matéria orgânica, efectuou-se uma decantação, com o

objectivo de separar a fracção útil da maioria da matéria orgânica, para facilitar a observação de foraminíferos e outros possíveis elementos de estudo.

A todas as fracções, incluindo as decantações, foi adicionado um pouco de álcool aos frascos, para conservação do material biológico, e foram guardadas para posterior análise.

No caso das amostras muito arenosas, e que após a primeira observação pareciam conter poucos foraminíferos, optou-se por secá-las numa estufa a 60 °C. Estas amostras foram posteriormente submetidas ao processo de flutuação por se revelarem muito arenosas, onde se torna difícil a distinção dos foraminíferos dos grãos de areia.

7.3.2 Preparação das amostras para contagem e classificação

7.3.2.1 Método utilizado nas amostras húmidas

Para cada amostra agitou-se, suavemente, o frasco de plástico onde se tinha guardado a fracção de sedimento para estudo. Escorreu-se o conteúdo para uma caixa de Petri previamente marcada com quadrículas, para facilitar a contagem.

Para facilitar a fase de contagem, algumas fracções tiveram que ser divididas. Para tal utilizou-se um Divisor Preciso de Plâncton (Fig. 7.13), fabricado pela Baileys Plastics Fabrication, Ltd., em Dartmouth no Canadá. A função deste aparelho consiste em dividir a amostra em oito partes iguais facilitando, assim, a identificação e a contagem dos indivíduos.

O aparelho é constituído por uma coluna cilíndrica com 40 cm de altura e 11 cm de diâmetro e por uma base com oito compartimentos igualmente divididos (Fig. 7.13).

Depois de montado o aparelho, encheu-se a coluna com água a três quartos do seu volume e colocou-se de seguida a amostra, de forma uniforme, com o auxílio de água corrente adicionada por uma mangueira de pequeno diâmetro, de modo a perfazer o volume da coluna.

Deixou-se decantar o sedimento durante uma hora (período mínimo). Findo este período a água foi drenada pela válvula, possibilitando a extracção da coluna.

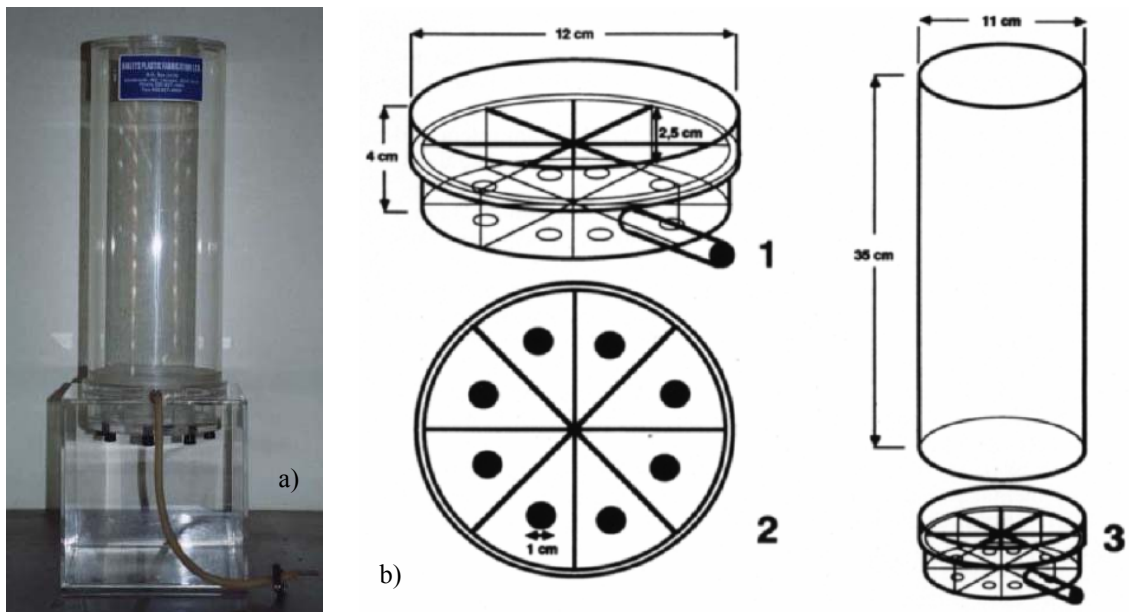


Figura 7.13 a) Fotografia do Divisor Preciso de Plâncton;
 b) Esquema detalhado do divisor: 1 – vista lateral da base com as respectivas dimensões; 2 – vista de cima da base, evidenciando a configuração das oito divisões; 3 – vista lateral do divisor com as dimensões da coluna (adaptado de Scott e Hermelin, 1993).

Em cada uma das oito divisões ficou depositado $1/8$ do conteúdo da amostra com uma distribuição muito semelhante a cada uma das outras divisões. Cada uma das divisões foi, então, escorrida e depositada em frascos de plástico devidamente identificados. Para a observação do conteúdo destes frascos utiliza-se a caixa de Petri marcada com quadrículas.

7.3.2.2 Método utilizado nas amostras secas

Para a contagem dos foraminíferos, das amostras secas na estufa a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, utilizou-se o processo de flutuação densimétrica. Este método é utilizado quando a quantidade de foraminíferos no sedimento arenoso é baixa. Consiste em separar os foraminíferos do resto da amostra através da utilização de um líquido pesado, como por exemplo o tetracloreto de carbono (CCl_4) (Camacho, 2004).

Atendendo que o tetracloreto de carbono é um reagente perigoso, a técnica de flutuação densimétrica foi utilizada apenas em casos indispensáveis.

As amostras após uma observação preliminar, realizada para determinar o método mais adequado de tratamento da amostra, foram secas numa estufa a 60 °C até secarem completamente. Após a secagem, preparou-se um papel de filtro, para cada amostra, identificando-o e dobrando-o em quartos até se obter uma forma cónica de um funil. Colocou-se o papel de filtro num funil, que por sua vez se encontrava num balão de Erlenmeyer. Despejou-se tetracloreto de carbono para um copo de precipitação de 250 ml até perfazer cerca de um quarto do seu volume e, com pequenas pancadas, verteu-se, cuidadosamente, o conteúdo do frasco de plástico que contém a amostra seca, para que a amostra se libertasse gradualmente sobre a superfície do reagente. Seguidamente, com uma garrafa de esguicho contendo tetracloreto de carbono, drenou-se o material flutuante do copo de precipitação, para o papel de filtro que se encontrava no funil, tendo o cuidado de drenar qualquer sedimento que ficasse colado às paredes do copo de precipitação. Os lados do papel de filtro foram escorridos com o esguicho, até que o produto flutuado se concentrasse no fundo do papel de filtro. O material que ficou dentro do copo de precipitação, chamado afundado, foi deixado a secar na hotte, assim como o papel de filtro, depois de dobrados os lados e o topo. O tetracloreto de carbono foi reciclado e preparado para amostra seguinte.

7.3.3 Triagem dos Organismos

Para a observação das amostras, húmidas e secas, foi utilizada uma lupa binocular da marca Zeiss, modelo Stemi 2000 C (Fig. 7.14). Os foraminíferos foram manuseados com um estilete e um pincel de pelo fino e pouco volumoso com o qual se apanhavam os espécimes (Fig. 7.15).

Na grande maioria das amostras, todos os indivíduos contados foram retirados e colados em porta-foraminíferos numerados, também designados por célula múltipla, para constituírem, no seu conjunto, uma colecção de referência. A célula múltipla consiste numa cavidade rectangular, dividida por linhas horizontais e verticais, com 60 pequenas subdivisões. A cola utilizada para este efeito foi gel de modelação do cabelo. Os indivíduos de cada espécie foram colados na mesma quadrícula da célula múltipla.

A utilização de uma célula múltipla e a colagem dos foraminíferos impede a mistura das várias espécies, facilitando as contagens e a separação taxionómica (Martins, 1997).

A colagem dos foraminíferos nas células múltiplas permite realizar colecções representativas das associações faunísticas existentes em determinada amostra, permitindo a sua observação sempre que necessário. Além de tornarem os foraminíferos transportáveis, estas células múltiplas facilitam a identificação dos organismos, permitem efectuar comparações entre amostras e, uma vez que a colagem não impede o manuseamento posterior dos foraminíferos através de um pincel humedecido, permite fotografar as carapaças nos vários ângulos de interesse (Camacho, 2004).



Figura 7.14 Lupa binocular (FCMA – UAIG).

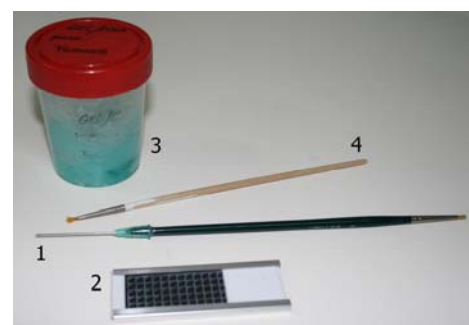


Figura 7.15 Material necessário para estudar foraminíferos na FCMA (UAIG):
1. Pincel munido de estilete; 2. Porta-foraminíferos; 3. Gel de modelação de cabelo; 4. Pincel para aplicação do gel.

7.3.4. Método de Contagem

Para a realização de contagens, é indispensável um trabalho de determinação das espécies presentes nas amostras, uma vez que, o estudo da repartição espacial e temporal das biocenoses e tanatocenoses exige a contagem dos indivíduos de cada espécie (Debenay *et al.*, 1996).

Uma biocenose (*sensu stricto*) é constituída pelos indivíduos pigmentados e em bom estado de conservação no acto da recolha, ou seja, os indivíduos vivos. Por sua vez, os exemplares não pigmentados e que apresentam um estado de conservação variável pertencem à tanatocenose, e correspondem ao conjunto de indivíduos mortos que permanecem no seu biótopo, no presente caso através do registo fóssil das carapaças. O conjunto da biocenose (*sensu stricto*) e da tanatocenose constitui a biocenose (*sensu lato*) (Fatela, 1989 *in* Camacho, 2004).

Desta forma, todas as dezoito amostras com foraminíferos foram contadas na totalidade, incluindo as processadas pelo processo de divisão e pelo processo de flutuação densimétrica.

Apesar de, em anexo (Anexo III), se descreverem os cálculos estatísticos, por este trabalho pretender não só demonstrar os métodos e técnicas micropaleontológicas, mas também a análise dos dados das populações, os mesmos não foram aplicados em virtude do reduzido número de indivíduos contabilizados nas amostras analisadas.

Foram também separadas as espículas de ouriço, os ostracodes, e outros elementos encontrados, em cada amostra, à medida que se ia recolhendo os foraminíferos bentónicos para este estudo, para ajudar na interpretação do ambiente.

7.3.5 Identificação e Descrição dos Organismos

Para a classificação taxionómica utilizou-se a lupa binocular acima referida e várias publicações como guias de identificação, destacando-se as seguintes: Colom (1974); Loeblich e Tappan (1988); Jones (1994) e Martins e Gomes (2004). Utilizaram-se igualmente colecções de referência dos paleoambientes do Estuário do Rio Guadiana bem como as colecções de associações de foraminíferos actuais dos vários ambientes da Ria Formosa, gentilmente cedidas pela Dra. Sarita Camacho.

Em consequência de algumas dificuldades, oportunamente referidas, sempre que não foi possível fazer a identificação precisa de uma espécie, optou-se por deixar em aberto a sua nomenclatura ou por evidenciar as dúvidas em relação à sua identificação. Os indivíduos demasiado pequenos e/ou degradados foram classificados como *indeterminados*. Os resultados encontram-se compilados nas tabelas 8.V, 8.VI e 8.VII (secção 8.2).

CAPÍTULO 8

RESULTADOS E DISCUSSÃO

8.1 RESULTADOS DA ANÁLISE DOS SEDIMENTOS

8.1.1 Matéria Orgânica e Carbonato de Cálcio

As seis amostras analisadas contêm valores de matéria orgânica entre os 2,32% e 7,97% na estação de amostragem S1 e entre os 3,48% e os 4,55% na estação de amostragem S2 (Tabela 8.I). Na Tabela A.IX (Anexo II) encontram-se os cálculos para a determinação do teor em matéria orgânica das referidas estações. A sondagem S1 encontra-se mais próxima da desembocadura da lagoa relativamente a S2 (Fig. 7.1, secção 7.1.2).

Tabela 8.I Teor em matéria orgânica e em carbonato de cálcio referentes às estações de amostragem S1 e S2.

Estação de amostragem	Amostra Profundidade (cm)	Matéria orgânica (%)	CaCO ₃ (%)
S1	0 - 10	7,97	23,27
	10 - 30	4,00	13,24
	30 - 47	2,32	2,94
S2	0 - 6	4,55	11,16
	6 - 18,5	3,71	6,30
	18,5 - 38,5	3,48	4,92

Em ambos os testemunhos a percentagem de matéria orgânica decresce com a profundidade (Fig. 8.1).

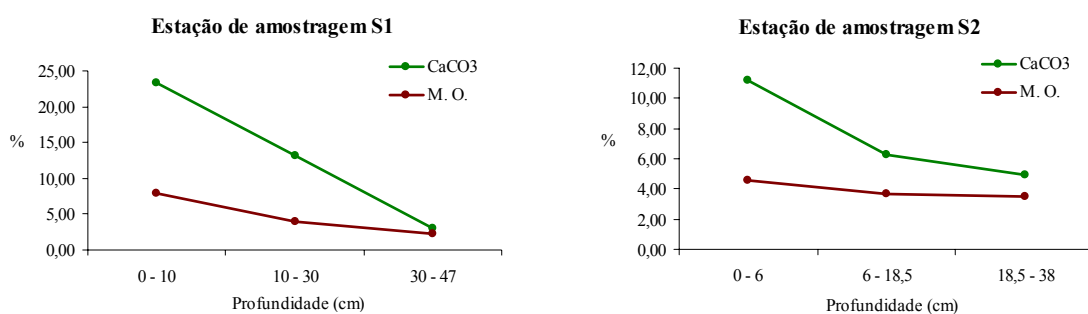


Figura 8.1 Variação do teor em matéria orgânica total e do teor em carbonato de cálcio em função da profundidade nos testemunhos das duas estações analisadas.

A percentagem de carbonato de cálcio na estação de amostragem S1 varia entre 2,94% e 23,27% e na estação de amostragem S2 entre 4,92% e 11,16% (Tabela 8.I). Os cálculos deste parâmetro encontram-se na Tabela A.X (Anexo II). À semelhança do teor em matéria orgânica, a análise dos referidos valores revela um aumento do teor em carbonato de cálcio da base das sondagens para o topo (Fig. 8.1).

Quando comparados os valores do teor em matéria orgânica e os valores do conteúdo em carbonatos, dos testemunhos das duas estações de amostragem consideradas, pode deduzir-se que aqueles valores covariam e variam inversamente com a profundidade.

8.1.2 Granulometria e Composição dos Sedimentos

A análise granulométrica dos sedimentos foi realizada tendo por base diversas técnicas. Os resultados desta análise encontram-se compilados nas Tabelas 8.II e 8.III.

Tabela 8.II Análise granulométrica I das amostras referentes às estações de amostragem S1 e S2.

Estação de amostragem	Amostra Profundidade (cm)	Peso total de sedimentos finos (< 63 µm) (g)	Peso total de sedimentos grosseiros (> 63 µm) (g)	Razão finos/grosseiros (g)	Diâmetro médio volumétrico (fracção < 63 µm) (µm)
S1	0 - 10	3,0	8,95	0,34	24,31
	10 - 30	4,0	31,69	0,13	13,75
	30 - 47	15,0	28,32	0,53	7,53
S2	0 - 6	8,0	10,46	0,76	16,35
	6 - 18,5	6,0	22,34	0,27	12,01
	18,5 - 38,5	18,0	13,29	1,35	7,20

O exame da Tabela 8.II e da figura 8.2 permite deduzir que a razão entre sedimentos finos e grosseiros é superior na base do testemunho, em relação ao valor do topo, em ambas as sondagens efectuadas, S1 e S2. Este parâmetro permite depreender que da base para o topo há uma diminuição dos sedimentos finos relativamente aos grosseiros, observando-se mesmo uma dominância dos sedimentos finos na fracção entre os 18,5 m e os 38,5 m de profundidade da estação S2.

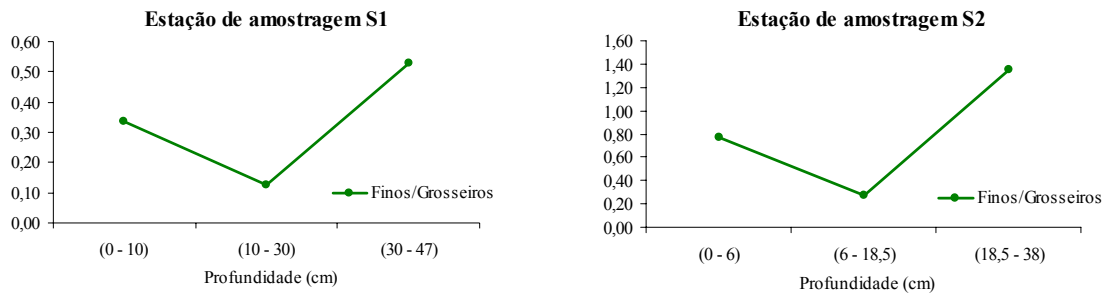


Figura 8.2 Variação da razão finos/grosseiros em função da profundidade nos testemunhos das duas estações analisadas.

Da tabela 8.II constam os valores do diâmetro médio volumétrico das partículas pertencentes à fracção fina dos sedimentos ($< 0,063$ mm), obtidos pelo método de medição de partículas por difracção laser (Malvern Mastersizer). Nas figuras A.7 a A.12 (Anexo II) encontram-se impressos os resultados fornecidos por esta técnica, nos quais o valor do diâmetro médio volumétrico é representado por $D_{4,3}$. O diâmetro médio volumétrico corresponde ao diâmetro da esfera que possui o mesmo volume médio das partículas constituintes do sistema. Da análise dos referidos valores deduz-se que na estação S1 o diâmetro médio volumétrico das partículas varia da base para o topo entre $7,53 \mu\text{m}$ e $24,31 \mu\text{m}$, enquanto na estação S2 varia entre $7,20 \mu\text{m}$ e $16,35 \mu\text{m}$ e que há uma diminuição do mesmo valor com a profundidade. Ou seja, também na fracção $< 0,063$ mm o diâmetro das partículas aumenta para o topo.

Da análise da Tabela 8.III pode inferir-se que todas as amostras, quanto ao grupo textural, podem ser classificadas como arenosas. Os sedimentos analisados variam entre areia média, em todas as amostras da estação de amostragem S1, e areia fina, em todas as amostras da estação S2, podendo variar entre moderadamente calibrada e pouco calibrada. Para melhor entendimento deste conceito apresenta-se na figura A.2 (Anexo I) um esquema ilustrativo do conceito de calibração. Esta classificação resultou da aplicação do programa de análise estatística GRADISTAT versão 4.0 (Bloot, 2000), cujos resultados se apresentam nas figuras A.13 a A.18 (Anexo II), a qual coincide com a observação *in situ* realizada aquando da recolha das amostras, também ela registada na Tabela 8.III.

Tabela 8.III Análise granulométrica II das amostras referentes às estações de amostragem S1 e S2.

Estação de amostragem	Amostra Profundidade (cm)	Observação <i>in situ</i>	Tipo de amostra (GRADISTAT)
S1	0 - 10	Camada superficial com raízes e matéria orgânica	Areia média moderadamente calibrada
	10 - 30	Areia média castanha e vasa arenosa	Areia média moderadamente calibrada
	30 - 47	Areia média vasosa castanha	Areia média pouco calibrada
S2	0 - 6	Areia vasosa negra	Areia fina pouco calibrada
	6 - 18,5	Areia vasosa castanha	Areia fina pouco calibrada
	18,5 - 38,5	Areia vasosa castanha	Areia fina pouco calibrada

Na Tabela 8.IV apresenta-se uma síntese dos resultados da análise morfooscópica relativas às amostras das estações de amostragem S1 e S2. A caracterização da morfologia dos grãos de quartzo, e a composição da fracção detrítica e biogénica das fracções separadas pelo método da peneiração, referentes às amostras das estações de amostragem S1 e S2 encontram-se na Tabela A.XI (Anexo II).

Tabela 8.IV Caracterização da morfologia dos grãos de quartzo e a composição da fracção detrítica e biogénica das amostras referentes às estações de amostragem S1 e S2.

Estação de amostragem	Amostra Profundidade (cm)	Esfericidade e angulosidade dos grãos de quartzo	Outros minerais presentes na fracção	Elementos biogénicos
S1	0 - 10	Quartzo hialino anguloso a redondo	Minerais pesados frequentes (zircão, ilmenite, magnetite, hematite e turmalina)	Bioclastos abundantes muito fragmentados (gastrópodes e bivalves); matéria orgânica abundante; ostracodes frequentes (valvas desconectadas mas em bom estado); sementes frequentes
	10 - 30	Quartzo hialino muito anguloso a redondo	Minerais pesados frequentes (zircão, ilmenite)	Bioclastos abundantes fragmentados (gastrópodes e bivalves), matéria orgânica rara
	30 - 47	Quartzo hialino muito anguloso a muito redondo	Minerais pesados frequentes (turmalina)	Bioclastos muito raros indeterminados, matéria orgânica muito rara
S2	0 - 6	Quartzo hialino muito anguloso a redondo	Minerais pesados frequentes (zircão, ilmenite)	Bioclastos frequentes fragmentados indeterminados; matéria orgânica abundante; ostracodes frequentes (valvas conectadas e desconectadas); sementes frequentes

Neste trabalho, para a determinação da esfericidade e da angulosidade utilizou-se uma tabela de comparação (modificada de Chamley, 1987) (Tabela A.V, Anexo I).

O número e tipo de classes composicionais a utilizar é função dos objectivos. No presente trabalho foram utilizadas as seguintes classes: Grãos de quartzo (abundância, esfericidade e angulosidade), Outros minerais (minerais pesados, etc.); Biogénicos (foraminíferos planctónicos, foraminíferos bentónicos, ostracodes, equinodermes, coraliários, briozoários, etc.). Em cada classe anotaram-se todas as particularidades observadas.

Os minerais pesados estão presentes em todas as amostras, geralmente mais abundantes nas fracções granulométricas inferiores a 0,355 mm, e foi possível identificar com frequência zircão, ilmenite e turmalina, e mais raramente magnetite e hematite.

Quanto aos elementos biogénicos, verifica-se a frequência de bioclastos muito fragmentados, geralmente gastrópodes e bivalves, de espécie indeterminada, nas fracções granulométricas menores, inferiores a 0,125 mm, tornando-se abundantes até à fracção 0,710 mm, para se tornarem ausentes nas fracções superiores. Foi também possível observar que a abundância de bioclastos diminui com a profundidade nas amostras analisadas. A matéria orgânica encontra-se em abundância nas amostras de topo, para diminuir com a profundidade. Foram frequentemente encontrados ostracodes, cujas valvas se encontravam desconectadas mas em bom estado na estação de amostragem S1, e conectadas na estação S2. As amostras de topo são ainda abundantes em sementes, cuja origem não foi determinada.

8.2 RESULTADOS DA ANÁLISE DOS FORAMINÍFEROS

A identificação dos organismos das estações de amostragem S1, S2 e S6 permitiu a elaboração das Tabelas 8.V, 8.VI e 8.VII.

Tabela 8.V Frequências absolutas dos *taxa* encontrados nas estações de amostragem S1 e S2.

Estação de amostragem	S1			S2		
	0 - 10	10 - 30	30 - 47	0 - 6	6 - 18,5	18,5 - 38,5
Profundidade (cm)						
Número total de indivíduos contados	136	4	0	34	0	1
Taxa	4	4	0	3	0	1
<i>Ammonia beccarri</i>	46					
<i>Cibicides lobatulus</i>		1				
<i>Cibicides sp.</i>	3	1				
<i>Elphidium crispum</i>	16	1				
<i>Haynesina germanica</i>						
<i>Trochammina macrescens</i>	70			31		1
Indeterminados calcários	1	1		3		

Tabela 8.VI Frequências absolutas dos *taxa* encontrados na estação de amostragem S6 (0 - 40 cm).

Estação de amostragem	S6					
	0 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30	30 - 35	35 - 40
Profundidade (cm)						
Número total de indivíduos contados	7	1	1	3	0	1
Taxa	2	1	1	2	0	1
<i>Ammonia beccarri</i>						
<i>Cibicides lobatulus</i>						
<i>Cibicides sp.</i>						
<i>Elphidium crispum</i>				1		
<i>Haynesina germanica</i>	4	1	1	2		1
<i>Trochammina macrescens</i>						
Indeterminados calcários	3					

Tabela 8.VII Frequências absolutas dos *taxa* encontrados na estação de amostragem S6 (40 - 67,5 cm).

Estação de amostragem	S6					
	40 - 45	45 - 50	50 - 55	55 - 60	60 - 65	65 - 67,5
Profundidade (cm)						
Número total de indivíduos contados	0	0	0	149	11	5
Taxa	0	0	0	1	1	1
<i>Ammonia beccarri</i>						
<i>Cibicides lobatulus</i>						
<i>Cibicides sp.</i>						
<i>Elphidium crispum</i>						
<i>Haynesina germanica</i>				149	11	5
<i>Trochammina macrescens</i>						
Indeterminados calcários						

Na maioria, as carapaças apresentavam-se bastante retrabalhadas, e algumas em elevado estado de dissolução. Foram identificados alguns exemplares de *Trochammina macrescens* com pirite, assim como alguns grãos deste mineral.

8.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A discussão dos resultados obtidos relativamente à análise dos sedimentos constitui apenas um exemplo de uma interpretação dos referidos dados, já que com o reduzido número de amostras analisadas dificilmente se determina uma tendência.

A partir dos resultados das diversas técnicas aplicadas aos sedimentos, foi possível verificar que a matéria orgânica aumenta sempre da base para o topo dos testemunhos recolhidos nas estações de amostragem S1 e S2. A mesma variação verificou-se para o carbonato de cálcio.

No caso do carbonato de cálcio e da granulometria a covariação coincide com o que habitualmente se verifica, isto é, quanto mais grosseiros os sedimentos, maior a percentagem de carbonato de cálcio. O teor em carbonato de cálcio é justificável pela presença de abundantes bioclastos como é referido na tabela de análise morfoscópica (Tabela 8.IV). Assim, pode apontar-se como hipóteses para a presença do carbonato de cálcio nos sedimentos, a produção orgânica de organismos construtores de esqueletos (endo ou exo) e/ou a acumulação *post mortem* de esqueletos calcários.

O aumento da granulometria da base para o topo dos testemunhos analisados pode indicar um aumento da influência marinha, pois o sedimento mais grosseiro indica um meio mais dinâmico. Este hidrodinamismo pode verificar-se num canal de maré, num canal fluvial ou representar uma invasão marinha com as areias vindas da praia, devido por exemplo a um galgamento oceânico durante uma tempestade. Quando comparadas as duas estações de amostragem, verifica-se que em S1 o diâmetro das partículas é maior do que em S2, nas profundidades correspondentes. Estes resultados vêm apoiar a hipótese do galgamento oceânico, ou de uma abertura ao mar, natural ou antrópica, uma vez que a estação S1 se encontra mais próxima da desembocadura da lagoa, e portanto sujeita a uma maior influência marinha. O facto desta estação apresentar maiores percentagens de

carbonato de cálcio quando comparada com S2, constitui mais um indício da referida influência marinha, porque quanto maior a influência marinha maior a quantidade de organismos com endo ou exo esqueleto calcário presentes, embora com três amostras seja difícil estabelecer uma tendência. Deve ainda acrescentar-se que os bioclastos encontrados se encontravam frequentemente fragmentados em ambos os testemunhos analisados, o que indica a sua remobilização, e as valvas de ostracodes encontravam-se desconectadas em S1 e por vezes conectadas em S2, o que leva a crer que alguns dos ostracodes de S2 estavam *in situ*, portanto no local de origem, ao contrário dos encontrados em S2.

Relativamente ao teor em matéria orgânica, verifica-se uma variação com a granulometria que não é habitual, isto é, a percentagem de matéria orgânica nas estações analisadas é maior nos sedimentos grosseiros, o que contraria o facto de sedimentos grosseiros permitirem uma maior lexiviação e menor retenção de matéria orgânica. Quanto maior a percentagem de matéria orgânica menor o pH e conseqüentemente maior deveria ser a dissolução de carbonato de cálcio, o que não se verifica. Pensa-se que os elevados valores de matéria orgânica nas amostras se deve a matéria orgânica recente, o que é apoiado pela presença de muitas raízes e sementes actuais nas amostras analisadas, como foi referido nas tabelas 8.III e 8.IV.

Relativamente à análise dos microfósseis, muitos autores defendem que a contagem de 300 foraminíferos por amostra, fornece um resultado estatisticamente válido e que o estudo de populações com um número superior de indivíduos não contribui para o aumento da precisão do estudo (Debenay *et al*, 1996; Phleger, 1960 *in* Fatela e Taborda, 2002).

Por outro lado, vários estudos com base nos foraminíferos bentónicos com exigência na rapidez da avaliação dos dados baseiam-se, forçosamente, em amostras de apenas 100 indivíduos (Streeter *et al*, 1982; Van Leeuwen, 1989 *in* Fatela e Taborda, 2002).

Segundo Fatela (1995) e Fatela e Taborde (2002) a contagem de 100 indivíduos numa amostra tem validade estatística para muitos estudos paleoceanográficos, já que, o principal objecto de estudo são as variações das abundâncias das espécies mais representativas, cujo indício é muito mais forte que as incertezas da contagem, e como tal, apenas são utilizadas as espécies que apresentam uma abundância relativa superior 5%.

O tempo e o esforço não são os únicos obstáculos inerentes à tarefa de contagem, na realidade, em estudos paleobiológicos nem sempre é fácil obter amostras com 300 ou mais indivíduos (Camacho, 2004). Por vezes deparamo-nos com amostras com um número de indivíduos inferior a 100 ou mesmo sem vestígios de foraminíferos.

No presente trabalho, as estações de amostragem S1 e S2 revelaram que duas das seis amostras estudadas não possuíam qualquer vestígios de foraminíferos, três continham um número muito reduzido, e portanto inferior a 100 foraminíferos, e apenas uma das amostras apresentava 136 indivíduos, predominando a espécie *Trochammina macrescens*, seguida das espécies *Ammonia beccarri* e *Elphidium crispum*, respectivamente. Relativamente à estação de amostragem S6, aquando da primeira observação, quatro das doze amostras revelaram-se aparentemente sem foraminíferos, enquanto sete apresentaram um número muito reduzido. Na amostra retirada entre os 55 e os 60 cm, após o processo de divisão, foi possível contabilizar 149 indivíduos, todos eles pertencentes à espécie *Haynesina germanica*.

Apesar de se descreverem os cálculos estatísticos, por este trabalho pretender não só demonstrar os métodos e técnicas micropaleontológicas, mas também a análise dos dados das populações, os mesmos não foram aplicados em virtude do reduzido número de indivíduos contabilizados nas amostras analisadas. Apesar dos resultados obtidos não terem validade estatística pelos motivos enumerados anteriormente, os mesmos não são de desprezar, já que permitem tirar outras conclusões de interesse muito relevante.

Camacho (2004) no seu trabalho, sobre as associações fósseis de foraminíferos bentónicos nos estuários dos rios Guadiana e Arade, elaborou um diagrama com o qual

pretendeu avaliar o grau de influência marinha (GIM) em cada uma das amostras e por consequência no ambiente sedimentar (Tabela A.VIII, Anexo I).

Segundo o referido diagrama, as amostras analisadas no presente estudo inserem-se no GIM 1, que representa um ambiente sem foraminíferos. Segundo Camacho (2004), a ausência de foraminíferos pode ser traduzida na existência de um ambiente terrestre, sem qualquer influência marinha, mas pode ainda significar um ambiente cujas condições físico-químicas do sedimento ao longo dos processos de diagênese não seriam as ideais à preservação das carapaças. O mesmo autor acrescenta que esta última hipótese é a mais provável para as amostras em que se verificou a presença de foraminíferos embora em número insuficiente para reconhecer uma associação, o que coincide com os resultados das amostras analisadas.

A maioria das carapaças calcárias apresentava-se bastante retrabalhada o que poderá indicar que as mesmas sofreram um processo de transporte de outro local até ao local da recolha. O elevado estado de dissolução de algumas carapaças calcárias indicia um ambiente de deposição corrosivo. Segundo Leckie e Olson (2003 *in* Camacho, 2004) as carapaças calcárias são rapidamente destruídas após a morte do organismo através da dissolução em águas ácidas, o que apoia a hipótese de que a reduzida quantidade de foraminíferos contabilizada nas amostras analisadas neste estudo poderá dever-se a uma acidez do meio de deposição, devido aos ácidos húmicos, como sugere a elevada percentagem de matéria orgânica (ver Tabela 8.I). A presença de carapaças com pirite e a presença de grãos de pirite no sedimento reforça ainda mais esta hipótese visto que, segundo Yanko *et al.* (1999) o fenómeno de piritização dos sedimentos marinhos e das carapaças de foraminíferos ainda não está completamente esclarecido, porém sabe-se que está associado a meios redutores e à presença de ácido sulfídrico (H₂S). Alguns autores sugerem que está relacionado com processos químicos que resultam da metabolização da matéria orgânica em condições anaeróbias, por bactérias sulfurosas. Elevadas percentagens de carapaças de foraminíferos piritizadas foram também encontradas em

áreas poluídas carentes em oxigénio. A frequência de carapaças piritizadas pode, assim, revelar-se como um parâmetro indicador de determinados tipos de ambientes poluídos (Yanko *et al.*, 1999).

A utilização dos foraminíferos bentónicos como bio-indicadores da qualidade ambiental tem estado presente em diversos trabalhos, uma vez que a sua sensibilidade aos poluentes pode ser expressa por uma modificação nas associações dos referidos organismos (Châtelet *et al.*, 2004).

Châtelet *et al.* (2004) ao estudar cinco portos localizados em estuários na costa de Vendée (costa Atlântica Francesa) constatou que a espécie *Haynesina germanica*, encontrada na estação de amostragem S6, a estação mais afastada da desembocadura da lagoa, poderá ser abundante em locais ricos em matéria orgânica, e concluiu que o crescimento da mesma está dependente da quantidade de alimento disponível. Por outro lado, a abundância da mesma espécie está ainda relacionada com a presença de metais pesados, segundo Stubbles (1993 *in* Châtelet *et al.*, 2004) e Stubbles *et al.* (1996 *in* Châtelet *et al.*, 2004), que consideraram que a *Haynesina germanica* é tolerante à contaminação por metais pesados, entre outros tipos de poluição, e poderá portanto ser utilizada como indicador de impactos ambientais, originados por matéria orgânica, metais pesados e ainda por hidrocarbonetos. O facto de ter sido encontrada esta espécie numa estação de amostragem mais afastada da desembocadura da lagoa, e portanto com maior influência do continente, apoia a hipótese da distribuição de foraminíferos poder ser influenciada pela poluição que afecta a Lagoa dos Salgados.

Como já foi referido antes neste trabalho, na Lagoa dos Salgados desagua a Ribeira de Espiche, que serve de vala de drenagem e de escorrência das águas das encostas circundantes, sendo contaminada por fertilizantes e pesticidas, transportados pelas águas excedentes da rega das comunidades agrícolas, recebendo ainda os efluentes provenientes das ETAR's da Guia e de Pêra, cujas descargas são sobretudo de águas residuais domésticas e industriais e, por vezes, devido a deficiências as águas residuais

são lançadas na Ribeira de Espiche sem o tratamento adequado. A água descarregada pelas ETAR's é utilizada, depois de sofrer tratamento terciário, para a rega do campo de golfe, cujas descargas são responsáveis em cerca de 44% da água que existe na lagoa.

Noutros trabalhos, outras espécies foram apontadas como indicadores de qualidade ambiental. Por exemplo, a espécie *Ammonia tepida*, à semelhança da *Haynesina germanica*, é também considerada uma espécie tolerante à poluição química e térmica, aos produtos fertilizantes, aos metais pesados e aos hidrocarbonetos nos trabalhos de Seiglie (1975), Setty (1976), Setty e Nigam (1984) e Yanko e Flexer (1991) (*in* Châtelet *et al.*, 2004); as espécies *Textularia earlandi* e *Buliminella elegantissima* são encontradas como dominantes em áreas contaminadas por matéria orgânica, seja esta proveniente de esgotos domésticos ou natural, e sua abundância aumenta com a proximidade a áreas onde há despejo de esgotos e com baixo teor em oxigénio dissolvido Alve (1995 *in* Santos *et al.*, 2007); as espécies *Elphidium poeyanum* e *Quinqueloculina seminulum* são também espécies relacionadas com ambientes poluídos e sob stress (Culver e Buzas, 1995; Sharifi *et al.*, 1991; Yanko *et al.*, 1994 *in* Santos *et al.*, 2007). Assim, também estas espécies podem ser utilizadas como indicadores da qualidade ambiental.

Vilela *et al.* (2003), no estudo realizado sobre bio-indicadores na Baía de Guanabara, concluiu que os índices de diversidade de foraminíferos e os valores de carbono orgânico total são inversamente proporcionais, o que apoia a hipótese de que um elevado teor em matéria orgânica pode estar na origem da ausência de foraminíferos.

Recentemente, têm-se realizado estudos sobre os processos tafonómicos a que as tanatocenoses estão sujeitas e quais as suas consequências na interpretação dos registos fósseis. O estudo de Debenay *et al.* (2004) mostra que as associações de foraminíferos são registos muito fiéis das condições ecológicas de zonas vasosas e pantanosas, e que são fortemente afectadas por processos tafonómicos. Estes processos normalmente conduzem à total destruição das associações nos referidos meios e como tal os

foraminíferos não podem ser utilizados como indicadores do nível médio do mar, ao contrário das zonas onde as carapaças destes organismos foram bem preservadas. Contudo, as associações que resistem aos processos tafonômicos, mesmo quando foram sujeitas aos mesmos, fornecem informação válida acerca das condições ambientais.

Aquando do processo de amostragem para o presente trabalho, foram também recolhidas amostras no sapal associado ao estuário da Ribeira de Alcantarilha, para a realização de um outro estudo, que teve como objectivo o estudo da evolução daquela região durante o Holocénico Superior (Alberto, 2006). A elevada abundância e diversidade de foraminíferos encontrada permitiu recriar a evolução do sapal, indicando o início de colmatação do estuário da Ribeira de Armação de Pêra à influência marinha há cerca de um século, e concluir que os foraminíferos bentónicos, associados a outros parâmetros físico-químicos podem ser utilizados com sucesso na reconstituição da evolução de ambientes costeiros. Sendo o referido sapal geograficamente próximo da área em estudo (cerca de 2 km de distância), a Lagoa dos Salgados, e por serem ambos sistemas muito semelhantes, seria de esperar a mesma diversidade e abundância de foraminíferos e, conseqüentemente, a mesma possibilidade de reconstrução paleoambiental, assim como uma possível comparação de dados, com o intuito de averiguar se evoluíram de forma semelhante. Apesar de se ter verificado, tal como no trabalho de Alberto (2006), a presença de uma associação característica de ambiente marinho, *Haynesina germanica*, *Ammonia becarri* e *Elphidium crispum*, na estação de amostragem S1, a estação mais próxima da desembocadura da lagoa, os dados são insuficientes para possibilitar uma reconstrução paleoambiental.

Considerando a baixa variabilidade e densidade de espécies de foraminíferos das amostras em estudo; os resultados dos trabalhos realizados no âmbito da utilização dos foraminíferos como bio-indicadores da qualidade ambiental; o estudo realizado no sapal associado ao estuário da Ribeira de Alcantarilha; bem como todas as evidências da

degradação da qualidade ambiental dos ecossistemas associados à Lagoa dos Salgados, surgem algumas hipóteses.

As associações de foraminíferos encontradas nas amostras analisadas eram pobres e constituídas por carapaças em mau estado de conservação, pequenas e frágeis. Este tipo de carapaças é característico de ambientes confinados e sujeitos a stress ambiental, originado por elevados níveis de poluição industrial e doméstica (Vilela *et al.*, 2004).

O grau de confinamento tem uma predominante influência na distribuição dos foraminíferos. Contudo, os resultados do presente trabalho levam a considerar que a densidade e a variabilidade das carapaças de foraminíferos nas amostras estudadas poderá estar relacionada com diversos factores, como metais pesados, hidrocarbonetos e matéria orgânica alóctone, entre outros agentes de poluição e como tal utilizados como indicadores de qualidade ambiental.

CAPÍTULO 9

CONCLUSÕES

Se por um lado, o desenvolvimento científico e tecnológico permitiu aumentar a esperança média de vida do ser humano, por outro lado ampliou a sua capacidade de autodestruição, recorrendo a uma maior utilização de recursos naturais para satisfazer as necessidades da sociedade.

Parece generalizada a ideia de que a escola não forma adequadamente, em termos ambientais, os cidadãos, sendo essencial a necessidade de preparar as gerações futuras no sentido de um desenvolvimento sustentável, conceito que implica o atingir de um nível satisfatório de desenvolvimento nas suas vertentes social e económica, conciliado com o uso racional dos recursos naturais, preservando as espécies e os habitats. É, portanto, necessário que o cidadão comum seja informado das características e dos fenómenos naturais, para que possa exercer conscientemente a sua cidadania.

É neste ponto que o papel dos professores se reveste de grande importância, uma vez que estes deverão levar até aos jovens a mensagem, dado que eles são hoje os críticos mais duros da gestão que se faz do planeta. Assim, a escola e a sociedade são convocadas a assumir um importante papel, na promoção de experiências educativas de relação com o ambiente.

Os docentes devem preocupar-se em arranjar novas formas de motivar e facilitar a aprendizagem dos alunos, em particular, e dos cidadãos, em geral, procurando sempre actividades que contribuam para a formação de cidadãos conscientes e informados. O recurso a visitas de estudo/ actividades de campo pode ser uma das mais motivadoras e educativas actividades pertencentes ao “espólio” de um docente, sendo de planificação

relativamente simples, de aplicação rápida e fácil e sempre inovadoras e efectivas quando bem planeadas.

A pesquisa realizada para deste trabalho permitiu a aquisição de todo um conjunto de conhecimentos que promoveu e facilitou a planificação e execução quer do presente trabalho, quer de futuras actividades de campo, sempre numa perspectiva de conservação da Natureza e gestão sustentável dos recursos naturais globais.

As associações de foraminíferos encontradas nas amostras analisadas, da Lagoa dos Salgados, eram pobres e constituídas por carapaças em mau estado de conservação, pequenas e frágeis. Este tipo de carapaças é característico de ambientes confinados e sujeitos a stress ambiental, originado por elevados níveis de poluição industrial e doméstica.

As associações de foraminíferos que resistem aos processos tafonómicos, mesmo quando foram sujeitas aos mesmos, fornecem informação válida acerca das condições ambientais.

Os resultados do presente trabalho levam a considerar que a baixa densidade e variabilidade das carapaças de foraminíferos nas amostras estudadas poderá estar relacionada com diversos factores, como metais pesados, hidrocarbonetos e matéria orgânica alóctone, entre outros agentes de poluição.

Os foraminíferos apresentam uma grande sensibilidade a mudanças, sejam elas naturais ou antropogénicas, que se reflectem directamente na composição das suas associações de foraminíferos e na ornamentação das carapaças. Como tal, os foraminíferos podem ser utilizados como indicadores da qualidade ambiental.

CAPÍTULO 10

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não há dúvida que a ecologia dos foraminíferos continuará a constituir uma importante ferramenta na interpretação dos registos geológicos. Os geólogos defendem que “o presente é a chave do passado e o passado é a chave do futuro” como tal essa ideia pode ser aproveitada no sentido de ajudar a prever eventos futuros. Tal como o estudo das transgressões marinhas passadas podem ajudar a determinar o futuro impacto da subida do nível médio do mar, e o aquecimento global do passado pode ajudar a prognosticar respostas futuras, existirão, certamente, imensos desafios para os investigadores que se dedicam ao estudo dos foraminíferos nos próximos tempos.

A falta de dados acerca dos agentes de poluição que afectam a Lagoa dos Salgados, assim como as dificuldades na recolha das amostras, dificultaram a interpretação dos dados recolhidos. Como tal sugere-se um outro estudo em que sejam feitas colheitas com uma maior profundidade, e que se façam análises de parâmetros físico-químicos e ambientais, tais como metais pesados, hidrocarbonetos, matéria orgânica alóctone, temperatura, pH, salinidade, etc., comparando-os com os resultados da análise estatística das populações, com o intuito de contribuir para o conhecimento dos níveis de poluição na Lagoa dos Salgados, e conhecer a resposta dos foraminíferos bentónicos aos padrões de poluição.

CAPÍTULO 11

BIBLIOGRAFIA

- Alberto, A. I. S. M. (2006). *Evolução Recente do Sapal Associado à Ribeira de Alcantarilha (Armação de Pêra)*. Relatório de Projecto Técnico Científico da Licenciatura em Oceanografia. Universidade do Algarve (FCMA), Faro, 55 p.
- Amador, F.; Silva, M. (2004). *Programa de Geologia – 12.º Ano – Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias*. Ministério da Educação, Direcção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular, Lisboa, 60 p.
- Barnes, R. D. (1980a). *Invertebrate zoology*. 4 th Edition, Holt-Saunders International Edition, Philadelphia, pp. 1-15, pp. 30-43.
- Barnes, R. K. (1980b). *Coastal lagoons*. Cambridge Studies in Marine Biology, University Press, Cambridge, UK, 106 p.
- BIODIDAC (sd.). *A bank of digital resources for teaching biology in* <http://biodidac.bio.uottawa.ca/> (acedido a 3 Fevereiro 2008).
- Bird, E. C. F. (1994). *Physical Setting and Geomorphology of Coastal Lagoons in Kjerfve B.* (Ed.) Coastal Lagoon Processes, Elsevier Science, Amsterdam, pp. 9-39.
- Blott, S. (2000). *GRADISTAT – A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer*. Department of Geology, Royal Holloway, University of London, United Kingdom.
- Blott, S. J.; Pye, K. (2001). *Gradistat: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments*. Earth Surface Processes and Landforms 26, John Wiley & Sons, Ltd., pp. 1237–1248.
- Brusi, D. (1992). *Reflexiones en torno a la didáctica de las salidas de campo em Geologia (I) e (II): Aspectos Metodologicos*. VII Simposio Enseñanza de la Geologia, Santiago de Compostela, pp. 363-407.

- Buzas, M. A.; Culver, S. J. (1991). *Species Diversity and Dispersal of Benthic Foraminifera*. American Institute of Biological Sciences, vol. 41, n.º 7, pp. 483-488.
- Buzas, M. A.; Hayek, L.-A. (1998). *SHE analysis for biofacies identification*. Journal of Foraminiferal Research, vol. 28, n.º 3, pp. 233-239.
- Cachão, M. (2004). *Paleontologia – Curso Teórico*. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, pp. 4-25.
- Cachapuz, A.; Praia, J.; Jorge M. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Lisboa: Instituto Nacional de Educação, 353 p.
- Camacho, S. (2004). *Evolução Paleoambiental Holocénica dos Estuários dos Rios Guadiana e Arade com Base nas Associações Fósseis de Foraminíferos Bentónicos*. Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Estudos Marinhos e Costeiros, Universidade do Algarve, Faro, 131 p.
- Canavaro, J. M. (1999). *Ciência e sociedade*. Quarteto Editora, Coimbra.
- Chamley, H. (1987). *Sédimentologie*. Collection “Géosciences”, Dunod, Paris, pp. 60.
- Châtelet, E. A.; Debenay J.-P.; Soulard, R. (2004). *Foraminiferal proxies for pollution monitoring in moderately polluted harbors*. Environmental Pollution, Vol. 127, Elsevier, pp. 27–40.
- Colom, G. (1974). *Foraminíferos ibéricos. Introducción al estudio de las especies bentónicas recientes*. Investigación Pesquera, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Patrono Juan de la Cierva, Barcelona, Vol. 38; N.º 1, 245 p.
- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve (CCDR – Algarve) (2005). *Relatório do Estado do Ambiente do Algarve 2003*. Faro, 66 p.
- Comissão Estratégica dos Oceanos (2004). *Relatório da Comissão Estratégicas dos Oceanos: Parte II - Análise e Propostas*. 1.ª Edição, Comissão Estratégica dos Oceanos, Lisboa, 57 p.

- Compiani, M.; Carneiro, C. D. R. (1996). *The didactic role played by geological excursions in* Stow D. A. V.; McCall, G. J. H. (Eds.) *Geoscience Education and Training – In Schools and Universities, for Industry and Public Awareness*, Vol. 1, 1st ed, A.A. Balkema Pub, Rotterdam: Balkema, pp. 233-241.
- Costa, M. (1994). *Agitação marítima na costa portuguesa*. Anais do Instituto Hidrográfico, Lisboa, n.º 13, pp. 35-40.
- Costa, M.; Silva, R. C.; Vitorino, J. (2002). *Contribuição para o Estudo do Clima de Agitação Marítima na Costa Portuguesa*. Instituto Hidrográfico, Lisboa, 20 p.
- Debenay, J.-P., Pawlowski, J. e Decrouez, D. (1996). *Les foraminifères actuels*. Masson, Paris, 329 p.
- Debenay, J.-P.; Guillou, J. J.; Redois, F.; Geslin, E. (2000). *Distribution Trends of Foraminiferal Assemblages in Palaric Environments*. A base for using foraminifera as bioindicators. *Environmental Micropaleontology in* Martin, R. E. (Ed.) *Topics in Geobiology*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, Vol. 15, pp. 39-67.
- Debenay, J.-P.; Guiral, D.; Parra, M. (2004). *Behaviour and taphonomic loss in foraminiferal assemblages of mangrove swamps of French Guiana*. *Marine Geology*, Vol. 208, Elsevier, pp. 295–314
- Departamento de Ciências da Terra – Univ. do Minho (2008). *Documentos: Materiais e Recursos Geológicos, Lic. em Biologia Aplicada e Lic. em Geografia e Planeamento in* http://www.dct.uminho.pt/docs/mat_rec/6.pdf (acedido a 23 Fevereiro 2008).
- Departamento de Geologia – UTAD (2005). *Exposição Túnel Ordovícico del Fabar (Astúrias – Espanha): Uma janela para o conhecimento da História da Terra in* <http://home.utad.pt/~geologia/trilobites/imagens.html> (acedido a 5 Fevereiro 2008).
- Dias, J. A., Teixeira, S. B. e Ferreira, O. (1997). *Livro Guia da Excursão realizada no âmbito do Seminário sobre “A Zona Costeira do Algarve”*. Universidade do Algarve (Ed.), Faro, 44 p.

- Dias, J. A. (2004). *A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinho* (versão preliminar) in João M. Alveirinho Dias, E-books in <http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/indexeB.html> (acedido a 9 Fevereiro 2008).
- Diz, P.; Francés, G.; Vilas, F. (2000). *Variaciones estacionales de microhabitats de foraminíferos bentónicos como una herramienta en interpretaciones paleoecológicas*. 3.º Simpósio sobre a Margem Continental Ibérica Atlântica, Faro, pp. 13-14.
- Dyer, K. R. (1997). *Estuaries: A Physical Introduction*. 2nd ed, John Wiley & Sons, England, 195 p.
- FarNorthScience (2007). *Baby mammoth undergoes tests in* <http://www.farnorthscience.com/2007/07/25/news-from-alaska/baby-mammoth-undergoes-tests/> (acedido a 5 Fevereiro 2008).
- Fatela, F. (1995). *Contribution des foraminifères benthiques profonds à la reconstitution des paléoenvironnements du Quaternaire récent de la Marge Ouest Ibérique (Marge Nord Portugaise et Banc de Galice)*. Thèse de Doctorat, Université de Bourdeaux I, 262 p.
- Fatela, F. e Taborda, R. (2002). *Confidence limits of species proportions in microfossil assemblages*. Marine Micropaleontology, n.º 45, 2, pp. 169-174.
- Fernandes, J.; Cunha, R.; Gamito, T.; Dias, A.; Boski, T.; Neto, L.; Marques, A.; Matias, A.; Santos, A.; Lourenço, D.; Ribeiro, J.; Gonçalves, J.; Mata, L.; Bentes, L.; Gaspar, P.; Lino, P.; Martins, R.; Ministro, J. (2001). *Caracterização dos elementos naturais da Praia Grande e da Praia da Marinha e propostas de valorização*. Rel. Final Progr. Proj. “Praias Douradas – Praia da Marinha (Concelho de Lagoa) e Praia Grande (Concelho de Silves)”, UALG (Ed.), Faro, 190 p.
- Florida Center for Instructional Technology (2007). *Clipart ETC - An online service of Florida’s Educational Technology Clearinghouse in* <http://etc.usf.edu/clipart/galleries/plants/algae.htm> (acedido a 2 Fevereiro 2008).

- Fonseca, L. C.; Costa, A. M.; Bernardo, J. M. (1989). *Seasonal variation of benthic and fish communities in a shallow land-locked coastal lagoon (St. André, SW Portugal)*. *Scient Mar*, 53 (2-3), pp 663-669.
- Friedman, G. M.; Sanders, J. E. (1978). *Principles of Sedimentology*. John Wiley & Sons Inc, New York, p 110.
- Galvão, C.; Neves, A.; Freire, A. M.; Lopes, A. M. S.; Santos, M. C.; Vilela, M. C.; Oliveira, M. T. e Pereira, M. (2001). *Ciências Físicas e Naturais: orientações curriculares – 3.ºCiclo*. Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica, Lisboa, 39 p.
- Garcia de La Torre, E. (1994). *Metodologia y Secuenciación de las Actividades Didácticas de Geología de Campo*. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, Vol. 2, N.º 2 e 3, pp. 340-353.
- Geopark Naturtejo (2007). *Os Geossítios in* http://www.naturtejo.com/conteudos/pt/geo_sitios.php (acedido a 5 Fevereiro 2008).
- Goldstein, S. T. (1999). *Foraminifera: A biological overview in* Sen Gupta, B. K. (Ed.), *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, London, pp. 37-55.
- Google (2008). *Google Earth versão 4.2.0205.5730* (acedido a 26 Fevereiro 2008).
- Hansen, H. J. (1999). *Shell construction in modern calcareous Foraminifera in* Sen Gupta, B. K. (Ed.) *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, London, pp. 57-70.
- Haynes, J. R. (1981). *Foraminifera*. John Wiley & Sons, New York, 389 p.
- Healy, B. (1997). *Long-Term Changes in Brackish Lagoon, Lady's Island Lake, south-East Ireland*. *Biol Environ Proc R Ir Acad*, 97B (1), pp. 33-51.
- Hickman, C. P., Jr.; Roberts, L. S.; Larson, A. (2001). *Integrated principles of zoology*. Eleventh edition, McGraw-Hill, New York, pp. 213-239.

- Hodson, D. (1998). *Teaching and Learning Science - Towards a Personalized Approach*. Open University Press, Buckingham, 200 p.
- Hottinger, L. (2006). *Illustrated glossary of terms used in foraminiferal research in* http://paleopolis.rediris.es/cg/CG2006_M02/index.html (acedido a 3 Fevereiro 2008).
- ICN (2000). *Plano Sectorial da Rede Natura 2000*, pp. 41-50.
- INETI (2008). *Base de Dados de Paleontologia do Museu Geológico in* <http://e-geo.ineti.pt/bds/geobases/paleontologia/pesquisas.aspx> (acedido a 5 Fevereiro 2008).
- Isla, F. I. (1995). *Coastal lagoons in* Perillo, G. M. E. (Ed.) *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*, Elsevier Science B. V., Amsterdam, pp. 241-272.
- Jones, R. W. (1994). *The Challenger Foraminifera*. Oxford University Press, New York, p. 149.
- Jorissen, F. J. (1999). *Benthic foraminiferal microhabitats below the sediment water interface in* Sen Gupta, B. K. (Ed.) *Modern Foraminifera*, Kluwer Academic Publishers, London, pp. 161-179.
- Kjerfve, B. (1994). *Coastal lagoons in* Kjerfve B. (Ed.) *Coastal Lagoon Processes*, Elsevier Science, Amsterdam, pp. 1-7.
- Le Cadre, V. e Debenay, J.-P. (2006). *Morphological and cytological responses of Ammonia (foraminifera) to copper contamination: Implication for the use of foraminifera as bioindicators of pollution*. *Environmental Pollution*, Vol. 143, Elsevier, pp. 304–317.
- Leite, L. (2001). *Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências in* Caetano H. (Ed.) *Cadernos Didáticos de Ciências*, Vol. 1, Ministério da Educação - Departamento do Ensino Secundário, Lisboa, pp. 79-94.

- Levy, A.; Mathieu, R.; Poignant, A.; Rosset-Moulinier, M.; Ubaldo, M.; Ambroise, D. (1993). *Recent foraminifera from the continental margin of Portugal*. *Micropaleontology*, vol. 39, n.º 1, pp. 75-85.
- Lewis, D. W.; McConchie, D. (1994). *Analytical Sedimentology*. Chapman & Hall, New York, p 105.
- Lin, J. (1992). *Paleoecology, Paleoclimate and Paleogeography of Quaternary Foraminiferal Faunas in China*. Ph. D. Thesis, Free University of Brussels, 152 p.
- Loeblich, A. R., Jr.; Tappan, H. (1964). *Sarcordina chiefly "Thecamoebians" and Foraminiferida in Moore, R. C. (Ed.): Treatise on Invertebrate Paleontology, Part C, Protista 2, Volumes 1 e 2, The Geological Society of America and The University of Kansas Press, 900 p.*
- Loeblich, A. R., Jr.; Tappan, H. (1988). *Foraminiferal genera and their classification – Plates*. Van Nostrand Reinhold Co., New York, p. 212.
- Lucas, S.; Vasconcelos, C. (2005). *Perspectivas de ensino no âmbito das práticas lectivas: Um estudo com professores do 7.º ano de escolaridade*. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 4, n.º 3 in <http://www.saum.uvigo.es/reec> (acedido a 17 Fevereiro 2008).
- Magurran, A. E. (1991). *Ecological Diversity and its Measurement*. Chapman & Hall, Princeton University Press, 179 p.
- Malvern Instruments Ltd. (2008). *What is Particle Size? in* http://www.malvern.co.uk/LabEng/technology/laser_diffraction/what_is_particle_size.htm (acedido a 9 Fevereiro 2008).
- Marques, L.; Praia, J.; Aurora, A.; Leite, A. (1997). *Repensar o trabalho de campo em Ciências Naturais: uma necessidade epistemológico-didáctica*". Actas do V Congresso Internacional sobre Investigação em Didáctica das Ciências, Múrcia, pp. 345 – 347.

- Martin, R. E. (1999). *Taphonomy and temporal resolution of foraminiferal assemblages in Sen Gupta, B. K. (Ed.) Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, London, pp. 281-289.
- Martins, I. (2002). *Literacia científica: dos mitos às propostas in Actas do VII Encontro Nacional de Educação em Ciências, Faro*, pp. 2-10.
- Martins, M. V. A. (1997). *Ecologia dos foraminíferos bentónicos da plataforma continental ao largo de Aveiro*. Dissertação apresentada, na Universidade de Aveiro para a obtenção do grau de Mestre. Universidade de Aveiro, Departamento de Geociências, vol. 1 e 2, 440 p.
- Martins, M. V.; Gomes, V. C. R. D. (2004). *Foraminíferos da Margem Continental NW Ibérica – Sistemática, Ecologia e Distribuição*. Gomes, C. S. F. (Ed.), 377 p.
- Mendes, A.; Rebelo, D.; Pinheiro, E.; Silva, C. P.; Amador, F.; Baptista, J. F. P.; Valente, R. A. (2003). *Programa de Biologia e Geologia – 11.º Ano*. Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, Lisboa, 48 p.
- Ministro, J. S. (2001). *A importância da Avifauna na gestão sustentável da Lagoa dos Salgados*. Rel. Project. Final Eng^a. Ambiente. Universidade do Algarve (UCTRA), Faro.
- Ministro, J. S.; Fernandes, J. (2002). *Avifauna nidificante na Lagoa dos Salgados Algarve, Portugal): Valor de Conservação e Medidas de Gestão*. Airo 12: 17-24.
- MONFORTUR (2007). *Os arredores a conhecer... Penha Garcia in* http://www.monfortur.pt/penha_garcia.htm (acedido a 5 Fevereiro 2008).
- Moura, D.; Veiga-Pires, C.; Albardeiro, L.; Boski, T.; Rodrigues, A. L.; Tareco, H. (2006). *Holocene sea level fluctuations and coastal evolution in the central Algarve (southern Portugal)*. Marine Geology, Vol. 237, Elsevier, pp. 127-142.
- Neumeier, U.; Ciavola, P.; Evarchi, C.; Cabaço, S.; Santos, R.; Ferreira, Ó. (2000). *Environmental controls on intertidal sedimentation in the Ria Formosa (Algarve): preliminary results*. 3.º Simpósio sobre a Margem Continental Ibérica Atlântica, Faro, pp. 25-26.

- Nichols, M. M.; Biggs, R. B. (1985). *Estuaries*. Springer-Verlag, New York, USA, pp. 77-186.
- Novak, J. D. (2000). *A Demanda de Sonho: a Educação Pode Ser Melhorada*. Plátano Edições Técnicas, Lisboa, pp. 22-43.
- Orion, N. (1989). *Development of a High-School Geology Course Based on Field Trips*. Journal of Geological Education, Vol. 37, N.º 1, pp. 13-17.
- Orion, N.; Hofstein, A. (1991). *The measurement of students' attitudes towards scientific field trips*. Science Education, Vol. 75 – 5, John Wiley & Sons, Inc, New York, pp. 513-523.
- Orion, N. (1993). *A model for the development and implementation of field trips as an integral part of the science curriculum*. School Science and Mathematics, Vol. 93, N.º 6, pp. 325-331.
- Orion, N.; Hofstein, A. (1994). *Factors that influence learning during a Scientific Field trip in a Natural Environment*. Journal of Research in Science Teaching, Vol. 31, N.º 10, pp. 1097-1119.
- Pais, J. (1982). *O Miocénico do Litoral Sul Português, ensaio de síntese*. Estudo complementar para obtenção de grau de Doutor. Universidade Nova de Lisboa, 47 p.
- Pedrinaci, E.; Sequeiros, L.; Garcia de La Torre, E. (1994). *El Trabajo de Campo y el Aprendizaje de la Geología*. Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales, N.º 2, pp. 37-45.
- Pedro, J. G. (1986). *O papel da Vegetação na Formação dos Sistemas Lagunares da Ria Formosa in Os Sistemas Lagunares do Algarve – textos e resumos do seminário comemorativo do Dia Mundial do Ambiente*. Universidade do Algarve, Faro, pp. 61-68.
- Pêra, M. T. R. (1986). *Algumas considerações sobre o sistema lagunar algarvio in Os Sistemas Lagunares do Algarve – textos e resumos do seminário comemorativo do Dia Mundial do Ambiente*. Universidade do Algarve, Faro, pp. 18-21.

- Perillo, G., M. E. (1995). *Geomorphology and sedimentology of Estuaries: An introduction in* Perillo, G. M. E. (Ed.) *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*, Elsevier Science B. V., Amsterdam, 1995, pp. 1-16.
- Photo Researchers (2008). *Insect trapped in 45 million-year-old amber from the Baltic region in* http://db2.photoresearchers.com/cgi-bin/big_preview.txt?image_iid=10736933 (acedido a 5 Fevereiro 2008).
- Pinto C. A. (2004). *Técnicas de georeferenciação, interpolação espacial, representação tridimensional de superfícies e importação/exportação de dados para ligação a aplicações externas em ambiente SIG. Aplicação ao sector costeiro Salgados-Galé (Baía de Armação de Pêra – Algarve – Portugal)*. Relatório Técnico. CCDRA, 64 p.
- Pinto, C.; Gaspar, P.; Teixeira, S. (2001). *Influência Marinha da Qualidade da Água de uma Lagoa Costeira Eutrófica (Lagoa dos Salgados, Algarve – Portugal)*. Actas Pangea, 01, Universidade de Évora, Évora, 7 p.
- Pinto, C.; Teixeira, S. B. (2002). *Avaliação preliminar do balanço sedimentar Tardio-Holocénico do Litoral da baía de Armação de Pêra (Algarve – Portugal)*, PANGEIA'02, III Jornadas Ibéricas de Jovens Geólogos, Évora, pp. 87-96.
- Pires, H. O. (1989). *Alguns Aspectos do Clima de Agitação Marítima com Interesse para a Navegação na Costa de Portugal*. O Clima de Portugal, fasc. XXXVII, vol. II, INMG, Lisboa, 34 p.
- Pojeta, J., Jr.; Springer, D. A. (2001). *Evolution and the Fossil Record*. American Geological Institute – The Paleontological Society, Virgínia, 27 p.
- Praia, J. F.; Marques, L. (1997). *Para uma metodologia do Trabalho de Campo: contributos da Didáctica da Geologia*. Geólogos, N.º 1, Departamento de Geologia/ Centro de Geologia da Universidade do Porto, Faculdade de Ciências, Porto, pp. 27-33.

- PROT Algarve (2006a). *Plano Regional de Ordenamento do Território – Algarve*. Volume II – Caracterização e Diagnóstico, Anexo H – Recursos Hídricos. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve, 83 p.
- PROT Algarve (2006b). *Plano Regional de Ordenamento do Território – Algarve*. Volume II – Caracterização e Diagnóstico, Anexo I – A Faixa Costeira. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve, 26 p.
- Purves, W. K.; Sadava, D.; Orians, G. H.; Heller, H. C. (2004). *Life - The Science of Biology*. Seventh edition, W. H. Freeman, USA, 1121 p.
- Reineck, H.-E.; Singh, I. B. (1986). *Depositional Sedimentary Environments*. Second edition. Springer – Verlag Berlin Heidelberg. New York. pp. 315-319 e pp. 424-428.
- Reis-Neves, M. I. F. (1999). *A Qualidade da água na Lagoa dos Salgados*. Rel. Project. Final Eng^a. Ambiente, Universidade do Algarve (UCTRA), Faro, 65 p.
- Renema, W.; Donovan, S. K. (2004). *Fossil explained 47 – Benthic foraminifera*. *Geology Today*, vol. 20, No. 6, Blackwell Publishing Ltd, Leiden, The Netherlands, pp. 233-236.
- Rocha, R. B.; Manuppella, G.; Marques, B.; Antunes, M. T.; Ramalho, M. M. (1981). *Carta Geológica de Portugal, na escala 1:50 000. Folha 52-B, Albufeira*. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- Ruppert, E. E.; Fox, R. S.; Barnes, R. D. (2004). *Invertebrate zoology – A functional evolutionary approach*. Seventh edition, Brooks/Cole – Thomson Learning, United States of America, pp. 24-55.
- Santos, A.; Boski, T. (2000). *Comparação do preenchimento sedimentar Holocénico em duas áreas de dinâmica contrastada no Estuário Guadiana*. 3.º Simpósio sobre a Margem Continental Ibérica Atlântica, Faro, pp. 37-38.

- Santos, M. C. (2002). *Trabalho Experimental no Ensino das Ciências: temas de investigação 23*. Ministério da Educação – Instituto de Inovação Educacional, Lisboa.
- Santos, M. E. V. M. (1998). *Mudança Conceptual na Sala de Aula, Um Desafio Pedagógico Epistemologicamente Fundamentado*. Livros Horizonte, Lisboa.
- Santos, P. T.; Vilela, C. G.; Neto, J. A. B.; Sanjinés, A. E. S.; Aldana, Y. C. P.; Pugirá, M. S. (2007). *Análise Multivariada de Dados Ecológicos da Baía de Guanabara-RJ, com Base em Foraminíferos Bentônicos*. Anuário do Instituto de Geociências, Vol. 30-1, Universidade Federal do Rio de Janeiro, pp. 103-109.
- Scott, D. B.; Hermelin, J. O. R. (1993). *A Device for Precision Splitting of Micropaleontological Samples in Liquid Suspension*. Journal of Paleontology, pp. 151-154.
- Scott, D. B.; Schafer, C. T.; Medioli, F. S. (2001). *Monitoring in Coastal Environments using Foraminifera and Thecamoebian Indicators*. Cambridge University Press. 192 p.
- Secretaria-Geral do Ministério da Educação (2004). *Assembleia da República, LEI N.º 46/86, de 14 de Outubro, Lei de Bases do Sistema Educativo in http://www.sg.min-edu.pt/legislacao_me.htm (acedido a 17 Fevereiro 2008)*.
- Sen Gupta, B. K. (1999a). *Intoduction to modern Foraminifera in Sen Gupta, B. K. (Ed.) Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, London, pp. 3-6.
- Sen Gupta, B. K. (1999b). *Systematics of modern Foraminifera in Sen Gupta, B. K. (Ed.) Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, London, pp. 7-36.
- Sen Gupta, B. K. (1999c). *Foraminifera in marginal marine environments in Sen Gupta, B. K. (Ed.) Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, London, pp. 141-159.
- Seyve, C. (1990). *Introdução à Micropaleontologia*. Elf Aquitaine Angola, Luanda, 231 p.

- Silva, C. P.; Amador, F.; Baptista, J. F. P.; Valente, R. A.; Mendes, A.; Rebelo, D.; Pinheiro, E. (2001). *Programa de Biologia e Geologia – 10.º Ano*. Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário. Lisboa, 97 p.
- Soares, M. (2000). *Balanço Hidrológico da Lagoa dos Salgados*. Relatório de Projecto Final da Licenciatura em Engenharia do Ambiente, Universidade do Algarve (UCTRA), Faro, 47 p.
- Vadineanu, A. (2005). *Identification of lagoon ecosystems in Gönenc*, I. E.; Wolflin, J. P. (Eds.) Coastal lagoons - Ecosystem processes and modelling for sustainable use and development. CRC Press, USA, pp. 7-41.
- Varela, C. J. G. (2004). *Influência do Confinamento na Distribuição Actual dos Foraminíferos Bentónicos nas Ilhas Barreira*. Relatório de Estágio da Licenciatura em Biologia Marinha e Pescas, Universidade do Algarve, Faro, 47 p.
- Vasconcelos, C.; Praia, J.; Almeida, L. (2003). *Teorias de aprendizagem e o ensino-aprendizagem das ciências. Da instrução à aprendizagem*. Psicologia Escolar e Educacional, Vol. 7, n.º 1, pp. 11-19.
- Vila Velha de Ródão (2008). *Património Natural in*
<http://www.cm-vvrodao.pt/principal.php?cont=9&sub=31&letra=p&lg=1>
 (acedido a 5 Fevereiro 2008).
- Vilela, C.G.; Sanjinés, A. E. S.; Ghiselli, R. O. Jr.; Mendonça Filho, J. G.; Baptista Neto, J. A.; Barbosa, C. F. (2003). *Search for bioindicators of pollution in the Guanabara Bay: integrations of ecologic patterns*. Anuário do Instituto de Geociências Vol. 26, Universidade Federal do Rio de Janeiro, pp. 25-35.
- Vilela, C. G.; Batista, D. S.; Neto, J. A. B.; Crapez, M.; McAllister, J. J. (2004). *Benthic foraminifera distribution in high polluted sediments from Niterói Harbor (Guanabara Bay), Rio de Janeiro, Brazil*. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Vol. 76-1, pp. 161-171.
- Wheatley, G. H. (1991). *Constructivist Perspectives on Science and Mathematics Learning*. Science Education, Vol. 75 – 1, John Wiley & Sons, Inc, New York, pp. 9-21.

- Willmer, P. (1990). *Invertebrate relationships: patterns in animal evolution*. Cambridge University Press, New York, pp. 39, 55.
- Yanko, V; Arnold, A. J.; Parker, W. C. (1999). *Effects of marine pollution on benthic Foraminifera in* Sen Gupta, B. K. (Ed.) *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, London, pp. 217-235.
- Yassini, I.; Jones, B. G. (1995). *Foraminiferida and ostracoda from estuarine and shelf environments on the southeastern coast of Australia*. The University of Wollongong Press, Wollongong, 484 p.

ANEXOS

ANEXO I

TABELAS E FIGURAS DE APOIO

Tabela A.I Tabela de divisões cronostratigráficas simplificada (modificado de Ruppert *et al.*, 2004).

	Eon	Era	Período	Época	Idade (M.a.)
	Fanerozóico	Cenozóico	Quaternário	Holocénico	0,01
				Pleistocénico	1,8
			Terciário	Pliocénico	5
				Miocénico	23
				Oligocénico	34
				Eocénico	56
				Paleocénico	65
		Mesozóico	Cretácico		140
			Jurássico		200
			Triásico		245
		Paleozóico	Pérmico		290
			Carbonífero		350
			Devónico		410
			Silúrico		440
			Ordovícico		500
			Câmbrico		570
Pré-Câmbrico	Proterozóico				2500
	Arcaico				3800
	Hádico				4600

Tabela A.II Conteúdos programáticos segundo as orientações do Ministério da Educação no âmbito da Geologia (adaptado de Galvão *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2001; Mendes *et al.*, 2003; Amador e Silva, 2004).

Ciências Naturais – 7.º Ano de escolaridade (Galvão <i>et al.</i> , 2001)
Tema 2: Terra em Transformação. <ol style="list-style-type: none">1. A Terra conta a sua história.<ol style="list-style-type: none">1.1 Os fósseis e a sua importância para a reconstituição da história da Terra.2. Grandes etapas na história da Terra.
Biologia e Geologia – 10.º Ano de escolaridade (Silva <i>et al.</i> , 2001)
Tema 1: A Geologia, os geólogos e os seus métodos. <ol style="list-style-type: none">2. As rochas, arquivos que relatam a história da Terra.<ol style="list-style-type: none">2.1 Rochas sedimentares.2.3 Ciclo das rochas.3. A medida do tempo e a idade da Terra.<ol style="list-style-type: none">3.1 Idade relativa e idade radiométrica.3.2 Memória dos tempos geológicos.4. A Terra, um planeta em mudança.<ol style="list-style-type: none">4.1 Princípios básicos do raciocínio geológico.
Biologia e Geologia – 11.º Ano de escolaridade (Mendes <i>et al.</i> , 2003)
Tema 4: Geologia, problemas e materiais do quotidiano. <ol style="list-style-type: none">2. Processos e materiais geológicos importantes em ambientes terrestres.<ol style="list-style-type: none">2.1 Principais etapas de formação das rochas sedimentares. Rochas sedimentares. As rochas sedimentares, arquivos históricos da Terra.
Geologia – 12.º Ano de escolaridade (Amador e Silva, 2004)
Tema 2: A história da Terra e da Vida. <ol style="list-style-type: none">1. A medida do tempo e a história da Terra. Exemplos de métodos de datação.<ol style="list-style-type: none">1.1 “Relógios” sedimentológicos. Litostratigrafia.1.2 “Relógios” paleontológicos. Biostratigrafia.2. Tabela cronostratigráfica. Equivalência entre unidades cronostratigráficas e geocronológicas.3. Geohistória. A vida no Pré-câmbrico, no Paleozóico, no Mesozóico e no Cenozóico. Evolução paleogeográfica.4. A história geológica de uma região.<ol style="list-style-type: none">4.1 Cartografia geológica.4.2 Interpretação a partir de uma carta dos principais aspectos geológicos da região onde a escola se insere.

Tabela A.III Conteúdos programáticos segundo as orientações do Ministério da Educação no âmbito da Biologia (adaptado de Silva *et al.*, 2001; Mendes *et al.*, 2003).

Biologia e Geologia – 10.º Ano de escolaridade (Silva <i>et al.</i> , 2001)
Unidade 0: Diversidade na biosfera.
1. A Biosfera.
1.1 Diversidade biológica.
1.2 Organização biológica.
1.3 Extinção e conservação.
2. A célula.
2.1 Unidade estrutural e funcional.
2.2 Constituintes básicos.
Unidade 1: Obtenção de matéria.
1. Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos.
1.1 Unicelularidade <i>vs</i> pluricelularidade.
1.2 Ingestão, digestão e absorção.

Biologia e Geologia – 11.º Ano de escolaridade (Mendes <i>et al.</i> , 2003)
Unidade 6: Reprodução.
1. Reprodução assexuada.
1.1 Estratégias reprodutoras.
2. Reprodução sexuada.
2.1 Meiose e fecundação.
3. Ciclos de vida: unidade e diversidade.
Unidade 7: Evolução biológica.
1. Unicelularidade e multicelularidade.
Unidade 8: Sistemática dos seres vivos.
1. Sistemas de classificação.
1.1 Diversidade de critérios.
1.2 Taxonomia e Nomenclatura.
2. Sistema de classificação de Whittaker modificado.

Tabela A.IV Conteúdos programáticos segundo as orientações do Ministério da Educação no âmbito da intervenção do Homem nos subsistemas terrestres (adaptado de Galvão *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2001; Mendes *et al.*, 2003; Amador e Silva, 2004).

Ciências Naturais – 8.º Ano de escolaridade (Galvão <i>et al.</i> , 2001)
Tema 3: Sustentabilidade na Terra.
1. Ecossistemas
1.1 Interações seres vivos – ambiente.
1.2 Fluxo de energia e ciclo de matéria.
1.3 Perturbações no equilíbrio dos ecossistemas.
2. Gestão sustentável dos recursos.
2.2 Protecção e conservação da natureza.

Biologia e Geologia – 10.º Ano de escolaridade (Silva <i>et al.</i> , 2001)
Tema 2: A Terra, um planeta muito especial.
3. A Terra, um planeta único a proteger.
3.2 Intervenções do Homem nos subsistemas terrestres.

Biologia e Geologia – 11.º Ano de escolaridade (Mendes <i>et al.</i> , 2003)
Tema 4: Geologia, problemas e materiais do quotidiano.
1. Ocupação antrópica e problemas de ordenamento.
1.1 Bacias hidrográficas (<i>Análise de uma situação-problema</i>).
1.2 Zonas costeiras (<i>Análise de uma situação-problema</i>).

Geologia – 12.º Ano de escolaridade (Amador e Silva, 2004)
Tema 3: A terra ontem, hoje e amanhã.
1. A Terra antes do aparecimento do Homem. Paleoclimas e dinâmica litosférica.
3. O Homem como agente de mudanças ambientais.

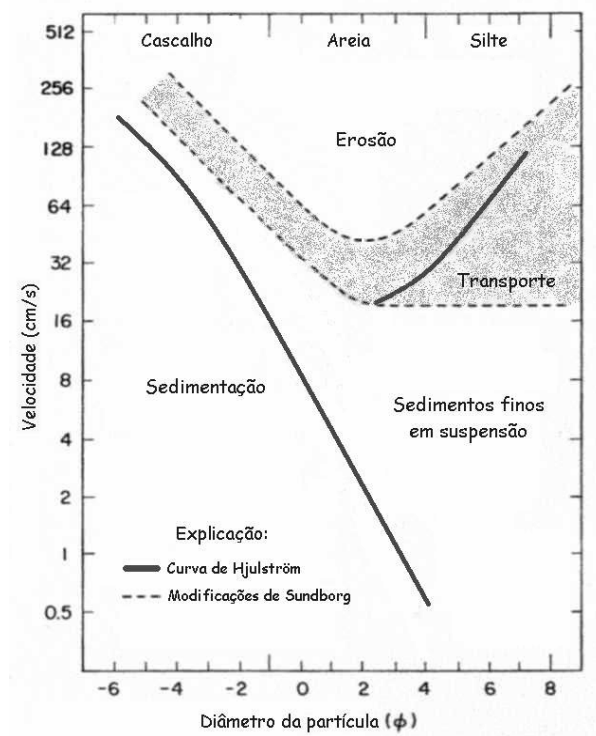


Figura A.1 Diagrama de Hjulström: gráfico da velocidade de transporte em função do tamanho da partícula, mostrando as relações entre erosão, transporte e sedimentação (modificado de Friedman e Sanders, 1978).

Tabela A.V Determinação visual da esfericidade e do arredondamento (modificado de Chamley, 1987).

Esféricidade	Forte					
	Fraca					
		Muito angularo	Angularo	Sub-redondo	Redondo	Muito redondo

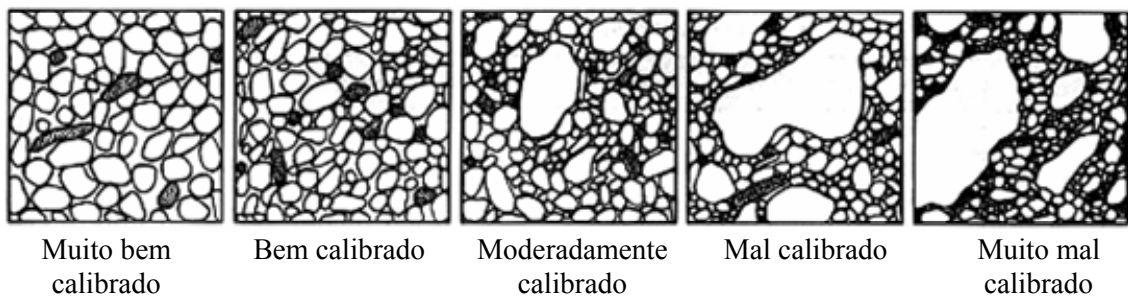


Figura A.2 Esquemas ilustrativos do conceito de calibração (Departamento de Ciências da Terra – Univ. do Minho, 2008).

Tabela A.VI Escala adoptada no programa de análise estatística GRADISTAT versão 4.0, e comparação com as escalas anteriormente utilizadas por Udden (1914), Wentworth (1922) e Friedman e Sanders (1978) (adaptado de Blott e Pye, 2001).

Tamanho do Grão		Terminologia		
ϕ	mm / μm	Udden (1914) e Wentworth (1922)	Friedman e Sanders (1978)	Programa GRADISTAT
			Bloco muito grande	
-11	2048 mm		Bloco grande	Muito grande
-10	1024		Bloco médio	Grande
-9	512	Calhau	Bloco pequeno	Médio
-8	256		Calhau grande	Pequeno
-7	128		Calhau pequeno	Muito pequeno
-6	64			
			Seixo muito grosseiro	Muito grosseiro
-5	32	Seixo	Seixo grosseiro	Grosseiro
-4	16		Seixo médio	Médio
-3	8		Seixo fino	Fino
-2	4		Cascalho	Seixo muito fino
-1	2			
		Areia muito grosseira	Areia muito grosseira	Muito grosseira
0	1	Areia grosseira	Areia grosseira	Grosseira
1	500 μm	Areia média	Areia média	Média
2	250	Areia fina	Areia fina	Fina
3	125	Areia muito fina	Areia muito fina	Muito fina
4	63			
			Silte muito grosseiro	Muito grosseiro
5	31	Silte	Silte grosseiro	Grosseiro
6	16		Silte médio	Médio
7	8		Silte fino	Fino
8	4		Silte muito fino	Muito fino
9	2	Argila	Argila	Argila

Tabela A.VII Profundidade em cm da inserção da pipeta, para uma dada temperatura, no método da pipetagem para a análise granulométrica da fracção fina dos sedimentos (adaptado de Lewis e McConchie, 1994).

Temp. °C	Suspensão Total 20 seg	4,5 φ 44 μ 2 min	5 φ 31 μ 4 min	5,5 φ 22 μ 8 min	6 φ 16 μ 15 min	7 φ 8 μ 30 min	8 φ 4 μ 2 h	9 φ 2 μ 8 h	10 φ 1 μ 32 h
14,0	20,0	17,8	17,7	17,8	17,7	8,8	8,8	8,8	8,8
14,5	20,0	18,1	17,9	18,1	17,9	9,0	9,0	9,0	9,0
15,0	20,0	18,3	18,2	18,3	18,1	9,1	9,1	9,1	9,1
15,5	20,0	18,4	18,4	18,5	18,4	9,2	9,2	9,2	9,2
16,0	20,0	18,8	18,6	18,8	18,6	9,3	9,3	9,3	9,3
16,5	20,0	19,1	18,9	19,1	18,9	9,4	9,4	9,4	9,4
17,0	20,0	19,3	19,1	19,3	19,1	9,6	9,6	9,6	9,6
17,5	20,0	19,5	19,4	19,5	19,4	9,7	9,7	9,7	9,7
18,0	20,0	19,8	19,7	19,8	19,6	9,8	9,8	9,8	9,8
18,5	20,0	20,0	19,9	20,0	19,9	9,9	9,9	9,9	9,9
19,0	20,0	20,2	20,1	20,2	20,2	10,0	10,0	10,0	10,0
19,5	20,0	20,5	20,4	20,5	20,3	10,2	10,2	10,2	10,2
20,0	20,0	20,7	20,6	20,7	20,6	10,3	10,3	10,3	10,3
20,5	20,0	21,0	20,9	21,0	20,9	10,4	10,4	10,4	10,4
21,0	20,0	21,3	21,1	21,3	21,1	10,5	10,5	10,5	10,5
21,5	20,0	21,5	21,3	21,5	21,3	10,7	10,7	10,7	10,7
22,0	20,0	21,8	21,6	21,8	21,6	10,8	10,8	10,8	10,8
22,5	20,0	22,0	21,9	22,0	21,8	10,9	10,9	10,9	10,9
23,0	20,0	22,3	22,1	22,3	22,1	11,1	11,1	11,1	11,1
23,5	20,0	22,6	22,4	22,6	22,3	11,2	11,2	11,2	11,2
24,0	20,0	22,8	22,7	22,8	22,6	11,3	11,3	11,3	11,3
24,5	20,0	23,1	22,9	23,1	22,9	11,4	11,4	11,4	11,4
25,0	20,0	23,3	23,2	23,3	23,2	11,6	11,6	11,6	11,6
25,5	20,0	23,6	23,5	23,6	23,4	11,7	11,7	11,7	11,7
26,0	20,0	23,9	23,8	24,0	23,7	11,9	11,9	11,9	11,9
26,5	20,0	24,2	24,0	24,2	24,0	12,0	12,0	12,0	12,0
27,0	20,0	24,5	24,3	24,5	24,2	12,1	12,1	12,1	12,1
27,5	20,0	24,7	24,6	24,7	24,5	12,3	12,3	12,3	12,3

Tabela A.VIII Síntese dos critérios de divisão dos ambientes de acordo com o grau de influência marinha segundo Camacho (2004).

GIM	Ambiente	Ocorrência de espécies
1	Sem foraminíferos	0-66 indivíduos
2	Intermareal superior, fortemente confinado; Sapal médio-alto	<i>T. macrescens</i> , <i>T. inflata</i> , <i>Trochammina</i> sp., <i>Ammobaculites</i> sp., <i>Eggerella</i> sp. e forros internos
3	Intermareal médio, confinado; Sapal médio-baixo	Forros internos > 26% Calcários em dissolução > 9,5% <i>A. beccarri</i> + <i>H. germanica</i> ≤ 18% <i>Ammobaculites</i> sp. e <i>Trochammina</i> sp.
4	Intermareal inferior, moderadamente confinado; Sapal baixo – planície lodosa	<i>A. beccarri</i> + <i>H. germanica</i> ≥ 65% <i>Elphidium</i> spp.; Miliolídeos
5	Intermareal aberto; Ambiente sempre submerso	<i>A. beccarri</i> + <i>H. germanica</i> ≥ 29% <i>Brizalina</i> sp., <i>Fissurina</i> sp., <i>Discorbis</i> sp., <i>Rosalina</i> sp. e <i>Cibicides</i> sp.

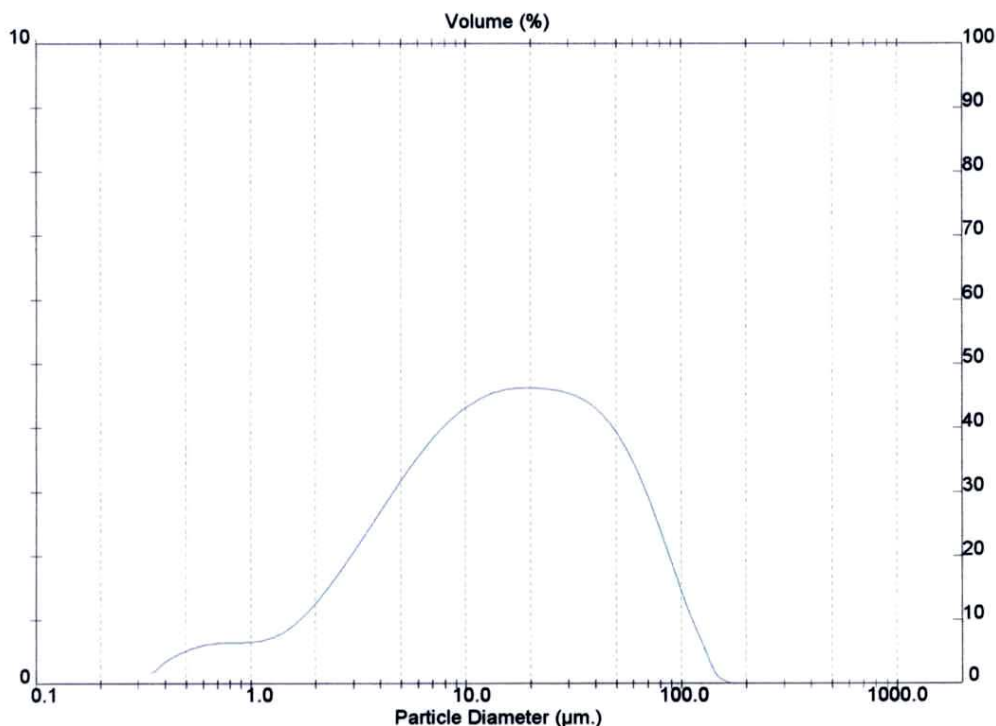
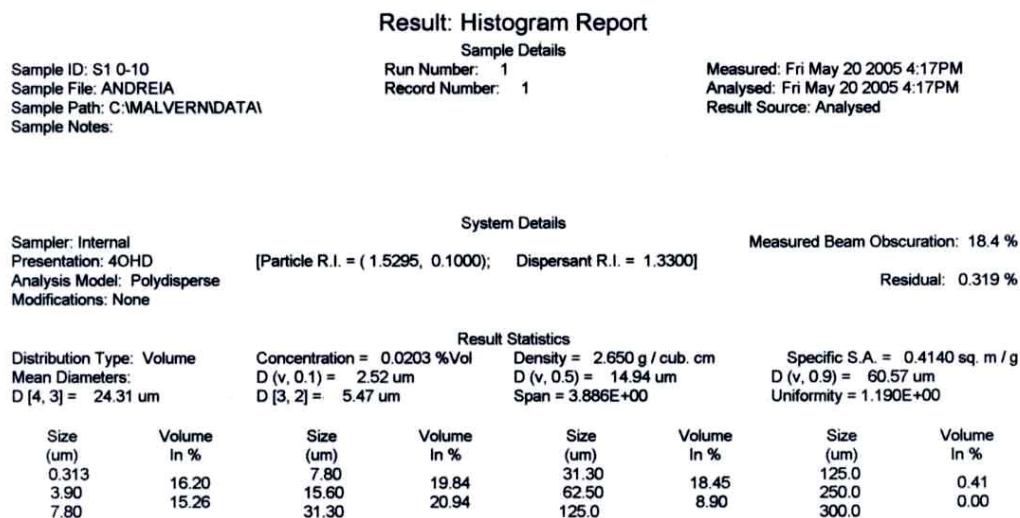
ANEXO II**TABELAS DE RESULTADOS, CÁLCULOS E GRÁFICOS
REFERENTES À COMPONENTE EXPERIMENTAL DO
TRABALHO****Tabela A.IX** Cálculos para a determinação do teor em matéria orgânica para as estações de amostragem S1 e S2.

Estação de amostragem	Amostra Profundidade (cm)	Peso seco (P ₁) antes de calcinar (g)	Peso seco (P ₂) depois de calcinar (g)	P ₁ - P ₂ (g)	Teor em Matéria Orgânica Total (%)
S1	0 - 10	5,52525	5,08510	0,44015	7,97
	10 - 30	9,52952	9,14839	0,38113	4,00
	30 - 47	6,81490	6,65676	0,15814	2,32
S2	0 - 6	4,93412	4,70983	0,22429	4,55
	6 - 18,5	7,17391	6,90783	0,26608	3,71
	18,5 - 38,5	7,27074	7,01757	0,25317	3,48

Tabela A.X Cálculos para a determinação do teor em CaCO₃ para as estações de amostragem S1 e S2.

Estação de amostragem	Amostra Profundidade (cm)	Peso seco (P ₁) antes da digestão em HCl (g)	Peso seco (P ₂) depois da digestão em HCl (g)	P ₁ - P ₂ (g)	Teor em CaCO ₃ (%)
S1	0 - 10	3,8191	2,9304	0,8887	23,27
	10 - 30	3,6921	3,2031	0,4890	13,24
	30 - 47	3,5150	3,4116	0,1034	2,94
S2	0 - 6	3,6125	3,2092	0,4033	11,16
	6 - 18,5	3,7078	3,4742	0,2336	6,30
	18,5 - 38,5	3,5312	3,3576	0,1736	4,92

Figura A.7 Análise granulométrica da fracção fina dos sedimentos da amostra S1 (0-10) obtida pelo método de medição de partículas por difracção laser (Malvern Mastersizer) e respectivo gráfico.

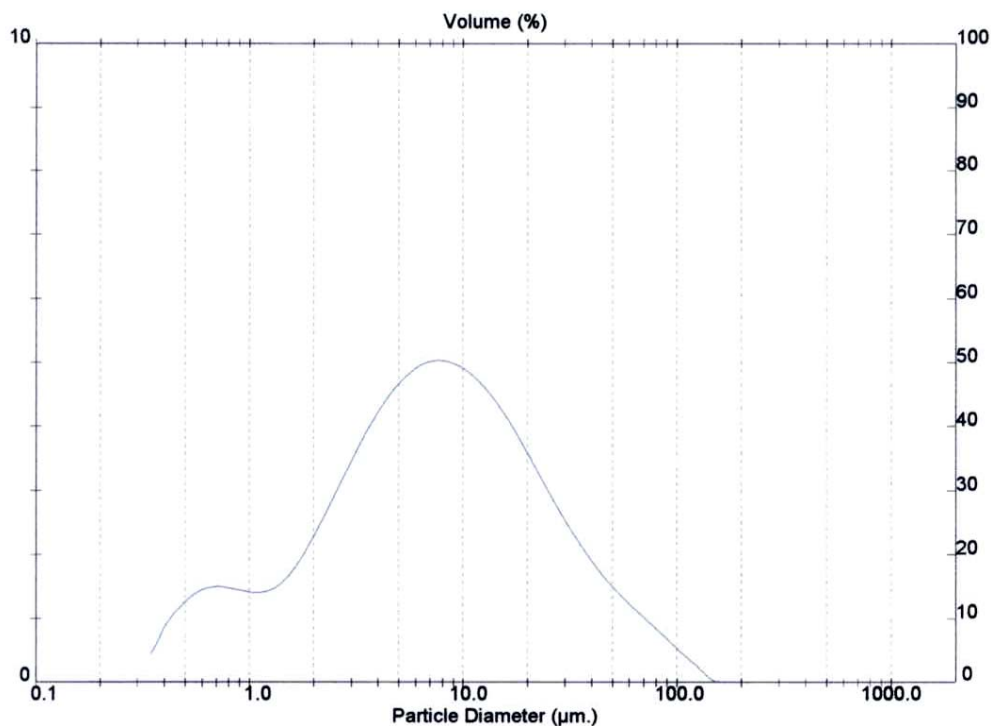
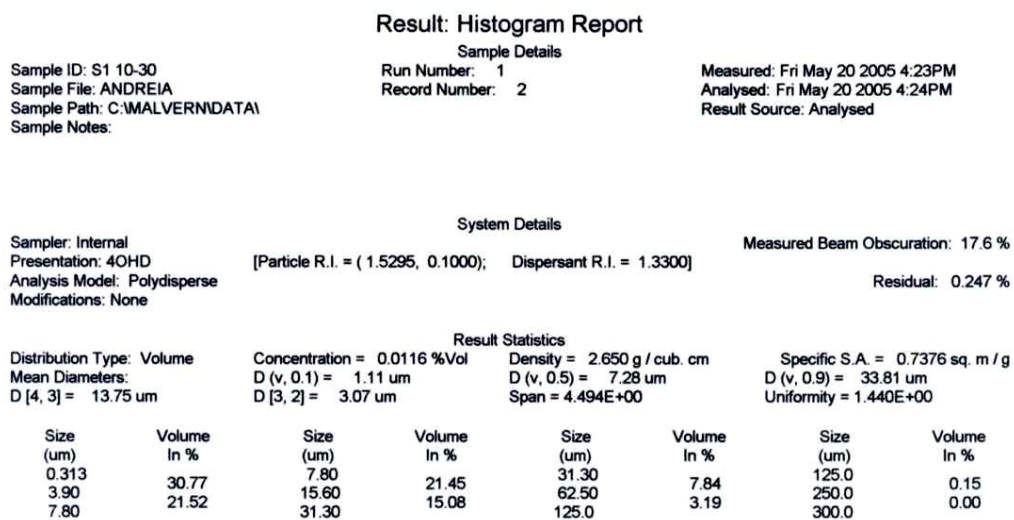


Malvern Instruments Ltd.
 Malvern, UK
 Tel: +[44] (0)1684-892456 Fax: +[44] (0)1684-892789

Mastersizer Micro Ver. 2.18
 Serial Number: 34044-03

20 May 05 16:18

Figura A.8 Análise granulométrica da fracção fina dos sedimentos da amostra S1 (10-30) obtida pelo método de medição de partículas por difracção laser (Malvern Mastersizer) e respectivo gráfico.

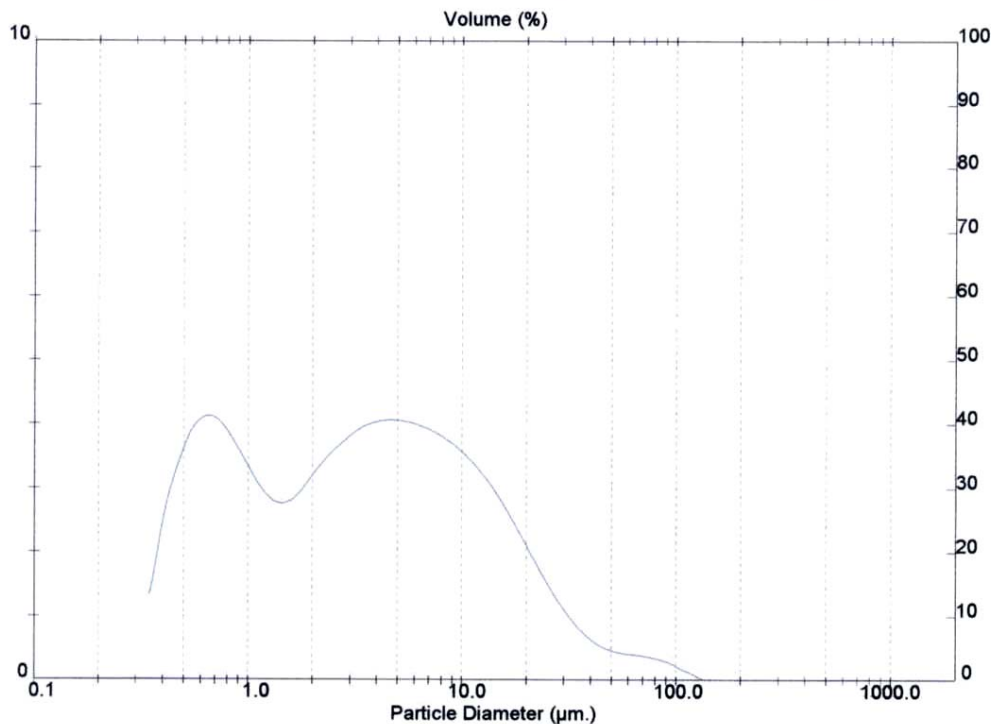
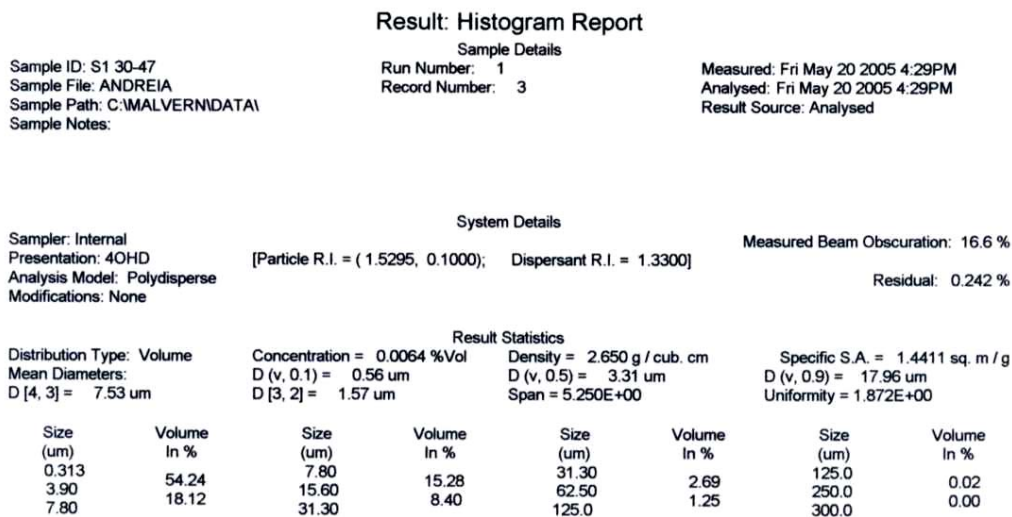


Malvern Instruments Ltd.
 Malvern, UK
 Tel: +[44] (0)1684-892456 Fax: +[44] (0)1684-892789

Mastersizer Micro Ver. 2.18
 Serial Number: 34044-03

20 May 05 16:24

Figura A.9 Análise granulométrica da fração fina dos sedimentos da amostra S1 (30-47) obtida pelo método de medição de partículas por difração laser (Malvern Mastersizer) e respectivo gráfico.



Malvern Instruments Ltd.
 Malvern, UK
 Tel: +[44] (0)1684-892456 Fax: +[44] (0)1684-892789

Mastersizer Micro Ver. 2.18
 Serial Number: 34044-03

20 May 05 16:31

Figura A.10 Análise granulométrica da fracção fina dos sedimentos da amostra S2 (0-6) obtida pelo método de medição de partículas por difracção laser (Malvern Mastersizer) e respectivo gráfico.

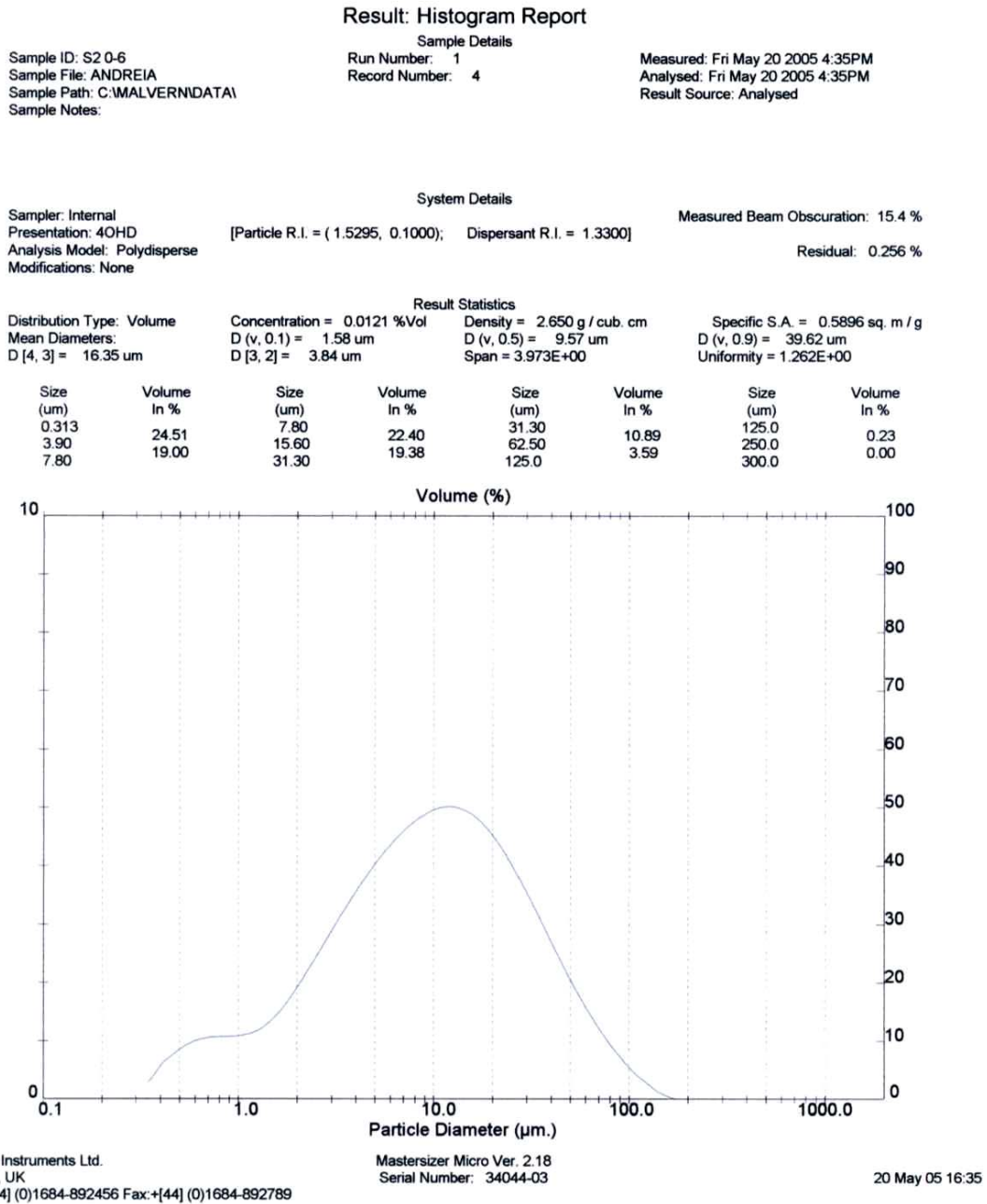
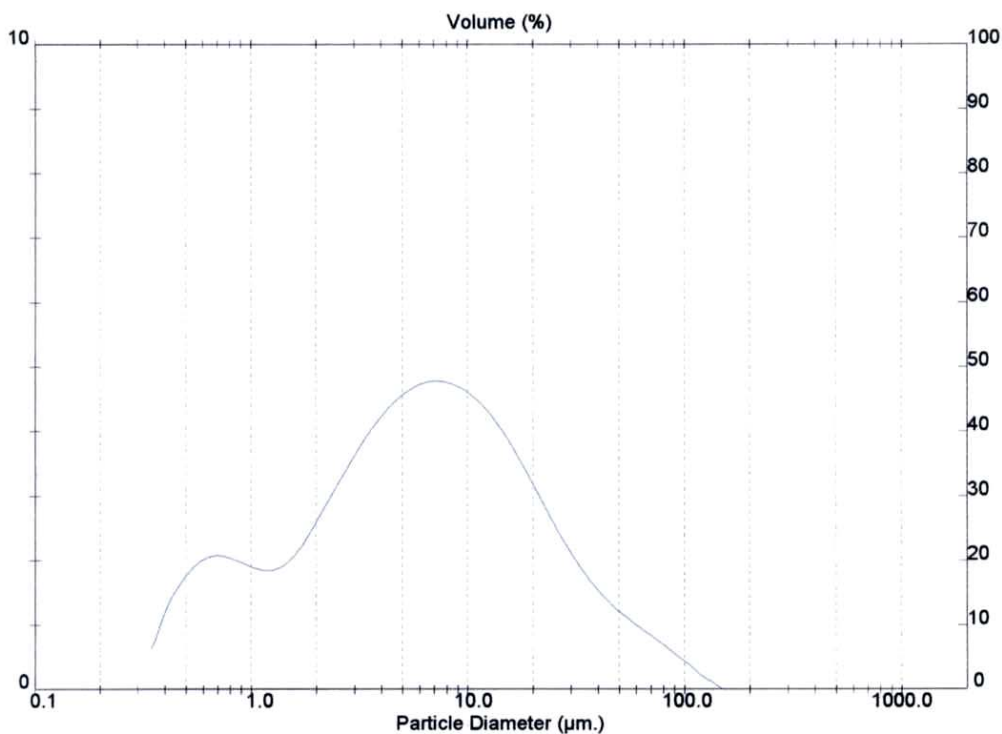
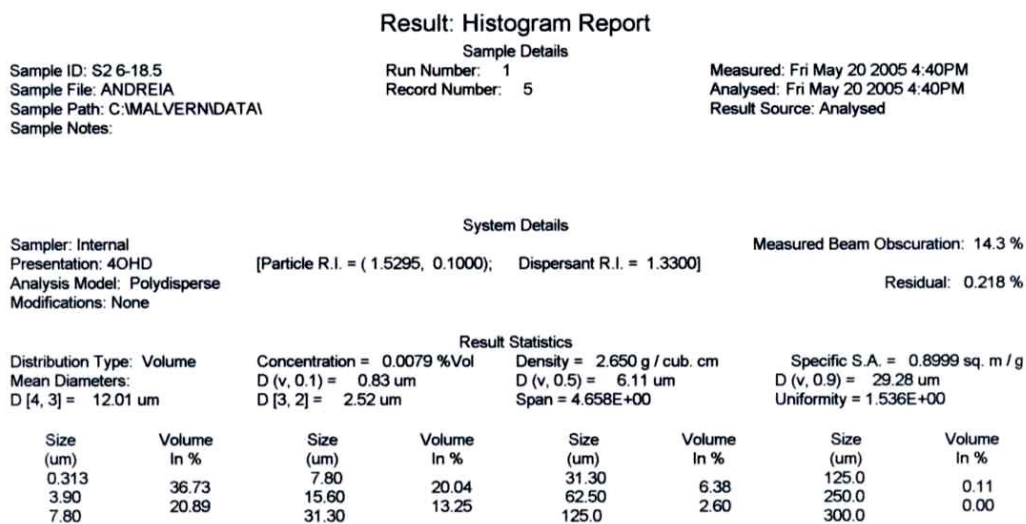


Figura A.11 Análise granulométrica da fracção fina dos sedimentos da amostra S2 (6-18,5) obtida pelo método de medição de partículas por difracção laser (Malvern Mastersizer) e respectivo gráfico.



Malvern Instruments Ltd.
 Malvern, UK
 Tel: +[44] (0)1684-892456 Fax: +[44] (0)1684-892789

Mastersizer Micro Ver. 2.18
 Serial Number: 34044-03

20 May 05 16:41

Figura A.12 Análise granulométrica da fracção fina dos sedimentos da amostra S2 (18,5-38) obtida pelo método de medição de partículas por difracção laser (Malvern Mastersizer) e respectivo gráfico.

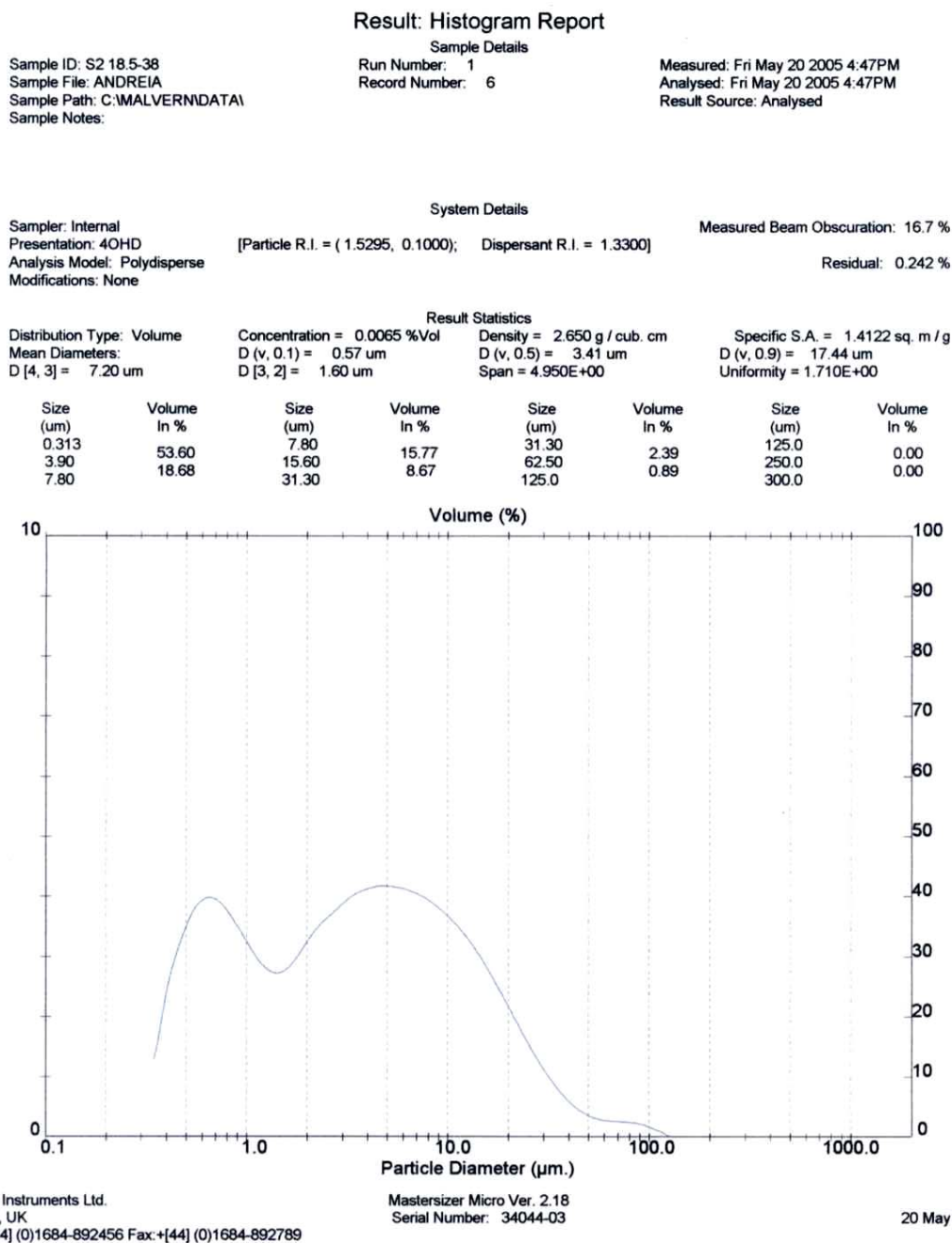


Figura A.13 Análise granulométrica da fracção grosseira dos sedimentos da amostra S1 (0-10) obtida pelo programa de análise estatística GRADISTAT versão 4.0 (Blout, 2000) e respectivo histograma.

SIEVING ERROR: -4,8%			SAMPLE STATISTICS			
SAMPLE IDENTITY: S1 0-10			ANALYST & DATE: Andreia Monteiro, 24-05-2005			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted			TEXTURAL GROUP: Sand			
SEDIMENT NAME: Moderately Sorted Medium Sand						
	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	302,5	1,747	GRAVEL: 0,0%	COARSE SAND: 13,8%		
MODE 2:			SAND: 98,9%	MEDIUM SAND: 48,9%		
MODE 3:			MUD: 1,1%	FINE SAND: 24,5%		
D ₁₀ :	144,6	0,565		V FINE SAND: 6,4%		
MEDIAN or D ₅₀ :	311,8	1,681	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,2%		
D ₉₀ :	676,0	2,790	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,2%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	4,674	4,938	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,2%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	531,4	2,225	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,2%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2,054	1,908	V FINE GRAVEL: 0,0%	V FINE SILT: 0,2%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	232,3	1,038	V COARSE SAND: 5,3%	CLAY: 0,2%		
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	399,9	311,4	1,683	318,7	1,650	Medium Sand
SORTING (σ):	314,5	2,058	1,041	1,864	0,899	Moderately Sorted
SKEWNESS (β_1):	2,580	-1,095	1,095	0,055	-0,055	Symmetrical
KURTOSIS (β_2):	10,49	9,199	9,199	1,321	1,321	Leptokurtic

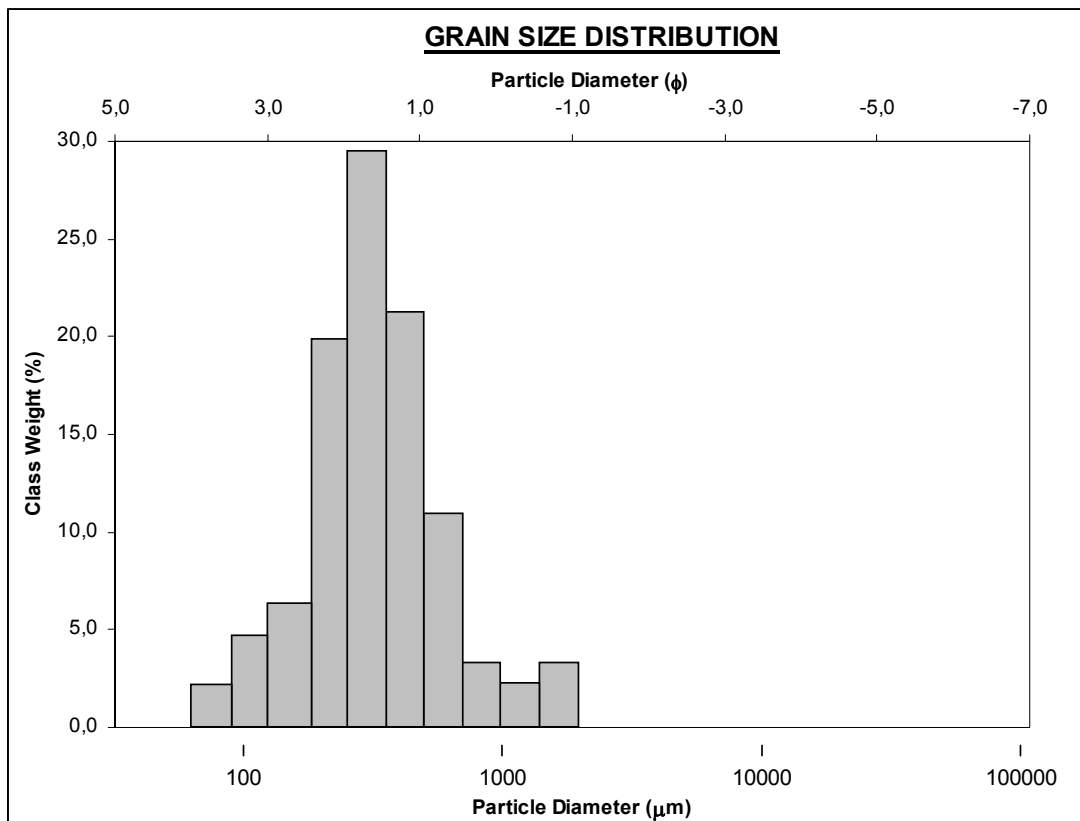


Figura A.14 Análise granulométrica da fracção grosseira dos sedimentos da amostra S1 (10-30) obtida pelo programa de análise estatística GRADISTAT versão 4.0 (Bloot, 2000) e respectivo histograma.

SIEVING ERROR: -1,9%		SAMPLE STATISTICS				
SAMPLE IDENTITY: S1 10-30		ANALYST & DATE: Andreia Monteiro, 24-05-2005				
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted		TEXTURAL GROUP: Sand				
SEDIMENT NAME: Moderately Sorted Medium Sand						
	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	302,5	1,747	GRAVEL: 0,0%	COARSE SAND: 13,9%		
MODE 2:			SAND: 99,7%	MEDIUM SAND: 42,1%		
MODE 3:			MUD: 0,3%	FINE SAND: 28,8%		
D ₁₀ :	118,1	0,643	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V FINE SAND: 11,1%		
MEDIAN or D ₅₀ :	288,6	1,793	COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,1%		
D ₉₀ :	640,4	3,082	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,1%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	5,425	4,794	FINE GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,1%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	522,3	2,440	V FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,1%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2,314	2,010	V FINE GRAVEL: 0,0%	V FINE SILT: 0,1%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	247,4	1,211	V COARSE SAND: 3,7%	CLAY: 0,1%		
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	363,8	285,4	1,809	280,5	1,834	Medium Sand
SORTING (σ):	286,3	1,963	0,973	1,925	0,945	Moderately Sorted
SKEWNESS (\mathcal{A}):	2,648	-0,219	0,219	-0,031	0,031	Symmetrical
KURTOSIS (\mathcal{K}):	11,87	5,110	5,110	1,070	1,070	Mesokurtic

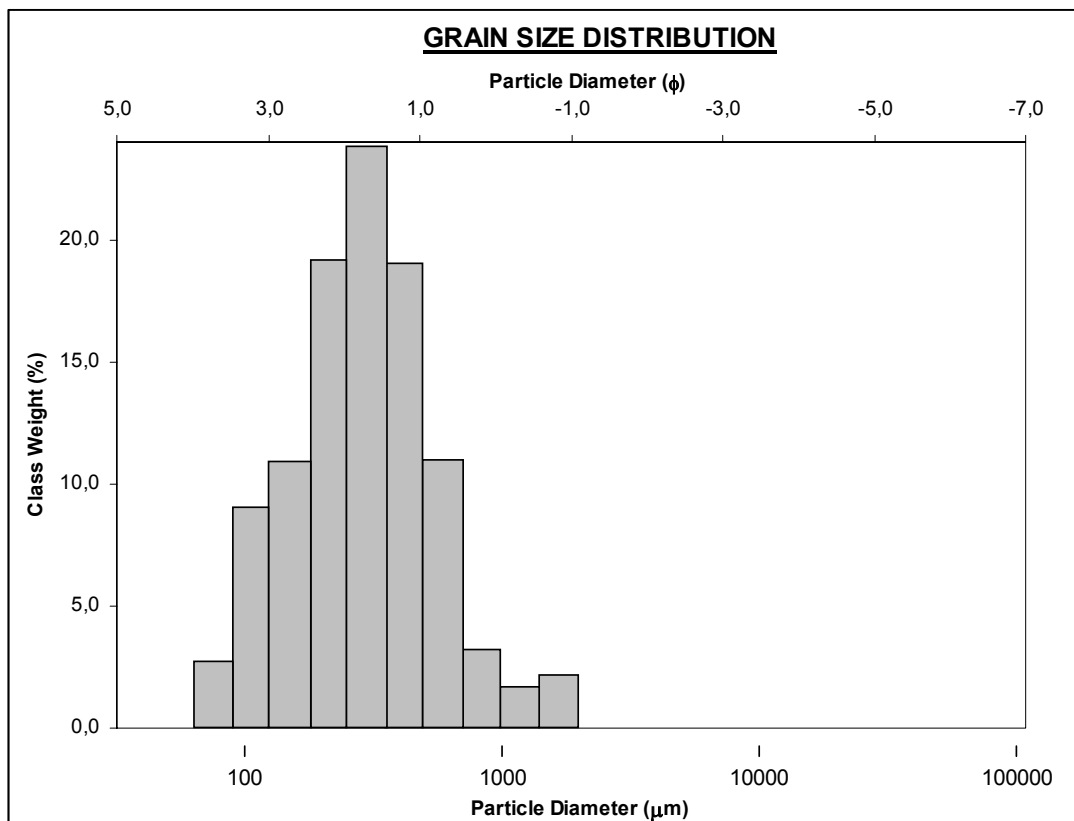


Figura A.15 Análise granulométrica da fracção grosseira dos sedimentos da amostra S1 (30-47) obtida pelo programa de análise estatística GRADISTAT versão 4.0 (Bloot, 2000) e respectivo histograma.

SIEVING ERROR: 0,0%			SAMPLE STATISTICS			
SAMPLE IDENTITY: S1 30-47			ANALYST & DATE: Andreia Monteiro, 24-05-2005			
SAMPLE TYPE: Trimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Sand			
SEDIMENT NAME: Poorly Sorted Medium Sand						
	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	215,0	2,237	GRAVEL: 0,0%	COARSE SAND: 20,1%		
MODE 2:	1700,0	-0,743	SAND: 99,6%	MEDIUM SAND: 23,6%		
MODE 3:	605,0	0,747	MUD: 0,4%	FINE SAND: 22,9%		
D ₁₀ :	108,5	-0,570	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V FINE SAND: 13,7%		
MEDIAN or D ₅₀ :	358,9	1,478	COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,1%		
D ₉₀ :	1484,7	3,204	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,1%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	13,68	-5,619	FINE GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,1%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1376,2	3,774	V FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,1%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	4,462	7,823	V COARSE SAND: 19,4%	V FINE SILT: 0,1%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	623,2	2,158		CLAY: 0,1%		
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	576,6	375,5	1,413	382,0	1,388	Medium Sand
SORTING (σ):	516,2	2,581	1,368	2,684	1,424	Poorly Sorted
SKEWNESS (\mathcal{A}):	1,140	-0,129	0,129	0,077	-0,077	Symmetrical
KURTOSIS (\mathcal{K}):	3,045	2,686	2,686	0,805	0,805	Platykurtic

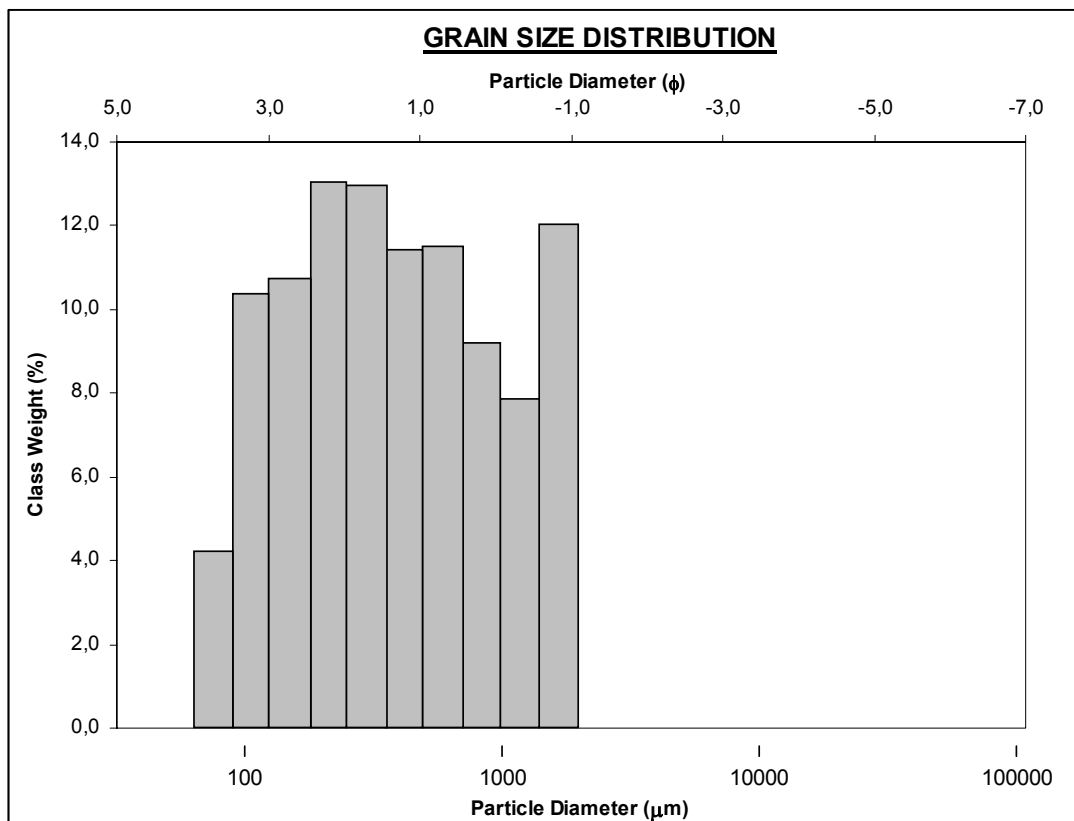


Figura A.16 Análise granulométrica da fracção grosseira dos sedimentos da amostra S2 (0-6) obtida pelo programa de análise estatística GRADISTAT versão 4.0 (Blout, 2000) e respectivo histograma.

SIEVING ERROR: 0,0%			SAMPLE STATISTICS			
SAMPLE IDENTITY: S2 0-6			ANALYST & DATE: Andreia Monteiro, 24-05-2005			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Sand			
SEDIMENT NAME: Poorly Sorted Fine Sand						
	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	215,0	2,237	GRAVEL: 0,0%	COARSE SAND: 13,5%		
MODE 2:	1700,0	-0,743	SAND: 99,0%	MEDIUM SAND: 30,8%		
MODE 3:			MUD: 1,0%	FINE SAND: 33,7%		
D ₁₀ :	102,6	0,514		V FINE SAND: 15,4%		
MEDIAN or D ₅₀ :	250,0	2,000	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,2%		
D ₉₀ :	700,1	3,284	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,2%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	6,821	6,386	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,2%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	597,5	2,770	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,2%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2,775	2,215	V FINE GRAVEL: 0,0%	V FINE SILT: 0,2%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	276,2	1,473	V COARSE SAND: 5,8%	CLAY: 0,2%		
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	368,1	262,0	1,932	259,1	1,949	Medium Sand
SORTING (σ):	347,6	2,253	1,172	2,165	1,115	Poorly Sorted
SKWENESS (\mathcal{S}_k):	2,430	-0,323	0,323	0,120	-0,120	Coarse Skewed
KURTOSIS (\mathcal{K}):	9,182	5,366	5,366	1,044	1,044	Mesokurtic

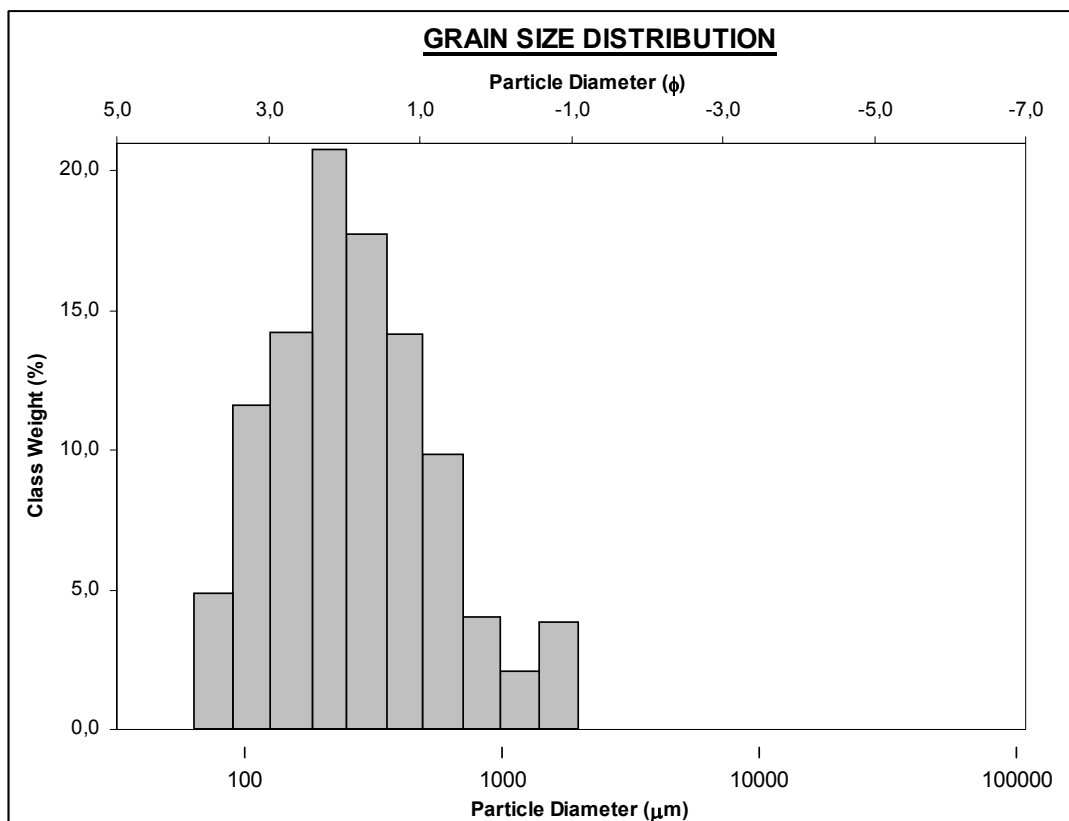


Figura A.17 Análise granulométrica da fracção grosseira dos sedimentos da amostra S2 (6-18,5) obtida pelo programa de análise estatística GRADISTAT versão 4.0 (Blout, 2000) e respectivo histograma.

SIEVING ERROR: -0,4%			SAMPLE STATISTICS			
SAMPLE IDENTITY: S2 6-18,5			ANALYST & DATE: Andreia Monteiro, 24-05-2005			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Sand			
SEDIMENT NAME: Poorly Sorted Fine Sand						
	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	215,0	2,237	GRAVEL: 0,0%	COARSE SAND: 14,3%		
MODE 2:	1700,0	-0,743	SAND: 100,0%	MEDIUM SAND: 32,7%		
MODE 3:			MUD: 0,0%	FINE SAND: 35,0%		
D ₁₀ :	121,4	0,311		V FINE SAND: 10,8%		
MEDIAN or D ₅₀ :	271,2	1,883	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,0%		
D ₉₀ :	805,9	3,042	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	6,640	9,774	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	684,5	2,731	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2,526	2,194	V FINE GRAVEL: 0,0%	V FINE SILT: 0,0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	278,0	1,337	V COARSE SAND: 7,2%	CLAY: 0,0%		
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	398,9	296,0	1,756	287,5	1,798	Medium Sand
SORTING (σ):	358,9	2,049	1,035	2,105	1,074	Poorly Sorted
SKEWNESS (β):	2,244	0,502	-0,502	0,168	-0,168	Coarse Skewed
KURTOSIS (κ):	7,972	2,885	2,885	1,121	1,121	Leptokurtic

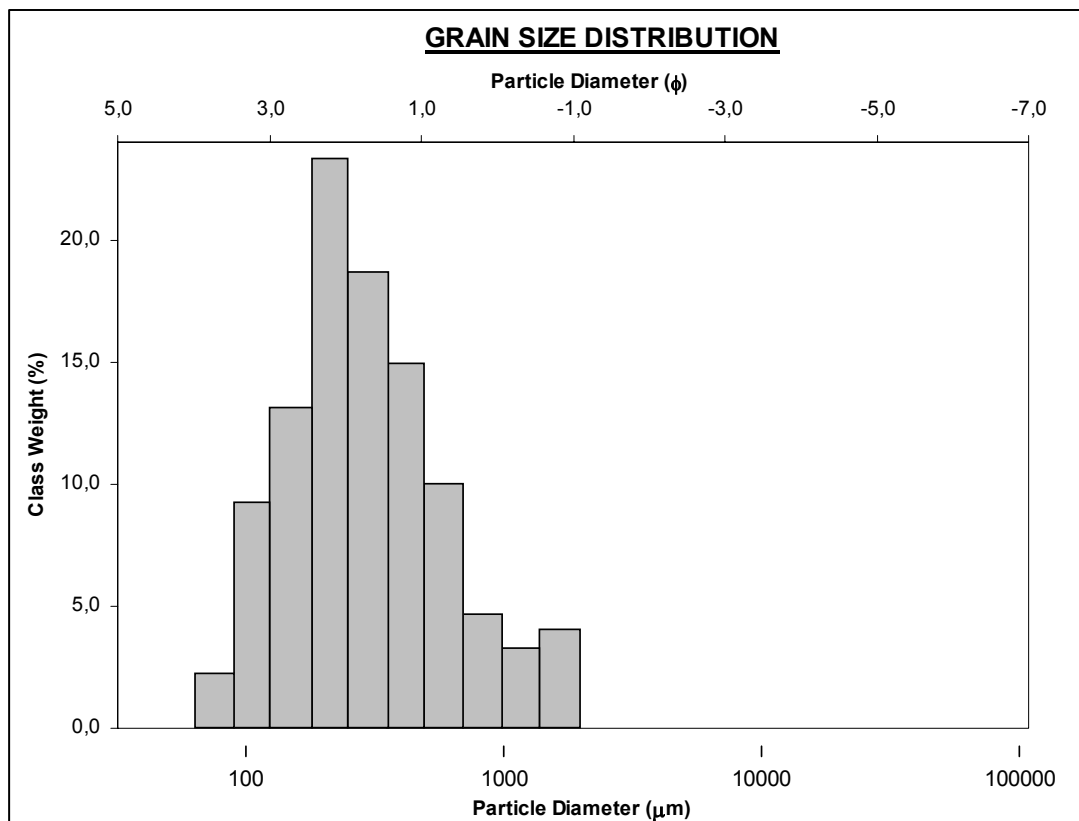


Figura A.18 Análise granulométrica da fracção grosseira dos sedimentos da amostra S2 (18,5-38) obtida pelo programa de análise estatística GRADISTAT versão 4.0 (Blout, 2000) e respectivo histograma.

			<u>SAMPLE STATISTICS</u>			
SIEVING ERROR: -0,8%			ANALYST & DATE: Andreia Monteiro, 24-05-2005			
SAMPLE IDENTITY: S2 18,5-38			TEXTURAL GROUP: Sand			
SAMPLE TYPE: Trimodal, Poorly Sorted			SEDIMENT NAME: Poorly Sorted Fine Sand			
			GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	107,5	3,237	GRAVEL: 0,0%	COARSE SAND: 11,3%		
MODE 2:	215,0	2,237	SAND: 100,0%	MEDIUM SAND: 18,8%		
MODE 3:	1700,0	-0,743	MUD: 0,0%	FINE SAND: 27,8%		
D ₁₀ :	90,39	-0,544	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V FINE SAND: 27,1%		
MEDIAN or D ₅₀ :	222,0	2,171	COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 0,0%		
D ₉₀ :	1457,8	3,468	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 0,0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	16,13	-6,378	FINE GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1367,4	4,011	V FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	4,454	3,390	V COARSE SAND: 15,0%	V FINE SILT: 0,0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	415,1	2,155		CLAY: 0,0%		
			METHOD OF MOMENTS			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	FOLK & WARD METHOD		
	μm	μm	φ	Geometric	Logarithmic	Description
				μm	φ	
MEAN (\bar{x}):	459,6	272,1	1,878	275,5	1,860	Medium Sand
SORTING (σ):	512,7	2,639	1,400	2,791	1,481	Poorly Sorted
SKEWNESS (β_1):	1,588	0,564	-0,564	0,300	-0,300	Very Coarse Skewed
KURTOSIS (β_2):	4,141	2,172	2,172	0,855	0,855	Platykurtic

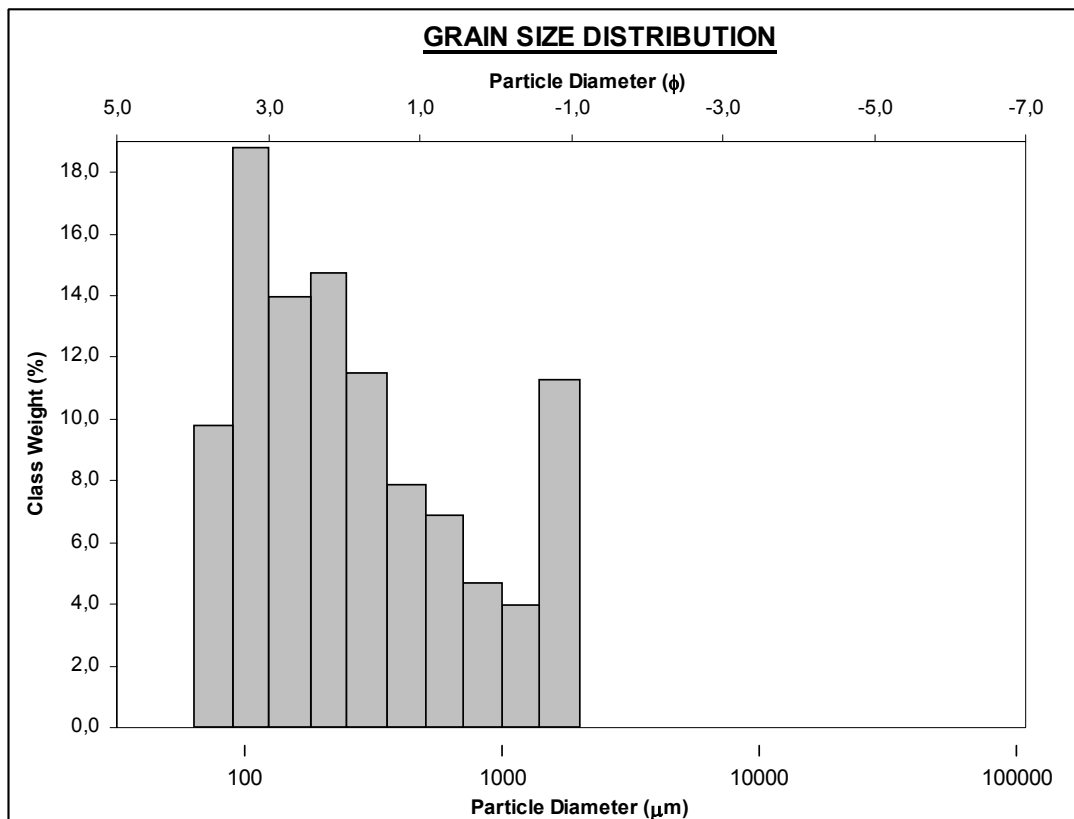


Tabela A.XI Caracterização da morfologia dos grãos de quartzo e a composição da fração detrítica e biogénica das amostras referentes às estações de amostragem S1 e S2.

Estação de amostragem	Amostra Profundidade (cm)	Fracção (mm)	Esfericidade e angulosidade dos grãos de quartzo	Outros minerais presentes na fração	Elementos biogénicos
S1	0 - 10	0,090-0,063	Predomina o quartzo hialino anguloso	Minerais pesados frequentes	Bioclastos frequentes indeterminados
		0,125-0,090	Predomina o quartzo hialino anguloso	Minerais pesados frequentes (zircão e ilmenite)	Bioclastos frequentes indeterminados
		0,180-0,125	Predomina o quartzo hialino anguloso	Minerais pesados frequentes (zircão e ilmenite)	Bioclastos abundantes indeterminados
		0,250-0,180	Predomina o quartzo hialino anguloso	Minerais pesados frequentes (zircão e ilmenite)	Bioclastos abundantes (bivalves); M.O. frequente
		0,355-0,250	Predomina o quartzo hialino anguloso ou sub-redondo	Minerais pesados frequentes (zircão, ilmenite, magnetite, hematite e turmalina)	Bioclastos abundantes (gastrópodes e bivalves); M.O. frequente
		0,500-0,355	Predomina o quartzo hialino sub-redondo (superfície límpida a picotada)	Minerais pesados raros (zircão, ilmenite e magnetite)	Bioclastos abundantes muito fragmentados (gastrópodes e bivalves); M.O. frequente; ostracodes frequentes (valvas desconectadas mas em bom estado); sementes frequentes
		0,710-0,500	Predomina o quartzo hialino sub-redondo	Minerais pesados frequentes (zircão)	Bioclastos abundantes muito fragmentados (gastrópodes e bivalves); M.O. frequente; ostracodes frequentes (valvas desconectadas mas em bom estado); sementes frequentes
		1,00-0,710	Predomina o quartzo hialino sub-redondo a redondo	-	Bioclastos raros muito fragmentados (bivalves); M.O. abundante; ostracodes raros (valvas desconectadas); sementes raras
		1,40-1,00	Predomina o quartzo hialino redondo	-	Bioclastos raros muito fragmentados (gastrópodes e bivalves); agregados de quartzo hialino e M.O. abundantes; sementes raras
	> 1,40	Quartzo hialino redondo raro	-	Bioclastos raros (gastrópode inteiro); agregados de quartzo hialino, M.O. e ostracodes abundantes	
	10 - 30	0,090-0,063	Predomina o quartzo hialino muito anguloso	Minerais pesados frequentes	Bioclastos frequentes indeterminados
		0,125-0,090	Predomina o quartzo hialino anguloso	Minerais pesados frequentes (zircão, ilmenite)	Bioclastos frequentes indeterminados
		0,180-0,125	Predomina o quartzo hialino anguloso	Minerais pesados frequentes (zircão, ilmenite)	Bioclastos abundantes indeterminados
		0,250-0,180	Predomina o quartzo hialino muito anguloso	Minerais pesados frequentes (zircão, ilmenite)	Bioclastos abundantes muito fragmentados indeterminados
		0,355-0,250	Predomina o quartzo hialino sub-redondo	Minerais pesados frequentes	Bioclastos abundantes muito fragmentados indeterminados

Estação de amostragem	Amostra Profundidade (cm)	Fracção (mm)	Esfericidade e angulosidade dos grãos de quartzo	Outros minerais presentes na fracção	Elementos biogénicos	
		0,500-0,355	Predomina o quartzo hialino sub-redondo (superfície límpida a picotada)	Minerais pesados raros	Bioclastos abundantes fragmentados (gastrópodes e bivalves)	
		0,710-0,500	Predomina o quartzo hialino sub-redondo a redondo	-	Bioclastos abundantes fragmentados (gastrópodes e bivalves)	
		1,00-0,710	Predomina o quartzo hialino sub-redondo a redondo (superfície picotada)	-	Bioclastos abundantes fragmentados indeterminados, M.O. rara	
		1,40-1,00	Predomina o quartzo hialino redondo (superfície picotada)	-	Bioclastos raros indeterminados, M.O. rara	
		> 1,40	Predomina o quartzo hialino redondo (superfície picotada)	-	2 gastrópodes, M.O. rara	
	30 - 47	0,090-0,063	Predomina o quartzo hialino muito anguloso	Minerais pesados frequentes	-	
		0,125-0,090	Predomina o quartzo hialino anguloso	Minerais pesados frequentes	-	
		0,180-0,125	Predomina o quartzo hialino anguloso	Minerais pesados frequentes (turmalina)	Matéria orgânica rara	
		0,250-0,180	Predomina o quartzo hialino anguloso	Minerais pesados raros	-	
		0,355-0,250	Predomina o quartzo hialino anguloso	Minerais pesados raros	Matéria orgânica rara	
		0,500-0,355	Predomina o quartzo hialino sub-redondo	Minerais pesados muito raros	Bioclastos muito raros indeterminados	
		0,710-0,500	Predomina o quartzo hialino redondo	-	Matéria orgânica muito rara	
		1,00-0,710	Predomina o quartzo hialino redondo com superfície corroída	-	-	
		1,40-1,00	Predomina o quartzo hialino muito redondo com superfície corroída	Presença de “mudballs” (areia e argila – vasa)	-	
		> 1,40	Predomina o quartzo hialino muito redondo com superfície corroída	Presença de “mudballs”	-	
	S2	0 - 6	0,090-0,063	Predomina o quartzo hialino muito anguloso	Minerais pesados frequentes	M.O. frequente, bioclastos frequentes indeterminados
			0,125-0,090	Predomina o quartzo hialino muito anguloso	Minerais pesados frequentes	M.O. frequente, bioclastos frequentes indeterminados
			0,180-0,125	Predomina o quartzo hialino anguloso	Minerais pesados frequentes	M.O. abundante, bioclastos frequentes indeterminados
			0,250-0,180	Predomina o quartzo hialino anguloso	Minerais pesados frequentes (zircão e ilmenite)	M.O. abundante, bioclastos frequentes indeterminados, valvas de ostracodes desconectadas frequentes, sementes frequentes
0,355-0,250			Predomina o quartzo hialino anguloso	Minerais pesados raros (zircão)	M.O. abundante, bioclastos frequentes muito fragmentados indeterminados, valvas de ostracodes desconectadas raras	

Estação de amostragem	Amostra Profundidade (cm)	Fracção (mm)	Esfericidade e angulosidade dos grãos de quartzo	Outros minerais presentes na fracção	Elementos biogénicos
		0,500-0,355	Predomina o quartzo hialino sub-redondo	-	M.O. abundante, valvas de ostracodes frequentes (desconectadas e conectadas), sementes frequentes
		0,710-0,500	Predomina o quartzo hialino sub-redondo	-	M.O. abundante, bioclastos frequentes muito fragmentados indeterminados, valvas de ostracodes abundantes (desconectadas e conectadas), sementes frequentes
		1,00-0,710	Predomina o quartzo hialino redondo	-	M.O. abundante, bioclastos raros muito fragmentados indeterminados, valvas de ostracodes frequentes (conectadas)
		1,40-1,00	Predomina o quartzo hialino redondo com superfície corroída	-	M.O. abundante, bioclastos raros fragmentados indeterminados
		> 1,40	Quartzo hialino raro	-	M.O. abundante

ANEXO III

ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS POPULAÇÕES

III.1 Densidade faunística

A densidade faunística exprime a quantidade de foraminíferos encontrados numa amostra e pode ser calculada através de vários métodos, tais como, o número de foraminíferos por peso, por volume, ou por superfície (Boltovskoy e Wright, 1976 *in* Camacho, 2004).

Para um trabalho deste tipo sugere-se que a densidade faunística seja calculada por volume, ou seja, que seja contabilizado o número total de indivíduos por 10 cm³ de sedimento. A densidade faunística representa-se por N_i .

III.2 Abundância

A abundância relativa traduz a importância de cada espécie no conjunto total da amostra (Camacho, 2004).

O valor da abundância relativa é calculado para cada espécie em função do número total de indivíduos na amostra e é expresso em percentagem.

A expressão III.1 permite o cálculo deste parâmetro.

$$AR_{spi} (\%) = \frac{X_{spi}}{N_i} \times 100 \quad \text{(Expressão III.1)}$$

em que AR_{spi} é a abundância relativa da espécie i , X_{spi} é o número de indivíduos da espécie i na amostra e N_i é o número total de indivíduos no volume de amostra considerado.

III.3 Dominância

A dominância é a tendência que algumas espécies manifestam ao abrangerem uma grande parte do conjunto de indivíduos da amostra, e é geralmente avaliada com base na percentagem das espécies da amostra (Boltovskoy e Totah, 1985 *in* Camacho, 2004) ou seja, com base na sua abundância relativa.

De acordo com os seus valores de abundância relativa as espécies podem classificar-se em dominantes, se representarem mais de 20% do conjunto; abundantes,

quando se encontram entre 10 e 20% do total de indivíduos da amostra; relativamente abundantes se representarem entre 5 e 10% do conjunto; e pouco abundantes quando apenas figurarem em valores inferiores a 5% do total de indivíduos da amostra (Fatela, 1995). Considera-se 10% como o valor crítico para o reconhecimento da dominância (Boltovskoy e Totah, 1985 *in* Camacho, 2004).

III.4 Constância

A constância de uma espécie expressa a persistência da sua presença num determinado conjunto de amostras (Camacho, 2004).

A constância deve ser determinada apenas para as espécies mais representativas da área estudada, isto é, com uma abundância relativa superior a 10%, sendo calculada em percentagem utilizando a expressão III.2 (Sánchez-Ariza, 1983 *in* Martins, 1997).

$$C (\%) = \frac{A_{ps}}{N_a} \times 100 \quad \text{(Expressão III.2)}$$

em que C é a constância de determinada espécie, A_{ps} é o número de amostras contendo um determinada espécie e N_a é o número total de amostras estudadas.

Segundo Dajos (1974 *in* Martins, 1997) consideram-se três categorias para o valor da constância, isto é, considera-se uma espécie constante se ela se encontrar em mais de 50% das amostras, uma espécie presente em 25 a 50 % das amostras é considerada comum, e se apenas presente em menos de 25% das amostras diz-se que a espécie é rara ou accidental.

III.5 Razão Planctónicos/ Bentónicos

Em amostras que contenham foraminíferos bentónicos e planctónicos é possível estabelecer a razão entre os mesmos. A razão planctónicos/bentónicos é expressa em percentagem e é determinada a partir do número de foraminíferos planctónicos (P) e do número total de indivíduos por amostra (N_i), segundo a expressão III.3.

$$P/B (\%) = \frac{P}{N_i} \times 100 \quad \text{(Expressão III.3)}$$

O cálculo desta expressão dispensa a identificação taxonómica dos foraminíferos, bastando separá-los nas categorias planctónicos e bentónicos, pelo que pode ser facilmente determinada.

Grimsdale e Markhoven (1955 *in* Martins, 1997) constataram que a abundância de foraminíferos planctónicos aumenta em direcção à plataforma externa, pelo que a relação P/B (%) se torna útil na estimativa da batimetria.

No Algarve a razão P/B (%) aumenta, como noutras regiões, desde a margem até uma profundidade de 100 m, onde atinge o máximo de 60%, decrescendo e estabilizando perto dos 40% na margem exterior e limite superior do talude continental (Levy *et al.*, 1993).

III.6 Razão Aglutinados/ Calcários

A percentagem de foraminíferos aglutinados em função do número total de indivíduos da amostra é determinada pela razão A/C (%), segundo a expressão III.4.

$$A/C (\%) = \frac{A}{N_i} \times 100 \quad \text{(Expressão III.4)}$$

em que A é o número total de carapaças aglutinadas e N_i é o número total de indivíduos.

Segundo Douglas (1979 *in* Camacho, 2004) a razão A/C (%) é uma medida indirecta das condições de salinidade do meio, pelo que pode ser utilizada para detectar a influência de águas de menor salinidade.

III.7 Diversidade

A diversidade é uma medida da maturidade e da estabilidade de determinado ambiente, existindo portanto, uma nítida relação entre a diversidade de uma associação de foraminíferos e o tipo de ambiente em que ela vive (Boltovskoy e Totah, 1985; Murray, 1976 *in* Martins, 1997), e é também uma medida dos processos que operam num sistema ecológico, reflectindo a produtividade interna, a estabilidade e as condições de stress ambiental (Martins, 1997).

Por ser difícil descrever uma determinada comunidade de organismos com base na mera observação da sua lista de espécies, são geralmente aplicados índices matemáticos de diversidade, tendo em vista uma melhor compreensão da sua estrutura (Martins, 1997).

Os índices mais usados são o número de espécies, o índice de equitabilidade e o índice de Shannon-Wiener.

III.7.1 *Número de espécies ou riqueza específica*

Define-se por número de espécies ou riqueza específica (S) o número de espécies por número específico de indivíduos ou biomassa (Magurran, 1991), poderá ser determinado por exemplo por local de amostragem.

Este índice constitui a mais fácil e rápida medida de diversidade (Martins, 1997), contudo, a fiabilidade do valor de S é limitada pelo tamanho da amostra, pelo que a sua utilidade reduz-se a situações em que se estudam amostras com as mesmas dimensões, ou quando o valor de S é aplicado em conjunto com outros métodos (Williamson, 1985 *in* Martins, 1997).

III.7.2 *Índice de equitabilidade*

A equitabilidade define-se como a medida do grau de igualdade da abundância entre espécies, assim, quando as espécies são iguais ou virtualmente iguais em abundância considera-se que a equitabilidade é alta, o que está convencionalmente relacionado com alta diversidade (Magurran, 1991).

Segundo Pielou (1965 *in* Martins, 1997), a equitabilidade pode ser calculada através das expressões III.5 e III.6.

$$E = \frac{H}{\ln S} \quad \text{(Expressão III.5)}$$

$$E' = \frac{e^H}{S} \quad \text{(Expressão III.6)}$$

em que E e E' são as medidas da equitabilidade das espécies segundo a expressão III.5 e III.6, respectivamente, H corresponde ao valor do índice de diversidade de Shannon e S é o número total de espécies.

O valor da equitabilidade varia entre 0 e 1. Quando este valor é 1 significa todas as espécies são igualmente abundantes (Magurran, 1991), ou seja, quando o valor de E se aproxima de 1 a distribuição das espécies dentro da amostra é aproximadamente igual (Williamson, 1985 *in* Martins, 1997).

De uma forma geral, o valor da equitabilidade aumenta gradualmente da zona intermareal para a zona nerítica exterior, sendo por isso útil na interpretação de mudanças paleoambientais (Lin, 1992).

III.7.3 Índice de diversidade de Shannon

O índice de Shannon é fiável quando todos os indivíduos de uma colecção foram identificados e contados (Pielou, 1966 *in* Martins, 1997) ou quando a amostra é suficientemente grande para podermos assumir que a maioria das espécies da população foram contadas (Buzas, 1979 *in* Martins, 1997). Com amostras contendo 300 ou mais foraminíferos, a influência do tamanho da amostra é negligenciável, constituindo a informação obtida pela aplicação do índice de Shannon uma boa estimativa da diversidade das espécies (Martins, 1997).

A expressão III.7 permite o cálculo deste índice (Shannon e Weaver, 1948 *in* Martins, 1997).

$$H_S = -\sum_{i=1}^S p_i \times \ln p_i \quad \text{onde } p_i = \frac{n_i}{N_i} \quad \text{(Expressão III.7)}$$

em que H_S é a diversidade, n_i é o número de indivíduos da espécie i , N_i é o número total de indivíduos da amostra, p_i é a proporção das diferentes espécies i na amostra e S é o número total de espécies.

Este índice tem a vantagem de considerar simultaneamente o número e a abundância relativa das espécies (Martins, 1997), e permite comparar a diversidade entre amostras de tamanho diferente (Gibson e Buzas, 1973 *in* Fatela, 1995).

O valor de H_S é essencialmente determinado pelas abundâncias relativas das espécies comuns, sendo pouco afectado pelo contributo das espécies raras (Gibson e Buzas *in* Fatela, 1995).

O valor do índice de Shannon pode variar entre 0, quando as comunidades são constituídas por uma única espécie, e infinito, correspondendo o valor máximo a situações em que as espécies estão representadas pelo mesmo número de indivíduos, ou seja, quando as abundâncias estão distribuídas de um modo perfeitamente uniforme (Steineck e Bergstein, 1979; Buzas e Gibson, 1969; Legendre e Legendre, 1984 *in* Martins, 1997). Contudo, o valor deste índice, geralmente, encontra-se entre 1,5 e 3,5, raramente ultrapassando 4,5 (Magurran, 1991).

Geralmente, o valor de H_S aumenta da zona intermareal para a zona nerítica exterior, sendo, por isso, utilizado na determinação de paleoambientes por micropaleontologistas (Lin, 1992).

III.8 Análise das comunidades faunísticas

As associações de foraminíferos bentônicos são constituídas por organismos vivos, mortos, formas deslocadas e formas fósseis (Pujos, 1976 *in* Martins, 1997).

Os foraminíferos vivos no momento em que são amostrados constituem a biocenose (*senso stricto*), os quais se encontram em bom estado de conservação e são corados com uma solução de Rosa de Bengala. Os foraminíferos mortos que permaneceram no seu biótopo, que apresentam um estado de conservação variável (devido à ressuspensão sem transporte das carapaças) e que não são corados com solução de Rosa de Bengala, constituem a tanatocenose (Fatela, 1989, 1992 *in* Martins, 1997).

O Rosa de Bengala é um corante do protoplasma, tornando possível separar as carapaças vazias das que, presumivelmente, estariam vivas na altura em que foram recolhidas (Douglas, 1979 *in* Martins, 1997). O protoplasma é reconhecido dentro da carapaça pela sua cor rosa ou violeta, em pelo menos uma câmara (Corliss, 1991 *in* Martins, 1997).

A população viva representa a comunidade no sentido ecológico, sujeita a variações sazonais, mas a população total, vivos e mortos, fornece uma melhor representação da evolução ecológica da fauna ao longo do tempo, e na maioria das vezes assemelha-se à população viva (Buzas e Hayek, 1998).