



UNIVERSIDADE DO ALGARVE

FACULDADE DE CIÊNCIAS DO MAR E DO AMBIENTE

**EVOLUÇÃO PALEOAMBIENTAL HOLOCÉNICA DOS ESTUÁRIOS DOS RIOS
GUADIANA E ARADE COM BASE NAS ASSOCIAÇÕES FÓSSEIS DE
FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS**

**Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre
em Estudos Marinhos e Costeiros**

Sarita Camacho

Faro, 2004

AGRADECIMENTOS

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, aqui ficam os meus mais sinceros agradecimentos:

Ao meu orientador de Mestrado, o Prof. Dr. Tomasz Boski, não só pela sua orientação e criação de condições à realização deste trabalho mas também por ter sido o responsável pela minha iniciação no campo da Micropaleontologia e por ter sido o principal impulsionador na realização de tão interessante trabalho.

À Prof. Dra. Delminda Moura, não só por toda a sua amizade e confiança mas também pelo apoio e disponibilidade demonstrados ao longo da realização deste trabalho, por me permitir a consulta da sua bibliografia e pelos valiosos esclarecimentos e sugestões.

Ao Prof. Dr. David Scott da Universidade de Dalhousie, em Halifax, que amavelmente me recebeu na sua Instituição, criando e gerindo as melhores condições para a minha estadia durante a qual permitiu-me uma valiosa pesquisa bibliográfica na sua biblioteca particular, presenteou-me com valiosos livros e artigos científicos, apresentou-me a outros colegas investigadores na área e, sobretudo, demonstrou uma grande dedicação e preocupação em fornecer-me o máximo de conhecimentos em tão curto espaço de tempo. Agradeço-lhe ainda a sua posterior disponibilidade e prontidão no esclarecimento de dúvidas à distância.

Ao Engenheiro Ricardo Martins pela ajuda insubstituível no tratamento das imagens satélite.

À Engenheira Filipa Duarte em representação do Instituto Português do Sul pela amável cedência do Estudo de Impacte Ambiental sobre a Navegabilidade do Rio Arade o qual contribuiu para o enriquecimento da descrição da área de estudo.

RESUMO

Evolução paleoambiental holocénica dos Estuários dos rios Guadiana e Arade com base nas associações fósseis de foraminíferos bentónicos.

A análise das variações no conteúdo em espécies de foraminíferos bentónicos ao longo de um testemunho de sondagem recolhido no Estuário do Rio Guadiana e de três testemunhos no Estuário do Rio Arade permitiram identificar cinco paleoambientes com diferentes GIM (Graus de Influência Marinha) que ocorreram ao longo do Holocénico. O GIM 1 foi atribuído às amostras indefinidas pela ausência de foraminíferos, traduzindo um ambiente terrestre sem qualquer influência marinha ou um ambiente de deposição não ideal à preservação *post-mortem* das carapaças. O ambiente sujeito a um GIM 2 foi denominado de intermareal superior e é colonizado exclusivamente por formas aglutinadas (*Trochammina macrescens*, *Trochammina inflata*, *Trochammina* spp., *Ammobaculites* sp., *Eggerella* sp.) e forros internos, indicando forte confinamento, típico de médio a alto sapal. O ambiente sujeito a um GIM 3 foi denominado de intermareal médio e é colonizado predominantemente por formas aglutinadas e/ou forros internos e carapaças carbonatas em elevado estado de dissolução, caracterizando um ambiente confinado, típico de médio a baixo sapal. O ambiente sujeito a um GIM 4 foi denominado de intermareal inferior é dominado (mais de 65% dos indivíduos) pela associação das espécies estuarinas *Ammonia beccarii* e *Haynesina germanica* associada a *Elphidium* spp. e aos miliolídeos, caracterizando um ambiente moderadamente confinado, abrangendo o baixo sapal e toda a planície lodosa exposta em baixa mar de marés vivas. O ambiente sujeito ao GIM 5 foi denominado de intermareal aberto e é definido pela associação das espécies estuarinas *A. beccarii* e *H. germanica* a formas de maior influência marinha, nomeadamente, os géneros *Brizalina*, *Fissurina*, *Discorbis*, *Rosalina* e *Cibicides*, verificando-se ainda um aumento no índice de Diversidade e no número de carapaças indeterminadas e pequenas.

De acordo com as sequências paleoambientais, em todas as sondagens se reconheceu a existência de uma fase transitiva fluvio-marinha imediatamente antes de um episódio transgressivo. No estuário do Guadiana, entre um episódio pré-holocénico e o auge de transgressão marinha, foi possível identificar uma sequência paleoambiental de pré-invasão marinha, caracterizada por uma substituição de dominância de espécies de sapal por espécies de baixo sapal e de estuário. No estuário do Arade, os primeiros vestígios de influência marinha coincidem com o período de maior oceanidade, sugerindo a concomitância deste fenómeno com o início da formação do estuário. A inexistência de registo de uma fase de pré-invasão marinha na base dos testemunhos sedimentares deste sistema estuarino sugere que a invasão marinha ocorreu de forma mais abrupta e menos premonitória que no caso do estuário do Guadiana.

Em todas as sondagens reconhece-se um abrandamento na incursão marinha logo após o auge transgressivo. A ocorrência de um ambiente de sapal em todos os biohorizontes mais recentes das quatro sondagens sugere um recente equilíbrio entre as taxas de acreção e as taxas actuais de subida do Nível Médio do Mar.

Palavras-chave: paleoambientes, Holocénico, Guadiana, Arade, foraminíferos bentónicos, GIM, transgressão marinha, Nível Médio do Mar.

ABSTRACT

Holocene paleoenvironmental evolution of the Guadiana and Arade rivers estuaries based on benthonic foraminifera fossil assemblages.

The variations analysis of the benthonic foraminifera content along one borehole collected in Guadiana river estuary and three boreholes in Arade estuary enabled the identification of five paleo-environments which occurred during the Holocene, each one with a different Marine Influence Degree (MID). The MID 1 was ascribed to the samples without forams, which could portrait a terrestrial environment with no marine influence or a depositional environment not ideal to the tests *post-mortem* preservation. The environment exposed to a MID 2 was denominated as high intertidal and is exclusively colonized by agglutinated forms (*Trochammina macrescens*, *Trochammina inflata*, *Trochammina* spp., *Ammobaculites* sp., *Eggerella* sp.) and inner linings, indicating a strong confinement that can be found in high to middle marsh zones. The environment exposed to a MID 3 was denominated as middle intertidal and is predominantly colonized by agglutinated forms and/or inner linings and, carbonated tests in conditions of high dissolution, characterizing confinement, typical of middle to low marsh zones. The environment exposed to a MID 4 was denominated as low intertidal and is dominated (more than 65% of the individuals) by the estuarine species association of *Ammonia beccarii* and *Haynesina germanica* associated to *Elphidium* spp. and to the miliolids, characterizing a moderate confined environment, that includes the low marsh and all the mud flats zones. The environment exposed to a MID 5 was denominated as open intertidal and is defined by the estuarine species *A. beccarii* and *H. germanica* associated with forms of greater marine influence, namely, the genus *Brizalina*, *Fissurina*, *Discorbis*, *Rosalina* and *Cibicides*, occurring as well an increase in Diversity index and in the number of small and indeterminate tests.

According to the paleo-environmental sequences, in all four boreholes it was possible to identify a transitive fluvio-marine phase immediately before a transgressive episode. In the Guadiana estuary, between a pre-holocene episode and the transgression maximum, the identification of a pre-marine invasion paleo-environmental sequence was possible, accompanied by a dominance substitution of marsh species to low marsh and estuary species. In the Arade estuary, the first evidences of marine influence concur with the maximum oceanity period, suggesting the concomitancy of this phenomenon with the beginning of the estuary formation. The inexistence of a pre-marine invasion phase on the base of the Arade estuary system sedimentary sequences suggests a marine invasion more abrupt and premonitory than the one verified at the Guadiana estuary.

In all boreholes it was ascertained a slacking in marine invasion immediately after the transgressive maximum. The marsh environment occurrence in all boreholes superficial bio-horizons suggests a recent equilibrium between the accretion rates and the current rising rates of Mean Sea Level.

Key words: paleo-environments, Holocene, Guadiana, Arade, benthonic foraminifera, MID, marine transgression, Mean Sea Level.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract.....	iii
Índice	iv
I - Introdução.....	1
1 – Objectivos e teor do presente trabalho.....	1
2 – A importância do estudo dos foraminíferos.....	3
2.1 – Reconstrução paleoambiental.....	3
2.1.1 – Indicadores de mudança do nível médio do mar	4
3 – Biologia e Ecologia dos foraminíferos.....	6
3.1 – O que é o foraminífero?.....	6
3.1.1 – Características específicas do grupo.....	7
3.2 – Carapaça, base da classificação actual.....	7
3.2.1 – Composição e microestrutura da carapaça.....	8
3.2.2 – Novos caminhos para a classificação.....	9
4 – Distribuição espacial dos foraminíferos.....	10
4.1 – Factores ecológicos.....	11
4.1.1 - Variáveis químicas.....	11
4.1.2 – Variáveis físicas.....	13
4.2 – Zonação ecológica em ambientes de Parálisos – Plataforma continental interna.....	14
4.2.1 – Zonas de transição águas doces / águas marinhas	14
4.2.2 – Estuários.....	15
4.2.3 – Sapal.....	16
4.2.4 – Lagoas costeiras.....	17
4.2.5 – Plataforma continental interna.....	17
5 – Enquadramento da área em estudo	18
5.1 – Estuário do Rio Guadiana.....	18
5.1.1 – Características climáticas.....	19
5.1.2 – Características hidrológicas.....	19
5.1.3 – Características oceanográficas.....	20
5.1.4 - Localização das sondagens.....	21
5.2 – Estuário do Rio Arade.....	22
5.2.1 – Características climáticas.....	22
5.2.2 – Características hidrológicas.....	23
5.2.3 - Características oceanográficas.....	23
5.2.4 - Localização das sondagens.....	23
II – Metodologia.....	25
1 – Material e métodos de campo.....	25
1.1 - Preparação dos trabalhos de campo.....	25
1.2 - Trabalho de campo.....	25
2 - Métodos e técnicas micropaleontológicas de laboratório.....	26
2.1 – Amostragem bio-sedimentológica.....	26
2.2 – Lavagem, crivagem e preparação das amostras.....	26
2.2.1 – Processo de flutuação.....	27
2.2.2 – Processo de divisão.....	28

2. 3 – Triagem, contagem e classificação dos organismos.....	29
2. 3. 1 – Método de contagem.....	29
2. 4 – Identificação dos organismos.....	30
2. 4. 1 – Biocenose versus tanatocenose.....	31
2. 4. 2 – O estado de conservação das carapaças.....	31
3 – Análise dos dados das populações.....	33
3. 1 – Densidade faunística (Ni).....	33
3. 2 – Abundância.....	33
3. 3 – Dominância.....	33
3. 4 – Constância.....	34
3. 5 – Razão A/C (%).....	34
3. 6 – Diversidade.....	35
3. 6. 1 – Número de espécies (S).....	35
3. 6. 2 – Índice de Diversidade de Shannon.....	35
4 – Geocronologia.....	36
5 – Grau de Influência Marinha (GIM).....	36
III – Resultados.....	39
1 - Resultados para o estuário do Rio Guadiana.....	39
1. 1 - Resultados do furo CM5.....	39
1. 1. 1 - Densidade faunística (Ni) e número de espécies (S).....	39
1. 1. 2 - Abundância e dominância das espécies.....	41
1. 1. 3 - Constância das espécies.....	45
1. 1. 4 - Razão A/C (%).....	45
1. 1. 5 – Diversidade.....	47
2 - Resultados para o estuário do Rio Arade.....	47
2. 1 - Resultados do furo P2.....	47
2. 1. 1 - Densidade faunística (Ni) e número de espécies (S).....	47
2. 1. 2 - Abundância e dominância das espécies.....	49
2. 1. 3 - Constância das espécies.....	51
2. 1. 4 - Razão A/C (%).....	52
2. 1. 5 – Diversidade.....	54
2. 2 - Resultados do furo P5.....	54
2. 2. 1 - Densidade faunística (Ni) e número de espécies (S).....	54
2. 2. 2 - Abundância e dominância das espécies.....	57
2. 2. 3 - Constância das espécies.....	59
2. 2. 4 - Razão A/C (%).....	59
2. 2. 5 – Diversidade.....	60
2. 3 - Resultados do furo P6.....	61
2. 3. 1 - Densidade faunística (Ni) e número de espécies (S).....	61
2. 3. 2 - Abundância e dominância das espécies.....	63
2. 3. 3 - Constância das espécies.....	65
2. 3. 4 - Razão A/C (%).....	65
2. 3. 5 - Diversidade.....	66
3 - Síntese e discussão dos resultados através da aplicação do GIM.....	67
3. 1 – Sondagem CM5.....	67
3. 2 – Sondagem P2.....	70
3. 3 – Sondagem P5.....	73
3. 4 – Sondagem P6.....	77

IV – Discussão.....	80
1 – Descrição e ecologia básica das associações faunísticas.....	80
2 – Variações do nível médio do mar durante o Holocénico.....	89
2. 1 – Em Portugal.....	89
2. 2 – Estuário do Rio Guadiana.....	90
2. 3 – Estuário do Rio Arade.....	94
V – Conclusões.....	97
VI – Considerações finais.....	99
VII – Referências bibliográficas.....	100

Anexos

- 1 – Tabelas com as frequências absolutas e relativas dos vários taxa para todas as amostras
- 2 – Tabelas com os valores de S, N e H' para todas as amostras
- 3 – Tabelas com os valores de constância (%) para os taxa comuns a dominantes
- 4 – Tabelas com a variação do valor A/C (%) para todas as amostras
- 5 – Coordenadas geográficas de todas as sondagens
- 6 – Tabela de datações ¹⁴C
- 7 – Estampas
- 8 – Índice de espécies
- 9 – Índice de figuras.

I - INTRODUÇÃO

1 – OBJECTIVOS E TEOR DO PRESENTE TRABALHO

O presente estudo foi elaborado na sequência da colaboração científica entre o Centro de Investigação Marinha e Ambiental (CIMA) da Universidade do Algarve e o Instituto Geológico e Mineiro (IGM), no âmbito dos projectos de investigação FORMOZE – PRAXIS XXI/2/22.1/MAR 1745/95 e REFLECS – CTE 11123/98, da Fundação para a Ciência e Tecnologia.

As amostras, alvo de investigação do presente trabalho, foram recolhidas de quatro furos de sondagem de carotagem contínua, efectuados pelo IGM nos actuais estuários dos rios Guadiana e Arade.

Na sequência de quatro sondagens anteriormente efectuadas no estuário do Guadiana em 1997, nomeadamente CM1, CM2, CM3 e CM4, realizou-se em Novembro de 1999 uma quinta sondagem denominada de CM5 que se localizou no actual sapal da Beira – Ribeira de Beliche (Fig. 1. 1). Dos cerca de 53 metros de testemunho recuperado, recolheram-se 82 amostras para análise de microfauna fóssil.

Um ano depois, realizaram-se no estuário do rio Arade mais três sondagens, denominadas de P2, P5 e P6, localizadas no sapal da Tapada do Corte, no sapal do Vau e no sapal da Tapadinha, respectivamente (Fig. 1. 2). Da sondagem P2, com cerca de 22 metros de profundidade, recolheram-se 53 amostras, da P5, com cerca de 20 metros de profundidade, recolheram-se 45 amostras e da P6, com cerca de 19,5 metros, recolheram-se 52 amostras.

Ao total de 232 amostras efectuou-se a análise da microfauna fóssil com o intuito de identificar as paleoassociações de foraminíferos bentónicos e relacioná-las com as condições ambientais existentes ao longo do Holocénico nestes dois sistemas estuarinos. Para este fim pretendeu-se:

- Determinar a Densidade faunística (Ni) e abundância das espécies, expressa em frequências absolutas e relativas;
- Determinar a Dominância e a Constância das espécies;
- Calcular a razão foraminíferos Aglutinados / Calcários, índice que permite avaliar alguns parâmetros tais como a batimetria, a salinidade e o pH;
- Analisar a variação da Diversidade das espécies, através da riqueza específica e do índice de Shannon;

- Identificar as paleoassociações e estudar as alterações da sua estrutura no tempo e no espaço;

- Elaborar colecções de referência com os organismos recolhidos.

Os dados obtidos através da aplicação dos parâmetros acima indicados foram ainda comparados com os resultados obtidos em trabalhos anteriores realizados nas áreas de estudo.

Com base nas paleoassociações reconhecidas no presente estudo, elaborou-se um diagrama com a variação do Grau de Influência Marinha (GIM) que, em conjunto com as datações efectuadas, permitiram inferir acerca das variações do nível médio do mar na costa algarvia durante o Holocénico.

O presente trabalho é constituído por seis capítulos. O primeiro capítulo, a Introdução, em que procurou-se descrever os foraminíferos enquanto grupo, abordando-se alguns dos aspectos mais relevantes para o tema em estudo. Desta forma evidenciou-se a importância dos foraminíferos em trabalhos de reconstrução paleoambiental, realçando o seu valor como indicadores de mudança no nível médio do mar. Abordam-se ainda duas das mais específicas características do grupo, atribuindo especial relevância à carapaça, e analisam-se os factores de maior influência na distribuição ecológica dos foraminíferos nos principais ambientes de transição que podem constituir um estuário.

No último subcapítulo da Introdução enquadraram-se as áreas em estudo, através da sua localização e da descrição das características climáticas, hidrológicas e oceanográficas.

No capítulo II, a Metodologia, estão descritas todas as técnicas e procedimentos utilizados nos trabalhos de campo bem como de laboratório. São ainda descritos todos os tratamentos estatísticos aplicados aos dados e as razões que levaram à sua escolha.

No capítulo III, são apresentados os resultados, de forma gráfica e descritiva, para as sondagens CM5, P2, P5 e P6.

O capítulo IV reservou-se para a discussão do trabalho. Através das paleo-associações faunísticas reconhecidas e no seu significado ecológico discutiu-se a possível variação do Nível do Mar, nos locais de amostragem, ao longo do Holocénico.

No capítulo V resumem-se os pontos mais importantes que a confrontação entre os resultados obtidos no presente estudo com outros anteriormente realizados permitiu reunir.

Sentiu-se ainda necessidade de criar um capítulo VI onde ficam registadas algumas sugestões para futuros trabalhos realizados nesta área.

No capítulo VII encontram-se todas as referências bibliográficas utilizadas na elaboração deste trabalho.

Nos anexos podem consultar-se: as tabelas com as frequências absolutas e relativas de todas as espécies encontradas em todas as amostras das sondagens em estudo; as tabelas com os resultados da variação da razão A/C (%) de todas as amostras; as tabelas com os valores calculados de (S) riqueza específica, de (N) número total de indivíduos contados, de (H') Diversidade de Shannon; as coordenadas geográficas de cada sondagem; os resultados das datações; e fotografias de microscópio electrónico de varrimento de alguns dos espécimes recolhidos.

2 – A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DOS FORAMINÍFEROS

2.1 – Reconstrução paleoambiental

O conhecimento dos factores que influenciam a abundância e a distribuição dos organismos contemporâneos permite inferir acerca dos mecanismos ambientais que controlavam as populações faunísticas e florísticas do passado (Lowe & Walker, 1997). Com base neste princípio, os foraminíferos têm sido frequentemente utilizados como bioindicadores em caracterizações ambientais e reconstruções paleoambientais (Duleba *et al.*, 1999). As formas bentónicas de sapal em particular são muito úteis em estudos da subida do nível do mar durante o Holocénico (Goldstein & Watkins, 1999). A utilização destes organismos oferece grandes vantagens devido à sua ocorrência em número elevado, permitindo que mesmo em pequenas amostras se obtenha populações estatisticamente significativas e porque, ao deixarem um registo fóssil nas sequências sedimentares, tornam possível a reconstrução da história ambiental de um determinado local na ausência dos dados físico-químicos originais (Schafer, 2000). Representam excelentes ferramentas neste tipo de análise por serem facilmente identificáveis e amostráveis e por possuírem características biológicas e ecológicas bem conhecidas (Debenay & Beck-Eichler, 1995). Ao apresentarem uma elevada sensibilidade a variações na frequência das marés, na salinidade, no tipo de substrato, na disponibilidade de alimento, na temperatura e, actualmente, à poluição tornam-se excelentes bioindicadores, permitindo caracterizar o estado de um ecossistema e evidenciar modificações naturais ou provocadas (Bladin, 1986 *in* Debenay & Beck-Eichler, 1995) através de estudos rápidos e economicamente atractivos (Hayward, *et al.*, 1999; Scott, *et al.*, 2001).

É importante salientar que é necessária a existência de uma base de dados bem documentada acerca dos ambientes modernos actualmente sob investigação, de forma a permitir

reconstruções e determinações precisas dos paleoambientes (Scott *et al.*, 2001). Os fósseis podem ser utilizados na reconstrução das condições ambientais mas, se os dados reais modernos não estiverem disponíveis, as condições do passado dificilmente serão conclusivas ou reconstruídas com confiança (Scott *et al.*, 2001). Infelizmente, ainda existem muitas áreas de importância crucial cujos dados contemporâneos não estão disponíveis ou sequer investigados.

2. 1. 1 – Indicadores de mudança do nível médio do mar

Há mais de meio século que a variação global do Nível Médio do Mar (NMM) tem vindo a ser objecto de estudos. A relevância de tais estudos tem vindo a ser confirmada ao longo das últimas décadas, principalmente por se verificar uma sensibilidade potencial às pequenas oscilações climáticas e porque o aumento da erosão litoral detectável, de uma forma geral, por todas as zonas costeiras do globo é, em grande parte, atribuível à elevação recente desse NMM (Dias & Taborda, 1988).

Um recente e importante avanço nas investigações da variação do nível do mar em escalas de tempo centenárias, foi a construção de curvas do nível do mar ou diagramas de elevação (Gehrels & Plassche, 1999). Estes diagramas baseiam-se no conceito de biozonação dos sapais proposto por Scott & Medioli (1978, 1980), cujo conhecimento e aplicação permitem inferir sobre as mudanças de elevação sofridas no passado, com base no significado ecológico de cada biozona.

A microfauna, em particular os foraminíferos bentónicos, apresenta uma distribuição distinta numa grande parte dos sapais de todo o mundo (Scott & Medioli, 1980, Scott *et al.*, 2001; De Rijk, 1995), uma vez que a sua tolerância à exposição durante os ciclos de maré desempenha um papel importante na competição por espaço (Scott & Medioli, 1980). Os vários níveis de exposição tolerados pelos foraminíferos, ou em alternativa, a frequência de imersão, produzem uma marcada zonação vertical de associações de foraminíferos distintas e uma correlação entre essas associações e a elevação relativamente ao plano de água (Scott & Medioli, 1980; Gehrels, 2000). Essa zonação vertical das populações de foraminíferos constitui uma importante ferramenta na reconstrução dos episódios de mudança do nível do mar se for possível relacionar as associações faunísticas viventes na superfície do sapal com amplitudes específicas de elevação e se paleo-associações análogas forem recolhidas dos sedimentos (Gehrels, 2000).

Contudo, outros parâmetros, que não a frequência das marés, tais como a salinidade, o tipo de substrato e a disponibilidade de alimento, podem, em alguns sapais, obscurecer a zonação

vertical dos foraminíferos. Num estudo realizado nos vastos sapais de Massachusetts, De Rijk (1995) e De Rijk & Troelstra (1997) constataram que a distribuição dos foraminíferos não se relacionava com a altitude mas sim com variações da salinidade, sendo então o resultado das mudanças no balanço entre a infiltração, a precipitação e a enchente. Sob estas condições, estes autores sugerem que a distribuição dos foraminíferos é controlada não apenas pela altitude mas sobretudo por mudanças espaciais e temporais num certo número de variáveis ambientais (especialmente a salinidade), concluindo que não existe um modelo único que relacione foraminíferos de sapal e altitude que seja aplicável em todo o mundo.

Também Goldstein & Watkins (1998), num estudo efectuado na Ilha de Sta. Catarina em Georgia, descobriram diferenças significativas nos padrões de distribuição dos foraminíferos de sapal, distinguindo-os daqueles encontrados noutras regiões, particularmente New England e Canadá Marítimo. Desta forma concluíram que o modelo de elevação proposto por Scott & Medioli (1986) não é directamente aplicável ao lugar em estudo.

No entanto, de uma forma generalizada, é aceite pela grande maioria da comunidade científica que actua nesta área, que a distribuição dos foraminíferos na zona intertidal é, normalmente, uma função directa da elevação, com a duração e a frequência da exposição intertidal como factores mais importantes (Scott & Medioli, 1978; Scott & Leckie, 1990; Thomas & Varekamp, 1991; Varekamp *et al.*, 1992; Nydick *et al.*, 1995; Jennings *et al.*, 1995; Horton *et al.*, 1999; Horton & Edwards, 2000).

As primeiras aplicações utilizando os foraminíferos de sapal na reconstrução dos episódios de mudança do nível médio do mar tiveram como base as associações mono-específicas da espécie *Trochammina macrescens*, recolhidas muito próximo do limite continental (sapal superior) dos sapais de Nova Scotia (Scott & Medioli, 1978, 1980). A abundância relativa desta espécie reflecte a distância vertical do ambiente de deposição ao mais alto nível de água, ou seja, de 100% próximo desta zona para quase ausente no baixo sapal (Scott & Medioli, 1980). Scott & Medioli (1978, 1980), sugerem que as posições das mais altas marés astronómicas precedentes podem potencialmente ser estimadas com uma precisão de +/- 5 cm se forem encontradas associações monoespecíficas da espécie *Trochammina macrescens*. A abundância relativa desta espécie, por conseguinte, relaciona-se inversamente com a frequência de enchente e a abundância relativa de “outras espécies”, que não a *T. macrescens* e tem sido utilizada como parâmetro determinante da frequência de enchente (Thomas & Varekamp, 1991; Varekamp *et al.*, 1992).

O esquema de zonação encontrado nos sapais de Nova Scotia que inclui quatro biozonas (Scott & Medioli, 1980) tem sido largamente utilizado na reconstrução detalhada das mudanças

do nível do mar nos sapais de Connecticut, durante os últimos dois milénios (Thomas & Varekamp, 1991; Nydick *et al.*, 1995). Estando de acordo com este esquema, Gehrels & Plassche (1999) propõem, tal como De Rijk (1995), a distinção entre as espécies *Jadammina macrescens* e *Balticamina pseudomacrescens*, agrupadas por Scott & Medioli (1980) numa única espécie, ou seja, *Trochammina macrescens*. Segundo Gehrels & Plassche (1999), a distribuição destas duas espécies nos sapais de Maine é marcadamente diferente, com *J. macrescens* ocorrendo em abundâncias elevadas junto do limite superior dos sapais, enquanto que os valores para a espécie *B. pseudomacrescens* expressam maior variação espacial. Ainda segundo estes autores, a contagem separada destas duas espécies permite um aumento na quantidade de informação que pode ser retirada da zonação vertical dos foraminíferos quando o propósito é reconstruir os episódios de mudança do nível do mar.

3 – BIOLOGIA E ECOLOGIA DOS FORAMINÍFEROS

3.1 – O que é o foraminífero?

Os foraminíferos são protozoários que possuem uma carapaça, na grande maioria dos casos, distintamente enrolada, à semelhança do que acontece com alguns gastrópodes e cefalópodes (Lowe & Walker, 1997) a qual, após a morte do organismo, permanece no sedimento sob a forma fóssil (Scott *et al.*, 2001). Os foraminíferos foram descritos e ilustrados pela primeira vez no século XVI, sendo apenas estudados sistematicamente em meados do século XIX, logo após a notável viagem do *HMS Challenger* que teve início em 1872. Durante a expedição, a descoberta de foraminíferos vivos em águas marinhas profundas e de vestígios fósseis nos sedimentos dragados do fundo do mar, revolucionou a micropaleontologia marinha (Lowe & Walker, 1997).

Desde o Câmbrio, estes protozoários marinhos diferenciaram-se em numerosas espécies (Seyve, 1990), adaptando-se a todos os ambientes marinhos, desde os níveis mais superficiais até às maiores profundidades oceânicas, ocorrendo em abundâncias relativamente elevadas (normalmente mais de 1000 indivíduos por 10 cc de sedimento) (Scott *et al.*, 2001). Existe um total de 60.000 espécies, repartidas desde o Câmbrio à actualidade (Lin, 1992). Actualmente estima-se que existam cerca de 10.000 espécies de foraminíferos (Vickerman, 1992) das quais 40 a 50 são planctónicas sendo as restantes espécies bentónicas (Sen Gupta, 1999a).

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). As espécies planctónicas vivem flutuando livremente na coluna de água.

Os foraminíferos, sendo organismos unicelulares eucariontes, pertencem ao Reino *Protoctista* que inclui todos os organismos com as características anteriores bem como alguns multicelulares com características menos definidas, nomeadamente os organismos representativos das linhagens dos mais antigos descendentes dos eucariótas, não incluídos nos Reinos *Animalia*, *Plantae* e *Fungi* (Margulis, 1990 in Sen Gupta, 1999b). Contudo, a grande maioria dos sistematas ainda utiliza o termo *Protista* para designar, com um sentido mais tradicional, o Reino *Protoctista* (Sen Gupta, 1999b).

Os foraminíferos alimentam-se, excretam, movem-se, crescem, reproduzem-se e respondem a uma grande variedade de estímulos ambientais. Os metazoários desenvolveram órgãos e outras características especializadas através da multicelularidade enquanto que os foraminíferos, bem como os outros protozoários, especializaram-se através da diversificação de componentes sub-celulares ou organelos de forma a desempenhar as suas funções vitais (Goldstein, 1999).

3. 1. 1 - Características específicas do grupo

Duas características morfológicas distinguem os foraminíferos dos outros protistas. Todos os foraminíferos possuem granuloreticulópodes (Goldstein, 1999) que são finos pseudópodes anastomosados em retículo e que apresentam uma textura granular quando observados ao microscópio óptico (Goldstein, 1999). Estes pseudópodes são utilizados na alimentação (captura de presas), na fixação dos organismos ao substrato, na eliminação dos resíduos fisiológicos, nas deslocações e na construção da carapaça (Seyve, 1990).

Possuem ainda uma carapaça ou concha que envolve todo o organismo e o separa do meio circundante (Goldstein, 1999). Esta carapaça pode ser orgânica, aglutinada (em que certos materiais exógenos são adsorvido pelo protozoário a uma parede orgânica ou inorgânica) ou segregada (mineralizada por calcite ou aragonite) (Gooday, 1994 in Bertram & Cowen, 1998).

3. 2 – Carapaça, base da classificação actual

A característica fundamental dos foraminíferos é possuir uma carapaça, intraectoplasmática, mineralizada ou não, formada por uma sucessão de câmaras que comunicam entre si por *forames*, orifícios que permitem o contacto entre duas câmaras contíguas (Bignot, 1982). A

carapaça é o elemento mais estudado nos foraminíferos por servir de base à classificação actual que se apoia, quase exclusivamente, nas suas características (Debenay *et al.*, 1996). A distinção dos maiores grupos de foraminíferos, tanto fósseis como modernos assenta na composição e na microestrutura das carapaças (Loeblich & Tappan, 1988 *in* Pawlowski *et al.*, 1997).

3. 2. 1 – Composição e microestrutura 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 vivos, designadamente, o orgânico, o aglutinado, o calcítico e o silicioso.

Carapaças orgânicas – São formadas por uma membrana orgânica composta por tectina (um mucopolissacárido proteico, ou seja, um carboidrato complexo mais proteína), na forma de uma película (Hedley, 1964 *in* Haynes, 1981). Os foraminíferos com uma carapaça orgânica foram agrupados na Sub-ordem Allogromiina, onde se integram as formas simples, geralmente uniloculares, tubulares ou esféricas (Yassini & 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).

Carapaças aglutinadas – São constituídas por material exógeno particulado, grosseira ou finamente inserido num cimento microgranular (Martins, 1997). O cimento pode ser composto por uma variedade de materiais, incluindo o protoplasma extralocular, calcite, sílica e material ferruginoso (Boersma, 1978 *in* Commeau *et al.*, 1985). 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 cocólitos, fragmentos de conchas de moluscos e espículas de esponjas (Bignot, 1982). Algumas espécies exibem variação fenotípica de acordo com a disponibilidade do material para construir a sua carapaça. A selectividade no tamanho, na forma e na orientação do grão é comumente observada. 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). Muitos géneros não são selectivos e utilizam, indiscriminadamente, todo o material disponível no fundo marinho (Haynes, 1981).

Carapaças calcíticas – A maioria das carapaças carbonatadas recentes são constituídas por calcite. Apenas as formas pertencentes à Sub-ordem *Robertinina* possuem carapaças aragoníticas. O significado da diferente natureza dos carbonatos (calcite ou aragonite) ainda não é conhecido. Geralmente, as carapaças carbonatadas contêm cerca de 90% de CaCO₃, sendo os restantes 10% a soma de uma percentagem variável de MgCO₃ com uma variedade de elementos contaminantes em proporções muito baixas, dos quais o ferro e o silício são os mais frequentes (Vinogradov, 1953 in Debenay *et al.*, 1996).

Desde 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 (Haynes, 1981). 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 imperfuradas e construídas, essencialmente, por calcite magnésiana (Hansen, 1999).

As carapaças hialinas ou vítreas são também designadas como perfuradas por as suas paredes serem atravessadas por uma grande quantidade de poros que permitem as trocas gasosas entre o organismo e o meio. Estas carapaças podem ser constituídas por várias lamelas sobrepostas e por isso são também designadas por “carapaças lamelares” (Debenay *et al.*, 1996). Os poros são finas perfurações de diâmetro variável, geralmente entre 1 a 6 µm, atingindo raramente dimensões superiores (Le Calvez, 1953 in Debenay *et al.*, 1996).

Carapaças siliciosas – Actualmente são muito raras e a sua posição sistemática é mal conhecida bem como a sua filogenia. Com efeito, é difícil determinar se a sílica das carapaças fósseis é biogénica ou se resulta de um processo diagenético de substituição (Debenay *et al.*, 1996). Entre as raras espécies actuais de carapaça siliciosa, que pertencem todas ao mesmo género, é possível citar *Miliamellus legis*, uma espécie abissal que vive em fundos de profundidade superior a 4000 metros (Debenay *et al.*, 1996).

3. 2. 2 – *Novos caminhos para a classificação*

Como já foi mencionado anteriormente, as espécies de foraminíferos são descritas com base nas características morfológicas das carapaças. Contudo, de acordo com a opinião de numerosos investigadores (Holzmann & Pawlowski, 1997; Cavalier-Smith, 1993 in Sen Gupta, 1999b) o valor taxonómico de tais características é questionável, já que os factores ambientais provocam uma grande variedade morfológica nas carapaças tornando por vezes difícil a

distinção entre eco-fenótipos e espécies (Holzmann & Pawlowski, 1997). A variedade morfológica pode ainda resultar da alternância de gerações (Lee *et al.*, 1991 *in* Pawlowski *et al.*, 1994) e do desenvolvimento ontogénico (Brummer *et al.*, 1986 *in* Pawlowski *et al.*, 1994). As dificuldades na identificação são particularmente inconvenientes no caso de espécies com uma importância biogeográfica considerável, como por exemplo a espécie *Ammonia beccarii*. A vasta variabilidade morfológica desta espécie torna o seu estatuto taxonómico incerto e controverso. (Pawlowski *et al.*, 1995; Holzmann & Pawlowski, 1997; Holzmann *et al.*, 1998; Debenay *et al.*, 1998a ; Langer & Leppig, 2000). A recente aplicação de métodos e de técnicas moleculares vem abrir novas perspectivas para a taxonomia dos foraminíferos. A aplicação destes procedimentos esteve consideravelmente atrasada devido à dificuldade em manter os foraminíferos em culturas axénicas (Anderson *et al.*, 1991 *in* Pawlowski *et al.*, 1995). Apenas recentemente foi possível isolar ADN foraminiferal puro (Pawlowski *et al.*, 1994). Pawlowski *et al.*, (1994) demonstraram que a análise das sequências de ARN ribossomal pode ser utilizada na identificação das espécies de foraminíferos, fornecendo um critério taxonómico novo, independente das características morfológicas da carapaça. Segundo estes autores, a análise molecular permite ainda a avaliação do significado ecológico das diferentes características morfológicas e a determinação da variabilidade morfológica intraespecífica. A análise molecular oferece ainda uma nova perspectiva para o estudo das relações filogenéticas entre os maiores grupos taxonómicos de foraminíferos. No futuro, espera-se que todas as definições específicas relativas aos foraminíferos recentes incluam não só a descrição tradicional da sua morfologia e distribuição mas também a respectiva informação genética (Pawlowski *et al.*, 1994), abrindo assim novas portas à pesquisa da sistemática deste grupo de organismos.

4 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS FORAMINÍFEROS

Na generalidade dos casos, a distribuição dos foraminíferos nos depósitos marinhos está mais dependente das condições do meio do que da simples latitude geográfica. Os factores que maior influência tem sobre a dispersão das espécies podem ser muito variados (Colom, 1974).

Contudo, a análise do padrão das distribuições biogeográficas dos foraminíferos bentónicos nas plataformas continentais indica que a temperatura desempenha um papel preponderante (Culver & Buzas, 1999).

4. 1 – Factores ecológicos

Cada espécie possui uma gama particular de tolerância para cada parâmetro ecológico, dentro do qual pode sobreviver e reproduzir-se (Wightman, 1990a). É difícil medir a importância relativa de cada factor ecológico, na sua repartição, mas algumas noções podem ser enunciadas.

A diversidade é uma medida de maturidade e de estabilidade de determinado ambiente, existindo, portanto, uma nítida relação entre a diversidade de uma associação de foraminíferos e o tipo de ambiente em que vive (Murray, 1976, *in* Fatela & Silva, 1990). Segundo Reinhardt *et al.* (1994), uma diversidade alta está associada a uma abundância de espécies baixa, devido à competição interespecífica, e ambientes pobres estão associados a baixas diversidades e altas abundâncias de espécies, devido a uma menor competição interespecífica. Desta forma, a diversidade das espécies vai aumentando gradualmente à medida que o ambiente evolui de sapais e lagoas parcialmente salobros a lagoas e ambientes predominantemente marinhos, diminuindo porém, nas lagoas hipersalinas (Murray, 1973). De uma forma mais ampla, quando se comparam ambientes semelhantes, a diversidade das espécies decresce substancialmente desde as zonas tropicais e subtropicais, zonas temperadas, até às zonas polares (Buzas & Culver, 1991).

Um outro índice ecológico igualmente utilizado no estudo da distribuição dos foraminíferos é a razão Planctónicos/Bentónicos. É uma proporção fácil de determinar, uma vez que dispensa a identificação taxonómica, bastando apenas separar as espécies em cada uma das duas categorias (Douglas, 1979). A abundância de foraminíferos planctónicos geralmente aumenta desde os ambientes de transição até à plataforma externa (Debenay & Redois, 1997), tornando a relação P/B útil na estimativa da batimetria (Grimsdale & Markhoven, 1955 *in* Douglas, 1979). O valor deste índice não constitui, contudo, uma medida exacta na determinação da profundidade e, apesar das tentativas de aumentar a sua precisão em estudos de sedimentos modernos, tal não tem sido possível devido à variação da taxa de sedimentação e da dissolução dos carbonatos nos sedimentos da margem continental (Douglas, 1979). Abaixo da lisoclina da calcite, a razão P/B perde o seu valor como indicador da profundidade da água (Douglas, 1979).

4. 1. 1 – *Variáveis químicas*

Segundo Douglas (1979), a disponibilidade de CaCO_3 controla a distribuição dos tipos de carapaças. A disponibilidade deste composto aumenta com o aumento da temperatura e da

salinidade da água (Buzas, 1989). Os foraminíferos aglutinados, com menor necessidade de CaCO_3 para construir a parede da sua carapaça, são mais abundantes em condições hipossalinas (típicas de ambientes marginais marinhos) e, abaixo da lisoclina da calcite, os milíolideos (porcelanosos) estão largamente confinados às condições hipersalinas (tropicais e águas pouco profundas). Os foraminíferos hialinos, por sua vez, encontram-se em todos os meios marinhos (Douglas, 1979). Greiner (1974) *in* Buzas (1989) havia já previsto um gradiente para a disponibilidade de CaCO_3 em que ambientes com baixa disponibilidade seriam dominados por carapaças arenáceas, disponibilidade intermédia por carapaças hialinas e uma disponibilidade elevada por carapaças porcelanosas. Desta forma, pode dizer-se que a razão A/C (foraminíferos aglutinados/calcários) é uma medida indirecta da salinidade (Douglas, 1979), bem como da disponibilidade de CaCO_3 .

O pH da água do mar ou do sedimento é um outro factor ambiental que influencia a distribuição dos foraminíferos. Um baixo valor de pH causa stress, sobretudo às espécies de carapaça calcária. 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 sub-superfície dos depósitos de ambientes parálícos e, após a 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 suas carapaças provocada pelo baixo pH (Scott *et al.*, 2001). Desta forma, o facto de certa espécie calcária não estar presente no registo fóssil de certa amostra não significa que não tenha existido no passado nesse mesmo ambiente.

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. Os foraminíferos habitam ambientes com valores de salinidade a variar entre os 0,5‰ a 57‰ (Lin, 1992). Duma forma 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).

A disponibilidade de oxigénio não é um factor limitante na distribuição dos foraminíferos vivos (Murray, 1973). No entanto, segundo Boltovskoy e Wright (1976), 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.

4. 1. 2 – Variáveis físicas

A profundidade, a temperatura e a salinidade, são considerados os três factores principais que controlam a abundância dos foraminíferos em número de espécies, quantidade de indivíduos e composição das associações. 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).

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 e com cimentos não calcários.

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, que necessitam de luz para efectuar a fotossíntese. Há, neste caso, uma relação directa entre a abundância de algas e a abundância de foraminíferos (Lin, 1992).

As correntes oceânicas controlam a distribuição dos foraminíferos e, especialmente para os planctónicos, é um dos factores mais importantes (Lin, 1992). As populações de água temperada e fria são distintas. Uma massa de água fria ao ocorrer em áreas marinhas de água quente a temperada, permite às populações de foraminíferos de água fria viver nessas mesmas áreas (Lin, 1992). Desta forma, algumas espécies típicas de água fria como por exemplo *Globigerina bulloides*, são comumente utilizadas como bioindicadores de correntes de água fria em estudos de ciclos climáticos (Li *et al.*, 2000).

Ao afectar a estabilidade do substrato as correntes condicionam a distribuição dos foraminíferos bentónicos. O hidrodinamismo do meio determina a instalação das epibioses microbentónicas, quer nos ambientes de transição quer no litoral (Fatela & Silva, 1990).

As correntes oceânicas promovem ainda o transporte de carapaças vazias para longe do local original onde a espécie vive e, por isso, quando utilizadas na interpretação paleoambiental e na determinação geo-cronológica especial atenção deve ser prestada a fim de evitar conclusões erróneas.

4. 2 – Zonação ecológica em ambientes parálicos – plataforma continental interna

Ambientes parálicos são todos aqueles que sofrem a influência da transição entre as águas marinhas e continentais (Debenay, 1995; 2000; Debenay *et al.*, 2000). Estão isolados do mar pela presença de uma barreira física (p. ex. língua de areia) ou de uma barreira hidrodinâmica (p. ex. descarga de água doce) (Debenay, 2000). As propriedades das águas parálicas dependem da intensidade da influência marinha. Guelorget e Perthuisot (1983; 1992) denominaram de confinamento a progressiva diminuição de influência marinha nestes ambientes.

As condições ecológicas que prevalecem nestes ambientes dependem das interações complexas entre numerosos parâmetros interrelacionados. Um dos principais parâmetros é o tempo de transição hidrodinâmica resultante da entrada de água doce (descarga fluvial, infiltrações de águas subterrâneas ou da chuva), das correntes de maré e/ou eólicas, da circulação gravitacional e da perda de volume por evaporação (Debenay, 2000). A natureza do fundo, a presença de algas e de ervas marinhas e a natureza e a quantidade de nutrientes que entram, também desempenham um papel importante na distribuição ecológica da microfauna neste tipo de ambientes (Debenay, 2000).

Nestes ambientes há uma tendência, verificada mundialmente, de a diversidade faunística diminuir com a diminuição da influência marinha. As associações costeiras com elevados valores de riqueza específica rapidamente transitam para associações oligo-específicas e, geralmente, terminam em populações mono-específicas nas áreas mais restritas (Debenay, 1990; Debenay, 1995; Debenay *et al.*, 2000).

4. 2. 1 - Zonas de transição águas doces / águas marinhas

São ambientes de cruzamento entre águas salobras e águas dulçaquícolas, caracterizados pelo desaparecimento de todos os foraminíferos com exceção dos de carapaça orgânica, os *Allogromiida* (Sen Gupta, 1999c).

Os tecamebas, pequenas formas aglutinantes muito próximas dos foraminíferos, ocupam todos os nichos de água doce (baías, lagos e rios) (Zucon & Loyola e Silva, 1993) bem como nichos suficientemente húmidos, nomeadamente cascas de árvores, musgo, etc. (Scott *et al.*, 2001). Nos estuários, são encontrados com frequência em áreas de baixa salinidade (Zucon & Loyola e Silva, 1993).

Nestes ambientes são poucas as diferenças faunísticas uma vez que são escassas as espécies de foraminíferos que toleram as condições de salinidade existentes. De entre os foraminíferos

bentônicos a espécie *Miliammina fusca* é reconhecida por ser a espécie mais tolerante às baixas salinidades, dominando, na maioria dos casos, as associações (Murray, 1973; Sen Gupta, 1999c; Zucon & Loyola e Silva, 1993; Debenay *et al.*, 1998b; 2000; Redois & Debenay, 1996).

4. 2. 2 - Estuários

São meios aquáticos de fronteira entre um rio e o mar caracterizados por uma variação de salinidade desde os 5 aos 35‰ (Cousteau, 1987). A manifestação dos movimentos de subida e descida das marés tem como principal consequência a zonação de muitas plantas e animais de acordo com dois tipos de gradientes, a transição da água para terra e a transição de águas marinhas a águas doces.

Os estuários são normalmente constituídos por faunas restritas, sobretudo nas zonas mais a montante onde a salinidade é mais baixa e as espécies aglutinadas dominam. As espécies calcárias toleram melhor as baixas salinidades em águas mais quentes. Consequentemente, as associações de foraminíferos estuarinos apresentam um forte gradiente na latitude, com formas aglutinadas dominando as associações das altas latitudes (Schafer & Cole, 1986 *in* Scott *et al.*, 2001) e as formas calcárias dominando as baixas latitudes (Scott *et al.*, 2001).

Segundo Redois e Debenay (1996), num estudo sobre a repartição de foraminíferos bentônicos numa ria mesotidal, as espécies calcárias evidenciam a tendência de se tornarem dominantes à medida que a distância à desembocadura do rio diminui. Estes autores constataram ainda que a espécie *Haynesina germanica* representa o papel de espécie transitória entre as formas aglutinadas, características do meio parálico superior (alto e médio sapal) e as outras formas calcárias características do meio parálico inferior (baixo sapal). Esta espécie é qualificada como a mais eurihalina das espécies hialinas (Alve & Murray, 1994, *in* Redois & Debenay, 1996) e a mais oportunista (Véneç-Peyré, 1983, *in* Redois & Debenay, 1996).

A espécie *H. germanica* é substituída pela *Ammonia tepida* (uma das variedades da espécie *A. beccarii*) à medida que a distância à desembocadura do rio diminui (Redois & Debenay, 1996).

A estas duas espécies anteriormente referidas estão normalmente associadas outras espécies intermareais cujas frequências variam de acordo com as condições locais. De entre este último grupo podemos citar algumas espécies como *Elphidium williamsoni*, *Elphidium excavatum*, *Ammonia parkinsoniana*, *Quinqueloculina* spp. (zonas hiperhalinas), *Eggerella scabra* (na presença de vegetação). À medida que se avança para jusante e portanto na direcção da desembocadura do rio, a frequência das espécies dominantes, bem como das restantes espécies típicas do ambiente intermareal, diminui progressivamente até serem substituídas por uma

associação muito mais diversificada, constituída na sua grande maioria por formas calcárias. O conteúdo específico desta última associação varia de acordo com vários parâmetros, nomeadamente, os hidrográficos, os climáticos e os ciclos de maré.

4. 2. 3 - Sapal

O sapal representa o mais extremo de todos os ambientes marinhos devido às grandes variações de temperatura, de salinidade e de pH (Scott et al., 2001). Na sua maioria, os sapais são caracterizados por uma zonação vertical, dividindo-se em baixo, médio e alto sapal (Thomas & Varekamp, 1991) que se podem estender por uma distância vertical de vários metros de acordo com o regime de maré local (Varekamp et al., 1992). As espécies que ocupam as áreas do alto e médio sapal são quase exclusivamente aglutinadas enquanto que no baixo sapal ocorre uma grande variedade de espécies calcárias estuarinas (Scott et al., 1991).

O alto sapal é a zona de sapal que apenas é inundada durante marés vivas. Entre as espécies típicas de alto sapal pode referir-se *Jadammina macrescens*, *Trochammina inflata*, *Tiphotrocha comprimata*, *Arenoparrella mexicana*, *Ammotium salsum* e *Miliammina fusca*. Em adição, algumas espécies calcárias eurihalinas bem conhecidas, tais como *Ammonia beccarii* e *Ammonia parkinsoniana*, podem também ocorrer (Sen Gupta, 1999c) sendo, no entanto, mais numerosas no médio e baixo sapal (Thomas & Varekamp, 1991).

O médio sapal é a zona de sapal que fica entre a marca de água em maré-alta e a marca de água em marés vivas. O baixo sapal, por sua vez, é geralmente caracterizado como sendo a zona entre a marca de maré-alta em marés mortas e a maré-alta média (Thomas & Varekamp, 1991).

Na costa atlântica da América do Norte, onde os sapais são extensos e onde há um bom registo das populações de foraminíferos, verifica-se a dominância das seguintes espécies nos três distintos andares de um sapal típico delimitados pela sua elevação acima da marca de maré baixa: (1) alto sapal: *Jadammina macrescens*, *Tiphotrocha comprimata*; (2) médio sapal: *Trochammina inflata*; (3) baixo sapal: *Elphidium williamsoni*, *Miliammina fusca*, *Ammonia beccarii* (ou *A. parkinsoniana*), *Haynesina germanica* (Murray, 1991 in Sen Gupta, 1999c). Patterson (1990) separa ainda o alto sapal em duas zonas distintas, a mais interior (a mais afastada do mar) que é dominada pela espécie *T. macrescens*, indicando baixa salinidade e a zona mais exterior dominada pela associação entre *T. macrescens* e *T. inflata*, indicando uma salinidade mais elevada. Scott & Medioli (1980) sugerem ainda que quando estas espécies ocorrem em conjunto o sapal poderá ser recente e possuir uma salinidade acima da média. Apesar de não ser frequente nos sapais actuais de Nova Scotia, os autores acreditam que, no

passado, à medida que o nível do mar criava condições à formação de novos sapais, este tipo de associação poderá ter sido mais comum.

Contudo, em alguns estuários em particular, a distribuição pode ser muito mais complexa que a verificada nos exemplos referidos anteriormente devido ao complexo inter-relacionamento dos vários factores bióticos e abióticos (Sen Gupta, 1999c).

A distribuição das poucas espécies marinhas que sobrevivem no sapal parece ser controlada sobretudo por fenómenos físico-químicos relacionados com o tempo de exposição (elevação acima do nível médio do mar ou nível de maré) (Scott *et al.*, 2001). Estas poucas espécies marinhas tolerantes a estes ambientes, sobretudo as espécies características do sapal alto, ocorrem em todo o mundo e em todas as latitudes e regimes de salinidade (Scott *et al.*, 2001). Nos sapais, devido à relação com o tempo de exposição, os foraminíferos apresentam uma zonação quase universal que é utilizada como um indicador preciso do nível médio do mar (Gehrels, 2000; Scott & Medioli, 1980; Scott *et al.*, 2001).

4. 2. 4 - Lagoas costeiras

Consideram-se as lagoas costeiras como tendo baixa ou nenhuma entrada de água doce (Scott *et al.*, 2001), sendo desta forma constituídas por águas salobras, por vezes hipersalinas, dependendo do clima local e do fluxo de maré (Sen Gupta, 1999c). As associações de foraminíferos neste tipo de ambientes demonstram uma grande variabilidade, mas muitas são semelhantes às associações típicas da desembocadura do estuário local (Sen Gupta, 1999c). Numa lagoa com estratificação moderada pode existir uma zonação vertical bem como horizontal. Em lagoas estratificadas, a distribuição dos foraminíferos depende do stress resultante das salinidades baixas nas águas superficiais e das condições anóxicas nas depressões. Mesmo nas lagoas de baixas profundidades, as associações de foraminíferos são fortemente influenciadas pela estratificação das águas. A existência de condições anóxicas constantes conduz à ausência de foraminíferos (Debenay *et al.*, 2000). Através do estudo da influência da estratificação das águas de duas lagoas brasileiras, Debenay e seus colaboradores (1998c), demonstraram ser impossível propor um modelo universal para a distribuição das associações de foraminíferos nestes ambientes.

4. 2. 5 - Plataforma continental interna:

É a parte menos profunda da plataforma continental, desde o limite inferior da maré baixa até cerca de 30 metros de profundidade. Uma grande variedade de espécies está presente nesta

faixa e nalgumas áreas não difere significativamente dos biótopos encontrados a profundidades superiores (p. ex. 50 m de profundidade) (Sen Gupta, 1999c).

Contudo, a nível regional podem verificar-se grandes diferenças, uma vez que as áreas da plataforma ocorrem ao longo de um gradiente de latitude onde existe uma forte mistura entre as águas costeiras e as oceânicas. Este fenómeno é significativo para a pesquisa paleoceanográfica, uma vez que o registo fóssil pode ser utilizado na reconstrução da distribuição das paleo-massas de água (Scott *et al.*, 2001).

5. ENQUADRAMENTO DA ÁREA EM ESTUDO

Devido ao seu valor ecológico, muitos sistemas estuarinos em Portugal têm sido intensamente estudados. São exemplos os estuários do Tejo, do Sado, da Ria Formosa, da Ria de Aveiro e, em menor grau, dos estuários do Mira, Minho e Guadiana. No entanto, o estuário do Rio Arade salienta-se pela escassez de informação técnica e científica (IPS, 2003). A pequena dimensão do estuário e a sua pequena importância económica não têm estimulado o seu estudo. Os principais estudos levados a cabo no estuário tiveram como objectivo a optimização da sua navegabilidade sendo, por conseguinte, dirigidos para a caracterização da componente hidrodinâmica (INAG, 2004).

5. 1 – Estuário do Rio Guadiana

O Rio Guadiana nasce em Campo Montiel, Espanha, a 1700 metros de altitude. Percorre 810 km até à sua foz no Oceano Atlântico, entre Vila Real de Santo António e Ayamonte. Da sua extensão total, 550 km situam-se em Espanha, 150 km em Portugal e 110 km servem de fronteira entre estes dois países (Rio Caia/Ribeira de Cuncos e Rio Chança/Oceano Atlântico). A bacia hidrográfica cobre uma área de 66.960 km² e a sua altitude média em Portugal é 237 metros (Farinha & Trindade, 1994). Em largura, os seus valores rondam os 550 metros no estuário, em Vila Real de Sto. António, e diminuem a montante para valores que oscilam entre 30 e 200 metros. A profundidade do seu talvegue é sempre superior a 5 m e, em geral, varia entre 7 a 10 metros. Os valores máximos conhecidos variam de 15 a 17 metros (Costa, 1980). É o maior rio a Sul de Portugal e é também um dos sistemas estuarinos que menos se conhece (Barros & Candeias, 1998).

5. 1. 1 - Características climáticas:

Regime Termo-pluvimétrico – Segundo a classificação de Köppen (*in* Morales, 1995), trata-se de um clima tipo “Csa” (Clima Mediterrânico tipo Português), o qual tem o seguinte significado: C: clima temperado-quente mesotérmico, tendo o mês mais frio uma temperatura média inferior a 18° C mas sempre superior a – 3° C; s: existência de uma seca estival, ou seja, o mês mais húmido da estação fria é, no mínimo, 3 vezes mais chuvoso que o mês mais seco da estação quente (na maioria dos casos ocorre em Janeiro, que está na ordem de 90 a 100 vezes mais chuvoso que Agosto, em que as precipitações são quase nulas); e a: faz referência ao Verão quente, em que a temperatura do mês mais quente é superior aos 22° C.

Segundo estas classificações não se aprecia uma divisão em sectores, incluindo-se toda a bacia do Rio Guadiana num único sector de clima bastante seco (Morales, 1995).

Húmidade relativa do ar - Segundo os dados do Instituto de Meteorologia Espanhol, a húmidade relativa do ar da zona estudada é elevada, com valores médios superiores a 60%, excepto para os meses de Julho e Agosto, em que os valores baixam, rondando os 50% (Morales, 1995).

Insolação - Segundo os dados do Instituto de Meteorologia Espanhol, a zona do estuário do Guadiana sofre um número elevado de horas de insolação anual (aproximadamente entre 2800 a 3000), variando entre o Inverno e o Verão, no qual se dá uma maior insolação. Isto, aliado à alta húmidade do ar, faz com que a nebulosidade seja elevada, com um máximo de 50% em Março, um mínimo de 20% em Agosto e uma média anual de 35% (Morales, 1995).

Regime de ventos - Para a análise de ventos neste sector costeiro dispõe-se de uma série de dados obtidos na estação meteorológica de V. R. de Sto. António num período de 10 anos, compreendido entre 1954 e 1963. Segundo estes, há uma clara dominância temporal dos ventos de proveniência Norte e Sudoeste, seguidos, em frequência, por ventos provenientes de Sudeste (Morales, 1995).

5. 1. 2 - Características hidrológicas:

Descargas fluviais - O caudal do rio Guadiana é muito variável, quer em termos diários, quer em intervalos de tempo mais alargados. Aos períodos de seca prolongada sucedem-se por vezes grandes cheias num intervalo de tempo muito curto. O registo histórico de caudais médios diários no Pulo do Lobo (que representa cerca de 96% do influxo de água doce ao

estuário) varia entre caudais de 0 m³/s em alguns períodos de seca extrema e caudais médios diários pontuais de mais de 5000 m³/s em períodos de grande precipitação durante os quais se verificam grandes inundações. Sazonalmente há uma diferença marcada entre os caudais de Inverno e de Verão, com os primeiros a atingir valores vinte vezes superior aos valores estivais. No entanto, existe uma grande variabilidade inter-anual, sendo que os caudais de Inverno de alguns anos mais secos são inferiores aos caudais de Verão de outros anos mais húmidos (Barros & Candeias, 1998).

5. 1. 3 - Características oceanográficas:

Marés - Em termos de maré, o estuário do rio Guadiana é um estuário do tipo mesotidal típico, fazendo-se sentir o efeito de maré até ao Pomarão (Barros & Candeias, 1998). Segundo os dados do Porto de Huelva, trata-se de um regime de marés semidiurno com leve desigualdade diária (Morales, 1995). A amplitude média de maré na embocadura do rio é cerca de 2 metros, atingindo um máximo de 3,4 metros em marés vivas (Instituto Hidrográfico, 1998).

Agitação marítima - Segundo Borrego (1992) e Borrego *et al* (1993) (*in* Morales, 1995), neste sector costeiro a agitação marítima mais frequente é proveniente de Sudoeste (Poente), seguido, em frequência, pela proveniente de Sudeste (Levante). Frequencialmente, são pouco significativas as agitações provenientes de Sul e de Este, e tem uma importância relativamente alta a agitação de Oeste, a qual é mais frequente no Inverno do que a agitação de Levante. Se bem que a agitação de SO domina, frequencialmente, na desembocadura do Guadiana, esta pode apresentar ondas mais pequenas e, portanto, menos energéticas que a agitação proveniente de SE, menos frequente (Morales, 1995).

Correntes marinhas - A corrente equatorial do Norte do Oceano Atlântico interacciona à altura do Golfo de Cádiz com outra corrente, cuja origem é atribuída a um desnível existente entre o Atlântico e o Mar Mediterrâneo. Esta Segunda corrente produz correntes derivadas que controlam a circulação em todo o Golfo de Cádiz. As águas que saem do Mediterrâneo até ao Golfo de Cádiz possuem uma maior densidade e menor temperatura e, por isso, a sua circulação só tem lugar em profundidade. No entanto, o *deficit* hídrico que provocam no Mar de Alborán origina a existência de correntes superficiais compensatórias que circulam em sentido contrário (Morales, 1995). Stevenson (1977) (*in* Morales, 1995), estudou a circulação destas correntes superficiais, descobrindo a existência de uma célula de circulação no centro do

Golfo que gira no sentido dos ponteiros do relógio enquanto que entre esta célula e as costas espanhola e Norte africana está outra corrente em sentido contrário que varre de Este a Oeste a costa de Huelva até à longitude de Monte Gordo, já em costas portuguesas, e cuja incidência sobre as zonas costeiras depende em grande medida das condições de circulação atmosférica.

5. 1. 4 – *Localização das sondagens:*

As coordenadas geográficas da sondagem CM5 podem ser consultada no Anexo 5.

A escolha da localização da sondagem CM5 foi feita de acordo com a localização das quatro sondagens anteriormente efectuadas (CM1, CM2, CM3 e CM4) com o intuito de abranger a maior extensão vertical possível. Desta forma, CM5 é a sondagem mais a montante com localização exacta no sapal da Beira, junto da Ribeira de Beliche (Fig. 1. 1).

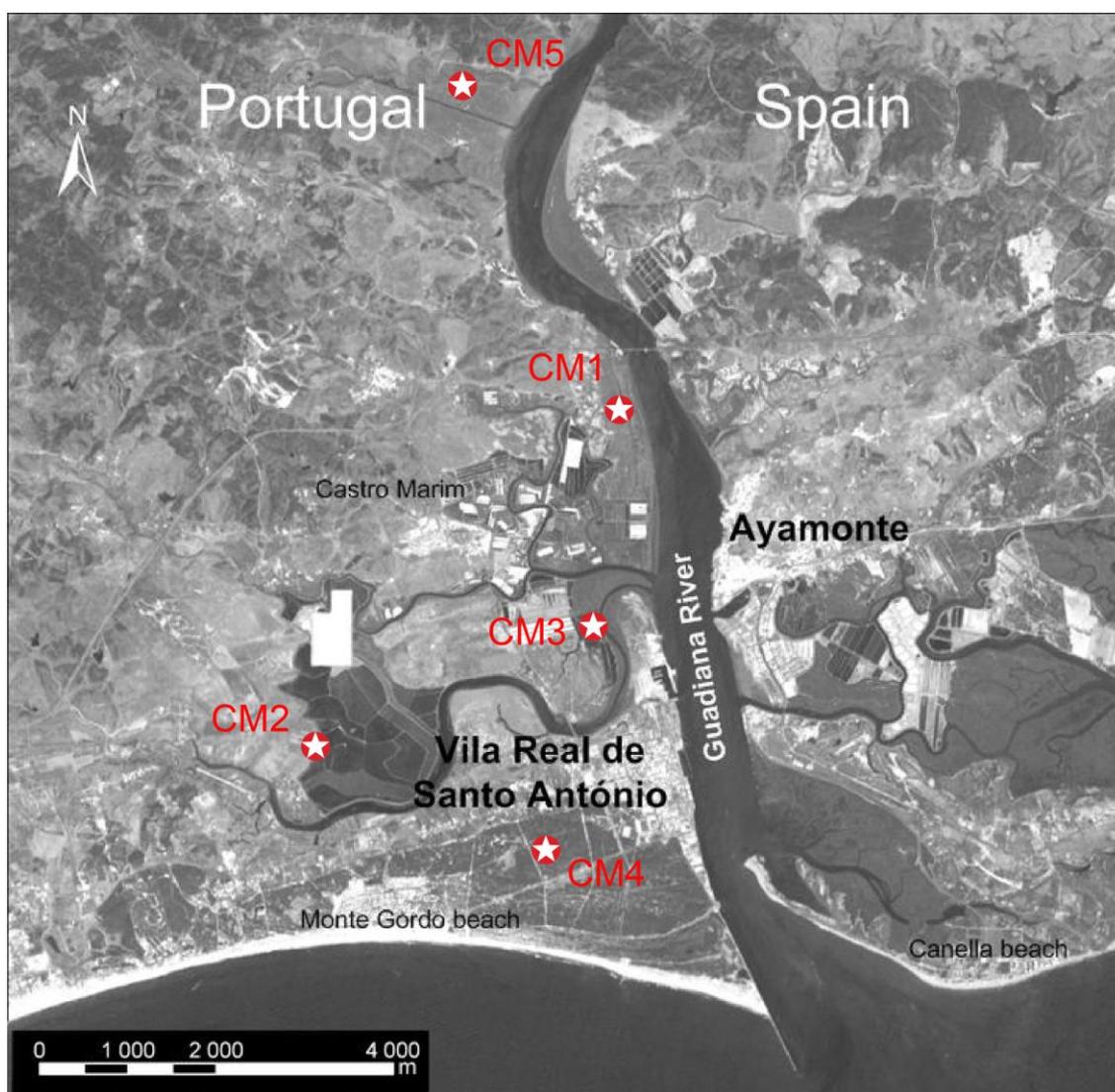


Figura 1. 1 – Fotografia de satélite com a localização exacta das cinco sondagens efectuadas no Estuário do Rio Guadiana, CM1, CM2, CM3, CM4 e CM5.

5. 2 – Estuário do Rio Arade

O estuário do Rio Arade fica situado no barlavento algarvio, junto a Portimão, e é classificado como Zona Húmida de Importância Internacional em quase toda a sua extensão, exceptuando-se a zona terminal compreendida entre a Marina de Recreio e a foz (Farinha & Trindade, 1994). A bacia hidrográfica do Arade apresenta uma área de 966 km² e um comprimento de 73 km. Os seus afluentes de maior significado são a Ribeira da Boia, com 85 km² de área e 23 km de desenvolvimento e a Ribeira de Odelouca, com 514 km² de área e 103 km de comprimento, ambos afluentes da margem direita (IPS, 2003). O estuário do Arade é de pequenas dimensões, com cerca de 8 km de comprimento e uma largura média inferior a 1 km. A profundidade média do estuário é de cerca de 6 metros e a máxima não excede os 10 metros encontrando-se os pontos de profundidade máxima junto da cidade de Portimão e também entre os pontões que protegem a entrada do estuário (INAG, 2004).

A diversidade de características morfológicas, geológicas, climáticas, e de cobertura vegetal e, conseqüentemente, paisagística, permite definir na bacia hidrográfica do Arade três sub-regiões: a Serra, o Barrocal e o Litoral. A sub-região da Serra, de acentuado declive, é constituída por xistos argilosos, definindo cabeços arredondados e barrancos profundos, originando solos delgados e pobres, cobertos por vegetação quase espontânea. Entre 20 e 30 km da costa localizam-se as serras de Monchique e do Caldeirão, que constituem os dois principais núcleos de precipitação da bacia, conseqüentemente geradores de escoamento superficial (IPS, 2003).

5. 2. 1 – *Características climáticas:*

Regime Termo-pluvimétrico – De acordo com dados do IPS (2003) a classificação climática da zona em estudo foi feita através do método de Köppen, com base na estação meteorológica da Praia da Rocha, e corresponde a um clima do tipo Csa.

Húmidade relativa do ar – Segundo os dados recolhidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG) no período de 1951 a 1980, os maiores valores de húmidade relativa registam-se entre Novembro e Fevereiro (valor médio de cerca de 87,5%) e os menores valores entre Maio e Setembro (valor médio de cerca de 71,6%) (IPS, 2003).

Insolação – De acordo com os dados recolhidos pelo INMG no período de 1951 a 1980, o valor médio anual na zona litoral é de 3018,2 horas, com valores mensais máximos em Julho

(382,8 horas), e mínimos em Janeiro (158,7 horas). Na zona interior não existem registos deste parâmetro, sendo de esperar que os valores sejam mais baixos que os restantes (IPS, 2003).

Regime de ventos – Segundo o Estudo Hidroclimatológico da Região do Algarve (INMG, 1981), o regime de ventos que se faz sentir na área de estudo é fundamentalmente um regime de brisas caracterizado por ventos muito fracos de Norte durante a noite e por ventos fracos de Sueste ou Sul durante o fim da manhã. Ao longo da tarde, o vento roda para Sudoeste, aumentando a sua intensidade, soprando de Oeste ao fim da tarde com intensidade moderada (denominado de vento mareiro). A separar estes dois sistemas de brisas ocorrem períodos de calma durante o princípio da noite e o início da manhã (IPS, 2003).

5. 2. 2 – Características hidrológicas:

Descargas fluviais – No período mais seco do ano, Julho, Agosto e Setembro, as ribeiras de modo geral secam, mesmo em anos de escoamento médio anual superior à média. No entanto, o Rio Arade constitui uma excepção à regra, apresentando um caudal permanente. De facto, os rios Odelouca e Arade são os que apresentam um regime de caudais mais regular ao longo do ano, com valores médios de escoamento dos mais elevados no contexto de toda a região Algarvia, em virtude de drenarem uma boa parte das serras de Monchique e do Caldeirão (IPS, 2003).

No que respeita à caracterização do regime hidrológico actual, influenciado pela exploração das barragens do Odelouca e do Funcho, afigura-se de difícil consecução em virtude de, por um lado, não existirem registos fidedignos de caudais no Rio Arade e, por outro lado, se desconhecer o tipo de exploração a que estão sujeitas as barragens (IPS, 2003).

5. 2. 3 – Características oceanográficas:

Relativamente às características oceanográficas, não foi possível encontrar dados disponíveis para a área adjacente ao estuário do rio Arade.

5. 2. 4 - Localização das sondagens:

A sondagem P2 situou-se no actual Sapal da Tapada do Corte, próximo da confluência entre o Rio Arade e a Ribeira de Odelouca, a P5 situou-se no actual Sapal do Vau, na Ribeira de Boina, e a P6 situou-se na margem do Rio Arade, a Sul da P2 e no actual Sapal da Tapadinha. As coordenadas geográficas destas sondagens podem ser consultadas no Anexo 5.

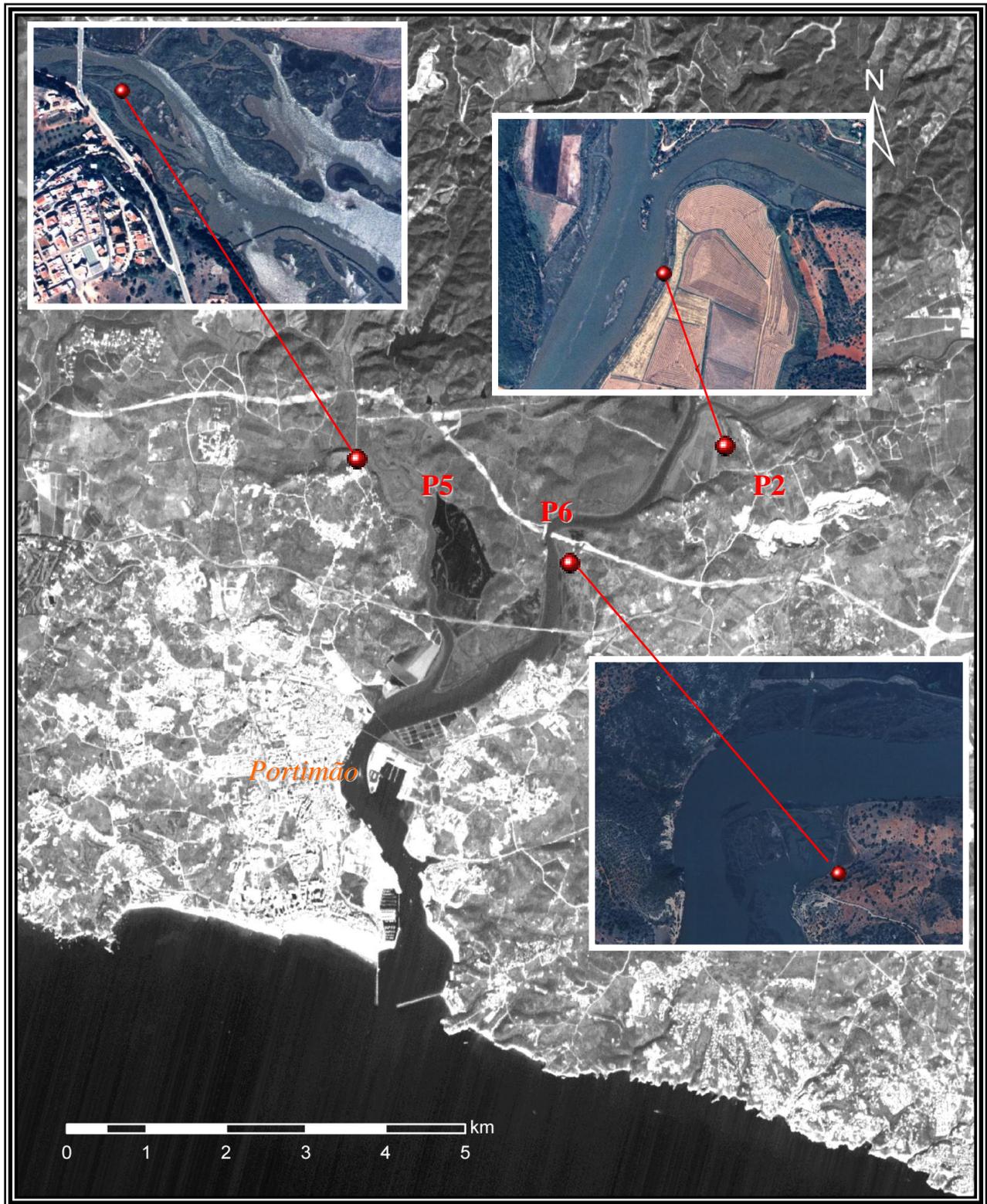


Figura 1. 2 – Fotografia de satélite com a localização exacta das três sondagens efectuadas no estuário do Rio Arade, P2, P5 e P6.

II - METODOLOGIA

1 - MATERIAL E MÉTODOS DE CAMPO

1.1 - Preparação dos trabalhos de campo

Na selecção dos possíveis locais de amostragem foram efectuados estudos preliminares baseados em diversificados materiais cartográficos preexistentes, nomeadamente, cartas topográficas do século XIX na posse da Biblioteca Nacional, imagens de satélite e ortofotomapas. No caso particular do estuário do Rio Guadiana, foram ainda utilizados os perfis geológicos obtidos pela Junta Autónoma de Estradas durante a construção da ponte sobre o Rio Guadiana.

1.2 - Trabalho de campo

A localização dos furos foi escolhida em virtude da provável diversidade de ambientes sedimentares que representavam tendo em vista o compromisso entre este objectivo e as limitações técnicas, como por exemplo a proximidade da água para lubrificação das tubagens, o acesso à máquina de sondagem e aos veículos de apoio.

Em Novembro de 1999 realizou-se a sondagem CM5 no sapal da Beira – Ribeira de Beliche (Fig. 1. 1) com vista a complementar o grupo de amostragens já realizadas no estuário do Rio Guadiana, no sapal de Castro Marim entre Julho e Setembro de 1997.

Mais tarde, entre Outubro de 2000 e Janeiro de 2001, realizaram-se mais três sondagens de referência de grande diâmetro, denominadas de P2, P5 e P6, com localização no actual estuário do rio Arade (Fig. 1. 2).

A execução das sondagens de referência para os dois estuários esteve a cargo do Instituto Geológico e Mineiro (IGM). É de salientar que a progressão das sondagens foi dificultada por condições geológicas adversas, isto é, através de vários níveis arenosos saturados com água salgada, o que impedia a recolha completa dos testemunhos. Estes testemunhos foram seccionados metro a metro e uma vez recuperados em tubos de polietileno semirrígido de tipo corline de 6”, foram envolvidos em mantas hipotérmicas a fim de evitar o aquecimento do sedimento. De seguida eram transportados (2 vezes por dia) da zona amostrada até ao laboratório da Universidade do Algarve.

2 - MÉTODOS E TÉCNICAS MICROPALAEONTOLÓGICAS DE LABORATÓRIO

Já em laboratório, os testemunhos foram cortados ao meio no sentido longitudinal descritos com uma resolução de 2-3 centímetros em relação as estruturas sedimentares observadas e amostradas. No seccionamento do revestimento exterior foi utilizada uma serra eléctrica e para o sedimento foi utilizado fio de *nylon*, com o intuito de danificá-lo o menos possível.

A descrição da cor do sedimento foi feita com base na escala padronizada de Munsell. A amostragem foi feita em triplicado por cada intervalo considerado. Separou-se assim sub-amostras para:

- Análise granulométrica e análise de macrofauna e microfauna fóssil, sendo as amostras de sedimentos grosseiros lavadas com bentonite e preparadas para análise mineralógica.

- Análise de carbono orgânico, elementos vestigiais e datação isotópica ^{14}C .

Todas as amostras para análise foram retiradas da parte interior do testemunho que não teve contacto prévio com quaisquer instrumentos. As conchas para datação foram lavadas em água destilada e secas. O material orgânico para datação foi extraído dos testemunhos com espátulas metálicas, seco por liofilização e guardado a uma temperatura de -20°C até à datação.

2.1 - Amostragem bio-sedimentológica

Efectuou-se uma amostragem bio-sedimentológica a cada metro de profundidade ou, com maior frequência, sempre que o tipo de facies e a evidência biológica o justificasse. De cada ponto de amostragem foram recolhidos 10 cc de sedimento, colocados imediatamente em frascos de plástico devidamente identificados.

2.2 - Lavagem, crivagem e preparação das amostras para contagem e classificação

Antes da lavagem, sempre que não se verificou a dispersão espontânea do sedimento na água, procedeu-se à dispersão mecânica com o auxílio de um agitador adaptado para copos de 100 ml.

Na fase de lavagem a suspensão foi deitada sobre o crivo de $63\ \mu\text{m}$. Os sólidos retidos foram lavados delicadamente com água corrente através de uma mangueira de pequeno diâmetro.

Para algumas amostras foi ainda necessário utilizar sabão para ajudar na desagregação das partículas. A lavagem da amostra foi dada por terminada quando a água de percolação se apresentava límpida. Depois de lavada, a fracção é observada à lupa binocular e descrita.

As amostras com excesso de matéria orgânica foram decantadas, separando assim a fracção útil da maioria do material importuno à observação de foraminíferos.

O conteúdo resultante da decantação, bem como todas as outras fracções, incluindo a de 63 µm, foi guardado em álcool para posterior observação.

De acordo com o tipo de amostra aplicaram-se dois métodos diferentes de processamento: para amostras muito arenosas, onde se torna difícil a distinção dos foraminíferos dos grãos de areia, aplicou-se o método de flutuação densimétrica. Para amostras com elevado conteúdo em matéria orgânica e/ou elevado número de foraminíferos utilizou-se um Divisor Preciso de Plâncton cuja função consiste em dividir a amostra em 8 partes iguais facilitando, assim, a identificação e contagem dos organismos (Scott & Hermelin, 1993).

2. 2. 1 - Processo de flutuação densimétrica

Esta técnica é utilizada 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, no presente caso o reagente tetracloreto de carbono (CCl₄). Devido à perigosidade do reagente em questão este método foi utilizado apenas em casos de extrema necessidade.

Procedimento: Na aplicação desta técnica as amostras são observadas a seco. Após a lavagem e uma observação preliminar, as amostras muito arenosas são separadas e colocadas numa estufa até secarem completamente. Depois de seco, o material é colocado numa hote, local onde se processa toda a técnica. Devido à perigosidade do reagente a hote deve estar aberta o mínimo necessário e o material deve ser manuseado com luvas. Para cada flutuação prepara-se um papel de filtro, identificando-o e dobrando-o em quartos até atingir a forma cónica de um funil. O papel é colocado num funil de vidro e este por sua vez pousado dentro de um Erlenmeyer. De seguida, enche-se com CCl₄ cerca de ¼ de um copo de precipitação de 250 ml. Para este copo verte-se, delicadamente, o conteúdo da amostra seca através de pequenas pancadas no frasco plástico contendo a amostra para que esta liberte, gradualmente, o seu conteúdo sobre o menisco do reagente. Com o auxílio de um esguicho contendo CCl₄ drena-se devagar o menisco e o restante CCl₄ para o papel de filtro colocado no funil. Os lados do papel de filtro são igualmente escorridos até que o produto flutuado se concentre no fundo do cone de papel de filtro. Após esta fase, dobra-se o topo e os lados do papel protegendo o flutuado do

exterior. Por fim deixa-se o papel secar na hote assim como o afundado que ficou no copo. O CCl_4 é reciclado e preparado para a amostra seguinte.

2. 2. 2 - Processo de divisão

Para facilitar a fase de contagem, a fracção lavada e guardada em álcool foi dividida. Na aplicação deste processo utilizou-se um Divisor Preciso de Plâncton (Fig. 2. 1). O referido aparelho é composto por uma coluna cilíndrica com 40 cm de altura e 11 cm de diâmetro e de uma base compartimentada em oito divisões iguais, conforme a Fig. 2. 1.

Procedimento: Depois de montado o aparelho, enche-se a coluna com água a $\frac{3}{4}$ do seu volume, colocando-se de seguida e de forma uniforme a amostra com o auxílio de água corrente adicionada por uma mangueira de pequeno diâmetro. Ao fim de uma hora de sedimentação a água é drenada por uma válvula possibilitando a retirada da coluna. Em cada uma das oito divisões da base fica depositado $\frac{1}{8}$ do conteúdo da amostra com uma densidade muito semelhante a cada um dos restantes $\frac{7}{8}$. Um a um, os conteúdos de cada $\frac{1}{8}$ são, por fim, escorridos e depositados em recipientes próprios. Para o efeito foram utilizadas placas de Petri com fundo branco e quadrícula preta para facilitar a contagem.

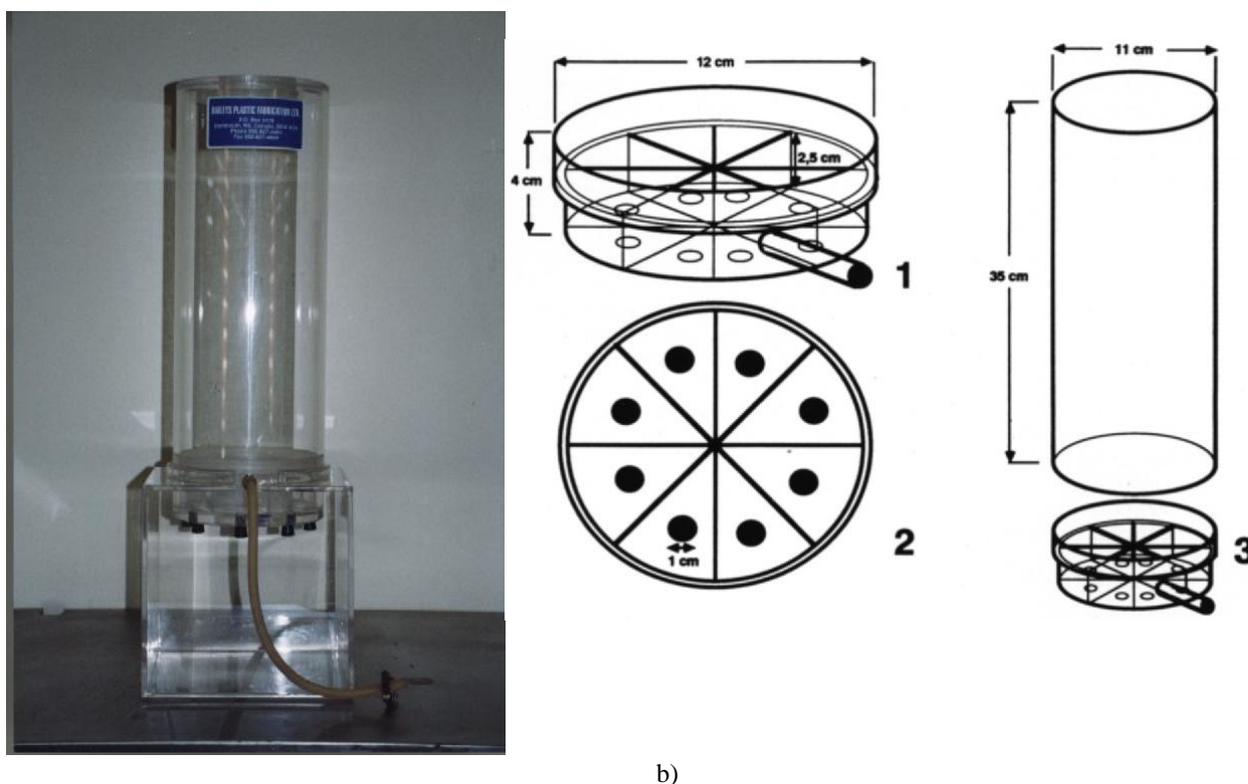


Fig. 2. 1 – a) Fotografia do Divisor Preciso de Plâncton; b) Esquema do divisor: 1 – vista lateral da base com as respectivas dimensões; 2 – vista de cima da base, evidenciando a configuração das oito divisões; 3 – vista lateral de todo o aparato com as dimensões da coluna (adaptado de Scott & Hermelin,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

2. 3 – Triagem e contagem dos organismos

Na observação e contagem das amostras foi utilizada uma lupa binocular modelo Stemi 2000 C da Zeiss. Para o manuseamento dos foraminíferos foi necessário um estilete e um pincel de pelo fino e pouco volumoso.

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 cola utilizada para este efeito foi o comum *gel de cabelo*. 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, permitem fotografar as carapaças nos vários ângulos de interesse.

2. 3. 1 - *Método de contagem*

O estudo rigoroso da repartição espacial e temporal das biocenoses e tanatocenoses passa obrigatoriamente pela contagem dos indivíduos de cada espécie (Debenay *et al.*, 1996). A maioria dos autores concorda e propõe que as amostras são validamente comparáveis apenas quando se obtêm contagens de 300 a 400 indivíduos no mínimo (Lowe & Walker, 1997). Vários cálculos de probabilidades, baseados na análise binomial ou na distribuição de Poisson, demonstram que numa população de 300 indivíduos teremos, teoricamente, 95% de probabilidades de encontrar todas as espécies, que representem, pelo menos, 1% da associação total de foraminíferos bentónicos (Dennison & Hay, 1967; Wright & Hay, 1971 *in* Fatela, 1995). O estudo de populações com mais de 300 indivíduos, não contribui para o aumento da precisão do estudo (Phleger, 1960 *in* Fatela & 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 & Taborda, 2002).

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. Fatela (1995) e Fatela & Taborda (2002) testaram a validade de amostras com apenas 100 indivíduos, comparando os resultados de 4 amostras com populações de 100 e 300

espécimes. Os resultados demonstraram que as espécies mais abundantes mantêm a sua importância relativa em ambos os agrupamentos. Os mesmos autores constataram ainda, com uma percentagem de segurança de 99,9%, que existe correlação positiva entre os resultados obtidos na contagem de 300 e de 100 indivíduos, relativamente aos foraminíferos bentónicos nas amostras testadas. Em estudos paleoceanográficos verifica-se que para uma espécie com uma abundância relativa de 5% numa amostra de 300 indivíduos a probabilidade de a ignorar em contagens de apenas 100 indivíduos é de 0,7% (Fatela, 1995). De facto, neste tipo de estudos, apenas as espécies que representam pelo menos 5% da população são normalmente usadas. A principal preocupação é saber como variam as abundâncias destas espécies cujo significado é muito mais forte que as incertezas da contagem (Fatela & Taborda, 2002).

No presente trabalho, cerca de 22% das 232 amostras estudadas não possuíam quaisquer vestígios de foraminíferos e cerca de 25% continham menos de 300 indivíduos. Desta forma, amostras com menos de 300 indivíduos foram contadas na sua totalidade e apenas contabilizadas para os cálculos estatísticos aquelas com mais de 100 indivíduos (com excepção da amostra P2 - 1838 cm com 81 indivíduos, que foi também contabilizada). Amostras processadas pelo método de flutuação, independentemente do seu número total, foram contadas na sua totalidade. Amostras com mais de 300 indivíduos processadas pelo método de divisão foram divididas em oito partes iguais. Se o procedimento do Divisor Preciso de Plâncton estiver correcto, a amostra deverá dividir-se em oito fracções de densidades aproximadamente iguais. Desta forma, se 1/8 possui 300 indivíduos podemos estimar o resto da população partindo do princípio que cada 1/8 possui o mesmo número de indivíduos. Em amostras com menos de 300 indivíduos processadas por este último método, todos os 1/8s foram contados até chegar ao número total e real da amostra.

2. 4 – Identificação dos organismos

Na tarefa de identificação dos organismos utilizaram-se vários guias de identificação, destacando-se o trabalho de Colom (1974) e de Jones (1994). Como principal referência utilizaram-se as 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, realizadas com a participação do Prof. Dr. David Scott, no âmbito do projecto FORMOSE, PRAXIS XXI//2/22.1/MAR 1745/95.

As dificuldades verificadas na tarefa de identificação dos organismos resultaram, especialmente, da ocorrência de:

- Polimorfismo;
- Da variação natural intraespecífica;
- Da fossilização, desgaste e mau estado de conservação das carapaças;
- Espécies jovens, com dimensões muito pequenas e cujas características morfológicas não se encontram ainda bem definidas;
- Excessiva sobrecarga de nomenclatura relativa aos foraminíferos através de sinónimos.

Em consequência das dificuldades referidas e sempre que não foi possível fazer a identificação precisa de uma espécie, optou-se por deixá-la em nomenclatura aberta ou por evidenciar as dúvidas relativas à sua identificação. A identificação foi ainda auxiliada pela produção de fotografias de Microscópio Electrónico de Varrimento, as quais foram também utilizadas na ilustração deste trabalho (Anexo 7).

2. 4. 1 – Biocenose *versus* Tanatocenose

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 que apresentam um estado de conservação variável pertencem à tanatocenose, ou seja, o conjunto de indivíduos mortos que permanecem no seu biótopo, no presente caso através do registo fóssil das carapaças. As exigências ecológicas das espécies da tanatocenose estão de acordo com as condições locais do meio (Fatela, 1989). O conjunto da biocenose (*sensu stricto*) e da tanatocenose constitui a biocenose (*sensu lato*) (Fatela, 1989).

As paleotanatocenoses são reconhecidas pela incompatibilidade entre as exigências climáticas e batimétricas de determinadas espécies e as condições do meio actual, bem como pelo estado variável de conservação das carapaças, onde se incluem espécimes de cor amarela (Fatela, 1989), castanhos e cor de laranja.

2. 4. 2 - O estado de conservação das carapaças

As carapaças opacas ou mecanicamente degradadas de foraminíferos hialinos ou porcelanosos vulgarmente encontradas em sedimentos modernos indicam que a carapaça iniciou um processo de dissolução e de degradação (Douglas, 1979).

No presente estudo, indivíduos demasiadamente pequenos e/ou muito danificados foram classificados como *Indeterminados*. Devido à grande quantidade de carapaças carbonatadas em dissolução foi ainda criado um grupo taxonómico abrangendo todos os organismos

reconhecidos como estando neste estado e denominado de *CCD* (carapaças carbonatadas em dissolução).

Devido à baixa frequência de formas planctónicas todos os indivíduos deste grupo foram classificados em conjunto como *Planctónicos* sem qualquer tentativa de identificação das espécies.

Apenas as carapaças que estão estáveis no seu ambiente biológico e químico poderão fazer parte do registo fóssil. As paredes orgânicas podem ser oxidadas por bactérias e os componentes inorgânicos podem ser dissolvidos em águas subsaturadas pelo respectivo mineral precipitante, por exemplo, o CaCO_3 (Bertram & Cowen, 1998). Os foraminíferos que constroem as suas carapaças através da aglutinação de partículas livres no meio envolvente a uma matriz orgânica não são normalmente considerados quando se fala de precipitação biomineral. Contudo, a concentração de Fe e Ca nos cimentos orgânicos e a biomineralização das paredes de certas câmaras ocorre nestes foraminíferos, o que influencia potencialmente os processos de fossilização e preservação das carapaças (Bertram & Cowen, 1998). Segundo Douglas (1979), a destruição das carapaças dos foraminíferos aglutinados poderá dever-se à decomposição do cimento orgânico carbonatado. Contudo, muitas amostras fósseis e mesmo modernas contêm os forros internos resistentes ao ácido invés das carapaças dos foraminíferos (Stancliffe, 1996; Camacho, 1999; Murray & Alve, 1999a; 1999b).

Recentemente Stancliffe & Matsuoka (1991) observaram que os forros de diferentes géneros de carapaças podem ter uma morfologia idêntica quando observados à lupa. Isto torna a sua inserção na classificação formal dos foraminíferos impossível, sem a carapaça mineral (Stancliffe, 1996). A utilização de formas genéricas e específicas está, actualmente, fora do Código Internacional de Nomenclatura Zoológica, contudo, a utilização destes fósseis representa uma grande ajuda na paleoecologia (Stancliffe, 1996). A solução parece passar pela formação provisória de grupos informais.

No presente estudo, os interiores orgânicos de foraminíferos sem quaisquer vestígios da carapaça original ocorreram com frequência em grande parte das amostras e foram agrupados num único conjunto denominado de *Forros internos*.

3 - ANÁLISE DOS DADOS DAS POPULAÇÕES:

3.1 - Densidade Faunística – Ni

A densidade faunística exprime a quantidade de foraminíferos encontrados numa amostra e calcula-se através de vários métodos: número de foraminíferos por peso, por volume ou por superfície (Boltovskoy & Wright, 1976).

No presente trabalho a densidade faunística foi calculada por volume, tendo sido contabilizado o número de indivíduos em 10 cc de sedimento. Estes valores encontram-se tabelados no Anexo 1 para todas as amostras de cada testemunho de sondagem e são, ainda, apresentados na forma gráfica confrontados com o número de espécies (S) de cada furo.

3.2 – Abundância

A primeira análise dos dados obtidos pela triagem e contagem dos foraminíferos tem como base as suas abundâncias relativas. A abundância relativa traduz a importância de cada espécie no conjunto total da amostra. Este valor foi calculado para cada espécie em função do tamanho de cada amostra utilizando-se para isso a seguinte fórmula:

$$Aspi = xspi * 100 / Ni$$

em que $Aspi$ é a abundância relativa da espécie i , $xspi$ é o número de indivíduos da espécie i na amostra e Ni o número total de indivíduos na amostra.

3.3 – Dominância

A dominância é a tendência que algumas espécies manifestam ao abrangerem uma grande parte do conjunto, sendo geralmente avaliada com base na percentagem das espécies da amostra (Boltovskoy & Totah, 1985). Desta forma, as espécies são:

- Dominantes - > 20%
- Comuns – 10% - 20%
- Acessórias – 5% - 10%
- Raras - < 5%

Boltovskoy & Totah (1985) aceitaram 10% como o valor crítico para o reconhecimento de dominância.

3.4 – Constância

A constância de uma espécie expressa a persistência da sua presença num determinado conjunto de amostras.

A constância das espécies mais representativas nas áreas estudadas (com abundância superior a 10%) foi calculada em termos de percentagem usando a expressão sugerida por Sánches – Ariza (1983) *in* Martins (1997).

$$C = (p * 100) / P$$

em que p é o número de amostras contendo determinada espécie e P é o número total de amostras estudadas.

De acordo com os critérios de Dajos (1974 *in* Martins, 1997) foram consideradas *constantes* espécies presentes em mais de 50% do total das amostras.

3.5 - Razão Aglutinados/ Calcários

A razão Aglutinados/Calcários (A/C%) é uma medida indirecta das condições de salinidade (Douglas, 1979). No presente trabalho foi calculada a razão A/C para cada amostra, com a finalidade de detectar a presença de águas de menor salinidade, para o que se utilizou a expressão:

$$A/C(\%) = A * 100 / Ni,$$

em que A é o número total de carapaças aglutinadas e Ni o número total de indivíduos. Devido à forte possibilidade dos forros internos encontrados ao longo dos testemunhos de sondagem pertencerem a indivíduos de carapaça aglutinada o índice A/C foi ainda calculado com $A' =$ aglutinados + forros internos através da fórmula:

$$A'/C(\%) = A' * 100 / Ni,$$

Foi ainda apreciada a abundância dos foraminíferos porcelanosos.

3. 6 – Diversidade

A diversidade é constituída por duas componentes: o número de espécies ou riqueza específica e pela descrição das suas abundâncias relativas ou equitabilidade (Magurren, 1991; Lin, 1992).

É difícil descrever uma determinada comunidade de organismos com base na mera observação de sua lista de espécies. Em virtude deste facto e tendo em vista uma melhor compreensão da estrutura de uma comunidade aplicam-se, geralmente, índices matemáticos de diversidade (Martins, 1997). As maiores aplicações de medidas de diversidade são na conservação da Natureza e na monitorização dos ambientes (Magurren, 1991).

3. 6. 1 - Número de espécies ou riqueza específica (S) é definida como sendo o número de espécies por número específico de indivíduos ou biomassa (Kempston, 1979 *in* Magurren, 1991). É um índice comum em estudos aquáticos (Magurren, 1991). Constitui a mais fácil e rápida medida de diversidade. Contudo, a fiabilidade do valor de (S) é limitada pelo tamanho da amostra. Por isso, a determinação da riqueza específica é apenas útil quando se estudam amostras com a mesma dimensão ou quando o valor de (S) é aplicado em conjunto com outros métodos (Magurren, 1991).

3. 6. 2 – O índice de diversidade de Shannon (Hs) assume que todos os indivíduos são amostrados ao acaso de uma população indefinidamente grande e que todas as espécies estão representadas na amostra (Pielou, 1975 *in* Magurren, 1991). A fórmula do índice de Shannon é:

$$Hs = -\sum pi * \ln pi$$

em que $pi = ni/N$, pi é a proporção das diferentes espécies i na amostra, N é o número total de indivíduos na amostra, Hs é a diversidade e S é o número total de espécies i (Magurren, 1991). Este índice apresenta a vantagem de ter em conta o número e a abundância relativa das espécies. Não é dependente de um modelo matemático e permite comparar a diversidade entre amostras de tamanho diferente. O valor de Hs é essencialmente determinado pelas abundâncias relativas das espécies comuns, sendo pouco afectado pelo contributo das espécies raras (Gibson & Buzas, 1973 *in* Fatela, 1995).

A diversidade é máxima se todas as espécies de uma associação apresentam a mesma abundância relativa: $Hs = \ln S$ (Murray, 1991 *in* Fatela, 1995). O valor de diversidade do índice

de Shannon encontra-se usualmente entre 1,5 e 3,5 e raramente ultrapassa os 4,5 (Margalef, 1972 *in* Magurren 1991). Em geral, o valor de Hs aumenta da zona intertidal para a zona nerítica exterior. É uma função que tem sido usada com sucesso na determinação de paleoambientes por muitos micropaleontologistas (LIN, 1992).

Os cálculos do índice de diversidade de Shannon foram efectuados através do programa de análise multivariada PRIMER-E (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research), versão 5.2.0 (2001) para Windows.

4. GEOCRONOLOGIA:

Na medição da actividade ^{14}C foram utilizados dois métodos diferentes. O primeiro método, a datação convencional de radiocarbono, envolve a detecção e a contagem de emissões β dos átomos de ^{14}C durante um certo período de tempo com o intuito de determinar a taxa de emissões e consequentemente a actividade da amostra. O segundo método, denominado por Espectrometria de Aceleração de Massa (EAM), em inglês Accelerator Mass Spectrometry (AMS), utiliza aceleradores de partículas como espectrómetros de massa para contar o número actual de átomos (em oposição ao seus produtos de decaimento) numa amostra de material (Aitken, 1990; Bowman, 1990).

No processo de datação das amostras foram utilizados os serviços de alguns laboratórios, nomeadamente, os Laboratórios Geochron (GCH) em Cambridge nos E.U.A., o Instituto Tecnológico e Nuclear (ITN) em Lisboa e o Institut Royal du Patrimoine Artistique (IRPA) em Bruxelas, Bélgica.

5. GRAU DE INFLUÊNCIA MARINHA (GIM)

A confrontação dos resultados de todos os parâmetros ecológicos determinados no âmbito deste trabalho permitiu elaborar um diagrama com o qual pretendeu-se avaliar o grau de influência marinha (GIM) em cada uma das amostras e por consequência no ambiente sedimentar. Desta forma foram atribuídos às amostras cinco diferentes graus de influência marinha, traduzindo cada um deles um paleoambiente. A interpretação do paleoambiente inerente a cada GIM baseou-se no teor em espécies de cada associação faunística e no seu significado ecológico. Os cinco diferentes graus são então descritos como:

Grau 1 - representa um ambiente sem foraminíferos. 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 diagénese não seriam as ideais à preservação das carapaças. 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.

Grau 2 – representa um ambiente fortemente confinado, típico de médio-alto sapal, e foi denominado de intermareal superior. A associação de espécies que caracterizam este ambiente pode ser constituída por um ou mais dos seguintes taxa: *Trochammina macrescens*, *Trochammina inflata*, *Trochammina* spp., *Ammobaculites* sp., *Eggerella* sp. e o grupo dos forros internos.

Grau 3 – representa um ambiente confinado, típico de baixo a médio sapal, e foi denominado de intermareal médio. Este ambiente prevalece quando predominam as formas aglutinadas e/ou os forros internos e se contabiliza um elevado número de carapaças carbonatadas em dissolução. As abundâncias das espécies *A. beccarii* e *H. germanica* têm pouca ou nenhuma expressão.

Grau 4 – representa um ambiente moderadamente confinado, abrangendo o baixo sapal e toda a planície lodosa exposta em baixa-mar de marés vivas e denominou-se de intermareal inferior. Neste ambiente a percentagem da associação *A. beccarii* e *H. germanica* é sempre superior a 65% e é comum a predominância de *Elphidium* spp. e miliolídeos como taxa secundários.

Grau 5 – representa o ambiente intermareal sempre submerso, denominado de intermareal aberto. Este ambiente é caracterizado pela dominância da associação *A. beccarii* e *H. germanica* contudo verificando-se um decréscimo nos seus valores de abundância, por vezes muito acentuado (variando de 29 a 82%). Verifica-se ainda um aumento da percentagem de espécies acessórias, raras e indeterminadas que é traduzido, inevitavelmente, num aumento do índice de diversidade.

O ambiente de deposição foi considerado corrosivo sempre que se registaram mais de 20% das carapaças carbonatadas em avançado estado de dissolução.

Os critérios de divisão dos ambientes de acordo com o grau de influência marinha podem ainda ser consultados na Tabela I.

Tabela I – Síntese dos critérios de divisão dos ambientes de acordo com o grau de influência marinha.

GIM	Ambiente	H' (valor médio)	A/C (%)	Ocorrência de espécies
1	S/ foraminíferos	0	0	0 – 66 indivíduos
2	Intermareal superior, fortemente confinado; Sapal médio-alto	0,711	0 – 99	<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; médio-baixo sapal	1,032	0 – 30	Forros internos > 26% Calcários em dissolução > 9,5% <i>A. beccarii</i> + <i>H. germanica</i> ≤ 18% <i>Ammobaculites</i> sp. e <i>Trochammina</i> sp.
4	Intermareal inferior, moderadamente confinado; baixo sapal – planície lodosa	1,157	0 – 11,35	<i>A. beccarii</i> + <i>H. germanica</i> ≥ 65% <i>Elphidium</i> spp. Miliolídeos
5	Intermareal aberto. Ambiente sempre submerso	1,720	0 - 6	<i>A. beccarii</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.

Legenda: GIM – grau de influência marinha

Ambiente – denominação e caracterização do ambiente.

H' – índice de Diversidade de Shannon (valor médio)

A/C (%) – Razão aglutinados/calcários

III - RESULTADOS

1 - ESTUÁRIO DO RIO GUADIANA

1. 1 - Resultados do furo CM5

Das quatro sondagens analisadas no âmbito deste estudo, CM5 foi a mais profunda, atingindo 51 metros de profundidade. Do testemunho recuperado foram retiradas 82 amostras para análise de microfauna fóssil, desde os 1,11 até aos 48,50 metros de profundidade, 24 das quais não possuíam quaisquer vestígios de foraminíferos e 14 possuíam menos de 300 indivíduos (Tabela I, Anexo 1).

1. 1. 1 - *Densidade faunística (Ni) e número de espécies (S)*

O número de indivíduos por 10cc de sedimento, retirados de cada amostra estatisticamente válida, variou entre 104 e 22.400 indivíduos, para as amostras a 670 e 4280 cm de profundidade, respectivamente. O valor de S para as amostras estatisticamente válidas variou de 1 a 19 taxa.

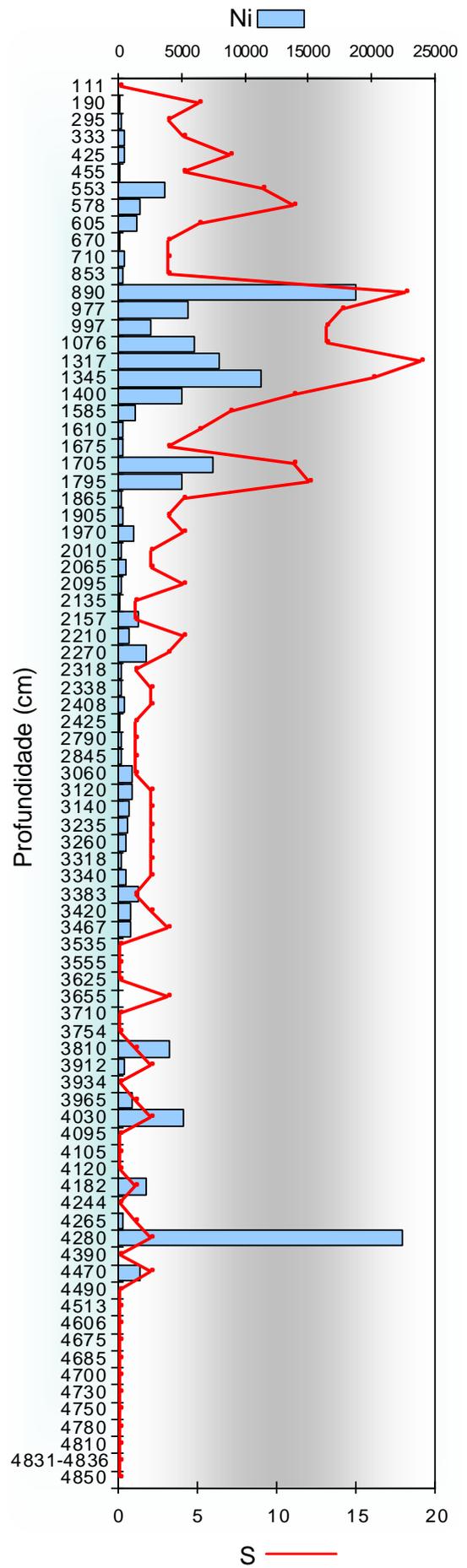
Segundo a Fig. 3. 1, Ni apresenta três comportamentos diferentes ao longo do testemunho de sondagem. No grupo de amostras mais antigas e portanto, o mais profundo, de 4850 a 3535 cm, não se registam quaisquer vestígios de foraminíferos, sendo estes apenas contabilizados entre as amostras 4470 e 3810 cm. Neste sub-intervalo, Ni é muito variável, apresentando valores desde 0 a 22.400 indivíduos, sendo este último, o valor mais elevado para este furo, correspondendo à amostra 4280 cm.

No grupo intermédio de amostras, de 3467 a 1865 cm, Ni apresenta valores muito baixos, com um valor médio de 706 indivíduos por amostra (variando de 156 a 2220 indivíduos).

No grupo de amostras mais superficial, de 1795 a 111 cm, Ni atinge os valores mais elevados, com um valor médio de 3378 indivíduos por amostra (variando de 0 a 18.696 indivíduos).

De uma forma geral, S varia como Ni, ou seja, assume os valores mais elevados nas amostras mais superficiais, de 190 a 2270 cm de profundidade, com um valor médio de cerca de 9 espécies por amostra (variando de 3 a 19 espécies). No restante testemunho S foi sempre muito baixo, com um valor médio de 1 espécie por amostra (variando de 0 a 4 espécies).

Figura 3. 1 - Variação do número de indivíduos (Ni) e número de espécies (S) ao longo da sondagem CM5.



1. 1. 2 - *Abundância e dominância das espécies*

As abundâncias relativas foram calculadas para todos os *taxa*, a todas as profundidades amostradas, e podem ser consultadas na Tabela II no Anexo 1.

Ao longo do testemunho de sondagem CM5 foram contabilizadas e identificadas 23 espécies de foraminíferos bentônicos, pertencentes a 15 géneros, a 12 famílias e a 5 sub-ordens:

- 16 espécies (correspondentes a 10 géneros) da Sub-ordem Rotaliina;
- 2 espécies (correspondentes a 2 géneros) da Sub-ordem Haplophragmiina;
- 1 espécie da Sub-ordem Lagenina;
- 1 espécie da Sub-Ordem Miliolina;
- 3 espécies (correspondentes a 1 género) da Sub-ordem Trochamminina (classificação de acordo com Debenay *et al.*, 1996).

A Sub-ordem Rotaliina é a melhor representada, integrando cerca de 70% do total das espécies.

Os foraminíferos porcelanosos (Sub-ordem Miliolina) são representados por apenas uma espécie (*Quinqueloculina seminulum*) em apenas uma amostra (1317 cm) com uma abundância de 0,1%.

O grupo dos foraminíferos aglutinados, aqui representado por duas Sub-ordens, Haplophragmiina e Trochamminina, integra cerca de 13% do total das espécies.

Foram deixadas em nomenclatura aberta, por não permitirem uma determinação específica segura devido a dúvidas na identificação sistemática, algumas formas dos géneros: *Ammobaculites*, *Brizalina*, *Bulimina*, *Discorbis*, *Elphidium*, *Fissurina*, *Haynesina*, e *Trochammina*.

Foram ainda criados seis grupos taxonómicos artificiais, todos eles contendo indivíduos indeterminados, divididos de acordo com o tipo e estado da carapaça:

- Indeterminados, constituído por indivíduos calcários, muito retrabalhados, partidos e/ou muito pequenos;
- Carapaças calcárias em dissolução (ccd), constituído por indivíduos calcários em evidente estado de dissolução (coloração laranja e castanha, parecendo desfazer-se);
- Miliolídeos, constituído somente por indivíduos calcários porcelanosos muito partidos e/ou muito pequenos;
- Planctónicos, constituídos somente por formas planctónicas;
- Indeterminados aglutinados, constituídos por indivíduos de carapaça aglutinada, suficientemente danificada para impossibilitar a identificação;

- Forros internos, constituído apenas por interiores orgânicos que permaneceram preservados mas sem qualquer indício do tipo de carapaça.

Analisando as abundâncias relativas de todos os grupos taxonómicos e agrupando-os em dois grupos principais temos que no conjunto das amostras deste furo 48,3% dos indivíduos são calcários, com 0,067% porcelanosos, e 4,7% são aglutinados. Os restantes 47% são forros internos, que poderão pertencer a um ou ao outro grupo, ou mesmo a ambos.

No conjunto das amostras estudadas ao longo deste testemunho, foram identificadas 5 espécies e 3 grupos taxonómicos dominantes, com uma abundância relativa igual ou superior a 20% em pelo menos uma das profundidades amostradas, nomeadamente as espécies *Ammobaculites* sp., *Ammonia beccarii*, *Haynesina germanica*, *Trochammina inflata*, *Trochammina macrescens* e os grupos dos indeterminados, forros internos e os ccd.

Como taxa comum foi identificada o grupo de espécies *Trochammina* spp..

Foram ainda reunidas num mesmo grupo todos os restantes taxa raros e acessórios denominado por “outros” e representado a branco no gráfico da Fig. 3. 2.

Ao observar o gráfico da Fig. 3. 2 sobressai a clara dominância do grupo dos forros internos em quase todo o testemunho, sobretudo na parte inferior, de 4470 a 2135 cm, cujo o valor de abundância médio é de cerca de 97%. Ainda para este intervalo de amostras, ocorrem ocasionalmente espécies do género *Trochammina* que nunca manifestam valores de abundância cumulativa superiores a 15,2%.

A sequência sedimentar identificada para o intervalo de amostras anterior é interrompida pelo surgimento de algumas amostras com abundâncias elevadas em espécies calcárias, que se intercalam com amostras de teor semelhante às do intervalo anteriormente descrito. Esta alternância de amostras tem início aos 2095 cm e mantém-se até aos 1585 cm de profundidade. As amostras de conteúdo calcário registadas para este intervalo são dominadas pela associação de espécies composta por *A. beccarii* e *H. germanica*, com valores de codominância variando de 71 a 86%. Importa ainda acrescentar que *H. germanica* é dominante em relação a *A. beccarii* em todas estas amostras. Em 4 das 7 amostras semelhantes às do intervalo anterior, surge a espécie aglutinada *Ammobaculites* sp., com valores elevados de abundância, sobretudo nas amostras contíguas de 1675-1585 cm, com um valor médio de 35,1%. Diferem ainda das amostras do intervalo anterior pela presença de espécies calcárias, como por exemplo o grupo dos ccd e com menor frequência as espécies *A. beccarii* e *H. germanica*. Verifica-se ainda um decréscimo no valor médio em forros internos, de cerca de 70% por amostra.

No intervalo, constituído pelas amostras de 1400 a 890 cm, predominam claramente as formas calcárias. A associação de espécies composta por *A. beccarii* e *H. germanica* domina,

com valores de codominância nunca inferiores a 60% e com a espécie *A. beccarii* a dominar na maioria das amostras que constituem este intervalo.

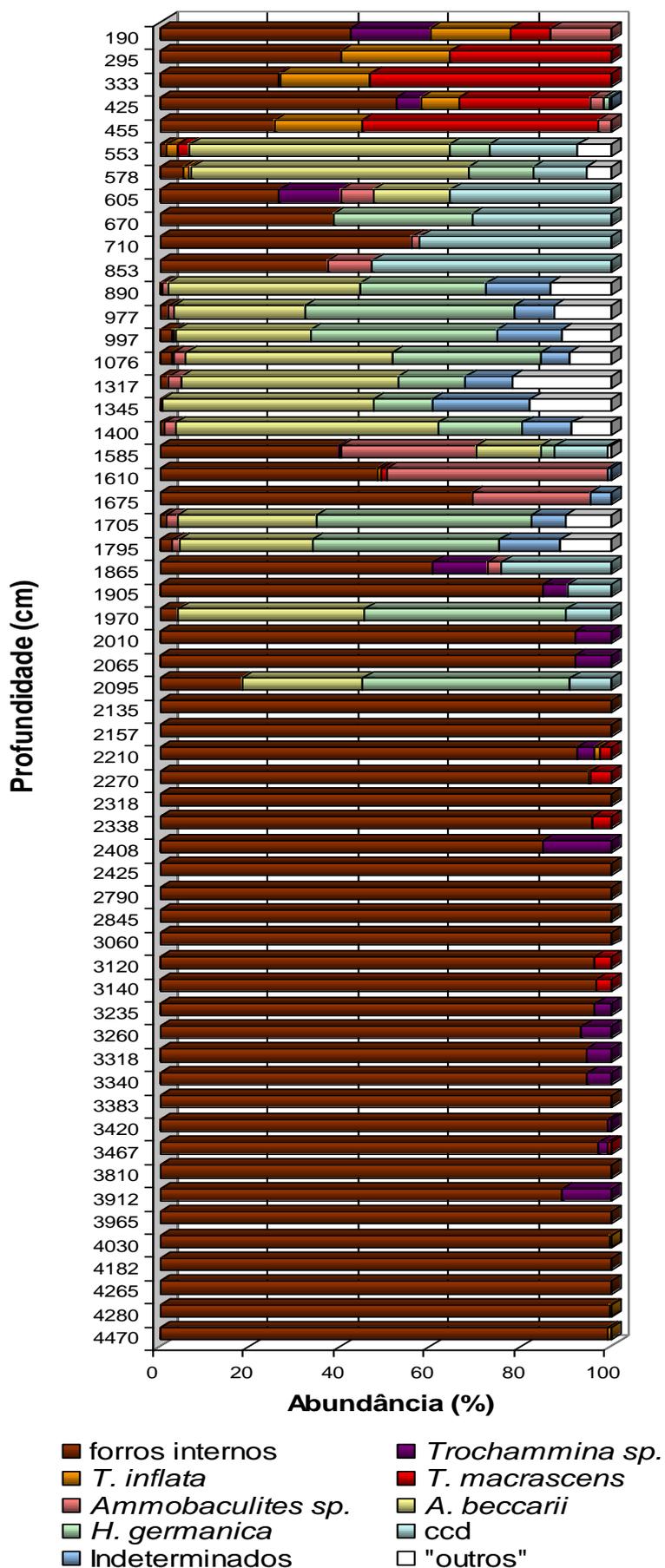
É ainda neste intervalo que o grupo dos indeterminados bem como o dos “outros” têm maior expressão, com valores de abundância médios de 12,4 e 13,6%, respectivamente.

Nas quatro amostras do intervalo de 853 a 605 cm, os forros internos e os ccds representam sempre pelo menos 62% do total dos *taxa* para este intervalo.

Nas duas amostras seguintes, 578 e 553 cm, é clara a dominância da espécie *A. beccarii*, representando, no mínimo, 58% do total das espécies destas amostras.

O último intervalo, e portanto o mais recente, é constituído por 5 amostras desde os 455 aos 190 cm. Nestas predominam as formas aglutinadas sempre acompanhadas pelo grupo dos forros internos. É neste intervalo que as espécies *T. inflata* e *T. macrescens* têm maior expressão, com *T. inflata* variando de 8,43 a 24,3% (amostras 425 e 295 cm, respectivamente) e *T. macrescens* variando de 8,9 a 53,4% (amostras 190 e 333 cm, respectivamente).

Figura 3. 2 - Abundâncias relativas das espécies comuns a dominantes ao longo da sondagem CM5.



1. 1. 3 - Constância das espécies

Dos taxa comuns a dominantes, apenas o grupo dos forros internos foi constante ao longo desta sondagem, com um valor de 98,3%. Os restantes taxa apresentaram valores de constância muito próximos sendo o mais baixo de 19% e o mais elevado de 34,5%, para os ccd e para a espécie *Ammobaculites* sp., respectivamente. Os valores de constância para todos os taxa comuns a dominantes podem ser consultados na Tabela I do Anexo 3.

1. 1. 4 - Razão Aglutinados / Calcários (A/C%)

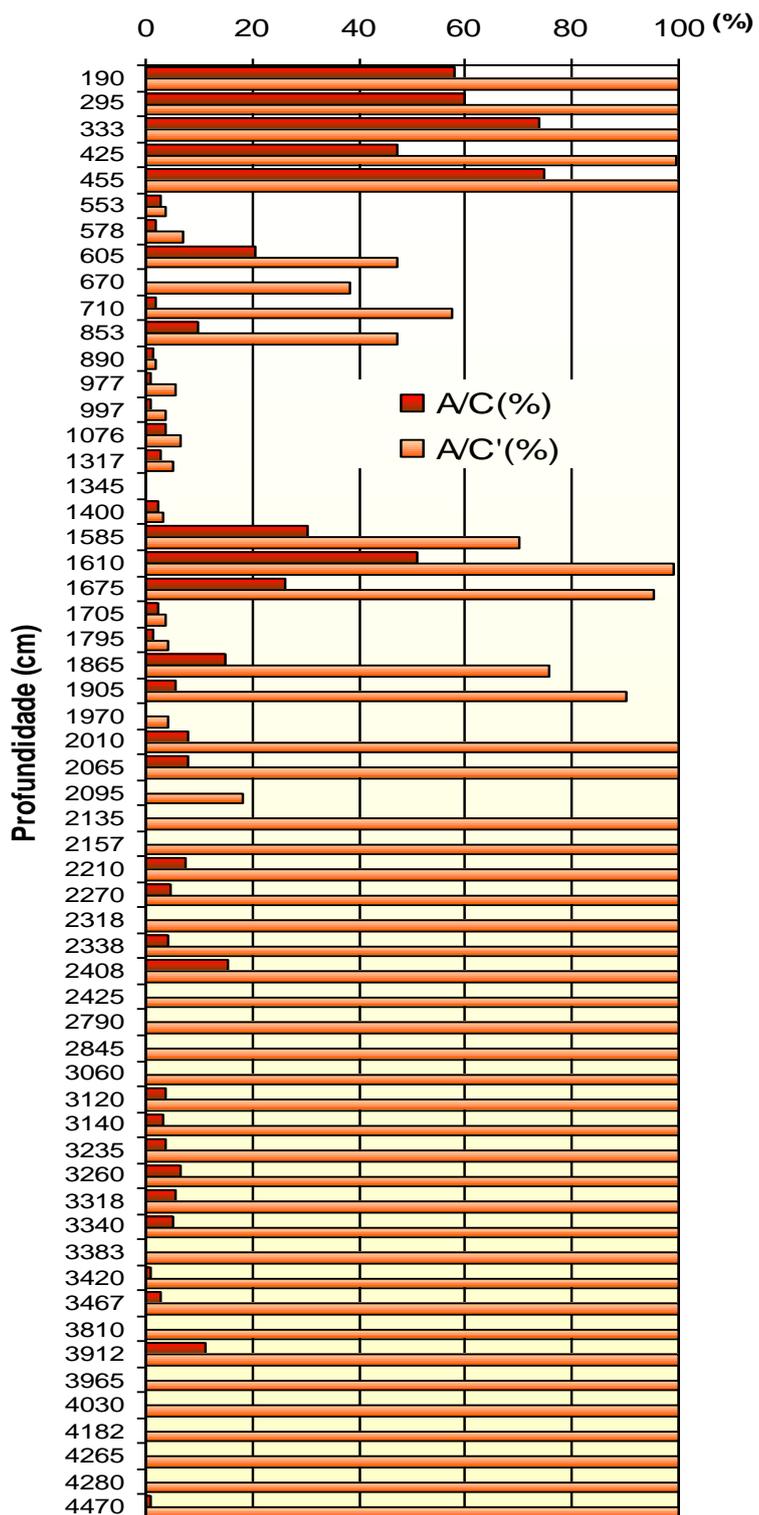
Este parâmetro foi calculado para duas situações distintas, em que no primeiro caso A/C (%) é calculado com A = aglutinados e no segundo caso A/C' (%) é calculado com A = aglutinados + forros internos. Esta razão foi calculada para todas as amostras e os seus valores podem ser consultados na Tabela I no Anexo 4. Se considerarmos A/C (%), calculado apenas com base nas espécies aglutinadas (*T. macrescens*, *T. inflata*, *T. spp*, *Miliammina fusca*, *Ammobaculites* sp. e o grupo dos indeterminados aglutinados), constata-se que esta razão atinge os valores mais elevados para os intervalos de 1675 a 1585 cm (variando de 26,2 a 51,1%) e 455 a 190 cm (variando de 57,8 a 74,6%) (Fig. 3. 3).

Com excepção da amostra 605 cm em que atinge os 20,8%, A/C (%), para as restantes amostras varia sempre entre valores baixos (de 0 a 15,2%).

De um ponto de vista mais geral parece poder dizer-se com alguma segurança que altos valores de A/C (%) estão sempre associados a altos valores de forros internos.

Quando calculamos A/C' (%) os resultados são bastante diferentes. Neste caso, facilmente se visualiza através do gráfico da Fig. 3. 3, que A/C' (%) é 100%, ou muito próximo deste valor, para a grande maioria das amostras. A excepção verifica-se para as amostras 553, 78, 890 – 1400, 1705, 1795, 1970 e 2095 cm de profundidade, em que A/C' (%) nunca ultrapassa os 18,3%, portanto o valor mais elevado de A/C' (%) para este grupo de amostras, registado na amostra 2095 cm.

Figura 3. 3 – Variação do valor A/C (%) para duas situações distintas para o testemunho de sondagem CM5, a primeira em que A/C (%) é calculado com A = carapaças aglutinadas (vermelho) e a segunda, em que A/C' (%) é calculado com A = carapaças aglutinadas + forros internos (laranja).



1. 1. 5 – *Diversidade*

A Diversidade foi calculada para todas as amostras e os resultados podem ser consultados no Anexo 2. É ainda apresentada na forma gráfica confrontada com o Grau de Influência Marinha, na Fig. 3. 13 da página 68. De acordo com este gráfico, o índice de Diversidade H' variou sempre entre valores muito baixos, registando-se o valor de 0 para 9 amostras e de 1,87 como valor mais elevado para a amostra 1317 cm. Na metade inferior do testemunho (4470 a 2135 cm) a diversidade nunca ultrapassa 0,42, valor registado para a amostra 2408 cm, que é também onde se registam todos os 9 casos de diversidade nula. É na metade superior do testemunho que se registam os valores mais elevados de diversidade, com um valor médio de 1,2.

2 - ESTUÁRIO DO RIO ARADE – BOINA

2. 1 - Resultados do furo P2

Das três sondagens analisadas nesta área de estudo P2 foi a mais profunda, atingindo os 22,40 metros de profundidade. Do testemunho de sondagem foram retiradas 53 amostras para análise de microfauna fóssil, desde os 1,57 até aos 19,07 metros de profundidade. Das 53 amostras, 9 não possuíam quaisquer vestígios de foraminíferos e 9 possuíam menos de 300 indivíduos (Tabela III Anexo 1).

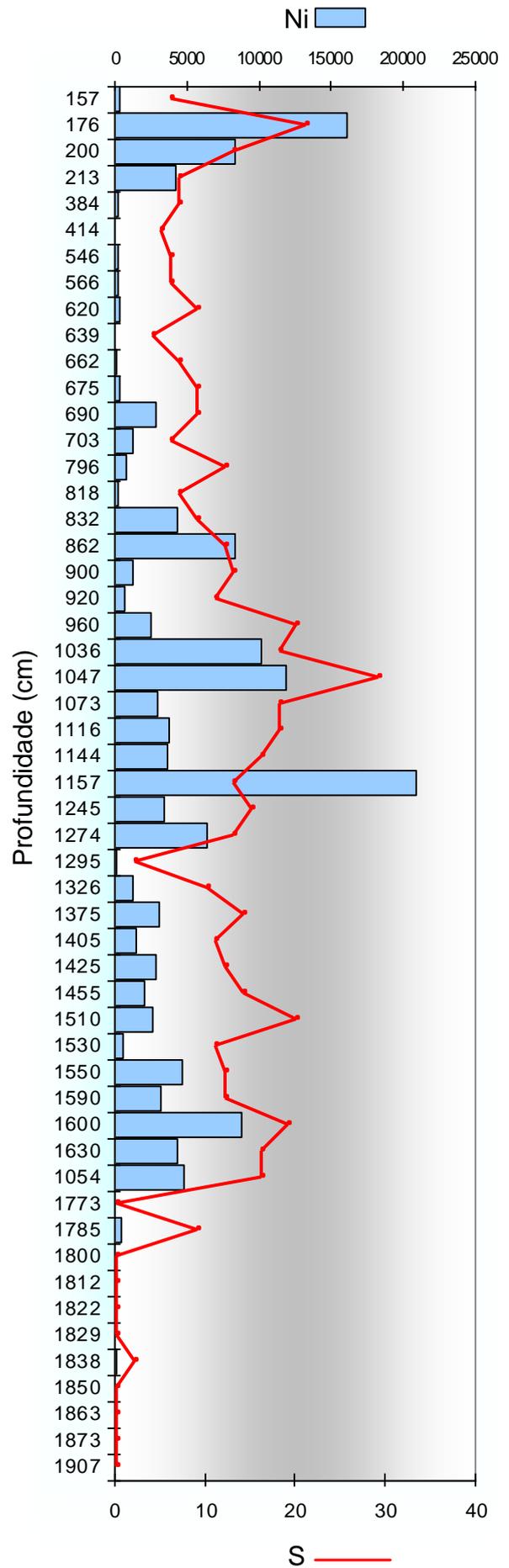
2. 1. 1 - *Densidade faunística (Ni) e número de espécies (S)*

O número de indivíduos por 10 cc de sedimento, retirados de cada amostra estatisticamente válida, variou entre 81 e 20.928 indivíduos, para as amostras 1838 e 1157 cm de profundidade, respectivamente. O valor de S para as mesmas amostras variou de 6 a 29 taxa.

Através da análise do gráfico da Fig. 3. 4 observa-se que no intervalo das amostras mais profundas, de 1907 a 1773 cm de profundidade, o valor de N_i é nulo, excepto no caso das amostras 1838 e 1785 cm, em que se registaram 81 e 492 indivíduos, respectivamente.

No intervalo de amostras seguinte, de 1654 a 1295 cm, o valor médio de N_i aumenta, sobretudo no grupo das amostras mais antigas deste intervalo, rondando os 3062 indivíduos por amostra (variando de 112 a 8757 indivíduos).

Figura 3. 4 - Variação do número de indivíduos (Ni) e número de espécies (S) ao longo da sondagem P2.



No intervalo de 1274 a 1036 cm Ni aumenta para um valor médio de cerca de 7901 indivíduos por amostra. É neste intervalo que se registam os valores mais elevados de Ni (variando de 3016 a 20.928 indivíduos).

No intervalo de 960 a 690 cm Ni diminui, registando-se um valor médio de cerca de 2487 indivíduos por amostra (variando de 209 a 8384 indivíduos).

Para o intervalo de amostras seguinte, de 675 a 384 cm de profundidade, Ni parece estabilizar em valores muito baixos, com um valor médio de cerca de 209 indivíduos por amostra (variando de 29 a 395 indivíduos).

Para o intervalo de amostras mais superficial, de 213 a 157 cm, o valor de Ni volta a aumentar. Este aumento, com início na amostra 213 cm, é progressivo e atinge o seu valor mais alto na amostra 176 cm com cerca de 16.056 indivíduos ao que logo imediatamente, aos 157 cm, decai abruptamente para apenas 384 indivíduos.

Segundo a Fig. 3. 4, S varia em concordância com Ni notando-se porém, uma maior amplitude nas oscilações deste último parâmetro. Seguindo os mesmos intervalos delimitados para Ni observa-se que para o intervalo de amostras mais profundo, de 1907 a 1773 cm de profundidade, os valores de S para as duas únicas amostras onde se registou a presença de foraminíferos (1838 e 1785 cm), foram de 2 e 9 espécies, respectivamente.

No intervalo de amostras seguinte, de 1654 a 1295 cm, o valor de S aumenta registando-se um valor médio de 13 espécies por amostra (variando de 2 a 20 espécies).

No intervalo de 1274 a 1036 cm, S aumenta um pouco mais registando-se um valor médio de cerca de 16 espécies por amostra (variando de 13 a 29 espécies).

No intervalo de 960 a 690 cm S diminui, registando-se um valor médio de cerca de 11 espécies por amostra (variando de 6 a 20 espécies).

De 675 a 384 cm o valor de S diminui ainda mais, calculando-se um valor médio de 7 espécies por amostra (variando de 4 a 9 espécies).

No intervalo de amostras mais superficial, de 213 a 157 cm, S volta a aumentar, apresentando um valor médio de cerca de 12 espécies por amostra (variando de 6 a 21 espécies).

2. 1. 2 - Abundância e dominância das espécies

As abundâncias relativas foram calculadas para todas as amostras, a todas as profundidades amostradas, e podem ser consultadas na Tabela IV no Anexo 1.

Ao longo deste testemunho foram contabilizadas e identificadas 49 espécies de foraminíferos bentónicos, pertencentes a 29 géneros, a 23 famílias e a 7 sub-ordens:

- 32 espécies (correspondentes a 17 géneros) da Sub-ordem Rotaliina;
- 2 espécies (correspondentes a 2 géneros) da Sub-ordem Haplophragmiina;
- 2 espécies (correspondentes a 2 géneros) da Sub-ordem Textulariina;
- 2 espécies (correspondentes a 2 géneros) da Sub-ordem Lagenina;
- 8 espécies (correspondentes a 4 géneros) da Sub-ordem Miliolina;
- 1 espécie da Sub-ordem Spirillinina;
- 2 espécies (correspondentes a 1 género) da Sub-ordem Trochamminina
(classificação de acordo com Debenay *et al.*, 1996).

A Sub-ordem Rotaliina é a melhor representada, integrando cerca de 65% do total das espécies.

Os foraminíferos porcelanosos (Sub-ordem Miliolina), são representados por 8 espécies diferentes pertencentes aos géneros *Quinqueloculina*, *Triloculina*, *Spiroloculina* e *Massilina*, constituindo cerca de 16% do total das espécies.

O grupo dos foraminíferos aglutinados é representado por 3 Sub-ordens, Haplophragmiina, Textulariina e Trochamminina, integrando cerca de 12% do total das espécies.

Foram deixadas em nomenclatura aberta, por não permitirem uma determinação específica segura devido a dúvidas na identificação sistemática, algumas formas dos géneros: *Ammobaculites*, *Brizalina*, *Bulimina*, *Cibicides*, *Discorbis*, *Discorbinella*, *Elphidium*, *Eggerella*, *Eponides*, *Fissurina*, *Lagena*, *Nonion*, *Quinqueloculina*, *Rosalina*, *Spirillina*, *Spiroloculina*, *Textularia*, *Trifarina*, *Triloculina* e *Virgulinea*.

Tal como para o testemunho de sondagem CM5 foram criados seis grupos taxonómicos artificiais, todos eles contendo indivíduos indeterminados, divididos de acordo com o tipo e estado da carapaça: Indeterminados (juvenis e adultos calcários), carapaças calcárias em dissolução (ccd), miliolídeos, planctónicos, indeterminados aglutinados e o grupo dos forros internos.

Analisando as abundâncias relativas de todos os grupos taxonómicos e agrupando-os em dois grupos principais verifica-se que no conjunto das amostras deste testemunho, 97,7% dos indivíduos são calcários, com 1,5% porcelanosos, e 1,3% são aglutinados. Os restantes 1% são forros internos, que poderão pertencer a um ou ao outro grupo, ou mesmo a ambos.

No conjunto das amostras estudadas ao longo deste testemunho, foram identificadas 4 espécies e 2 grupos taxonómicos dominantes, nomeadamente: *Ammobaculites* sp., *A. beccarii*, *H. germanica*, *T. inflata* e o grupo dos forros internos e dos ccd. Como *taxa* comuns foram identificadas as espécies *Brizalina* sp., *Eggerella* sp., e o grupo dos indeterminados. Foram ainda reunidas num mesmo grupo todos os restantes *taxa* raros e acessórios denominado por

“outros” e representado a branco no gráfico da Fig. 3. 5. Segundo o gráfico da Fig. 3. 5 e ao contrário do que acontece para o testemunho de sondagem CM5, no P2 predominam as espécies calcárias. De facto é fácil constatar que apenas em três amostras predominam as espécies aglutinadas acompanhadas pelo grupo dos forros internos. No entanto, parece importante diferenciar o conteúdo de cada uma delas: na última amostra deste furo, a 1838 cm, registou-se a presença de uma única espécie aglutinada, a *T. inflata*, com cerca de 64,2% dos registos, pertencendo os restantes 35,8% ao grupo dos forros internos, na amostra 1295 cm também se registou a presença de uma única espécie, neste caso *Ammobaculites* sp., com apenas 1,8% dos registos, pertencendo os restantes 98,2% ao grupo dos forros internos, enquanto que para a primeira amostra deste furo, a 157 cm, registou-se a presença de pelo menos 3 espécies aglutinadas diferentes sendo elas *T. inflata*, *Ammobaculites* sp. e *Eggerella* sp.. A estas 3 espécies que no conjunto constituem cerca de 76% do total dos indivíduos juntam-se-lhes o grupo dos forros internos com cerca de 20% e o grupo dos restantes taxa (outros), no presente caso, constituído apenas pela a espécie calcária *Elphidium poeyamn* e pelo grupo dos indeterminados aglutinados, com 1,4 e 2,7%, respectivamente.

Nas restantes amostras, ou seja, os intervalos de 1785 a 1326 e de 1274 a 176 cm de profundidade, é clara a dominância da associação de espécies *A. beccarii* e *H. germanica* com um valor de abundância cumulativa nunca inferior a 55,3% do total dos indivíduos para cada amostra destes intervalos. Contudo, é interessante verificar que o segundo intervalo, e portanto o mais recente, é dominado pela espécie *A. beccarii*, que estando presente em todas as amostras deste intervalo, registou um valor médio de abundância relativa de cerca de 65%. No segundo intervalo a espécie *H. germanica* domina com um valor médio de abundância relativa de cerca de 49% enquanto que o valor médio da espécie *A. beccarii* diminui para cerca de 20%.

Nestes dois intervalos onde dominam as formas calcárias, o grupo dos “outros”, dos indeterminados e a espécie *Brizalina* sp. parecem estar associados. Os seus valores de abundância relativa mais elevados ocorrem para as mesmas amostras o que se visualiza bem, sobretudo nas amostras 1036, 1047 e 1157 cm.

2. 1. 3 - Constância das espécies

Dos taxa comuns a dominantes foram constantes ao longo desta sondagem as espécies *A. beccarii*, *H. germanica* e *Brizalina* sp., o grupo dos forros internos e dos indeterminados, com valores de constância de 92,8% para as duas primeiras espécies, de 69% para *Brizalina* sp., 85,7% para o grupo dos indeterminados e apenas 54,7% para o grupo dos forros internos. Os valores para os restantes taxa foram baixos, sobretudo para as espécies *Eggerella* sp. e *T.*

inflata com 4,7 e 9,5%, respectivamente. Os valores de constância calculados para todos os taxa comuns a dominantes podem ser consultados na Tabela II no Anexo 3.

2. 1. 4 - Razão Aglutinados / Calcários (A/C%)

Tal como para a sondagem CM5, este parâmetro foi calculado para duas situações possíveis, em que no primeiro caso A/C (%) é calculado com A = aglutinados e no segundo caso A/C' (%) é calculado com A = aglutinados + forros internos. Esta razão foi calculada para todas as amostras e os seus valores podem ser consultados na Tabela II no Anexo 4.

Figura 3. 5 - Abundâncias relativas das espécies comuns a dominantes ao longo da sondagem P2.

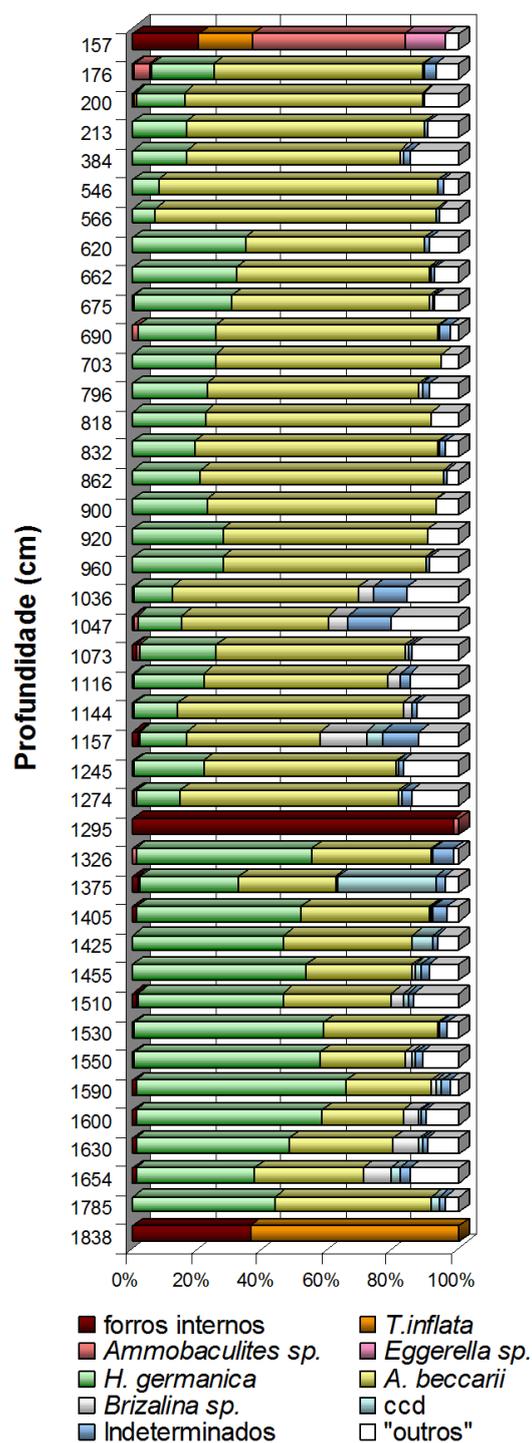
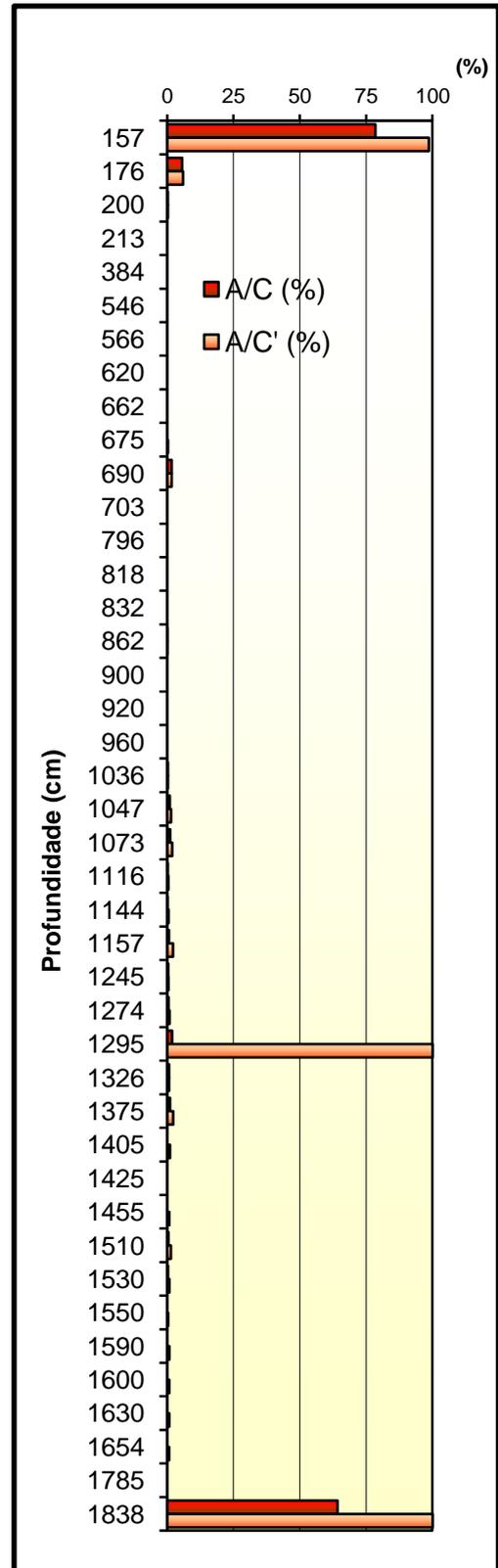


Figura 3. 6 – Variação do valor A/C (%) para duas situações distintas para a sondagem P2, a primeira em que A/C (%) é calculado com A = carapaças aglutinadas (vermelho) e a segunda, em que A/C' (%) é calculado com A = carapaças aglutinadas + forros internos (laranja).



Quando considerarmos A/C (%) calculado com base apenas nas espécies aglutinadas (*Ammobaculites* sp., *Eggerella* sp., *Miliammina fusca*, *Textularia* sp., *T. inflata*, *T. macrescens* e o grupo dos aglutinados indeterminados), constata-se que esta razão atinge os valores mais elevados para a primeira, segunda e última amostra deste furo, com 78,4, 5,6 e 64,2% respectivamente. Nas restantes amostras esta razão tem pouca expressão já que para a maioria dos casos é nula e, aquando a possibilidade de cálculo, nunca ultrapassa os 1,8%, valor este registado para a amostra 1295 cm (Fig. 3. 6).

Ao calcular A/C' (%) os resultados não são muito diferentes. No caso da primeira amostra, 157 cm, o valor de A/C' (%) aumenta para 98,6%, no caso da segunda amostra, 176 cm, verifica-se um aumento irrisório para 5,9 e no caso da última amostra, 1838 cm, aumenta para 100%. Nas restantes amostras onde se registava já a presença de taxa aglutinados os valores de A/C' (%) não sofrem acréscimos significativos (Fig. 3. 6 e Tabela II no Anexo 4).

2. 1. 5 - Diversidade

Este índice foi calculado para todas as amostras e pode ser consultado no Anexo 2. É ainda apresentado na forma gráfica confrontado com o Grau de Influência Marinha, na Fig. 3. 14 na página 86. De acordo com este gráfico, o índice de diversidade H' variou sempre entre valores muito baixos ao longo de todo o furo, sendo o valor mais baixo de 0,1, registado para a amostra 1274 cm e o valor mais alto de 2,04, para a amostra 1047 cm. No entanto, este índice parece ter maior expressão nos intervalos de amostras 1654-1375 e 1245-1036 cm.

2. 2 - Resultados da sondagem P5

Das três sondagens analisadas nesta área de estudo, P5 foi a menos profunda, com cerca de 20,52 metros de profundidade. Deste testemunho de sondagem foram retiradas 45 amostras para análise de microfauna fóssil, desde os 1,50 até aos 16,25 metros de profundidade, das quais 4 não possuíam quaisquer foraminíferos e 22 possuíam menos de 300 indivíduos (Tabela V Anexo 1).

2. 2. 1 - Densidade faunística (Ni) e número de espécies (S)

O número de indivíduos por 10 cc de sedimento, retirados de cada amostra estatisticamente válida, variou entre 101 e 20.888 indivíduos, para as amostras 1257 e 18 cm de profundidade, respectivamente. O valor de S para as amostras estatisticamente válidas variou de 3 a 31 taxa.

Através da análise do gráfico da Fig. 3. 7, verifica-se que nas três amostras mais profundas, 1625-1588 cm, os valores de Ni são muito baixos, variando de 0 a 24 indivíduos.

No intervalo de amostras seguinte, de 1541 a 1357 cm, verifica-se um aumento deste parâmetro com um valor médio de 2741 indivíduos por amostra (variando de 0 a 8608 indivíduos). O intervalo de 1324 a 1223 cm é marcado pela insuficiência de foraminíferos, com um valor médio de 57 indivíduos por amostra (variando de 0 a 136 indivíduos).

No intervalo de 1206 a 658 cm Ni volta a aumentar, calculando-se um valor médio de cerca de 5282 indivíduos por amostra (variando de 285 a 10.867 indivíduos).

No intervalo de 587 a 76 cm de profundidade volta a verificar-se a insuficiência de foraminíferos, com um valor médio de Ni de cerca de 21 indivíduos por amostra (variando de 0 a 66 indivíduos).

Por fim, para o intervalo de amostras mais superficial, de 46 a 18 cm, Ni volta a aumentar para um valor médio de cerca de 8050 indivíduos por amostra (variando de 375 a 20.888 indivíduos).

Através da Fig. 3. 7 e seguindo os mesmos intervalos delimitados para Ni, verifica-se que para o intervalo de amostras mais profundo, constituído por apenas três amostras, nomeadamente 1625, 1608 e 1588 cm, S é sempre muito baixo, variando de 0 a 2 taxa.

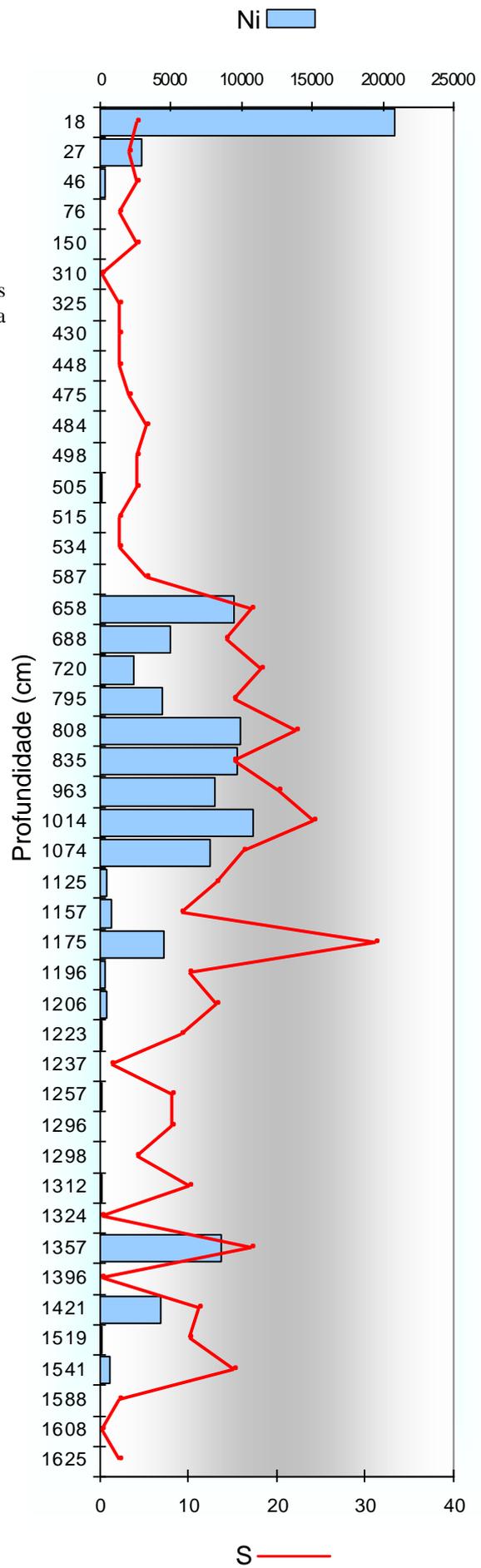
No intervalo de amostras seguinte, de 1541 a 1357 cm, S aumenta bastante calculando-se um valor médio de cerca de 11 espécies por amostra (variando de 0 a 17 espécies). S volta a diminuir no intervalo de 1324 a 1237 cm, registando-se um valor médio de cerca de 6 espécies por amostra (variando de 0 a 10 espécies).

É no intervalo de 1206 a 658 cm que se registam os valores de S mais elevados para esta sondagem, calculando-se um valor médio de cerca de 17 espécies por amostra (variando de 9 a 31 espécies).

No intervalo imediatamente a seguir, de 587 a 76 cm, S diminui novamente, calculando-se um valor médio de cerca de 3 espécies por amostra (variando de 0 a 5 espécies).

No intervalo mais superficial, de 46 a 18 cm de profundidade, contrastando com o Ni, S mantém-se baixo, variando de 3 a 4 espécies por amostra.

Figura 3. 7 - Variação do número de indivíduos (Ni) e número de espécies (S) ao longo da sondagem P5.



2. 2. 2 - Abundância e dominância das espécies

As abundâncias relativas foram calculadas para todos os *taxa*, a todas as profundidades amostradas, e podem ser consultadas na Tabela VI no Anexo 1.

Ao longo deste testemunho de sondagem foram contabilizadas e identificadas 44 espécies de foraminíferos bentônicos, pertencentes a 25 géneros, a 20 famílias e a 6 sub-ordens:

- 28 espécies (correspondentes a 16 géneros) da Sub-ordem Rotaliina;
 - 2 espécies (correspondentes a 2 géneros) da Sub-ordem Haplophragmiina;
 - 10 espécies (correspondentes a 4 géneros) da Sub-ordem Miliolina;
 - 1 espécie da Sub-ordem Lagenina;
 - 1 espécie da Sub-ordem Spirillinina;
 - 2 espécies (correspondentes a 1 género) da Sub-ordem Trochamminina
- (classificação de acordo com DEBENAY *et al.*, 1996).

A Sub-ordem Rotaliina é a melhor representada, integrando cerca de 64% do total das espécies.

Os foraminíferos porcelanosos (Sub-ordem Miliolina) são representados por 10 espécies diferentes pertencentes aos géneros *Quinqueloculina*, *Triloculina*, *Edentostomia* e *Massilina*. Este grupo representa cerca de 23% do total das espécies.

O grupo dos foraminíferos aglutinados, aqui representado por duas Sub-ordens, Haplophragmiina e Trochamminina, integra cerca de 9% do total das espécies.

Foram deixadas em nomenclatura aberta, por não permitirem uma determinação específica segura devido a dúvidas na identificação sistemática, algumas formas dos géneros: *Ammobaculites*, *Brizalina*, *Bulimina*, *Cibicides*, *Discorbis*, *Elphidium*, *Fissurina*, *Nonion*, *Rosalina*, *Spirillina*, *Triloculina* e *Virgulinea*.

Também para esta sondagem foram tidos em conta os seis grupos taxonómicos artificiais, todos eles contendo indivíduos indeterminados, divididos de acordo com o tipo e estado da carapaça, nomeadamente: indeterminados (adultos e juvenis calcários), calcários em dissolução (ccd), miliolídeos, planctónicos, indeterminados aglutinados e o grupo dos forros internos.

Analisando as abundâncias relativas de todos os grupos taxonómicos e agrupando-os em dois grupos principais temos que no conjunto das amostras deste testemunho, cerca de 82% dos indivíduos são calcários, com 3% porcelanosos, e 11,3% são aglutinados. Os restantes 6,7% são forros internos, que poderão pertencer a um ou ao outro grupo, ou mesmo a ambos.

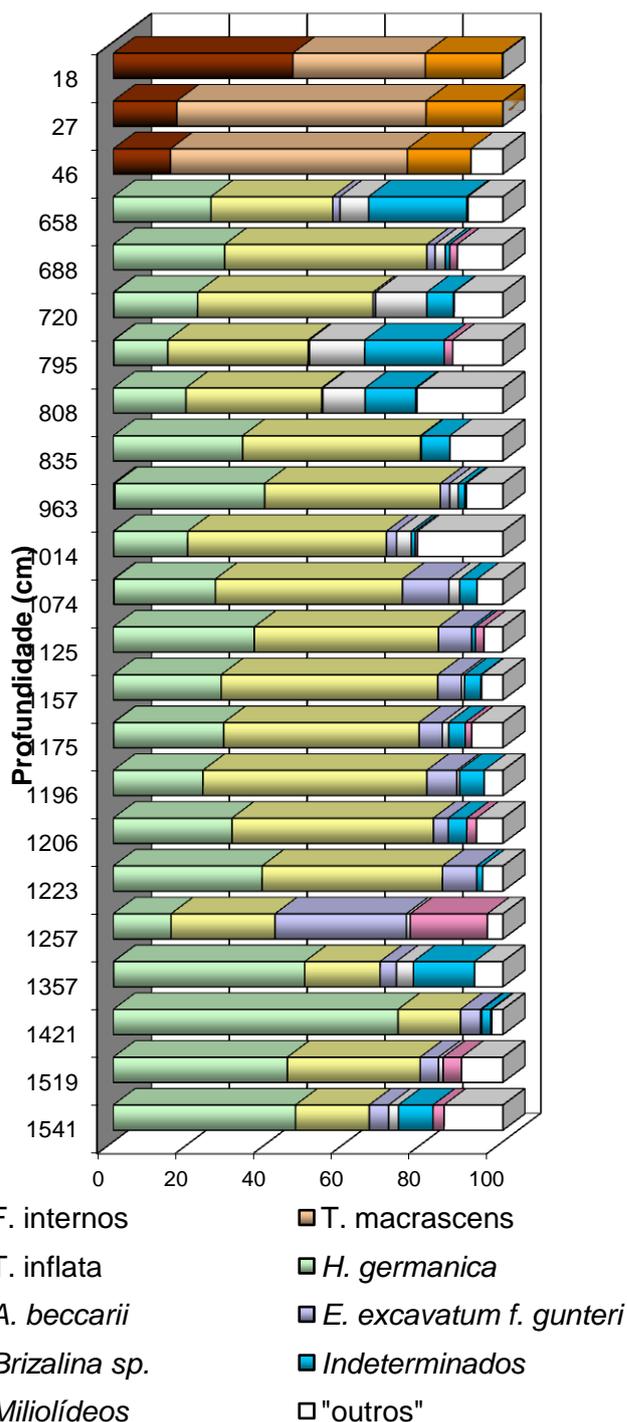
No conjunto das amostras estudadas ao longo deste testemunho de sondagem, foram identificadas 5 espécies e 2 grupos taxonómicos dominantes, nomeadamente: *A. beccarii*,

Elphidium excavatum f. *gunteri*, *H. germanica*, *T. inflata*, *T. macrascens*, o grupo dos indeterminados e dos forros internos.

Como *taxa* comuns foram identificados a espécie *Brizalina* sp. e o grupo dos miliolídeos. Foram ainda reunidas num mesmo grupo todos os restantes *taxa* raros e acessórios, denominado por “outros” e representado a branco no gráfico da Fig. 3. 8.

Segundo o gráfico da Fig. 3. 8 e tal como acontece para o testemunho de sondagem P2, ao longo de todo o P5 predominam as espécies calcárias e regista-se o domínio de espécies aglutinadas em apenas três amostras. A grande diferença prende-se com a localização exacta

Figura 3. 8 - Abundâncias relativas das espécies comuns a dominantes ao longo da sondagem P5.



das amostras que para P5 são contíguas (as três primeiras) enquanto que para P2 se distribuem ao longo do furo, uma no princípio do testemunho, outra mais ou menos ao centro e a terceira no fim da sequência sedimentar.

Com exceção das três amostras mais superficiais, ao longo do restante testemunho e considerando apenas as amostras estatisticamente válidas, verificou-se: a dominância da associação das espécies *A. beccarii* e *H. germanica* com valores de abundância cumulativa relativa nunca inferiores a 41,5% e com um valor médio de 72,5%; que das duas espécies que constituem esta associação *A. beccarii* é sempre dominante com exceção das quatro últimas amostras, de 1357 a 1541 cm, em que domina a espécie *H. germanica*; que a espécie *Brizalina* sp. está presente em quase todas as amostras, manifestando maior expressão no sub-intervalo de 658 a 835 cm; que espécie *Elphidium excavatum* f. *gunteri* está presente em todas as amostras, manifestando maior expressão no sub-intervalo de 1074 a 1541 cm; o grupo dos indeterminados está presente em quase todas as amostras, manifestando maior expressão no mesmo sub-intervalo que a espécie *Brizalina* sp., ou seja, de 658 a 835 cm; e que o grupo dos miliolídeos é, de entre os taxa calcários comuns a dominantes, o menos constante, manifestando no entanto, maior expressão na metade mais antiga do testemunho.

2. 2. 3 - Constância das espécies

Todos os taxa calcários comuns a dominantes foram constantes, verificando-se o valor de constância máximo de 90% para três espécies, nomeadamente *A. beccarii*, *H. germanica* e *E. excavatum* f. *gunteri*, e o mínimo de 65% para o grupo dos miliolídeos. As espécies aglutinadas bem como o grupo dos forros internos não foram constantes. Os valores de constância para estes taxa podem ser consultados na Tabela III no Anexo 3.

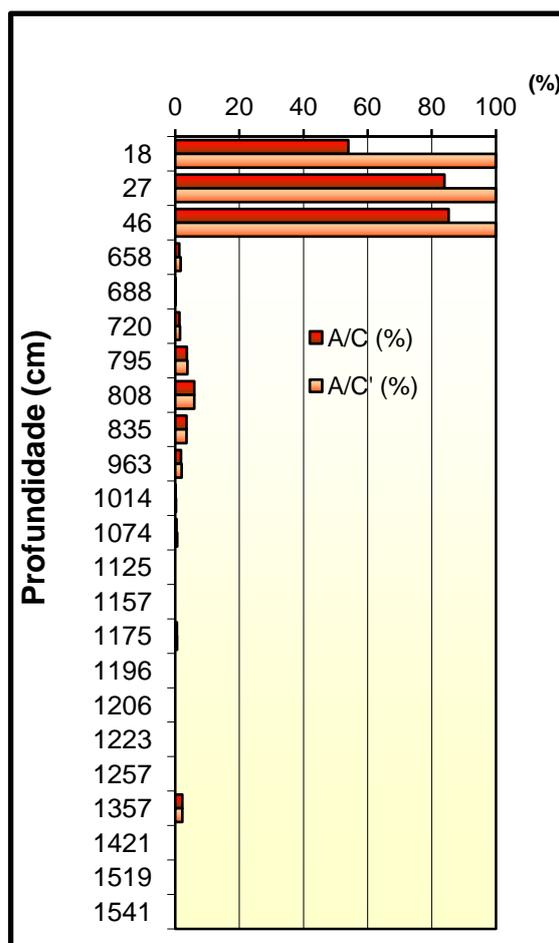
2. 2. 4 - Razão Aglutinados / Calcários (A/C%)

Tal como para as sondagens anteriores, este parâmetro foi calculado para duas situações possíveis, em que no primeiro caso A/C (%) é calculado com A = aglutinados e no segundo caso A/C' (%) é calculado com A = aglutinados + forros internos. Esta razão foi calculada para todas as amostras e os seus valores podem ser consultados na Tabela III no Anexo 4. A variação deste parâmetro é ainda exibida sob a forma gráfica na Fig. 3. 9. Se considerarmos A/C (%) calculado com base apenas nas espécies aglutinadas (*Ammobaculites* sp., *Miliammina fusca*, *T. inflata* e *T. macrescens*) verifica-se que varia de 54 a 85,3% nas três primeiras amostras, de 46 a 18 cm de profundidade, contrastando com valores muito baixos para as restantes amostras, sobretudo as que constituem a metade mais antiga do testemunho. Na

metade mais recente do restante testemunho, de 963 a 658 cm, o contributo em espécies aglutinadas é atribuído essencialmente à espécie *Ammobaculites* sp., uma vez que as restantes espécies ocorrem apenas ocasionalmente e com valores de abundância nunca superiores a 0,2%.

Quando calculamos A/C' (%), este valor aumenta para 100% nas três primeiras amostras, significando a ausência total de formas calcárias neste intervalo. No restante testemunho não se destringam diferenças significativas.

Figura 3. 9 – Variação do valor A/C (%) para duas situações distintas para a sondagem P5, a primeira em que A/C (%) é calculado com A = carapaças aglutinadas (vermelho) e a segunda, em que A/C' (%) é calculado com A = carapaças aglutinadas + forros internos (laranja).



2. 2. 5 - Diversidade

Este índice foi calculado para todas as amostras e os resultados podem ser consultados na Tabela III no Anexo 2. É ainda apresentado na forma gráfica, confrontado com o Grau de Influência Marinha, na Fig. 3. 15 na página 90. De acordo com este gráfico, o índice de Diversidade H' variou sempre entre valores muito baixos ao longo de todo o furo, sendo o valor mais baixo de 0,9, registado para duas amostras, 1421 e 27 cm, e o valor mais alto de 2,1 para a amostra 808 cm. No entanto, este índice parece ter maior expressão nos intervalos de amostras 1541-1357 e 1257-658 cm.

2. 3 - Resultados da sondagem P6

Desta sondagem de 19,6 metros de profundidade foram retiradas 52 amostras para análise de microfauna fóssil entre os 9,8 e os 17,9 metros. Das 52 amostras 15 não possuíam quaisquer vestígios de foraminíferos e 14 possuíam menos de 300 indivíduos (Tabela VI Anexo 1).

2. 3. 1 - *Densidade faunística (Ni) e número de espécies (S)*

O número de indivíduos por 10 cc, retirados de cada amostra estatisticamente válida, variou entre 211 e 10.536 indivíduos, para as amostras 720 e 845 cm de profundidade, respectivamente. O valor de S para as amostras estatisticamente válidas variou de 3 a 24 taxa.

Através da análise do gráfico da Fig. 3. 10, verifica-se que no grupo de amostras mais antigas, de 1797 a 1494 cm, apenas na 1494 cm, se contabilizam 8 forros internos não se reconhecendo nenhum vestígio nas restantes.

No intervalo seguinte, de 1470 a 804 cm, o cenário é bastante diferente, sendo neste grupo de amostras que Ni atinge os valores mais elevados para este testemunho, com um valor médio de 3830 indivíduos por amostra (variando de 1 a 10.536 indivíduos).

No intervalo de 720 a 525 cm Ni diminui bastante, calculando-se um valor médio de cerca de 743 indivíduos por amostra (variando de 0 a 2456 indivíduos).

No intervalo imediatamente a seguir, de 420 a 228 cm, verifica-se a insuficiência de foraminíferos para reconhecer uma associação, calculando-se um valor médio de cerca de 13 indivíduos por amostra (variando de 6 a 23 indivíduos).

No intervalo de amostras mais superficial, de 203 a 98 cm, Ni volta a aumentar, calculando-se um valor médio de 610 indivíduos por amostra (variando de 213 a 1204 indivíduos).

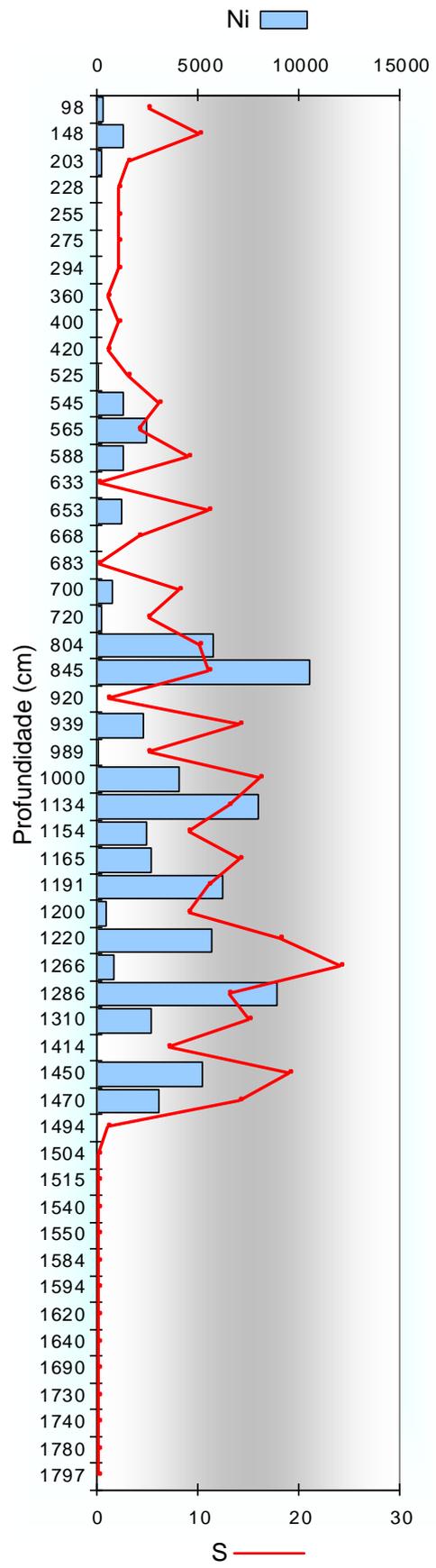
Através do gráfico da Fig. 3. 10 e utilizando os mesmos intervalos delineados para Ni, verifica-se que, para o intervalo de amostras mais profundo, de 1797 a 1494 cm de profundidade, S é sempre nulo com exceção da amostra mais recente deste intervalo em que se contabilizou um único taxa.

No intervalo seguinte, de 1470 a 804 cm, S assume um valor médio de 12 taxa por amostra (variando de 1 a 24 taxa), diminuindo para 5 taxa (variando de 0 a 11 espécies) para o intervalo de amostras imediatamente a seguir, de 720 a 525 cm de profundidade

No intervalo de 420 a 228 cm o valor médio de S diminui ainda mais, calculando-se cerca de 2 taxa por amostra (variando de 1 a 2 espécies).

No intervalo mais superficial, de 203 a 98 cm, S volta a aumentar para um valor médio de 6 espécies por amostra (variando de 3 a 10 espécies).

Figura 3. 10 - Variação do número de indivíduos (Ni) e número de espécies (S) ao longo da sondagem P6.



2.3.2 - Abundância e dominância das espécies

As abundâncias relativas foram calculadas para todos os taxa, a todas as profundidades amostradas, e podem ser consultadas na Tabela VIII no Anexo 1.

Ao longo deste testemunho de sondagem foram contabilizadas e identificadas 37 espécies de foraminíferos bentônicos, pertencentes a 23 géneros, a 17 famílias e a 6 sub-ordens:

- 28 espécies (correspondentes a 16 géneros) da Sub-ordem Rotaliina;
 - 1 espécie da Sub-ordem Haplophragmiina;
 - 3 espécies (correspondentes a 3 géneros) da Sub-ordem Miliolina;
 - 2 espécies (correspondentes a 2 géneros) da Sub-ordem Lagenina;
 - 1 espécie da Sub-ordem Spirillinina;
 - 2 espécies (correspondentes a 1 género) da Sub-ordem Trochamminina
- (classificação de acordo com Debenay *et al.*, 1996).

A Sub-ordem Rotaliina é a melhor representada, integrando 75,7% do total das espécies.

Os foraminíferos porcelanosos (Sub-ordem Miliolina), representados por apenas 3 espécies diferentes pertencentes aos géneros *Quinqueloculina*, *Triloculina*, e *Massilina*, representam 8% do total das espécies.

O grupo dos foraminíferos aglutinados, aqui representado por duas Sub-ordens, Haplophragmiina e Trochamminina, integram também 8% do total das espécies.

Foram deixadas em nomenclatura aberta, por não permitirem uma determinação específica segura devido a dúvidas na identificação sistemática, algumas formas dos géneros: *Ammobaculites*, *Brizalina*, *Bulimina*, *Cibicides*, *Discorbis*, *Elphidium*, *Eponides*, *Fissurina*, *Glabratella*, *Lagena*, *Nonion*, *Nonionella*, *Rosalina*, *Spirillina*, e *Triloculina*.

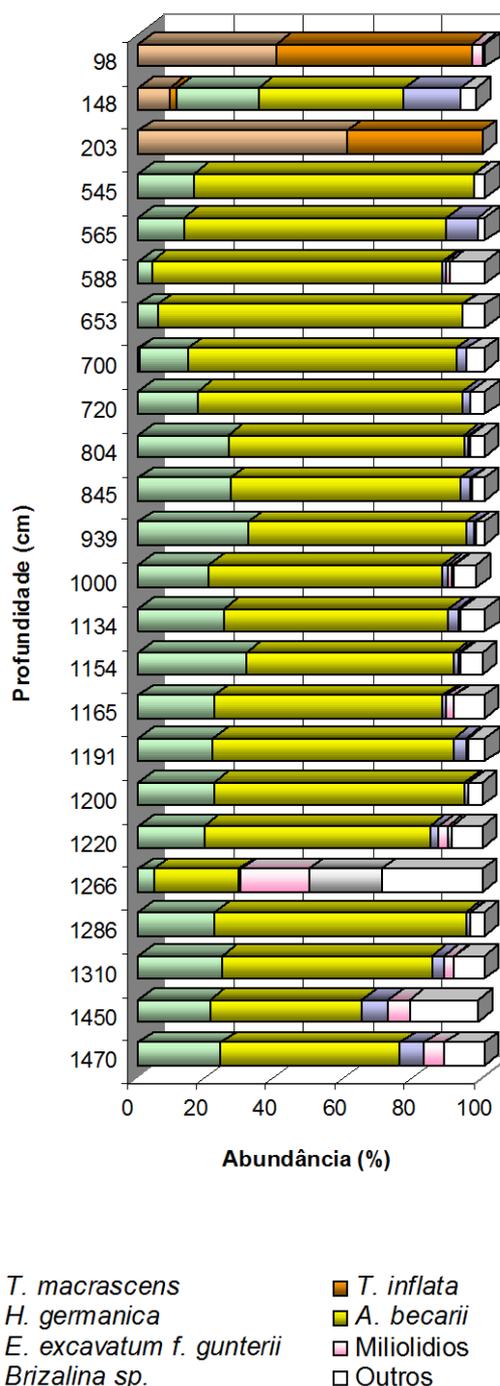
Também para esta sondagem foram tidos em conta os seis grupos taxonómicos artificiais, todos eles contendo indivíduos indeterminados, divididos de acordo com o tipo e estado da carapaça, nomeadamente: indeterminados (adultos e juvenis calcários), calcários em dissolução (ccd), miliolídeos, planctónicos, indeterminados aglutinados e o grupo dos forros internos.

Analisando as abundâncias relativas de todos os grupos taxonómicos e agrupando-os em dois grupos principais temos que no conjunto das amostras deste testemunho, cerca de 95,3% dos indivíduos são calcários, com 2,6% porcelanosos, e 4,2% são aglutinados. Os restantes 0,5% são forros internos, que poderão pertencer a um ou ao outro grupo, ou mesmo a ambos.

No conjunto das amostras estudadas ao longo deste testemunho de sondagem, foram identificadas 5 espécies dominantes, nomeadamente: *A. beccarii*, *Brizalina* sp., *H. germanica*, *T. inflata* e *T. macrescens* e dois taxa comuns, a espécie *Elphidium excavatum* f. *gunteri* e o grupo dos miliolídeos.

Foram ainda reunidas num mesmo grupo todos os restantes *taxa* raros e acessórios denominado por “outros” e representado a branco no gráfico da Fig. 3. 11.

Figura 3. 11 - Abundâncias relativas das espécies comuns a dominantes ao longo da sondagem P6.



Em termos de dominância das espécies a sondagem P6 é muito semelhante às sondagens conterrâneas. Ao longo de quase toda a sondagem domina a espécie *A. beccarii*, com um valor médio de abundância relativa de cerca de 60%. A esta forma estuarina está associada a espécie *H. germanica*, contudo, exibindo valores de abundância relativa nunca superiores a 32%. Estas

duas espécies não se registaram nas amostras 203 e 98 cm, onde predominam, quase exclusivamente, as formas aglutinadas.

Com exceção das três amostras mais superficiais, não se volta a registrar de forma significativa a presença de formas aglutinadas ao longo do restante testemunho de sondagem.

A amostra 1266 cm sobressai das restantes, marcada pela forte presença da espécie *Brizalina* sp. e dos grupos dos miliolídeos e “outros”. É a amostra onde se regista o valor mais elevado de diversidade da presente sondagem e onde a espécie *A. beccarii* possui menor expressão.

Parece ainda importante referir que é no grupo de amostras mais antigas que o grupo dos miliolídeos bem como o dos “outros” têm maior expressão.

2. 3. 3 - Constância das espécies

Todos os taxa calcários comuns a dominantes foram constantes, verificando-se o valor de constância máximo de 91,6% para três espécies, nomeadamente *A. beccarii*, *H. germanica* e *E. excavatum* f. *gunteri*, e o mínimo de 54,2% para a espécie *Brizalina* sp.. As espécies aglutinadas *T. inflata* e *T. macrescens* não foram constantes. Os valores de constância para estes taxa podem ser consultados na Tabela IV no Anexo 3.

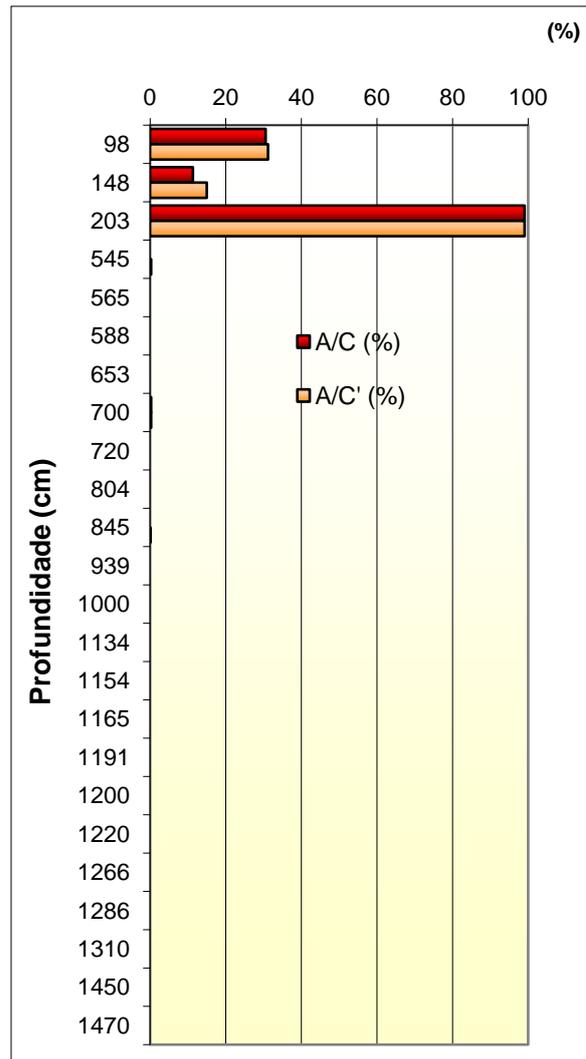
2. 3. 4 - Razão Aglutinados / Calcários (A/C%)

Tal como para as sondagens anteriores, este parâmetro foi calculado para duas situações possíveis, em que no primeiro caso A/C (%) é calculado com A = aglutinados e no segundo caso A/C' (%) é calculado com A = aglutinados + forros internos. Esta razão foi calculada para todas as amostras e os seus valores podem ser consultados na Tabela IV no Anexo 4.

A variação deste parâmetro é ainda exibida sob a forma gráfica na Fig. 3. 12. Se considerarmos A/C (%) calculado com base apenas nas espécies aglutinadas (*Ammobaculites* sp., *T. inflata* e *T. macrescens*) verifica-se que varia de 0,3 a 99,1% num rol de apenas quatro amostras (700, 203, 148 e 98 cm de profundidade).

Quando calculamos A/C' (%) e tem-se em conta o número de forros internos, este valor não sofre alterações significativas.

Figura 3. 12 – Variação do valor A/C (%) para duas situações distintas para a sondagem P6, a primeira em que A/C (%) é calculado com A = carapaças aglutinadas (vermelho) e a segunda, em que A/C' (%) é calculado com A = carapaças aglutinadas + forros internos (laranja).



2. 3. 5 - Diversidade

Este índice foi calculado para todas as amostras e pode ser consultado na Tabela IV no Anexo 2. É ainda apresentado na forma gráfica confrontado com o Grau de Influência Marinha, na Fig. 3. 16, na página 93. De acordo com este gráfico, o índice de Diversidade H' variou sempre entre valores muito baixos ao longo de todo o furo, sendo o valor mais baixo de 0,5, registado para a amostra 653 cm, e o valor mais alto de 2,1 para a amostra 1266 cm. No entanto, este índice parece ter maior expressão no intervalo de amostras mais antigas, de 1470 a 1220 cm, com um valor médio de 1,5.

3 - SÍNTESE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO GIM

Devido à extensão dos testemunhos de sondagem, estes foram divididos em biohorizontes de acordo com a predominância do ambiente, com o intuito de facilitar não só a descrição das sequências sedimentares mas também a sua interpretação.

3.1 – Sondagem CM5

Esta sondagem foi dividida em oito biohorizontes distintos podendo, no entanto, alguns serem semelhantes no que concerne ao tipo de ambiente prevalecente. A interpretação é realizada no sentido do mais antigo ao mais recente (Fig. 3. 13).

Biohorizonte 1 – Nesta sequência sedimentar de 360 cm de testemunho, compreendidos entre os 4850 e os 4490 cm de profundidade, verificou-se a ausência total de foraminíferos sendo por isso considerada como sujeita ao GIM 1, ou seja, sem foraminíferos. Esta ausência de microfauna fóssil bem como a datação disponível indicando 10 990 +/- 40 anos BP aos 4767 cm de profundidade sugerem um ambiente terrestre, com depósitos, provavelmente de origem fluvial, pré-holocénicos.

Biohorizonte 2 – Nesta sequência sedimentar de 660 cm de testemunho, compreendidos entre os 4470 e os 3810 cm de profundidade, verifica-se uma alternância entre o GIM 1 e 2, ou seja, um ambiente de total ausência de foraminíferos e um ambiente fortemente confinado, caracterizado pela presença do grupo dos forros internos associado ou não a uma das seguintes espécies: *T. inflata* e *Trochammina* sp. O início deste biohorizonte marca o primeiro registo de influência marinha para esta sondagem a cerca de -44,7 metros, manifestada através do ambiente de sapal.

Biohorizonte 3 – Nesta sequência sedimentar de 219 cm de testemunho, compreendidos entre os 3754 e os 3535 cm de profundidade, também não se registaram foraminíferos, com exceção da amostra 3655 cm em que se contaram algumas carapaças. Face ao ambiente considerado no biohorizonte 2, o biohorizonte 3 parece sugerir uma diminuição da influência marinha que se manteve em todo o intervalo em consideração.

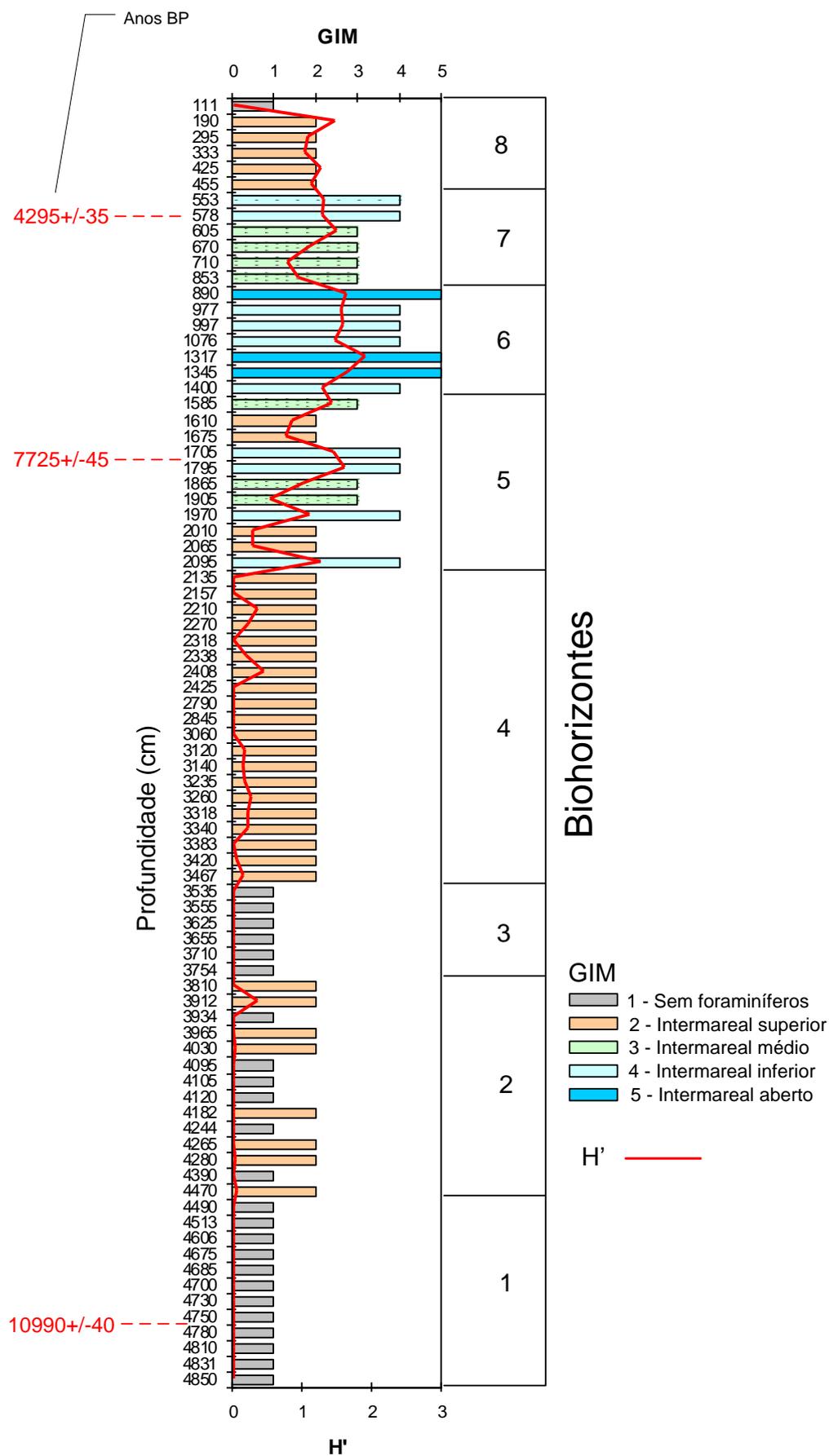


Figura 3.13 - Variação do Grau de Influência Marinha (GIM) e Índice de Diversidade de Shannon ao longo da sondagem CM5.

Biohorizonte 4 – Esta sequência sedimentar é a mais longa, com cerca de 1332 cm de testemunho compreendidos entre os 3467 e os 2135 cm de profundidade. A este conjunto de amostras foi atribuído o GIM 2, que caracteriza o ambiente intermareal superior. A grande maioria das amostras deste intervalo é constituída por mais de 90% de forros internos que, em alguns casos, estão associados a *Trochammina* spp.

Este biohorizonte sugere o regresso de influência marinha que poderia ser traduzida num ambiente típico de sapal médio-superior que se manteve durante um largo intervalo temporal. Os valores de diversidade ao longo deste intervalo foram sempre muito baixos, registando-se um valor médio de H' igual a 0,1.

Biohorizonte 5 – Com 510 cm de testemunho, compreendidos entre os 2095 e os 1585 cm de profundidade, é caracterizado por uma alternância da influência marinha que varia entre o grau 2 e o 4, ou seja, neste intervalo de amostras encontram-se os ambientes intermareal superior, médio e inferior. O ambiente intermareal superior é caracterizado pelo grupo dos forros internos associado a pelo menos uma das seguintes espécies: *T. inflata*, *T. macrescens*, *Trochammina* sp. e *Ammobaculites* sp.. O ambiente intermareal médio, inicialmente definido pela predominância de espécies aglutinadas e/ou forros internos e pela pouca expressão da associação *A. beccarii* e *H. germanica*, foi atribuído a três amostras deste biohorizonte.

O ambiente intermareal inferior é caracterizado pela associação *A. beccarii* e *H. germanica*, cujos valores de codominância são sempre superiores a 70%.

Para o presente biohorizonte o valor de diversidade médio permanece baixo, sofrendo, no entanto, um aumento para cerca de 0,9.

A sequência variável de paleoambientes deste biohorizonte sugerem a passagem de um ambiente confinado como poderia ser o sapal médio a alto para um ambiente lagunar sujeito a maior influência marinha. De acordo com a datação disponível para este biohorizonte, indicando 7725 anos B. P. aos 1775 cm de profundidade (Fig. 3. 13), esta fase terá tido início por volta dos 8000 anos BP.

Biohorizonte 6 - Com 510 cm de testemunho, compreendidos entre os 1400 e os 890 cm de profundidade, esta sequência sedimentar é caracterizada por uma alternância da influência marinha que varia entre o grau 4 e 5, ou seja, entre os ambientes intermareal inferior e intermareal aberto. Neste biohorizonte o ambiente intermareal inferior é caracterizado pela associação *A. beccarii* e *H. germanica*, cujos valores de codominância são sempre superiores a 70%. O ambiente intermareal aberto é reconhecido pela primeira vez e é caracterizado pela

codominância das espécies *A. beccarii* e *H. germanica*, com valores nunca inferiores a 60%, reconhecendo-se como *taxa* secundários o grupo dos indeterminados e as espécies *Brizalina* sp. e *Fissurina* sp.. O valor de H' médio para este biohorizonte foi cerca de 1,6, revelando um aumento em espécies raras e acessórias.

Este biohorizonte representa o conjunto de amostras com maior influência marinha ao longo de todo o testemunho, sugerindo o auge da transgressão marinha durante o Holocénico.

Biohorizonte 7 – Constituído por 300 cm de testemunho compreendidos entre os 853 e os 553 cm de profundidade, atribui-se-lhe um GIM que variou entre 3 e 4, com 2/3 das amostras de grau 3. Com excepção da amostra 578 cm, em todas as restantes o ambiente de deposição foi considerado corrosivo por contabilizarem-se mais de 20% das carapaças carbonatadas em elevado estado de dissolução. O ambiente intermareal médio é, neste biohorizonte, caracterizado por um elevado número de ccd e de forros internos, e como espécies secundárias foram identificadas *A. beccarii*, *H. germanica*, *Trochammina* sp. e *Ammobaculites* sp.. A diversidade volta a diminuir, calculando-se um valor médio de 1,1.

Esta sequência de paleoambientes e a natureza corrosiva do ambiente de deposição parecem sugerir maior influência fluvial durante este período em detrimento da influência marinha.

Biohorizonte 8 - Com 344 cm de testemunho, compreendidos entre os 455 e os 111 cm de profundidade, foi-lhe atribuído o GIM 2 por predominar um ambiente fortemente confinado. Apenas na amostra mais superficial da sondagem, 111 cm, não foi registada a presença de foraminíferos. O ambiente confinado deste biohorizonte é caracterizado pela dominância dos forros internos e das espécies *T. macrescens* e *T. inflata*, identificando-se como espécies secundárias *Ammobaculites* sp. e *Trochammina* sp..

Esta sequência de ambientes de intermareal superior que culmina num ambiente sem foraminíferos sugere uma segunda fase mais marcada de abrandamento da investida marinha, que teve início aos ca. 4000 anos BP e que se manteve até ao presente.

3. 2 - Sondagem P2

Esta sequência sedimentar foi dividida em seis biohorizontes distintos podendo, no entanto, alguns serem semelhantes no que concerne ao tipo de ambiente prevalecente. A interpretação é realizada no sentido do mais antigo ao mais recente (Fig. 3. 14).

Biohorizonte 1 - Nesta sequência sedimentar de 107 cm de testemunho, compreendidos entre os 1907 e os 1800 cm de profundidade, a única amostra em que se registaram foraminíferos foi a 1838 cm, cujo ambiente reconhecido foi o intermareal superior. A este ambiente foi atribuído o GIM 2 por ser caracterizado pela associação faunística constituída pela espécie *Trochammina inflata* e pelo grupo dos forros internos. As amostras anteriores e posteriores a 1838 cm não possuem quaisquer vestígios de foraminíferos sugerindo um ambiente de menor influência marinha.

Esta sequência de paleoambientes parece indicar que foi a cerca de 1838 cm de profundidade que a influência marinha se fez sentir pela primeira vez neste furo, traduzida num ambiente de sapal alto, o ambiente fronteira entre a terra e o mar.

Biohorizonte 2 - Esta sequência sedimentar de 275 cm de testemunho, compreendidos entre os 1785 aos 1510 cm de profundidade, é caracterizada por uma alternância entre o GIM 4 e 5, ou seja, entre o ambiente intermareal inferior e o intermareal aberto. Contudo, na amostra 1773 cm não se registaram quaisquer foraminíferos. O ambiente intermareal inferior deste biohorizonte é caracterizado pela associação *A. beccarii* e *H. germanica*, cujos valores de codominância são sempre superiores a 80%. No ambiente intermareal aberto o valor de codominância destas duas espécies nunca é inferior a 70% e verifica-se um aumento no número de espécies raras e acessórias, destacando-se as espécies *Discorbis* sp. e *Brizalina* sp..

Esta sequência de paleoambientes parece sugerir um estabelecimento repentino de águas com influência marinha contrastando com a evolução verificada no CM5, que foi mais progressiva e premonitória. Também nesta sequência sedimentar os efeitos transgressivos se fizeram sentir antes dos 7000 anos BP, reconhecendo-se 3 amostras de intermareal aberto anteriores a 7810+/- 50 anos BP (profundidade 1570 cm) (Fig. 3. 14).

Biohorizonte 3 - Esta sequência sedimentar de 210 cm de testemunho, compreendidos entre os 1455 e os 1245 cm de profundidade, é caracterizada pelo GIM 4 por predominar o ambiente intermareal inferior na grande maioria das amostras que a constituem. Neste biohorizonte, o ambiente intermareal inferior é caracterizado por valores de codominância das espécies *A. beccarii* e *H. germanica* nunca inferiores a 80%. A única amostra desta sequência que evidenciou um ambiente diferente foi a 1295 cm, definida como ambiente intermareal superior, caracterizado pela associação entre a espécie *Ammobaculites* sp. e o grupo dos forros internos. Esta amostra suscita algumas dúvidas não só pelo seu posicionamento isolado ao longo de uma sequência de amostras de intermareal inferior mas também pela natureza do seu conteúdo, ou

seja, 98, 2% do total dos indivíduos contabilizados para esta amostra são forros internos sobrando 1,8% de *Ammobaculites* sp. que só por si não caracteriza um ambiente confinado tipo médio-alto sapal.

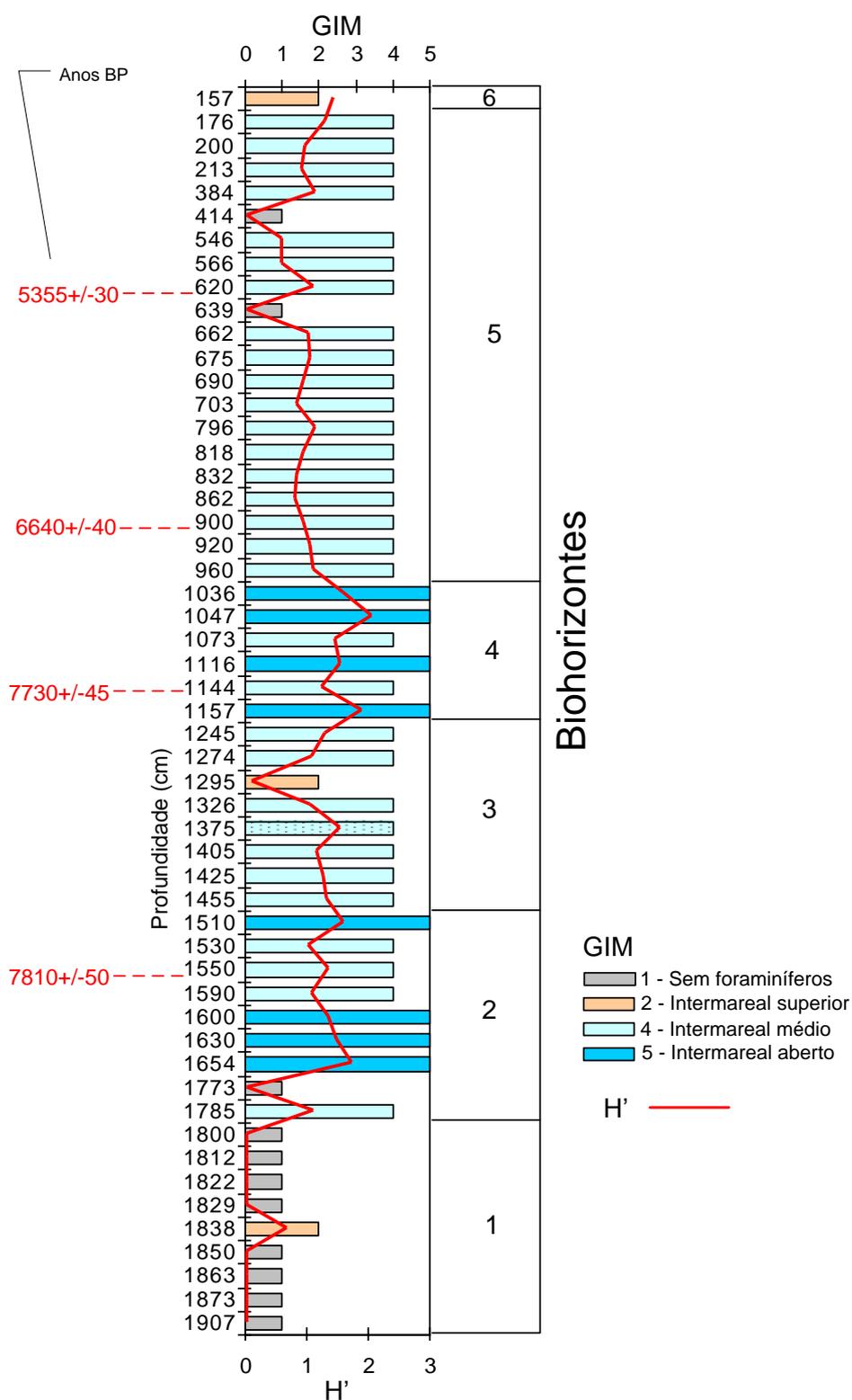


Figura 3. 14 - Variação do Grau de Influência Marinha (GIM) e Índice de Diversidade de Shannon ao longo da sondagem P2.

Em relação ao biohorizonte anterior a presente sequência sugere um abrandamento na incursão marinha, prevalecendo o ambiente intermareal inferior na maioria das amostras que a constituem.

Biohorizonte 4 - Esta sequência sedimentar de 121 cm de testemunho, compreendidos entre os 1157 e os 1036 cm de profundidade, é caracterizada por uma alternância entre o GIM 4 e 5, predominando, no entanto, o ambiente intermareal aberto. Este último é caracterizado por valores de codominância das espécies *A. beccarii* e *H. germanica* sempre superiores a 55% e por um valor médio do total das abundâncias em espécies raras, acessórias e indeterminadas de cerca de 23%. Como taxa secundários foram identificadas as espécies *Brizalina* sp. e *Discorbis* spp.. As amostras definidas como ambiente intermareal inferior são duas e são caracterizadas por valores de codominância das espécies *A. beccarii* e *H. germanica* superiores a 80%.

A sequência de paleoambientes reconhecida neste biohorizonte bem como os valores mais elevados de diversidade identificados ao longo de toda a sequência sedimentar (valor médio de cerca de 1,6) permite sugerir não só um novo aumento de influência marinha mas também o máximo transgressivo para esta sondagem.

Biohorizonte 5 - Esta sequência sedimentar é a mais extensa de toda a sondagem P2 com cerca de 784 cm de testemunho, compreendidos entre os 960 e os 176 cm de profundidade. A este biohorizonte foi atribuído o GIM 4 por predominar o ambiente intermareal inferior ao longo de toda a sequência sedimentar. Este ambiente é caracterizado pela codominância das espécies estuarinas *A. beccarii* e *H. germanica*, com valores sempre superiores a 80%, normalmente associadas às espécies *Elphidium poeyamn* e *Elphidium excavatum*. Ao longo desta sequência surgem duas amostras de GIM 1, com foraminíferos insuficientes para reconhecer uma associação. O posicionamento destas duas amostras, 639 e 414 cm, bem como a existência de vestígios de foraminíferos parecem sugerir não um retrocesso marinho mas sim o possível decurso de eventos propícios à não preservação das carapaças, como por exemplo episódios pontuais de cheias capazes de provocar uma entrada anormal de águas doces alterando desta forma os níveis normais de CaCO₃ no local exacto da sondagem.

De uma forma geral, a predominância do ambiente intermareal inferior ao longo de toda a sequência sugere o estabelecimento da influência marinha durante um largo período de tempo.

Biohorizonte 6 – Constituído apenas pela amostra mais superficial de todo o furo, 157 cm, atribuiu-se-lhe o GIM 2. A presença dos *taxa T. inflata*, *Ammobaculites* sp., *Eggerella* sp. e o grupo dos forros internos caracterizam um ambiente fortemente confinado, provavelmente, muito idêntico ao ambiente actualmente vigente no local da recolha do testemunho.

3.3 - Sondagem P5

A sequência sedimentar relativa a esta sondagem foi dividida em seis biohorizontes distintos podendo, no entanto, alguns serem semelhantes no que concerne ao tipo de ambiente prevalecente. A interpretação é realizada no sentido do mais antigo ao mais recente (Fig. 3. 15).

Biohorizonte 1 – Com apenas 37 cm de comprimento, compreendidos entre os 1625 e os 1588 cm de profundidade, é-lhe atribuído o GIM 1 devido à falta de foraminíferos para reconhecer uma associação faunística. O facto de, apesar de em número insuficiente, se registarem alguns foraminíferos levanta algumas dúvidas em relação ao tipo de ambiente prevalecente.

Biohorizonte 2 – Constituído por 184 cm de testemunho, compreendidos entre os 1541 e os 1357 cm de profundidade, varia entre o GIM 4 e 5, registando-se, contudo, o GIM 1 para a amostra 1396 cm. O GIM 4, caracterizado pelo ambiente intermareal inferior é definido pela presença da associação de espécies estuarinas *A. beccarii* e *H. germanica* com valores de codominância sempre superiores a 78% e pela presença de *E. excavatum* como espécie secundária. O intermareal aberto para este biohorizonte é caracterizado pela presença da associação *A. beccarii* e *H. germanica* com valores de codominância sempre superiores a 65% e pelo aumento das espécies raras, acessórias e indeterminadas. Como *taxa* secundários foram identificadas as espécies *Brizalina* sp. e *Discorbis* spp.. A presente sequência paleoambiental parece sugerir o início de uma transgressão marinha que, tal como se verificou para a sondagem P2, foi abrupto e não progressivo, no presente caso passando de um ambiente de GIM 1 directamente para 5. Segundo as datações disponíveis, o início da fase transgressiva foi anterior a 7700 anos BP.

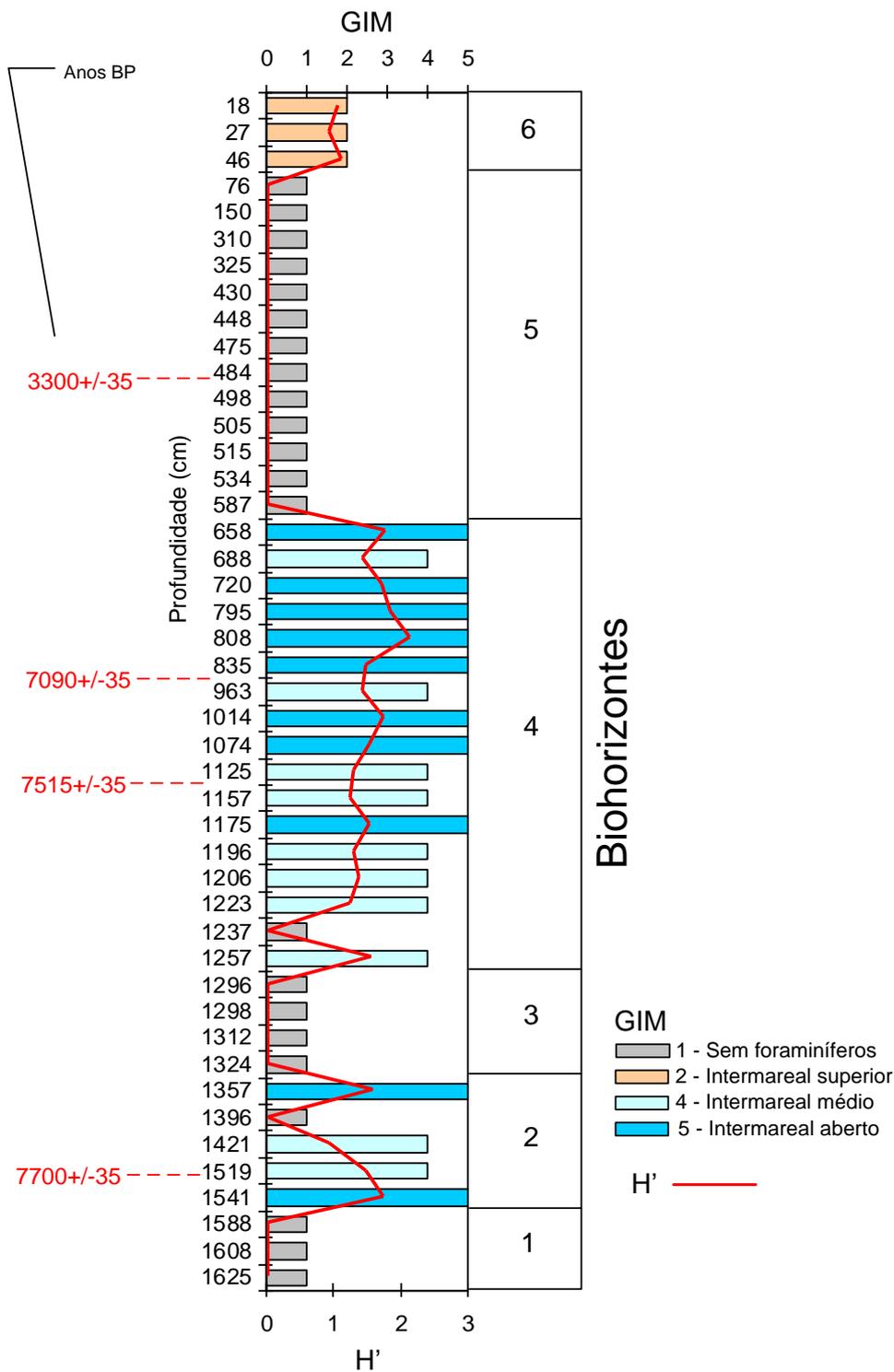


Figura 3. 15 - Variação do Grau de Influência Marinha (GIM) e Índice de Diversidade de Shannon ao longo da sondagem P5.

Biohorizonte 3 - Com 328 cm de testemunho, compreendidos entre os 1324 e os 1296 cm de profundidade, foi-lhe atribuído o GIM 1 por não se registarem indivíduos suficientes para delinear uma associação faunística em nenhuma das amostras que a constituem.

Independentemente do paleoambiente prevalecente na altura, este biohorizonte sugere uma diminuição da influência marinha.

Biohorizonte 4 – Constituído por cerca de 599 cm de testemunho, compreendidos entre os 1257 e os 658 cm de profundidade, o GIM variou entre 4 e 5, registando-se, contudo, o GIM 1 para a amostra 1237 cm. O GIM de 4, caracterizado pelo ambiente intermareal inferior é definido pela presença da associação de espécies estuarinas *A. beccarii* e *H. germanica* com valores de codominância sempre superiores a 80% com excepção da amostra 1257 cm em que este valor ronda os 42% devido a uma quantidade anormalmente elevada de *Elphidium excavatum*, *E. poeyamn* e miliolídeos. O intermareal aberto para este biohorizonte é caracterizado pela presença da associação *A. beccarii* e *H. germanica* com valores de codominância sempre superiores a 50% e pelo aumento das espécies raras, acessórias e indeterminadas. Como espécie secundária identificou-se a *Brizalina* sp..

O conteúdo em foraminíferos bentónicos deste biohorizonte sugere um período com influência marinha marcante, sobretudo na metade mais recente do intervalo, onde se registam os valores mais elevados de diversidade, calculando-se um valor médio de cerca de 1,6.

Este longo episódio, com cerca de 6 metros de extensão, foi identificado como o máximo da transgressão marinha para esta sondagem uma vez que a partir da amostra mais recente desta biozona verifica-se uma forte tendência regressiva.

Biohorizonte 5 - Com 511 cm de testemunho, compreendidos entre os 587 e os 76 cm de profundidade, foi-lhe atribuído o GIM 1 por não se registarem indivíduos suficientes para delinear uma associação faunística em nenhuma das amostras que a constituem. Independentemente do paleoambiente prevalecente na altura, este biohorizonte sugere um retrocesso marinho que permaneceu durante um largo espaço de tempo (cerca de 5 m de testemunho).

Biohorizonte 6 - Com 28 cm de testemunho, compreendidos entre os 46 e os 18 cm de profundidade, é o intervalo mais recente. A este biohorizonte foi atribuído o GIM 2 por definir um ambiente fortemente confinado, típico de sapal, caracterizado pela presença das espécies aglutinadas *T. inflata*, *T. macrescens*, *Miliammina fusca* e o grupo dos forros internos. Esta sequência contínua de ambientes confinados nas amostras mais superficiais parece indicar uma evolução no sentido do ambiente que prevalece actualmente. Torna-se complicado inferir em relação à evolução da influência marinha devido ao carácter dúbio do biohorizonte anterior.

3.4 - Sondagem P6

A sequência sedimentar relativa a esta sondagem foi dividida em cinco biohorizontes distintos podendo, no entanto, alguns serem semelhantes no que concerne ao tipo de ambiente prevalente. A interpretação é realizada no sentido do mais antigo ao mais recente (Fig. 3. 16).

Biohorizonte 1 - Esta sequência sedimentar é constituída por 303 cm de testemunho compreendidos entre os 1797 e os 1494 cm de profundidade. Com excepção da amostra 1494 cm, em que se registaram alguns vestígios de foraminíferos, em todas as restantes verificou-se a ausência total destes organismos, o que permitiu atribuir o GIM 1 a toda a sequência em questão. Esta ausência parece sugerir a presença de um ambiente terrestre, sem influência marinha a registar.

Biohorizonte 2 - Nesta sequência paleoambiental com 470 cm de testemunho, compreendidos entre os 1470 e os 1000 cm de profundidade, encontram-se amostras de GIM 4 e 5, que definem os ambientes intermareal inferior e intermareal aberto, e uma única amostra, a 1414 cm de profundidade, de GIM 1, que define o ambiente sem foraminíferos. O intermareal inferior é caracterizado pela associação de espécies estuarinas *A. beccarii* e *H. germanica*, com valores de codominância sempre superiores a 80% e pelas espécies secundárias *E. poeyamn* e *E. excavatum*. O intermareal aberto é caracterizado pela presença da associação *A. beccarii* e *H. germanica* com o valor de codominância mais baixo calculado para cerca de 29% e por um aumento, por vezes muito acentuado, das espécies raras, acessórias e indeterminadas. Como taxa secundários registaram-se o grupo dos miliolídeos, *Brizalina* sp. *Cibicides* spp., *Discorbis* spp. e *Rosalina* spp.. A passagem directa de um presumível ambiente terrestre (biohorizonte 1) para um ambiente de GIM 5 (início do biohorizonte 2), marca o início abrupto de uma transgressão marinha. Contudo, este fenómeno já verificado para as outras duas sondagens do Arade, na presente sondagem fez-se sentir um pouco mais tarde.

É no biohorizonte 2 que se registam os valores mais elevados de diversidade, sobretudo na metade mais antiga de amostras em que se calculou um valor médio de 1,5. De acordo com os parâmetros analisados, é neste biohorizonte que se regista momento de maior impacto transgressivo, sobretudo na metade mais antiga, onde se encontram todas as amostras de GIM 5.

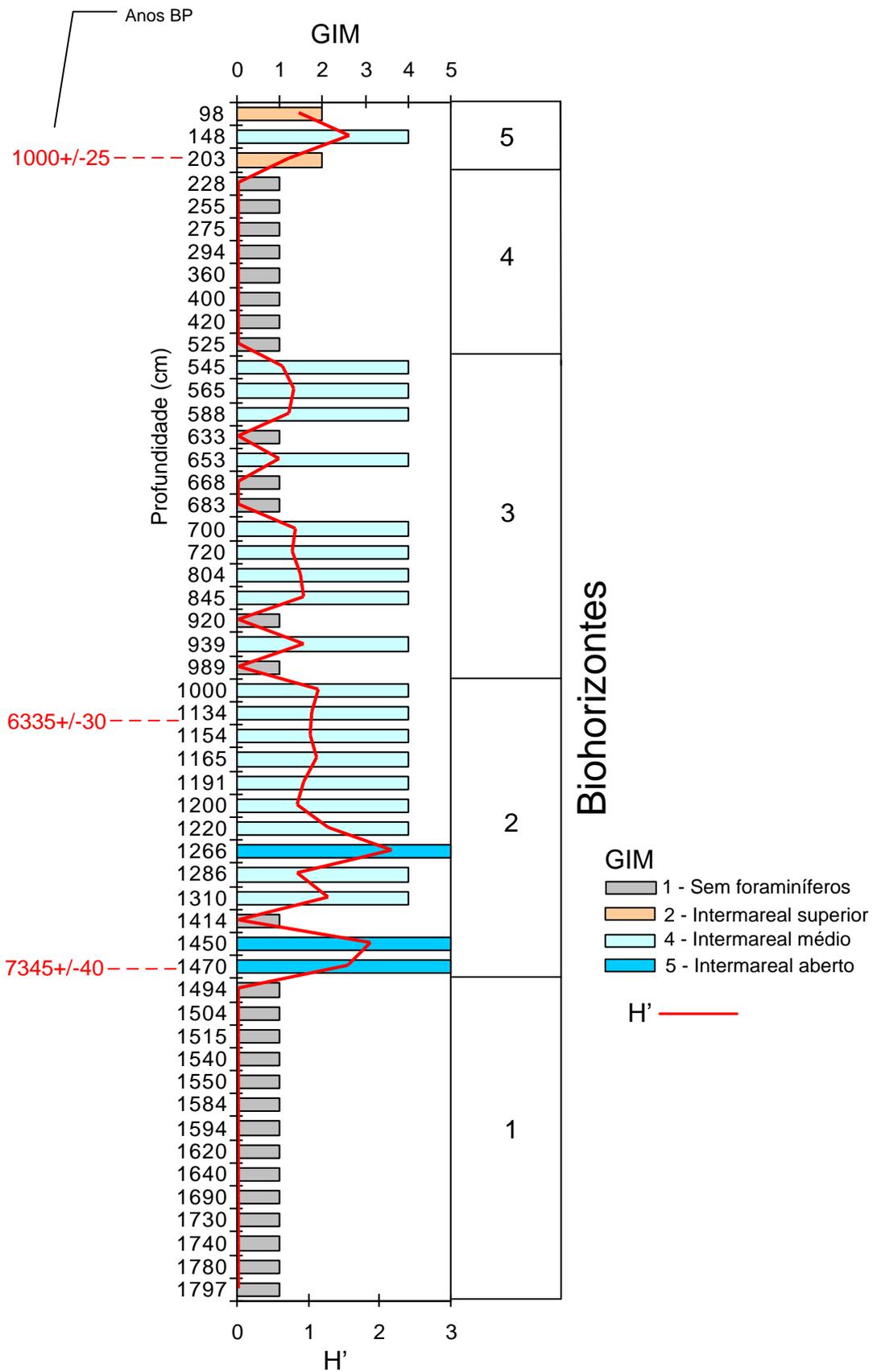


Figura 3. 16 - Variação do Grau de Influência Marinha (GIM) e Índice de Diversidade de Shannon ao longo da sondagem P6.

Biohorizonte 3 - Esta sequência sedimentar de 444 cm de testemunho, compreendidos entre os 989 e os 545 cm de profundidade, é representada por uma alternância entre o GIM 1 e 4, ou seja, entre o ambiente sem foraminíferos e o intermareal inferior, predominando, contudo, o segundo ambiente. Das cinco amostras de GIM 1 apenas duas não possuíam quaisquer foraminíferos. O intermareal inferior para este biohorizonte é caracterizado pela presença da associação de espécies estuarinas *A. beccarii* e *H. germanica* apresentando valores de codominância sempre superiores a 85%, e pelas espécies secundárias *E. poeyamn* e *E. excavatum*. A intercalação das amostras de intermareal inferior com tão elevado número de amostras sem foraminíferos provoca algum transtorno na interpretação da evolução paleoambiental para este biohorizonte. Contudo, devido à falta de continuidade das amostras de GIM 1 não parece plausível que estas traduzam recuos ocasionais do mar, mas sim a ocorrência de outros fenómenos não ideais à preservação das carapaças como por exemplo a ocorrência de anos de maior pluviosidade, provocando desta forma o domínio de influência fluvial.

Biohorizonte 4 - Com 297 cm de testemunho, compreendidos entre os 525 e os 228 cm de profundidade, foi-lhe atribuído o GIM 1 por não se registarem indivíduos suficientes para delinear uma associação faunística em nenhuma das amostras que a constituem. Independentemente do paleoambiente prevalecente na altura, este biohorizonte sugere um retrocesso marinho que permaneceu durante um largo espaço de tempo (cerca de 3 m de testemunho).

Biohorizonte 5 - Nesta sequência sedimentar de 105 cm de testemunho, compreendidos entre os 203 e os 98 cm de profundidade, reconhecem-se dois ambientes distintos, o intermareal superior, de GIM 2, e o intermareal inferior, de GIM 4. O ambiente intermareal superior, que se repete na primeira e última amostras deste intervalo, é caracterizado pela presença das espécies aglutinadas *T. macrescens* e *T. inflata*. O ambiente intermareal inferior que se registou na amostra intermédia, é caracterizado pela codominância das espécies *A. beccarii* e *H. germanica* com cerca de 66% do total das espécies, e pela espécie secundária *E. excavatum*.

Em relação ao biohorizonte anterior, a presente sequência de paleoambientes sugere uma nova incursão marinha, que teve início à cerca de 1000 anos atrás, culminando num ambiente muito próximo daquele que actualmente existe.

IV – DISCUSSÃO

1 – DESCRIÇÃO E ECOLOGIA BÁSICA DAS ASSOCIAÇÕES FAUNÍSTICAS

A qualidade das interpretações paleoecológicas será tanto maior quanto melhores forem os dados acerca das associações actuais e das condições ecológicas que determinam a sua abundância tanto espacial como temporal. No caso dos foraminíferos bentónicos, um dos grupos com maior potencial para o conhecimento dos ambientes passados, é especialmente necessário discernir o microhabitat que ocupa cada espécie em concreto (Diz *et al.*, 2000).

Na falta de estudos descritivos da repartição das espécies de foraminíferos bentónicos e da sua relação com os ambientes marginais restritos existentes ao longo de toda a costa algarvia, como são exemplos o estuário do Guadiana e do Arade e seus respectivos sapais, utilizou-se o modelo de zonação faunística proposto por Scott & Medioli (1980) como base na divisão dos sub-ambientes propostos para o presente trabalho. Este modelo indica que diferentes associações de espécies ocupam verticalmente zonas bem definidas em relação ao nível médio do mar (NMM), paralelamente à ocorrência de uma zonação macroflorística.

Quando comparadas às zonas florísticas, as zonas ocupadas pelos foraminíferos são mais restritas, permitindo distinguir sub-ambientes entre a marca do NMM e do mais alto nível de maré (Thomas & Varekamp, 1991). De acordo com Scott *et al.*, (1991), os sapais salinos são caracterizados por uma zonação vertical, típica na maioria dos sapais, com uma variedade de espécies estuarinas na zona de intermareal inferior e trochaminideos na zona de intermareal superior.

O esquema de zonação proposto por Scott & Medioli (1980) foi identificado pela primeira vez nos sapais salgados de Nova Scotia e é, actualmente, muito solicitado em estudos detalhados de reconstrução da evolução do NMM, sendo, no entanto, previamente adaptado à microfauna que ocorre nos sapais que se pretendem estudar (ex. Thomas & Varekamp, 1991; Varekamp *et al.*, 1992; Nydick *et al.*, 1995). Segundo este esquema, o sapal divide-se em quatro biozonas:

- Abaixo dos primeiros 5-10 cm de sedimento superficial de alto sapal, a microfauna é essencialmente mono-específica, consistindo em cerca de 100% da espécie *T. macrescens*, podendo ainda coocorrer algumas formas de água doce (tecamebas), sendo que abaixo desta biozona, a mais alta do alto sapal, o número de foraminíferos e sua diversidade tendem a aumentar;

- na segunda biozona que abrange todo o alto sapal restante e metade do sapal médio, a espécie *T. macrescens* é ainda comum, embora diminuindo o valor de abundância relativa, coocorrendo com outras espécies de alto sapal, como por exemplo a *T. inflata* que indicam zonas de maior salinidade ou com *Haplophragmoides bonplandi* indicativa de zonas de menor salinidade.

- na terceira biozona que abrange a metade do sapal médio mais baixa e ocupa parte do baixo sapal, a abundância relativa de *T. macrescens* decresce fortemente, coocorrendo com outras espécies típicas de sapal como são a *M. fusca* e a *T. inflata* ou deixa de ocorrer, dando lugar à espécie *Tiphotrocha comprimata*.

- na quarta biozona, constituída apenas por baixo sapal, os autores identificaram maiores variações regionais, tendo contudo, registando-se sempre a presença da espécie *M. fusca*. De uma forma geral, sugerem que para esta zona mais baixa do sapal as espécies que ocorrem são normalmente estuarinas, sendo o próprio sapal o limite superior. A única excepção cabe à espécie *M. fusca* que ocorre ao longo de todas estas biozonas de sapal do Canadá Marítimo, independentemente da salinidade ou região (Scott & Medioli, 1980).

O esquema de Scott & Medioli (1980) é aparentemente simplista, já que inclui apenas aquelas espécies que parecem ocorrer em quase todos os sapais do mundo. Este esquema, elaborado com base nas amostras recolhidas em cinco áreas de sapal de Nova Scotia, sobretudo as de Chezzetcook que foram objecto de um estudo mais detalhado, foi fortalecido pelos resultados obtidos na análise de estudos igualmente rigorosos efectuados na Califórnia e outros menos detalhados provenientes de várias partes do mundo (Scott & Medioli, 1980), permitindo concluir que os foraminíferos de sapal podem ser utilizados como indicadores precisos do nível do mar a uma escala mundial.

A espécie *M. fusca*, tão comum nos sapais actuais (Goldstein & Watkins, 1998; Murray, 1973; Sen Gupta, 1999c; Zucon & Loyola e Silva, 1993; Debenay *et al.*, 1998b; 2000; Redois & Debenay, 1996), sendo mesmo considerada uma espécie indicadora de sapal médio-baixo (Varekamp *et al.*, 1992), não teve qualquer expressão nas sondagens em estudo. Contudo, na sondagem P5, na amostra a 46 cm de profundidade, registaram-se 31 indivíduos desta espécie. A falta de expressão de *M. fusca* em todas as sondagens e a sua ocorrência apenas numa amostra bastante recente, poderá ser facilmente explicado se se considerar a sua maior susceptibilidade a processos de degradação *post-mortem* (Goldstein *et al.*, 1995; Goldstein & Watkins, 1998).

Scott & Medioli (1980) completaram ainda o seu esquema de zonação com uma apreciação da distribuição dos foraminíferos a nível longitudinal, ou seja, dividiram os sapais estudados

em superior, central e inferior de acordo com a sua distância ao mar. No entanto, a sua amostragem abrangeu somente o sapal, incluindo apenas a área limitada verticalmente pelo NMM e o mais alto nível de maré. O “sapal” definido desta forma não inclui as planícies lodosas de maré, as áreas de infralitoral pouco profundas e os charcos de água doce. De facto, nenhum dos sapais estudados pelos autores sofre influência fluvial, denominando-se por isso sapais salgados.

No presente trabalho, a maioria das amostras apresentam um elevado teor de carapaças calcárias, sugerindo outros ambientes, ou pelo menos a sua influência, que não o sapal. Ambos os sistemas em estudo sofrem forte influência fluvial provocada pelos cursos de água a eles inerentes, permitindo a formação de um elevado número de sub-ambientes de transição água-terra e águas marinhas-águas doces.

De forma a abranger o maior número possível de ambientes, foi ainda tido em conta um esquema generalista de zonação para sistemas estuarinos do Atlântico proposto por Debenay (2000) e Debenay *et al.* (2000). De acordo com este esquema, associações microfaunísticas de zonas com diferentes condições climáticas bem como diferentes regimes de maré demonstram uma tendência geral, distribuindo-se de acordo com um gradiente continental/marinho, sendo o ambiente tanto mais confinado quanto menor for a influência marinha sofrida, albergando faunas mais restritas e pouco diversificadas (Debenay, 1995; 2000; Debenay *et al.*, 1998b; 2000).

Debenay e os seus colaboradores sugerem algumas espécies como indicadoras de forte influência marinha, nomeadamente, *Pararotalia* spp. e *Bolivina* spp., em áreas tropicais, e *Elphidium pulvereum*, *Haynesina depressula* e *A. beccarii* na costa atlântica de França, com ocorrência de *Quinqueloculina seminulum* e *Eggereloides scabrus* em zonas de ervas marinhas. Como espécies de confinamento moderado estes autores consideraram a *Ammonia tepida*, *Criboelphidium excavatum* (no presente trabalho *Elphidium excavatum*), *Criboelphidium gunteri* (confirmar sinonímia com *E. excavatum* f. *gunteri*) e *H. germanica*. Como espécies de forte confinamento sugerem *Ammobaculites exiguus*, *Arenoparrella mexicana*, *Haplophragmoides wilberti*, *Miliammina* spp., *Trochammina* spp., *Siphotrochammina lobata* e *Ammotium salsum*. Não obstante, salvaguardam a existência de diferenças na distribuição geral das associações, de ambiente para ambiente, que resultam de uma complexa interação entre parâmetros bióticos e abióticos e da sua variabilidade no espaço e no tempo (Debenay *et al.*, 2000).

As espécies do género *Ammonia* estão entre os foraminíferos bentónicos mais comuns em águas pouco profundas dos ambientes marginais marinhos (Langer & Leppig, 2000),

diminuindo a sua abundância relativa na aproximação aos ambientes marinhos (Yassini & Jones, 1989 *in* Li *et al.*, 2000).

Com cerca de 35 *taxa* descritos, o género *Ammonia* ostenta uma gama significativa de variantes morfológicas (Langer & Leppig, 2000), tornando a identificação das espécies particularmente difícil (Holzmann *et al.*, 1998). Em relação à taxonomia deste género prevalecem duas teorias divergentes, com alguns autores considerando que a maioria dos morfotipos *Ammonia* são ecofenótipos da mesma espécie enquanto outros defendem que esses morfotipos representam várias espécies diferentes (Holzmann *et al.*, 1998). Estudos recentes com base em análises de ADN de seis morfotipos, sugerem que *A. beccarii*, *A. tepida* e *A. parkinsoniana* pertencem a três espécies diferentes (Pawlowski *et al.*, 1995). Também Debenay *et al.* (1998a) distingue *A. beccarii* de *A. tepida* com base em argumentos morfo-funcionais. De acordo com as observações feitas por estes autores na Ilha de Yeu e na Baía de Bourgneuf, na costa atlântica de França, *A. tepida* e *A. beccarii* s.s. ocupam diferentes micro-habitats, sendo *A. tepida* epifaunal livre ou endofaunal em sedimentos finos de ambientes parálisos e *A. beccarii* s.s. epi ou endofaunal em sedimentos mais grosseiros, podendo ainda ocorrer como epífitas de algas calcárias (*Corallina officinalis*) ou algas vermelhas (*Gigartina acicularis*) ao longo das costas rochosas durante a Primavera e Verão.

Apesar de se reconhecer a importância ecológica da distinção dos vários morfotipos do género *Ammonia* em estudos de reconstrução paleoambiental, não foram feitas quaisquer tentativas de os separar no presente estudo. Todos os morfotipos foram incluídos num único *taxa*, a espécie *A. beccarii*.

Com excepção da sondagem CM5, onde predominam as formas aglutinadas e o grupo dos forros internos, em todas as outras sondagens *A. beccarii* foi a espécie mais abundante e a mais constante, apresentando valores de constância sempre superiores a 90%. Esta tendência foi também verificada por Camacho (1999) nas primeiras sondagens efectuadas no estuário do Guadiana.

Sabendo que esta espécie é quase completamente inexistente em zonas frias e é dominante em águas pouco profundas temperadas e quentes (Funnell, 1991 *in* Lin, 1992), os valores elevados de abundância e de constância verificados para esta espécie no presente trabalho sugerem alguma estabilidade na temperatura e mesmo na profundidade das águas dos ambientes passados que, ficaram registados ao longo das sequências sedimentares, sobretudo no que respeita às sondagens do estuário do Arade.

A espécie *H. germanica*, embora na maioria das amostras com valores de abundância mais baixos, manifestou a mesma constância de *A. beccarii* ao longo de todas as sondagens. Ambas

as espécies, bem como *T. inflata*, foram dominantes nas quatro sondagens. A dominância das duas formas hialinas anteriores tem sido largamente verificada nos sistemas estuarinos por toda a Europa (Redois & Debenay, 1996).

No presente estudo, a zona intermareal foi dividida em quatro sub-ambientes distintos de acordo com o menor ou maior grau de influência marinha sofrido, nomeadamente o intermareal superior (GIM 2), intermareal médio (GIM 3), intermareal inferior (GIM 4) e intermareal aberto (GIM 5).

Na presente análise, o ambiente intermareal superior é caracterizado pela quase exclusiva presença de formas aglutinadas. Na maioria das amostras em que prevalece este ambiente não ocorrem formas calcárias e quando ocorrem os seus valores de abundância cumulativa são sempre inferiores a 5%. Este ambiente é caracterizado pela presença de uma ou mais das seguintes formas: *T. macrescens*, *T. inflata*, *Trochammina* spp., *Ammobaculites* sp. e o grupo dos forros internos. Os forros internos tiveram uma grande expressão na sondagem CM5, sobretudo nas amostras mais antigas e nas amostras sujeitas a maior dissolução, como seria de esperar. Se para amostras mais recentes se associa os forros internos às formas aglutinadas pela frequente ocorrência de carapaças em degradação com o interior orgânico visível, o mesmo não se poderá dizer em relação às amostras mais antigas e/ou com elevado número de ccd.

A espécie *Eggerella* sp. ocorreu ainda nas duas amostras mais recentes da sondagem P2, sendo mesmo um *taxa* comum na primeira amostra.

As formas dos géneros *Eggerella* e *Ammobaculites* foram deixadas em nomenclatura aberta devido a dúvidas na classificação. No entanto parece possível retirar algumas ilações com base no significado ecológico das espécies que lhes estão associadas. A espécie *Eggerella* sp. ocorre como espécie comum em conjunto com *T. inflata* (também comum) e *Ammobaculites* sp. (dominante). A espécie *T. macrescens* não ocorre na presença de *Eggerella* sp..

No seu estudo a cinco sapais de Nova Scotia, Scott & Medioli (1980) distinguiram o sapal de Newport Landing dos restantes por possuir uma fauna excepcional. Neste local, a fauna identificada na zona de sapal alto continha algumas espécies típicas, como por exemplo *T. inflata*, *T. comprimata*, etc., não ocorrendo contudo a espécie *T. macrescens*. Em contrapartida contaram números significativos da espécie *Eggerella advena*, fenómeno este nunca antes relatado para outro sapal.

Outra espécie que poderia ajustar-se ao lugar do morfotipo *Eggerella* encontrado nas amostras estudadas seria a *Eggerelloides scabrum*. Conhecida pela sua ocorrência ocasional em zonas vasosas (Redois & Debenay, 1996), pouco profundas e ricas em matéria orgânica (Donnici & Serandrei-Barbero, 2002), está normalmente associada a pradarias de ervas

marinhas (Debenay *et al.*, 2000; Redois & Debenay, 1996). Esta espécie foi reconhecida como comum na zona de plataforma interna do estuário do Guadiana, ocorrendo até 12 metros de profundidade (Mendes *et al.*, 2004) e na zona de plataforma interna do Mar Adriático, ocorrendo até 15 metros de profundidade (Donnici & Serandrei-Barbero, 2002).

Entre as duas possibilidades, a *Eggerella advena* parece encaixar-se melhor no cenário do presente trabalho, uma vez que ocorre com *T. inflata*, sendo esta uma espécie característica da zona de sapal médio a alto. No entanto, a dúvida permanecerá já que o elevado número de forros internos, cerca de 20% da amostra, poderá ser indicativo de dissolução, destruindo todas as carapaças carbonatadas e enriquecendo a tanatocenose de formas aglutinadas resistentes como a espécie *Eggerelloides scabrum* (Murray & Alve, 1999a).

A identificação da(s) espécie(s) do género *Ammobaculites* foi dificultada pelo elevado número de carapaças fragmentadas. Devido à organização mista da sua carapaça, constituída por uma porção planispiral e uma porção tubular, é-lhe associado um modo de vida infaunal detritívoro passivo ou com hábitos de necrofagia de bactérias (Whightman, 1990b).

Whightman (1990b), num estudo sobre a repartição dos foraminíferos de sapal e estuário da Bacia Lusitânica durante o baixo Cretáceo, identificou três espécies do género *Ammobaculites* que considerou como oportunistas, proliferando na ausência de competição interespecífica. Este autor correlacionou ainda o género *Ammobaculites* com o género *Trochammina*, sugerindo que a sua ocorrência conjunta é indicativa de ambiente de sapal. Outros autores têm relacionado espécies do género *Ammobaculites* com a zona de sapal baixo normalmente associada a *Ammotium salsum* (Scott & Medioli, 1980; Patterson, 1990; Debenay, 2000; Debenay *et al.*, 2000).

Embora na sondagem CM5 se encontrem valores elevados de abundância de *Ammobaculites* sp. nas amostras de ambiente intermareal superior e médio, esta forma ocorre na maioria das amostras de intermareal inferior e aberto. Na sondagem P2, ocorre na maioria das amostras de intermareal aberto e na sondagem P5, os valores de abundância mais elevados para esta espécie registam-se precisamente nas amostras de intermareal aberto. Na sondagem P6 não ocorre de todo.

Uma vez que a salinidade não é um factor limitante na ocorrência deste género (Whightman, 1990b), poder-se-á estar na presença de uma forma altamente generalista e oportunista, com capacidade de ocorrer em todos os ambientes confinados, desde que as condições granulométricas assim o permitam. Contudo, a explicação para tal constância poderá dever-se à ocorrência de duas ou mais espécies diferentes.

No ambiente intermareal médio, as carapaças aglutinadas ocorrem em número aproximado ao das carapaças carbonatadas. Neste ambiente, interpretado como meio de transição entre um meio fortemente confinado (alto sapal) e um meio moderadamente confinado (baixo sapal), a abundância cumulativa das espécies estuarinas *A. beccarii* e *H. germanica* é muito baixa, sendo mesmo nula em quase metade das amostras onde se verificou este ambiente. O ambiente de deposição considerou-se corrosivo sempre que se contabilizaram mais de 20% das carapaças carbonatadas em elevado estado de dissolução. Todas as amostras em que se reconheceu o ambiente intermareal médio manifestaram características de corrosão, reconhecendo-se por isso uma forte possibilidade de subestimar o valor de abundância cumulativa da associação *A. beccarii* e *H. germanica*. Outra característica deste ambiente foi o elevado número de forros internos que, na presença de formas carbonatadas em dissolução, levantam muitas dúvidas em relação à estrutura das carapaças originais.

As amostras de ambiente intermareal médio foram apenas reconhecidas na sondagem CM5 e foram consideradas as mais difíceis de interpretar devido ao seu carácter dúbio conferido por um elevado número de formas calcárias, ccd, formas aglutinadas e forros internos. No entanto, em relação ao seu significado ecológico parece correcto situá-las entre o meio fortemente confinado e o moderadamente confinado já que processos severos de degradação *post-mortem* são normalmente associados a ambientes de deposição com elevado teor em carbono orgânico (Scott *et al.*, 2001; Leckie & Olson, 2003) típicos dos sedimentos de sapal.

Os depósitos fósseis de sapal são propensos a alterações nas associações dos foraminíferos pós deposição e em especial na pobre preservação das carapaças calcárias (Horton & Edwards, 2000; Leckie & Olson, 2003). As carapaças calcárias são rapidamente destruídas após a morte do organismo através da dissolução em águas ácidas (Leckie & Olson, 2003). Seguindo uma perspectiva sazonal, algumas inferências poderão ser feitas em relação ao clima dos ambientes originais. Reaves (1986) *in* Murray & Alve (1999), sugere que a dissolução do carbonato poderá ser controlada pela degradação da matéria orgânica. No Verão, a actividade microbiana provoca a destruição da matéria orgânica, originando condições de anoxia na interface sedimento-água e a formação de pirite, favorecendo a saturação das águas intersticiais por carbonato. No Inverno, as baixas temperaturas provocam o abrandamento da actividade microbiana, a pirite oxida e o pH baixa causando a dissolução do carbonato (Murray & Alve, 1999).

Qualquer das possíveis explicações para tão elevado número de carapaças em dissolução e de forros internos (diagénese do sedimento, alterações sazonais, maior influência de águas pluviais e/ou fluviais, etc.) parece estar em conformidade com uma baixa influência marinha.

Recentemente, têm sido realizados alguns estudos sobre os processos tafonômicos a que as tanatocenoses estão sujeitas e quais as suas consequências na interpretação dos registos fósseis (Murray & Alve, 1999a, 1999b). Estes autores constataram que muitas associações de foraminíferos que são dominadas por formas calcárias enquanto vivas, se estiverem sujeitas a fenómenos de dissolução darão origem a tanatocenoses dominadas por formas aglutinadas.

Apesar de se verificar em algumas amostras processos de dissolução severa, sobretudo na sondagem CM5, de uma forma geral, a maioria encontrava-se em muito bom estado de preservação, tendo sido recolhidas carapaças calcárias em excelentes condições a profundidades de cerca de 20 metros. Ainda que, sabendo que, tal como as associações vivas, as paleoassociações pouco alteradas por processos de dissolução servem para uma boa interpretação, por analogia, das associações do Quaternário (Murray & Alve, 1999a), no presente estudo não se descurou a informação contida nas amostras sujeitas a processos de diagénese severos, considerando-se mesmo que fornecem dados ecológicos bastante úteis à interpretação das sequências sedimentares.

A associação dominada pelas espécies *A. beccarii*, *H. germanica* e pelo género *Elphidium* são indicativas de um ambiente estuarino ou intermareal baixo (Horton & Edwards, 2000; Edwards & Horton, 2000).

No presente trabalho, o ambiente foi considerado intermareal inferior sempre que os valores de abundância cumulativa das espécies *A. beccarii* e *H. germanica* foi igual ou superior a 65%. De entre os *taxa* adicionais (até 35%), destacam-se com frequência morfotipos do género *Elphidium*, sobretudo as espécies *E. poeyamn* e *E. excavatum*. Embora com frequências mais baixas, o grupo dos miliolídeos é também comum.

Redois & Debenay (1996) e Debenay (2000) sugerem que *H. germanica* assegura a transição entre as formas aglutinadas de sapal e as formas carbonatadas de meios parálisos mais abertos, sendo substituída pela *A. tepida* à medida que a distância à desembocadura do estuário diminui. Sendo espécies resistentes a fortes mudanças físico-químicas, como por exemplo crises de anóxia que requerem recolonizações rápidas, como ocorre no Mediterrâneo e em lagoas estratificadas (Debenay *et al.*, 1998b), são denominadas espécies generalistas e oportunistas (Goldstein *et al.*, 1995; Redois & Debenay, 1996).

Os foraminíferos do género *Elphidium* ocorrem geralmente desde os ambientes lagunares salobros até à plataforma (Li *et al.*, 2000).

Em ambientes restritos ligeiramente hipersalinos, relativamente estáveis no tempo, a microfauna pode conter muitos miliolídeos (Debenay *et al.*, 1998b). Segundo Colom (1974), um grande número de miliolídeos pode ser característico de pradarias de *Posidonia*, estando

aderidos aos rizomas desta angiospérmica marinha. Esta erva do mar habita o substrato móvel do infralitoral até aos 100 metros de profundidade e ocorre no mar Mediterrâneo e Oceano Atlântico (Campbell, 1994).

No presente trabalho, o ambiente intermareal aberto é o que sofre maior influência marinha e é caracterizado pelo decréscimo da abundância cumulativa da associação *A. beccarii* e *H. germanica*, pelo aumento dos valores de diversidade, do número de carapaças indeterminadas e pequenas e do número de espécies exóticas. De uma forma geral, as tanatocenoses de sedimentos estuarinos compreendem dois tipos de foraminíferos, as espécies indígenas, que vivem, multiplicam-se e se mantêm no estuário, tais como *A. beccarii*, *Miliammina fusca* e outras formas eurihalinas, e as formas exóticas, que vivem fora do estuário e que são transportadas para dentro do mesmo através de processos hidrodinâmicos (Wang *et al.*, 1985). Quanto maior a amplitude de maré, maior será o transporte sofrido pelas carapaças e maior o efeito de triagem das correntes, criando tanatocenoses constituídas por carapaças de pequeno tamanho e provocando diversidades específicas elevadas e baixa dominância (Wang *et al.*, 1985).

Nas amostras consideradas de ambiente intermareal aberto, identificaram-se como *taxa* secundários um ou mais dos seguintes géneros: *Brizalina*, *Fissurina*, *Discorbis*, *Rosalina* e *Cibicides*. Com excepção do género *Discorbis*, ao qual não é feita nenhuma referência, todos os outros géneros anteriormente referenciados foram considerados como exóticos num estudo realizado por Cearreta (1998) no estuário de Bilbao. Segundo Donnici & Serandrei-Barbero (2002), as famílias Discorbidae e Cibicidae ocorrem em substratos arenosos com vegetação e pobres em nutrientes. Colom (1974) relaciona-as com as pradarias de *Posidonia oceanica*.

Nos estudos efectuados por Redois & Debenay (1996) e Hanould *et al.* (1997), todos os géneros *Brizalina* foram relacionados com a plataforma continental. Num outro trabalho realizado por Debenay & Redois (1997), sobre os foraminíferos da plataforma continental a Norte do Senegal, a espécie *Brizalina sphaatulata* foi relacionada com fenómenos de *upwelling* que ocorrem nas águas a Sul de Portugal. O mesmo fenómeno foi ainda registado por Levy *et al.* (1995).

2 – VARIAÇÕES DO NÍVEL DO MAR DURANTE O HOLOCÉNICO

2.1 – Em Portugal

A primeira proposta de curva de variação do nível médio relativo do mar em Portugal, abrange os últimos 18 000 anos e foi publicada por Dias (1985, 1987). Na sua concepção, o autor utilizou dados referentes aos corpos sedimentares e aos elementos morfológicos reconhecidos na plataforma Norte, bem como as suas relações genéticas e de idade relativa. O modelo assim concebido foi parcialmente confirmado por algumas datações ¹⁴C e utilizado, conjuntamente com análises geomorfológicas detalhadas, para deduzir o traçado da linha de costa no Máximo Glaciário, em vários momentos do Interglaciário e do Holocénico (Dias, 1987).

Embora o Holocénico represente somente, do ponto de vista temporal, 0,6% do Quaternário, ocorreram durante este período de tempo importantes modificações ambientais responsáveis por significativas alterações na paisagem (Magalhães, 2001). Segundo Dias (1985, 1987), há cerca de 10 000 anos termina o período frio e regressivo anterior, sendo substituído por um aquecimento climático generalizado e marcada transgressão. Verifica-se então uma subida muito rápida do nível do mar, abrandando as taxas de subida por volta dos 8000 anos, quando o nível se encontrava a cerca de -30 metros. Desde então a subida foi mais lenta, tendo-se atingido o nível actual há cerca de 3500 anos.

As variações históricas do nível do mar em Portugal são quase desconhecidas, uma vez que existem apenas algumas referências interpretativas ou hipóteses de trabalho. Em contrapartida, as variações do nível do mar ao longo deste século são bem conhecidas devido ao estudo de séries maregráficas, principalmente da série da estação de Cascais, cuja extensão é superior a um século (Dias *et al.*, 1997). De acordo com os resultados publicados, o nível do mar teria descido a uma média de 0,5 mm/ano entre 1882 e 1920, após o que se registou uma subida média de 1,7 mm/ano até ao presente (Dias & Taborda, 1988; Dias *et al.*, 1997).

Grande parte da elevação do nível médio do mar verificada nos últimos 100 anos pode ser atribuída à expansão térmica das camadas superiores do oceano e à fusão dos glaciares alpinos, podendo constituir já uma resposta ao aquecimento global da atmosfera terrestre (Hansen *et al.*, 1981 *in* Dias & Taborda, 1988).

2. 2 – Estuário do Rio Guadiana

Com base na síntese dos conhecimentos actualmente existentes sobre a evolução da linha de costa em Portugal desde o Último Máximo Glaciário efectuada por Dias *et al.* (1997) conclui-se que há poucos dados relativos às variações recentes do nível do mar apoiados na cronologia e que existem muitas assimetrias nos conhecimentos e, ainda, que o sector da plataforma Norte é melhor conhecido do que o sector da plataforma Sul. No que se refere ao nível dos conhecimentos relativos às várias fases climáticas que ocorreram nos últimos 18 milénios, torna-se evidente que o período entre 10 e 3 milénios (abrangendo o Holocénico inferior e médio) é o que apresenta maior carência de informações. No entanto, nos últimos anos, têm sido efectuados alguns estudos na zona do estuário do Rio Guadiana com intuito de melhor compreender as mudanças ocorridas neste troço da costa portuguesa durante o Holocénico (Boski *et al.*, 1998; 1999; 2002; Camacho, 1999). Com base nas sequências sedimentares, em datações ¹⁴C e nos conteúdos micro e macro-faunísticos, estes autores propuseram uma primeira aproximação cronológica à transgressão holocénica observada na margem continental Sul portuguesa. Através de uma análise multidisciplinar Boski *et al.* (2002) abordam a sequência de eventos que se produziram no estuário do Guadiana durante o percurso transgressivo pós-glacial. O cruzamento dos dados obtidos na análise das características sedimentológicas, do conteúdo em foraminíferos, na macrofauna e na cronologia (¹⁴C) realizadas às amostras recuperadas de quatro sondagens de carotagem contínua efectuadas em 1997 no estuário do rio Guadiana, nomeadamente, CM1, CM2, CM3 e CM4, permitiu a estes autores reconhecer duas fases distintas na subida do nível do mar ao longo do Holocénico. O início da primeira fase ocorreu por volta dos 9800 anos BP quando o nível do mar estaria a cerca de -39 metros e é caracterizado pela presença de sedimentos argilosos e pela ocorrência do género de sapal *Trochammina*. Esta fase mais acelerada prolonga-se até aos 6500 anos BP, calculando-se taxas de subida do nível do mar de cerca de 0,85 m/século para este período (Boski *et al.*, 2002).

Uma segunda fase mais lenta de subida do nível do mar teve início logo após os 6500 anos BP, quando os sedimentos começaram a ficar armadilhados por trás de línguas de areia recém-formadas, iniciando-se também uma nova fase de sedimentação. Durante esta segunda fase os autores calcularam taxas de subida do nível do mar de cerca de 0,3 m/século que se mantiveram até aos 5000 anos BP, altura em que o mar se aproximou do seu nível actual (Boski *et al.*, 2002).

Existem ainda vários estudos publicados relacionados com o preenchimento sedimentar dos vales estuarinos localizados na porção espanhola do Golfo de Cádiz. As sequências sedimentares holocénicas do estuário do rio Guadalete foram estudadas por Dabrio *et al.* (1995) e Goy *et al.* (1996). Dabrio *et al.* (2000) e mais recentemente Lario *et al.* (2002) apresentaram uma síntese de perspectiva regional baseada em material recolhido de sondagens e de sanjas nos estuários de Tinto-Odiel, Guadalete, San Pedro e Guadalquivir.

Mais recentemente González-Vila *et al.* (2003) realizaram um estudo de geoquímica em que avaliaram a natureza e a variação da matéria orgânica do testemunho obtido na sondagem CM5 através do método dos biomarcadores. A sondagem CM5 que foi também objecto de estudo no presente trabalho foi efectuada na sequência das quatro sondagens anteriormente analisadas por Boski *et al.* (2002).

De entre as sondagens efectuadas no estuário do rio Guadiana a CM5 foi a que se situou mais a montante, distando cerca de 11 quilómetros da linha de costa actual. Das sondagens efectuadas no âmbito do presente trabalho, esta última foi a mais pormenorizada, com cerca de duas amostras recolhidas por cada metro de profundidade, perfazendo um total de 82 amostras até aos -48,5 metros. A grande profundidade da sondagem permitiu recolher sedimentos pré-holocénicos, com uma idade estimada de cerca de 10 990 anos BP. Nestes sedimentos não foram encontrados quaisquer vestígios de microfauna fóssil e foram, por isso, agrupados no biohorizonte 1. De acordo com a datação anterior, marcada a -47,6 metros, estar-se-ia no início do Drias Recente, um curto episódio de arrefecimento global, cujos efeitos se manifestaram na descida do NMM (Dias *et al.*, 2000). Tendo em conta a ausência de foraminíferos no ambiente de deposição e a data de sua formação em pleno início desta fase fria parece plausível considerar os sedimentos de origem fluvial pré-holocénica. Esta fase durou até aos -44,7 metros, altura em que registaram os primeiros vestígios de influência marinha.

Inicia-se então o biohorizonte 2, caracterizado pela predominância de ambiente de sapal que é definido como ambiente de fronteira entre o continente e o mar. Apesar da inexistência de datações a esta profundidade, com base nos dados obtidos nas sondagens anteriores sabe-se que o início da transgressão marinha, marcado pela presença do género *Trochammina*, ocorre aos -39 metros por volta dos 9800 anos BP (Boski *et al.* 2002). De acordo com Dabrio *et al.* (2000) as primeiras evidências marinhas de origem transgressiva ocorreram a 30 metros abaixo do presente NMM no Guadalete e 22 e 30 metros abaixo do presente NMM no Odiel e Tinto, respectivamente. Estas diferenças reflectem irregularidades topográficas ao longo do talvegue dos rios (Dabrio *et al.*, 2000). A maior profundidade a que se regista o mesmo fenómeno no Guadiana poderá ser explicada pela existência de um vale muito mais profundo e encaixado

para este rio em relação aos rios espanhóis cujos paleovales não atingiam estas profundidades por drenarem substratos mais brandos e permeáveis.

O biohorizonte 2 é ainda caracterizado por uma evidente alternância de ambientes de sapal e de ambientes sem foraminíferos. Este início instável da subida do nível do mar é sucedido por um período de diminuição de influência marinha ou mesmo estagnação da incursão marinha, de acordo com o biohorizonte seguinte (biohorizonte 3), este constituído apenas por amostras sem foraminíferos.

Aos -34,6 metros, o ambiente de sapal parece instalar-se novamente. Este ambiente mantém-se até aos -21,3 metros, constituindo o biohorizonte 4. A estabilidade deste ambiente ao longo de cerca de 13 metros de testemunho sugere que a taxa de sedimentação acompanhou a taxa de subida do NMM durante pelo menos esta fase (Nydick *et al.*, 1995). Através do cálculo simples da quantidade de sedimento que se acumulou durante as duas datações mais antigas, ou seja, entre os 10 990 anos BP a 4767 cm de profundidade e 7725 anos BP a 1775 cm de profundidade, e assumindo uma taxa de acumulação mais ou menos constante para este intervalo de tempo, verifica-se que em cerca de 3265 anos depositaram-se cerca de 2992 cm de sedimento, calculando-se uma taxa de sedimentação de cerca de 0,9 m/século. Uma taxa tão elevada de sedimentação e a presença quase constante de foraminíferos bentónicos ao longo deste intervalo de tempo sugerem uma taxa de subida do NMM maior ou igual a 0,9 m/século. Este cálculo simples, baseado apenas na confrontação idade/profundidade, em que não foram considerados factores tão importantes como, por exemplo, a compactação diferencial do sedimento acumulado, está muito próximo dos valores calculados por Boski *et al.* (2002) de cerca de 0,85 m/século para a primeira etapa transgressiva que segundo os autores ocorreu entre cerca dos 10 000 e os 6500 anos BP. Para o mesmo período de tempo Dabrio *et al.* (2000) e Lario *et al.* (2002) calcularam uma taxa de sedimentação de 0,5 metros/século, sugerindo uma taxa de subida do NMM superior a este valor.

Segundo González-Vila *et al.* (2003), apoiando-se na análise das variações das taxas de acumulação de carbono orgânico para a sondagem CM5, cerca de 80% da sequência sedimentar holocénica acumulou-se durante uma fase de rápida subida do NMM que durou até aos 6000 anos BP.

Com base nas variações na composição de espécies de foraminíferos bentónicos, o biohorizonte 5 (Fig. 3. 13) parece marcar o início de uma nova etapa transgressiva. A constância de um ambiente de sapal verificada até cerca dos 8000 anos BP é quebrada pelo surgimento de faunas constituídas por espécies de sapal baixo e espécies estuarinas. Esta substituição de associações faunísticas não é linear mas sim espasmódica sugerindo fortes

flutuações no grau de influência marinha para o período em questão. Boski *et al.* (2002) também registaram esta substituição de associações embora um pouco mais tarde, entre 7500 e 7000 anos BP, sugerindo para esta fase uma subida do NMM maior que a taxa de acreção do sapal.

O biohorizonte 5 sugere um período de adaptação do estuário provavelmente causado pela interação de diferentes taxas de subida do NMM, de diferentes taxas de sedimentação e da alteração do espaço de acomodação. Desta forma, o biohorizonte 5 parece marcar um período de transição entre o ambiente de sapal que caracterizou o Holocénico antigo e entre um ambiente lagunar intermareal que se instalou quando o NMM atingiu o seu ponto mais alto.

Apesar da falta de datações para o intervalo de amostras em que se reconheceu o auge da inundação do estuário, o fenómeno é perfeitamente visível através do gráfico da variação do GIM (Fig. 3. 13). Constituindo o biohorizonte 6, este intervalo de amostras que se situam entre os 14 e os 9 metros de profundidade é caracterizado pela presença de espécies de foraminíferos indicadoras de maior influência marinha como são exemplo *Fissurina* spp. e *Brizalina* spp., por um elevado número de indivíduos indeterminados e pelos mais altos valores de diversidade para esta sondagem.

Dabrio *et al.* (2000) e Lario *et al.* (2002) sugerem os 6500 anos BP para o máximo transgressivo, sendo que a partir daí a taxa de subida eustática diminuí significativamente, e o preenchimento estuarino tenha seguido uma tendência governada pela progressiva mudança de acreção vertical para uma progradação lateral. Também Boski *et al.* (2002) apontam os 6500 anos BP para o fim da fase rápida de subida do NMM iniciando-se uma nova fase de subida do NMM mais lenta em que ocorre o enclausuramento dos corpos lagunares por trás de línguas de areia na cercania do estuário, promovendo a sedimentação de areias no seu interior. Segundo estes autores, esta segunda fase teria sido mais lenta com taxas de subida do NMM de cerca de 0,3 m/século para o período de 6500 a 5000 anos BP.

No presente trabalho, dispendo-se apenas de uma datação de 7725 anos BP aos 1775 cm de profundidade e de outra de 4295 anos BP aos 579 cm de profundidade, calculou-se uma taxa de sedimentação de cerca de 0,35 m/século para este intervalo, sugerindo uma taxa de subida do NMM igual ou superior a este valor. Já Dabrio *et al.* (2000) sugerem taxas mais baixas para a fase pós-alagamento, de cerca de 0,26 m/século.

Após o auge transgressivo identificado para o biohorizonte 6, a tendência parece inverter-se, seguindo-se dois biohorizontes de sucessiva diminuição de influência marinha (biohorizontes 7 e 8). Cerca de 84% das amostras de intermareal superior e inferior que constituem o biohorizonte 7 são corrosivas, ou seja, com mais de 20% das carapaças carbonatadas em

elevado estado de dissolução. A natureza corrosiva do sedimento de deposição poderá sugerir uma diminuição na influência marinha com provável aumento de influência fluvial, causada pelo isolamento dos corpos lagunares verificado na fase anterior, promovendo, por sua vez, a dissolução do CaCO₃ (Bertram & Cowen, 1998). A diminuição da velocidade de acreção vertical poderá ainda ter tido um papel preponderante na fraca preservação das carapaças, uma vez que taxas elevadas de dissolução dos biominerais estão normalmente associadas a taxas baixas de sedimentação (Bertram & Cowen, 1998). Esta fase de adaptação às novas condições do estuário prolonga-se até cerca dos 4000 anos BP, altura em que parece terminar a supremacia marinha.

Dabrio *et al.* (2000) sugerem que grande parte do preenchimento sedimentar dos estuários do Golfo de Cádiz ocorreu entre os 6554 e os 4400 anos BP. Segundo estes autores, durante esta fase a taxa de descarga fluvial excede a taxa de subida do NMM favorecendo a acreção vertical nas bacias dos estuários e promovendo a acumulação de uma nova unidade sedimentar (H2) a partir daí colonizada por populações humanas.

O biohorizonte 8, o último biohorizonte delimitado para esta sondagem, é definido pelo ambiente de sapal, por sua vez caracterizado pela presença das espécies *T. macrescens*, *T. inflata* e *Ammobaculites* sp., e culmina no ambiente actual onde não se registaram foraminíferos. Nesta última fase, que tem início por volta dos 4000 anos BP e que termina no presente, o NMM parece estabilizado prevalecendo o ambiente de sapal até aos dias de hoje. De acordo com a datação mais recente disponível de 4295 anos BP facilmente se constata que desde essa data até ao presente apenas 5,8 metros de sedimento se acumularam sugerindo uma evolução lenta do estuário.

Boski *et al.* (2002) propõem que o estágio final de preenchimento do rio Guadiana poderá dever-se em grande parte às actividades antrópicas como por exemplo a desflorestação da bacia drenante como tem sido proposto por algumas fontes arqueológicas (ex. Chester & James, 1991 in Boski *et al.*, 2002).

2.3 – Estuário do Rio Arade

Considerando que os trabalhos que visam avaliar a evolução do estuário do rio Guadiana são escassos e recentes, em relação ao estuário do rio Arade ainda nada havia sido feito. Através duma perspectiva microfaunística, pretende-se pela primeira vez inferir sobre os efeitos produzidos pela transgressão Flandriana neste troço do Barlavento algarvio. Desta forma, no ano 2000 foram efectuadas três sondagens de carotagem contínua, nomeadamente,

P2, P5 e P6, com o intuito de comparar os efeitos transgressivos nas duas extremidades do Algarve. As sondagens P2 e P6 localizaram-se ao longo do rio Arade e a P5 na Ribeira de Boina aproximadamente à mesma latitude que P2. Destas sondagens, a P2 foi a mais profunda, atingindo-se o topo dos calcários (bedrock) aos 22,4 metros de profundidade.

Apesar de existirem algumas diferenças pontuais, de uma forma geral reconhece-se a mesma sequência paleoambiental nas três sondagens. Em todas as sequências delimitou-se um ambiente terrestre (biohorizonte 1) imediatamente antes de se registar influência marinha pela primeira vez, o que sugere a concomitância do evento transgressivo com o início da formação do estuário.

Ao contrário do que se verificou para a sondagem CM5, nas sondagens do Arade não foi possível reconhecer uma fase de pré alagamento caracterizada por uma evolução ambiental e consequente substituição da dominância de espécies de sapal por espécies de baixo sapal e de estuário. Neste sistema, os primeiros vestígios de influência marinha coincidem com o período de maior oceanidade, caracterizado pelo aumento da diversidade e do número de indivíduos indeterminados e, ainda, de taxa indicadores de maior influência marinha, nomeadamente, as espécies *Discorbis* spp., *Brizalina* spp., *Rosalina* spp., *Cibicides* spp. e o grupo dos miliolídeos. A inexistência de registo de uma fase de pré-alagamento na base dos testemunhos sedimentares sugere que a invasão marinha verificada no estuário do Arade ocorreu de forma mais abrupta e menos premonitória que no caso do estuário do Guadiana. A ausência desta fase poderá explicar-se pela maior elevação topográfica da superfície basal erosional verificada no estuário do Arade, levando a que a idade a que se regista o início da transgressão seja mais recente para este estuário do que para o do Guadiana. Com efeito, o início da influência marinha para este último estuário regista-se por volta dos 10 000 anos BP, enquanto que para o Arade regista-se por volta dos 8000 anos BP nas sondagens P2 e P5 e por volta dos 7500 anos BP para a P6. Não obstante, a presença de amostras de influência marinha marcante anteriores a 7700 anos BP (caso do P2 e P5) permite constatar que a fase de maior oceanidade iniciou-se mais cedo no Arade do que no Guadiana. No entanto, é interessante notar que a fase de maior influência marinha regista-se a profundidades muito semelhantes para os dois estuários; no caso do Guadiana dos 14 aos 9 metros; no caso do Arade: no P2 dos 16,5 aos 10,3 metros, no P5 dos 15,4 aos 6,6 metros e no P6 dos 14,7 aos 10 metros.

Em todas as sondagens do estuário do Arade reconhece-se um abrandamento na influência marinha logo após o auge transgressivo, embora muito mais atenuado no caso da sondagem P2, a mais afastada da linha de costa.

Na sondagem P5 este abrandamento é evidenciado pela presença do biohorizonte 5, constituído por cerca de 5 metros de testemunho sem foraminíferos, logo após o biohorizonte de maior influência marinha. Esta mudança de ambientes tão brusca poderá ter sido consequência da ocorrência de um episódio de cheia na Ribeira de Boina de acordo com o tipo de sedimentos que ocorrem no biohorizonte 5 constituídos por areias e cascalhos de origem terrestre (Tabela V, Anexo 1, pág. 7).

Na sondagem P6 também ocorre um biohorizonte sem foraminíferos embora, aparentemente, num enquadramento diferente. Neste testemunho, entre o biohorizonte 4 (sem foraminíferos) e o biohorizonte 2 (fase de maior influência marinha) ocorre o biohorizonte 3, definido pela alternância de ambientes de intermareal inferior e ambientes sem foraminíferos. Esta fase intermédia sugere uma evolução mais lenta do abrandamento da influência marinha. De acordo com o conteúdo sedimentológico (Tabela 7, Anexo 1, pág. 9) não parece haver evidências de um episódio de cheia para esta fase. Também na sondagem P2, situada a cerca de 3 quilómetros a montante de P6, não se registam quaisquer evidências de cheias, verificando-se, no entanto, algumas perturbações traduzidas pela ocorrência de duas amostras sem foraminíferos.

De entre as sondagens efectuadas neste sistema estuarino, a P2 foi a que manifestou maior continuidade na ocorrência de influência marinha, demonstrando esta tendência até aos dias de hoje, onde ainda prevalece um ambiente de sapal. Em contrapartida, a P6 que é a sondagem mais próxima do mar, situada logo abaixo da P2, demonstra menor oceanidade, sobretudo nas fases inicial e final da sequência sedimentar. Esta situação poderá ser facilmente explicada se se considerar a localização exacta das amostragens sendo que a do P2 ficou mais próxima do eixo do paleovale do Rio Arade enquanto que a localização da P6 sujeitou-a a uma maior influência de acreção lateral provocada pelos bancos de vasa estuarina.

A ocorrência de um ambiente de sapal, caracterizado pela presença de espécies aglutinadas, verificado em todos os biohorizontes mais recentes das três sondagens (biohorizonte 6 para P2 e P5 e biohorizonte 5 para P6), sugere um recente equilíbrio entre as taxas de acreção e as taxas de subida do NMM (Nydick *et al.*, 1995).

V – CONCLUSÕES

A análise das variações no conteúdo em espécies de foraminíferos bentônicos ao longo dos testemunhos recolhidos nos estuários dos rios Guadiana e Arade permitiu identificar cinco paleoambientes com diferentes graus de influência marinha.

O GIM 1 foi atribuído a um ambiente indefinido pela ausência de foraminíferos. Esta ausência pode ser traduzida num ambiente terrestre sem qualquer influência marinha ou num ambiente de deposição não ideal à preservação *post-mortem* das carapaças.

O GIM 2 foi atribuído aos ambientes colonizados por associações faunísticas indicadoras de forte confinamento, típico de médio a alto sapal. Neste ambiente, denominado de intermareal superior, verificou-se a dominância das formas aglutinadas *Trochammina macrescens*, *Trochammina inflata*, *Trochammina* spp., *Ammobaculites* sp., *Eggerella* sp. associadas ao grupo dos forros internos.

O GIM 3 foi atribuído aos ambientes colonizados por associações faunísticas indicadoras de confinamento, típico de ambientes de médio a baixo sapal. Este ambiente, denominado de intermareal médio, é caracterizado pela fraca expressão da associação das espécies *A. beccarii* e *H. germanica* e pela predominância de formas aglutinadas e/ou forros internos e carapaças carbonatadas em elevado estado de dissolução.

O GIM 4 foi atribuído aos ambientes colonizados por associações faunísticas indicadoras de confinamento moderado, típico de ambiente intermareal pouco profundo, abrangendo o baixo sapal e toda a planície lodosa exposta em baixa-mar de marés vivas. Neste ambiente, denominado de intermareal inferior, o valor de abundância cumulativa da associação das espécies estuarinas *A. beccarii* e *H. germanica* é sempre superior a 65% e é comum a presença de *Elphidium* spp. e de miliolídeos como taxa secundários.

Por último, o GIM 5 foi atribuído aos ambientes colonizados por associações faunísticas indicadoras de forte influência marinha. Este ambiente, denominado de intermareal aberto, é caracterizado pelo decréscimo do valor de abundância cumulativa da associação das espécies *A. beccarii* e *H. germanica* e pelo aumento dos valores de diversidade e do número de carapaças indeterminadas e pequenas e, ainda, pelo aumento do número de espécies exóticas, nomeadamente, os géneros *Brizalina*, *Fissurina*, *Discorbis*, *Rosalina* e *Cibicides*.

Com exceção da sondagem CM5 no estuário do Guadiana, onde predominam as formas aglutinadas e o grupo dos forros internos, em todas as outras sondagens a espécie *A. beccarii* foi a mais abundante e a mais constante, apresentando valores de constância sempre superiores a 90%.

A análise paleoambiental feita com base nas variações na composição de espécies de foraminíferos bentônicos, sugere que a subida do nível do mar nas áreas estuarinas em estudo reflectiu-se de forma complexa no padrão de sedimentação.

É difícil afirmar que estas mudanças ambientais e faunísticas tenham ocorrido ao mesmo tempo em todos os furos, pois é impossível obter idades do sedimento com tanta precisão. No entanto, parece provável que as alterações faunísticas estejam correlacionadas no tempo, sobretudo para o grupo de sondagens do Arade cuja sequência de eventos é bastante semelhante.

Em todas as sequências sedimentares reconheceu-se a existência de uma fase transitiva fluvio-marinha imediatamente antes de um episódio transgressivo. No estuário do Guadiana, entre um episódio pré-holocénico sem vestígios de microfauna fóssil e o auge de transgressão marinha, foi possível identificar uma sequência paleoambiental de pré-invasão marinha, caracterizada por uma substituição de dominância de espécies de sapal por espécies de baixo sapal e de estuário.

No caso do estuário do Arade, os primeiros vestígios de influência marinha coincidem com o período de maior oceanidade, sugerindo a concomitância deste fenómeno com o início da formação do estuário. A inexistência de registo de uma fase de pré-invasão marinha na base dos testemunhos sedimentares deste sistema estuarino sugere que a invasão marinha ocorreu de forma mais abrupta e menos premonitória que no caso do estuário do Guadiana.

Embora os efeitos do início da influência marinha se façam sentir muito mais cedo no estuário do Guadiana (cerca de 10 000 anos BP) do que no estuário do Arade (cerca dos 8000 anos BP para P2 e P5 e 7500 anos BP para P6), a presença de amostras de influência marinha marcante anteriores a 7700 anos BP em duas das sondagens do Arade permite constatar que a fase de maior oceanidade iniciou-se mais cedo neste estuário do que no Guadiana.

Em todas as sondagens reconhece-se um abrandamento na incursão marinha logo após o auge transgressivo, embora mais progressivo e atenuado no caso das sondagens CM5 e P2. A natureza corrosiva do sedimento de deposição pós-máximo transgressivo verificada no Guadiana por um lado, e a elevada ocorrência de amostras com um número insuficiente de foraminíferos para reconhecer uma associação faunística verificada no Arade, por outro, sugerem uma diminuição da influência marinha e um provável aumento da influência fluvial para este período.

A ocorrência de um ambiente de sapal em todos os biohorizontes mais recentes das quatro sondagens sugere um recente equilíbrio entre as taxas de acreção e as taxas de subida do NMM actuais.

VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A falta de conhecimento sobre a distribuição dos foraminíferos modernos nas áreas de estudo e as diferenças entre as associações modernas e fósseis, sobretudo aquelas tafonomicamente muito degradadas, dificultaram a interpretação dos dados estratigráficos. Uma investigação prévia das comunidades de foraminíferos actuais nas áreas de estudo permitir-nos-ia aplicar com maior segurança o princípio do Uniformitarismo que defende que “o presente é a chave par o passado” (Lowe & Walker, 1997). Desta forma seria interessante pensar num futuro estudo que visasse analisar as associações de foraminíferos modernos e as suas relações com o meio que habitam. Este estudo, essencialmente biológico, permitir-nos-ia ainda a diferenciação das espécies indígenas das espécies exóticas contribuindo, desta forma, para o aumento da consistência e do rigor dos dados.

Teria sido de especial interesse para o presente estudo a distinção dos vários ecofenótipos da espécie *Ammonia beccarii*, já que cada uma destas formas representa um ambiente ecologicamente distinto dentro da zona intermareal. Segundo Debenay & Redois (1996) a *Ammonia tepida*, por exemplo, caracteriza melhor as zonas salobras enquanto que a *Ammonia beccarii* s. s. caracteriza melhor os ambientes marinhos.

Duma forma geral, uma base taxonómica mais eficiente teria possibilitado a identificação de mais algumas formas de alguns géneros que, em virtude das incertezas ainda existentes, foram deixadas em nomenclatura aberta.

O aumento do número de datações será sempre uma boa aposta neste tipo de trabalhos, permitindo não só a identificação com maior precisão dos eventos registados nas sequências sedimentares mas também introdução de outros parâmetros tão importantes como é por exemplo o cálculo das taxas de sedimentação.

VII - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITKEN, M. J. (1990) – “Science-based Dating in Archaeology”. Longman, London.
- BARROS, P. E CANDEIAS, J. (1998) - “Modelando o Sistema do Estuário do Rio Guadiana”. Actas do 1º Simpósio Interdisciplinar de Processos Estuarinos, Universidade do Algarve, Faro, pp. 95-96.
- BERTRAM, M. A. & COWEN, J. P. (1998) – “Biomineralization in Agglutinating Foraminifera: An Analytical SEM Investigation of External Wall Composition in Three Small Test Forms”. *Aquatic Geochemistry*, 4, pp. 455–468.
- BIGNOT, G. (1982) – «Les Microfossiles. Les différents groupes. Exploitation paléobiologique et géologique». Dunod, Bordas, Paris, 212 p.
- BOLTOVSKOY, E. & WRIGHT, R. (1976) – “Recent foraminifera”. Dr. W. Junk, The Hague, Boston, 515 p.
- BOLTOVSKOY, E. & TOTAH, V. (1985) – “Diversity, similarity and dominance in benthic foraminiferal fauna along one transect of the Argentine shelf”. *Revue de Micropaléontologie*, vol. 28, nº 1. pp. 23–31.
- BOSKI, T., MOURA, D., DUARTE, N., PEDRO, P., CAMACHO, S. & SANTANA, P. (1998) – “Preenchimento sedimentar do estuário do Guadiana a partir do final do Último Máximo Glacial: resultados preliminares”. *Proceedings do 1º Simpósio Interdisciplinar sobre processos estuarinos*, Faro, pp. 57-60.
- Boski, T., Moura, D., Camacho, S., Duarte, D., Scott, D.B., Veiga-Pires, C., Pedro, P. & Santana, P. (1999) – “Postglacial sea level rise in south Portugal as recorded in Guadiana Estuary”. *The Non-Steady State of the Inner Shelf and Shoreline: Coastal Change on the Time Scale of Decades to Millennia-International Conference, IGCP Project 437*, University of Hawaii, Honolulu, pp. 59-61.
- BOSKI, T., MOURA D., VEIGA-PIRES C., CAMACHO S., DUARTE D., SCOTT D. B. & FERNANDES S. (2002) – “Postglacial sea-level rise and sedimentary response in the Guadiana Estuary, Portugal/Spain border”. *Sedimentary Geology*, 150, pp. 103–122.
- BOWMAN, S. (1990) – “Radiocarbon Dating”. British Museum, London.
- BUZAS, M. A. (1989) - “The effect of quartz versus calcareous sand on the densities of living foraminifera”. *Department of Paleobiology, Smithsonian Institution, Washington, D.C.*, vol.35, nº2, pp. 135-141.
- BUZAS, M. A. & CULVER, S. J. (1991) - “Species Diversity and Dispersal of Benthic Foraminifera”. *American Institute of Biological Sciences*, vol. 41, nº7, pp. 483-488.
- CAMACHO, S. (1999) – “Contribuição dos Foraminíferos Bentónicos na Reconstrução Paleoambiental do Estuário do Rio Guadiana durante o Holocénico”. Relatório de Estágio do Curso de Biologia Marinha e Pescas, Universidade do Algarve, Faro, 101 p.
- CAMPBELL, A. & NICHOLLS, J. (1994) - “Fauna e Flora de Portugal e da Europa”. Guias FAPAS- Fundo para a Protecção dos Animais Selvagens, 320 p.
- CEARRETA, A. (1998) – “Holocene sea-level change in the Bilbao estuary (north Spain): foraminiferal evidence”. *Micropaleontology*, Vol. 44, no. 3, pp. 265-276.

COLOM, G. (1974) - "Foraminiferos ibéricos. Introducción al estudio de las especies bentónicas recientes". Investigación Pesquera, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Patrono Juan de la Cierva, Barcelona, vol.38, nº 1, 245 p.

COMMEAU, R. F., REYNOLDS, L. A. & POAG, W. (1985) - "Elemental X-ray mapping of agglutinated foraminifer tests: A non-destructive technique for determining compositional characteristics". Micropaleontology, vol. 31, nº 4, pp. 380-386.

COSTA, A. B. R. (1980) - "A navegabilidade do Rio Guadiana", in Anais do Clube Militar Naval. Vol. CX, Jul. - Set., pp. 661-682.

COUSTEAU, J-Y (1987) - "O Mundo Submarino - A Deriva dos Continentes / As Cadeias Alimentares". Salvat, Vol. III, 256 p.

CULVER S. J. & BUZAS, M. A. (1999) - "Biogeography of neritic benthic foraminifera" in SEN GUPTA, B. K. (1999) - Modern Foraminifera. Kluwer Academic Publishers, London, 371 p.

DABRIO, C. J., GOY, J. L., LARIO, J., ZAZO, C., BORJA, F. & GONZÁLEZ, A. (1995) - "The Guadalete estuary during the Holocene times (Bay of Cadiz, Spain)". INQUA Mediterranean and Black Sea Shorelines Subcommittee Newsletter 17, pp. 19-22.

DABRIO, C. J., ZAZO, C., GOY, J. L., SIERRA, F. J., BORJA, F., LARIO, J., GONZÁLEZ, A. & FLORES, J. A. (2000) - "Depositional history of infill during the last postglacial transgression (Gula of Cadiz, Southern Spain)". Marine Geology, 162, pp. 381-404.

DEBENAY, J.-P. (1990) - "Recent foraminiferal assemblages and their distribution related to environmental stress in the paralic environments of West Africa (Cape Timiris to Ebrie Lagoon)". Journal of Foraminiferal Research, 20: 267-282.

DEBENAY, J.-P. (1995) - "Can the confinement index (calculated on the basis of foraminiferal populations) be used in the study of coastal evolution during the Quaternary?" Quaternary International, vol. 29/30, pp. 89-93.

DEBENAY, J.-P. & BECK-EICHLER, B. (1995) - "Monitoramento ambiental por meio de bioindicadores: uma cooperação franco-brasileira no estudo dos foraminíferos". CENDOTEC - França-Flash Meio Ambiente, nº9, 10 p.

DEBENAY, J.-P., PAWLOWSKI, J. & DECROUEZ, D. (1996) - "Les foraminifères actuels". Masson, Paris, 329 p.

DEBENAY, J.-P. & REDOIS, F. (1997) - "Recent Foraminifera of the Northern Continental Shelf of Senegal". Revue de Micropaléontologie, vol.40, nº1, pp. 15-38.

DEBENAY, J.-P., BENETEAU, E., ZHANG, J., STOUFF, V., GESLIN, E., REDOIS, F. & FERNANDEZ-GONZALEZ, M. (1998a) - «*Ammonia beccarii* and *Ammonia tepida* (Foraminifera): morphofunctional arguments for their distinction». Marine Micropaleontology, 34: 235-244.

DEBENAY, J.-P., GESLIN, E., REDOIS, F., GUILLOU, J. J., EICHLER, B. B., DULEBA, W., BONETTI, C. & LUAN, B. T. (1998b) - «Ecological Trends in Foraminiferal Assemblages of Paralic Environments». Proceedings of the Meeting and Abstracts of the International Symposium on Foraminifera, Sociedad mexicana de Paleontología, A. C., Monterrey, pp. 25-26.

DEBENAY, J.-P., EICHLER, B. B., DULEBA, W., BONETTI, C. & EICHLER-COELHO, P. (1998c) - "Water stratification in coastal lagoons: its influence on foraminiferal assemblages in two Brazilian lagoons." Marine Micropaleontology, 35, pp. 67-89.

- DEBENAY, J.-P. (2000) – “Foraminifers of paralic tropical environments”. *Micropaleontology*, vol. 46, supplement n° 1, pp. 153–160.
- DEBENAY, J.-P., GUILLOU, J. J., REDOIS, F. & GESLIN, E. (2000) – “Distribution Trends of Foraminiferal Assemblages in Paralic Environments”. *Environmental Micropaleontology*, vol. 15 of *Topics in Geobiology*, Kluwer Academic, New York.
- DE RIJK, S., (1995) – “Salinity control on the distribution of salt-marsh foraminifera (Great Marshes, Massachusetts)”. *Journal of Foraminiferal Research*, v. 25, pp. 156-166.
- DE RIJK, S. & TROELSTRA, S. R. (1997) – “Salt marsh foraminifera from the Great Marshes, Massachusetts: Environmental controls”. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, v. 130, pp. 81-112.
- DIAS, J. M. A. (1985) – “Registos da migração da linha de costa nos últimos 18 000 anos na plataforma continental portuguesa setentrional”. *Actas da I Quaternário Ibérico*, I, Lisboa, pp. 281-295.
- DIAS, J. M. A. (1987) – “Dinâmica Sedimentar e Evolução Recente da Plataforma Continental Portuguesa Setentrional”. Tese de Doutoramento, Univ. Lisboa, Lisboa, 384 p.
- DIAS, J. M. A. & TABORDA, R. P. M. (1988) – “Evolução Recente do Nível Médio do Mar em Portugal”. *Anais do Instituto Hidrográfico*, N° 9, pp. 83-97.
- DIAS, J. M. A., RODRIGUES, A. & MAGALHÃES, F. (1997) – “Evolução da linha de costa, em Portugal, desde o último máximo glaciário até à actualidade: síntese dos conhecimentos”. *Estudos do Quaternário*, 1, APEQ, Lisboa, pp. 53-66.
- DIZ, P., FRANCÉS, G. & VILAS, F. (2000) – “Variaciones estacionales de microhábitats de foraminiferos bentónicos como una herramienta en interpretaciones paleoecológicas”. 3º Simpósio sobre a Margem Continental Ibérica Atlântica, Universidade do Algarve, Faro, pp. 13-14.
- DONNICI, S. & SERANDREI-BARBERO, R. (2002) – “The benthic foraminiferal communities of the northern Adriatic continental shelf”. *Marine Micropaleontology*, n° 44, pp. 93-123.
- DOUGLAS, R. G. (1979) – “Benthic foraminiferal ecology and paleoecology. A review of concepts and methods” in LIPPS, J. H., BERGER, W. H., BUZAS, M. A., DOUGLAS, R. G. & ROSS, C. A. (1979) – “Foraminiferal Ecology and Paleocology”. *SEPM short course n°6*, Houston, 198 p.
- DULEBA, W., DEBENAY, J.-P., BECK-EICHLER, B., MAHIQUES, M. M. (1999) – “Holocene Environmental and Water Circulation Changes: Foraminifer Morphogroups Evidence in Flamengo Bay (SP, Brazil)”. *Journal of Coastal Research*, v. 15, n° 2, pp. 554-571.
- EDWARDS, R. J. & HORTON, B. P. (2000) – “Reconstructing relative sea-level change using UK salt-marsh foraminifera”. *Marine Geology*, n°169, pp. 41-56.
- FARINHA, J. C. & TRINDADE, A. (1994) – “Contribuição para o Inventário e Caracterização de Zonas Húmidas em Portugal Continental”. Publicação MedWet/Instituto da Conservação da Natureza, Lisboa, 211 p.
- FATELA, F. (1989) – «Les associations de foraminifères benthiques de la plate-forme continentale nord portugaise». Mémoire présentée a l'Université de Bordeaux I por obtenir le Diplôme d'Études Supérieures de Sciences en Océanologie, 86 p.
- FATELA, F. & SILVA, P. (1990) – “Associações actuais de foraminíferos e ostracodos no litoral a Norte de Peniche”. *Anais do Instituto Hidrográfico*, n°11, pp. 31 – 40.

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. & TABORDA, R. (2002) - "Confidence limits of species proportions in microfossil assemblages". *Marine Micropaleontology*, 45, pp. 169-174.

GEHRELS, W. R. & PLASSCHE, O. (1999) - "The use of *Jadammina macrescens* (Brady) and *Balticammina pseudomacrescens* Brönnimann, Lutze and Whittaker (Protozoa: Foraminifera) as sea-level indicators". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 149, 89-101.

GEHRELS, W. R. (2000) - "Using foraminiferal transfer functions to produce high-resolution sea-level records from salt-marsh deposits, Maine, USA". *The Holocene* 10,3, pp. 367-376.

GOLDSTEIN, S. T., WATKINS, G. D. & KUHN, R. M. (1995) - "Microhabitats of salt marsh foraminifera: St. Catherines Island, Georgia, USA". *Marine Micropaleontology*, 26, pp. 17-29.

GOLDSTEIN, S. T. & WATKINS, G. D. (1998) - "Elevation and the distribution of salt-marsh foraminifera, St. Catherines Island, Georgia: A taphonomic approach". *Palaios*, Vol. 13, pp. 579-580.

GOLDSTEIN, S. T. (1999) - "Foraminifera: A biological overview" in SEN GUPTA, B. K. (1999) - *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, London, 371 p.

GOLDSTEIN, S. T. & WATKINS, G. D. (1999) - "Taphonomy of salt marsh foraminifera: an example from coastal Georgia". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 149, pp. 103-114.

GONZÁLEZ-VILA, F. J., POLVILLO, O., BOSKI, T., MOURA, D. & ANDRÉS, J. R. (2003) - "Biomarker patterns in a time-resolved holocene/terminal Pleistocene sedimentary sequence from the Guadiana river estuarine area (SW Portugal/Spain border)". *Organic Geochemistry*, n°34, pp. 1601-1613.

GOY, J. L., ZAZO, C., SOMOZA, L., DABRIO, C. J., LARIO, J., BORJA, F., SIERRA, F. J. & FLORES, J. A. (1996) - "Global and Regional factors controlling changes of coastlines in South Iberia (Spain) during Holocene". *Quaternary Science Review*, 15, pp. 773-780.

Guelorget, O. & Perthuisot, J. P. (1983) - "Le domaine paralique. Expressions géologiques, biologiques et économiques du confinement". *Trav. Lab. Géol. ENS Paris*, 16, 1-36.

GUELORGET, O. & PERTHUISOT, J. P. (1992) - "The Parallic Realm. Biological organization and functioning". *Vie Milieu*, 42(2), pp. 215 - 251.

HAUNOLD, T. G., BAAL, C. & PILLER, W. (1996) - "Benthic foraminiferal associations in the Northern Bay of Safaga, Red Sea, Egypt". *Marine Micropaleontology*, vol. 29, pp.185-210.

HANSEN, H. J. (1999) - "Shell construction in modern calcareous Foraminifera" in SEN GUPTA, B. K. (1999) - *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, London, 371 p.

HAYNES, J. R. (1981) - "Foraminifera". John Wiley & Sons, New York, 389 p.

HAYWARD, B. W., GRENFELL, H. R., REID, C. M. & HAYWARD, K. A. (1999) - "Recent New Zealand shallow-water benthic foraminifera: Taxonomy, ecologic distribution, biogeography, and use in paleoenvironmental assessment". *Institute of Geological & Nuclear Sciences monograph* 21, 264 p.

HOLZMANN, M. & PAWLOWSKI, J. (1997) - "Molecular, Morphological and Ecological Evidence for Species Recognition in *Ammonia beccarii* (Foraminifera)". *Journal of Foraminiferal Research*, v. 27, n° 4, pp. 311-318.

HOLZMANN, M. PILLER, W. E., ZANINETTI, L., FENNER, R., MARTINI, R., SERANDREI-BARBERO, R. & PAWLOWSKI, J. (1998) – “Molecular versus morphologic variability in *Ammonia* spp. (foraminifera, protozoa) from the Lagoon of Venice, Italy”. *Revue de Micropaléontologie*, vol. 41, n°1, pp. 59–69.

HORTON, B. P., EDWARDS, R. J. & LLOYD, J. M. (1999) – “UK intertidal foraminiferal distributions: implications for sea-level studies”. *Marine Micropaleontology*, 36, pp. 205-223.

HORTON, B. P., EDWARDS, R. J. & LLOYD, J. M. (1999) – “A foraminiferal-based transfer function: implications for sea-level studies”. *Journal of Foraminiferal Research*, v. 29, n° 2, pp. 117-129.

HORTON, B. P. & EDWARDS, R. J. (2000) – “Quantitative Palaeoenvironmental Reconstruction Techniques in Sea-Level Studies”. *Archaeology in the Severn estuary*, 11, pp. 105-119.

INSTITUTO HIDROGRÁFICO (1998) – Tabela de marés 1999, volume I.

INSTITUTO PORTUÁRIO DO SUL (2003) – “Estudo de Navegabilidade do Rio Arade entre Portimão e Silves - Estudo de Impacte Ambiental”. Fase 4/Relatório Final, 256 p.

JENNINGS, A. E., NELSON, A. R., SCOTT, D. B., & ARAVENA, J. C. (1995) - “Marsh Foraminiferal Assemblages in the Valdivia Estuary, South-central Chile, Relative to Vascular Plants and Sea Level”. *Journal of Coastal Research*, vol.11, n°1, pp.107-123.

JONES, R. W. (1994) – “The Challenger Foraminifera”. The Natural History Museum of London. Oxford University Press, 151 p.

LANGER, M. R. & LEPPIG, U. (2000) – «Molecular phylogenetic status of *Ammonia catesbyana* (D’Orbigny, 1839), an intertidal foraminifer from the North Sea». *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 9: 545–556.

LARIO, J., ZAZO, C., GOY, J. L., DABRIO, C. J., BORJA, F., SILVA, P. G., SIERRA, F. J., GONZALEZ, A. SOLER, V. & YLL, E. (2002) – “Changes in sedimentation trends in SW Iberia Holocene estuaries (Spain)”. *Quaternary International* 93-94, 171-176.

LECKIE, R. M. & OLSON, H. C. (2003) – “Foraminifera as proxies for sea-level change on siliciclastic margins” in *Micropaleontologic Proxies for Sea-Level Change and Stratigraphic Discontinuities*. SEPM Special Publication, N° 75, pp. 5-19.

LEVY, A., MATHIEU, R., POIGNANT, A., ROSSET-MOLINIER, M., UBALDO, M. DE L. & AMBROISE, D. (1993) - “Recent foraminifera from the continental margin of Portugal”. *Vol. 39, n°1, 75-87.*

LI, L., GALLANGHER, S. & FINLAYSON, B. (2000) - "Foraminiferal response to Holocene environmental changes of a tidal estuary in Victoria, southeastern Australia". *Marine Micropaleontology*, 38: 229-246.

LIN, J. (1992) - “Palaeoecology, Palaeoclimate and Palaeogeography of Quaternary Foraminiferal Faunas in China”. Ph. D. Thesis, Free University of Brussels, 152 p.

LOWE, J. J. & WALKER, M. J. C. (1997) - “Reconstructing Quaternary Environments”. Longman, England, 2^a ed., 445 p.

MAGALHÃES, F. M. Q. (2001) – “Os sedimentos da plataforma continental portuguesa: contrastes espaciais, perspectiva temporal, potencialidades económicas”. Tese de Doutoramento, Instituto Hidrográfico, Lisboa, p. 287.

- MAGURREN, A. E. (1991) - "Ecological Diversity and its Measurement". Chapman and Hall, Princeton University Press, 179 p.
- MARTINS, M. V. (1997) - "Ecologia dos foraminíferos bentónicos da plataforma continental ao largo de Aveiro". Tese de mestrado, Universidade de Aveiro, Departamento de Geociências, vol.1 e 2, 440 p.
- MENDES, I., GONZALEZ, R., DIAS, J. M. A., LOBO, F. & MARTINS, V. (2004) – "Factors influencing recent benthic foraminifera distribution on the Guadiana shelf (Southwestern Iberia)". *Marine Micropaleontology*, 51 (1-2), pp. 171-192.
- MORALES - GONZÁLEZ, J. A. (1995) - "Sedimentología del estuario del río Guadiana (S.O. España y Portugal)". Universidad de Huelva, 323 p.
- MURRAY, J. W. (1973) – "Distribution and ecology of living benthic foraminiferids". Heinemann Educational Books, London, 273 p.
- MURRAY, J. W. & ALVE, E. (1999a) – "Natural dissolution of modern shallow water benthic foraminifera: taphonomic effects on the palaeoecological record". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, nº 146, pp. 195-209.
- MURRAY, J. W. & ALVE, E. (1999b) – "Taphonomic experiments on marginal marine foraminiferal assemblages: how much ecological information is preserved?" *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, nº 149, pp. 183-197.
- NYDICK, K. R., BIDWELL, A. B., THOMAS, E & VAREKAMP, J. C. (1995) – "A sea-level rise curve from Guilford, Connecticut, USA". *Marine geology*, nº 124, pp. 137-159.
- PATTERSON, R. T. (1990) - "Intertidal benthic foraminiferal biofacies on the Fraser River Delta, British Columbia: Modern distribution and paleoecological importance". *Micropaleontology*, vol. 36, nº 3, pp. 229-244.
- PAWLOWSKI, J., BOLIVAR, I., FAHRNI, J. F. & ZANINETTI, L. (1994) – "Taxonomic identification of foraminifera using ribosomal DNA sequences". *Microplaleontology*, vol. 40, nº4, pp. 373–377.
- PAWLOWSKI, J., BOLIVAR, I., FAHRNI, J. F. & ZANINETTI, L. (1995) – "DNA analysis of "*Ammonia beccarii*" morphotypes: one or more species?". *Marine Micropaleontology*, 26: 171–178.
- PAWLOWSKI, J., BOLIVAR, I., FAHRNI, J. F., VARGAS, C., GOUY, M. & ZANINETTI, L. (1997) – "Extreme Differences in Rates of Molecular Evolution of Foraminifera Revealed by Comparison of Ribosomal DNA Sequences and the Fossil Record". *Molecular Biology and Evolution*, 14 (5), pp. 498–505.
- REDOIS, F. & DEBENAY, J.-P. (1996) – "Influence du confinement sur la répartition des foraminifères benthiques: exemple de l'estran d'une ria mésotidale de Bretagne Méridionale". *Revue de Paléobiologie*, vol. 15, No 1, pp. 243–260.
- REINHARDT, E. G., PATTERSON, R. T. & SCHRÖDER-ADAMS, C. J. (1994) - "Geoarchaeology of the ancient Harbor site of Caesara Maritima, Israel: Evidence from sedimentology of benthic foraminifera". *Journal of Foraminifera Research*, vol. 24, nº1, pp. 37-48.
- SCHAFFER, C. T. (2000) – "Monitoring nearshore marine environments using benthic foraminifera: Some protocols and pitfalls". *Micropaleontology*, v. 46, nº 1, pp. 161-169.
- SCOTT, D. B. & MEDIOLI, F. S. (1978) - "Vertical zonation of marsh foraminifera as accurate indicators of former sea-level". *Nature* 272, pp. 538 – 541.

- SCOTT, D. B. & MEDIOLI, F. S. (1980) – “Quantitative studies of marsh foraminiferal distributions in Nova Scotia: their implications for the study of sea-level changes”. Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Special Publication 17, 58 p.
- SCOTT, D. B., SCHAFER, C. T. & MEDIOLI, F. S. (1980) - “Eastern Canadian Estuarine Foraminifera: a Framework for Comparison”. *Journal of Foraminiferal Research*, vol.10, no.3, pp. 205-234.
- SCOTT, D. B., SUTER, J. R. & KOSTERS, E. C. (1991) - “Marsh foraminifera and arcellaceans of the lower Mississippi Delta: Controls on spatial distributions”. *Micropaleontology*, vol. 37, n° 4, pp. 373-392.
- 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.
- SCOTT, D. K. & LECKIE, R. M. (1990) – “Foraminiferal zonation of Great Sippwisset Salt Marsh (Falmouth, Massachusetts)”. *Journal of Foraminiferal Research*, vol. 20, 248-266.
- SEYVE, C. (1990) - “Introdução à Micropaleontologia”. Elf Equitaine, Luanda, 231 p.
- SEN GUPTA, B. K. (1999a) – “Introduction to modern foraminifera” *in* SEN GUPTA, B. K. (1999) – *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, London, 371 p.
- SEN GUPTA, B. K. (1999b) – “ Systematics of modern foraminifera” *in* SEN GUPTA, B. K. (1999) – *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, London, 371 p.
- SEN GUPTA, B. K. (1999c) – “Foraminifera in marginal marine environments” *in* SEN GUPTA, B. K. (1999) – *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, London, 371 p.
- STANCLIFFE, R. P. W. & MATSUOKA, K. (1991) - “Marine palynomorphs found in Holocene sediments off the coast of northwestern Kyushu, Japan”. *Bulletin of the Faculty of Liberal Arts, Nagasaki University, Natural Science*, 31: 661-681, 3 pl.
- STANCLIFFE, R. P. W. (1996) - “Miscellaneous, 13D- Microforaminiferal Linings”. AASP Foundation, vol.1, pp. 373-379.
- THOMAS, E. & VAREKAMP, J. C. (1991) – “Paleo-Environmental Analysis of Marsh Sequences (Clinton, Connecticut): Evidence for Punctuated Rise in Relative Sealevel during the Latest Holocene”. *Journal of Coastal Research*, SI, N°11, pp. 125-158.
- VAREKAMP, J. C., THOMAS, E. & VAN DE PLASSCHE, O. (1992) – “Relative sea-level rise and climate change over the last 1500 years”. *Global Change*, SI, n° 4, pp. 293-304.
- VICKERMAN, K. (1992) - “The diversity and ecological significance of protozoa”. *Biodiversity and Conservation*, 1, pp. 334 – 341.
- WANG, P., MIN, Q., BIAN, Y. & HUA, D. (1985) – “Characteristics of Foraminiferal and Ostracod Thanatocoenoses from some Chinese Estuaries and their Geological Significance”. China Ocean Press, Beijing, pp. 229-242.
- WIGHTMAN, W. G. (1990a) - “Micropaleontology of the Kimmeridgian to Barremian deposits of Portugal and the Grand Banks of Newfoundland”. Ph. D. Thesis, Dalhousie University, Halifax, 406 p.

WIGHTMAN, W. G. (1990b) - "Estuarine and Marsh Foraminifera from the lower Cretaceous of the Lusitanian Basin, West Portugal". Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp. 739-764.

ZUCON, M. H. & SILVA, J. L. (1993) – "Distribuição espacial de foraminíferos e tecamebas do estuário do rio Piauí, Sergipe". Nerítica, Curitiba, vol. 7, pp. 57–69.

YASSINI, I. & JONES, B. G. (1995) – "Foraminifera and ostracoda from estuarine and shelf environments on the southeastern coast of Australia". The University of Wollongong Press, Wollongong, 484 p.

Referências da Internet:

Instituto Superior Técnico (IST) e Instituto da Água (INAG) (2004) – "Definição do Limite de Jusante dos Estuários Portugueses". http://maretec.mohid.com/Estuarios/Pagina_Inicial.htm

ANEXOS

Anexo 1

Páginas 1 e 2 – Tabela I – Frequências absolutas dos vários *taxa* encontrados ao longo da sondagem CM5.

Páginas 3 e 4 – Tabela II - Frequências relativas dos vários *taxa* encontrados ao longo da sondagem CM5.

Página 5 – Tabela III - Frequências absolutas dos vários *taxa* encontrados ao longo da sondagem P2.

Página 6 – Tabela IV - Frequências relativas dos vários *taxa* encontrados ao longo da sondagem P2.

Página 7 – Tabela V - Frequências absolutas dos vários *taxa* encontrados ao longo da sondagem P5.

Página 8 - Tabela VI - Frequências relativas dos vários *taxa* encontrados ao longo da sondagem P5.

Página 9 – Tabela VII - Frequências absolutas dos vários *taxa* encontrados ao longo da sondagem P6.

Página 10 - Tabela VIII - Frequências relativas dos vários *taxa* encontrados ao longo da sondagem P6.

Anexo 1

Tabela I - Frequências absolutas dos vários taxa encontrados ao longo da sondagem CM5.

Profundidade (cm)	111	190	295	333	425	455	553	578	605	670	710	853	890	977	997	1076	1317	1345	1400	1585	1610	1675	1705	1795	1865	1905	1970	2010	2065	2095	2135	2157	2210	2270	2318	2338	2408	2425	2790	2845									
Descrição macroscópica																																																	
Nº total de indivíduos contados	0	45	70	206	166	67	459	444	356	13	111	51	2337	689	328	752	994	1405	634	330	94	107	927	633	33	92	300	74	162	109	39	395	207	555	59	48	33	30	57	46									
Estimativa do nº total min./10cc	0	180	187	549	443	179	3672	1776	1424	104	444	408	18696	5512	2624	6016	7952	11240	5072	1320	376	428	7416	5064	264	368	1200	296	648	291	156	1580	828	2220	236	192	528	160	228	184									
taxa	0	5	3	4	7	4	9	11	5	3	3	3	18	14	13	13	19	16	11	7	5	3	11	12	4	3	4	2	2	4	1	1	4	3	1	2	2	1	1	1									
<i>Ammobaculites</i> sp.		6			5	2	1		25		2	5	30	7	2	20	28	4	16	99	46	28	23	9	1																								
<i>Ammonia beccarii</i>							265	273	61					996	202	97	344	477	661	369	47							124				29																	
<i>Bolivina striatula</i>													11	3		6	12	39	1				2																										
<i>Brizalina</i> sp.								1					44	6	2	6	43	73	1				14	10																									
<i>Bulimina</i> sp.								1											1																														
<i>Buliminella elegantissima</i>													1			2	15	20								1																							
<i>Discorbis mamilla</i>								2					28	9			9	7						4																									
<i>Discorbis</i> sp.								1					3			3		4																															
<i>E. excavatum f. gunteri</i>													45	20	9		19	1						7																									
<i>Elphidium poeyann</i>													32	18	1	35	45	39	48				50	20																									
<i>Elphidium</i> sp.						34	20											3			2																												
<i>Elphidium williamsoni</i>													34	8	5	14	10	4	1																														
<i>Fissurina</i> sp.													110	23	15	6	26	35	3					18	22																								
<i>Haynesina depressula</i>																		1																															
<i>Haynesina germanica</i>					2		40	63		4			654	318	136	248	148	184	119	11			442	264			134				50																		
<i>Haynesina</i> sp.																		13																															
<i>Miliammina fusca</i>														1																																			
<i>Nonion comune</i>													5					18	15																														
<i>Quinqueloculina seminulum</i>																		1																															
<i>Rosalina cf. australis</i>																								8																									
<i>Trochammina inflata</i>		8	17	41	14	13	11	6						1	1	2						1																				3	2						
<i>Trochammina macrescens</i>		4	25	110	48	35	11	2								1						1																				5	25			2			
<i>Trochammina</i> spp.		8		1	9			1					49									1					4	5		6	13									8					5				
Calcários em dissolução							90	52	127	4	47	27										39				8	9	30																					
Indeterminados					1								328	61	47	48	104	304	70			1	5	71	85																								
Indeterminados aglutinados													2				2																																
Forros internos		19	28	54	87	17	6	23	94	5	62	19	11	12	9	20	19		5	131	45	74	13	17	20	78	12	68	149	20	39	395	191	528	59	46	28	30	57	46									
Miliólídeos													2	1	1			9																															
Planctónicos													2	1	1			7						2	6																								

- argila
- silte-arenoso
- areia fina
- areia média
- areia grosseira

- Amostra sem valor estatístico
- Azul - Grupos taxonómicos de indivíduos indeterminados

Anexo 1

Tabela II - Frequências relativas dos vários taxa encontrados ao longo da sondagem CM5.

Profundidade (cm)	111	190	295	333	425	455	553	578	605	670	710	853	890	977	997	1076	1317	1345	1400	1585	1610	1675	1705	1795	1865	1905	1970	2010	2065	2095	2135	2157	2210	2270	2318	2338		
Descrição macroscópica																																						
Nº total de indivíduos contados	0	45	70	206	166	67	459	444	356	13	111	51	2337	689	328	752	994	1405	634	330	94	107	927	633	33	92	300	74	162	109	39	395	207	555	59	48		
Estimativa do nº total min./10cc	180	187	549	443	179	3672	1776	1424	104	444	408	18696	5512	2624	6016	7952	11240	5072	1320	376	428	7416	5064	264	368	1200	296	648	291	156	1580	828	2220	236	192			
taxa	5	3	4	7	4	9	11	5	3	3	3	18	14	13	13	19	16	11	7	5	3	11	12	4	3	4	2	2	4	1	1	4	3	1	2			
<i>Ammobaculites sp.</i>		13,3			3	3	0,22		7,02		1,8	10	1,28	1,01	0,61	2,66	2,81	0,3	2,52	30	49	26,17	2,5	1,42	3,03													
<i>Ammonia beccarii</i>							57,73	61,5	17,13				42,6	29,31	29,6	45,74	48	47,04	58,2	14,24			30,74	29,54			41,33			26,6								
<i>Bolivina striatula</i>													0,47	0,43		0,8	1,2	2,77	0,15				0,21															
<i>Brizalina sp.</i>							0,22						2	0,87	0,61	0,8	4,32	5,2	0,15				1,51	1,58														
<i>Bulimina sp.</i>							0,22												0,15																			
<i>Buliminella elegantissima</i>													0,04			0,26	1,5	1,42						0,16														
<i>Discorbis mamilla</i>							0,44						1,2	1,3		0,9	0,5							0,63														
<i>Discorbis sp.</i>							0,22						0,13		0,91		0,4																					
<i>E. excavatum f. gunteri</i>													1,92	3	2,74		1,91	0,07					0,75															
<i>Elphidium poeyamn</i>													1,37	2,6	0,3	4,65	4,52	2,77	7,57				5,4	3,16														
<i>Elphidium sp.</i>						7,4	4,5											0,21		0,6																		
<i>Elphidium williamsoni</i>													1,45	1,16	1,52	1,86	1	0,3	0,15																			
<i>Fissurina sp.</i>													4,7	3,34	4,6	0,8	2,61	2,5	0,47				1,94	3,47														
<i>Haynesina depressula</i>																		0,1																				
<i>Haynesina germanica</i>					1,2		8,71	14,2		30,77			28	46,15	41,46	33	15	13,1	18,8	3,33			47,7	41,7			44,7								46			
<i>Haynesina sp.</i>																		1,3																				
<i>Milammina fusca</i>													0,04																									
<i>Nonion comune</i>													0,21						1,81	1,06																		
<i>Quinqueloculina seminulum</i>																			0,1																			
<i>Rosalina cf. australis</i>																								1,26														
<i>Trochammina inflata</i>		17,8	24,3	20	8,43	19,4	2,4	1,35							0,14	0,3	0,26																		1,45	0,36		
<i>Trochammina macrescens</i>		8,9	35,7	53,4	29	52,24	2,4	0,44									0,13																		2,41	4,5	4,2	
<i>Trochammina spp.</i>		17,8		0,5	5,4		0,22		13,76											0,3					12,12	5,43		8	8				3,86					
Calcários em dissolução							19,6	11,7	35,7	30,77	42,34	53								11,81					24,24	9,78	10											
Indeterminados					0,6								14,03	8,85	14,33	6,4	10,46	21,63	11,04		1,06	4,67	7,66	13,43														
Indeterminados aglutinados													0,08						0,2																			
Forros internos		42,22	40	26,1	52,4	25,37	1,3	5,2	26,4	38,46	55,85	37	0,47	1,74	2,74	2,66	1,91		0,8	39,7	48	69,16	1,4	2,7	60,6	84,8	4	92	92	18,3	100	100	92,3	95,13	100	95,8		
Miliolídeos													0,08	0,14	0,3				0,64																			
Planctônicos																			0,5					0,21	0,95													

Vermelho - Taxa dominantes (f. relativa superior a 20% em pelo menos uma amostra)

Lilás - Taxa comuns (f. relativa entre 10 e 20% em pelo menos uma amostra)

valores inferiores a 1%

Anexo 1

Tabela II continuação

Profundidade (cm)	2408	2425	2790	2845	3060	3120	3140	3235	3260	3318	3340	3383	3420	3467	3535	3555	3625	3655	3710	3754	3810	3912	3934	3965	4030	4095	4105	4120	4182	4244	4265	4280	4390	4470	4490	4513	4606	4675	4685	4700	4730	4750	4780	4810	4831-4836	4850					
Descrição macroscópica																																																			
Nº total de indivíduos contados	33	30	57	46	270	291	214	193	76	75	151	408	237	251	0	0	0	22	0	0	509	136	0	289	637	0	0	0	273	0	90	2800	0	416	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
Estimativa do nº total min./10cc	528	160	228	184	1080	1164	856	772	608	300	604	1632	948	1004				22			4072	544		1156	5096			2184		360	22400		1664																		
taxa	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	3				3			1	2		1	2			1		1	2		2																		
<i>Ammobaculites sp.</i>																																																			
<i>Ammonia beccarii</i>																																																			
<i>Bolivina striatula</i>																																																			
<i>Brizalina sp.</i>																																																			
<i>Bulimina sp.</i>																																																			
<i>Buliminella elegantissima</i>																																																			
<i>Discorbis mamilla</i>																																																			
<i>Discorbis sp.</i>																																																			
<i>E. excavatum f. gunteri</i>																																																			
<i>Elphidium poeyamn</i>																																																			
<i>Elphidium sp.</i>																																																			
<i>Elphidium williamsoni</i>																																																			
<i>Fissurina sp.</i>																																																			
<i>Haynesina depressula</i>																																																			
<i>Haynesina germanica</i>																																																			
<i>Haynesina sp.</i>																																																			
<i>Miliammina fusca</i>																																																			
<i>Nonion comune</i>																																																			
<i>Quinqueloculina seminulum</i>																																																			
<i>Rosalina cf. australis</i>																																																			
<i>Trochammina inflata</i>																																																			
<i>Trochammina macrescens</i>						3,8	3,3								0,8																																				
<i>Trochammina sp.</i>	15,2							3,6	6,6	5,4	5,3				0,9	2																																			
Calcários em dissolução																																																			
Indeterminados																																																			
Indeterminados aglutinados																																																			
Foros internos	84,8	100	100	100	100	96,2	96,7	96,4	93,4	94,6	94,7	100	99,1	97,2				81,8				100	89		100	99,8				100		100	99,7		99																
Miliolídeos																																																			
Planctónicos																																																			

Vermelho - Taxa dominantes (f. relativa superior a 20% em pelo menos uma amostra)

Lilás - Taxa comuns (f. relativa entre 10 e 20% em pelo menos uma amostra)

valores inferiores a 1%

Anexo 2

Tabelas com os valores de Riqueza específica (S), do número total de indivíduos (N) e de Diversidade (H') para as sondagens CM5, P2, P5 e P6.

Tabela I - Valores de N, S e H' ao longo da sondagem CM5.

Amostra	S	N	H'	Amostra	S	N	H'	Amostra	S	N	H'
190	5	45	1,4619705	1610	5	94	0,847365886	2845	1	46	
295	3	70	1,077948831	1675	3	107	0,748999556	3060	1	270	
333	4	206	1,033145909	1705	11	927	1,424836016	3120	2	291	0,160890494
425	7	166	1,25351211	1795	12	633	1,585213587	3140	2	214	0,144040682
455	4	67	1,110178515	1865	4	33	1,008769524	3235	2	193	0,155901317
553	9	459	1,304285585	1905	3	92	0,525641846	3260	2	76	0,242608856
578	11	444	1,268297267	1970	4	300	1,084181646	3318	2	75	0,208215464
605	5	356	1,48106594	2010	2	74	0,28140184	3340	2	151	0,207198284
670	3	13	1,092830554	2065	2	162	0,279372007	3383	1	408	
710	3	111	0,761552152	2095	4	109	1,240033885	3420	2	237	0,048697735
853	3	51	0,932234936	2135	1	39		3467	3	251	0,144008593
890	18	2337	1,610257609	2157	1	395		3810	1	509	
977	14	689	1,552192472	2210	4	207	0,351256071	3912	2	136	0,347129819
997	13	328	1,564015507	2270	3	555	0,207362658	3965	1	289	
1076	13	752	1,465068448	2318	1	59		4030	2	637	0,011704842
1317	19	994	1,878613685	2338	2	48	0,173205207	4182	1	273	
1345	16	1405	1,64264399	2408	2	33	0,425328293	4265	1	90	
1400	11	634	1,264799083	2425	1	30		4280	2	2800	0,017475534
1585	7	330	1,419799629	2790	1	57		4470	2	416	0,054226613

Tabela II - Valores de N, S e H' ao longo da sondagem P2.

Amostra	S	N	H'	Amostra	S	N	H'
157	6	144	1,396219967	1073	18	377	1,445053882
176	21	2007	1,263615359	1116	18	474	1,511087818
200	13	1042	0,941222125	1144	16	603	1,21700289
213	7	526	0,890486174	1157	13	327	1,876162567
384	7	208	1,11670011	1245	15	870	1,260813367
546	6	235	0,563336772	1274	13	792	1,051528374
566	6	234	0,573313779	1295	2	112	0,089578027
620	9	143	1,089366297	1326	10	306	1,0384867
662	7	164	1,003773451	1375	14	391	1,526517539
675	9	395	1,018866817	1405	11	401	1,123916734
690	9	362	0,928618031	1425	12	353	1,240992931
703	6	306	0,808107223	1455	14	539	1,306793643
796	12	332	1,109345293	1510	19	443	1,56780709
818	7	209	0,930766791	1530	10	380	0,989687878
832	9	539	0,815675959	1550	12	651	1,321002645
862	12	1048	0,777370435	1590	12	505	1,041877966
900	13	323	0,915654133	1600	18	1204	1,323492534
920	11	649	1,016386345	1630	16	664	1,470781481
960	20	2511	1,079279553	1654	16	743	1,710741685
1036	18	1276	1,560574682	1785	9	492	1,06762479
1047	29	1479	2,039342079	1838	2	81	0,652273199

Tabela III - Valores de N, S e H' ao longo da sondagem P5.

Amostra	S	N	H'
18	4	2611	1,047667331
27	3	361	0,904797873
46	4	375	1,085563259
658	17	1181	1,745345051
688	13	615	1,396914254
720	18	600	1,701527354
795	15	551	1,814603278
808	22	1243	2,102166595
835	15	1216	1,448390833
963	19	1011	1,404010277
1014	21	814	1,710940293
1074	16	965	1,515400627
1125	13	412	1,289412327
1157	9	480	1,222490273
1175	31	4537	1,509208834
1196	10	285	1,271656522
1206	13	443	1,348812733
1223	9	136	1,22895509
1257	8	101	1,537837883
1357	17	1076	1,552737558
1421	10	349	0,92232817
1519	10	85	1,465726155
1541	14	280	1,708828469

Tabela IV - Valores de N, S e H' ao longo da sondagem P6.

Amostra	S	N	H'
98	5	314	0,842134911
148	9	326	1,563626746
203	3	213	0,71711405
545	6	334	0,615362056
565	4	307	0,774873467
588	9	333	0,71277556
653	11	309	0,575655463
700	8	392	0,798181362
720	5	211	0,746192226
804	10	722	0,87913649
845	11	1317	0,907340293
939	14	2325	0,916503159
1000	16	505	1,116440039
1134	13	1000	1,039304066
1154	9	307	1,016417387
1165	14	332	1,097729551
1191	11	776	0,925620698
1200	9	345	0,831741478
1220	18	709	1,261124632
1266	23	814	2,14907173
1286	13	1113	0,815418646
1310	14	340	1,258253151
1450	18	650	1,855301931
1470	13	381	1,543266391

Anexo 3

Valores de constância para o *taxa* identificados como comuns e dominantes ao longo das sondagens CM5, P2, P5 e P6.

Tabela I – Valores de constância para o *taxa* identificados como comuns e dominantes ao longo do testemunho de sondagem CM5.

<i>Taxa</i>	Constância (%)
<i>Ammobaculites</i> sp.	34,5
	25,8
	25,8
	29,3
	27,6
<i>Trochammina</i> sp.	32,7
Carapaças calcárias em dissolução	19
Indeterminados	20,7
Forros internos	98,3

Tabela II – Valores de constância para os *taxa* identificados como comuns a dominantes ao longo da sondagem P2.

	Constância (%)
<i>Ammobaculites</i> sp.	38,1
<i>Ammonia beccarii</i>	92,8
<i>Brizalina</i> sp.	69
<i>Eggerella</i> sp.	4,7
<i>Haynesina germanica</i>	92,8
<i>Trochammina inflata</i>	9,5
Carapaças calcárias em dissolução	31
Indeterminados	85,7
Forros internos	54,7

Tabela III – Valores de constância para os *taxa* identificados como comuns a dominantes ao longo da sondagem P5.

	Constância (%)
<i>Ammonia beccarii</i>	90
<i>Brizalina</i> sp.	74
<i>E. excavatum</i> f. <i>gunteri</i>	90
<i>Haynesina germanica</i>	90
<i>Trochammina inflata</i>	26
<i>Trochammina macrescens</i>	17,4
Indeterminados	78
Miliolídeos	65
Forros internos	43,5

Tabela IV – Valores de constância para os *taxa* identificados como comuns a dominantes ao longo da sondagem P6.

	Constância (%)
<i>Ammonia beccarii</i>	91,6
<i>Brizalina</i> sp.	54,2
<i>E. excavatum</i> f. <i>gunteri</i>	91,6
<i>Haynesina germanica</i>	91,6
<i>Trochammina inflata</i>	16,6
<i>Trochammina macrescens</i>	12,5
Miliolídeos	62,5

Anexo 4

Variação da razão A/C (%) ao longo das sondagens CM5, P2, P5 e P6.

Legenda:

A/C (%) – razão calculada com base no número de carapaças aglutinadas;

Forros internos (%) – percentagem de forros internos na amostra;

A/C(%)’ - RAZÃO CALCULADA COM BASE NO NÚMERO DE CARAPAÇAS AGLUTINADAS + F. INTERNOS.

TABELA I – VARIAÇÃO DO VALOR A/C(%), FORROS INTERNOS (%) E A/C(%)’ AO LONGO DA SONDAÇÃO CM5.

Amostra	A/C(%)	F. internos (%)	A/C(%)’	Amostra	A/C(%)	F. internos (%)	A/C(%)’
190	57,78	42,22	100	2135	0	100	100
295	60	40	100	2157	0	100	100
333	73,9	26,1	100	2210	7,7	92,3	100
425	47	52,4	99,4	2270	4,87	95,13	100
455	74,63	25,37	100	2318	0	100	100
553	2,62	1,3	3,92	2338	4,2	95,8	100
578	1,79	5,2	6,99	2408	15,2	84,8	100
605	20,78	26,4	47,18	2425	0	100	100
670	0	38,46	38,46	2790	0	100	100
710	1,8	55,85	57,65	2845	0	100	100
853	10	37	47	3060	0	100	100
890	1,4	0,47	1,87	3120	3,8	96,2	100
977	1,15	1,74	5,5	3140	3,3	96,7	100
997	0,91	2,74	3,65	3235	3,6	96,4	100
1076	3,96	2,66	6,62	3260	6,6	93,4	100
1317	3,01	1,91	4,92	3318	5,4	94,6	100
1345	0,3	0	0,3	3340	5,3	94,7	100
1400	2,52	0,8	3,32	3383	0	100	100
1585	30,3	39,7	70	3420	0,9	99,1	100
1610	51,12	48	99,12	3467	2,8	97,2	100
1675	26,17	69,16	95,33	3810	0	100	100
1705	2,5	1,4	3,9	3912	11	89	100
1795	1,42	2,7	4,12	3965	0	100	100
1865	15,15	60,6	75,75	4030	0,2	99,8	100
1905	5,43	84,8	90,23	4182	0	100	100
1970	0	4	4	4265	0	100	100
2010	8	92	100	4280	0,3	99,7	100
2065	8	92	100	4470	1	99	100
2095	0	18,3	18,3				

TABELA II – VARIAÇÃO DO VALOR A/C(%), FORROS INTERNOS (%) E A/C(%)’ AO LONGO DA SONDAÇÃO P2.

AMOSTRA	A/C(%)	F. internos (%)	A/C' (%)	Amostra	A/C(%)	F. internos (%)	A/C' (%)
157	78,45	20,17	98,62	1073	1,06	0,8	1,86
176	5,58	0,35	5,93	1116	0,2	0,2	0,42
200	0,21	0,01	0,22	1144	0,16	0,34	0,5
213	0	0	0	1157	0,61	1,53	2,14
384	0	0	0	1245	0,34	0,12	0,46
546	0	0	0	1274	0,5	0,38	0,88
566	0	0	0	1295	1,8	98,2	100
620	0	0	0	1326	0,65	0	0,65
662	0	0	0	1375	1,01	1,2	2,21
675	0	0,25	0,25	1405	0	1	1
690	1,65	0	1,65	1425	0	0	0
703	0	0	0	1455	0	0,74	0,74
796	0	0	0	1510	0,45	0,9	1,35
818	0	0	0	1530	0,26	0,54	0,8
832	0	0	0	1550	0	0,3	0,3
862	0,1	0	0,1	1590	0	0,8	0,8
900	0	0	0	1600	0	0,74	0,74
920	0	0	0	1630	0	0,75	0,75
960	0	0	0	1654	0	0,67	0,67
1036	0,23	0	0,23	1785	0	0	0
1047	0,94	0,46	1,4	1838	64,2	35,8	100

TABELA III – VARIAÇÃO DO VALOR A/C(%), FORROS INTERNOS (%) E A/C(%)’ AO LONGO DA SONDAÇÃO P5.

Amostra	A/C (%)	F. internos(%)	A/C' (%)
18	54	46	100
27	84	16	100
46	85,3	14,7	100
658	1,27	0,42	1,69
688	0,1	0	0,1
720	1,33	0,17	1,5
795	3,63	0,18	3,81
808	5,95	0	5,95
835	3,53	0	3,53
963	1,8	0,18	2
1014	0,12	0,12	0,24
1074	0,41	0,21	0,62
1125	0	0	0
1157	0	0	0
1175	0,52	0,06	0,58
1196	0	0	0
1206	0	0	0
1223	0	0	0
1257	0	0	0
1357	2,22	0	2,22
1421	0	0	0
1519	0	0	0
1541	0	0	0

TABELA IV – VARIAÇÃO DO VALOR A/C(%), FORROS INTERNOS (%) E A/C(%)’ AO LONGO DA SONDAÇÃO P6.

Amostra	A/C (%)	F. internos (%)	A/C' (%)
98	30,6	0,63	31,23
148	11,35	3,68	15,03
203	99,1	0	99,1
545	0	0,3	0,3
565	0	0	0
588	0	0	0
653	0	0	0
700	0,3	0	0,3
720	0	0	0
804	0	0	0
845	0	0,08	0,08
939	0	0	0
1000	0	0	0
1134	0	0	0
1154	0	0	0
1165	0	0	0
1191	0	0	0
1200	0	0	0
1220	0	0	0
1266	0	0	0
1286	0	0	0
1310	0	0	0
1450	0	0	0
1470	0	0	0

Anexo 5

Tabela com as coordenadas geográficas de todas as sondagens efectuadas no âmbito do presente estudo.

Sondagem	Latitude	Longitude
CM5	37° 15' 56" N	07° 27' 08" W
P2	37° 10' 15" N	08° 29' 11" W
P5	37° 10' 17" N	08° 31' 55" W
P6	37° 09' 42" N	08° 30' 15" W

Anexo 6

Tabela com os resultados das datações pelo processo ^{14}C de algumas amostras representativas das quatro sondagens efectuadas nos dois estuários em estudo.

Resultados das datações pelo processo ^{14}C de algumas amostras representativas dos quatro testemunhos de sondagem efectuados nos estuários em estudo. Códigos de laboratório: GX – Geochron Laboratories; SAC – Instituto Tecnológico e Nuclear; IRPA – Institut Royal du Patrimoine Artistique.

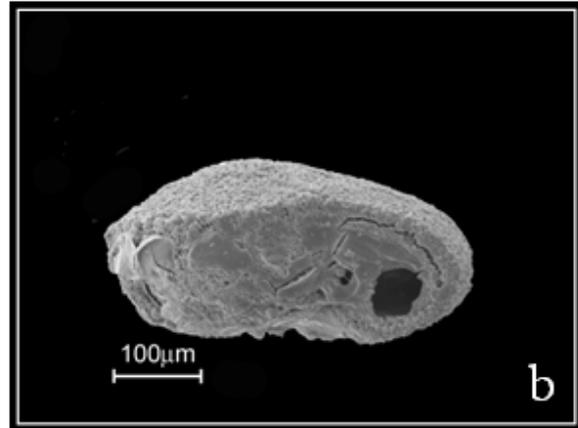
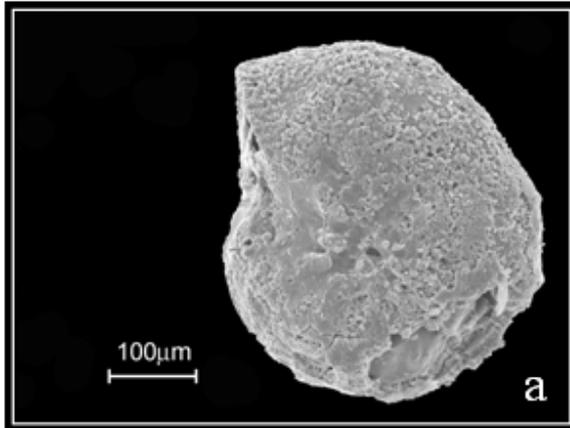
Sondagem n° amostra	Código de laboratório	Profundidade (cm)	Idade ^{14}C BP	$\delta^{13}\text{C}\%$ PDB	Cal BP idade	Material	Método laboratorial
CM5							
CM5.1	KIA 15211	579	4295±35	indisponível	4408	<i>Cardium</i>	AMS
CM5.4	KIA15210	1775	7725±45	indisponível	8169	<i>Cardium</i>	AMS
CM5.5	Beta-137110	4767	10990±40	-25.7	12991	madeira	AMS
P2							
P2.1	IRPA-13240	615	5355±30	-2.95	5725	<i>bivalves</i>	AMS
P2.2	IRPA-13239	903	6640±40	-3,12	7139	<i>bivalves</i>	AMS
P2.3	IRPA-13238	1150	7730±45	-2,22	8180	<i>bivalves</i>	AMS
P2.4	IRPA-13236	1570	7810±50	indeterminado	8658	<i>m.org.</i>	AMS
P5							
P5.1	IRPA-13234	481	3300±35	-2,4	3127	<i>bivalves</i>	AMS
P5.2	IRPA-13233	885	7090±35	-1,21	7563	<i>bivalves</i>	AMS
P5.3	IRPA-13232	1135	7515±35	-0,97	8020	<i>bivalves</i>	AMS
P5.4	IRPA-13235	1330	7735±35	-1,83	8186	<i>bivalves</i>	AMS
P5.5	IRPA-13231	1528	7700±35	-2,48	8151	<i>bivalves</i>	AMS
P6							
P6.1	IRPA-17385	205	1000±25	-4,61	565		AMS
P6.2	IRPA-17386	1146	6335±30	-3,47	6782		AMS
P6.3	IRPA-17387	1419	7345±40	-1,27	7788		AMS

Anexo 7

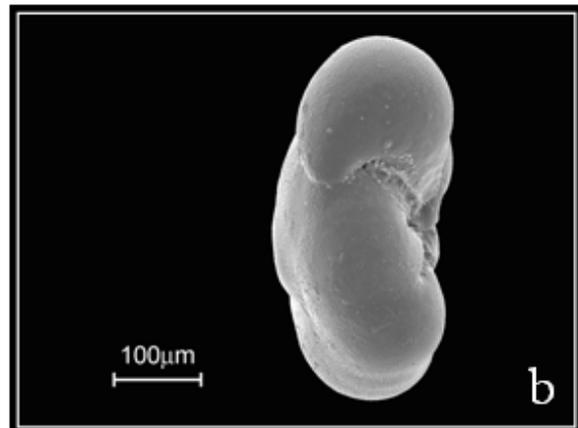
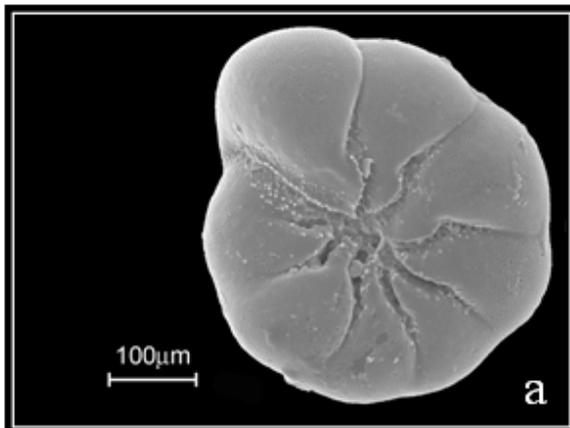
Estampas com fotografias de Microscópio Electrónico de Varrimento com alguns exemplares de espécies identificadas como comuns a dominantes ocorrentes nas 4 sondagens em estudo.

Estampa I

1



2

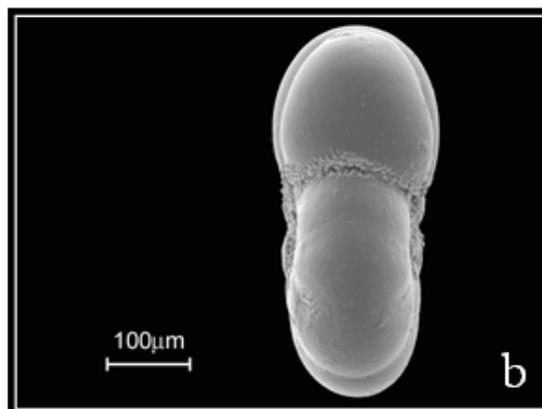
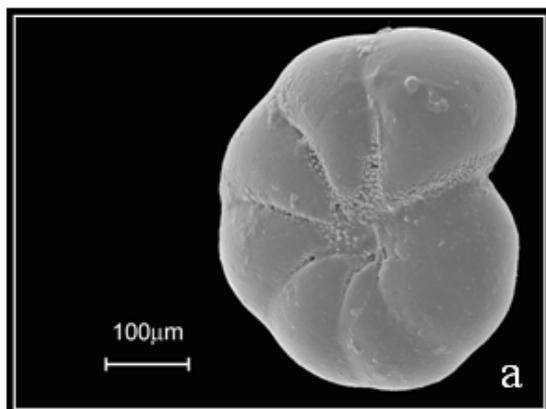


1 – *Anmonia beccarii*, 200x, carapaça em elevado estado de dissolução, Arade; a) face ventral; b) face lateral com visualização da abertura principal.

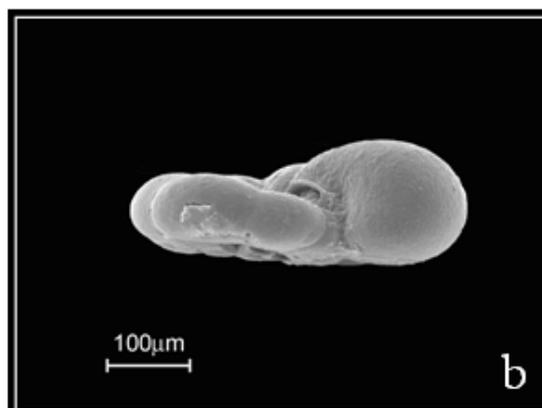
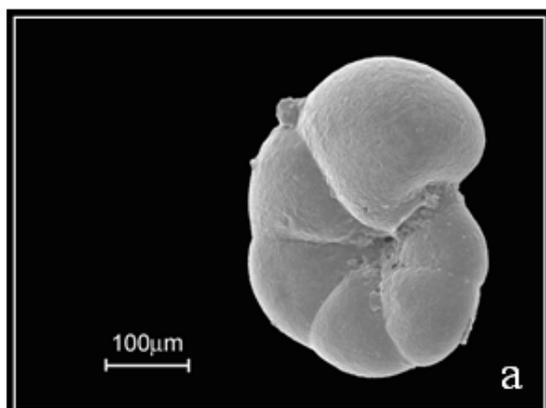
2 - *Anmonia beccarii*, 200x, Arade; a) face ventral; b) face lateral com visualização da abertura principal.

Estampa II

1



2

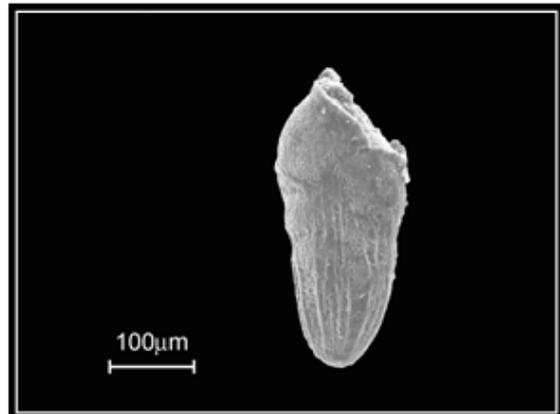
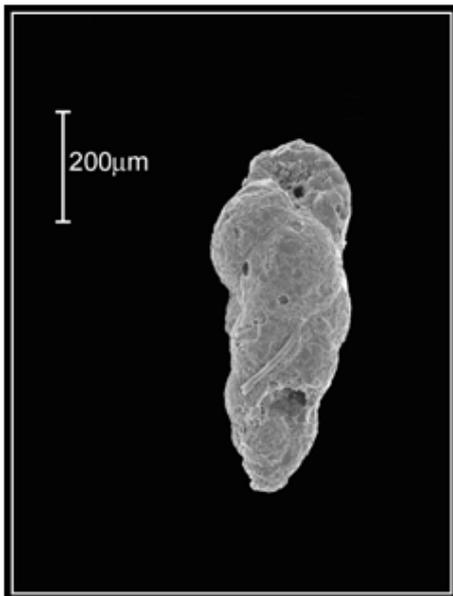
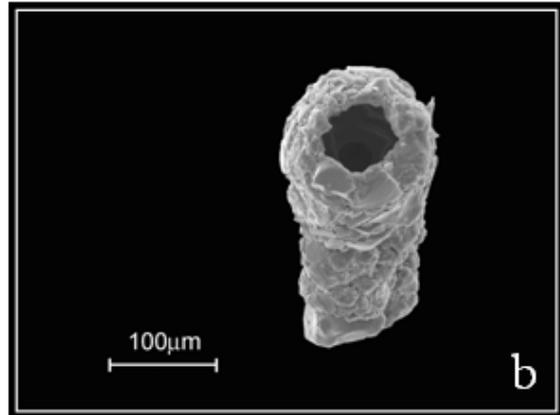
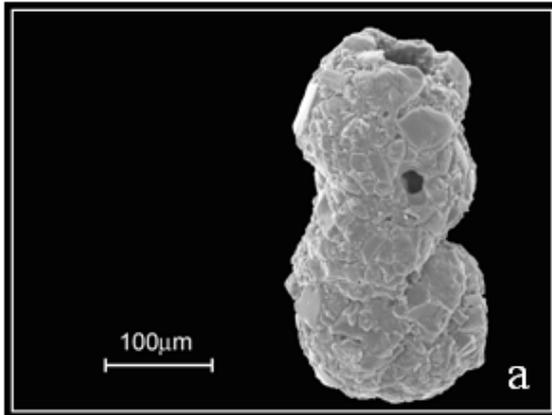


1 – *Haynesina germanica*, 200x, Arade; a) uma das faces; b) face lateral com visualização da abertura principal.

2 – *Trochammia inflata*, 200x, Arade; a) face ventral; b) face lateral com visualização da abertura principal.

Estampa III

1



1 – *Ammobaculites* sp., 250x, Arade;
a) uma das faces; b) abertura principal.

2 – *Eggerella* sp., 119x, visualização da abertura principal, Arade.

3 – *Bolivina striatula*, 200x, carapaça partida, Arade.

Anexo 8

Lista de espécies

Espécies aglutinadas:

Ammobaculites sp. (Fig. 1, Estampa III, Anexo 7).
Eggerella sp. (Fig. 2, Estampa III, Anexo 7).
Miliammina fusca
Textularia sp.
Trochammina inflata (Fig. 2, Estampa II, Anexo 7).
Trochammina macrescens

Espécies porcelanosas:

Massilina secans
Spiroloculina sp.
Quinqueloculina adelosina laevigata
Quinqueloculina adelosina striata
Quinqueloculina cf. *venusta*
Quinqueloculina costata
Quinqueloculina disparilis
Quinqueloculina seminulum
Triloculina cf. *oblonga*
Triloculina sp.

Espécies hialinas:

Ammonia beccarii (Fig. 2, Estampa I, Anexo 7).
Bolivina decussata
Bolivina striatula (Fig. 3, Estampa III, Anexo 7).
Brizalina sp.
Bulimina sp.
Buliminella elegantissima
Cibicides sp.
Discorbinella sp.
Discorbis mamilla
Discorbis sp.
Elphidium advenum
Elphidium advenum var. *margaritaceum*
Elphidium complanatum
Elphidium crispum
Elphidium cf. *discoideale*
Elphidium excavatum
Elphidium excavatum f. *gunteri*
Elphidium macelum var. *aculcatum*
Elphidium poeyamn
Elphidium sp.

Elphidium williamsoni
Edentostomia cultata
Eponides sp.
Fissurina sp.
Glabratella wrightii
Haynesina depressula
Haynesina germanica (Fig. 1, Estampa II, Anexo 7).
Haynesina sp.
Helenia andersoni
Lagena sp.
Nonion comune
Nonion fabum
Nonion sp.
Nonionella sp.
Planorbulina mediterraneensis
Rosalina cf. *australis*
Rosalina columbiensis
Rosalina sp.
Rosalina vilardeboana
Spirillina sp.
Trifarina sp.
Virgulinea sp.

Anexo 9

Índice de figuras

Figura 1.1 – Fotografia de satélite com a localização exacta das cinco sondagens efectuadas no estuário do Rio Guadiana, CM1, CM2, CM3, CM4 e CM5 – p. 27

Figura 1.2 – Fotografia de satélite com a localização exacta das três sondagens efectuadas no estuário do Rio Arade, P2, P5 e P6 – p. 31

Figura 2.1 – a) Fotografia do Divisor Preciso de Plâncton; b) Esquema 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 de todo o aparato com as dimensões da coluna (adaptado de Scott & Hermelin, 1993) – p. 36

Figura 3.1 – Gráfico com a variação do número de indivíduos (N_i) e do número de espécies (S) ao longo da sondagem CM5 – p. 49

Figura 3.2 – Gráfico das abundâncias relativas das espécies comuns a dominantes ao longo da sondagem CM5 – p. 53

Figura 3.3 – Gráfico com a variação do valor A/C (%) e A/C' (%) ao longo da sondagem CM5 – p. 55

Figura 3.4 – Gráfico com a variação do número de indivíduos (N_i) e do número de espécies (S) ao longo da sondagem P2 – p. 58

Figura 3.5 – Gráfico das abundâncias relativas das espécies comuns a dominantes ao longo da sondagem P2 – p. 62

Figura 3.6 – Gráfico com a variação do valor A/C (%) e A/C' (%) ao longo da sondagem P2 – p. 64

Figura 3.7 – Gráfico com a variação do número de indivíduos (N_i) e do número de espécies (S) ao longo da sondagem P5 – p. 67

Figura 3.8 – Gráfico das abundâncias relativas das espécies comuns a dominantes ao longo da sondagem P5 – p. 70

Figura 3.9 – Gráfico com a variação do valor A/C (%) e A/C' (%) ao longo da sondagem P5 – p. 72

Figura 3.10 – Gráfico com a variação do número de indivíduos (N_i) e do número de espécies (S) ao longo da sondagem P6 – p. 74

Figura 3.11 – Gráfico das abundâncias relativas das espécies comuns a dominantes ao longo da sondagem P6 – p. 77

Figura 3.12 – Gráfico com a variação do valor A/C (%) e A/C' (%) ao longo da sondagem P6 – p. 79

Figura 3.13 – Gráfico com a variação do Grau de Influência Marinha e do índice de Diversidade de Shannon ao longo da sondagem CM5 – p. 81

Figura 3.14 - Gráfico com a variação do Grau de Influência Marinha e do índice de Diversidade de Shannon ao longo da sondagem P2 – p. 86

Figura 3.15 - Gráfico com a variação do Grau de Influência Marinha e do índice de Diversidade de Shannon ao longo da sondagem P5 – p. 90

Figura 3.16 - Gráfico com a variação do Grau de Influência Marinha e do índice de Diversidade de Shannon ao longo da sondagem P6 – p. 93