
Universidade do Algarve
Faculdade de Ciências e Tecnologias

EVOLUÇÃO HOLOCÉNICA DO TROÇO TERMINAL DO
ESTUÁRIO DA RIBEIRA DO LUDO



Dissertação apresentada para a obtenção do grau de
Mestre em Biologia e Geologia Especialização em Educação

Margarida Prudêncio
Faro, 2011

Universidade do Algarve
Faculdade de Ciências e Tecnologias

EVOLUÇÃO HOLOCÉNICA DO TROÇO TERMINAL DO
ESTUÁRIO DA RIBEIRA DO LUDO



Dissertação apresentada para a obtenção do grau de
Mestre em Biologia e Geologia Especialização em Educação

Dissertação orientada por: Professor Doutor Tomasz Boski
Professora Doutora Delminda Moura

Margarida Prudêncio
Faro, 2011

O conteúdo deste relatório é da exclusiva responsabilidade da autora.

Margarida Prudêncio

Agradecimentos

A realização deste trabalho não teria sido possível sem a preciosa ajuda de algumas pessoas a quem devo mais do que um agradecimento. Desta forma quero agradecer:

Aos meus orientadores, Professor Doutor Tomasz Boski e Professora Doutora Delminda Moura, por todo o trabalho que tiveram comigo, pela criação de condições para a realização deste trabalho, pelos esclarecimentos, sugestões e correcções que fizeram, pelo seu apoio e orientação.

A dissertação beneficiou do apoio do projecto SIHER-PTDC/CTE-GIX/112236/2009 da Fundação para Ciência e Tecnologia, sem o qual não teria sido possível a realização deste trabalho.

À Dr.^a Laura Pereira, por toda a ajuda quer no trabalho prático quer na identificação de espécies, esclarecimento de dúvidas, pelas horas e fins-de-semana que gastou comigo e principalmente pelo apoio que sempre me prestou de forma sempre tão espontânea, interessada e dedicada.

À Dr.^a Sarita Camacho, pela ajuda e sugestões, pelas dúvidas esclarecidas e pelos artigos e livros que disponibilizou para a pesquisa bibliográfica.

Ao Técnico Profissional Paulo Santana pela ajuda prestada no trabalho de campo e no laboratório.

Ao Pedro pela ajuda prestada no trabalho de campo, por estar sempre pronto a ajudar, pela imensa paciência, apoio e optimismo, sem o qual eu não conseguiria ter terminado.

Aos meus pais por terem estado sempre ao meu lado, pela paciência, pelo apoio, pelo companheirismo e por todos os sacrifícios que fizeram por mim.

À minha irmã Maria por estar presente quando é preciso, pela amizade, pela paciência e apoio incondicional.

Aos meus amigos e a toda a minha família, mesmo àqueles que já não estão cá para partilhar comigo mais esta etapa.

Resumo

Evolução holocénica do troço terminal do Estuário da Ribeira do Ludo

Foram efectuadas 6 sondagens ao longo da Ribeira do Ludo e realizou-se a análise textural das amostras recolhidas. Nas sondagens L3 e L6 identificaram-se as paleoassociações de foraminíferos bentónicos e foram aplicados parâmetros estatísticos como densidade faunística; abundância, dominância e constância de espécies; razão Aglutinados/Calcários; razão Planctónicos/Bentónicos; diversidade e equitabilidade.

O estudo dos sedimentos recolhidos ao longo da ribeira, permitiu identificar paleoassociações de foraminíferos bentónicos e relacioná-las com as condições ambientais que terão ocorrido ao longo do Holocénico.

Em todas as amostras estudadas, verificou-se a predominância de espécies bentónicas e foram identificadas duas associações dominantes: (i) a associação das espécies *Trochamina macrescens*, *Trochamina inflata*, *Trochamina* sp. e Forros internos e (ii) a associação *Haynesina germanica* e *Ammonia beccarii*.

Às amostras da sondagem L6 (efectuada mais a jusante) foi sempre atribuído um ambiente com maior influência marinha (intermareal aberto, GIM 5), enquanto que ao longo da sondagem L3 foi possível identificar diferentes GIM e três fases da evolução do estuário:

1ª fase de pré-invasão, em que se verifica a passagem de um ambiente de sapal para um ambiente lagunar, caracterizado pela substituição de associações de espécies típicas de sapal (*Trochammina macrescens* e *Trochammina inflata*, associadas ao grupo dos Forros internos) para associações de espécies de maior influência marinha (*Ammonia beccarii*, *Haynesina germanica*, *Elphidium* spp. e espécies exóticas).

2ª fase evolutiva, em que ocorre um abrandamento na subida do NMM, verificando-se novamente a substituição de espécies de ambientes mais marinhos por outras típicas de sapal e na fase final até as espécies de sapal deixam de existir.

3ª fase de invasão e alagamento, maior influência marinha onde dominam as espécies *Ammonia beccarii* e *Haynesina germanica*, *Asterigerinata mamilla* e *Elphidium* spp., os planctónicos atingem os valores mais altos de abundância e onde se verificam um dos valores mais elevados de diversidade e equitabilidade.

Palavras chave: Foraminíferos bentónicos, Paleoambientes, Holocénico, Nível médio do mar, Ribeira do Ludo.

Abstract

Holocene paleoenvironmental evolution of the terminal section of Ludo river estuary

Six drills were conducted along the Ludo river and textural analysis of the samples were taken. In the L3 and L6 benthic foraminifera paleoassociations were identified and statistical parameters were applied as faunal density, abundance, dominance and constancy of species; Agglutinated/Calcareous ratio; Planktonic/Benthonic ratio; diversity and equitability.

The study of sediments collected along the river, enabled the identification of benthic foraminifera paleoassociations and related them to environmental conditions that occurred throughout the Holocene.

In all the samples a predominance of benthic species was observed and two dominant associations identified: (i) *Trochamina macrescens*, *Trochamina inflata*, *Trochamina* sp. and Linings association and (ii) *Ammonia beccarii* and *Haynesina germanica* association.

In the L6 samples (carried out further downstream) a major marine influenced environment (intertidal open sea Marine Influence Degree MID 5) was always assigned. Along the L3 it was possible to identify different MID and also three stages of estuary evolution:

1st phase of pre-invasion, in which there is the passage of a marsh to a lagoonal environment, characterized by a change from typical salt marsh species associations (*Trochammia macrescens* and *Trochammia inflata*, associated with the linings group) to a major marine influenced species associations (*Ammonia beccarii*, *Haynesina germanica*, *Elphidium* spp. and exotic species).

2nd phase of evolution, occurs a slowdown in the MSL rise, where there is a change from species of a major marine environment to other species that are typical of salt marsh environments until this species cease to exist.

3rd phase of invasion and flooding, increased marine influence where the species *Ammonia beccarii* and *Haynesina germanica*, *Asterigerinata mamilla* and *Elphidium* spp. dominate, the planktonic reach the highest levels of abundance, and where one of the highest values of diversity and evenness can be found.

Key words: Benthonic Foraminifera, Paleo-environments, Holocene, Mean Sea Level, Ludo river.

Índice

Agradecimentos

Resumo

Índice

I. Introdução	1
1. Objectivo	1
2. Foraminíferos	2
2.1. Locomoção e modo de vida	3
2.2. Alimentação e excreção	4
2.3. Reprodução e crescimento	4
2.4. Morfologia	5
2.4.1. Corpo protoplásmico	5
2.4.2. Carapaça	6
2.5. Distribuição dos foraminíferos	12
2.5.1. Variáveis físicas	13
2.5.2. Variáveis Químicas	16
2.6. Importância do estudo dos foraminíferos na reconstrução de paleoambientes ..	19
2.7. Outras aplicações do estudo dos foraminíferos	20
3. Ambientes parálícos	21
3.1. Caracterização das Lagunas Costeiras	22
3.1.1. Classificação de Lagunas Costeiras	23
3.2. Caracterização das zonas estuarinas	24
3.2.1. Classificação de estuários	24
3.2.2. Escoamento e suas influências no estuário	26
3.2.3. Sedimentos	26
3.3. Caracterização dos sapais	27
3.4. Evolução das lagunas costeiras e dos estuários	29
4. Caracterização da área de estudo	31
4.1. Enquadramento geomorfológico	31
4.2. Bacia hidrográfica dimensões da ribeira de São Lourenço	32
4.3. Regime hidrológico	35
4.4. Regime climático	35
4.5. História recente	35
II - Material e métodos	37

1. Localização das estações de amostragem	37
2. Trabalho de Campo: recolha de amostras	38
3. Trabalho de Laboratório.....	39
3.1. Caracterização do sedimento: granulometria	39
3.2. Caracterização do conteúdo de foraminíferos	39
3.2.1. Lavagem e crivagem e selecção da metodologia mais adequada	39
3.2.2. Contagem dos organismos	42
4. Análise dos dados das populações	43
4.1. Densidade Faunística (Ni)	43
4.2. Abundância relativa	43
4.3. Dominância de espécies	44
4.4. Constância de espécies	44
4.5. Razão Aglutinados/Calcários	45
4.6. Razão Planctónicos/Bentónicos	45
4.7. Diversidade	45
5. Datações	47
III – Resultados	48
1. Caracterização textural das fácies sedimentares	48
2. Caracterização do conteúdo faunístico	54
2.1. Análise dos dados das populações	55
2.1.1. Densidade Faunística (Ni)	55
2.1.2. Abundância relativa e dominância de espécies	57
2.1.3. Constância de espécies	59
2.1.4. Razão Aglutinados/Calcários	61
2.1.5. Razão Planctónicos/Bentónicos	62
2.1.6. Diversidade	63
3. Datações	68
IV – Discussão	69
1.1. Interpretação paleoambiental do perfil sedimentar na sondagem L3	75
1.2. Interpretação paleoambiental do perfil sedimentar na sondagem L6	81
V – Conclusões	85
VI – Considerações finais	86
VII – Referências Bibliográficas	87

Anexos

- 1 – Descrição do conteúdo microscópico das amostras recolhidas nos furos L3 e L6
- 2 – Log dos furos e valores de granulometria
- 3 – Tabelas com os valores de densidade faunística (Ni) e riqueza específica (S) e lista de espécies identificadas
- 4 – Tabelas com os valores da abundância relativa
- 5 – Tabelas com os valores de dominância
- 6 – Tabelas com os valores de constância
- 7 – Tabelas com a variação da razão A/C
- 8 – Tabelas com a variação da razão P/B
- 9 – Tabelas com os valores de diversidade de Shannon (Hs), de Simpson (N.I.) e com os valores de equitabilidade (E)
- 10 – Resultados das datações ¹⁴C
- 11 – Síntese das associações de foraminíferos, diversidade, A/C e respectivos GIM

Índice de figuras

Figura 1	Classificação sistemática dos foraminíferos (Adaptado de Sen Gupta (1999) e Seyve (1990).	2
Figura 2	<i>Iridia lucida</i> a capturar uma diatomácea com os pseudópodes (Cushman, 1955 <i>in</i> Seyve, 1990).	6
Figura 3	Diferentes tipos de carapaça dos foraminíferos e sub-ordens correspondentes (Adaptado de Scott <i>et al.</i> , 2001).	7
Figura 4	Divisão ecológica dos oceanos e zonação em função da profundidade (Adaptado de Seyve (1990) e Mendes (1988)).	15
Figura 5	Esquema da divisão dos andares de sapal, ao longo do canal (Adaptado de Kennish, 2001).	28
Figura 6	Curva de variação do nível médio relativo do mar, na margem continental portuguesa desde o último máximo glaciário (Dias <i>et al.</i> , 1997).	29
Figura 7	Localização da zona em estudo (assinalada pela seta) e enquadramento geológico (Adaptado de Boski <i>et al.</i> , 2002).	31
Figura 8	Hidrografia da sub-bacia hidrográfica da Ria Formosa e localização da ribeira de São Lourenço ou Ribeira do Ludo (DRAOT Algarve <i>in</i> ICN, 2003).	33

Figura 9	Sector ocidental da Ria Formosa e localização da Ribeira de São Lourenço (Adaptado da carta de navegação de recreio, do instituto hidrográfico (1981) <i>in</i> Vicente, 1996).	34
Figura 10	Ribeira de São Lourenço (diques e valas de irrigação) (fotografia cedida pelo prof. Dr. Tomazs Boski).	35
Figura 11	Localização da área de estudo e posição relativa das estações de amostragem.	37
Figura 12	Divisor preciso de plâncton. A – Coluna do divisor e suas dimensões. B – Vista lateral da base do divisor e suas dimensões. C – Vista de cima da base do divisor (adaptado de Scott e Hermelin, 1993). D – Divisor preciso de plâncton (Scott <i>et al.</i> , 2001).	41
Figura 13	Localização dos pontos de amostragem (extracto da Carta Militar de Portugal, Esc: 1/25 000, folha n.º 610 (1979)).	48
Figura 14	Variação vertical de fácies sedimentares.	50
Figura 15	Granulometria dos sedimentos da sondagem L5.	51
Figura 16	Granulometria dos sedimentos da sondagem L4.	52
Figura 17	Granulometria dos sedimentos da sondagem L3.	53
Figura 18	Granulometria dos sedimentos da sondagem L6.	53
Figura 19	Densidade faunística na sondagem L3.	55
Figura 20	Densidade faunística na sondagem L6.	56
Figura 21	Abundância relativa dos <i>taxa</i> considerados abundantes e comuns na sondagem L3.	57
Figura 22	Abundância relativa dos <i>taxa</i> considerados abundantes e comuns na sondagem L6.	58
Figura 23	Gráfico representativo da constância dos diferentes <i>taxa</i> em L3.	59
Figura 24	Gráfico representativo da constância dos diferentes <i>taxa</i> em L6.	60
Figura 25	Variação da proporção de indivíduos aglutinados e calcários nas diferentes amostras da sondagem L3.	61
Figura 26	Variação da proporção de indivíduos aglutinados e calcários nas diferentes amostras da sondagem L6.	62
Figura 27	Variação do valor da razão P/B (%) ao longo da sondagem L3.	62
Figura 28	Variação do valor da razão P/B (%) ao longo da sondagem L6.	63
Figura 29	Variação do número de indivíduos estimado (Ni) e riqueza específica ao longo da sondagem L3.	64
Figura 30	Variação do número de indivíduos estimado (Ni) e riqueza específica ao longo da sondagem L6.	65

Figura 31	Variação dos índices de diversidade de Shannon (Hs) e de Simpson (S.I.) ao longo da sondagem L3.	66
Figura 32	Variação dos índices de diversidade de Shannon (Hs) e de Simpson (S.I.) ao longo da sondagem L6.	67
Figura 33	Variação dos valores de equitabilidade ao longo da sondagem L3.	67
Figura 34	Variação dos valores de equitabilidade ao longo da sondagem L6.	68
Figura 35	Variação das associações de foraminíferos, diversidade e GIM em função da profundidade na sondagem L3.	79
Figura 36	Graus de influência marinha (GIM) atribuídos a cada amostra da sondagem L3 e fases de evolução do estuário.	81
Figura 37	Variação das associações de foraminíferos, diversidade e GIM em função da profundidade no furo L6.	84

Índice de Tabelas

Tabela I	Características das carapaças dos foraminíferos	8
Tabela II	Principais factores que influenciam a taxa de mineralização de matéria orgânica e seus efeitos na preservação de carapaças aglutinadas e calcárias (Berkeley <i>et al.</i> , 2007).	11
Tabela III	Localização geográfica das estações de amostragem e profundidade das sondagens.	49
Tabela IV	Resultados das datações por Espectrometria de Aceleração de Massa (EAM).	68
Tabela V	Síntese dos critérios de divisão dos ambientes de acordo com o grau de influência marinha (Adaptado de Camacho, 2004).	72

I – Introdução

1. Objectivo

O objectivo do presente trabalho foi realizar um estudo da evolução paleoecológica do Estuário da Ribeira de São Lourenço. Para cumprir tal objectivo, estudaram-se os sedimentos recolhidos ao longo da Ribeira e efectuou-se a análise da microfauna fóssil em duas das sondagens efectuadas, com o intuito de identificar as paleoassociações de foraminíferos bentónicos e relacioná-las com as condições ambientais.

Paralelamente a este objectivo, o presente trabalho objectivou, também, proporcionar à mestrandia uma actualização e promoção do conhecimento científico, uma vez que o tema em estudo tem todo o interesse do ponto de vista didáctico, dado que aborda conteúdos presentes nas aulas de Ciências Naturais do 7º ano do 3º ciclo e nas aulas de Biologia e Geologia (10º e 11º ano) e na disciplina de Geologia (12º ano) do Ensino Secundário.

Os conteúdos leccionados no Ensino Secundário e os respectivos objectivos didácticos definidos pelo Ministério da Educação, para os referidos anos, vão de encontro aos aspectos geológicos abordados neste trabalho.

De entre os objectivos didácticos definidos pelo Ministério da Educação destaca-se aquele em que se visa identificar a importância dos fósseis na datação de formações rochosas que os contêm (Silva *et al.*, 2003). Segundo Silva *et al.* (2003) para atingir este objectivo é essencial desenvolver e mobilizar algumas competências nos seguintes domínios: (i) aquisição, compreensão e utilização de dados, conceitos, modelos e teorias (saber ciência), (ii) o desenvolvimento de destrezas cognitivas em associação com o incremento do trabalho prático (saber fazer) e (iii) a adopção de atitudes e de valores relacionados com a consciencialização pessoal e social e de decisões fundamentadas, visando uma educação para a cidadania.

Desta forma, o desenvolvimento deste trabalho permite um aprofundamento dos conhecimentos teóricos e práticos (metodologias e análise de resultados), que poderão ser transpostos para aulas de campo e de laboratório, podendo proporcionar aos alunos vivências geológicas contextualizadas que podem tornar-se mais significativas para a sua aprendizagem e uma maior estimulação da sua curiosidade, imaginação e capacidade de inferência (Pedrinaci *et al.*, 1994). A aplicação deste tipo de trabalho pode ainda ter como objectivo despertar a curiosidade dos alunos para a ciência e investigação científica (Hodson, 2000).

2. Foraminíferos

Os foraminíferos foram identificados pela primeira vez no século XVII. Em 1700, Leeuwenhoek, descreveu as carapaças de foraminíferos que encontrou no estômago de camarões (Sen Gupta, 1999). No século XIX d'Orbigny utilizou pela primeira vez o termo foraminíferos para designar pequenos organismos cujas carapaças eram constituídas por câmaras sucessivas, ligadas entre si e caracterizadas pela presença de furos, os forames (Seyve, 1990). Contudo, a ecologia destes seres vivos só começou a ser alvo de mais estudos na segunda metade do século XX (Sen Gupta, 1999).

Sendo organismos unicelulares eucariontes, os foraminíferos, pertencem ao Reino Protista (Sen Gupta, 1999) (Figura 1).

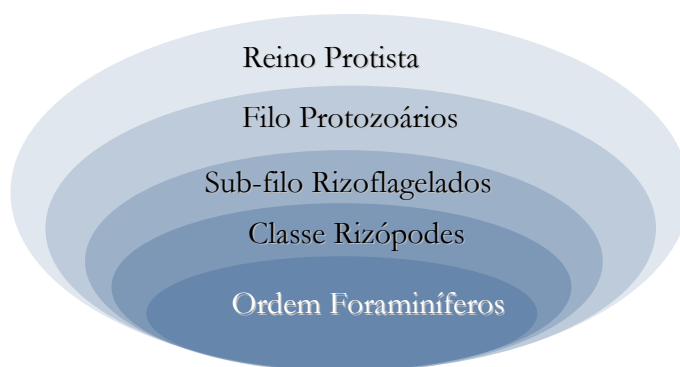


Figura 1 – Classificação sistemática dos foraminíferos (Adaptado de Sen Gupta (1999) e Seyve (1990)).

Estes organismos surgiram pela primeira vez no Câmbrio (Legoinha, 2001) e, ao longo do Fanerozóico invadiram quase todos os ambientes fluviais e marinhos, desde os níveis mais superficiais até às maiores profundidades oceânicas (Scott *et al.*, 2001). Os foraminíferos diversificaram-se explorando uma grande variedade de modos de vida, ocupando diferentes habitats e apresentando diferentes mecanismos tróficos, sendo considerados um grupo muito bem sucedido (Goldstein, 1999; Scott *et al.*, 2001).

Constituem assim, nos oceanos actuais, o grupo mais diversificado de microorganismos com carapaça (Sen Gupta, 1999). Estima-se que, no total, tenham existido cerca de 50 000 espécies, das quais 10 000 ainda vivem actualmente (Scott *et al.*, 2001).

Autores como Barbieri (2006) referem uma diminuição contínua da diversidade dos foraminíferos, desde a revolução industrial, devido à poluição antrópica.

Segundo Goldstein (1999), os foraminíferos distinguem-se de outros protoctistas por possuírem granuloreticulopodes, que são finos pseudópodes anastomosados (finas projecções do citoplasma que se ramificam e se fundem formando uma rede dinâmica) e quase todos os foraminíferos possuem uma carapaça que envolve o organismo separando-o do meio exterior, existindo excepções, como o *Reticulomyxa*, que apesar de não ter carapaça é considerado por alguns autores como um foraminífero (Larson, 1994).

Esta carapaça pode ser orgânica (não mineralizada), aglutinada (construída a partir de partículas exógenas e cimentadas pelo protozoário), constituída por calcite ou aragonite, ou ainda por sílica (em casos mais raros) (Goldstein, 1999; Legoinha, 2001). Após a morte do organismo, a carapaça permanece no sedimento sob a forma fóssil (Scott *et al.*, 2001) e este 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).

Os foraminíferos são considerados microfósseis devido ao tamanho micrométrico (maioria dos organismos) ou milimétrico (como por exemplo o género *Nummulites*, que chegou a atingir os 10 cm de diâmetro no Terciário Inferior) (Mendes, 1988).

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

2.1. Locomoção e modo de vida

Alguns foraminíferos vivem sobre os sedimentos ou, às vezes, total ou parcialmente enterrados (Legoinha, 2001), sendo considerados bentónicos. Estes organismos bentónicos vivem fixos sobre diversos tipos de substratos, como rochas, plantas aquáticas (Debenay *et al.*, 1996), algas macroscópicas, conchas ou esponjas (Goldstein, 1999).

A grande maioria dos foraminíferos actuais são bentónicos existindo apenas cerca de 40 a 50 espécies planctónicas (Sen Gupta, 1999). As espécies planctónicas podem apresentar uma movimentação activa, utilizando os pseudópodes, ou passiva, deixando-se transportar pelas correntes (Sen Gupta, 1999). Estas possuem carapaças com

adaptações nomeadamente, um pequeno número de câmaras esféricas, uma parede hialina fina e grosseiramente perfurada, uma abertura principal de grande tamanho e eventualmente, aberturas secundárias, ou ornamentação proeminente (espinhos) que facilitam a flutuação (Seyve, 1990).

2.2. Alimentação e excreção

Os foraminíferos são heterotróficos, podendo alimentar-se de algas, bactérias, fungos e, em alguns casos, pequenos animais. Apresentam uma grande variedade de mecanismos para obter o seu alimento, existindo organismos herbívoros, carnívoros, omnívoros, suspensívoros, parasitas e simbióticos (Goldstein, 1999).

Os organismos de maiores dimensões e as espécies planctónicas podem possuir no citoplasma algas simbiontes, ou cloroplastos isolados encerrados num vacúolo. Nestas espécies a alimentação depende da existência desta associação, podendo ser consideradas autotróficas (Scott *et al.*, 2001).

Apesar do regime alimentar dos foraminíferos ser muito variado estudos revelam que muitas espécies são selectivas em relação aos alimentos que consomem (Sen Gupta, 1999), e que as espécies omnívoras apresentam vantagem relativamente às espécies mais selectivas, pois têm a capacidade de suportar melhor as variações ambientais (Debenay e Beck-Eicher, 1996).

Quanto às formas de excreção Goldstein (1999) refere que os pseudópodes permitem a eliminação dos resíduos fisiológicos.

2.3. Reprodução e crescimento

Pouco se sabe acerca da reprodução dos foraminíferos, uma vez que são raras as espécies que foram observadas a reproduzir-se em laboratório (Scott *et al.*, 2001).

Em termos reprodutivos, são caracterizados por possuírem um ciclo de vida com alternância de reprodução sexuada e assexuada (Goldstein, 1999) que explica alguns casos de dimorfismo em relação ao tamanho, contudo, das cerca de 10 000 espécies conhecidas de foraminíferos vivos só se conhece o ciclo de vida de cerca de 50 (Scott *et al.*, 2001).

Durante a reprodução sexuada, milhões de zigotos deixam a célula mãe e ocorre a fertilização, produzindo, um número muito grande de novos indivíduos com a primeira câmara pequena e uma carapaça grande (forma microsférica) (Scott *et al.*, 2001).

A reprodução assexuada acontece por fissão múltipla com a produção de algumas centenas de indivíduos, com a primeira câmara grande e uma carapaça pequena (forma megalosférica) (Scott *et al.*, 2001).

Em condições desfavoráveis os foraminíferos reproduzem-se preferencialmente da forma sexuada (Fursenko 1978, *in* Sen Gupta, 1999), contudo este modo de reprodução pode estar ausente em algumas espécies, sendo considerada por alguns autores como um mecanismo de reprodução secundário (Scott *et al.*, 2001).

Quanto à forma como crescem, existem dois tipos de foraminíferos: aqueles em que as carapaças crescem de maneira contínua e outros em que o crescimento é periódico. O crescimento contínuo permite a formação de carapaças não divididas e o crescimento periódico permite a formação de carapaças com algumas câmaras (Seyve, 1990). Neste último caso para se formar uma nova câmara, é construído um quisto protector constituído por uma fina membrana e por material exógeno (areia, restos de animais e vegetais, como fragmentos de algas ou diatomáceas) recolhido do meio, pelos pseudópodes. Uma vez concluída a formação da nova câmara, esta é preenchida por citoplasma (Seyve, 1990).

Noutras espécies, os foraminíferos recobrem a superfície livre de todas as outras câmaras com uma nova camada calcária, donde resulta uma carapaça de estrutura lamelar (Seyve, 1990).

Segundo Scott *et al.* (2001), um foraminífero pode atingir o tamanho adulto em menos de um mês.

2.4. Morfologia

A morfologia dos foraminíferos varia bastante, como resultado da adaptação ao meio.

Em termos morfológicos os foraminíferos são constituídos pelo citoplasma (corpo protoplásmico) e pela carapaça (Scott *et al.*, 2001).

2.4.1. Corpo protoplásmico

O citoplasma é diferenciado em endoplasma (parte interna do citoplasma situado no interior da carapaça e com uma cor mais escura que o ectoplasma) e ectoplasma (localizado perto dos orifícios da carapaça) (Seyve, 1990).

Como o ectoplasma recobre a carapaça interna e externamente, a carapaça pode ser considerada como um esqueleto intra-ectoplásmico (Seyve, 1990).

Os pseudópodes, que correspondem a expansões temporárias do ectoplasma possuem estruturas como: mitocôndrias, vesículas fagocíticas e vacúolos digestivos, que lhe conferem uma aparência granulada e podem desempenhar várias funções, permitindo não só a captura de alimento, mas também a protecção do organismo, a eliminação dos resíduos fisiológicos, a mobilidade ou a fixação do organismo ao meio (Goldstein, 1999). Esta estrutura desempenha ainda, um importante papel na construção da carapaça, no mecanismo de respiração e na reprodução dos foraminíferos (Goldstein, 1999).

Quando o organismo tem à sua disposição sedimento muito fino, usa os pseudópodes para recolher sedimentos, diatomáceas, bactérias ou detritos orgânicos (Figura 2).

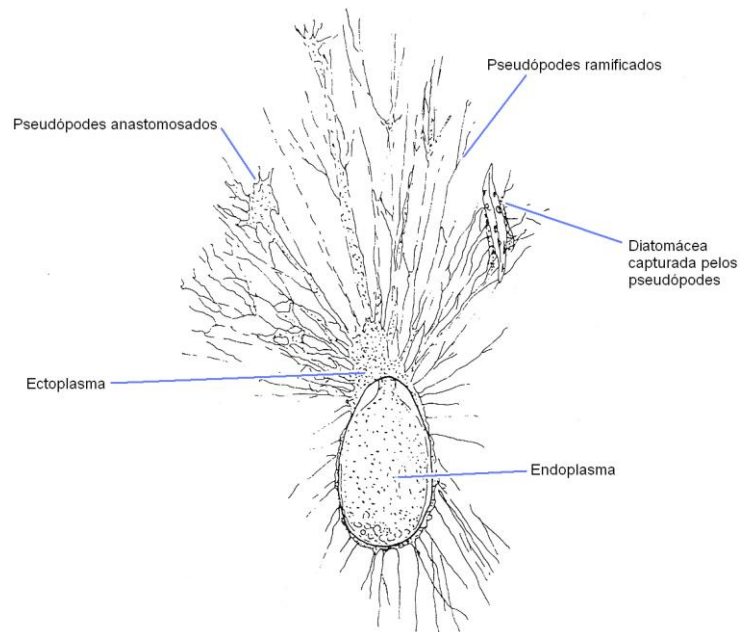


Figura 2 – *Iridia lucida* a capturar uma diatomácea com os pseudópodes (Cushman, 1955 in Seyve, 1990).

2.4.2. Carapaça

Os foraminíferos apresentam uma enorme variedade de carapaças (Sen Gupta, 1999 e Scott *et al.*, 2001) que podem, ou não, ser divididas sendo consideradas uniloculares ou multiloculares, respectivamente (Seyve, 1990). Os organismos com carapaça multilocular são mais frequentes, constituindo cerca de 90% dos foraminíferos (Haynes, 1981).

As câmaras da carapaça comunicam entre si por forames (orifícios que permitem o contacto entre duas câmaras contíguas) (Seyve, 1990).

Estas carapaças podem ser compostas por diversos tipos de materiais, que são usados para definir a sub-ordem (Figura 3) (Scott *et al.*, 2001).

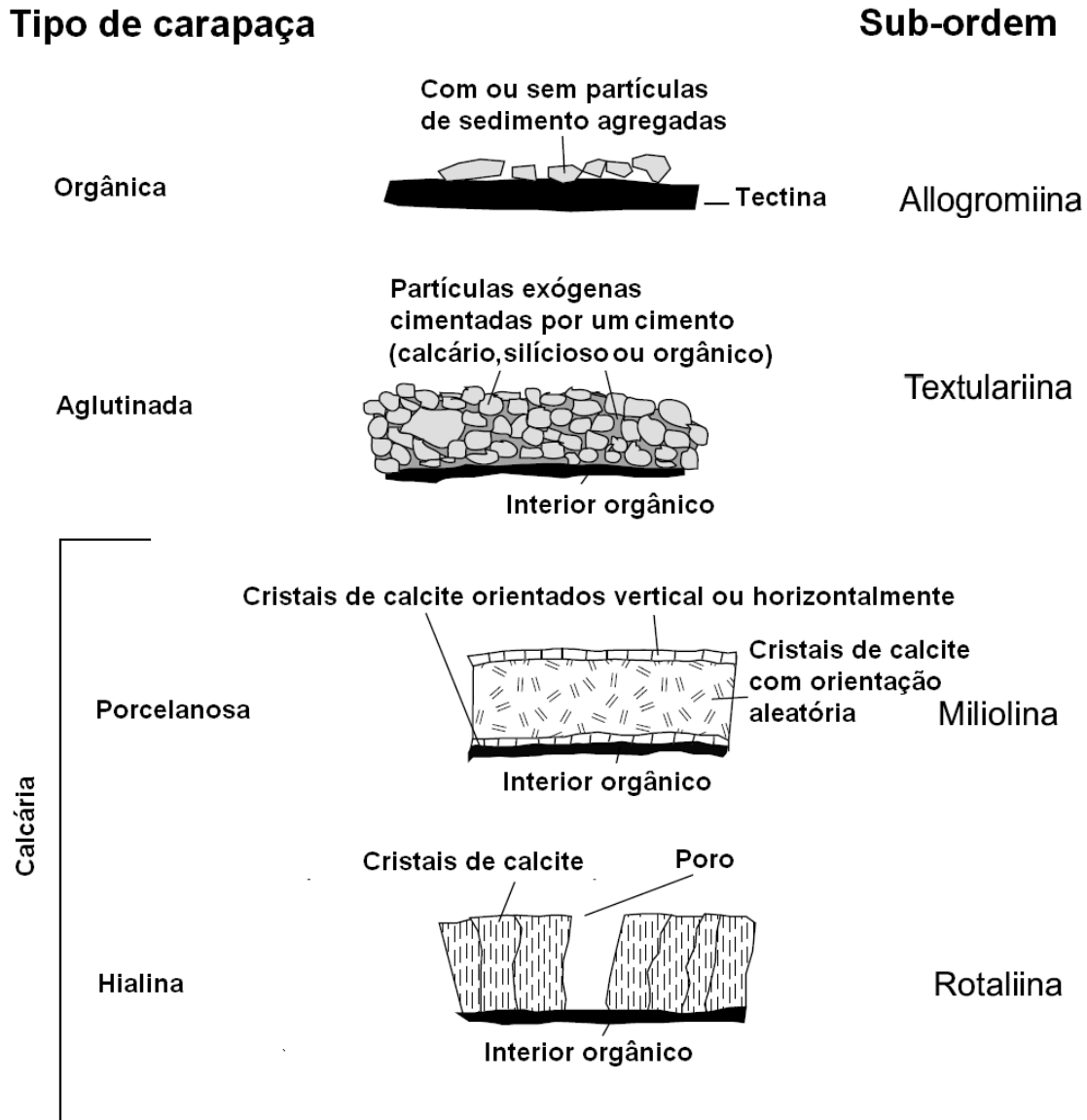


Figura 3 – Diferentes tipos de carapaça dos foraminíferos e sub-ordens correspondentes (Adaptado de Scott *et al.*, 2001).

Deste modo, existem quatro tipos de carapaça quanto ao material de que são feitas as orgânicas, as calcíticas, as silíceas e as aglutinadas (Goldstein, 1999) (Tabela I).

Tabela I: Características das carapaças dos foraminíferos.

Tipo de carapaça		Composição	Descrição	Preservação
Carapaças orgânicas (Sub-Ordem <i>Allogromiina</i>)		Formadas por uma membrana orgânica composta por tectina.	Formas simples, geralmente uniloculares, tubulares ou esféricas.	A sua preservação ocorre apenas em condições favoráveis excepcionais. Não é comum existirem registos fósseis deste grupo.
Carapaças aglutinadas (Sub-Ordem <i>Textulariina</i>)		Com partículas exógenas cimentadas por um cimento (calcário, silicioso ou orgânico).	Não lamelares.	Presentes nos sedimentos lodosos. Carapaças aglutinadas com cimento orgânico são indicadores de águas ácidas.
Carapaças calcíticas	Carapaças porcelanosas (Sub-Ordem <i>Miliolina</i>)	Parede calcária totalmente segregada pelo protozoário. Constituídas por 90% de CaCO_3 e 10% de MgCO_3	Opacas e reflectem toda a luz. Imperfuradas. Não lamelares.	São menos preserváveis do que as carapaças hialinas. Associadas a áreas bem iluminadas.
	Carapaças hialinas (Sub-Ordem <i>Rotaliina</i>)	e de elementos contaminantes (ferro e o silício).	Translúcidas, permitem a passagem da luz. Perfuradas. Geralmente lamelares.	São muito frequentes. Presentes nos sedimentos arenosos.
Carapaças silíceas (Género <i>Miliamellus</i>)		Constituídas por sílica endogénica		São organismos muito raros e pouco conhecidos.

- Carapaças orgânicas

As carapaças orgânicas são formadas por uma membrana orgânica composta por tectina (Scott *et al.*, 2001). Os foraminíferos com este tipo de carapaça constituem a Sub-ordem *Allogromiina*, onde se integram as formas simples, geralmente uniloculares, tubulares ou esféricas (Scott *et al.*, 2001).

A preservação das carapaças orgânicas ocorre apenas em condições favoráveis excepcionais, não sendo, por isso, comum existirem registos fósseis deste grupo (Sen Gupta, 1999).

- Carapaças calcíticas (ou calcárias)

As carapaças calcíticas podem ser separadas em dois grupos: carapaças porcelanosas (pertencentes à Sub-Ordem *Miliolina*) e carapaças hialinas ou vítreas (pertencentes à Sub-Ordem *Rotaliina*), de acordo com a sua aparência à luz reflectida (Haynes, 1981). Segundo Hansen (1999), os foraminíferos porcelanosos são opacos e reflectem toda a luz, e os foraminíferos vítreos são constituídos por uma estrutura fina e translúcida que permite a passagem da luz.

As carapaças porcelanosas, são imperfuradas e constituídas, essencialmente, por calcite magnésiana (Hansen, 1999), as carapaças hialinas são perfuradas (as suas paredes possuem uma grande quantidade de poros que permitem as trocas gasosas entre o organismo e o meio (Debenay *et al.*, 1996).

As carapaças porcelanosas contêm, geralmente, mais magnésio e, em parte por essa razão, são menos preserváveis do que as carapaças hialinas (Douglas, 1979).

- Carapaças silíceas

Segundo Debenay *et al.* (1996), estes organismos são muito raros existindo apenas algumas espécies paleozóicas e actuais, e a sua posição sistemática e filogenia são mal conhecidas. As paredes silíceas são constituídas por sílica endogénica, segregada pelo protoplasma (Debenay *et al.*, 1996).

- Carapaças aglutinadas

Os organismos de carapaça aglutinada pertencem à Sub-Ordem *Textulariina* e constroem as suas carapaças com partículas exógenas cimentadas por um cimento que pode ser calcário, silíceo ou orgânico (Goldstein, 1999). Os indivíduos aglutinados são considerados os membros mais primitivos (Scott *et al.*, 2001).

Segundo Seyve (1990), 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.

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 (Scott *et al.*, 2001).

Muitos géneros não são selectivos e utilizam, indiscriminadamente, todo o material disponível no meio (Haynes, 1981).

Estas sub-ordens dividem-se em diferentes famílias com base na morfologia das carapaças dos foraminíferos (Barbieri, 2006). Contudo, as malformações (um fenómeno comum que se observa nas carapaças dos foraminíferos da zona intermareal e subtidal) podem por vezes criar dificuldades na identificação das espécies. Estas deformações podem ser consequência da intervenção humana poluição (fósforo) ou pela acção de produtos tóxicos (mercúrio), ou pode ser fruto de alterações naturais, como o aumento da insolação ou o aumento da temperatura (Barbieri, 2006).

Segundo Scott *et al.* (2001), o tipo de material de que é feita a carapaça determina, também, o local onde as diferentes espécies podem sobreviver e as condições que permitem ou não a preservação do seu registo fóssil, sendo que geralmente, o aumento de temperatura e de salinidade leva à substituição das espécies de carapaças aglutinadas por espécies de carapaças calcárias.

A preservação das carapaças depende de vários factores como a quantidade e qualidade de matéria orgânica, a temperatura, a taxa de sedimentação e a bioturbação (Tabela II). A preservação das carapaças calcárias depende da presença de matéria orgânica, enquanto que, a preservação das carapaças aglutinadas é independente da concentração de matéria orgânica (Berkeley *et al.*, 2007).

Tabela II: Principais factores que influenciam a taxa de mineralização de matéria orgânica e seus efeitos na preservação de carapaças aglutinadas e calcárias. A preservação potencial das carapaças é descrita como “boa”, “pobre” ou “neutra” (Berkeley *et al.*, 2007).

Factor	Importância	Preservação	
		Carapaças aglutinadas	Carapaças calcárias
Quantidade de matéria orgânica	Factor principal – Proporcionalidade directa entre a quantidade de matéria orgânica disponível e a mineralização	Neutra	Elevada quantidade de matéria orgânica – Grande produção de produtos diagenéticos, a preservação das carapaças depende se os sedimentos são óxicos ou anóxicos. Baixa quantidade de matéria orgânica – Baixa produção de produtos diagenéticos. Boa
Qualidade da matéria orgânica	Controla a metabolização da matéria e acelera a taxa de mineralização	Neutra	Alta metabolização – Grande produção de produtos diagenéticos, a preservação das carapaças depende se os sedimentos são óxicos ou anóxicos. Baixa metabolização – Baixa produção de produtos diagenéticos. Boa
Temperatura	Determina a taxa de mineralização	Altas temperaturas – Maiores taxas de mineralização do cimento orgânico. Pobre Baixas temperaturas – Taxas de mineralização do cimento orgânico baixas. Boa	Alta temperatura – Grande produção de produtos diagenéticos, a preservação das carapaças depende se os sedimentos são óxicos ou anóxicos. Baixa temperatura – Baixa produção de produtos diagenéticos. Boa
Sedimentação	Determina o tempo em que a matéria orgânica enterrada permanece numa camada óxica	Sedimentação rápida – Os processos aeróbicos degradam o cimento a uma taxa baixa, pois permanecem menos tempo na camada óxica. Boa Sedimentação lenta – Longa permanência nas camadas óxicas. Pobre	Sedimentação rápida – rápida passagem pela camada óxica. Boa Sedimentação lenta – Grande tempo de residência na camada óxica. Pobre
Bioturbação	Influencia a profundidade em que o oxigénio ou água rica em oxigénio consegue penetrar no sedimento, aumentando, assim, a área em que os processos aeróbicos ocorrem	Grande mistura – Camada óxica mais profunda. Pobre Pequena mistura – Camada óxica mais superficial, os processos aeróbicos degradam o cimento a uma taxa baixa. Boa	Grande mistura – Camada óxica mais profunda. Pobre Pequena mistura – Camada óxica mais superficial, passagem rápida pela camada óxica. Boa

2.5. Distribuição dos foraminíferos

Os foraminíferos bentónicos encontram-se em todos os ambientes marinhos. Graças à sua grande sensibilidade às condições do meio estes organismos são muito utilizados em estudos ecológicos e paleoecológicos em todo o mundo. Numerosos estudos revelam que a distribuição das associações de foraminíferos bentónicos pode estar relacionada com várias condições ambientais e sedimentológicas (Samir *et al.*, 2003).

Segundo Ruiz *et al.* (2005), desde 1950 que os foraminíferos de estuários recentes têm sido intensivamente estudados com diferentes objectivos. Nestes estudos, os investigadores procuraram a relação existente entre a distribuição destes organismos e diversos parâmetros, como a salinidade, a granulometria, a exposição do sedimento, a quantidade de matéria orgânica existente no sedimento, a existência de metais pesados, entre outros (Mendes *et al.*, 2004). As conclusões destes estudos têm sido aplicadas na análise das alterações do nível do mar durante o Holocénico e na reconstrução de paleoambientes (Ruiz *et al.*, 2005).

O grande aumento das investigações da ecologia dos foraminíferos desde a década de 50, especialmente a distribuição espacial e abundância dos foraminíferos modernos (Duchemin *et al.*, 2005), verificou-se porque se reconheceu que o conhecimento das distribuições de foraminíferos actuais nos permite compreender e interpretar alterações ambientais no passado geológico (Sen Gupta, 1999).

Os conhecimentos adquiridos nestes estudos têm sido aplicados na análise das alterações do nível do mar durante o Holocénico e na reconstrução de paleoambientes (Mendes *et al.*, 2004).

Sabe-se hoje, que, os foraminíferos reagem às alterações do ambiente em termos da sua taxa de reprodução, existindo uma maior produção de espécies quando as condições ambientais lhes são favoráveis e uma diminuição ou mesmo desaparecimento em situações de ambientes muito desfavoráveis (Barbieri, 2006).

A distribuição das espécies é, então, controlada por uma complexa interacção de factores do ambiente: abióticos (temperatura, salinidade, tipo de substrato, turbidez, luminosidade, quantidade de alimento, teor de oxigénio e energia do meio); e bióticos (competição interespecífica pelo espaço e alimento, acção de predadores). Como alguns destes factores, senão todos, variam com a profundidade, cada género ou espécie ocupa determinado intervalo preferencial de profundidades, cujos limites, no entanto, variam de região para região se houver modificação dos factores ambientais (Legoinha, 2001).

Os sapais correspondem a ambientes de transição entre o meio terrestre e o meio marinho (estuário ou mar) (Wiergert *et al.*, 1981), apresentando grandes variações na temperatura, salinidade e pH. Muito poucas espécies de foraminíferos sobrevivem neste ambiente e a sua distribuição parece ser controlada principalmente por fenómenos físico-químicos relacionados com o tempo de exposição do sedimento. As espécies de sapal são quase exclusivamente de carapaça aglutinada e as que não são, não fossilizam nestes sedimentos (muito ricos em matéria orgânica e ácidos) (Scott *et al.*, 2001).

Os estuários contêm pouca diversidade de espécies, especialmente na zona mais a montante onde a salinidade é mais baixa e existe predominância de espécies de carapaça aglutinada (Scott *et al.*, 2001). Como as águas mais salinas são caracterizados pela existência de foraminíferos de carapaça calcária e populações com grande diversidade de espécies, os locais mais a jusante vão ser dominados pelas espécies de carapaça calcária (Scott *et al.*, 2001).

2.5.1. Variáveis físicas

Cada espécie possui uma gama particular de tolerância para cada parâmetro ecológico, dentro do qual pode sobreviver e reproduzir-se (Wightman, 1990).

- Nutrientes

A abundância e distribuição espacial dos foraminíferos é influenciada pela existência de nutrientes, pela produção primária e pelos padrões do fluxo de carbono (Loubere e Fariduddin, 1999 e Diz *et al.*, 2006).

Enquanto que Barbieri (2006) considera que um dos factores principais que influenciam a abundância e diversidade é a disponibilidade de nutrientes (sendo que em meios oligotróficos e mesotróficos existe uma maior diversidade e a eutrofização leva ao aparecimento de algumas espécies oportunistas), outros autores como Lin (1992) referem que estes parecem não afectar os padrões das associações e o número de espécies.

Segundo Seyve (1990), as variações da produtividade primária influenciam o crescimento dos foraminíferos, uma vez que a microflora representa a base da sua alimentação. Para além da quantidade de alimento, Diz *et al.* (2006) refere que outro factor que controla a composição das comunidades e a distribuição vertical de foraminíferos bentónicos é a qualidade do alimento.

Nos seus estudos, Albani *et al.* (2007) verificaram que o excesso de nutrientes provoca um aumento do fitoplankton que conseqüentemente leva ao decréscimo do

oxigénio dissolvido podendo levar à existência de condições anóxicas que são desfavoráveis a algumas espécies.

- Substrato

A distribuição dos foraminíferos bentónicos é muito influenciada pelo tipo de sedimento e pela batimetria (Mendes *et al.*, 2004). Sendo que os sedimentos lodosos com algas são dominados por espécies aglutinadas. Nos sedimentos arenosos, dominam espécies calcárias (Debenay *et al.*, 2000).

À superfície do sedimento, a presença de vegetação aparenta ter uma relação positiva com a densidade da fauna de foraminíferos uma vez que dificulta a morte por desidratação durante a maré baixa ou durante períodos mais secos (Duchemin *et al.*, 2005). A presença ou a ausência de vegetação é igualmente importante na distribuição dos foraminíferos porque a produção de uma menor quantidade de matéria orgânica leva a menos variações no pH do sedimento, que beneficiam as espécies calcárias. Algumas espécies aglutinadas (*Arenoparrella mexicana* e *Haplophragmoides wilberti*) estão associadas a sedimentos ricos em matéria orgânica (Debenay, 2000).

- Pressão

Segundo Lin (1992), a pressão não tem influência directa na distribuição dos foraminíferos mas é importante na regulação da solubilidade do CaCO₃ (carbonato de cálcio) material constituinte de algumas carapaças e presente nalguns processos químicos que ocorrem no interior dos organismos.

- Luz

A luz como fonte de energia necessária à fotossíntese, constitui o factor primário da distribuição das algas (Mendes, 1988) e afecta o ciclo alimentar do foraminífero, em função da abundância de alguns organismos dos quais os foraminíferos se alimentam, e que tal como algas, necessitam de luz. Há, neste caso, uma relação directa entre a abundância de algas e a abundância de foraminíferos (Lin, 1992).

Os foraminíferos com carapaças porcelanosas, normalmente estão associadas a áreas bem iluminadas, como lagoas hipersalinas e também são abundantes em águas quentes pouco profundas e alcalinas (Barbieri, 2006).

- Profundidade

A profundidade é considerada um dos factores principais que controlam a abundância dos foraminíferos em número de espécies, quantidade de indivíduos e composição das associações (Scott *et al.*, 2001). Segundo Seyve (1990) existe uma zonação em função da profundidade (Figura 4).

Verifica-se que o número de espécies, bem como a quantidade de indivíduos aumenta gradualmente com o aumento da profundidade, desde a costa até ao limite externo da plataforma continental (Debenay, 2000 e 2006). Na plataforma continental ou zona nerítica, existe uma intensa actividade biológica com grande diversidade de formas (Popp, 1987).

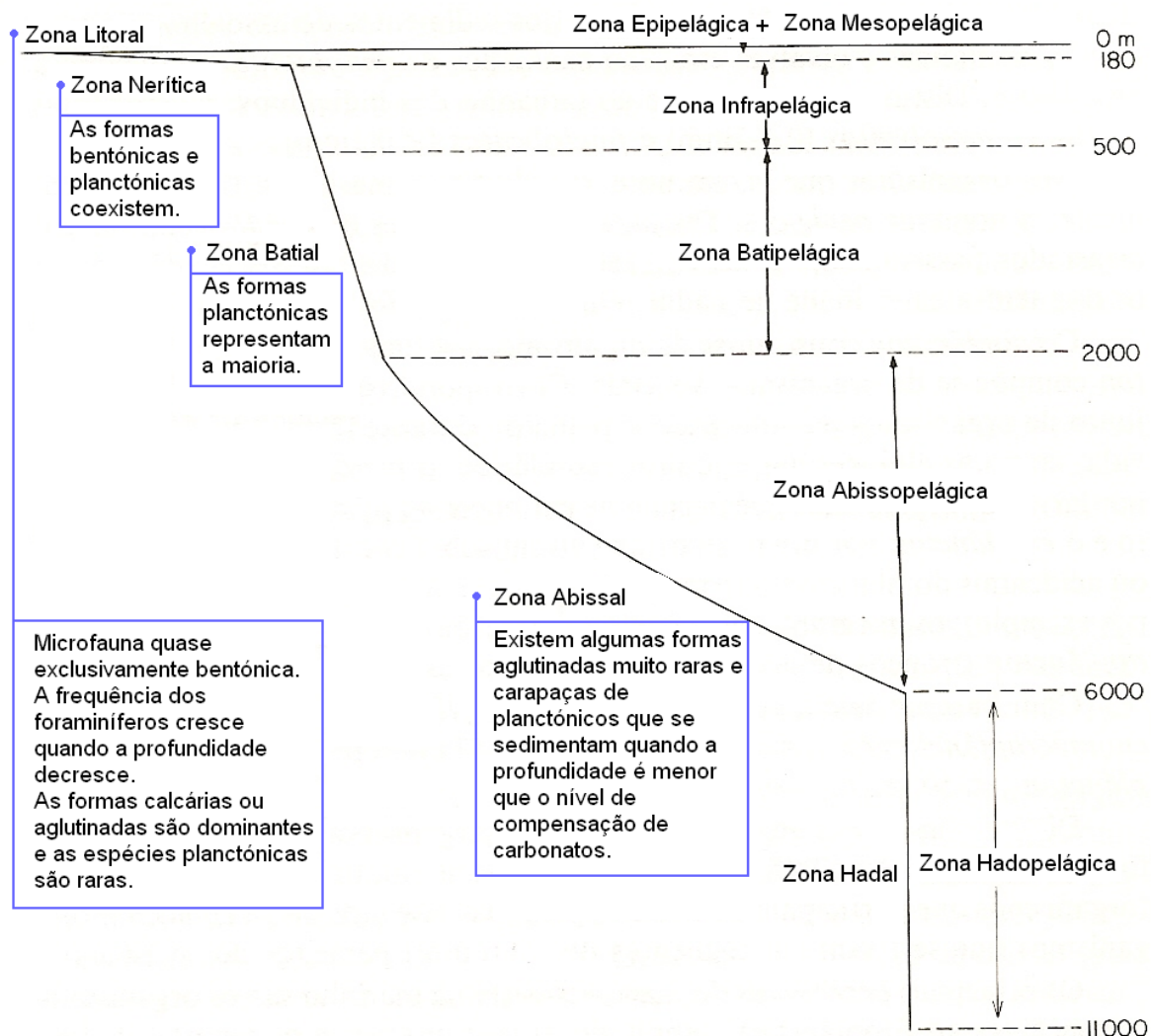


Figura 4 – Divisão ecológica dos oceanos e zóna em função da profundidade (Adaptado de Seyve (1990) e Mendes (1988)).

- Temperatura

A temperatura é um factor abiótico importante, uma vez que influencia a distribuição horizontal e vertical dos organismos. No mar aberto a temperatura tem uma grande influência na sua distribuição, mas nas proximidades do litoral a salinidade passa a controlar mais esta distribuição (Mendes, 1988).

Os foraminíferos vivem numa gama de temperatura que oscila entre 1°C a 50°C tendo cada espécie uma determinada tolerância, limites críticos específicos e diferentes valores óptimos (Douglas, 1979). Cushman (*in* Sen Gupta, 1999) considera que a temperatura é o factor predominante na distribuição dos foraminíferos bentónicos, acrescentando que nas águas frias existem formas primitivas, com carapaças aglutinadas e nas águas temperadas existe uma maior diversidade, uma vez que se trata de um meio mais favorável.

Lin (1992) observou um decréscimo substancial na diversidade específica, desde as zonas tropicais para zonas polares.

A temperatura influencia, também as taxas de reprodução e de acordo com Scott *et al.* (1980, *in* Debenay, 2000) nas latitudes altas a distribuição de alguns foraminíferos está relacionada com as áreas onde a temperatura do Verão é suficientemente alta para permitir a reprodução.

- Correntes

A acção das ondas e das correntes que provocam a agitação da água tem grande influência sobre os organismos aquáticos, sendo responsável pela disseminação de nutrientes e pela oxigenação da água (Popp, 1987).

As correntes, ao afectar a repartição do sedimento e a estabilidade do substrato, influenciam também, a distribuição dos foraminíferos bentónicos, sendo responsáveis pelo transporte das suas carapaças para longe do local onde a espécie vive (Duchemin *et al.*, 2005).

2.5.2. Variáveis químicas

- Salinidade

A salinidade corresponde à quantidade total de sais dissolvidos na água e geralmente a salinidade do mar é 35 ‰ (Popp, 1987).

Relativamente a este parâmetro, podem ser encontrados foraminíferos em ambientes com salinidades entre 0,5‰ e 57‰, mas o maior número de espécies e indivíduos regista-se em salinidades próximas de 35‰ (Lin, 1992). Para valores superiores a 35‰, o número de espécies e de indivíduos decresce abruptamente (Lin, 1992). Em ambientes costeiros, isto traduz-se por um aumento da diversidade de foraminíferos quando se passa de sapais e lagoas salobras para zonas marinhas, diminuindo a diversidade em lagoas hipersalinas (Debenay, 2000).

Mendes (1988) refere ainda, que se verifica uma tendência de redução de tamanho das conchas em ambientes hipersalinos, contudo, no caso dos fósseis, a redução de tamanho pode, também, resultar da deficiência de oxigénio, turbidez ou suprimento inadequado de alimento.

Algumas espécies são encontradas tanto em ambientes hipertónicos como hipotónicos, indicando que a osmorregulação é um importante parâmetro que controla a distribuição de algumas espécies de foraminíferos (Debenay, 2000).

A quantidade de CaCO_3 está muito relacionada com a salinidade e com a distribuição dos foraminíferos calcários e aglutinados, deste modo a razão A/C (foraminíferos aglutinados/ foraminíferos calcários), pode ser utilizada como uma medida indirecta da salinidade (Debenay, 2000).

- pH

Os foraminíferos de carapaças aglutinadas com cimento orgânico são indicadores de águas ácidas, como as que são encontradas em estuários, lagoas hipossalinas ou águas dos mares polares (Barbieri, 2006), uma vez que são resistentes aos ambientes redutores onde a concentração de oxigénio e o pH são baixos; estes foraminíferos são assim bastante comuns na superfície dos sedimentos dos ambientes parálisos (confinados) e após a morte, as suas carapaças preservam-se, passando a fazer parte do registo fóssil (Scott *et al.*, 2001).

O mesmo não acontece com os foraminíferos de carapaça calcária, uma vez que baixos valores de pH causam stress a estes organismos e provocam, após a sua morte, a rápida dissolução das carapaças. Assim, apesar de presentes neste tipo de ambientes enquanto organismos vivos, dificilmente se preservam no sedimento após a morte (Scott *et al.*, 2001).

- Carbonato de cálcio

A dissolução do carbonato de cálcio (CaCO_3) em ambientes marinhos está relacionada com a pressão hidrostática, a salinidade e a temperatura da água sendo que a sua disponibilidade aumenta com a temperatura e a salinidade (Scott *et al.*, 2001).

A disponibilidade de CaCO_3 é responsável pela distribuição dos foraminíferos com carapaças aglutinadas e calcárias. Os foraminíferos aglutinados têm uma menor necessidade de CaCO_3 para construir a sua carapaça e são mais abundantes em condições hipossalinas e abaixo da lisoclina. Os miliólídeos estão largamente confinados às condições hipersalinas (tropicais e águas pouco profundas) e os foraminíferos hialinos encontram-se em todos os meios marinhos (Douglas, 1979).

- Oxigénio

O oxigénio da água provém da dissolução directa do oxigénio contido na atmosfera e também da fotossíntese realizada pelos organismos com clorofila (Popp, 1987). A distribuição é, então, condicionada pela profundidade de alcance da luz solar e pela acção das correntes. A quantidade de oxigénio dissolvido na água diminui em direcção ao fundo, verificando-se uma diminuição da fauna (Popp, 1987).

Nas suas investigações Duchemin *et al.* (2005) conclui que os microhabitats dos foraminíferos são controlados pelas concentrações de oxigénio e pela quantidade de alimento. Em ambientes de sapal, nalguns casos, o acesso ao oxigénio é restringido a 1 mm de profundidade, contudo a existência de raízes e animais permite uma oxigenação mais profunda do sedimento.

Algumas espécies de foraminíferos resistem a condições de oxigénio muito baixas, sobrevivendo em meios anóxicos, sendo anaeróbios facultativos ou por estabelecerem endossimbioses (Duchemin *et al.*, 2005). Segundo Debenay *et al.* (1996) espécies como *Ammonia beccarii*, *Elphidium excavatum* e *Quinqueloculina seminulum* conseguem sobreviver pelo menos 24 horas em condições anóxicas.

De acordo com Scott *et al.*, (2001), a depleção de oxigénio no meio marinho provoca um aumento do número de espécies pioneiras ou oportunistas. As espécies que são mais tolerantes à falta de oxigénio são geralmente espécies oportunistas que proliferam em sedimentos com muita matéria orgânica (Debenay *et al.*, 1996).

Segundo Duchemin *et al.* (2005), as faunas abundantes existentes nos sedimentos profundos sugerem que a vida em ambientes com baixos níveis de oxigénio podem fornecer aos foraminíferos algumas vantagens como uma menor pressão dos

predadores, e/ou maior estabilidade dos parâmetros físico-químicos, visto que à superfície os foraminíferos têm de tolerar flutuações extremas de muitos parâmetros (temperatura, turbidez, salinidade, pH) e que estes mesmos parâmetros são muito mais estáveis no sedimento mais profundo.

2.6. Importância do estudo dos foraminíferos na reconstrução de paleoambientes

A escolha do estudo dos foraminíferos bentónicos como principal ferramenta para a reconstrução da evolução da Ribeira do Ludo deve-se ao facto destes organismos poderem ser utilizados como bioindicadores em reconstruções paleoambientais (Debenay *et al.*, 2000).

Estes organismos constituem excelentes bioindicadores de ambientes marinhos porque possuem um grande registo geológico, uma alta taxa evolutiva (Sen Gupta, 1999, Barbieri, 2006), são muito sensíveis às alterações do ambiente e são facilmente armazenados, coleccionados e manuseados (Scott *et al.*, 2001).

Estes organismos possuem um curto ciclo de vida e a possibilidade de recombinação genética através da reprodução sexuada que lhes permitem uma rápida adaptação às alterações do ambiente (Barbieri, 2006).

O estudo das suas associações pode fornecer muitas informações acerca da ecologia (Parker e Arnold, 1999) e permite definir habitats actuais, mas também permite a reconstituição do passado evolutivo e das condições que influenciaram esse ambiente (Mendes *et al.*, 2004), tornando-os ferramentas muito úteis especialmente em termos geológicos, quando as alterações ambientais não estão documentadas pelos humanos (Barbieri, 2006).

Para se realizar interpretações baseadas no estudo destas associações de foraminíferos é necessário um conhecimento das variações populações (Debenay *et al.*, 2000).

Muitos estudos têm sido efectuados e o conhecimento das faunas intermareais permitiu construir modelos de distribuição de foraminíferos, permitindo reconstruir as alterações do nível do mar (Scott *et al.*, 2001 e Duchemin *et al.*, 2005) com uma precisão e detalhe elevados, sendo mais precisos do que as conchas de bivalves. Assim, os foraminíferos bentónicos são frequentemente usados como indicadores do nível do mar, uma vez que ocupam zonas verticais bem definidas relativamente ao nível do mar (Scott *et al.*, 2001 e Southall, 2006).

2.7. Outras aplicações do estudo dos foraminíferos

Para além da reconstrução de paleoambientes, o estudo de foraminíferos pode, ainda, ser muito útil em diversas áreas, como por exemplo:

- estudos climáticos, como o nível do mar ou paleotemperatura (Ericson e Wollin, 1968 *in* Mendes, 1988));
- estudos relacionados com a estratigrafia (Brito, 2009).
- estudos relacionados com a poluição (seus impactes, monitorização e mitigação) (Sen Gupta, 1999, Debenay *et al.*, 2000, Tsujimoto *et al.*, 2006 e Albani *et al.*, 2007);
- indicadores de episódios de actividade sísmica (Scott *et al.*, 2001);
- indicadores do estado dos recifes de coral (Scott *et al.*, 2001);
- indicador de transporte de sedimentos (Scott *et al.*, 2001);
- indicador da ocorrência de tempestades (Scott *et al.*, 2001);
- indicador de paleoprodutividade (Debenay *et al.*, 2000, Toledo *et al.*, 2007);
- transição de ambientes de água doce e salinos (Debenay *et al.*, 2000).

3. Ambientes parállicos

Os ambientes parállicos ocorrem entre ambientes marinhos e costeiros e incluem lagunas costeiras, estuários e sapais (Debenay *et al.*, 2000), que representam complexos ecossistemas de interface entre os referidos ambientes e são alvo de muitos estudos nomeadamente dos seus sedimentos, da sua biologia e em termos físicos (Schröder-Adams, 2006).

As características ecológicas destas zonas dependem de vários parâmetros como:

- as condições climáticas (temperatura, insolação, evaporação);
- a distribuição da salinidade horizontal (que influencia a distribuição da flora e da fauna);
- a mistura vertical da água doce com a água marinha;
- as alterações hidrodinâmicas, resultantes da entrada da água doce (descargas de rios, chuva), das marés e da perda de volume devido à evaporação;
- a energia do vento, das correntes e das ondas;
- a natureza do sedimento;
- a presença de algas;
- a turbidez, matéria orgânica dissolvida e nutrientes;
- as características químicas da água (como os gases dissolvidos O₂, CO₂, SH₂) e pH;
- a presença de episódios hipóxicos nas áreas mais restritas;
- o impacto das actividades antropológicas (Debenay *et al.*, 2000).

Uma ampla gama de parâmetros físicos, químicos e biológicos, influencia a distribuição dos foraminíferos bentónicos (Schröder-Adams, 2006) uma vez que as variações destes parâmetros criam microhabitats atractivos para alguns *taxa* e inabitáveis para outros, o que faz com que se verifiquem variações nas associações de foraminíferos bentónicos (Mendes *et al.*, 2004).

Os estuários, os sapais e as lagoas costeiras para além de serem zonas sujeitas à acção das marés, às alterações sazonais estão, também muito expostas a uma enorme variedade de químicos, onde se incluem poluentes industriais e pesticidas da agricultura (Debenay *et al.*, 2000), sendo muito influenciados pelas actividades humanas (Barbieri, 2006).

Os ambientes parállicos, devido à sua intensa produtividade orgânica, são considerados um dos meios mais produtivos da biosfera, sendo ambientes de grande

riqueza económica, beleza paisagística e notável valor ecológico, que vale a pena preservar e proteger (Freitas, 1996).

3.1. Caracterização das Lagunas Costeiras

Segundo Granja (1996), uma laguna é uma forma costeira que corresponde a uma área ocupada por águas salgadas ou salobras, relativamente baixas, separadas pelo mar por uma barreira de areias ou cascalho, permanente ou temporariamente ligada a ele através de uma ou mais barras.

Estas formações litorais ocupam cerca de 13% das zonas costeiras do globo terrestre, podendo ser encontradas em todas as latitudes, desde o Equador aos pólos (Muzavor, 1986). Contudo, ocupam apenas 5% do litoral europeu, sendo este o continente com menor proporção de lagunas costeiras (Freitas, 1996).

São mais abundantes em regiões microtidais (amplitude de maré inferior a 2 m) e mesotidais (amplitude de maré entre 2 e 4 m), uma vez que as grandes amplitudes de maré favorecem a destruição das barreiras sedimentares e a drenagem da massa de água durante a vazante (Freitas, 1996).

Segundo Freitas (1996), atendendo às características ambientais das lagunas costeiras e dos estuários, é por vezes difícil estabelecer uma nítida fronteira entre estes ambientes. Moreira (1996), acrescenta que embora um estuário típico e uma laguna típica sejam muito diferentes, a distinção entre os dois tipos de habitat torna-se complicada porque ambos possuem características ecológicas comuns e, além disso, porque existem diversas situações intermédias.

Desta forma considera-se que as lagunas costeiras têm, em geral, baixa profundidade e os fundos são recobertos por sedimentos móveis (areias ou lodos). São, tipicamente, meios abrigados da acção das marés e das correntes e com gradientes de salinidade que se mantêm relativamente estáveis (podendo, no entanto, ser consideravelmente influenciados pela precipitação) (Moreira, 1996).

Em consequência da baixa profundidade, em muitas lagunas a acção dos ventos assegura uma boa mistura da água, evitando a estratificação salina (Moreira, 1996).

As suas águas são, geralmente, turvas ricas em nutrientes e altamente produtivas, com grande abundância de vegetação e o ambiente físico-químico é fortemente influenciado pela actividade biológica (em particular pelos ritmos da fotossíntese e respiração) (Moreira, 1996).

Estes corpos de água orientados paralelamente à linha de costa, separados do oceano por ilhas barreira são considerados por Muzavor (1986) como instáveis devido à acção dinâmica das correntes e maré, que provocam a ressuspensão e redistribuição dos sedimentos. Sendo que os sedimentos mais finos se depositam longe das barras (onde a acção das marés se faz sentir com maior intensidade) ou em zonas de profundidade superior a 5 m. Os sedimentos de maior granulometria depositam-se perto das barras. Esta dinâmica pode alterar a fisiografia da laguna podendo até dar origem a áreas que por emersão, são colonizadas por plantas halófitas, originando zonas de sapal. Deste modo, uma das características mais importantes dos meios lagunares consiste na rapidez com que podem modificar-se (Moreira, 1996).

3.1.1. Classificação de Lagunas Costeiras

Segundo Nichols e Allen (1981) as lagunas podem ser classificadas com base nos processos dominantes – marés e fluxo por um lado e ondas por outro; os primeiros actuam no sentido de manter a laguna aberta, enquanto que as ondas, associadas à deriva litoral, tendem a fechá-la.

Desta forma existem quatro tipos de lagunas:

- as lagunas estuarinas, caracterizadas por fortes fluxos de maré e fluvial. A energia das ondas e a deriva litoral são diminutas comparativamente à competência da maré, cuja actividade mantém activos os canais de comunicação com o mar e promove grandes trocas de água doce e salgada.

- as lagunas abertas, que resultam da acção das ondas combinada com marés e fluxo fluvial moderados. A ondulação e a deriva litoral constroem as barreiras, enquanto as correntes de maré são suficientes para manter os canais abertos e dão origem a deltas de enchente e vazante bem desenvolvidos.

- as lagunas parcialmente fechadas, nas quais a forte acção das ondas e correntes de deriva constroem barreiras, enquanto as correntes de maré têm papel um secundário. Estas produzem um delta de enchente significativo, sendo o delta de vazante diminuto.

- as lagunas fechadas são produzidas por ondas e deriva litoral fortes, os fenómenos de galgamento e a acção do vento são os processos mais importantes.

3.2. Caracterização das zonas estuarinas

Os estuários correspondem à secção mais a jusante de um rio (Kennish, 2001; Bokuniewicz, 1996) e são constituídos por um corpo de água costeiro, semi-fechado, com uma comunicação livre com o mar aberto possuindo no seu interior água do mar misturada com água doce proveniente da drenagem fluvial (Freitas, 1996). Os seus sedimentos são de proveniência marinha e fluvial (Almeida, 2009; Kennish, 2001).

Originados com a transgressão holocénica, mantêm-se onde se conjugam factores como, por exemplo, uma ampla maré e pouca carga sedimentar fluvial (Almeida, 2009; Bokuniewicz, 1996).

Em termos geológicos a esperança de vida de um estuário é, geralmente curta (Kennish, 2001), sendo que as regiões temperadas são mais favoráveis à sua manutenção (Almeida, 2009).

Estruturalmente um estuário é constituído por três zonas distintas:

- a porção dominada pelo mar, em que o transporte líquido de sedimentos tem lugar desde o mar até à terra (Kennish, 2001);

- a zona central, de energia relativamente muito baixa, possui depósitos cuja origem advém da convergência entre os processos marinhos e fluviais (Kennish, 2001), e encontra-se quase sempre submersa (Popp, 1987);

- a porção dominada pelo rio, que ainda apresenta influência marinha e em que o transporte líquido se realiza desde a terra até ao mar (Kennish, 2001), inclui as planícies de inundação e pode estar associada à existência de lagos e zonas de sapal (Popp, 1987).

A configuração do estuário depende, por um lado, da quantidade de material trazido pelo rio e por outro, da capacidade de redistribuição desse material pelas ondas e correntes marinhas (Popp, 1987). Deste modo, a abertura do estuário para o mar pode ser mais ampla ou mais apertada dependendo da sua dinâmica sedimentar (Almeida, 2009).

3.2.1. Classificação de estuários

Os estuários podem ser classificados segundo vários critérios (Almeida, 2009).

- Topografia

Pela topografia preexistente, os estuários podem ser classificados em vales fluviais inundados (rias), em fiordes (vales glaciários inundados) e estuários barrados (associados a costas deposicionais) (Almeida, 2009).

- Actuação das amplitudes de maré

De acordo com as diferentes amplitudes de maré (micromarés, mesomarés, macromarés e hipermarés) e o atrito exercido sobre a sua propagação no estuário estes são subdivididos em hipersíncronos, síncronos e hipossíncronos, se aumenta, se é mantida ou se diminui a amplitude de maré para montante, respectivamente (Almeida, 2009).

- Estrutura salina

Esta classificação permite um bom entendimento da relação entre a água doce fluvial e a água salgada marinha trazida pela maré e os modos particulares de circulação destas águas (Almeida, 2009).

Num estuário altamente estratificado tipo cunha salina pode ver-se a boa separação entre as duas águas, graças à fraca maré. No estuário altamente estratificado tipo fiorde há uma relação entre as águas semelhante à anterior, diferindo apenas na existência de fundos por vezes muito irregulares, com soleiras que podem interferir na circulação das águas e com possíveis estagnações inferiores (Almeida, 2009). No estuário parcialmente misturado, caracterizado por uma menor influência fluvial já se verifica turbulência, com alguma mistura de águas e circulações de vazante e enchente (Kennish, 2001). Nos estuários verticalmente homogéneos, há o lateralmente não-homogéneo em que a largura ampla permite uma separação horizontal nítida dos fluxos vazante e enchente e o lateralmente homogéneo onde a estreiteza do canal obriga à boa mistura das águas; em ambos a salinidade varia progressivamente de montante para jusante, estas variações de salinidade são responsáveis pela zonação de muitas plantas e animais (Almeida, 2009).

- Características topográficas

Do ponto de vista morfológico distinguem-se quatro tipos de estuários: estuários tipo fiorde; estuários abrigados por processos tectónicos; vales fluviais submersos e estuários abrigados por uma barreira (Perillo, 1996).

O estuário que foi alvo de estudo neste trabalho é um estuário de barreira, uma vez que corresponde a um vale fluvial inundado, no qual a sedimentação recente originou uma barreira na foz (Freitas, 1996).

3.2.2. Escoamento e suas influências no estuário

De uma forma geral, o escoamento hidrodinâmico, responsável pelo transporte de massa no estuário, é função das condições de fronteira oceânica, dos caudais afluentes ao estuário e da geometria, e batimetria, do estuário. A circulação no seu interior depende igualmente do efeito da maré e, desta forma, o escoamento da água num estuário possui uma variabilidade diária, semanal e também sazonal (Kennish, 2001).

A água salgada é mais densa do que a água doce, conseqüentemente, nos estuários, estes dois líquidos formam massas de água separadas, com a água doce a ficar numa camada acima da água salgada (Kennish, 2001). Contudo esta distribuição dos dois tipos de água é influenciada pelo caudal do rio e relativamente às correntes marinhas, as características do estuário (grau de turbulência, salinidade) variam com o caudal do rio, com as correntes e com a geomorfologia da bacia estuarina (Kennish, 2001).

Os processos hidrodinâmicos determinam, ainda, a disponibilidade de nutrientes através do transporte; a disponibilidade de luz, devido aos processos de deposição e ressuspensão de sedimentos e acima de tudo, os processos hidrodinâmicos determinam quanto tempo uma massa de água permanece em determinada zona ou, por outras palavras, o tempo de residência da água (Kennish, 2001).

Os processos ecológicos, tais como a produção primária de biomassa, ocorrem apenas se forem estabelecidas as condições adequadas, nomeadamente em termos de luz, nutrientes e temperatura e se os organismos permanecerem tempo suficiente no interior do estuário para que a sua actividade possa desenvolver-se (Kennish, 2001).

3.2.3. Sedimentos

Os fenómenos sedimentares nos estuários estão dependentes da quantidade de energia existente no sistema em cada ponto, influenciando assim o tipo de sedimento que se vai depositando ou entra em movimento no fundo ou nas margens (Almeida, 2009). A sedimentação nos estuários é, também influenciada por fenómenos tectónicos e por factores climáticos (Popp, 1987).

Como já foi referido, os estuários recebem sedimento proveniente do ambiente marinho e fluvial (Schröder-Adams, 2006; Freitas, 1996). Os sedimentos de origem continental chegam ao estuário através dos rios ou ribeiras, da erosão e da escorrência directa das margens e também do transporte eólico (Freitas, 1996).

Estes sedimentos variam consoante a zona do estuário, sendo que na porção dominada pelo mar os depósitos correspondem a partículas depositadas por suspensão, predominando argilas escuras e siltes (Popp, 1987).

A zona central, é, normalmente, caracterizada por areias muito finas a finas, intercaladas por siltes (Popp, 1987).

Na porção dominada pelo rio, normalmente os sedimentos são areias, com estratificação cruzada, associadas a areias mais finas, os baixios são preenchidos por siltes e argilas, associados a matéria orgânica, carvão e restos de plantas provenientes da vegetação existente. Podem ocorrer depósitos argilo-siltíticos com restos de conchas (Popp, 1987).

Quando o aporte de material é superior ao poder de redistribuição, os sedimentos acumulam-se em torno da desembocadura do rio, quando a acção das ondas e marés é superior a acumulação de sedimentos é menor (Popp, 1987).

A intervenção antrópica pode influenciar a evolução destes sistemas sedimentares, por um lado, acelera o processo de assoreamento através de intervenções na bacia hidrográfica que conduzem a uma maior produção de sedimentos (desflorestações, por exemplo), por outro podem inverter a situação ao realizar dragagens evitando a colmatação total de estuários e lagunas costeiras (Freitas, 1996).

A sua proximidade de populações humanas elevadas torna-os locais de monitorização do impacto antropológico em biótopos naturais (Schröder-Adams, 2006).

3.3. Caracterização dos sapais

Os sapais são ecossistemas que ocorrem normalmente em ambientes de transição. Teoricamente o seu crescimento é determinado pelas taxas de sedimentação (Castaing e Guilcher, 1996), pela acção da água e pela existência de vegetação (Kennish, 2001). Uma vez que a vegetação serve, não só de fonte de alimento para os organismos como também desempenha um papel muito importante ao fixar o sedimento e reduzir a sua erosão (Kennish, 2001). A existência de vegetação faz com que a velocidade da corrente seja menor favorecendo a deposição dos sedimentos transportados por suspensão, deste modo, a granulometria dos sedimentos de sapal é, normalmente, fina (Sen Gupta, 1999).

Os sapais formam-se com a deposição dos sedimentos finos (Kennish, 2001). A componente inorgânica do sedimento dos sapais é proveniente tanto do meio marinho como do meio terrestre e as importâncias relativas dependem de factores como a

capacidade de transporte do rio, a força das correntes, a influência das marés e do vento (Sen Gupta, 1999).

Nos sapais verifica-se uma produtividade muito elevada, sendo que neste ecossistema existe uma grande abundância de nutrientes dissolvidos e muita matéria orgânica. Esta quantidade de matéria orgânica nos sedimentos de sapal pode ser muito variável (Wightman, 1990).

O substrato torna-se anóxico alguns centímetros abaixo da superfície (excepto em casos em que o sedimento é muito revolvido pela acção de outros seres vivos) (Schröder-Adams, 2006).

Segundo Kennish (2001), os sapais podem ser divididos em sapal alto, médio ou baixo (Figura 5), esta divisão verifica-se ao longo da margem dos canais e perpendicularmente ao eixo do canal.

O sapal alto corresponde à zona que é inundada durante as marés vivas, enquanto que o médio sapal é a zona que fica entre a marca de água em maré alta e a marca de água em marés vivas. O baixo sapal corresponde à zona entre a marca de maré alta em marés mortas e a maré alta média e é inundado pelo menos uma vez por dia (Scott *et al.*, 2001; Kennish, 2001).

Nestes locais, a salinidade do substrato depende de diversos factores como a elevação do terreno e variação mareal. No baixo sapal a salinidade é relativamente constante. Contudo, no alto sapal a salinidade pode ser variável podendo aumentar significativamente com a evaporação da água que por vezes leva à formação de uma película de sal à superfície (Sen Gupta, 1999).

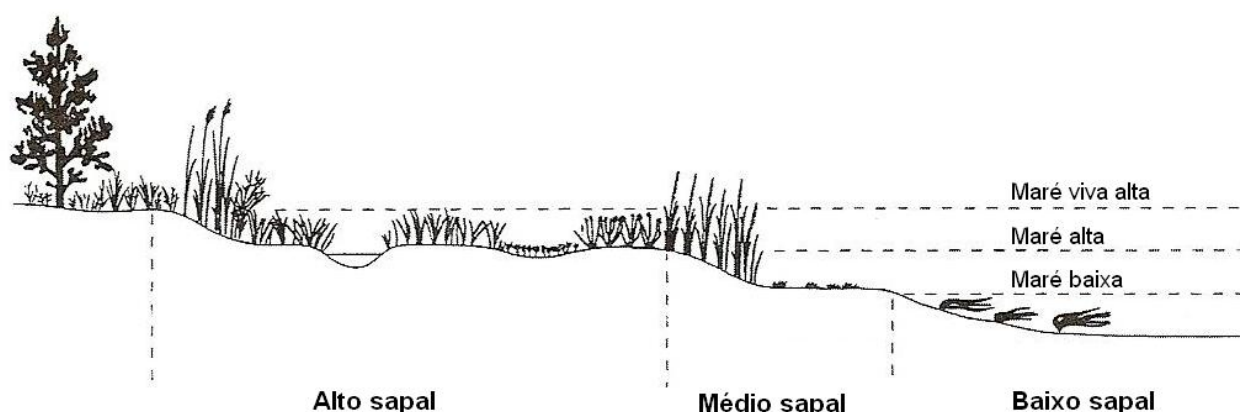


Figura 5 – Esquema da divisão dos andares de sapal, ao longo do canal (Adaptado de Kennish, 2001).

3.4. Evolução das lagunas costeiras e dos estuários

Tal como os estuários, as lagunas costeiras são ambientes em constante evolução natural e, grande parte destes sistemas naturais são resultado de um processo que teve início no Quaternário recente.

Dias e os seus colaboradores (1997) apresentaram a curva de variação do nível do mar em Portugal, referente aos últimos 20 000 anos (Figura 6). De acordo com esta curva, as variações do NMM desde o último máximo glaciário (Wurm, 18 000 anos BP) têm sido consideráveis.

Há cerca de 18 000 anos BP, durante o máximo glaciário, o nível do mar estaria a cerca de – 120 m em relação ao nível actual (Freitas, 1996). A um nível de base baixo aliava-se uma grande duração da estação chuvosa, o que provocou uma erosão forte e originou vales fluviais bastante encaixados (Freitas, 1996). Os vales que constituem actualmente as zonas terminais dos rios constituíam, naquela altura, troços juvenis.



Figura 6 – Curva de variação do nível médio relativo do mar, na margem continental portuguesa desde o último máximo glaciário (Dias *et al.*, 1997).

A partir de há cerca de 16 000 anos BP quando se iniciou a fusão do gelo das calotes glaciárias grandes quantidades de água foram introduzidas nos oceanos. Na plataforma continental portuguesa, o nível do mar elevou-se cerca de 120 m até à cota actual.

Esta tendência de subida do NMM manteve-se até aos 11 500 anos BP, altura em que se verificou um período de grande arrefecimento (Younger Dryas) (Freitas, 1996; Dias *et al.*, 1997).

Os estuários tornaram-se local de deposição de grande quantidade de sedimentos, transportados pelas redes de drenagem continental, ocorrendo um intenso assoreamento (Freitas, 1996).

Os depósitos que se formaram nos sistemas estuarinos na fase anterior de subida foram erodidos e arrastados para a plataforma. Há cerca de 10 000 anos deu-se uma subida muito rápida do nível médio da água do mar com origem no aquecimento climático generalizado, que marcou o início do Holocénico. Na plataforma continental portuguesa o nível do mar atingiu a cota actual entre os 5 000 e os 3 000 anos BP, verificando-se um período de estabilização (com variações decimétricas a métricas) (Freitas, 1996; Dias *et al.*, 1997). O litoral entrou progressivamente em equilíbrio, havendo assoreamento das zonas estuarinas e o crescimento de restingas arenosas, dando origem a lagunas (Freitas, 1996).

Boski *et al.* (2002) na reconstituição paleogeográfica no Estuário do Rio Guadiana, constataram que aos 9 800 anos BP o nível do mar estaria a – 39 m, com uma subida de mais de 1 metro por século até aos 6 500 anos BP, passando a 0,5 metros por século até cerca de 5 000 anos BP tendo então estabilizado e atingido o nível do mar actual.

Uma vez formados estes complexos sistemas sedimentares e ecológicos, o seu comportamento evolutivo e os factores ambientais são muito dependentes da acção das ondas, das marés e dos rios (Schröder-Adams, 2006), os níveis do mar e a quantidade de sedimentos disponíveis são responsáveis pela evolução do sistema estuarino (Freitas, 1996).

A reconstrução paleoambiental dos estuários requer um estudo multidisciplinar onde os microfósseis desempenham um papel muito importante na identificação de ambientes estuarinos (Schröder-Adams, 2006).

4. Caracterização da área de estudo.

4.1. Enquadramento geomorfológico

A área em estudo localiza-se na região mais a sul de Portugal, o Algarve. Esta região situa-se na bacia algarvia, na Zona Sul Portuguesa, tem 5019 Km² e possui três zonas geomorfológicas (Figura 7). A norte existem as montanhas Hercínicas constituídas essencialmente por xistos e grauvaques que pertencem ao maciço Hespérico. A zona central é ocupada por formações Jurássicas e Cretácicas, constituídas principalmente por calcários, margas, dolomitos e calcários dolomíticos muito carsificados. A sul dominam os calcários detríticos e sedimentos siliciclásticos (Boski *et al.*, 2002).

A Ribeira de São Lourenço situa-se perto da cidade de Faro, numa região denominada Ludo. Esta região pertence ao sistema lagunar conhecido por Ria Formosa, que corresponde a um sistema de características únicas em Portugal, delimitado do lado oceânico por ilhas barreira transgressivas, em nada apresentando características de “ria” (vale fluvial inundado), apesar da designação que turisticamente lhe foi atribuída (Bettencourt e Ramos, 2003).

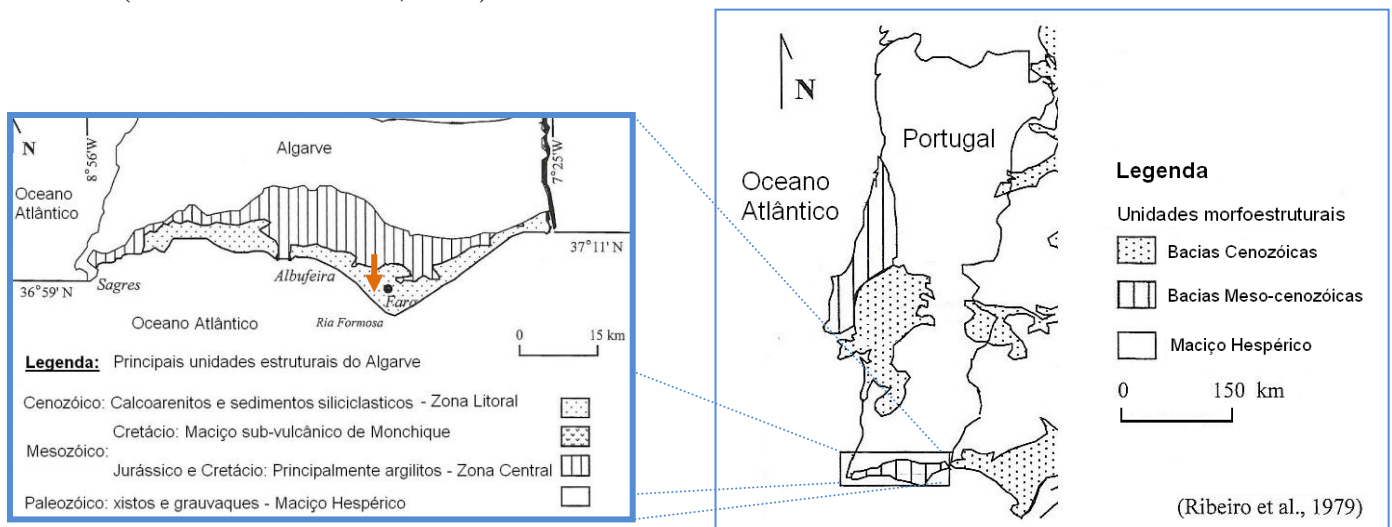


Figura 7 – Localização da zona em estudo (assinalada pela seta) e enquadramento geológico (Adaptado de Boski *et al.*, 2002).

A Ria Formosa corresponde a uma formação recente do período Holocénico (Raposo *et al.*, 1986), estende-se por cerca de 60 Km (desde o Ancão a Cacela) e é constituída por uma série de penínsulas e ilhas que delimitam um ambiente interno (Bettencourt e Ramos, 2003).

O sistema lagunar da Ria Formosa formou-se no período pós-glaciar, contudo, o processo exacto que conduziu ao estabelecimento da sequência de ilhas de barreira é

objecto de discussão. No entanto a estabilização do nível do mar no Holocénico Médio e o estabelecimento da corrente de deriva costeira O-E tiveram um papel decisivo na formação dos istmos e barreiras protectoras do ambiente lagunar.

A área de estudo encontra-se totalmente inserida na Orla Meridional, sendo constituída por depósitos sedimentares mesocenozóicos, estabelecidos sobre um soco hercínico de xistos e grauvaques carbónicos (Almeida *et al.*, 2000)

O substrato no qual a ribeira de São Lourenço se encontra encaixada é a formação do Ludo – areias médias a muito grosseiras ligeiramente litificadas com elevada quantidade de óxidos de ferro (Moura e Boski, 1999).

O membro superior desta formação, as Areias e Cascalheiras de Gambelas está atribuído ao Plistocénico superior. Deste modo, o encaixe da ribeira corresponde ao Holocénico (Moura e Boski, 1999).

A formação Areias e Cascalheiras de Faro-Quarteira constitui uma das formações mais extensas da bacia mesozóica e aflora em quase toda a extensão longitudinal do Algarve. Esta formação sofreu intensos processos de exploração, sobretudo com vista a satisfazer as necessidades de uma agricultura de regadio cada vez mais intensiva (Almeida *et al.*, 2000).

Neste local existem aluviões recentes, associados às linhas de água, ou depósitos de terraços sobre solos com características diversas, desde os litossolos de arenitos aos solos calcários vermelhos.

4.2. Bacia hidrográfica dimensões da ribeira de São Lourenço

A área de estudo enquadra-se na Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve, que possui uma área de 4048 Km² (Bettencourt e Santos, 1998 *in* Bettencourt e Ramos, 2003). Por sua vez, esta Bacia subdivide-se em seis sub-bacias, das quais a da Ria Formosa conta com a segunda maior área de, aproximadamente, 854,07Km², (Figura 8) totalizando um perímetro aproximado de 153,27 Km. Na área da sub-bacia da Ria Formosa, a altitude máxima é de 522 m, a mínima de 0 m, com um valor médio de 122 m e um declive médio de 11% (MAOT, 2001 *in* ICN, 2003).

Tendo em conta os valores de escoamento anual das sub-bacias das ribeiras que drenam para a Ria Formosa, num ano médio, e contabilizando as perdas por evapotranspiração, o escoamento anual é estimado em $79 \times 10^6 \text{ m}^3$, que representa apenas 0,14% da água total (SNPRCN *in* Bettencourt e Ramos, 2003).

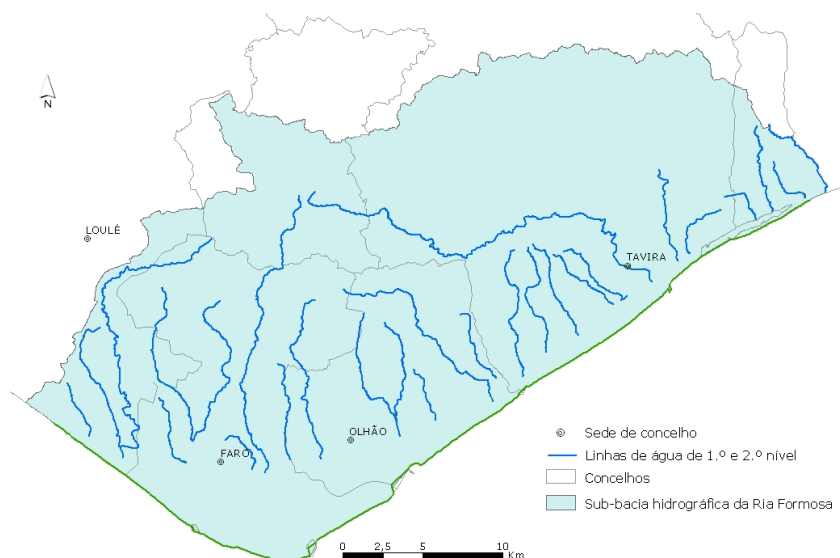


Figura 8 – Hidrografia da sub-bacia hidrográfica da Ria Formosa e localização da ribeira de São Lourenço ou Ribeira do Ludo (DRAOT Algarve *in* ICN, 2003).

Tendo em conta os valores de escoamento anual das sub-bacias das ribeiras que drenam para a Ria Formosa, num ano médio, e contabilizando as perdas por evapotranspiração, o escoamento anual é estimado em $79 \times 10^6 \text{ m}^3$, que representa apenas 0,14% da água total (SNPRCN *in* Bettencourt e Ramos, 2003).

A separação entre a Ria Formosa e o mar é feita por cinco ilhas (Barreta, Culatra, Armona, Tavira e Cabanas) e duas penínsulas arenosas (Ancão e Cacela), havendo entre elas seis barras que asseguram um contacto permanente com o oceano (Benoliel, 1984 e Raposo *et al.*, 1986). Das seis barras que separam as várias ilhas arenosas duas estão fixadas (Faro desde 1927 e Tavira), as restantes não intervencionadas, mostram carácter migratório para Este (Andrade, 1990 *in* Freitas, 1996).

As trocas de água entre o interior da ria e o oceano são intensas, sendo a totalidade da massa de água renovada pelo menos uma vez em cada ciclo de maré (Bettencourt e Ramos, 2003). Dada a reduzida entrada de água doce no sistema, não faz sentido falar de estratificação da massa de água (Bettencourt e Ramos, 2003). A salinidade da água da ria apresenta pequenas variações relativamente ao mar (Benoliel, 1984), admitindo-se uma salinidade média de 30 e 34 psu. O tempo de residência da água doce é calculado por Bettencourt e Ramos (2003) entre 12 e 27 dias.

Os diferentes habitats que constituem a Ria Formosa são: as dunas, a praia da laguna, a laguna (com os seus canais sempre submersos) e formações lodosas (sapais) periodicamente invadidas pelas águas de maré (Bettencourt e Ramos, 2003).

A permanente disponibilidade de nutrientes na ria proporciona grande produtividade biológica (Muzavor, 1986). As condições para tal diversidade biológica, bem como para a grande diversidade de substratos, propiciam grande diversidade e número de organismos (Bettencourt e Ramos, 2003).

As águas da Ribeira de São Lourenço desaguam na laguna. Segundo os dados do ICN (2003), esta ribeira encontra-se entre as linhas de água mais importantes no que diz respeito ao seu comprimento, na medida em que chega quase aos 25 Km de comprimento e a área da sua bacia hidrográfica é de 49 Km² (Bettencourt e Ramos, 2003) (Figura 9).



Figura 9 – Sector ocidental da Ria Formosa e localização da Ribeira de São Lourenço (Adaptado da carta de navegação de recreio, do instituto hidrográfico (1981) *in* Vicente, 1996).

Mais importante que conhecer a dimensão das linhas de água, é avaliar o seu contributo, quer sob o ponto de vista do volume de água escoada, quer sob o ponto de vista do caudal sólido transportado, que para esta ribeira é de 18 700 m³ por ano (ICN, 2003).

O caudal de ponta de cheia desta linha de água varia significativamente com o período de retorno, sendo os caudais médios muito reduzidos. Assim, apresenta um regime torrencial o que implica episódios de alagamento das suas margens em situações extremas.

4.3. Regime hidrológico

A Ribeira de São Lourenço apresenta um regime torrencial, com escoamento concentrado nos meses de Outubro a Abril, geralmente, com caudais reduzidos durante os restantes meses do ano (Bettencourt e Ramos, 2003).

4.4. Regime climático

O Ludo situa-se na região central da Orla Algarvia e apresenta um clima nitidamente mediterrânico, com temperaturas médias mínimas entre 10 e 14° C e médias máximas superiores a 25°C (Ramos, 1989).

A precipitação média anual efectiva é de 170 mm (ICN, 2003).

4.5. História recente

O Ludo, outrora submerso pelas águas do sistema lagunar da Ria Formosa, é actualmente constituído por uma zona húmida rodeada por alto sapal e pastagem (Ramos, 1989) (Figura 10).

A área em estudo trata-se de uma zona húmida de dimensões consideráveis (calcula-se que a área total para a zona húmida seja de 12 ha). Nesta foram construídos diques e valas para irrigação, que proporcionaram a retenção das águas provenientes da Ribeira de São Lourenço (Pinto, 1995).



Figura 10 – Ribeira de São Lourenço (diques e valas de irrigação) (fotografia cedida pelo prof. Dr. Tomazs Boski).

Os terrenos adjacentes ao curso principal da ribeira são maioritariamente compostos por pastagens que ficam parcialmente alagados no Inverno (Pinto, 1995) e apresentam uma vegetação perturbada pela intervenção humana, quer em resultado de práticas agrícolas e florestais, quer em consequência de movimentações de terras.

Anteriormente à década de 70, os terrenos adjacentes à ribeira de São Lourenço eram cultivados com cereais e batata-doce (Ramos, 1989). Com a cessação progressiva das actividades agrícolas durante a década de 70 e a passagem para terrenos de pastagens o controle de vegetação das margens deixou de se fazer (Pinto, 1995), resultando num avanço rápido da vegetação hidrófila nas margens, em particular com o crescimento de tamargueiras em grandes extensões (Pinto, 1995).

O local onde foram recolhidas as amostras corresponde actualmente a uma zona cultivável.

II - Material e métodos

1. Localização das estações de amostragem

As amostras utilizadas para a realização deste estudo foram recolhidas em quatro sondagens realizadas ao longo do Estuário da Ribeira do Ludo (Figura 11).



Figura 11 – Localização da área de estudo e posição relativa das estações de amostragem.

Na escolha da localização das sondagens teve-se em conta o perfil da ribeira, escolheram-se dois locais mais a montante, correspondentes às sondagens L4 e L5 e dois locais mais a jusante (L3 e L6).

Na sondagem L3 atingiu-se a profundidade de 5,95m, tendo sido a mais profunda. Na sondagem L4 recolheu-se sedimento até aos 4,75 m, nas sondagens L5 e L6 atingiram-se as profundidades de 4,20 m e 3,70 m, respectivamente.

As primeiras duas sondagens, L1 e L2 foram realizadas apenas com o objectivo de aprender a recolher amostras e o seu conteúdo fóssil não foi estudado. Das sondagens

L1 e L2, recolheram-se apenas três amostras para análise textural (uma recolhida da sondagem L1 e duas da L2).

De todas as sondagens realizadas, seleccionaram-se duas para realizar a análise do conteúdo de foraminíferos. Para esta análise escolheram-se os pontos L3 (por ser o ponto de amostragem em que se atingiu uma maior profundidade) e o ponto L6 (por ser o local mais a jusante).

Da sondagem L3, recolheram-se 28 amostras. Optou-se por não se recolher sedimento acima dos 25 cm pois correspondia a uma zona pedolizada. Dos 25 cm até aos 525 cm, recolheram-se amostras em 14 pontos de diferentes profundidades.

O critério adoptado para a recolha de sedimento foi em termos das características do mesmo. Deste modo, distinguiram-se diferentes fácies sedimentares identificadas macroscopicamente através das variações da cor e da granulometria. Para cada uma dessas fácies foram seccionadas e recolhidas duas amostras com cerca de 5 cm de sedimento, o que fez 14 amostras para estudo das comunidades de foraminíferos, e 14 amostras para análise textural.

Na sondagem L6, manteve-se o mesmo critério na recolha de sedimento. Deste modo, uma vez que o sedimento era muito uniforme e foram identificadas apenas quatro fácies, estudou-se o conteúdo de comunidades de foraminíferos de apenas 4 amostras e realizou-se a análise granulométrica de 7 amostras.

De modo a recolher mais informações acerca da estratigrafia do local em estudo realizaram-se as sondagens L4 e L5. Nestes realizou-se apenas a análise textural, tendo sido recolhidas 8 e 6 amostras respectivamente. Mais uma vez as amostras foram recolhidas de acordo com as fácies identificadas macroscopicamente através das variações da cor e da granulometria.

2. Trabalho de Campo: recolha de amostras

Para a recolha das amostras foi utilizada uma sonda de meia cana. Em cada local de amostragem foram anotadas as coordenadas geográficas utilizando um aparelho de GPS.

Os testemunhos foram recolhidos metro a metro e em cada testemunho foram identificadas macroscopicamente diferentes fácies sedimentares, através das variações da cor e da granulometria. Para cada uma dessas fácies foram seccionados e recolhidos cerca de 5 cm de sedimento tendo o cuidado de se anotar a profundidade

correspondente. Realizou-se a descrição da cor dos sedimentos recolhidos com base na escala padronizada de Munsell.

Os sedimentos recolhidos foram guardados em sacos de plástico devidamente identificados.

A amostragem foi feita em duplicado para cada intervalo considerado, tendo sido recolhidas amostras para estudo das associações de foraminíferos e para a sua caracterização textural. Recolheram-se também, restos de conchas de bivalves para datação.

3. Trabalho de Laboratório

3.1. Caracterização do sedimento: granulometria

Para cada amostra recolhida determinou-se a média granulométrica dos sedimentos e efectuou-se a análise granulométrica recorrendo-se ao aparelho Malvern Mastersizer.

Em primeiro lugar, foi feito o alinhamento do laser com 600 ml de água padrão (água destilada).

Seguidamente, colocaram-se 600 ml de água destilada com Calgon (hexametáfosfato de sódio) na proporção de 1 g para cada litro de água. De seguida, juntou-se um pouco da suspensão da amostra até atingir a quantidade suficiente para a leitura da mesma no Malvern Mastersizer.

Após cada análise granulométrica, lavou-se a célula do aparelho com 600 ml de água da torneira durante cerca de 1 minuto e repetiu-se esta lavagem mais duas vezes.

3.2. Caracterização do conteúdo de foraminíferos

3.2.1. Lavagem e crivagem e selecção da metodologia mais adequada

De cada saco de amostragem foram recolhidos 10 cm³ de sedimentos. Para tal, encheu-se com água um copo de plástico graduado de 100 ml, até aos 90 ml e com o auxílio de uma colher, juntou-se sedimento até o menisco se situar nos 100 ml.

Em seguida, homogeneizou-se a mistura agitando os copos até que o sedimento ficasse em suspensão na água.

Posteriormente, fez-se passar a suspensão através de uma coluna de crivos de 500 µm e 63 µm. Estes crivos foram escolhidos porque, com base e trabalhos anteriores (Boski *et al.*, 2002, Camacho, 1999 e 2004; Pereira, 2002; Marques, 2004; Varela,

2004; Alberto, 2006) e segundo vários autores (Scott e Medioli, 1980 e Scott et al. 2001) é nestas fracções que existe uma maior probabilidade de encontrar foraminíferos.

Com o auxílio de água corrente lavaram-se cuidadosamente a os sólidos retidos nos crivos. Para cada amostra inicial obtiveram-se dois copos com sedimentos de diferentes dimensões, aos quais se adicionou álcool.

Seguidamente, as fracções foram observadas à lupa óptica, e efectuou-se uma caracterização inicial das amostras em que foram tidos em conta os seguintes parâmetros: tipo de sedimento, presença/ausência de matéria orgânica e presença/ausência de bioclastos (anexo 1).

Com base nesta observação determinou-se o melhor procedimento a adoptar para realizar a observação e contagem de foraminíferos. Sendo que para as amostras muito arenosas secou-se o conteúdo num exaustor e em seguida efectuou-se a flutuação, que consiste em flutuar os foraminíferos em relação ao resto da amostra, utilizando um líquido denso, que permite a separação dos foraminíferos do sedimento arenoso. Nas amostras com muita matéria orgânica efectuou-se uma decantação, de forma a eliminar a maior quantidade de matéria orgânica possível, permitindo a separação da matéria orgânica do material a observar.

- Flutuação densimétrica

No caso das amostras com poucos foraminíferos e muita areia utilizou-se o método de Flutuação utilizando tetracloreto de carbono (CCl_4). A utilização deste líquido permite separar os foraminíferos da fracção detrítica, uma vez que estes flutuam em relação ao resto da amostra (Scott *et al.*, 2001). Para realizar esta técnica, recorreu-se à hotte e à utilização de luvas numa vez que o tetracloreto de carbono é perigoso para a saúde. Identificou-se o papel de filtro para cada amostra e dobrou-se em quatro partes para ter forma compatível com o funil. Colocou-se o funil com o papel de filtro dobrado dentro de um Erlenmeyer. Seguidamente colocou-se cerca de 60 ml de tetracloreto de carbono num copo de vidro de 250 ml, em seguida, deitou-se lentamente a amostra seca sobre o menisco do tetracloreto de carbono.

Seguidamente, com o auxílio de um esguicho com tetracloreto de carbono, drenou-se devagar o material flutuante para o papel filtro que estava colocado no funil. Deste modo, o flutuado ficou no fundo do cone do papel de filtro. Quando o tetracloreto de carbono escorreu todo para o Erlenmeyer, dobrou-se o topo e os lados do papel de forma a proteger o produto flutuado do exterior (Scott *et al.*, 2001).

Finalmente, deixou-se secar o material que ficou dentro do copo de vidro (afundado) que ficou no copo e o papel de filtro no exaustor. O tetracloreto de carbono foi recolhido para ser reciclado e reutilizado em amostras seguintes.

- Divisor Preciso de Plâncton

Nas amostras com elevada fracção detrítica relativamente à biogénica e um número muito elevado de foraminíferos optou-se por dividir a amostra em oito partes iguais. Para tal, recorreu-se ao Divisor Preciso de Plâncton (Figura 12):

- encaixou-se a coluna do divisor na base e encheu-se a coluna de água até três quartos do seu volume;

- seguidamente distribuiu-se a amostra uniformemente na coluna de água e continuou a encher-se a coluna de água com água utilizando uma mangueira de pequeno diâmetro.

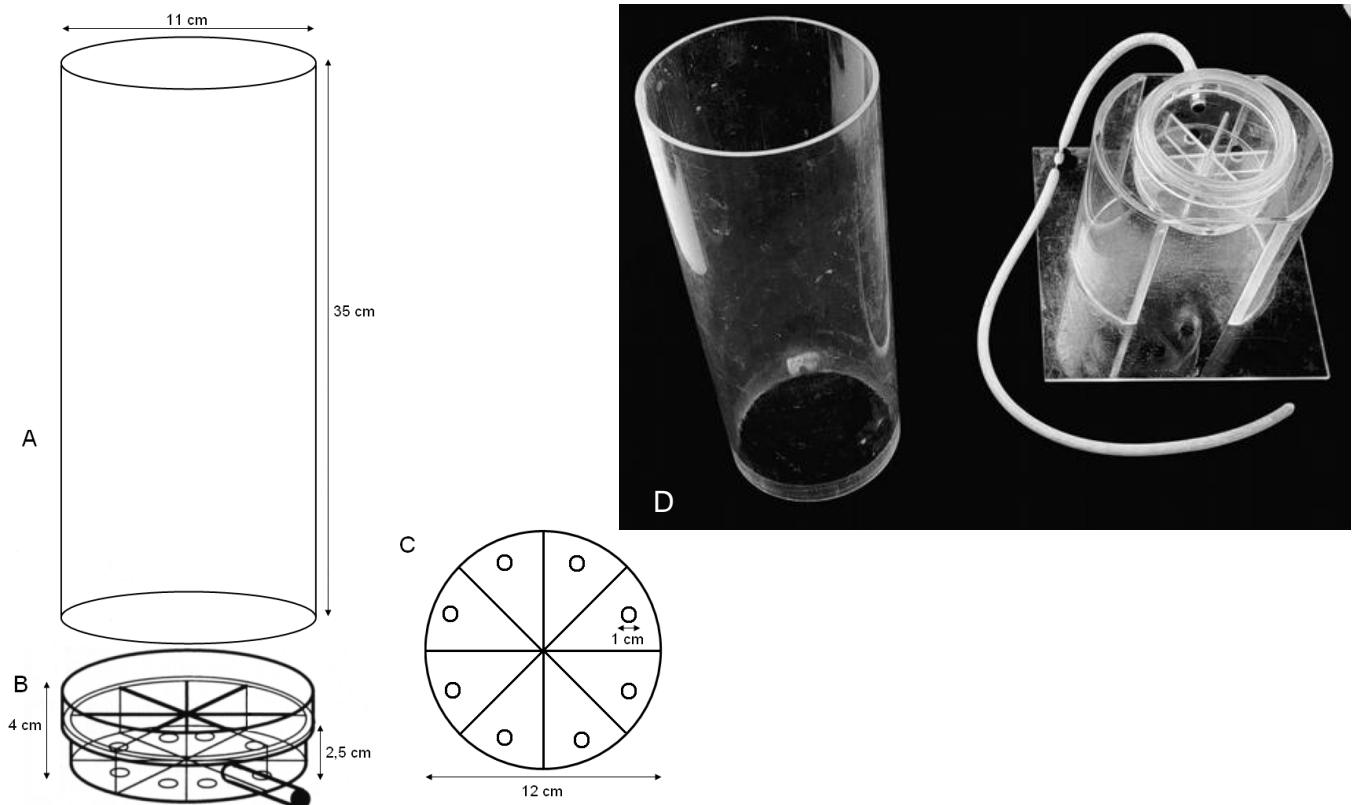


Figura 12 – Divisor preciso de plâncton.

A – Coluna do divisor e suas dimensões.

B – Vista lateral da base do divisor e suas dimensões.

C – Vista de cima da base do divisor (adaptado de Scott e Hermelin, 1993).

D – Divisor preciso de plâncton (Scott *et al.*, 2001).

- aguardou-se cerca de uma hora para que o sedimento assentasse e retirou-se a válvula que permite que a água saia da coluna. No final, obteve-se a amostra dividida em oito compartimentos com conteúdos idênticos.

O conteúdo desses compartimentos foi guardado em copos de plástico individuais e procedeu-se à sua observação.

3.2.2. Contagem dos organismos

Efectuou-se a contagem e identificação dos foraminíferos existentes na fracção entre 63 μm e 500 μm , de acordo com um dos métodos anteriormente descritos.

Para cada profundidade, colocou-se o conteúdo do copo correspondente à fracção 500 μm numa caixa de petri com fundo quadriculado e procedeu-se à identificação e contagem dos foraminíferos. Repetiu-se o procedimento para a fracção de 63 μm .

Para a observação das amostras foi utilizada lupa binocular modelo Stemi 2000 C da Zeiss com ampliação máxima de 50x. Para manusear, contar e recolher os espécimes recorreu-se à utilização de um estilete e de um pincel muito fino.

Para facilitar a observação, classificação das espécies, recolheram-se os foraminíferos para uma célula múltipla (ou porta foraminíferos numerados), fixaram-se os organismos com gel de cabelo e elaborou-se uma colecção de referência com os organismos recolhidos.

Para a determinação de parâmetros ecológicos como por exemplo densidade e diversidade das amostras foram consideradas apenas as amostras que possuíam 300 indivíduos no mínimo, uma vez que segundo (Scott *et al.*, 2001) só quando se tem este número de indivíduos é que uma amostra se torna estatisticamente válida.

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 representam pelo menos, 1% da associação total de foraminíferos bentónicos (Dennison & Hay (1967), *in* Camacho, 2004).

Ainda, segundo Pheleger (1960, *in* Fatela, 1995) o estudo de populações com mais de 300 indivíduos não contribui para o aumento da precisão do estudo, uma vez que segundo 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 (Fatela, 1995).

Por este motivo, nas amostras com elevado número de indivíduos em que se recorreu à utilização do Divisor Preciso de Plâncton, começou por se contar o primeiro oitavo da amostra, o segundo oitavo e assim sucessivamente, até que se atingisse ou excedesse os 300 indivíduos.

Alguns autores defendem a utilização de populações com apenas 100 indivíduos. Num estudo realizado por Fatela (2002) concluiu-se que os resultados obtidos em amostras com apenas 100 indivíduos mantêm um grau de confiança estatística satisfatório para uma grande diversidade de estudos paleoceanográficos. Contudo, o autor refere que em estudos que dependem de espécies que representam menos de 3% da comunidade, a contagem de 300 ou mais indivíduos é recomendada.

Em seguida, pôde-se estimar o número de indivíduos que constituíam a população, uma vez que se parte do princípio que cada fracção contém o mesmo número de indivíduos, tendo o cálculo sido efectuado com recurso a uma regra de três simples.

Nalguns casos revelou-se necessário contar duas ou três fracções, até se atingir os 300 indivíduos. Quando as amostras tinham um número inferior a este contaram-se as oito fracções (tendo-se chegado ao número total de foraminíferos da amostra).

Os foraminíferos foram identificados através da composição da sua carapaça (calcária porcelanosa, calcária hialina ou aglutinada), da forma da carapaça e das características da mesma (arranjo das câmaras, presença ou ausência de perfurações e forma dessas perfurações) (Marques, 2004). Recorreu-se à utilização de vários guias de identificação sendo os principais: Colon (1974), Jones (1994), Martins (1997), Martins (2004) e Haynes (1981).

4. Análise dos dados das populações

4.1. Densidade Faunística (Ni) representa o número de indivíduos presentes em cada amostra e pode ser obtida através de vários métodos: número de foraminíferos por peso, volume ou superfície (Boltovskoy & Wright, 1976 *in* Fatela, 1995). Neste trabalho, a densidade faunística foi calculada por volume, tendo sido contabilizado o número de indivíduos em 10 cm³ de volume.

4.2. Abundância relativa traduz a contribuição de cada espécie para o conjunto total ou seja, sendo o conjunto total de indivíduos correspondente aos 100%, a abundância relativa, corresponde à percentagem que diz respeito a cada espécie (Boltovskoy e Wright 1976 *in* Fatela, 1995).

Este valor foi calculado para cada espécie em função do tamanho de cada amostra, tendo sido utilizada a seguinte fórmula:

$$Aspi = xspi * 100 / Ni$$

Aspi – abundância relativa da espécie *i*.

xspi – número de indivíduos da espécie *i* na amostra.

Ni – número total de indivíduos na amostra.

4.3. Dominância de espécies é a tendência que algumas espécies manifestam ao dominarem uma grande parte do conjunto, sendo avaliada com base na percentagem das espécies da amostra (Fatela, 1995).

A dominância de cada espécie foi calculada para cada amostra considerando o total de foraminíferos e foi definida usando os limites de Fatela (1995):

Dominante	(≥ 20%)
Comum	(10% - 20%)
Acessória	(5% - 10%)
Rara	(<5%)

4.4. Constância de espécies expressa a persistência da presença de uma espécie num determinado conjunto de amostras. A constância de espécies mais representativas (com abundância superior a 10%) foi calculada em termos de percentagem Sánches – Ariza (1983 *in* Martins, 1997). Foram consideradas *constantes* as espécies que estão presentes em mais de metade das amostras ($C \geq 50\%$) (Dajos, 1974 *in* Martins, 1997).

$$C = (p \times 100) / P$$

C – constância

p – número de amostras contendo determinada espécie

P – número total de amostras estudadas

4.5. Razão Aglutinados/Calcários é a percentagem de indivíduos de carapaça aglutinada em função do número total de indivíduos presentes na amostra Douglas (1979).

Segundo Douglas (1979), esta proporção determina-se facilmente, uma vez que não é necessária a identificação taxonómica, bastando separar as espécies em dois grupos: aglutinados ou calcários.

$$A/C (\%) = A \cdot 100 / Ni$$

A/C (%) - Razão Aglutinados/Calcários

A – número total de foraminíferos aglutinados na amostra

Ni – número total de indivíduos na amostra

4.6. Razão Planctónicos/Bentónicos é a percentagem de foraminíferos planctónicos em função do conjunto total. Segundo Douglas (1979) esta proporção determina-se facilmente, uma vez que não é necessária a identificação taxonómica, bastando separar as espécies em dois grupos: planctónicos ou bentónicos.

$$P/B (\%) = P \cdot 100 / Ni$$

P/B (%) - Razão Plactónicos/Bentónicos

P – número total de foraminíferos planctónicos

Ni – número total de indivíduos na amostra

4.7. Diversidade é constituída por dois componentes: o número de espécies (ou riqueza específica) e pela descrição das suas abundâncias relativas ou equitabilidade (Lin, 1992).

É difícil descrever uma determinada comunidade de organismos com base na mera observação da 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).

- **Número de espécies ou riqueza específica (S)** representa o número de espécies por número específico de indivíduos ou biomassa (Kempton, 1979 *in* Camacho 2004). Segundo Camacho (2004) constitui a mais fácil e rápida medida de diversidade,

contudo a fiabilidade da riqueza específica é limitada pelo tamanho da amostra. A determinação deste parâmetro é apenas útil quando se estudam amostras com a mesma dimensão ou quando o valor riqueza específica é aplicado em conjunto com outros métodos (Magurren, 1991).

- **Diversidade de Shannon (Hs)** é determinada pelas abundâncias relativas das espécies dominantes e comuns, sendo pouco afectada pelo contributo das espécies raras (Fatela, 1995). Este valor encontra-se normalmente entre 1,5 e 3,5, raramente ultrapassa os 4,5 e é máximo quando todas as espécies têm abundâncias relativas iguais (Magurren, 1991).

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

$$H_s = - \sum p_i * \ln p_i$$

Hs – Diversidade de Shannon
 pi – proporção das diferentes espécies i na amostra N, (pi = ni/N)
 N – número total de indivíduos na amostra

- **Diversidade de Simpson (S.I.)** corresponde a uma medida de dominância, uma vez que tem como base a abundância das espécies mais comuns, sendo menos sensível aos valores da riqueza específica (Magurren, 1988 *in* Camacho 1999).

$$S.I. = \frac{N(N-1)}{\sum_{i=1}^s ni(ni-1)}$$

N – número total de indivíduos na amostra
 S – Número de espécies
 ni – número de indivíduos de cada espécie

Quando este parâmetro é igual a um, corresponde ao valor de diversidade mais baixo, significando que em toda a população existe apenas uma espécie (Lin, 1992).

- **Equitabilidade (E)** corresponde à medida do grau de igualdade da abundância entre espécies. Deste modo, quando as espécies são iguais em abundância corresponde uma alta equitabilidade e uma alta diversidade (Magurren, 1991).

$$E = H(s) / \ln S$$

E – equitabilidade

H(s) – diversidade de Shannon

S – número de espécies da amostra

ln – logaritmo de base natural

5. Datações

Nas amostras recolhidas foram encontrados dois vestígios de fauna marinha, correspondentes a bivalves, que foram enviados para o laboratório Beta Analytic Inc. na Flórida, nos E.U.A. para serem datados.

As datações referidas neste trabalho foram obtidas através do método Accelerator Mass Spectrometry (AMS) ou Espectrometria de Aceleração de Massa (EAM), em que se utiliza aceleradores de partículas como espectrómetros de massa para contar o número actual de átomos em oposição aos seus produtos de decaimento ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) numa amostra de material (Aitken, 1990 *in* Camacho 2004).

III – Resultados

1. Caracterização textural das fácies sedimentares

Todos os testemunhos de sondagem foram realizados ao longo do Estuário da Ribeira do Ludo.

As amostras das sondagens L1 e L2 foram recolhidas num vale escavado nas formações detríticas do Plistocénico, sendo que a estas amostras foi apenas realizada a análise textural, foram apenas recolhidas uma e duas amostras respectivamente.

A sondagem realizada mais a Norte foi a L5 e a mais a Sul foi a L6, sendo que esta última é a que se encontra mais próxima da foz da ribeira (Figura 13).



Figura 13 – Localização dos pontos de amostragem (extracto da Carta Militar de Portugal, Esc: 1/25 000, folha n.º 610 (1979)).

Das sondagens realizadas, a mais profunda foi a L3 (até aos 6 m de profundidade), enquanto que a mais superficial foi a sondagem L1 (com 3,8 m de profundidade) (tabela III).

Tabela III – Localização geográfica das estações de amostragem e profundidade das sondagens.

Sondagem	Coordenadas geográficas		Elevação (m)	Profundidade da sondagem (cm)
	Latitude	Longitude		
L1	37° 2'2.01"N	7°59'1.14"O	9	400
L2	37° 1'58.34"N	7°59'2.00"O	9	420
L3	37° 2'5.30"N	7°59'45.86"O	6	600
L4	37° 2'23.59"N	7°59'38.07"O	8	475
L5	37° 2'36.86"N	7°59'49.32"O	5	420
L6	37° 1'32.55"N	7°59'44.45"O	1	370

Verificou-se que as sondagens mais a montante (L5 e L4) são mais arenosas e a sondagem L3 é a que apresenta uma textura mais fina. De todas as sondagens a única que apresenta areias finas é a L6 (Figura 14).

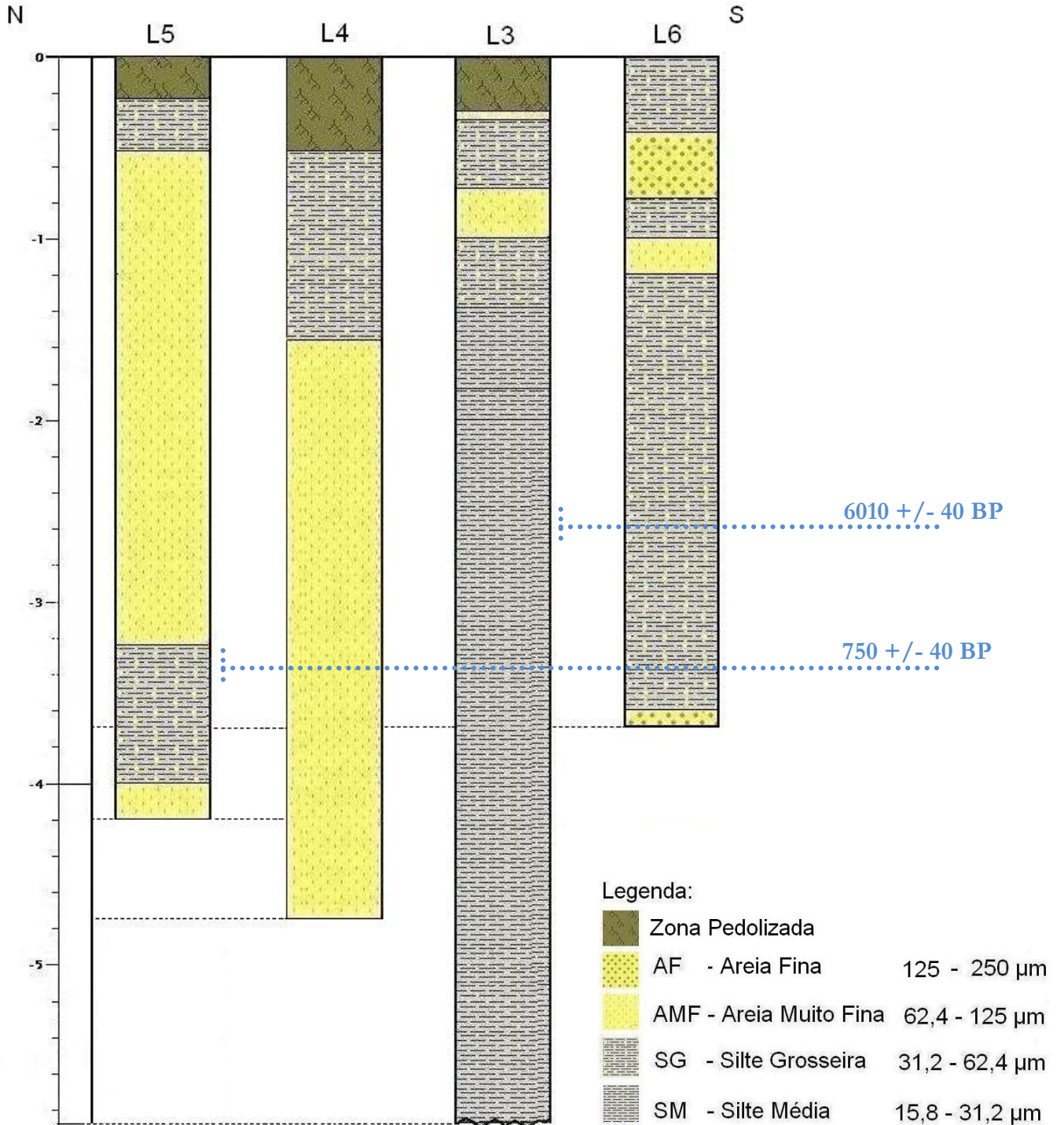


Figura 14 – Variação vertical de fácies sedimentares.

Na sondagem mais a montante, o L5, abaixo da zona pedolizada podem observar-se quatro fácies sedimentares. Ao longo desta sondagem, o sedimento é maioritariamente constituído por areia muito fina, apresentando intercalações de silte grosseira.

- A primeira, entre os 19 cm e os 52 cm constituída por silte grosseira com fragmentos de conchas, de cor acastanhada (2,5Y 5/4).

- A camada abaixo, até aos 324 cm de profundidade o sedimento é constituído por areia fina de cor cinzenta (2,5Y 3/1) com fragmentos de conchas muito triturados. Neste intervalo, mais precisamente aos 227 cm foi encontrado um fragmento de madeira.

- No intervalo dos 324 cm aos 400 cm existe silte grosseira e compacta de cor cinzenta (2,5Y 4/1), neste intervalo, mais precisamente aos 345 cm de profundidade foi encontrada uma concha inteira de *Cerastoderma* que foi enviada para datação.

- Dos 400 cm até aos 420 cm onde se chega ao fim da sondagem, verifica-se a existência de uma areia muito fina cinzenta (25Y 4/1) com fragmentos de conchas triturados (Figura 15).

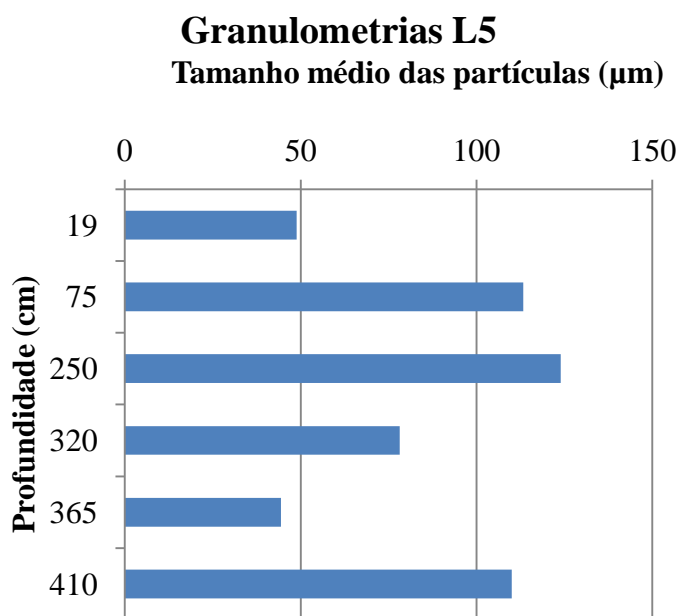


Figura 15 – Granulometria dos sedimentos da sondagem L5.

Na sondagem L4 (localizada a 497 m da sondagem L5) identificam-se duas fácies sedimentares abaixo da zona pedolizada:

- A primeira, entre os 52 cm e os 156 cm de profundidade é constituída por silte grosseira de cor cinzenta (2,5Y 4/1) com carbonato de cálcio, raízes e fragmentos de conchas (muito triturados).

- A outra camada, dos 156 cm até ao fim da sondagem aos 475 cm é constituída por areia muito fina de cor cinzenta (2,5Y 4/1) com fragmentos de conchas muito triturados.

Como se pode observar no gráfico da Figura 16, ao longo desta sondagem verifica-se a existência de uma gradação da granulometria, sendo que esta vai aumentando do topo para a base.

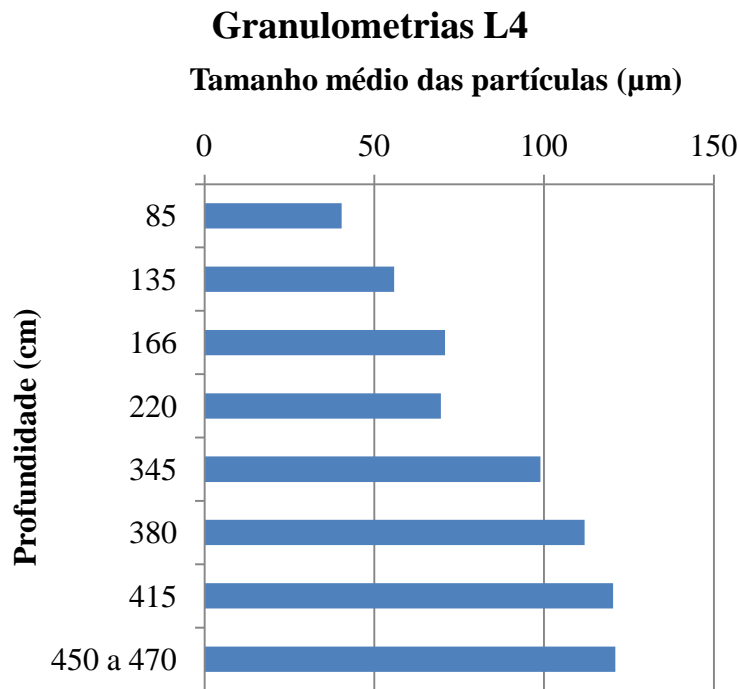


Figura 16 – Granulometria dos sedimentos da sondagem L4.

Na sequência relativa à sondagem L3 (localizada a 597 m da sondagem L4) pode verificar-se que abaixo da zona pedolizada existem seis fácies sedimentares distintas:

- Uma fina camada (dos 30 aos 35 cm de profundidade) de areia muito fina de cor (10YR 5/6) com fragmentos de conchas muito triturados.

- Seguida de uma camada de silte grosseira de cor (10YR 4/1) com traços amarelos de raízes (entre os 35 cm e os 73 cm).

- Até aos 100 cm de profundidade segue-se areia muito fina de cor (10YR 4/6).

- Abaixo dos 100 cm encontra-se uma silte grosseira de cor 5Y 2,5/2 que se prolonga até aos 140 cm de profundidade.

- Abaixo desta camada o sedimento torna-se homogéneo e até aos 595 cm a fácies corresponde a silte média de cor cinzenta 5Y 4/1 com fragmentos de conchas de bivalves. Desta camada foram recolhidas conchas inteiras de *Scrobicularia* que foram enviadas para datação (Figura 17).

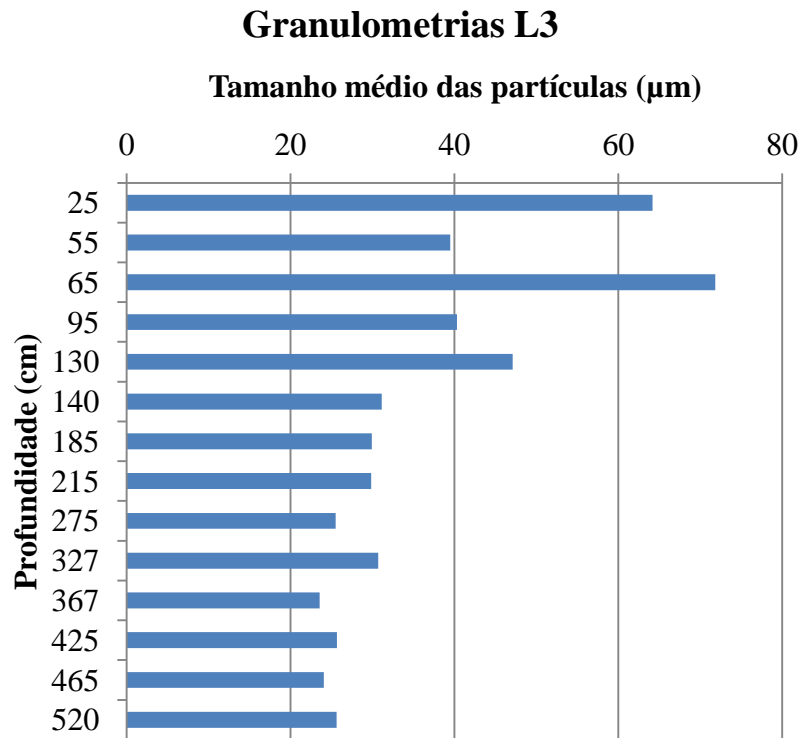


Figura 17 – Granulometria dos sedimentos da sondagem L3.

A sexta sondagem (localizada a 1012 m de distância da sondagem L3) corresponde ao local mais a jusante da Ribeira do Ludo e é caracterizada pela existência de seis fácies sedimentares. Verifica-se que os sedimentos são principalmente silte grosseira, ocorrendo alguns horizontes arenosos (com areias muito finas e areias finas) (Figura 18). As informações relativas à descrição das fácies e da granulometria podem ser consultadas no anexo 2.

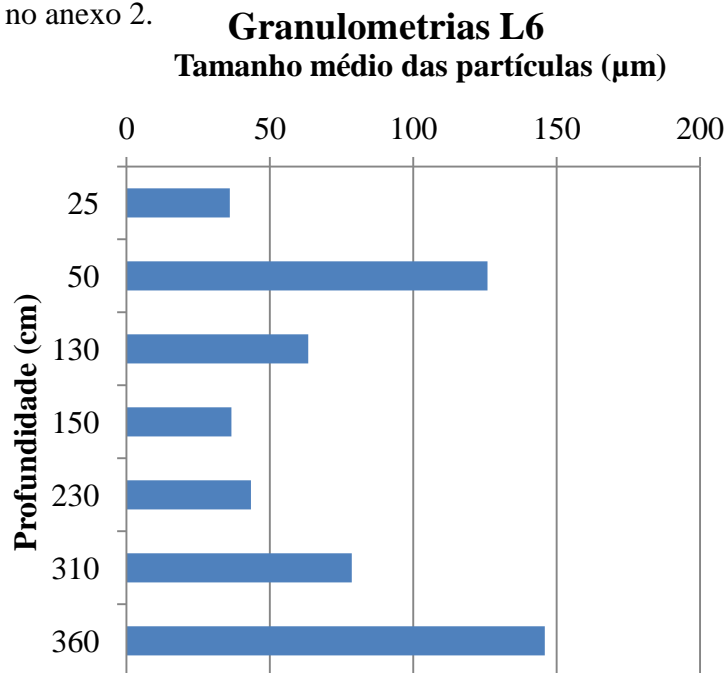


Figura 18 – Granulometria dos sedimentos da sondagem L6.

2. Caracterização do conteúdo faunístico

Efectuou-se a caracterização do conteúdo faunístico de 14 amostras da sondagem L3 e de 4 amostras da sondagem L6.

No que concerne à sondagem L3 foram identificadas 33 *taxa*, das quais, 8 correspondem a formas aglutinadas. Os restantes 24 *taxa* correspondem a formas calcárias.

Surgiu também, a necessidade de criar um grupo que inclui os forros internos que corresponde ao interior orgânico de foraminíferos, como não têm carapaça não é possível identificar se se trata de um foraminífero calcário ou aglutinado. Uma vez que não é possível inferir a sua origem, os seus valores não foram incluídos no cálculo da razão de Aglutinados/Calcários sendo que ao número total de indivíduos foi subtraído o número de forros internos contado.

Na sondagem L6 foram identificadas 43 *taxa*, das quais, 8 correspondem a formas aglutinadas. As restantes 34 correspondem a formas calcárias. Nesta amostra também foram encontrados forros internos.

Nas amostras estudadas nem sempre foi possível identificar os foraminíferos encontrados, uma vez que por vezes os indivíduos tinham dimensões muito pequenas ou se encontravam deformados ou ainda devido ao desgaste da carapaça. As carapaças opacas ou mecanicamente degradadas de foraminíferos hialinos ou porcelanosos indicam que a carapaça iniciou um processo de dissolução e de degradação (Douglas, 1979). Deste modo, os indivíduos muito pequenos ou em mau estado foram incluídos no grupo dos indeterminados aglutinados ou indeterminados calcários (de acordo com o seu tipo de carapaça). Devido à baixa frequência de indivíduos planctónicos, optou-se por agrupar todos os indivíduos no mesmo grupo, sem proceder à identificação da sua espécie.

Agruparam-se, ainda, os indivíduos com carapaça porcelanosa muito partidos e/ ou de pequenas dimensões no grupo dos Miliolideos.

Não foi possível chegar ao nome da espécie na identificação nas seguintes *taxa* encontradas: *Ammobaculites* sp.; *Brizalina* sp.; *Bolivina* sp.; *Bulimina* sp.; *Cassidulina* sp.; *Cibicides* sp.; *Cibicidoides* sp.; *Discorbis* sp.; *Elphidium* sp.; *Fissurina* sp.; *Glabratela* sp.; *Haplophragmoides* sp.; *Lagena* sp.; *Nonion* sp.; *Quinqueloculina* sp.; *Reophax* sp.; *Rosalina* sp.; *Spirillina* sp.; *Spiroculina* sp.; *Textularia* sp.; *Trifarina* sp.; *Trochammina* sp..

2.1. Análise dos dados das populações

2.1.1. Densidade Faunística (Ni)

Num total de 49 127 indivíduos contados nesta sondagem, a distribuição de foraminíferos foi muito variável, existindo profundidades em que não existiam foraminíferos (aos 65 cm) e profundidades em que se contaram 1 686 indivíduos (aos 220 cm).

Como se pode observar no gráfico da Figura 19, inicialmente (aos 525 cm de profundidade), existia um menor número de indivíduos e verificou-se um aumento da densidade faunística a partir da profundidade dos 322 cm. Aos 220 cm a densidade atinge o seu valor máximo de 1 686 indivíduos. Aos 185 cm de profundidade volta a verificar-se um decréscimo do valor de densidade faunística. Este decréscimo verifica-se até à profundidade de 50 cm. Na última amostra estudada (correspondente aos 25 cm de profundidade volta a verificar-se um valor mais elevado de densidade (10664 indivíduos).

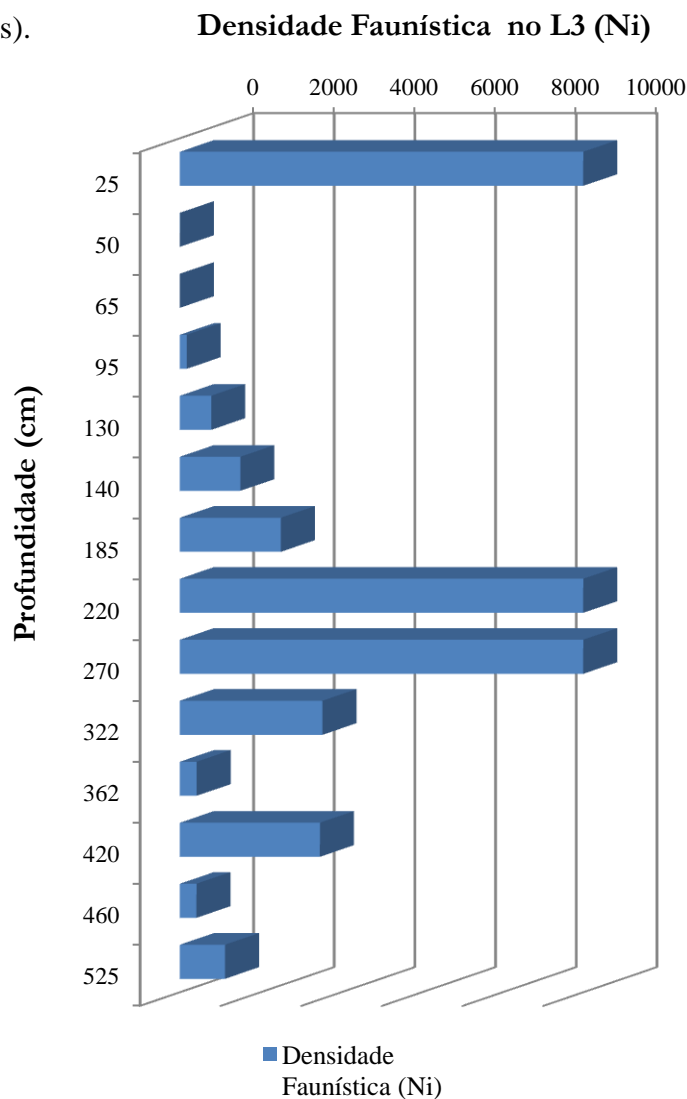


Figura 19 – Densidade faunística na sondagem L3.

Nesta sondagem, apenas duas das amostras estudadas não possuíam vestígios de foraminíferos e na amostra relativa aos 95 cm foram encontrados apenas 175 indivíduos. Apesar de não chegar aos 300 indivíduos, optou-se por aplicar os parâmetros estatísticos. Esta decisão foi tomada com base em estudos de Fatela e Taborda (2002 *in* Boski *et al.*, 2008) e Fatela (1995), uma vez que segundo este último autor quando se comparam resultados de amostras com populações de 100 e 300 espécimes, os resultados demonstram que as espécies mais abundantes mantêm a sua importância relativa em ambos os agrupamentos; e que existe correlação positiva entre os resultados obtidos na contagem de 300 e de 100 indivíduos, relativamente aos foraminíferos bentónicos nas amostras testadas.

Na sondagem L6 contaram-se 16 880 indivíduos, sendo que todas as amostras possuíam mais de 300 foraminíferos. Através da análise do gráfico da Figura 20, verifica-se que nas profundidades 320 cm e 225 cm o número de foraminíferos rondou os 4000 indivíduos. À semelhança da sondagem anterior aos 155 cm observa-se um decréscimo da densidade faunística (1904 indivíduos) e na amostra mais superficial correspondente volta a haver um aumento deste valor (com 6480 indivíduos).

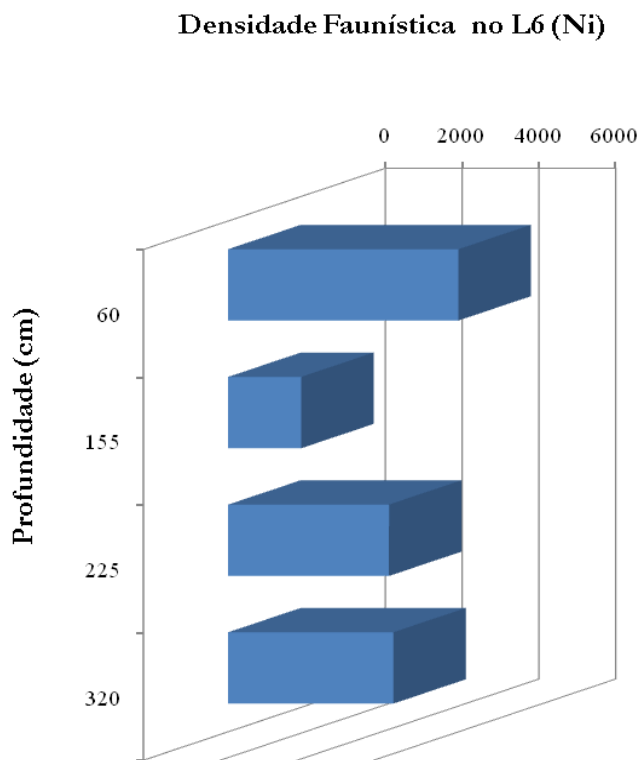


Figura 20 – Densidade faunística na sondagem L6.

Os resultados da identificação e contagem dos indivíduos para cada sondagem de cada espécie por amostra podem ser observados nas tabelas do anexo 3.

2.1.2. Abundância relativa e dominância de espécies

De acordo com o gráfico da Figura 21, na sondagem L3 as espécies com maior abundância foram: a *Haynesina germanica* e a *Ammonia beccarii* para as profundidades 25 cm, 185 cm, 220 cm, 270 cm, 322 cm, 420 cm e 525 cm; nas profundidades de 95 cm, 130 cm, 140 cm, 362 cm, 460 cm verificou-se que as espécies mais abundantes foram *Trochammina sp.* e forros internos.

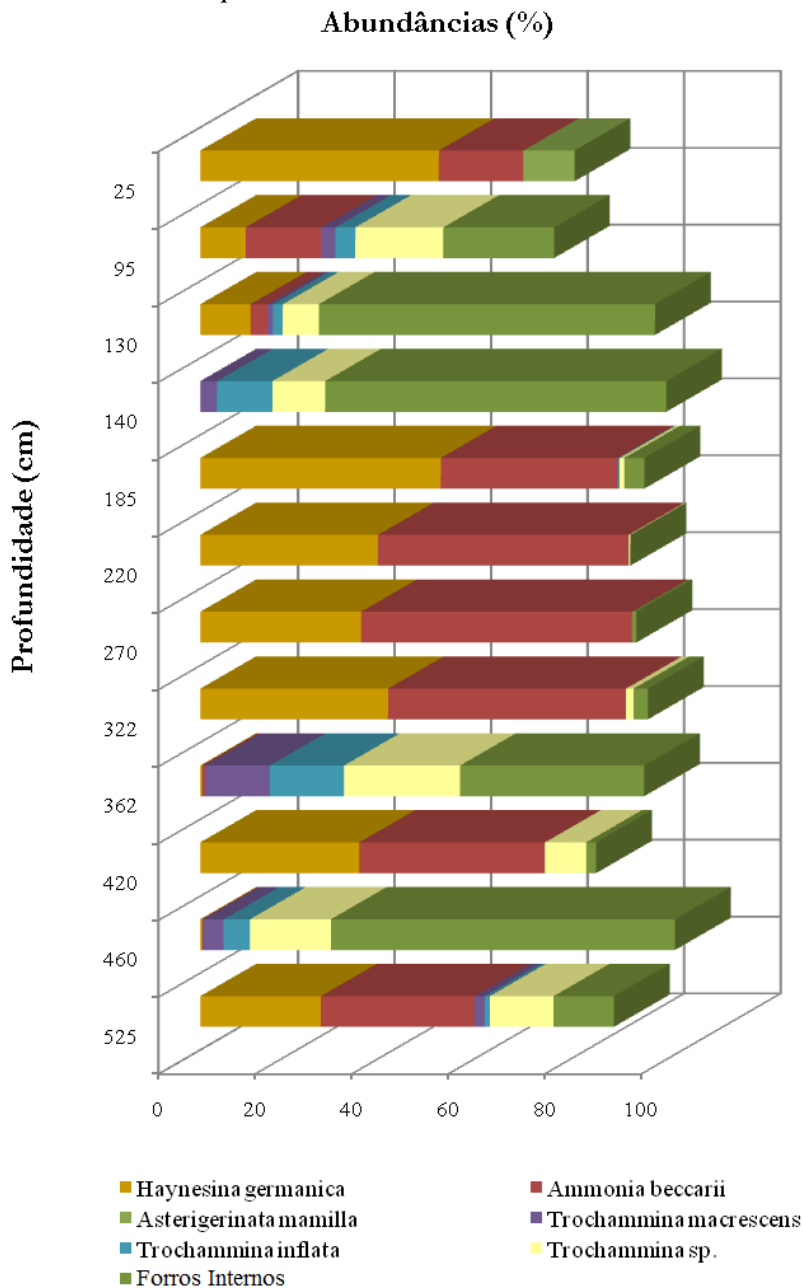


Figura 21 – Abundância relativa dos taxa considerados abundantes e comuns na sondagem L3.

As espécies *Haynesina germanica* e *Ammonia beccarii* foram consideradas dominantes nas amostras correspondentes às profundidades 185 cm, 220 cm, 270 cm, 322 cm, 420 cm e 525 cm. Na amostra relativa à profundidade de 25 cm considerou-se apenas como dominante a espécie *Haynesina germanica*. Nas profundidades de 95 cm, 130 cm, 140 cm, 362 cm, 460 cm a presença de forros internos foi dominante.

Na sondagem L6 as espécies com maior abundância variaram com a profundidade, deste modo, para a profundidade de 60 cm a espécie mais abundante foi *Asterigerinata mamilla* (juntamente com o grupo dos indeterminados calcários). Aos 155 cm verificou-se que a espécie mais abundante foi a *Haynesina germanica*. Na profundidade de 225 cm a espécie mais abundante foi *Asterigerinata mamilla*.

Aos 320 cm a espécie mais abundante foi a *Haynesina germanica* (juntamente com o grupo dos indeterminados calcários) (anexo 4).

Ao contrário do que se verifica na sondagem L3, nas amostras da sondagem L6 (Figura 22) verificou-se que os valores de dominância eram mais baixos (uma vez que existe uma maior diversidade).

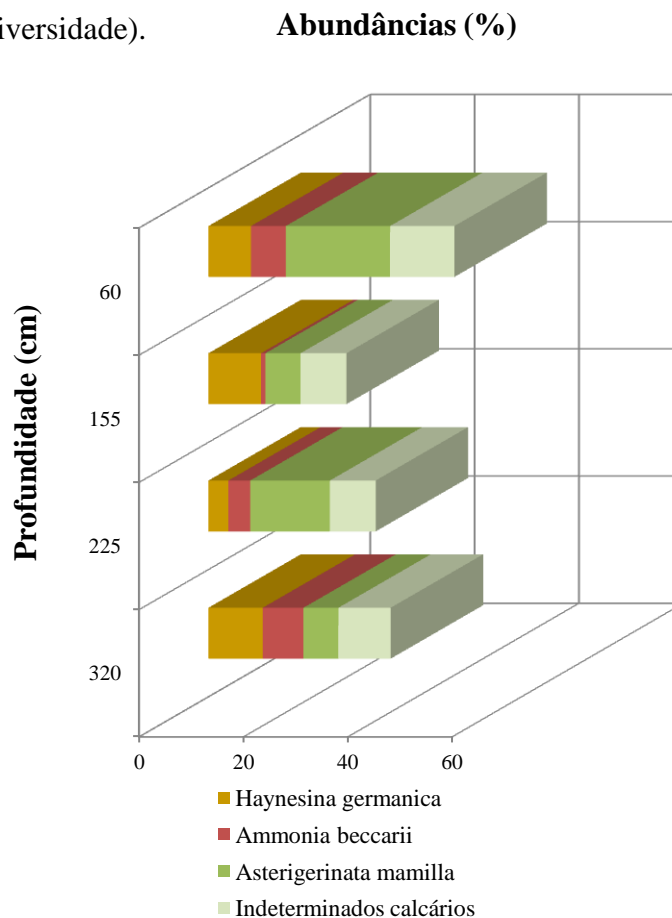


Figura 22 – Abundância relativa dos *taxa* considerados abundantes e comuns na sondagem L6.

Nesta sondagem, não existiram espécies dominantes, e classificaram-se como comuns as seguintes espécies: *Asterigerinata mamilla* (juntamente com o grupo dos indeterminados calcários) para a profundidade de 60 cm; a *Haynesina germanica* para os 155 cm; para a profundidade de 225 cm *Asterigerinata mamilla*; para os 320 cm a espécie *Haynesina germanica* (juntamente com o grupo dos indeterminados calcários).

Os valores de dominância de todos os taxa podem ser consultados no anexo 5.

2.1.3. Constância de espécies

Nas amostras da sondagem L3 verificou-se que existem algumas espécies constantes: *Ammonia beccarii*, *Elphidium excavatum*, *Elphidium poeyamn*, *Elphidium williamsoni*, *Haynesina germanica*, *Trochammina macrescens*, *Trochammina sp.*, Indeterminados aglutinados, Indeterminados calcários, Forros Internos e Miliolideos, uma vez que se encontram em mais de 50% das amostras estudadas (Figura 23).

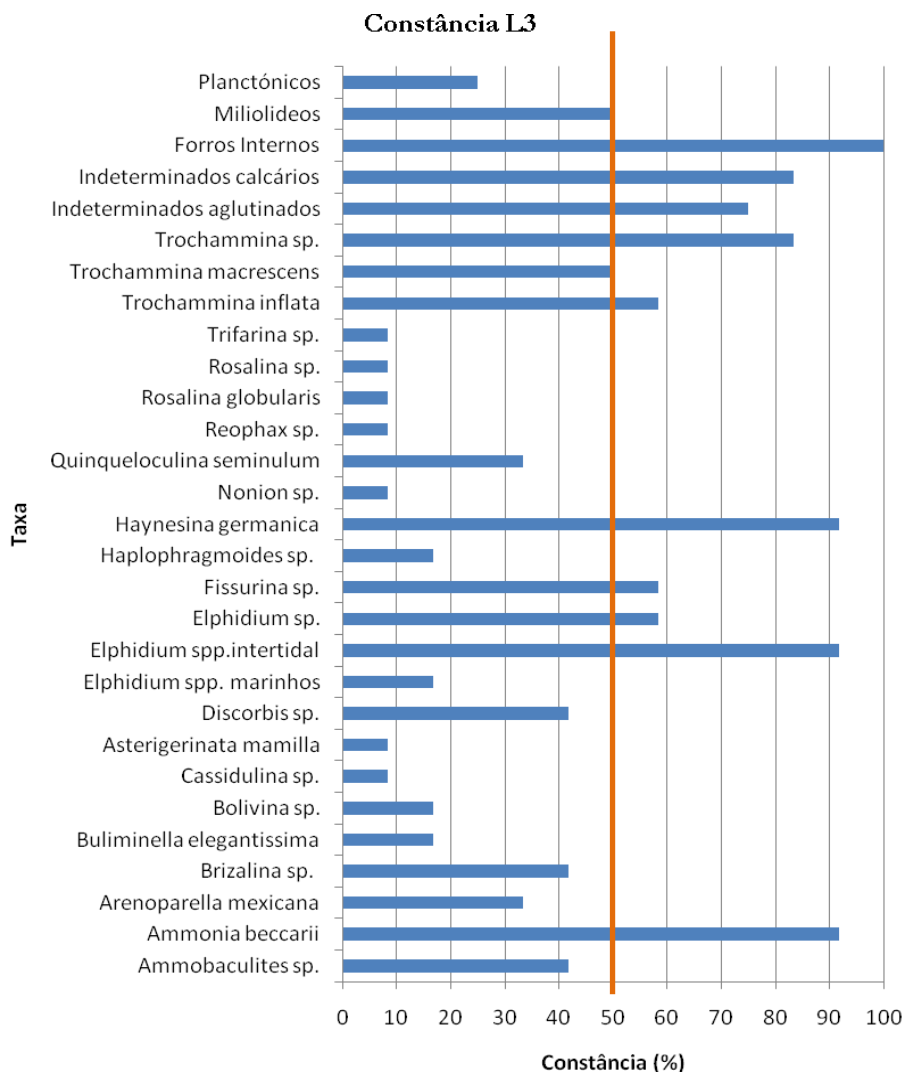


Figura 23 – Gráfico representativo da constância dos diferentes taxa em L3.

Na sondagem L6 verificou-se que existiam várias espécies que estavam presentes nas quatro amostras consideradas, sendo por isso constantes. Os taxa considerados comuns (*Asterigerinata mamilla*, *Haynesina germanica* e Indeterminados calcários) apresentaram uma constância de 100%, uma vez que estão presentes em todas as amostras (Figura 24).

Os valores de constância de todos os taxa podem ser consultados no anexo 6.

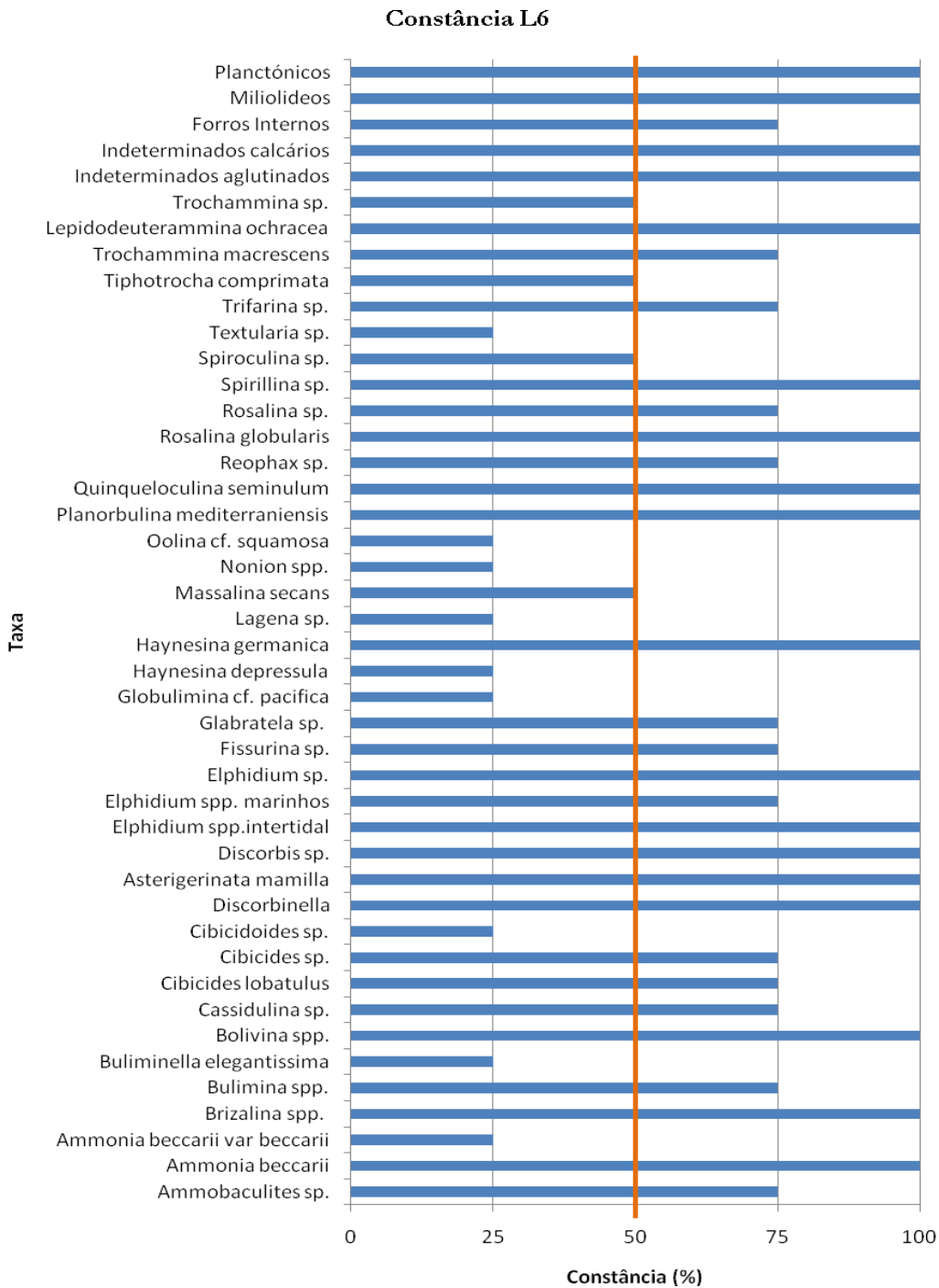


Figura 24 – Gráfico representativo da constância dos diferentes taxa em L6.

2.1.4. Razão Aglutinados/Calcários

Segundo Marques (2004), a percentagem de foraminíferos aglutinados na amostra é um instrumento importante na relação das associações de foraminíferos bentónicos com o meio onde se inserem.

Nas amostras onde foram encontrados forros internos, optou-se por não se considerar os seus valores, uma vez que não é possível inferir a origem dos forros internos. Deste modo, os seus valores não foram incluídos no cálculo da razão Aglutinados/Calcários sendo que ao número total de indivíduos foi subtraído o número de forros internos contado.

Na sondagem L3, verificou-se que na amostra relativa à profundidade de 525 cm predominam os foraminíferos de carapaça calcária. Esta tendência inverte-se aos 460 cm de profundidade. Aos 420 cm de profundidade verifica-se que as espécies predominantes são novamente de carapaça calcária.

Aos 362 cm de profundidade predominam as espécies aglutinadas apresentando um valor de razão Aglutinados/Calcários muito elevado (97,41%). Nas três amostras seguintes (270 cm, 220 cm e 185 cm), este valor foi inferior a 2%. Aos 140 cm de profundidade verifica-se apenas a existência de foraminíferos aglutinados. Nas amostras mais superficiais (correspondentes aos 130 cm, 95cm e 25 cm) verificou-se que o valor da razão Aglutinados/Calcários foi decrescendo até se ter uma amostra apenas com indivíduos calcários (Figura 25).

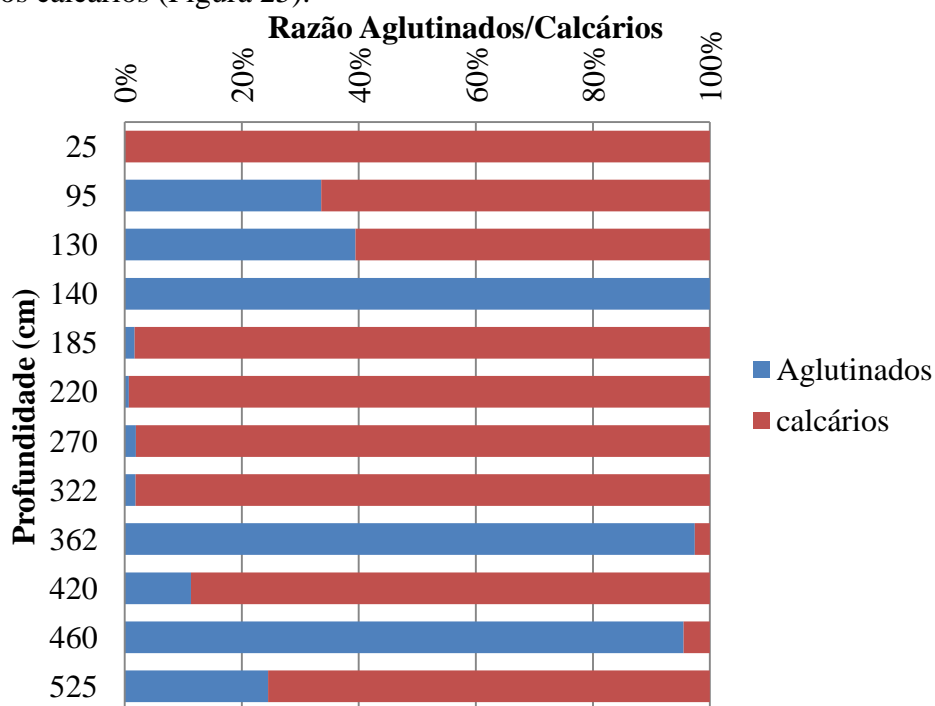


Figura 25 – Variação da proporção de indivíduos aglutinados e calcários nas diferentes amostras da sondagem L3.

Ao contrário do que se verificou nas amostras da sondagem L3, as amostras da sondagem L6 não apresentaram variações muito significativas do valor da razão Aglutinados/Calcários. Em todas as amostras da sondagem L6, a razão Aglutinados/Calcários é inferior a 17. Verifica-se que em todas as profundidades as espécies com carapaça calcária predominam (Figura 26).

Os valores da razão Aglutinados/Calcários encontram-se expressos no anexo 7.

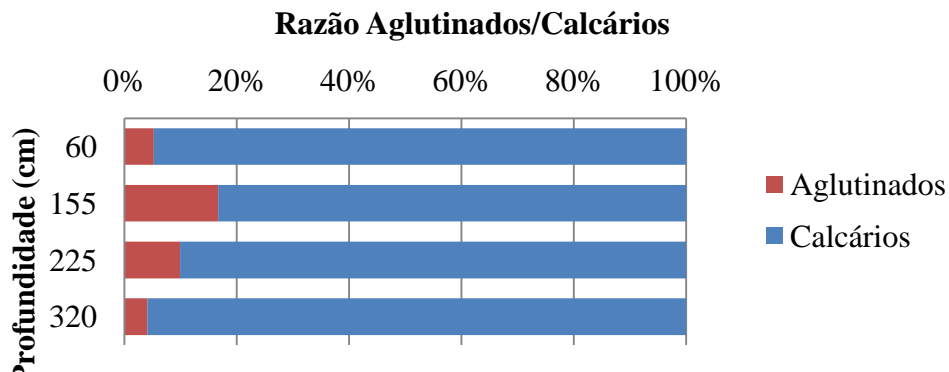


Figura 26 – Variação da proporção de indivíduos aglutinados e calcários nas diferentes amostras da sondagem L6.

2.1.5. Razão Planctónicos/Bentónicos

Em todas as amostras processadas verificou-se a predominância de espécies bentónicas. Como se pode observar nas Figuras 27 e 28, os valores da razão Planctónicos/Bentónicos é muito baixo, sendo que na sondagem L3 tem um máximo de 1,35% para a profundidade de 25 cm. Nesta sondagem, este valor é nulo para nove das amostras.

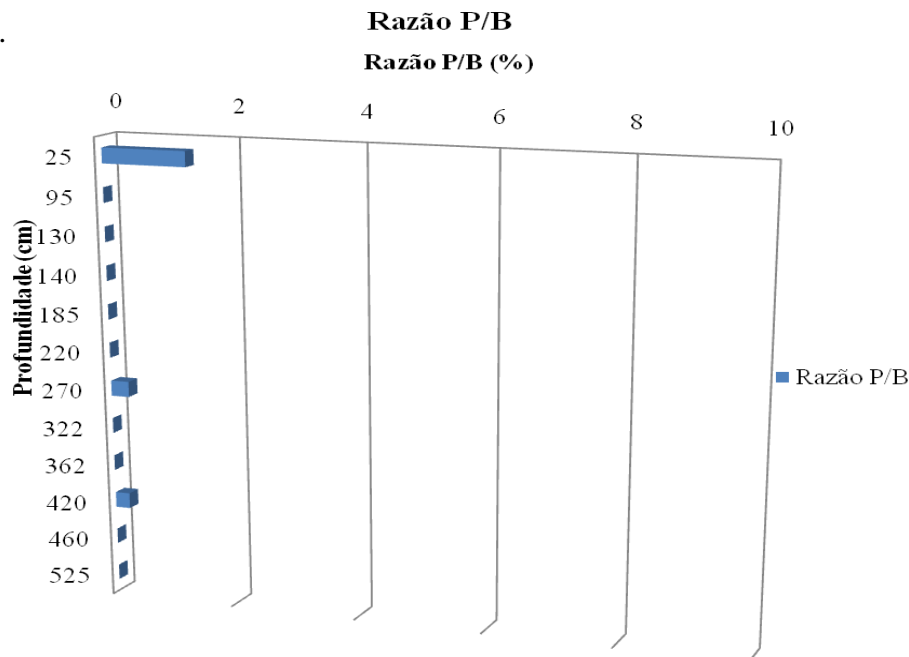


Figura 27 – Variação do valor da razão P/B (%) ao longo da sondagem L3.

Estes valores são um pouco mais elevados na sondagem L6, variando entre 1,86% (na profundidade de 320 cm) e 3,78% (na profundidade de 155 cm). Nesta sondagem não existem valores nulos, uma vez que foram identificados foraminíferos planctónicos em todas as amostras estudadas.

Os valores da razão foraminíferos Planctónicos/Bentónicos podem ser consultados no anexo 8.

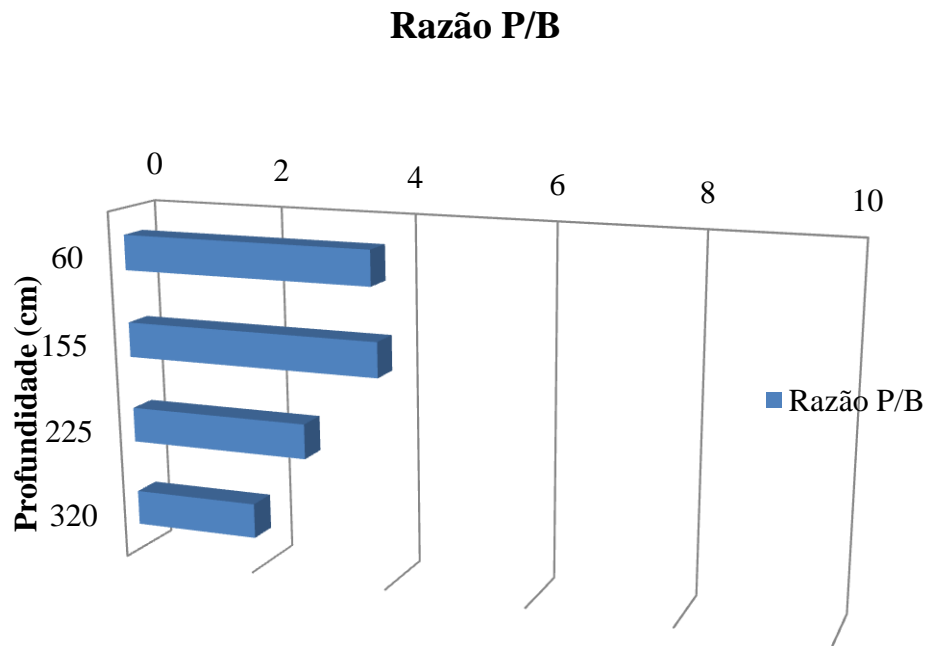


Figura 28 – Variação do valor da razão P/B (%) ao longo da sondagem L6.

2.1.6. Diversidade

- Número de espécies ou riqueza específica (S)

Como se pode observar na Figura 29 o número de indivíduos por 10 cm³ retirados de cada amostra estatisticamente válida variou entre 170 e 13488, nas amostras correspondentes às profundidades 95 cm e 220 cm, respectivamente. O número de *taxa* identificados varia entre 6 aos 140 cm e 17 aos 25 cm e 270 cm.

Variação de S e Ni no L3

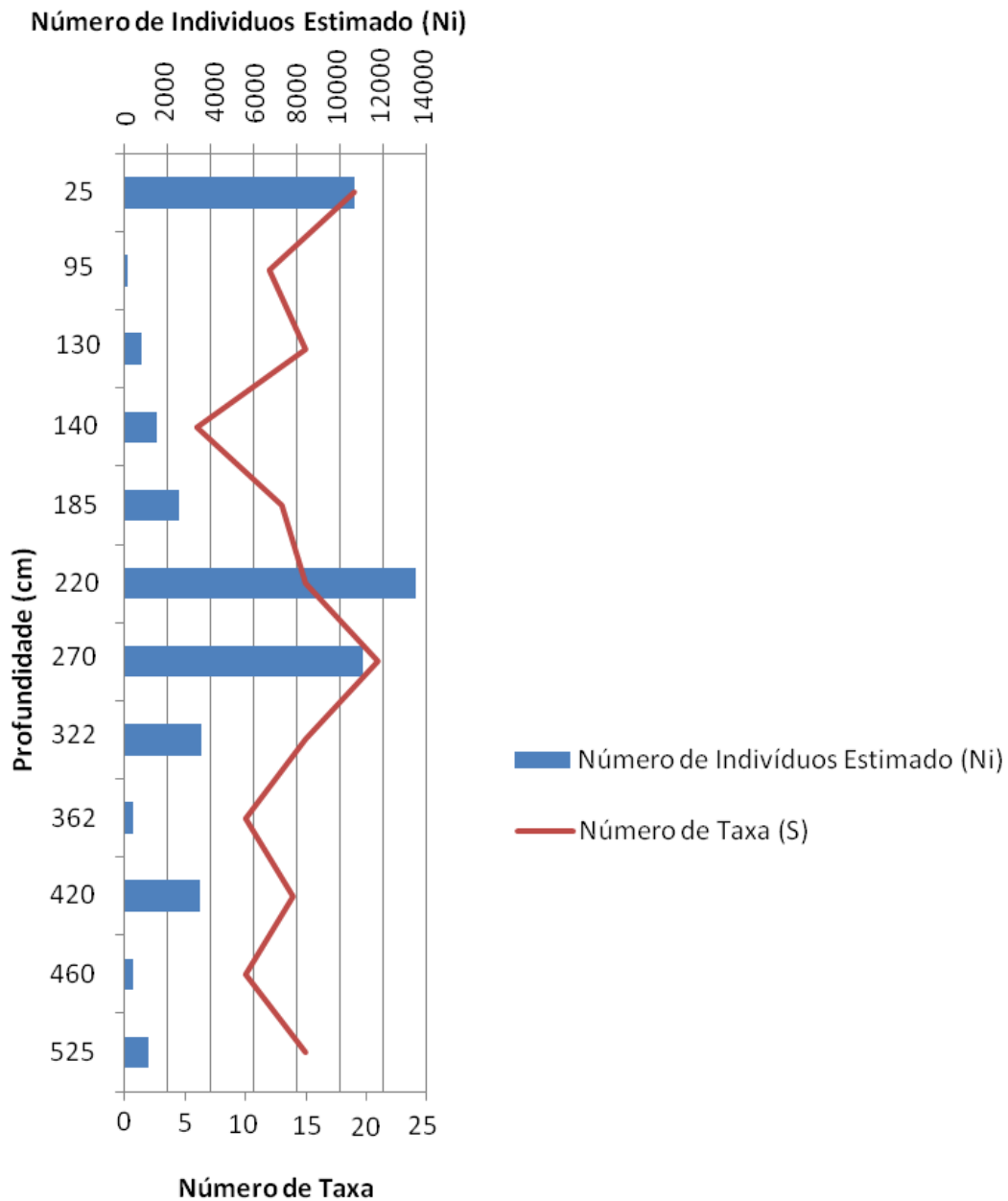


Figura 29 – Variação do número de indivíduos estimado (Ni) e riqueza específica ao longo da sondagem L3.

Através da análise do gráfico da Figura 29, pode afirmar-se que de um modo geral, quando Ni (densidade faunística) aumenta S (nº de *taxa*) também aumenta. O mesmo não se verifica no gráfico da Figura 30.

Relativamente à sondagem L6 (Figura 30), a densidade faunística varia entre 1904 (aos 155 cm) e 6480 (aos 60 cm) e parece não existir uma relação directa entre a variação de Ni e S, uma vez que nesta sondagem o número de *taxa* não é muito variável oscilando entre 31 e 33 *taxa*.

Variação de S e Ni no L6

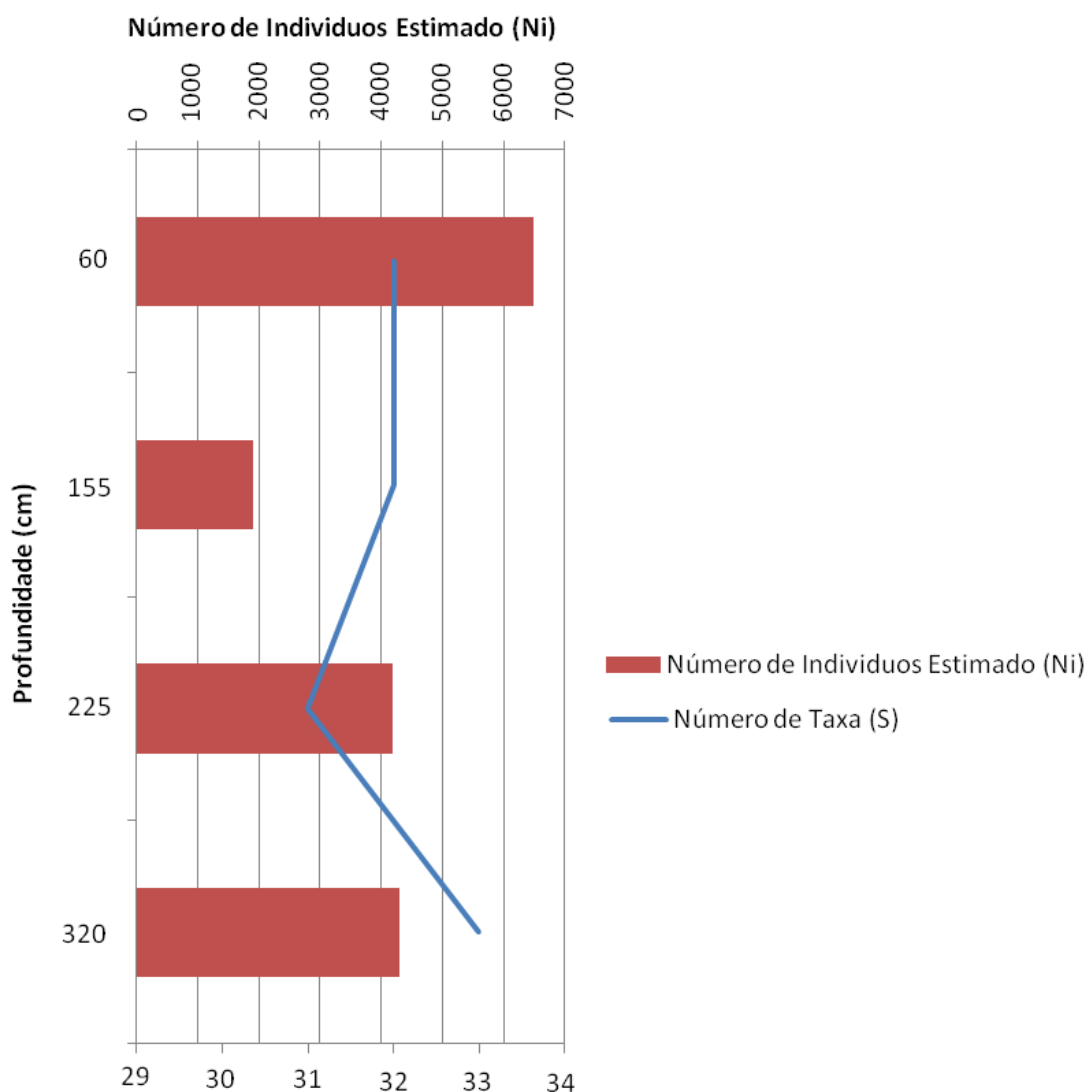


Figura 30 – Variação do número de indivíduos estimado (Ni) e riqueza específica ao longo da sondagem L6.

- Diversidade de Shannon (Hs) e Simpson (S.I.)

Os valores de diversidade obtidos através do índice de Shannon e do índice de Simpson variam dentro de gamas de valores diferentes, mas apresentam uma variação muito semelhante (Figura 31).

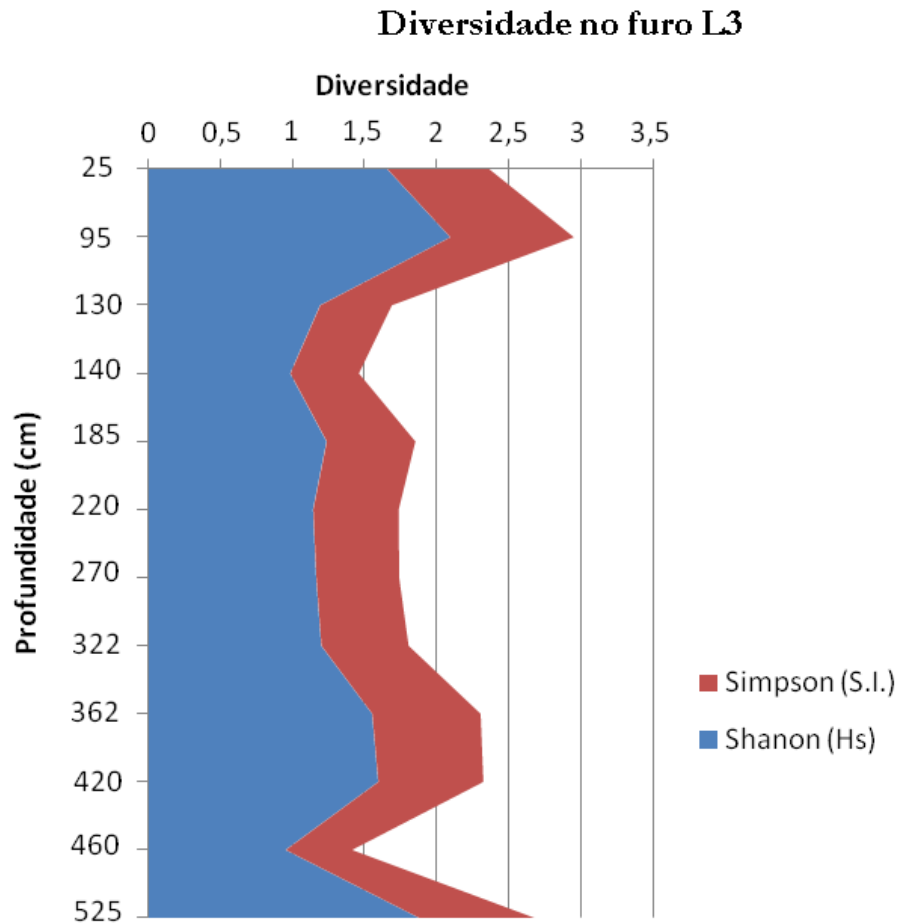


Figura 31 – Variação dos índices de diversidade de Shannon (Hs) e de Simpson (S.I.) ao longo da sondagem L3.

Os valores de Shannon variam entre 0,958 na amostra relativa aos 460 cm e 2,098 na amostra relativa aos 95 cm. Para o índice de Simpson os valores variam entre 0,4588 e 0,8544, às profundidades de 95 e 460 cm respectivamente. Estes valores de diversidade são considerados baixos.

Na sondagem L6 os valores de diversidade são superiores (Figura 32), em relação aos da L3, apresentando valores que variam entre 2,851 (aos 60 cm) e 3,09 (aos 155 cm) para o índice de Shannon e entre 0,9148 (aos 60 cm) e 0,9432 (aos 155 cm).

Os valores resultantes da aplicação destes dois índices, nas duas sondagens podem ser consultados no anexo 9.

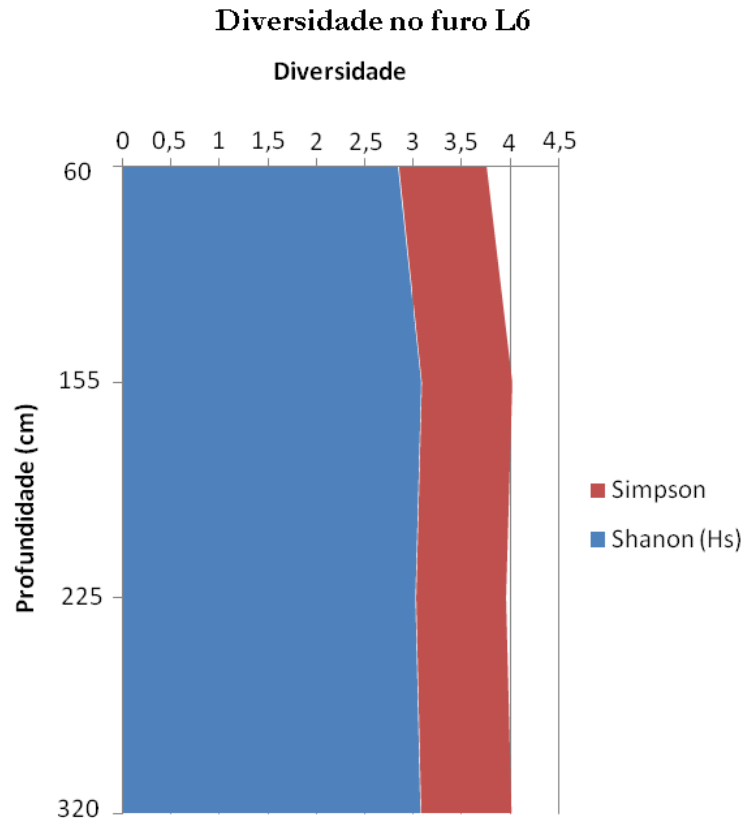


Figura 32 – Variação dos índices de diversidade de Shannon (Hs) e de Simpson (S.I.) ao longo da sondagem L6.

- Equitabilidade (E)

Na sondagem L3 os valores de equitabilidade variam entre os 0,413 aos (270 cm) e 0,875 aos (95 cm), valores considerados elevados (Figura 33). Este índice variou de forma idêntica à diversidade sendo os valores mais altos coincidentes.

Equitabilidade (E) em L3

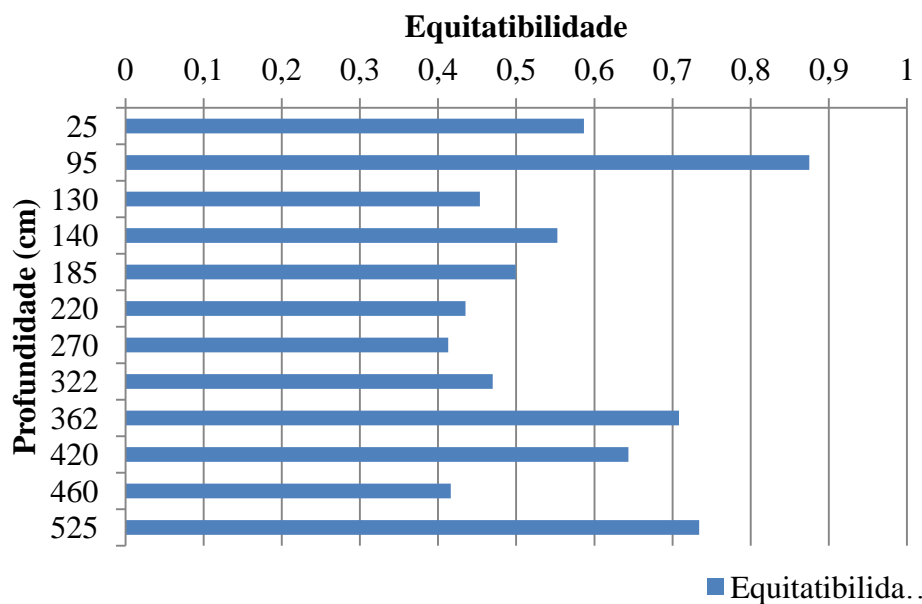


Figura 33 – Variação dos valores de equitabilidade ao longo da sondagem L3.

Na sondagem L6 os valores de equitabilidade foram pouco variáveis, tendo o valor mínimo de 0,8225 (aos 60 cm) e o valor máximo 0,8917 (aos 155 cm) (Figura 34).

Os valores de equitabilidade podem ser consultados no anexo 9.

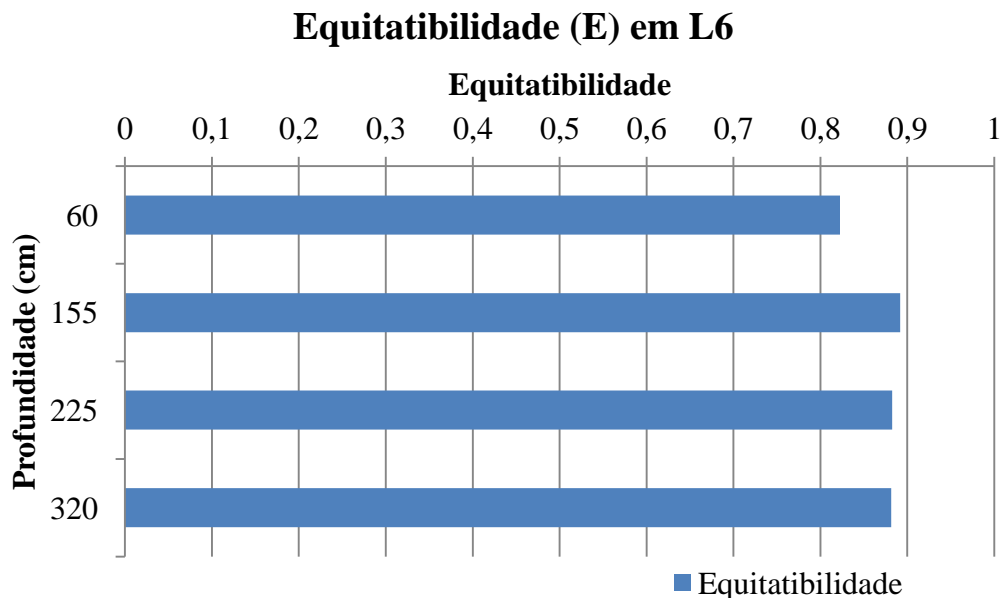


Figura 34 – Variação dos valores de equitabilidade ao longo da sondagem L6.

3. Datações

Os vestígios de bivalves encontrados nas sondagens L3 e L5 foram datados através do método de Espectrometria de Aceleração de Massa (EAM) e os resultados obtidos encontram-se na tabela IV (Anexo 10).

Tabela IV – Resultados das datações por Espectrometria de Aceleração de Massa (EAM).

Sondagem	Profundidade (cm)	Material datado	Datação
L3	246 a 260	Concha de <i>Scrobicularia</i>	6010 +/- 40 BP
L5	345	Concha de <i>Cerastoderma</i>	750 +/- 40 BP

IV – Discussão

Relativamente à análise textural, foi possível estabelecer uma correlação entre as sondagens L5, L4 e L3, uma vez que se verifica que possuem uma sequência textural semelhante com uma camada de areia muito fina, seguida de silte grosseira. É de salientar que as espessuras destas camadas diferem entre as sondagens. As camadas podem estar a diferentes profundidades devido a taxas de sedimentação diferentes ou às diferenças morfológicas do substrato.

Entre as sondagens L4 e L5 que distam 497 m pode estabelecer-se uma correlação das fácies sedimentares uma vez que as duas fácies identificadas abaixo da zona pedolizada da sondagem L4 correspondem às fácies identificadas na sondagem L5 uma vez que possuem características texturais semelhantes.

Quando se compara a sondagem L3 com as anteriores, pode verificar-se que até aos 140 cm de profundidade o sedimento apresenta valores de granulometria semelhantes às sondagens anteriores, podendo estabelecer-se uma correlação entre as facies sedimentares. Abaixo dos 140 cm passa a existir sedimento mais fino (com diâmetro médio das partículas sempre inferior a 31 μm).

Em sondagens muito próximas, nas situações em que se identificam camadas sedimentares com características granulométricas idênticas, pode assumir-se em primeira aproximação, a deposição síncrona e representativa da mesma fácies.

Estas semelhanças não se aplicam à sondagem L6 uma vez que as características texturais/faciais dos sedimentos e as associações de foraminíferos são diferentes e, a falta de número suficiente de pontos datados, não permite estabelecer correlações com os outros testemunhos.

Quando se observam os dados das datações, verifica-se que na sondagem L3, a uma profundidade de cerca de 250 cm corresponde uma idade de 6010 +/- 40 BP, enquanto que na sondagem L5, a uma profundidade de 345 cm corresponde uma idade muito inferior 750 +/- 40 BP. Este facto poderá ser explicado devido ao efeito de migração de um canal.

Através da análise dos parâmetros ecológicos aplicados, foi possível inferir o grau de influência marinha (GIM) nas amostras estudadas. A interpretação do paleoambiente inerente a cada GIM baseou-se nas associações faunísticas de foraminíferos e no seu significado ecológico.

À semelhança do que foi feito por Camacho (2004) e Boski *et al.* (2008), foram atribuídos às amostras cinco graus de influência marinha diferentes, sendo que cada um deles traduz um paleoambiente.

GIM 1: Ambiente terrestre ou sem condições para a preservação das carapaças – Ambiente sem foraminíferos. Tal como a classificação sugere, a ausência de foraminíferos pode ser interpretada de duas formas:

- ambiente terrestre, sem qualquer influência marinha.
- ambiente cujas condições físico-químicas do sedimento não seriam compatíveis com a preservação das carapaças.

Segundo Camacho (2004), a última hipótese é a mais provável para amostras em que se verifica a presença de foraminíferos embora em número insuficiente para reconhecer uma associação.

GIM 2: Intermareal Superior – Ambiente fortemente confinado (típico de médio-alto sapal). Verifica-se a dominância do género *Trochammina* e do grupo dos Forros Internos. Segundo Boski *et al.* (2008), os valores de diversidade são baixos (o índice de diversidade de Shannon ronda o valor 0,1).

GIM 3: Intermareal Médio – Ambiente confinado (típico do sapal baixo a médio). Existe a predominância de espécies aglutinadas (como *Trochammina inflata*, *Trochammina macrescens* e *Ammobaculites* spp.) e/ou Forros Internos, verifica-se a existência de um elevado número de carapaças carbonatadas em dissolução. As abundâncias das espécies *Ammonia beccarii* e *Haynesina germanica* têm pouca ou nenhuma expressão (Camacho, 2004).

A existência de foraminíferos de carapaça calcária em mau estado de conservação pode sugerir um ambiente onde as condições de exposição do sedimento são suficientemente longas para permitir a dissolução das carapaças (Boski *et al.*, 2008).

GIM 4: Intermareal Inferior – Ambiente moderadamente confinado (inclui o baixo sapal e toda a planície lodosa exposta em baixa mar de marés vivas). Neste ambiente a percentagem da associação *Ammonia beccarii* e *Haynesina germanica* é sempre superior a 65% e é comum a predominância de *Elphidium* spp. e miliólídeos como *taxa* secundário (Camacho, 2004).

GIM 5: Intermareal Aberto – Ambiente intermareal sempre submerso. Este ambiente é caracterizado pela dominância da associação *Ammonia beccarii* e *Haynesina germanica* contudo verificando-se um decréscimo nos seus valores de abundância, por vezes muito acentuado (variando de 29 a 82%). Estas espécies surgem associadas a formas que preferem ambientes sujeitos a maior influência marinha, nomeadamente: *Cibicides lobatulus*, *Planorbulina mediterraneensis*, *Asterigerinata mamilla*, *Brizalina* sp., *Bulimina* spp., *Bolivina* spp., *Rosalina* sp., *Cassidulina* spp., *Cibicides* sp. e *Discorbis* sp., verificando-se um aumento da percentagem de espécies acessórias, raras e indeterminadas e o conseqüente aumento do índice de diversidade . Nas amostras definidas com o GIM 5 também se verifica um aumento no número de carapaças pequenas e indeterminadas e das formas Planctónicas (Camacho, 2004).

Os critérios de divisão dos ambientes de acordo com o grau de influência marinha foram adaptados aos resultados obtidos e podem ser consultados na Tabela V.

Tabela V – Síntese dos critérios de divisão dos ambientes de acordo com o grau de influência marinha (Adaptado de Camacho, 2004).

GIM	Ambiente	Hs	A/C (%)	Ocorrência de espécies
1	Sem foraminíferos	0	0	0 – 66 indivíduos
2	Intermareal superior, fortemente confinado; Sapal médio-alto	0,96 – 1,56	0 - 100	<i>T. macrascens</i> , <i>T. inflata</i> , <i>Trochammina</i> sp., <i>Ammobaculites</i> sp e Forros internos
3	Intermareal médio, confinado; Sapal médio-baixo	1,2 – 2,1	0 - 40	Forros internos >12,5% Calcários em dissolução > 2,94% <i>A. beccarii</i> + <i>H. germanica</i> ≤ 13,88% <i>Ammobaculites</i> sp. e <i>Trochammina</i> sp.
4	Intermareal inferior, moderadamente confinado; Sapal baixo – planície lodosa	1,15- 1,6	0 -11,35	<i>A. beccarii</i> + <i>H. germanica</i> ≥ 70% <i>Elphidium</i> spp. Miliolídeos
5	Intermareal aberto. Ambiente sempre submerso	1,66	0 - 6	<i>A. beccarii</i> + <i>H. germanica</i> ≥ 8% <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

Hs – Índice de Diversidade de Shannon (valor médio)

A/C (%) – Razão aglutinados/calcários

À semelhança do que foi feito por Leorri e Cearreta (2004), para facilitar a interpretação dos resultados, os foraminíferos foram divididos em dois grupos: os indígenas (que vivem e se reproduzem no estuário) e os exóticos (espécies características da plataforma e que terão sido transportadas até ao local de deposição) (Anexo 11).

A selecção das diferentes espécies foi feita em comparação com as associações descritas por diversos autores (Camacho (1999 e 2004), Leorri e Cearreta (2004),

Debenay (2000), Legoinha (2001)). Desta forma, consideraram-se espécies exóticas, todas as espécies de foraminíferos planctónicos (Kuroyanagi *et al.*, 2006) e as espécies: *Ammonia beccarii* var *beccarii*, *Asterigerinata mamilla*, *Brizalina* sp., *Bulimina* sp., *Buliminella elegantissima*, *Bolivina* sp., *Cassidulina* sp., *Cibicides* sp., *Cibicides lobatulus*, *Discorbinella.*, *Discorbis* sp., *Elphidium complanatum*, *Elphidium discoidal*, *Fissurina* sp., *Glabratela* sp., *Globulimina* sp., *Lagena* sp., *Nonion* sp., *Nonionella* sp., *Planorbulina mediterraniensis*, *Oolina squamosa*, *Rosalina* sp., *Rosalina globularis*, *Spirillina* sp., *Trifarina* sp.. Sendo que todas as referidas espécies são interpretadas como indicadores de ambientes marinhos, que foram transportadas da plataforma continental até ao estuário por processos hidrodinâmicos (Debenay, 2000).

De acordo com Redois e Debenay (1996 *in* Boski *et al.*, 2008), a presença de Miliolídeos é indicadora de ambientes restritos ligeiramente hipersalinos, que podem corresponder a uma zona de laguna. A *Quinqueloculina* spp. é associada por vários autores à plataforma interior e a sedimentos arenosos (Samir *et al.*, 2003; Laprida *et al.*, 2007).

Debenay e os seus colaboradores (2000) verificaram que nos estuários temperados do Atlântico Este (costa de França), o estuário alto é dominado por formas aglutinadas *Miliammina fusca* em áreas de baixa salinidade. À medida que nos aproximamos do mar, aparecem formas calcárias, pela seguinte ordem: *Haynesina germanica*, *Ammonia tépida* e mais perto do mar *Elphidium pulvereum*, *Haynesina depressula*, e *Ammonia beccarii*. Esta transição horizontal da água doce para a água do mar pode ser perturbada por condições inerentes ao local. Das espécies identificadas por este autor, apenas se verificou a presença de *Haynesina germanica* e *Ammonia beccarii* que foram consideradas como espécies estuarinas, apesar da *Ammonia beccarii* poder ser encontrada tanto no ambiente estuarino como na plataforma (Mendes *et al.*, 2004).

Nas suas investigações Tsujimoto *et al.* (2006) refere-se ao género *Ammonia* como sendo muito frequente e dominante em ambientes variados (marinhos pouco profundos ou intertidais).

A *Ammonia beccarii* é uma espécie eurihalina, que apresenta uma grande distribuição em zonas intertidais e subtidais. Sobrevive numa vasta gama de valores de oxigénio dissolvido (Moodley and Hess, 1992 *in* Tsujimoto *et al.*, 2006), salinidades (entre 1–90‰) (Laprida *et al.*, 2007) e temperatura bem como em águas poluídas (Murray, 1991 *in* Tsujimoto *et al.*, 2006). Pode ser encontrada em amostras localizadas

em áreas de águas com baixa energia, em bacias semi-confinadas com sedimentos arenosos ou argilosos (Samir *et al.*, 2003).

Neste trabalho, as espécies *Elphidium excavatum*, *Elphidium poeyann* foram também consideradas como espécies estuarinas (com confinamento moderado) (Camacho, 2004).

A espécie *Haynesina germanica* foi considerada indígena uma vez que segundo Debenay (2000) corresponde a ambientes estuarinos, moderadamente confinados e é considerada uma espécie transitória entre as formas aglutinadas e as formas calcárias.

As espécies *Ammobaculites* sp. (Debenay, 2000), *Arenoparella mexicana* (Duchemin *et al.*, 2005), *Haplophragmoides* sp. (Duchemin *et al.*, 2005), *Lepidodeuterammina ochracea*, *Reophax* sp., *Textularia* sp., *Tiphotrocha comprimata* (Scott *et al.*, 2001), *Trochammina inflata* (Duchemin *et al.*, 2005), *Trochammina macrescens* (Scott *et al.*, 2001), *Trochammina* sp. (Boski *et al.*, 2002) (pertencentes à sub-ordem Textularia) e a espécie *Elphidium williamsoni* (pertencente à sub-ordem Rotaliina) foram consideradas como espécies características de ambiente de sapal.

Num estudo realizado por Duchemin *et al.* (2005) num sapal alto situado em Plougoumelen em França verificou-se a existência de *Trochammina inflata* no sedimento mais superficial enquanto que as espécies *Haplophragmoides* e *Arenoparella mexicana* se localizam mais profundamente no sedimento.

Relativamente à sondagem L3 correspondente à amostra mais a montante, verificou-se que este, de um modo geral, apresentou sempre uma menor influência marinha, comparativamente às amostras recolhidas na sondagem L6. Facto que também é confirmado pelas características texturais reveladoras de um ambiente de baixa energia da margem de laguna, em contraste com um ambiente mais energético (revelado pelos sedimentos mais grosseiros na sondagem L6).

Nesta sondagem foram identificadas diferentes associações de foraminíferos, cada amostra foi analisada individualmente e consoante os resultados obtidos atribuiu-se um GIM. A interpretação foi realizada no sentido do mais antigo ao mais recente.

Verificou-se a existência de duas associações dominantes: a associação das espécies *Trochammina macrescens*, *Trochammina inflata* e *Trochammina* sp., e a associação *Haynesina germanica* e *Ammonia beccarii*.

1.1. Interpretação paleoambiental do perfil sedimentar na sondagem L3

Aos 525 cm de profundidade, verificou-se a co-dominância das espécies *Ammonia beccarii* e *Haynesina germanica* (representando 56,79% do total de indivíduos da amostra). Esta associação descrita por vários autores (Camacho (2004), Boski *et al.* (2008), Scott *et al.* (2001), Debenay, (1996 e 2000)) é característica de ambientes de sapal médio (Figura 35).

A estas espécies juntou-se a existência de 2,14% de *Elphidium excavatum*, *Elphidium poyeamn* e *Elphidium williamsoni*, que, segundo estudos realizados por Debenay (2000) correspondem a espécies de ambiente intermareal.

Verificou-se ainda a presença de uma espécie considerada exótica *Fissurina* sp. (Camacho, 2004) com uma percentagem baixa (0,36%).

Estes *taxa* sugerem um ambiente com alguma influência marinha, contudo, verificou-se também a presença de 21,42% de foraminíferos aglutinados (*Trochammina* sp., *Trochammina inflata*, *Trochammina macrescens*, *Arenoparella mexicana* e indeterminados calcários) que segundo vários autores (Scott *et al.*, 2001, Debenay, 1996 e 2000), são característicos de ambientes mais confinados (anexo 11).

Tendo em conta estes dados, juntamente com a razão aglutinados/calcários de 24,5% e a diversidade não muito elevada ($H_s=1,89$), atribuiu-se a esta profundidade o GIM 3 correspondente a um ambiente intermareal médio, que sugere uma influência fluvial maior do que a marinha.

Na profundidade correspondente aos 460 cm a associação de foraminíferos apresentou características diferentes uma vez que as espécies *Ammonia beccarii* e *Haynesina germanica* representam apenas 0,64% da amostra total e o grupo dominante corresponde aos Forros Internos (71,29%). Esta amostra caracteriza-se ainda pela presença de 27,41% de indivíduos aglutinados o que leva à atribuição do GIM 2 intermareal superior. Verifica-se um decréscimo nos valores de diversidade ($H_s=0,96$) e de equitabilidade e um grande aumento da razão aglutinados/calcários para 95,5% suportam a hipótese de ter ocorrido uma regressão e de se tratar de um ambiente fortemente confinado.

Estes resultados estão de acordo com os resultados obtidos por Camacho (1999 e 2004) no Estuário do Rio Guadiana, por Scott *et al.*, (2001) no Canadá e por Debenay, (*et al.*, 1996, 2000 e 2006) uma vez que estes investigadores descrevem associações dominadas pelo grupo dos Forros Internos e pelo género *Trochammina* e relacionam a sua existência com zonas de alto sapal ou intermareal superior.

O decréscimo de diversidade verificado (quer do índice de Shannon quer do índice de Simpson) também é coerente com os resultados destes autores que referem que à medida que nos deslocamos para longe do mar aberto, as associações de foraminíferos tendem a ter valores de diversidade inferiores, verifica-se um aumento da razão A/C. Segundo Debenay *et al.* (2000), o aumento da percentagem de foraminíferos aglutinados à medida que nos afastamos do mar aberto pode estar relacionado com a descida do pH que ocorre com o escoamento continental que afecta as espécies calcárias.

Estas suposições não são apoiadas, nem contrariadas pela análise textural, uma vez que não existiram grandes variações na média da granulometria do sedimento que em ambos os casos corresponde a silte média, e não se verifica uma variação na sua cor, não indiciando, deste modo uma alteração no ambiente sedimentar.

Aos 420 cm volta a verificar-se uma maior influência marinha, uma vez que a associação *Ammonia beccarii* e *Haynesina germanica* representa 71,43% dos indivíduos, que a juntar aos 6,45% de *Elphidium* spp. intermareal prefaz um valor elevado de espécies estuarinas. Verifica-se ainda, um aumento do número de indivíduos do grupo indeterminados calcários (6,45%) e são encontrados alguns foraminíferos planctónicos (0,23%) e 1,38% de espécies exóticas (*Brizalina* sp. e *Fissurina* sp.). Esta amostra apresenta, ainda 0,46% de miliólídeos. Atribui-se o GIM 4, intermareal inferior. O aumento da diversidade (Hs=1,6) e a diminuição da razão aglutinados/calcários (11,3%) suportam esta hipótese, levando a assumir que terá ocorrido uma transgressão.

De acordo com Edwards and Horton (2000 *in* Boski, 2008) a abundância de *Ammonia beccarii* e *Haynesina germanica* com valores tão elevados é característica de condições estuarinas onde a exposição do sedimento a condições sub-aéreas só ocorre ocasionalmente.

Nas suas investigações Leorri e Cearreta (2004) relacionam o aumento da percentagem de espécies exóticas com a diminuição da distância ao mar, deste modo, o aumento da percentagem de espécies exóticas nesta sondagem pode ser interpretada como um ambiente com maior influência marinha.

Na amostra relativa aos 362 cm de profundidade, voltam a verificar-se características semelhantes à profundidade 460 cm, uma vez que a percentagem relativa à associação *Ammonia beccarii* e *Haynesina germanica* desce drasticamente (para 0,96%) e verifica-se que as espécies aglutinadas predominam em associação com os

Forros Internos, apresentando percentagens de 60,25% e 38,14% respectivamente. À semelhança do critério usado na amostra dos 460 cm atribuiu-se o GIM 2 correspondente a um ambiente intermareal superior, sugerindo que terá ocorrido uma regressão.

As amostras relativas às profundidades compreendidas entre 322 e os 185 cm apresentaram características semelhantes e foi-lhes atribuído o GIM 4. Supõe-se que o ambiente terá sido intermareal inferior, porque os valores relativos à associação de *Ammonia beccarii* e *Haynesina germanica* foram sempre elevados (entre 86,58 e 89,44%), conseqüentemente a percentagem de espécies estuarinas foi igualmente elevada (variando entre 89,14 e 93,18%). Apenas a amostra relativa aos 322 cm não apresentou espécies exóticas, nas outras amostras verificou-se a presença de espécies características de plataforma como: *Brizalina* sp., *Buliminella elegantissima*, *Bolivina* sp., *Fissurina* sp., *Discorbis* sp., *Elphidium complanatum*, *Elphidium discoidal*, *Nonion* sp.. As percentagens destas espécies são consideradas relativamente elevadas (entre 1,28 e 3,62%), podendo ser indício de uma de maior influência marinha.

A reforçar esta suposição verifica-se uma diminuição da razão aglutinados/calcários (entre 0,71% e 1,9%) e um aumento da percentagem de indivíduos pertencentes ao grupo dos miliolídeos (entre 0,43 e 2,03%), que segundo Debenay *et al.* (2000) são indicadores de forte influência marinha, uma vez que os organismos de carapaça porcelanosa são mais abundantes e apresentam maior diversidade na plataforma continental (Debenay *et al.*, 1996).

Sugere-se, deste modo, que terá ocorrido uma transgressão e que estes sedimentos terão sido depositados num ambiente moderadamente confinado (sapal baixo ou planície lodosa).

Relativamente à amostra recolhida aos 140 cm de profundidade, verificou-se a co-dominância de Forros Internos e do género *Trochammina*. Todos os foraminíferos identificados nesta amostra são aglutinados, conseqüentemente a razão aglutinados/calcários é 100%.

A inexistência de espécies estuarinas, exóticas, planctónicas e de indeterminados calcários pode ser interpretada como um ambiente fortemente confinado (típico de médio-alto sapal) que corresponde ao GIM 2, que indica um progressivo assoreamento desta zona, com progressiva diminuição do tempo da submersão em água de salinidade mais baixa.

Aos 130 cm e 95 cm de profundidade verifica-se um aumento da percentagem da associação *Ammonia beccarii* e *Haynesina germanica* (13,88 e 32,35% respectivamente) e da diversidade (Hs=1,2 e 2,1 respectivamente), regista-se uma diminuição na razão aglutinados/calcários (39,4 e 33,59%). Constata-se que as percentagens de espécies estuarinas e aglutinadas não apresentam uma diferença muito significativa. A estas associações de foraminíferos atribuí-se o GIM 3, correspondente a um ambiente intermareal médio (confinado) o que pressupõe a existência de um período de revigoração da circulação da água marinha.

À sequência sedimentar constituída pelas amostras 65 cm e 50 cm de profundidade foi atribuído o GIM 1 por não se registarem indivíduos suficientes para delinear uma associação faunística em ambas as amostras. Estes dados podem ser interpretados como um ambiente terrestre, sem influência marinha, ou um ambiente com características incompatíveis com a preservação das carapaças. Pressupondo que se trata do primeiro caso, verifica-se a ocorrência de uma regressão. Independentemente do paleoambiente original, esta biozona sugere uma diminuição da influência marinha.

Na amostra mais superficial (25 cm) verificou-se a existência de uma percentagem elevada da associação *Ammonia beccarii* e *Haynesina germanica* (66,92%). Esta amostra é onde se observa uma maior percentagem de espécies exóticas (*Brizalina* sp., *Bolivina* sp., *Cassidulina* sp., *Asterigerinata mamilla*, *Discorbis* sp., *Elphidium complanatum*, *Elphidium discoidal*, *Fissurina* sp., *Rosalina globularis*, *Rosalina* sp. e *Trifarina* sp.) que representam 31,61% dos indivíduos identificados.

Segundo Webb e Strong (2006), os géneros *Quinqueloculina*, *Fissurina*, *Rosalina* representam ambientes com grande oceanidade e são comuns em estratos depositados em águas relativamente profundas com conexão com o mar aberto. Estes taxa são normalmente encontrados em sedimentos finos.

É também a amostra onde se encontram mais foraminíferos planctónicos (1,35%), que são considerados indicadores de influência marinha, uma vez que Debenay (2000) verificou que a percentagem de espécies planctónicas aumenta desde a linha de costa até à plataforma externa.

Por estes motivos considerou tratar-se de um GIM 5, correspondente a um ambiente sempre submerso com grande influência marinha. A esta profundidade corresponde uma associação de espécies que leva a crer que este sedimento corresponde ao período de maior oceanidade/alargamento verificado em toda a sondagem.

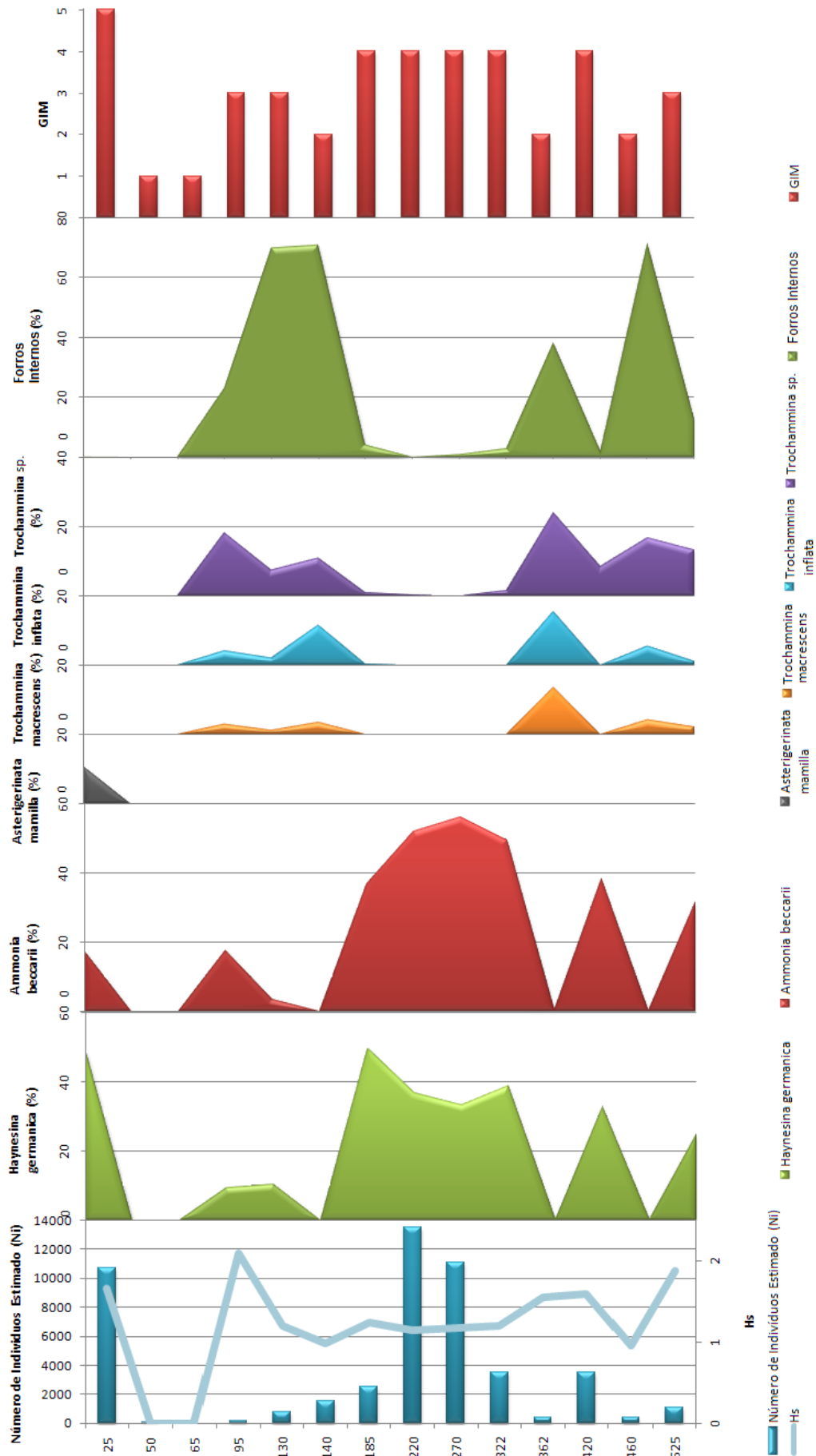


Figura 35 – Variação das associações de foraminíferos, diversidade e GIM em função da profundidade na sondagem L3.

Com base nos GIM definidos foi possível reconhecer três fases principais na evolução do estuário:

1ª fase de pré-invasão, dos 525 cm aos 185 cm em que se verifica a passagem de um ambiente de sapal para um ambiente gradualmente mais lagunar, caracterizado pela substituição de associações de espécies típicas de sapal (*Trochammia macrescens* e *Trochammia inflata*, associadas ao grupo dos forros internos) para associações de espécies de maior influência marinha (*Ammonia beccarii*, *Haynesina germanica*, *Elphidium* spp. e espécies exóticas).

A datação de conchas de *Scrobicularia* recolhidas entre os 246 cm e 260 cm, indicam uma idade de 6010 anos +/- 40 BP, que segundo Camacho (2004) corresponde a uma fase rápida de subida do nível médio do mar (NMM) que terá durado até aos 6000 anos BP (Figura 36). Segundo Boski *et al.* (2002) o fim desta fase rápida terá ocorrido aos 6500 anos BP e ter-se-á iniciado uma nova fase de subida do NMM mais lenta.

Verifica-se que a fase de maior oceanidade neste local coincide com os resultados obtidos por Camacho (2004) no estuário do Rio Guadiana (há cerca de 6000 anos BP).

2ª fase evolutiva, dos 140 aos 50 cm existe um abrandamento na subida do NMM, verificando-se novamente a substituição de espécies de ambientes mais marinhos por outras típicas de ambiente de sapal e na fase final até as espécies de sapal deixam de existir.

3ª fase de invasão e alagamento, aos 25 cm regista-se a amostra de maior influência marinha (GIM 5) onde dominam as espécies *Ammonia beccarii* e *Haynesina germanica*, *Asterigerinata mamilla* e *Elphidium* spp., os planctónicos atingem os valores mais altos de abundância e onde se verificam um dos valores mais elevados de diversidade e equitabilidade.

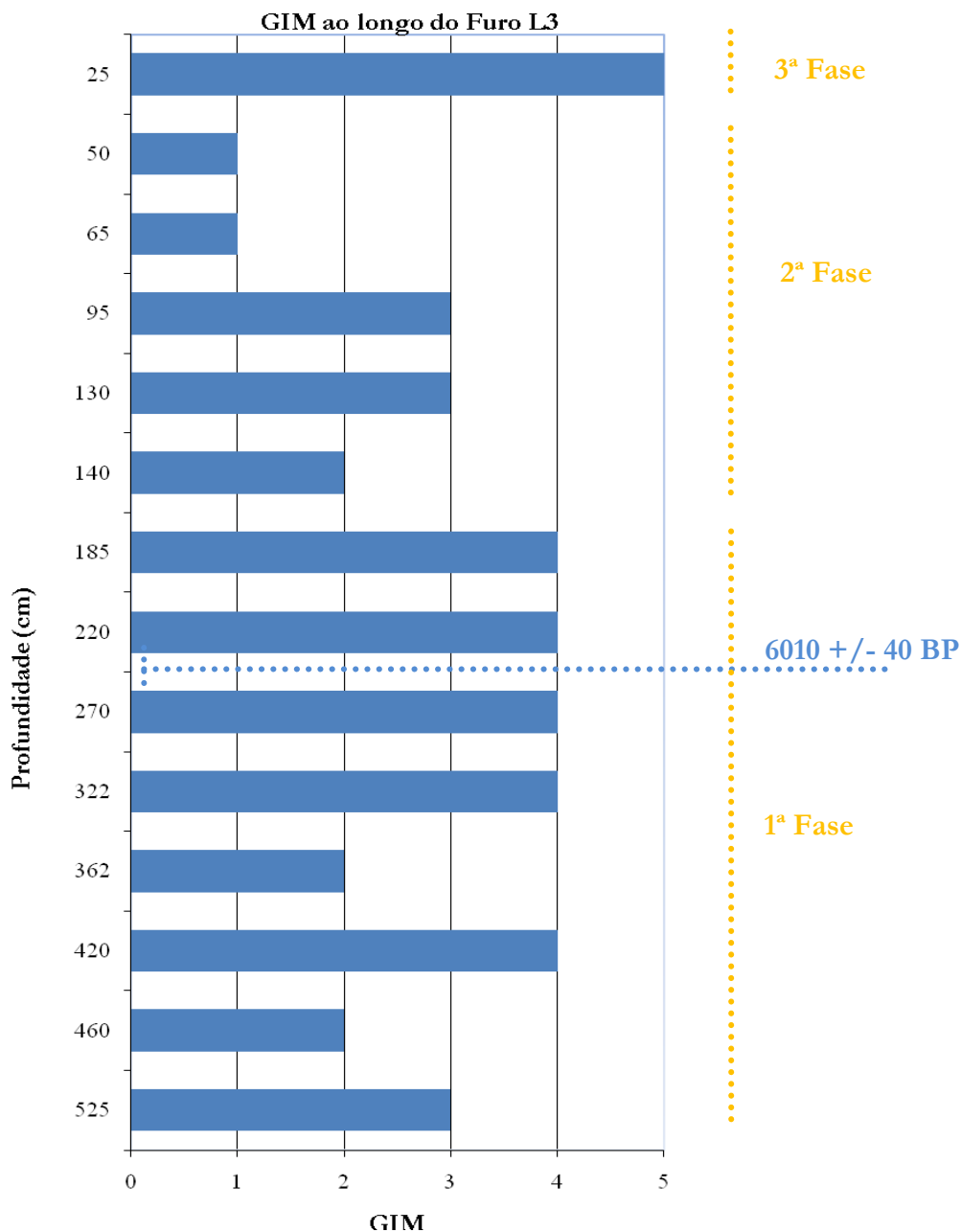


Figura 36 – Graus de influência marinha (GIM) atribuídos a cada amostra da sondagem L3 e fases de evolução do estuário.

1.2. Interpretação paleoambiental do perfil sedimentar na sondagem L6

As amostras recolhidas ao longo da sondagem L6 foram mais homogéneas em termos de associações de foraminíferos. Nestas, as percentagens de Miliolídeos, de indeterminados calcários e de espécies exóticas (incluindo foraminíferos planctónicos) foi sempre superior às verificadas na sondagem L3.

As amostras recolhidas ao longo desta sondagem não apresentam variações no GIM, tendo sido sempre atribuído o GIM 5 (Figura 37). Comparativamente com a

sondagem L3, verificou-se uma maior influência marinha, facto que se deve possivelmente à localização relativa das sondagens, sendo que a sondagem L6 se encontra mais a jusante, conseqüentemente apresenta associações características de ambientes com maior influência marinha.

Tal como se verificou nas amostras recolhidas na sondagem L3, a espécie *Ammonia beccarii* apresentou valores elevados de abundância e constância, facto que permite inferir acerca da temperatura e profundidade das águas. Estes resultados são coerentes com os resultados obtidos por Camacho (1999 e 2004) nos estuários do Rio Guadiana e do Rio Arade e são interpretados por esta autora como indicador de estabilidade da temperatura e profundidade das águas, uma vez que, segundo esta autora, esta espécie é dominante em águas pouco profundas, temperadas e quentes.

A abundância cumulativa da associação de *Ammonia beccarii* e *Haynesina germanica* (diminui para valores entre 7,6 e 18,22%) e verifica-se um aumento da diversidade.

À semelhança do que foi verificado por Mendes *et al.* (2004) existem áreas com valores de diversidade mais elevados, que no caso em estudo são observados na sondagem L6 com valores de Hs entre os 2,851 e 3,09. Na sua interpretação para valores de diversidade tão altos Mendes *et al.* (2004) refere a possibilidade de corresponder a uma área de transição, onde coexistem as espécies de diferentes ambientes, que no presente trabalho são provenientes de ambientes confinados e de ambientes com maior influência marinha.

Os valores de diversidade mais elevados podem ser interpretados pela existência um ambiente mais estável e com maior influencia marinha visto que, segundo Scott *et al.* (2001), a diversidade das populações de foraminíferos aumenta à medida que o ambiente alcança uma maior estabilidade e à medida que o ambiente evolui de sapais e lagoas parcialmente salobros a lagoas e ambientes predominantemente marinhos.

Os resultados obtidos estão de acordo com o que foi observado por Debenay (2000) e por Boski *et al.* (2002) uma vez que a diversidade é menor em amostras recolhidas em locais mais distantes do mar.

As amostras da sondagem L6 são caracterizadas pela presença de *Asterigerinata mamilla* (com percentagens a variar entre 6,69% e 20%). Esta espécie aparece associada a espécies estuarinas *Ammonia beccarii* e *Haynesina germanica*, onde *Ammonia beccarii* é uma espécie acessória ou rara e nunca ultrapassa um valor de abundâncias de 7,81%. O elevado número de espécies exóticas (valores entre 45,36 e 55,34%) e uma

percentagem significativa de formas planctónicas (valores entre 1,86% e 3,78%) em relação às espécies estuarinas (o valor varia entre 8,78 e 28,63%), leva a crer que este local esteve sujeito a um hidrodinamismo significativo.

Nestas amostras a razão Planctónicos/Bentónicos é mais elevada do que nas amostras da sondagem L3, o que confirma a hipótese de uma maior influência marinha. Segundo Douglas (1979), a abundância de foraminíferos planctónicos aumenta em direcção à plataforma externa e este índice pode ser útil na estimativa da batimetria, contudo, abaixo da lisoclina, a razão Planctónicos/Bentónicos perde o seu valor como indicador da profundidade da água.

Os valores da razão aglutinados/calcários são sempre baixos variando entre 4,1 e 16,7% e apoiam a interpretação feita com base na diversidade, uma vez que, segundo Debenay *et al.* (2000), em todos os estuários estudados, as associações de foraminíferos perto do mar aberto apresentam uma grande diversidade observando-se predominantemente formas calcárias (sub-ordem Rotaliina), enquanto que os foraminíferos de carapaça aglutinada (sub-ordem Textularia) são associados a ambientes com menor influência marinha.

Em todas as amostras verifica-se que as espécies exóticas predominam em relação às estuarinas (apresentando valores superiores a 45%). Em comparação com as amostras da sondagem L3, estas apresentam maiores percentagens de indeterminados calcários, de foraminíferos planctónicos e de miliolídeos.

Todas estas características levam a crer que às amostras recolhidas na sondagem L6 corresponde uma fase de maior oceanidade e um ambiente sempre submerso com grande influência marinha sendo-lhe atribuído o GIM 5 (Anexo 11).

Das quatro amostras recolhidas, a que corresponde a um ambiente mais marinho é a que foi recolhida aos 225 cm de profundidade. Embora em todas as profundidades se registre a presença das espécies exóticas, é aos 225 cm que ocorrem em maior percentagem.

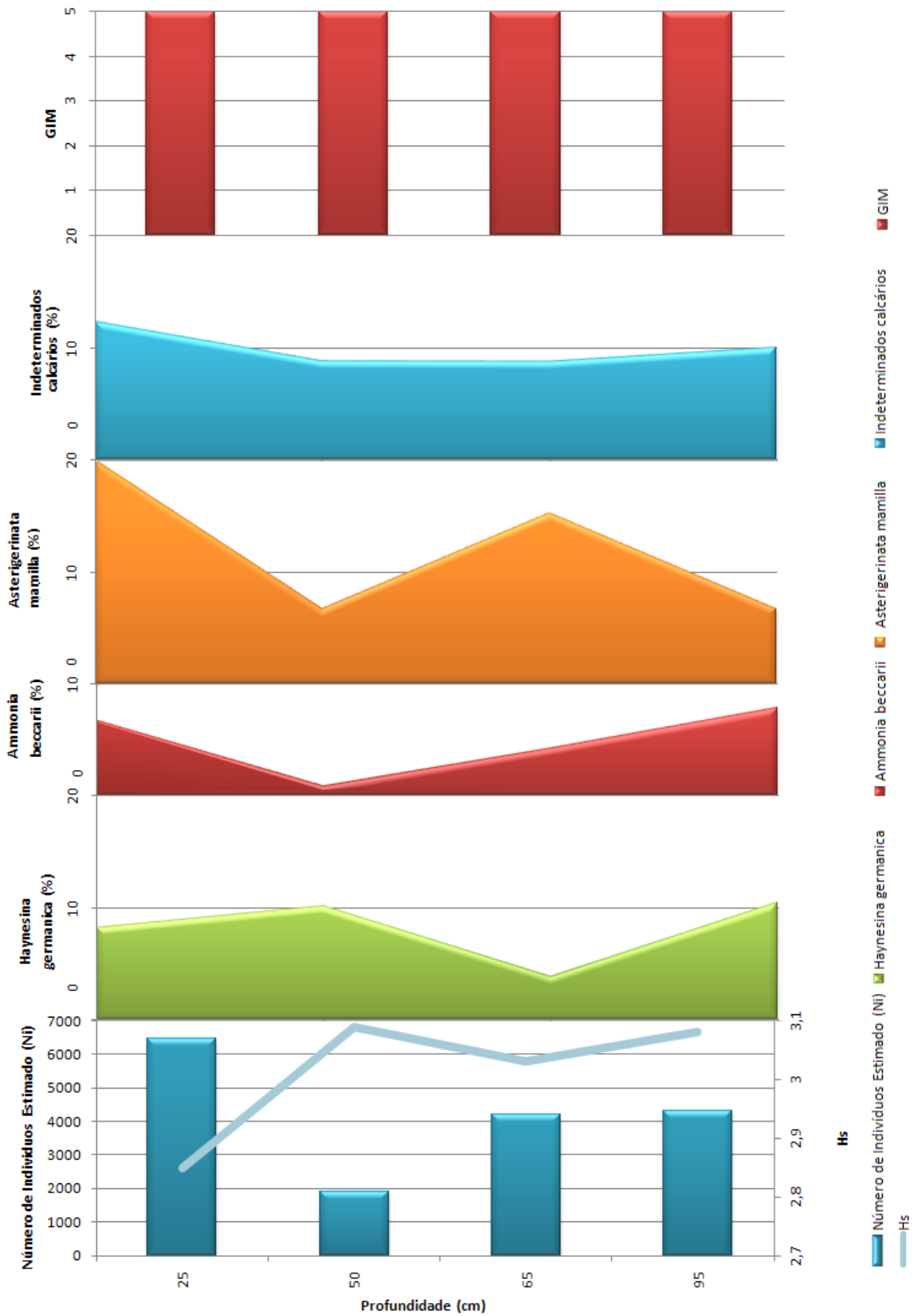


Figura 37 – Variação das associações de foraminíferos, diversidade e GIM em função da profundidade no furo L6.

V – Conclusões

No presente trabalho foi estudada a evolução holocénica de um vale tributário da Ria Formosa, com base nos GIM definidos foi possível distinguir três etapas na evolução do estuário:

A primeira etapa de pré-invasão, marcada pela passagem de um ambiente de sapal para um ambiente gradualmente mais lagunar. Esta fase terá ocorrido há cerca de 6010 anos +/- 40 BP e os resultados obtidos são coincidentes com os resultados alcançados por Camacho (2004) e Boski *et al.* (2002), no estuário do Guadiana.

Na segunda etapa verificou-se um abrandamento na subida do NMM, marcado pela substituição de espécies de ambientes mais marinhos por outras típicas de ambiente de sapal.

A terceira e última etapa corresponde à invasão e alagamento uma vez que as amostras possuem maior influência marinha (GIM 5).

VI – Considerações finais

Do ponto de vista da aplicação deste tipo de trabalho nas aulas de Geologia seria interessante que os alunos pudessem ter contacto com os foraminíferos e pudessem compreender a sua importância como indicadores de paleoambientes e a sua importância na reconstrução da evolução do ambiente num determinado local.

Este tipo de actividade seria possível de realizar nas aulas de área de projecto e este projecto teria todo o interesse do ponto de vista da sua interdisciplinaridade, uma vez que o tratamento estatístico poderia ser realizado com o auxílio dos professores de matemática e/ou de informática e seria possível aplicar conceitos relativos não só à geologia (princípios de datação relativa, datação absoluta, sedimentologia, transgressões e regressões) mas também à biologia (conceito de comunidade, factores bióticos e abióticos, taxonomia).

Com este projecto, os alunos poderiam desenvolver, com muito mais motivação, as competências teóricas previstas nos seus currículos, mas também desenvolver competências relacionadas com o saber fazer, que só a prática permite desenvolver.

Seria, então, interessante planificar um projecto com uma metodologia simplificada e adaptada à faixa etária dos alunos e realizar o estudo das associações de foraminíferos das sondagens L4 e L5, de forma a confirmar as correlações estabelecidas entre as sondagens L5, L4 e L3 e obter deste modo resultados mais consistentes.

Seria, também, importante que em trabalhos futuros se recolhesse informação relativa ao pH e à matéria orgânica presente em cada amostra.

VII – Referências Bibliográficas

- Albani, A., Barbero, R., Donnici, S.** (2007) – “Foraminifera as ecological indicators in the Lagoon of Venice, Italy”. *Ecological Indicators*, n.º 7, Elsevier, pp. 239–253.
- Almeida, C., Mendonça, J., Jesus, M., Gomes, A.** (2000) – “Sistemas aquíferos de Portugal Continental”. Relatório INAG. Lisboa.
- Almeida, A.** (2009) – “Ambientes Litorais – Programa, Conteúdos e Métodos de Ensino”. Relatório para provas de agregação em Geografia, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Coimbra, 58 p.
- Barbieri, R.** (2006) – “Foraminifera and Environmental Micropaleontology”. *Marine Micropaleontology*, n.º 61, pp. 1-3.
- Benoliel, J.** (1984) – “Vigilância em Contínuo da Qualidade da Água da Ria Formosa – 1980”. Lisboa, 11 p.
- Berkeley, A., Perry, C., Smithers, S., Horton, B., Taylor, K.** (2007) – “A review of the ecological and taphonomic controls on foraminiferal assemblage development in intermareal environments”. *Earth-Science Reviews*, n.º 83, Elsevier, pp. 205–230.
- Bettencourt, A., Ramos, L.** (2003) – “Estuários Portugueses”. Direção de serviços do planeamento, Ministério das cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, Instituto da Água, Lisboa (capítulo 6) (não paginado).
- Brito, S.** (2009) – “História da Terra Durante os Últimos 65 Ma: Exemplos Portugueses com Interesse para o Ensino”. Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Geologia para o Ensino, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 359 p.
- Bokuniewicz, H.** (1996) – “Sedimentary systems of coastal-plain estuaries”. *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*, Elsevier, Amsterdam, chapter 3, pp. 49-67.
- Boski, T., Moura, D., Veiga-Pires, C., Camacho, S., Duarte, D., Scott, D., Fernandes S.** (2002) – “Postglacial sea-level rise and sedimentary response in the Guadiana Estuary, Portugal/Spain border”. *Sedimentary Geology* n.º 150, Elsevier, pp.103-122.
- Boski, T., Camacho, S., Moura, D., Fletcher, W., Wilamowski, A., Veiga-Pires C., Correia V., Loureiro, C., Santana, P.** (2008) – “Chronology of the sedimentary

processes during the postglacial sea level rise in two estuaries of the Algarve coast, Southern Portugal”. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Elsevier, n.º 77, pp. 230-244.

Camacho, S. (1999) – “Contribuição dos Foraminíferos bentónicos na Reconstrução Paleoambiental de Estuário do Rio Guadiana durante o Holocénico”. Relatório de Estágio do Curso de Biologia Marinha e Pescas, Universidade do Algarve, Faro, 101 p.

Camacho, S. (2004) – “Evolução Paleoambiental Holocénica dos Estuários dos Rios Guadiana e Arade com base nas Associações Fósseis de Foraminíferos Bentónicos”. Tese de Mestrado, Universidade do Algarve, FCMA, 131p.

Castaing, P., Guilcher, A. (1996) – “Geomorphology and sedimentology of rias”. *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*, Elsevier, Amsterdam, chapter 3, pp. 69-111.

Colon, G. (1974) - "Foraminíferos ibéricos. Intruducción al estudio de las especies bentónicas recientes". *Investigacion Pesquera, Consejo Superior de Investigaciones Científicas*. Patrono Juan de la Cierva, Barcelona, vol. 38, nº1, 245p.

Debenay, J., Pawlowski, J., Decrouez, D. (1996) - “Les Foraminifères Actuelles”. Masson, Paris, 329 p.

Debenay, J., Beck-Eicher, B. (1996) – “Monitoramento ambiental por meio de bioindicadores: uma cooperação franco-brasileira no estudo dos foraminíferos. *Cendotec-França-Flash Meio Ambiente*, n.º9, 10 p.

Debenay, J. (2000) – “Foraminifers of paralic environments”. *Micropaleontology*, vol. 46, suplement nº1, pp.153-160.

Debenay, J., Bicchi, E., Goubert, E., Armynot du Châtelet, E. (2006) – “Spatio-temporal Distribution of Benthic Foraminifera in Relation to Estuarine Dynamics (Vie Estuary, Vendée, W France)”. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Elsevier n.º 67, pp. 181-197.

Dias, J., Rodrigues, A., Magalhães, F. (1997) – “Evolução da linha de costa, em Portugal, desde o ultimo máximo glaciário: Síntese dos conhecimentos”. *Estudos do Quaternário*, nº 1, APEQ, pp. 53-66.

Diz, P., Francés, G., Rosón, G. (2006) – “Effects of Contrasting Upwelling-Downwelling on Benthic Foraminiferal Distribution in the Ría de Vigo (NW Spain)”. *Journal of Marine Systems* n.º 60, pp. 1-18.

Douglas, R. (1979) – “Benthic foraminiferal ecology and paleoecology” *in* Lipps, J., Berguer, W., Buzas, M., Douglas, R., Ross, C. (Edts.), *Foraminiferal Ecology and Paleocology*. SEPM short course n.º 6, Houston, 198 p.

- Duchemin, G., Jorissen, F., Redois, F., Debenay, J-P** (2005) – “Foraminiferal Microhabitats in a High Marsh: Consequences for Reconstructing Past Sea Levels”. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, n.º 226, pp 167-185.
- Fatela, F.** (1995) – “Contribution des Foraminifères benthiques profonds à la reconstitution des paléoenvironnements du Quaternaire récent de lá 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*, n.º 45, Elsevier, pp. 169-174.
- Freitas, M.** (1996) – “Lagunas Costeiras: Ambientes em Evolução”. Seminário Sobre Lagunas Costeiras e Ilhas-barreira da Zona Costeira de Portugal, Universidade de Aveiro, pp. 107-123.
- Granja, H.** (1996) – “A Laguna de Aveiro no contexto da evolução da zona costeira do noroeste de Portugal nos últimos milhares de anos”. Seminário Sobre Lagunas Costeiras e Ilhas-barreira da Zona Costeira de Portugal, Universidade de Aveiro, pp. 87-106.
- Goldstein, S.** (1999) – “Foraminifera: A biological overview”. *Modern Foraminifera*, Kluwer Academic Publishers, London, pp. 37-56.
- Haynes, J. R.** (1981) – “Foraminifera”. John Wiley & Sons, New York, 389 p.
- Hansen, H.** (1999) – “Shell construction in modern calcareous foraminifera”. *Modern Foraminifera*, Kluwer Academic Publishers, London, pp. 57-70.
- Hodson, D.** (2000) – “The place of Pratical work in Science Education”. Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências. Departamento de Metodologia da Educação, Universidade do Minho, Braga, pp. 29-41.
- ICN** (2003) – “Revisão do Plano de Ordenamento do Parque Natural da Ria Formosa”. Volume 1 – Caracterização, pp. 126-138.
- Jones, R. W.** (1994) – “The Challenger Foraminifera”. *The Natural History Museum of London*. Oxford Univerity Press, 151p.
- Kennish, M.** (2001) – “Practical Handbook of Marine Science”. Institute of Marine and Coastal Sciences, third edition, Rutgers University, New Jersey, 876 p.
- Kuroyanagi, A., Kawahata, H., Narita, H., Ohkushi, K., Aramaki, T.** (2006) – “Reconstruction of paleoenvironmental changes based on the planktonic foraminiferal assemblages off Shimokita (Japan) in the northwestern North Pacific”. Elsevier, *Global and Planetary Change*, n.º 53, pp. 92–107.

- Laprida, C., Chapori, N., Violante, R., Compagnucci, R.** (2007) – “Mid-Holocene evolution and paleoenvironments of the shoreface–offshore transition, north-eastern Argentina: New evidence based on benthic microfauna”. Elsevier, *Marine Geology*, n.º 240, pp. 43–56.
- Larson, H.** (1994) – “Zoologia Principios Integrales”. Interamericana McGraw-Hill, 3ª Edição, 1174 p.
- Legoinha, P.** (2001) – “Biostratigrafia de Foraminíferos do Miocénico de Portugal (Baixo Tejo e Algarve)”. Dissertação apresentada para obtenção do Grau de Doutor em Geologia, especialidade de Estratigrafia e Paleobiologia, pela Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 241 p.
- Leorri, E., Cearreta, A.** (2004) – “Holocene environmental development of the Bilbao estuary, northern Spain: sequence stratigraphy and foraminiferal interpretation”. Elsevier, *Marine Micropaleontology*, n.º 51, pp. 75–94.
- Lin, J.** (1992) – “Paleoecology, paleoclimate and paleogeography of Quaternary foraminiferal faunas in China. Ph. D. Thesis, Free University of Brussels, 152 p.
- Loubere, P., Fariduddin, M.** (1999) – “Benthic Foraminifera and the flux of organic Carbon to the Seabed”. *Modern Foraminifera*, Kluwer Academic Publishers, London, pp. 181-200.
- Magurren, A.** (1991) – “Ecological Diversity and its Measurement”. Chapman and Hall, Princeton University Press, 179 p.
- Marques, M.** (2004) – “Influência da Salinidade ao Longo do Rio Arade, na Distribuição dos Foraminíferos Bentónicos”. Relatório de estágio do curso de Biologia Marinha e Pescas, Universidade do Algarve, Faro, 45 p.
- Martins, M.** (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, 440p.
- Martins, M.** (2004) - "Foraminíferos da Margem Continental NW Ibérica: sistemática, ecologia e distribuição". Celso Gomes, 369 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*, n.º 51, pp. 171-192.
- Mendes, J.** (1988) – “Paleontologia Básica”. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 347p.

- Moreira, M.** (1996) – “Um olhar sobre as lagunas costeiras portuguesas: usos e recursos”. Seminário Sobre Lagunas Costeiras e Ilhas-barreira da Zona Costeira de Portugal, Universidade de Aveiro, pp 125-126.
- Muzavor, S.** (1986) – “Lagunas Costeiras: O Caso Particular da Ria Formosa”. Os Sistemas Lagunares do Algarve, textos e resumos do seminário comemorativo do dia Mundial do Ambiente 5 a 7 Junho de 1985, Universidade do Algarve, Faro, pp. 5-10.
- Nichols, M., Allen, G.** (1981) – “Sedimentary processes in coastal lagoons”. Proceedings of coastal lagoon Research. Present and Future, UNESCO Technical Papers in Marine Science, n.º 33, pp. 27-80.
- Parker, W., Arnold, A.** (1999) – “Quantitative Methods of data analysis in foraminiferal ecology”. Modern Foraminifera, Kluwer Academic Publishers, London, pp. 71- 91.
- Pedrinaci, E., Sequeiros, L., Torre, E.** (1994) – “El Trabajo de Campo y el aprendizaje de la Geología”. Alambique 2, pp. 37-45.
- Pereira, L.** (2002) – “Distribuição dos Foraminíferos Bentónicos no Sapal da Ria Formosa”. Tese de Licenciatura em Biologia Marinha e Pescas, Universidade do Algarve, FCMA, 42 p.
- Perillo, G.** (1996) – “Definitions and geomorphologic classifications of estuaries”. Geomorphology and Sedimentology of Estuaries, Elsevier, Amsterdam, chapter 2, pp.17-47.
- Pinto, J.** (1995) – “As comunidades de aves aquáticas nidificantes na Ribeira de São Lourenço (Ludo), Vilamoura e Quinta do Lago”. Relatório de estágio do curso de Licenciatura em Biologia Marinha e Pescas. Universidade do Algarve, 67 p.
- Popp, J.** (1987) – “Introdução ao Estudo da Estratigrafia e da Interpretação de Ambientes de Sedimentação”. Editora da UFPR 323 p.
- Ramos, J.** (1989) – “Ecologia e Conservação do Caimão Comum (*Porphyrio porphyrio*), com especial referência ao Ludo, Parque Natural da Ria Formosa”. Relatório de Estágio do curso de Licenciatura em Biologia Marinha e Pescas, Universidade do Algarve, Faro, 78 p.
- Raposo, H., Paiva, A., Pascoal, A., Correia, A., Carqueigeiro, E., Tavora, J., Cabral, J., Jesus, J., Carvalho, L.** (1986) – “Parque Natural da Ria Formosa Plano de Ordenamento”. Serviço Nacional de Parques Reservas e Conservação da Natureza, Secretaria de Estado do Ambiente e Recursos Naturais, Ministério do Plano e da Administração do Território, 103 p.

- Ruiz, F., González-Regalado, M. L., Pendón, J. G., Abad, M., Olías, M., Muñoz, J. M.** (2005) – “Correlation Between Foraminifera and Sedimentary Environments in Recent Estuaries of Southwestern Spain: Applications to Holocene Reconstructions”. *Quaternary International*, n.º 140-141, pp.21-36.
- Samir, A., Abdou, H., Zazou, Z., El-Menhawey, W.** (2003) – “Cluster analysis of recent benthic foraminifera from the northwestern Mediterranean coast of Egypt”. Elsevier, *Revue de micropaléontologie*, n.º 46, pp. 111–130.
- Scott, D. B., Medioli, F.** (1980) – “Eastern Canadian Estuarine Foraminifera: a Framework for Comparison”. *Journal of Foraminifera Research*, vol n.º10, n.º 3, pp. 205-234.
- Scott, D. B., Hermelin, J. O.** (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.
- Sen Gupta, B. K.** (1999) – “Modern Foraminifera”, Kluwer Academic Publishers, London, 371 p.
- Seyve, C.** (1990) – “Introdução à Micropaleontologia”, Elf Equitaine, Luanda 231 p.
- Silva, C., Amador, F., Baptista, J., Valente, R.** (2003) – “Programa de Biologia e Geologia – 11º ano”. Lisboa, Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário.
- Schröder-Adams, C.** (2006) – “Estuaries of the past and present: A biofacies perspective”. Elsevier, *Sedimentary Geology*, n.º 190, pp. 289–298.
- Southall, K., Gehrels, W., Hayward, B.** (2006) – “Foraminifera in a New Zealand Salt Marsh and Their Suitability as Sea-Level Indicators”. *Marine Micropaleontology*, n.º 60, pp.167-179.
- Toledo, F., Cachão, M., Costa, K., Pível, M.** (2007) – “Planktonic foraminifera, calcareous nannoplankton and ascidian variations during the last 25 kyr in the Southwestern Atlantic: A paleoproductivity signature?”. Elsevier, *Marine Micropaleontology*, n.º 64, pp. 67–79.
- Tsujimoto, A., Nomura, R., Yasuhara, M., Yamazaki, H., Yoshikawa, S.,** (2006) – “Impact of eutrophication on shallow marine benthic foraminifers over the last 150 years in Osaka Bay, Japan”. Elsevier, *Marine Micropaleontology*, n.º 60 pp. 258–268.

Varela, C. (2004) – “Influência do Confinamento na Distribuição actual dos foraminíferos Bentónicos nas ilhas Barreira”. Relatório de estágio do curso de Licenciatura em Biologia Marinha e Pescas, Universidade do Algarve, Faro, 47 p.

Vicente, C. (1996) – “Ria Formosa. Caracterização da Diâmica Lagunar”. Seminário Sobre Lagunas Costeiras e Ilhas-barreira da Zona Costeira de Portugal, Universidade de Aveiro, pp 39-52.

Webb, P., Strong, C. (2006) – “Foraminiferal biostratigraphy and palaeoecology in Upper Oligocene–Lower Miocene glacial marine sequences 9, 10, and 11, CRP-2/2A drill hole, Victoria Land Basin, Antarctica”. Elsevier, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, n.º 231 pp. 71 – 100.

Wiegert, R., Pomeroy, L., Wiebe, W. (1981) – “Ecology of Salt Marshes: An introduction”. In: The Ecology of a Salt Marsh. Ed. Pomeroy, L. e Wiegert, R. Springer-Verlag, pp. 3-19.

Wightman, W., (1990) – “Estuarine and Marsh foraminifera from the lower cretaceous of the Lusitanian Basin, West Portugal”. In: Paleocology, Biostratigraphy, Paleooceanography and Taxonomy of Agglutinated Foraminifera. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp. 739-764.

Anexos

Anexo 1

Tabela I – Descrição microscópica do sedimento para cada amostra da sondagem L3.

Tabela II – Descrição microscópica do sedimento para cada amostra da sondagem L6.

Anexo 1

Tabela I – Descrição microscópica do sedimento para cada amostra da sondagem L3.

Profundidade (cm)	Descrição microscópica do sedimento	
	> 63 μ	> 500 μ
25	Amostra muito arenosa, com poucas micas. Os grãos de quartzo hialino são pouco rolados e apresentam diferentes granulometrias. Pouca matéria orgânica (raízes partículas de carvão e sementes). Foraminíferos calcários (de pequenas dimensões). Poucos bioclastos algumas espículas.	Quartzo hialino e leitoso (um pouco anguloso). Alguma matéria orgânica (raízes). Muitos bioclastos (fragmentos de conchas).
50	Amostra muito arenosa, com grãos de quartzo angulosos e hialinos de diferentes dimensões. Algumas micas, pouca matéria orgânica (partículas de carvão), com alomerados de sedimentos (argila). Sem bioclastos, aparentemente sem foraminíferos.	Pouco sedimento, quartzo anguloso e hialino de diferentes granulometrias. Sem matéria orgânica (poucas partículas de carvão), sem bioclastos.
65	Amostra muito arenosa, grãos de quartzo anguloso e hialino com diferentes granulometrias, com algumas micas, pouca matéria orgânica (algumas partículas de carvão), sem bioclastos e sem foraminíferos.	Sedimento grosseiro com muito quartzo anguloso e hialino, com alguns minerais incrustados. Sem matéria orgânica e sem bioclastos
95	Amostra muito arenosa, com grãos de quartzo hialino não muito rolados. Com muita matéria orgânica de origem vegetal (raízes e algumas partículas de carvão). Aglomerados de sedimento (argila). Com poucos bioclastos (fragmentos de conchas e valvas de bivalves). Poucos foraminíferos calcários.	Amostra arenosa com grãos de quartzo pouco rolados. Com poucos bioclastos (um fragmento de concha). Sem matéria orgânica.
130	Amostra arenosa com quartzo hialino um pouco anguloso e de granulometrias diferentes. Com muita matéria orgânica (partículas de carvão e raízes). Muitos bioclastos (fragmentos de conchas e búzios).	Amostra arenosa com grãos de quartzo angulosos. Pouca matéria orgânica de origem vegetal (carvão). Muitos bioclastos (fragmentos de conchas e búzios).
140	Sedimento arenoso, com quartzo pouco rolado e algumas micas, com muita matéria orgânica (raízes) e sem bioclastos. Alguns aglomerados de sedimentos (argila). Presença de aglutinados e de forros internos. A matéria orgânica e os foraminíferos são piritizados.	Quartzo pouco rolado com diferentes granulometrias. Alguma matéria orgânica (raízes). Sem bioclastos.
185	Amostra arenosa com muitos grãos de quartzo hialino pouco rolado. Muita matéria orgânica (raízes e carvão). Com algumas micas e bioclastos (búzios e fragmentos de conchas) algumas diatomáceas piritizadas e poucos ostracodes. Com foraminíferos calcários.	Grãos de quartzo pouco rolados, alguns bioclastos (búzios e fragmentos de conchas). Pouca matéria orgânica (detritos vegetais).
220	Amostra arenosa com muitos bioclastos (búzios e fragmentos de conchas) e muita matéria orgânica (detritos vegetais). Com quartzo anguloso e hialino. Alguns ostracodes e muitos foraminíferos calcários.	Com muito quartzo hialino, pouca matéria orgânica (partículas de carvão) e muitos bioclastos (búzios e fragmentos de conchas).
270	Amostra arenosa com muitos bioclastos (búzios e fragmentos de conchas), com alguns grãos de quartzo anguloso. Sem matéria orgânica.	Amostra constituída basicamente por bioclastos (búzios e fragmentos de conchas), com alguns grãos de quartzo anguloso, sem matéria orgânica.
322	Amostra arenosa com grãos de quartzo pouco rolados e de diferentes granulometrias, algumas	Grãos de quartzo hialino pouco rolados e de diferentes dimensões.

	micas. Pouca matéria orgânica, muitos bioclastos (fragmentos de conchas). Muitos ostracodes, diatomáceas e foraminíferos calcários (alguns piritizados).	Pouca matéria orgânica. Muitos gastrópodes e muitos bioclastos.
362	Amostra pouco arenosa, com muita matéria orgânica (raízes e detritos vegetais), com pirite e quartzo anguloso. Com alguns forros internos e poucos foraminíferos calcários.	Amostra com pouco sedimento, alguns grãos de quartzo anguloso e hialino, com alguns bioclastos e alguma matéria orgânica.
420	Sedimento arenoso, com quartzo (anguloso e de diferentes dimensões), pirite, micas e micaxisto. Com muita matéria orgânica piritizada (detritos vegetais).	Pouco sedimento, quartzo anguloso. Pouca matéria orgânica (raízes) e muitos bioclastos.
460	Amostra pouco arenosa, com muita matéria orgânica. Com muitos aglomerados (argila), quartzo anguloso e pirite. Com alguns foraminíferos aglutinados e poucos foraminíferos calcários.	Amostra constituída basicamente por aglomerados de sedimento (argila), com pouca matéria orgânica. Com alguns grãos de quartzo anguloso e sem bioclastos.
525	Amostra arenosa mas com pouco sedimento com pirite. Os grãos de quartzo são angulosos e hialinos com diferentes granulometrias. Com muita matéria orgânica (raízes e carvão), com alguns bioclastos (búzios e fragmentos de conchas). Com alguns ostracodes, foraminíferos calcários e aglutinados.	Amostra com grãos de quartzo hialino angulosos e aglomerados de sedimento (argila). Com bioclastos (fragmentos de búzios e de conchas). Com alguma matéria orgânica de origem vegetal.

Tabela II – Descrição microscópica do sedimento para cada amostra da sondagem L6.

Profundidade (cm)	Descrição microscópica do sedimento	
	> 63 μ	> 500 μ
60	Amostra extremamente arenosa (com algumas micas), com alguma matéria orgânica (raízes, sementes e algumas partículas de carvão), com muitos bioclastos: fragmentos de conchas, búzios, valvas de bivalves, com ostracodes e com muitos foraminíferos calcários e alguns miliolídeos.	Amostra constituída basicamente por matéria orgânica (raízes e algumas partículas de carvão) e bioclastos (fragmentos de conchas, gastrópodes e valvas de bivalves). Com grãos de quartzo pouco rolado. Alguns foraminíferos calcários
155	Amostra constituída por pequenos aglomerados de sedimento argiloso de cor escura e por quartzo pouco rolado. Alguma matéria orgânica (raízes e partículas de carvão) muitos bioclastos (gastrópodes, fragmentos de conchas) com ostracodes e com algumas sementes. Com foraminíferos calcários e com alguns miliolídeos.	Amostra sem sedimentos. Com matéria orgânica (raízes) e bioclastos (fragmentos de conchas e gastrópodes).
225	Amostra com grãos de quartzo pouco rolados. Com alguma matéria orgânica (raízes e partículas de carvão) com ostracodes e espículas de ouriços-do-mar. Com muitos foraminíferos calcários (alguns com pirite)	Amostra com bioclastos (fragmentos de conchas e búzios), com pouca matéria orgânica (algumas raízes), com coral e poucos aglomerados de sedimento (argila).
320	Amostra extremamente arenosa (quartzo pouco rolado), com pouca matéria orgânica (algumas raízes e partículas de carvão). Com muitos bioclastos (gastrópodes, fragmentos de conchas e búzios). Com muitos ostracodes, com algumas sementes e espículas de ouriços-do-mar. Muitos foraminíferos calcários.	Amostra constituída por bioclastos (gastrópodes, fragmentos de conchas, búzios, valvas de bivalves), sem matéria orgânica. Algumas pinças de caranguejo, coral, espículas de ouriços-do-mar. Com quartzo pouco rolado e alguns foraminíferos.

Anexo 2

Figura 1 – Descrição da sondagem L1.

Figura 2 – Descrição da sondagem L2.

Figura 3 – Descrição da sondagem L3.

Figura 4 – Descrição da sondagem L4.

Figura 5 – Descrição da sondagem L5.

Figura 6 – Descrição da sondagem L6.

Tabela I – Resultados da análise granulométrica, obtidos através do Malvern Mastersizer.

Tabela II – Escala de granulometria.

Anexo 2

Figura 1 – Descrição da sondagem L1.

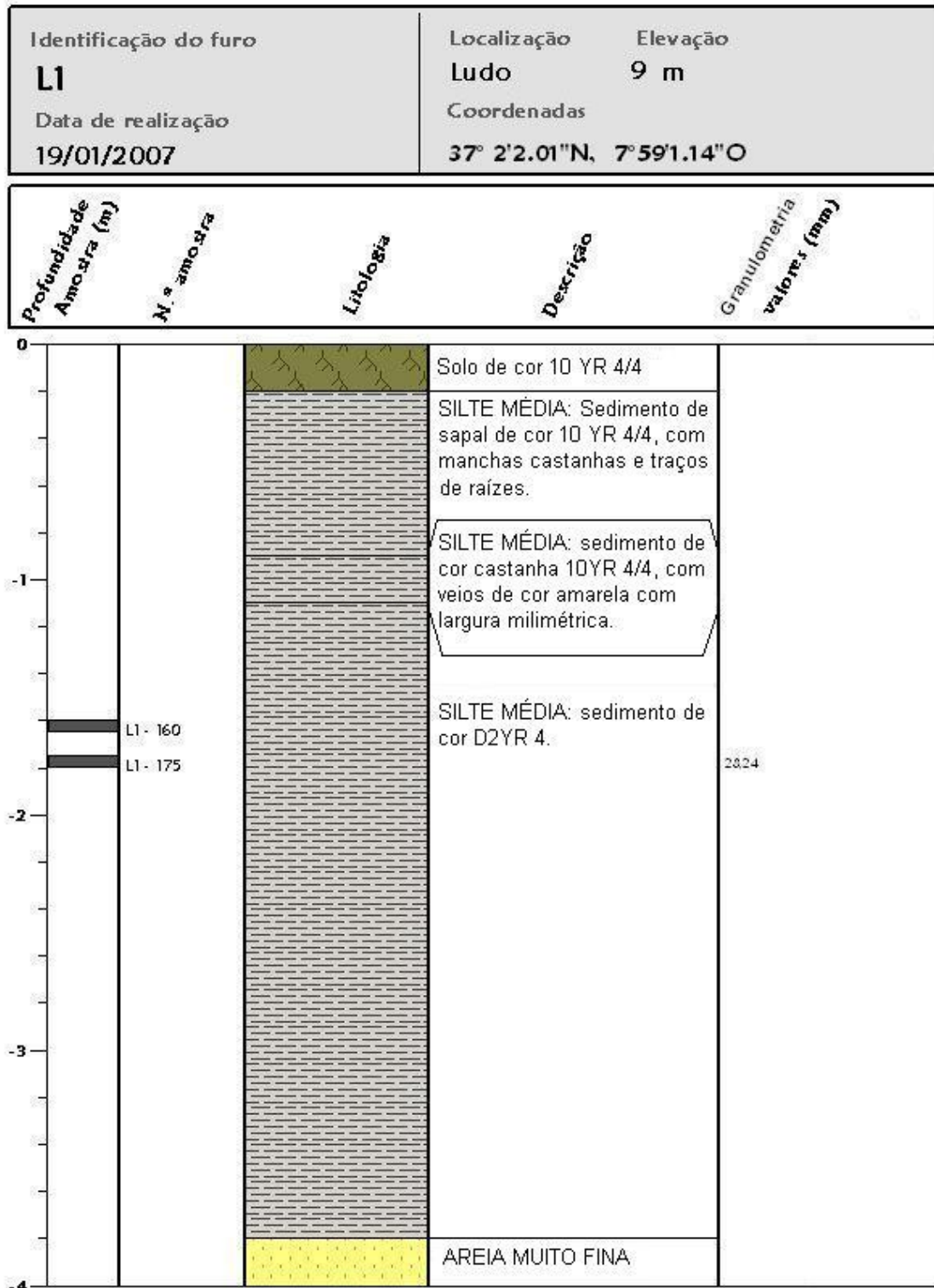


Figura 2 – Descrição da sondagem L2.

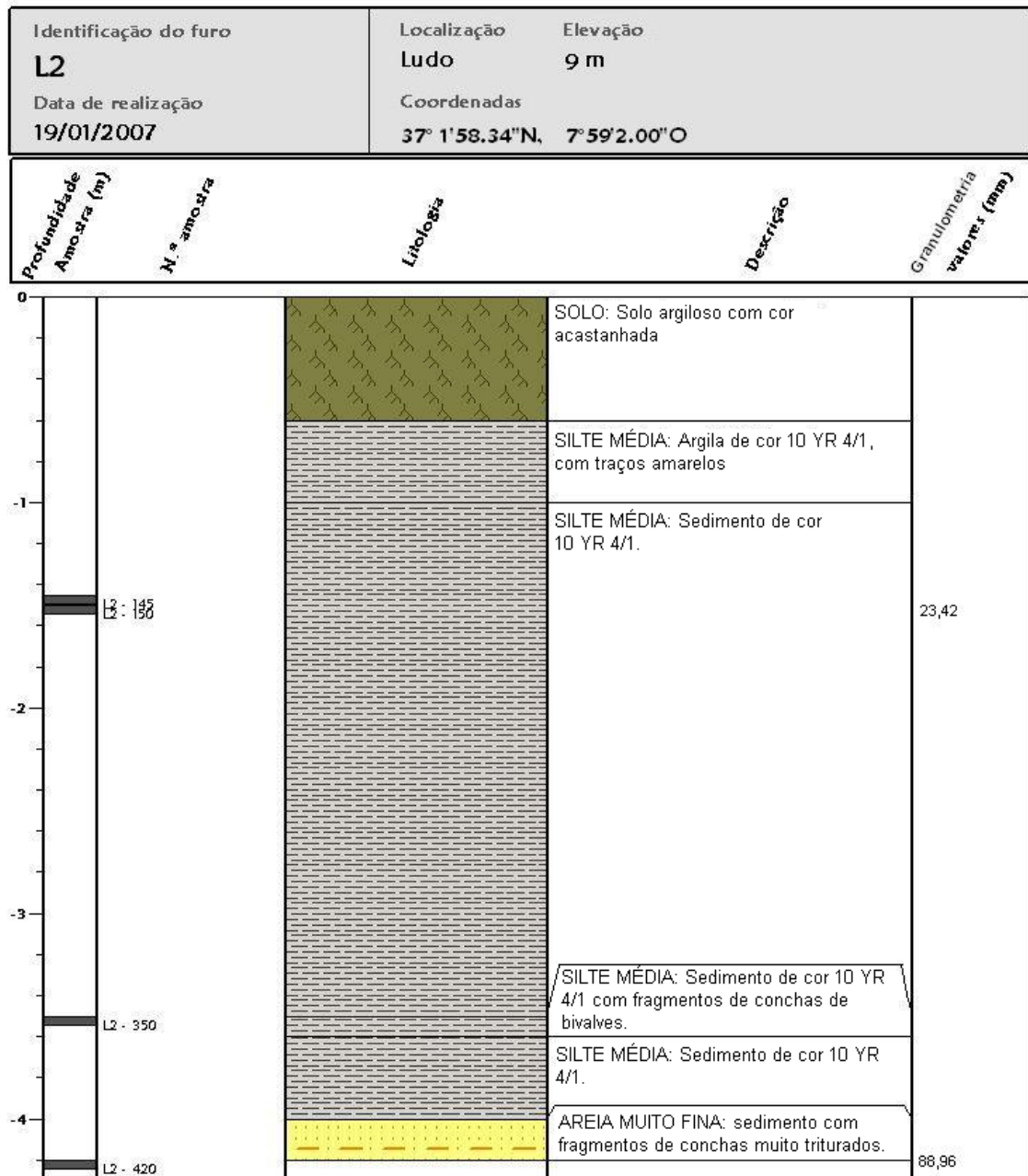
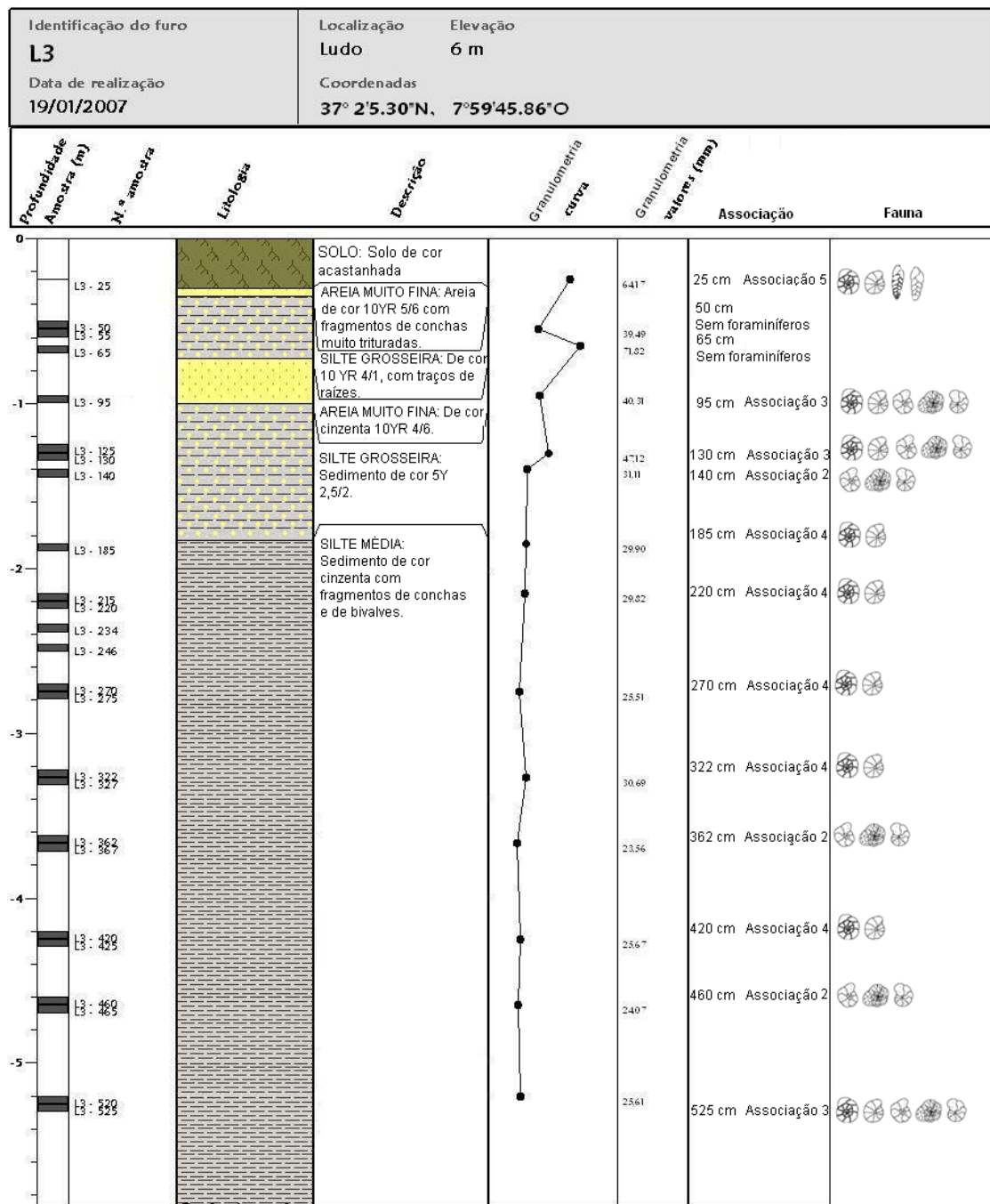


Figura 3 – Descrição da sondagem L3.



Legenda:

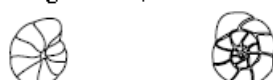
Associação 2 - *Trochamina macrescens*, *Trochamina inflata*, *Trochamina* sp. e Forros internos.



Associação 3 - *Haynesina germanica*, *Ammonia beccarii*, *Trochamina macrescens*, *Trochamina inflata* e *Trochamina* sp.



Associação 4 - *Haynesina germanica*, *Ammonia beccarii*



Associação 5 - *Haynesina germanica*, *Ammonia beccarii* e espécies exóticas.



Figura 4 – Descrição da sondagem L4.

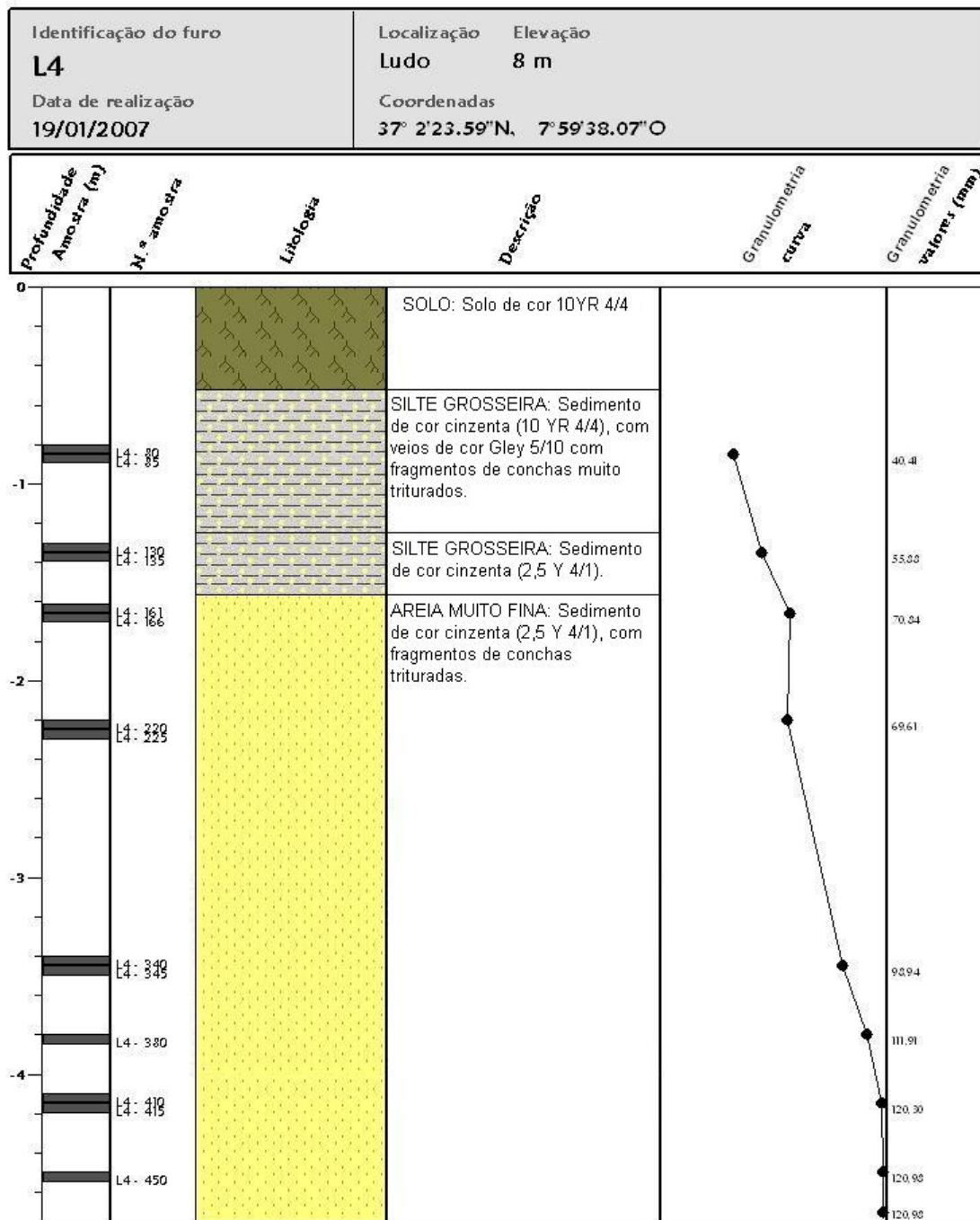


Figura 5 – Descrição da sondagem L5.

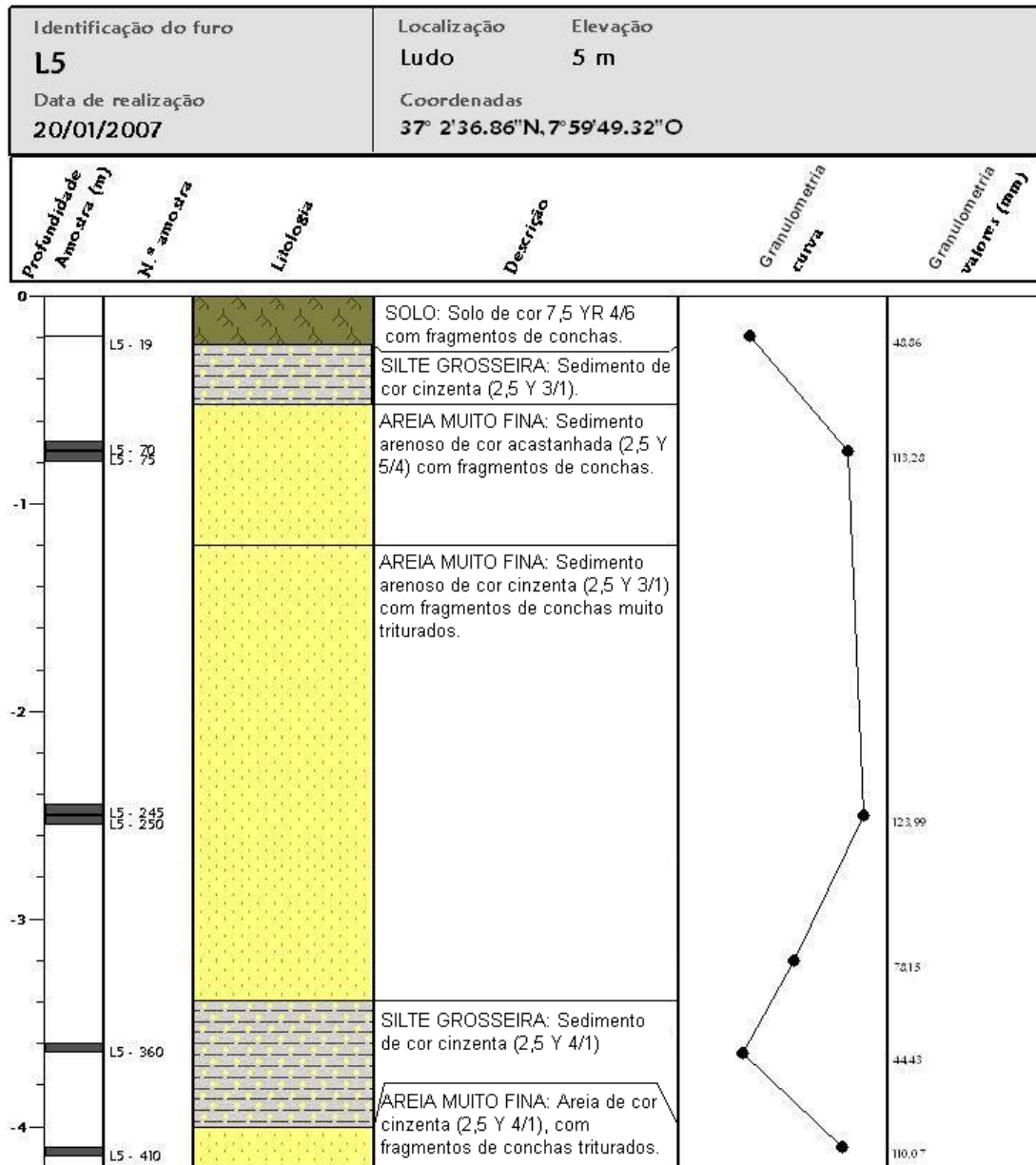
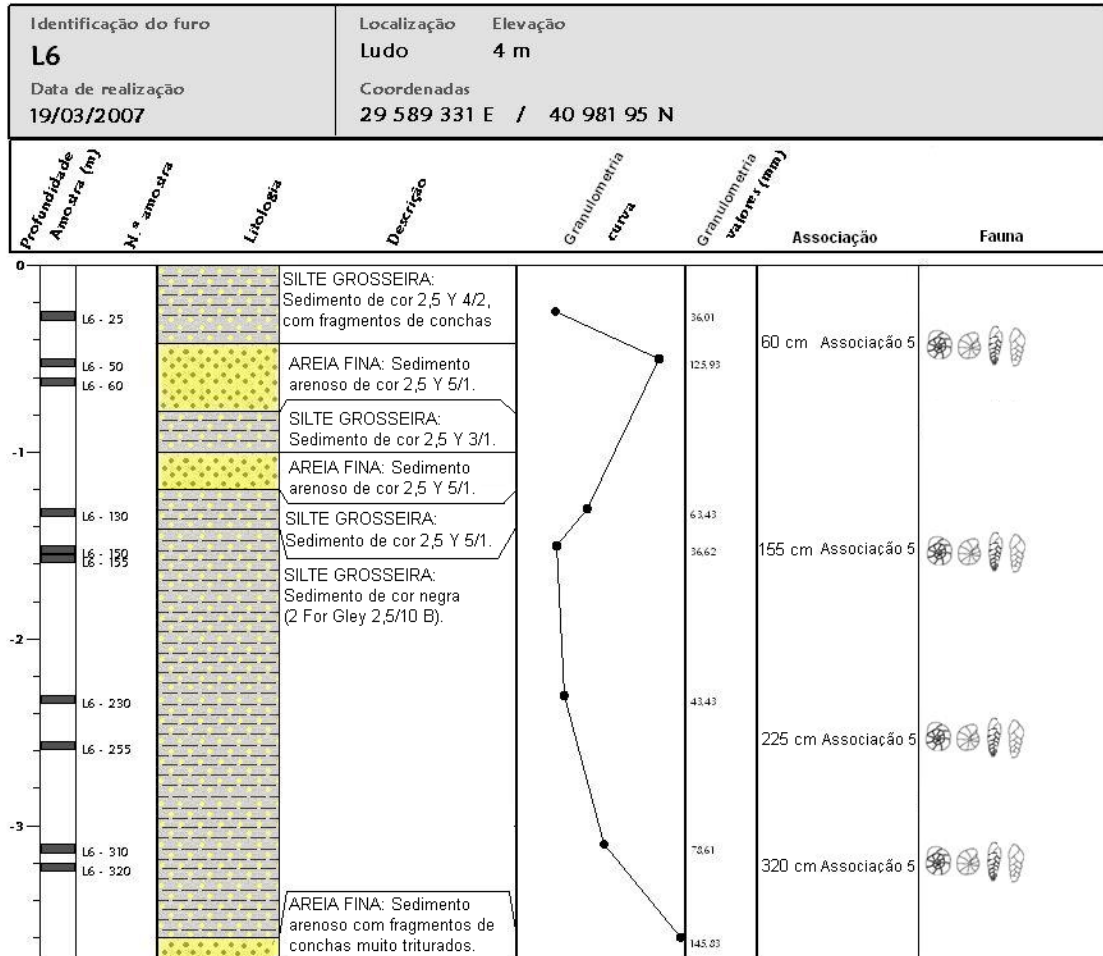


Figura 6 – Descrição da sondagem L6.



Legenda:

Associação 5 - *Hyalinesina germanica* *Ammonia beccarii* e espécies exóticas.



Tabela I – Resultados da análise granulométrica, obtidos através do Malvern Mastersizer.

Sondagem	Profundidade (cm)	Média dos diâmetros (μm)
L1	175	28,24
L2	145	23,42
L2	420	88,96
L3	25	64,17
L3	55	39,49
L3	65	71,82
L3	95	40,31
L3	130	47,12
L3	140	31,11
L3	185	29,9
L3	215	29,82
L3	275	25,51
L3	327	30,69
L3	367	23,56
L3	425	25,67
L3	465	24,07
L3	520	25,61
L4	85	40,41
L4	135	55,88
L4	166	70,84
L4	220	69,61
L4	345	98,94
L4	380	111,91
L4	415	120,3
L4	450 a 470	120,98
L5	19	48,86
L5	75	113,28
L5	250	123,99
L5	320	78,15
L5	365	44,43
L5	410	110,07
L6	25	36,01
L6	50	125,93
L6	130	63,43
L6	150	36,62
L6	230	43,43
L6	310	78,61
L6	360	145,83

Tabela II – Escala de granulometria.

0,5 mm <	Areia Grosseira	< 1 mm
0,25 mm <	Areia Média	< 0,5 mm
0,125 mm <	Areia Fina	< 0,25 mm
0,0624 mm <	Areia Muito Fina	< 0,125 mm
0,0312 mm <	Silte Grosseira	< 0,0624 mm
0,0158 mm <	Silte Média	< 0,0312 mm
0,008 mm <	Silte Fina	< 0,0158 mm
0,004 mm <	Silte Muito Fina	< 0,008 mm
0 mm <	Argila	< 0,004 mm

ou:

500 µm <	Areia Grosseira	< 1000 µm
250 µm <	Areia Média	< 500 µm
125 µm <	Areia Fina	< 250 µm
62,4 µm <	Areia Muito Fina	< 125 µm
31,2 µm <	Silte Grosseira	< 62,4 µm
15,8 µm <	Silte Média	< 31,2 µm
8 µm <	Silte Fina	< 15,8 µm
4 µm <	Silte Muito Fina	< 8 µm
0 µm <	Argila	< 4 µm

Anexo 3

Tabela I – Densidade faunística na sondagem L3 (número de indivíduos por *taxa* em cada amostra de 10 cm³).

Tabela II – Densidade faunística na sondagem L6 (número de indivíduos por *taxa* em cada amostra de 10 cm³).

Lista de espécies

Anexo 3

Tabela I – Densidade faunística na sondagem L3 (número de indivíduos por *taxa* em cada amostra de 10 cm³).

Profundidade (cm)	25	50	65	95	130	140	185	220	270	322	362	420	460	525
Nº total de indivíduos contados	1333	2	0	170	778	375	313	1686	1383	442	312	434	310	280
Estimativado nº total mín./10cc	10664	2	0	170	778	1500	2504	13488	11064	3536	416	3472	413	1120
Taxa	17	2	0	11	14	6	12	14	17	13	9	12	10	13
<i>Ammobaculites</i> sp.					3			5	11		1		2	
<i>Ammonia beccarii</i>	233			30	27		115	876	776	218	2	167	1	89
<i>Arenoparella mexicana</i>				1	3								1	2
<i>Brizalina</i> sp.	88	1						12	15	1		1		
<i>Buliminella elegantissima</i>									4	1				
<i>Bolivina</i> sp.	26									1				
<i>Cassidulina</i> sp.	3													
<i>Asterigerinata mamilla</i>	141	1												
<i>Discorbis</i> sp.	68			10			3	2	6					
<i>Elphidium spp. marinhos</i>	2								3					
<i>Elphidium spp.intertidal</i>	20			9	9		8	74	41	11	2	28	1	6
<i>Elphidium</i> sp.	1			17	14			3	4			2		9
<i>Fissurina</i> sp.	44						1	47	19	7		5		1
<i>Haplophragmoides</i> sp.					1	4								
<i>Haynesina germanica</i>	659			16	81		156	621	461	172	1	143	1	70
<i>Nonion</i> sp.									1					
<i>Quinqueloculina seminulum</i>							1	5		5				1
<i>Reophax</i> sp.									1					
<i>Rosalina globularis</i>	1													
<i>Rosalina</i> sp.	2													
<i>Trifarina</i> sp.	1													
<i>Trochammina inflata</i>				7	16	43	1				48		17	3
<i>Trochammina macrescens</i>				5	9	13					42		13	6
<i>Trochammina</i> sp.				31	58	41	3	5		7	75	37	52	37
Indeterminados aglutinados					3	9	1	2	14	1	22	11		12
Indeterminados calcários	25			5	10		8	29	4	1		28	1	9
Forros Internos	1			39	542	265	13	1	13	13	119	9	221	35
Miliolideos					2		3	4	6	4		2		
Planctónicos	18								4			1		



Amostra sem valor estatístico

Tabela II – Densidade faunística na sondagem L6 (número de indivíduos por *taxa* em cada amostra de 10 cm³).

Profundidade (cm)	60	155	225	320
Nº total de indivíduos contados	405	238	262	269
Estimativado nº total mín./10cc	6480	1904	4192	4304
Taxa	32	32	31	33
<i>Ammobaculites</i> sp.	2		1	1
<i>Ammonia beccarii</i>	27	2	11	21
<i>Ammonia beccarii</i> var <i>beccarii</i>				8
<i>Brizalina</i> spp.	8	9	9	3
<i>Bulimina</i> spp.	1	2	2	
<i>Buliminella elegantissima</i>		2		
<i>Bolivina</i> spp.	13	22	14	3
<i>Cassidulina</i> sp.	1	1	1	
<i>Cibicides lobatulus</i>	16		1	12
<i>Cibicides</i> sp.		6	13	10
<i>Cibicoides</i> sp.				2
<i>Discorbinella</i>	20	7	15	10
<i>Asterigerinata mamilla</i>	81	16	40	18
<i>Discorbis</i> sp.	5	4	15	16
<i>Elphidium</i> spp.intertidal	15	4	2	16
<i>Elphidium</i> spp. marinhos	7		2	10
<i>Elphidium</i> sp.	2	4	12	4
<i>Fissurina</i> sp.	3	9	2	
<i>Glabratela</i> sp.	1	2		2
<i>Globulimina</i> cf. <i>pacifica</i>				1
<i>Haynesina depressula</i>	4			
<i>Haynesina germanica</i>	33	24	10	28
<i>Lagena</i> sp.		1		
<i>Massalina secans</i>			2	8
<i>Nonion</i> spp.		2		
<i>Oolina</i> cf. <i>squamosa</i>				1
<i>Planorbulina mediterraniensis</i>	32	2	8	12
<i>Quinqueloculina seminulum</i>	13	12	7	5
<i>Reophax</i> sp.	2	3	2	
<i>Rosalina globularis</i>	12	4	11	10
<i>Rosalina</i> sp.	12	7	4	
<i>Spirillina</i> sp.	3	14	8	4
<i>Spiroculina</i> sp.			1	1
<i>Textularia</i> sp.				1
<i>Trifarina</i> sp.	1	1		1
<i>Tiphotrocha comprimata</i>		1	1	
<i>Trochammina macrescens</i>	1	2		1
<i>Lepidodeuterammina ochracea</i>	8	19	15	3
<i>Trochammina</i> sp.	2		4	
Indeterminados aglutinados	6	14	3	5
Indeterminados calcários	50	21	23	27
Forros internos	2	4		1
Miliolídeos	7	8	16	19
Planctónicos	15	9	7	5

Lista de espécies:

Espécies Aglutinadas

Ammobaculites sp.
Arenoparella mexicana (Kornfeld)
Haplophragmoides sp. (Cushman, 1910)
Lepidodeuterammmina ochracea
Reophax sp.
Textularia sp. (Defrance, 1824)
Tiphotrocha comprimata
Trochammina inflata (Montagu, 1808)
Trochammina macrescens (Brady, 1870)
Trochammina sp.

Espécies calcárias porcelanosas

Massilina secans
Quinqueloculina agglutinans
Quinqueloculina costata
Quinqueloculina seminulum
Quinqueloculina sp. (d'Orbigny, 1826)
Spiroculina sp.

Miliolideos (corresponde ao grupo de porcelanosos que não se conseguiu identificar, então agrupamos num *taxa* e são todos calcários porcelanosos).

Forros Internos (corresponde ao interior orgânico de Foraminíferos, como não têm carapaça não é possível identificar se se trata de um foraminífero calcário ou aglutinado.)

Espécies calcárias hialinas

Ammonia beccarii (Linné, 1758)
Ammonia beccarii var beccarii
Asterigerinata mamilla (Williamson, 1858)
Bolivina dilatata (Reuss, 1850)
Bolivina pseudoplicata
Bolivina robusta
Bolivina sp. (d'Orbigny, 1839)
Brizalina pseudodoplicata (Heron-Allen e Earland, 1930)
Brizalina sp. (Costa, 1856)
Brizalina spathulata (Williamson, 1858)
Bulimina costata
Bulimina elongata (d'Orbigny, 1846)
Bulimina sp. (d'Orbigny, 1826)
Buliminella elegantissima
Cassidulina sp. (d'Orbigny, 1826)
Cibicides lobatulus (Walker e Jacob, 1798)
Cibicides sp. (Monfort, 1808)
Cibicidoides sp.
Discorbinella sp. (Cushman e Martin, 1935)
Discorbis sp. (Lamarck, 1804)
Elphidium complanatum (d'Orbigny, 1839)
Elphidium crispum (Linné, 1758)
Elphidium discoidale (d'Orbigny, 1839)
Elphidium excavatum (Terquem, 1876)
Elphidium poeyann
Elphidium sp. (Monfort, 1808)
Elphidium williamsoni
Fissurina sp. (Reuss, 1850)
Glabratela sp. (Dorreen, 1948)
Globulimina pacifica
Haynesina depressula
Haynesina germanica (Ehrenberg, 1840)
Lagena sp. (Walker e Jacob, 1798)
Nonion sp. (Monfort, 1808)
Nonion commune
Oolina squamosa (Montagu, 1803)
Planorbulina mediterraniensis (d'Orbigny, 1826)
Rosalina globularis
Rosalina sp. (d'Orbigny, 1826)
Spirillina sp. (Ehrenberg, 1843)
Trifarina sp. (Cushman, 1923)

Planctónicos (corresponde ao grupo de foraminíferos planctónicos que não se conseguiram identificar, sendo todos calcários).

Anexo 4

Tabela I – Abundância Relativa na sondagem L3.

Tabela II – Abundância Relativa na sondagem L6.

Anexo 4

Tabela I – Abundância Relativa na sondagem L3.

Profundidade (cm)	25	50	65	95	130	140	185	220	270	322	362	420	460	525
Nº total de indivíduos contados	1333	2	0	170	778	375	313	1686	1383	442	312	434	310	280
<i>Ammobaculites</i> sp.				0,39				0,30	0,80		0,32		0,65	
<i>Ammonia beccarii</i>	17,48			17,65	3,47		36,74	51,96	56,11	49,32	0,64	38,48	0,32	31,79
<i>Arenoparella mexicana</i>				0,59	0,39								0,32	0,71
<i>Brizalina</i> sp.	6,60	50,00						0,71	1,08	0,23		0,23		
<i>Buliminella elegantissima</i>									0,29	0,23				
<i>Bolivina</i> sp.	1,95									0,23				
<i>Cassidulina</i> sp.	0,23													
<i>Asterigerinata mamilla</i>	10,58	50,00												
<i>Discorbis</i> sp.	5,10			5,88			0,96	0,12	0,43					
<i>Elphidium</i> spp. marinhos	0,15								0,22					
<i>Elphidium</i> spp. intertidal	1,50			5,29	1,16		2,56	4,39	2,96	2,49	0,64	6,45	0,32	2,14
<i>Elphidium</i> sp.	0,08			10,00	1,80			0,18	0,29			0,46		3,21
<i>Fissurina</i> sp.	3,30						0,32	2,79	1,37	1,58		1,15		0,36
<i>Haplophragmoides</i> sp.				0,13	1,07									
<i>Haynesina germanica</i>	49,44			9,41	10,41		49,84	36,83	33,33	38,91	0,32	32,95	0,32	25,00
<i>Nonion</i> sp.									0,07					
<i>Quinqueloculina seminulum</i>							0,32	0,30		1,13				0,36
<i>Reophax</i> sp.									0,07					
<i>Rosalina globularis</i>	0,08													
<i>Rosalina</i> sp.	0,15													
<i>Trifarina</i> sp.	0,08													
<i>Trochammina inflata</i>				4,12	2,06	11,47	0,32				15,38		5,48	1,07
<i>Trochammina macrescens</i>				2,94	1,16	3,47					13,46		4,19	2,14
<i>Trochammina</i> sp.				18,24	7,46	10,93	0,96	0,30		1,58	24,04	8,53	16,77	13,21
Indeterminados aglutinados				0,39	2,40	0,32	0,12	1,01	0,23	7,05	2,53			4,29
Indeterminados calcários	1,88			2,94	1,29		2,56	1,72	0,29	0,23		6,45	0,32	3,21
Forros Internos	0,08			22,94	69,67	70,67	4,15	0,06	0,94	2,94	38,14	2,07	71,29	12,50
Miliolideos				0,26			0,96	0,24	0,43	0,90		0,46		
Planctônicos	1,35								0,29			0,23		
Total	100	100		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100


 Amostra sem valor estatístico

Tabela II – Abundância Relativa na sondagem L6.

Profundidade (cm)	60	155	225	320
Nº total de indivíduos contados	405	238	262	269
<i>Ammobaculites</i> sp.	0,49		0,38	0,37
<i>Ammonia beccarii</i>	6,67	0,84	4,20	7,81
<i>Ammonia beccarii</i> var <i>beccarii</i>				2,97
<i>Brizalina</i> spp.	1,98	3,78	3,44	1,12
<i>Bulimina</i> spp.	0,25	0,84	0,76	
<i>Buliminella elegantissima</i>		0,84		
<i>Bolivina</i> spp.	3,21	9,24	5,34	1,12
<i>Cassidulina</i> sp.	0,25	0,42	0,38	
<i>Cibicides lobatulus</i>	3,95		0,38	4,46
<i>Cibicides</i> sp.		2,52	4,96	3,72
<i>Cibicidoides</i> sp.				0,74
<i>Discorbinella</i>	4,94	2,94	5,73	3,72
<i>Asterigerinata mamilla</i>	20,00	6,72	15,27	6,69
<i>Discorbis</i> sp.	1,23	1,68	5,73	5,95
<i>Elphidium</i> spp.intertidal	3,70	1,68	0,76	5,95
<i>Elphidium</i> spp. marinhos	1,73		0,76	3,72
<i>Elphidium</i> sp.	0,49	1,68	4,58	1,49
<i>Fissurina</i> sp.	0,74	3,78	0,76	
<i>Glabratela</i> sp.	0,25	0,84		0,74
<i>Globulimina</i> cf. <i>pacifica</i>				0,37
<i>Haynesina depressula</i>	0,99			
<i>Haynesina germanica</i>	8,15	10,08	3,82	10,41
<i>Lagena</i> sp.		0,42		
<i>Massalina secans</i>			0,76	2,97
<i>Nonion</i> spp.		0,84		
<i>Oolina</i> cf. <i>squamosa</i>				0,37
<i>Planorbulina mediterraniensis</i>	7,90	0,84	3,05	4,46
<i>Quinqueloculina seminulum</i>	3,21	5,04	2,67	1,86
<i>Reophax</i> sp.	0,49	1,26	0,76	
<i>Rosalina globularis</i>	2,96	1,68	4,20	3,72
<i>Rosalina</i> sp.	2,96	2,94	1,53	
<i>Spirillina</i> sp.	0,74	5,88	3,05	1,49
<i>Spiroculina</i> sp.			0,38	0,37
<i>Textularia</i> sp.				0,37
<i>Trifarina</i> sp.	0,25	0,42		0,37
<i>Tiphotrocha comprimata</i>		0,42	0,38	
<i>Trochammina macrescens</i>	0,25	0,84		0,37
<i>Lepidodeuterammina ochracea</i>	1,98	7,98	5,73	1,12
<i>Trochammina</i> sp.	0,49		1,53	
Indeterminados aglutinados	1,48	5,88	1,15	1,86
Indeterminados calcários	12,35	8,82	8,78	10,04
Forros Internos	0,49	1,68		0,37
Miliolídeos	1,73	3,36	6,11	7,06
Planctónicos	3,70	3,78	2,67	1,86
Total	100	100	100	100

Anexo 5

Tabela I – Dominância de espécies na sondagem L3.

Tabela II – Dominância de espécies na sondagem L6.

Tabela III – Lista de *taxa* considerados dominantes e comuns nas diferentes profundidades da sondagem L3.

Tabela IV – Lista de *taxa* considerados comuns nas diferentes profundidades da sondagem L6.

Anexo 5

Tabela I – Dominância de espécies na sondagem L3.

Profundidade (cm)	25	95	130	140	185	220	270	322	362	420	460	525
Nº total de indivíduos contados	1333	170	778	375	313	1686	1383	442	312	434	310	280
Estimativado nº total mín./10cc	10664	170	778	1500	2504	13488	11064	3536	416	3472	413	1120
Taxa	17	11	14	6	12	14	17	13	9	12	10	13
<i>Ammonia beccarii</i>	17,48	17,65	3,47		36,74	51,96	56,11	49,32	0,64	38,48	0,32	31,79
<i>Brizalina</i> sp.	6,60					0,71	1,08	0,23		0,23		
<i>Bolivina</i> sp.	1,95							0,23				
<i>Asterigerinata mamilla</i>	10,58											
<i>Discorbis</i> sp.	5,10	5,88			0,96	0,12	0,43					
<i>Elphidium spp.intertidal</i>	1,50	5,29	1,16		2,56	4,39	2,96	2,49	0,64	6,45	0,32	2,14
<i>Elphidium</i> sp.	0,08	10,00	1,80			0,18	0,29			0,46		3,21
<i>Fissurina</i> sp.	3,30				0,32	2,79	1,37	1,58		1,15		0,36
<i>Haplophragmoides</i> sp.			0,13	1,07								
<i>Haynesina germanica</i>	49,44	9,41	10,41		49,84	36,83	33,33	38,91	0,32	32,95	0,32	25,00
<i>Quinqueloculina seminulum</i>					0,32	0,30		1,13				0,36
<i>Trochammina inflata</i>		4,12	2,06	11,47	0,32				15,38		5,48	1,07
<i>Trochammina macrescens</i>		2,94	1,16	3,47					13,46		4,19	2,14
<i>Trochammina</i> sp.		18,24	7,46	10,93	0,96	0,30		1,58	24,04	8,53	16,77	13,21
Indeterminados aglutinados			0,39	2,40	0,32	0,12	1,01	0,23	7,05	2,53		4,29
Indeterminados calcários	1,88	2,94	1,29		2,56	1,72	0,29	0,23		6,45	0,32	3,21
Forros Internos	0,08	22,94	69,67	70,67	4,15	0,06	0,94	2,94	38,14	2,07	71,29	12,50
Planctônicos	1,35						0,29			0,23		
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

	Dominante > 20%
	Comum 10% - 20%
	Acessória 5% - 10%
	Rara 1% - 5%

Tabela II – Dominância de espécies na sondagem L6.

Profundidade (cm)	60	155	225	320
Nº total de indivíduos contados	405	238	262	269
Estimativado nº total mín./10cc	6480	1904	4192	4304
<i>Taxa</i>	32	32	31	33
<i>Ammonia beccarii</i>	6,67	0,84	4,20	7,81
<i>Ammonia beccarii</i> var <i>beccarii</i>				2,97
<i>Brizalina</i> spp.	1,98	3,78	3,44	1,12
<i>Bolivina</i> spp.	3,21	9,24	5,34	1,12
<i>Cibicides lobatulus</i>	3,95		0,38	4,46
<i>Cibicides</i> sp.		2,52	4,96	3,72
<i>Discorbinella</i>	4,94	2,94	5,73	3,72
<i>Asterigerinata mamilla</i>	20,00	6,72	15,27	6,69
<i>Discorbis</i> sp.	1,23	1,68	5,73	5,95
<i>Elphidium</i> spp.intertidal	3,70	1,68	0,76	5,95
<i>Elphidium</i> spp. marinhos	1,73		0,76	3,72
<i>Elphidium</i> sp.	0,49	1,68	4,58	1,49
<i>Fissurina</i> sp.	0,74	3,78	0,76	
<i>Haynesina germanica</i>	8,15	10,08	3,82	10,41
<i>Massalina secans</i>			0,76	2,97
<i>Planorbulina mediterraniensis</i>	7,90	0,84	3,05	4,46
<i>Quinqueloculina seminulum</i>	3,21	5,04	2,67	1,86
<i>Reophax</i> sp.	0,49	1,26	0,76	
<i>Rosalina globularis</i>	2,96	1,68	4,20	3,72
<i>Rosalina</i> sp.	2,96	2,94	1,53	
<i>Spirillina</i> sp.	0,74	5,88	3,05	1,49
<i>Lepidodeuterammia ochracea</i>	1,98	7,98	5,73	1,12
<i>Trochammia</i> sp.	0,49		1,53	
Indeterminados aglutinados	1,48	5,88	1,15	1,86
Indeterminados calcários	12,35	8,82	8,78	10,04
Forros Internos	0,49	1,68		0,37
Miliolideos	1,73	3,36	6,11	7,06
Planctônicos	3,70	3,78	2,67	1,86
Total	100	100	100	100

	Dominante ≥ 20%
	Comum 10% - 20%
	Acessória 5% - 10%
	Rara 1% - 5%

Nota: Os *taxa* com dominância inferior a 1% não estão presentes na tabela.

Tabela III – Lista de *taxa* considerados dominantes e comuns nas diferentes profundidades da sondagem L3.

Profundidades (cm)	Espécies consideradas dominantes (>20%)	Espécies consideradas comuns (10 a 20%)
25	<i>Haynesina germanica</i>	<i>Ammonia beccarii</i> <i>Asterigerinata mamilla</i>
95	Forros Internos	<i>Ammonia beccarii</i> <i>Elphidium sp.</i> <i>Trochammina sp.</i>
130	Forros Internos	<i>Haynesina germanica</i>
140	Forros Internos	<i>Trochammina inflata</i> <i>Trochammina sp.</i>
185	<i>Haynesina germanica</i> <i>Ammonia beccarii</i>	-
220	<i>Haynesina germanica</i> <i>Ammonia beccarii</i>	-
270	<i>Haynesina germanica</i> <i>Ammonia beccarii</i>	-
322	<i>Haynesina germanica</i> <i>Ammonia beccarii</i>	-
362	Forros Internos	<i>Trochammina inflata</i> <i>Trochammina macrescens</i>
420	<i>Haynesina germanica</i> <i>Ammonia beccarii</i>	-
460	Forros Internos	<i>Trochammina sp.</i>
525	<i>Haynesina germanica</i> <i>Ammonia beccarii</i>	<i>Trochammina sp.</i> Forros Internos

Tabela IV – Lista de *taxa* considerados comuns nas diferentes profundidades da sondagem L6.

Profundidades (cm)	Espécies consideradas comuns (10 a 20%)
60	<i>Asterigerinata mamilla</i> Indeterminados calcários
155	<i>Haynesina germanica</i>
225	<i>Asterigerinata mamilla</i>
320	<i>Haynesina germanica</i> Indeterminados calcários

Anexo 6

Tabela I – Valores de constância de todos os *taxa* na sondagem L3.

Tabela II – Valores de constância dos *taxa* na sondagem L3 considerados constantes.

Tabela III – Valores de constância para os *taxa* considerados como comuns e dominantes na sondagem L3.

Tabela IV – Valores de constância de todos os *taxa* na sondagem L6.

Tabela V – Valores de constância dos *taxa* na sondagem L6 considerados constantes.

Tabela VI – Valores de constância para os *taxa* considerados como comuns e dominantes.

Anexo 6

Tabela I – Valores de constância de todos os *taxa* na sondagem L3.

<i>Taxa</i>	Constância (%)
<i>Ammobaculites</i> sp.	41,67
<i>Ammonia beccarii</i>	91,67
<i>Arenoparella mexicana</i>	33,33
<i>Brizalina</i> sp.	41,67
<i>Buliminella elegantissima</i>	16,67
<i>Bolivina</i> sp.	16,67
<i>Cassidulina</i> sp.	8,33
<i>Asterigerinata mamilla</i>	8,33
<i>Discorbis</i> sp.	41,67
<i>Elphidium spp. marinhos</i>	16,67
<i>Elphidium spp.intertidal</i>	91,67
<i>Elphidium</i> sp.	58,33
<i>Fissurina</i> sp.	58,33
<i>Haplophragmoides</i> sp.	16,67
<i>Haynesina germanica</i>	91,67
<i>Nonion</i> sp.	8,33
<i>Quinqueloculina seminulum</i>	33,33
<i>Reophax</i> sp.	8,33
<i>Rosalina globularis</i>	8,33
<i>Rosalina</i> sp.	8,33
<i>Trifarina</i> sp.	8,33
<i>Trochammina inflata</i>	58,33
<i>Trochammina macrescens</i>	50,00
<i>Trochammina</i> sp.	83,33
Indeterminados aglutinados	75,00
Indeterminados calcários	83,33
Forros Internos	100,00
Miliolideos	50,00
Planctônicos	25,00

Tabela II – Valores de constância dos *taxa* na sondagem L3 considerados constantes.

<i>Taxa</i>	Constância (%)
<i>Ammonia beccarii</i>	91,67
<i>Elphidium spp.intertidal</i>	91,67
<i>Elphidium</i> sp.	58,33
<i>Fissurina</i> sp.	58,33
<i>Haynesina germanica</i>	91,67
<i>Trochammina inflata</i>	58,33
<i>Trochammina macrescens</i>	50,00
<i>Trochammina</i> sp.	83,33
Indeterminados aglutinados	75,00
Indeterminados calcários	83,33
Forros Internos	100,00
Miliolideos	50,00

Tabela III – Valores de constância para os *taxa* considerados como comuns e dominantes na sondagem L3.

<i>Taxa</i>	Constância (%)
<i>Ammonia beccarii</i>	91,67
<i>Asterigerinata mamilla</i>	8,33
<i>Elphidium</i> sp.	58,33
<i>Haynesina germanica</i>	91,67
<i>Trochammina inflata</i>	58,33
<i>Trochammina</i> sp.	83,33
Forros Internos	100,00

Tabela IV – Valores de constância de todos os *taxa* na sondagem L6.

<i>Taxa</i>	Constância (%)
<i>Ammobaculites</i> sp.	75
<i>Ammonia beccarii</i>	100
<i>Ammonia beccarii</i> var <i>beccarii</i>	25
<i>Brizalina</i> spp.	100
<i>Bulimina</i> spp.	75
<i>Buliminella elegantissima</i>	25
<i>Bolivina</i> spp.	100
<i>Cassidulina</i> sp.	75
<i>Cibicides lobatulus</i>	75
<i>Cibicides</i> sp.	75
<i>Cibicoides</i> sp.	25
<i>Discorbinella</i>	100
<i>Asterigerinata mamilla</i>	100
<i>Discorbis</i> sp.	100
<i>Elphidium</i> spp.intertidal	100
<i>Elphidium</i> spp. marinhos	75
<i>Elphidium</i> sp.	100
<i>Fissurina</i> sp.	75
<i>Glabratela</i> sp.	75
<i>Globulimina</i> cf. <i>pacifica</i>	25
<i>Haynesina depressula</i>	25
<i>Haynesina germanica</i>	100
<i>Lagena</i> sp.	25
<i>Massalina secans</i>	50
<i>Nonion</i> spp.	25
<i>Oolina</i> cf. <i>squamosa</i>	25
<i>Planorbulina mediterraniensis</i>	100
<i>Quinqueloculina seminulum</i>	100
<i>Reophax</i> sp.	75
<i>Rosalina globularis</i>	100
<i>Rosalina</i> sp.	75
<i>Spirillina</i> sp.	100
<i>Spiroculina</i> sp.	50
<i>Textularia</i> sp.	25
<i>Trifarina</i> sp.	75
<i>Tiphotrocha comprimata</i>	50
<i>Trochammina macrescens</i>	75
<i>Lepidodeuterammina ochracea</i>	100
<i>Trochammina</i> sp.	50
Indeterminados aglutinados	100
Indeterminados calcários	100
Forros Internos	75
Miliolideos	100
Planctônicos	100

Tabela V – Valores de constância dos *taxa* na sondagem L6 considerados constantes.

Taxa	Constância (%)
<i>Ammobaculites</i> sp.	75
<i>Ammonia beccarii</i>	100
<i>Brizalina spathulata</i>	50
<i>Brizalina</i> sp.	75
<i>Bulimina</i> sp.	50
<i>Bolivina</i> cf. <i>pseudoplicata</i>	75
<i>Bolivina</i> cf. <i>robusta</i>	50
<i>Bolivina dilatata</i>	100
<i>Cassidulina</i> sp.	75
<i>Cibicides lobatulus</i>	75
<i>Cibicides</i> sp.	75
<i>Discorbinella</i> ..	100
<i>Asterigerinata mamilla</i>	100
<i>Discorbis</i> sp.	100
<i>Elphidium complanatum</i>	75
<i>Elphidium crispum</i>	50
<i>Elphidium excavatum</i>	75
<i>Elphidium</i> cf. <i>discoideale</i>	50
<i>Elphidium poeyamn</i>	100
<i>Elphidium williamsoni</i>	50
<i>Elphidium</i> sp.	100
<i>Fissurina</i> sp.	75
<i>Glabratela</i> sp.	75
<i>Haynesina germanica</i>	100
<i>Massalina secans</i>	50
<i>Planorbulina mediterraniensis</i>	100
<i>Quinqueloculina agglutinans</i>	50
<i>Quinqueloculina seminulum</i>	100
<i>Reophax</i> sp.	75
<i>Rosalina globularis</i>	100
<i>Rosalina</i> sp.	75
<i>Spirillina</i> sp.	100
<i>Spiroculina</i> sp.	50
<i>Trifarina</i> sp.	75
<i>Tiphotrocha comprimata</i>	50
<i>Trochammina macrescens</i>	75
<i>Lepidodeuterammina ochracea</i>	100
<i>Trochammina</i> sp.	50
Indeterminados aglutinados	100
Indeterminados calcários	100
Forros Internos	75
Miliolideos	100
Planctônicos	100

Tabela VI – Valores de constância para os *taxa* considerados como comuns e dominantes.

Taxa	Constância (%)
<i>Asterigerinata mamilla</i>	100
<i>Haynesina germanica</i>	100
Indeterminados calcários	100

Anexo 7

Tabela I – Valores da razão Aglutinados/Calcários, na sondagem L3.

Tabela II – Valores da razão Aglutinados/Calcários, na sondagem L6.

Anexo 7

Tabela I – Valores da razão Aglutinados/Calcários, na sondagem L3.

Profundidade (cm)	25	95	130	140	185	220	270	322	362	420	460	525
Nº total de indivíduos	1333	170	778	375	313	1686	1383	442	312	434	310	280
Aglutinados	0	44	93	375	5	12	26	8	188	48	85	60
Calcários	1333	87	143	0	295	1673	1344	421	5	376	4	185
Forros Internos	1 ^{a)}	39	542	265 ^{b)}	13	1	13	13	119	9	221	35
Razão A/C (%)	0	33,59	39,41	100	1,67	0,71	1,90	1,86	97,41	11,29	95,51	24,49

Tabela II – Valores da razão Aglutinados/Calcários, na sondagem L6.

Profundidade (cm)	60	155	225	320
Nº total de indivíduos contados	405	238	262	269
Aglutinados	21	39	26	11
Calcários	382	195	236	257
Forros Internos	2	4	0	1
Razão A/C (%)	5,21	16,67	9,92	4,10

Anexo 8

Tabela I – Valores da razão Planctónicos/Bentónicos, na sondagem L3.

Tabela II – Valores da razão Planctónicos/Bentónicos, na sondagem L6.

Anexo 8

Tabela I – Valores da razão Planctónicos/Bentónicos, na sondagem L3.

Profundidade (cm)	25	95	130	140	185	220	270	322	362	420	460	525
Nº total de indivíduos contados	1333	170	778	375	313	1686	1383	442	312	434	310	280
Bentónicos	1315	170	778	375	313	1686	1379	442	312	433	310	280
Planctónicos	18	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0	0
Razão P/B	1,35	0	0	0	0	0	0,29	0	0	0,23	0	0

Tabela II – Valores da razão Planctónicos/Bentónicos, na sondagem L6.

Profundidade (cm)	60	155	225	320
Nº total de indivíduos contados	405	238	262	269
Bentónicos	390	39	26	11
Planctónicos	15	9	7	5
Razão P/B	3,7	3,78	2,67	1,86

Anexo 9

Tabela I – Valores de diversidade e equitabilidade, na sondagem L3.

Tabela II – Valores de diversidade e equitabilidade, na sondagem L6.

Anexo 9

Tabela I – Valores de diversidade e equitabilidade, na sondagem L3.

Profundidade (cm)	25	95	130	140	185	220	270	322	362	420	460	525
Shannon (Hs)	1,662	2,098	1,197	0,9902	1,242	1,148	1,17	1,205	1,557	1,599	0,958	1,883
Simpson (S.I.)	0,7047	0,8544	0,4958	0,4736	0,6133	0,5913	0,5725	0,6031	0,7499	0,7265	0,4588	0,7984
Equitabilidade	0,5866	0,875	0,4536	0,5526	0,4996	0,435	0,413	0,4698	0,7085	0,6436	0,4161	0,7342

Tabela II – Valores de diversidade e equitabilidade, na sondagem L6.

Profundidade (cm)	60	155	225	320
Shannon (Hs)	2,851	3,09	3,031	3,082
Simpson (S.I.)	0,9148	0,9432	0,9375	0,9431
Equitabilidade (E)	0,8225	0,8917	0,8827	0,8816

Anexo 10

Resultados das datações ^{14}C



BETA ANALYTIC INC.

DR. M.A. TAMERS and MR. D.G. HOOD

UNIVERSITY BRANCH
4985 S.W. 74 COURT
MIAMI, FLORIDA, USA 33155
PH: 305/667-5167 FAX: 305/663-0964
E-MAIL: beta@radiocarbon.com

REPORT OF RADIOCARBON DATING ANALYSES

Dr. Tomasz Boski

Report Date: 8/28/2007

Universidade de Algarve

Material Received: 8/8/2007

Sample Data	Measured Radiocarbon Age	¹³ C/ ¹² C Ratio	Conventional Radiocarbon Age(*)
Beta - 233474 SAMPLE : L3-246a 260cm ANALYSIS : AMS-Standard delivery MATERIAL/PRETREATMENT : (shell): acid etch 2 SIGMA CALIBRATION : Cal BC 4550 to 4380 (Cal BP 6500 to 6330)	5650 +/- 40 BP	-3.2 o/oo	6010 +/- 40 BP
Beta - 233475 SAMPLE : L5-345 ANALYSIS : AMS-Standard delivery MATERIAL/PRETREATMENT : (shell): acid etch 2 SIGMA CALIBRATION : Cal AD 1480 to 1650 (Cal BP 470 to 300)	330 +/- 40 BP	+0.4 o/oo	750 +/- 40 BP

Dates are reported as RCYBP (radiocarbon years before present, "present" = 1950A.D.). By International convention, the modern reference standard was 95% of the C14 content of the National Bureau of Standards' Oxalic Acid & calculated using the Libby C14 half life (5568 years). Quoted errors represent 1 standard deviation statistics (68% probability) & are based on combined measurements of the sample, background, and modern reference standards.

Measured C13/C12 ratios were calculated relative to the PDB-1 international standard and the RCYBP ages were normalized to -25 per mil. If the ratio and age are accompanied by an (*), then the C13/C12 value was estimated, based on values typical of the material type. The quoted results are NOT calibrated to calendar years. Calibration to calendar years should be calculated using the Conventional C14 age.

CALIBRATION OF RADIOCARBON AGE TO CALENDAR YEARS

(Variables: C13/C12=-3.2;Delta-R=0±0;Glob res=-200 to 500;lab. mult=1)

Laboratory number: 233474

Conventional radiocarbon age: 6010±40 BP

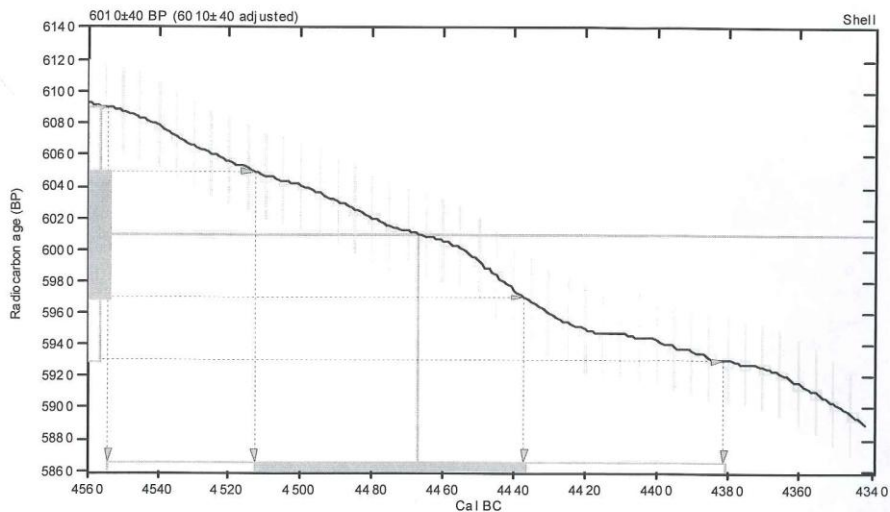
(local reservoir correction not applied)

2 Sigma calibrated result: Cal BC 4550 to 4380 (Cal BP 6500 to 6330)
(95% probability)

Intercept data

Intercept of radiocarbon age
with calibration curve: Cal BC 4470 (Cal BP 6420)

1 Sigma calibrated result: Cal BC 4510 to 4440 (Cal BP 6460 to 6390)
(68% probability)



References:

- Database used: MARINE04
- Calibration Database: INTCAL04 Radiocarbon Age Calibration
- IntCal04: Calibration Issue of Radiocarbon (Volume 46, nr 3, 2004).
- Mathematics: A Simplified Approach to Calibrating C14 Dates
- Talma, A. S., Vogel, J. C., 1993, Radiocarbon 35 (2), p317-322

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • E-Mail: beta@radiocarbon.com

CALIBRATION OF RADIOCARBON AGE TO CALENDAR YEARS

(Variables: C13/C12=0.4;Delta-R=0±0;Glob res=-200 to 500;lab.mult=1)

Laboratory number: 233475

Conventional radiocarbon age: 750±40 BP

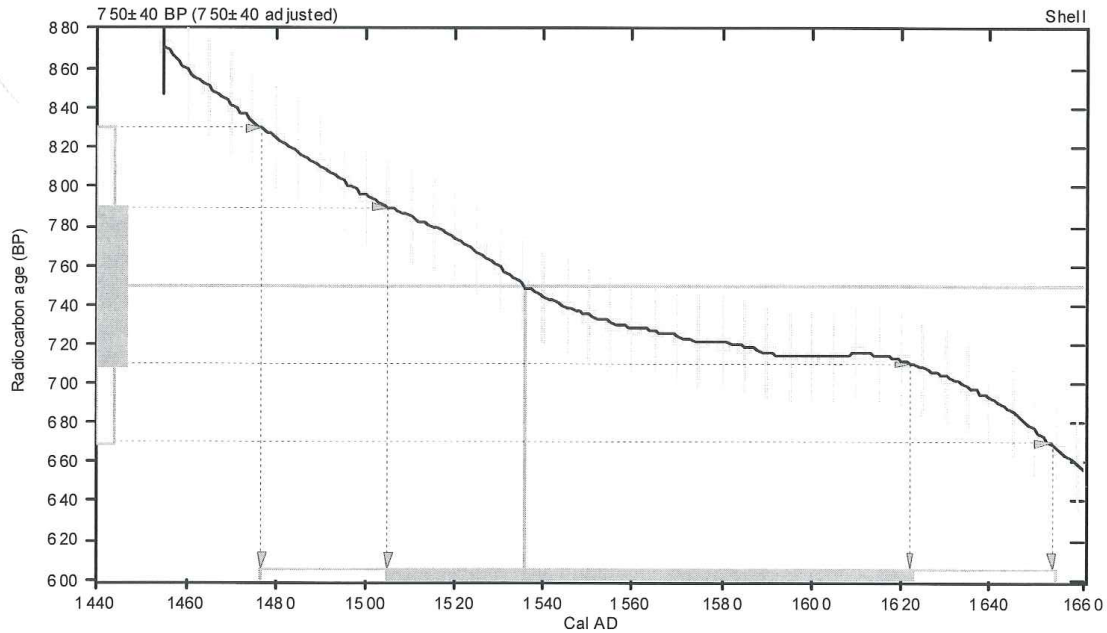
(local reservoir correction not applied)

2 Sigma calibrated result: Cal AD 1480 to 1650 (Cal BP 470 to 300)
(95% probability)

Intercept data

Intercept of radiocarbon age
with calibration curve: Cal AD 1540 (Cal BP 410)

1 Sigma calibrated result: Cal AD 1500 to 1620 (Cal BP 440 to 330)
(68% probability)



References:

Database used

MARINE04

Calibration Database

INTCAL04 Radiocarbon Age Calibration

IntCal04: Calibration Issue of Radiocarbon (Volume 46, nr 3, 2004).

Mathematics

A Simplified Approach to Calibrating C14 Dates

Talma, A. S., Vogel, J. C., 1993, Radiocarbon 35 (2), p317-322

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • E-Mail: beta@radiocarbon.com

Anexo 11

Tabela I – Síntese das associações de foraminíferos, diversidade, A/C e respectivos GIM na sondagem L3.

Tabela II – Síntese das associações de foraminíferos, diversidade, A/C e respectivos GIM na sondagem L6.

Anexo 11

Tabela I – Síntese das associações de foraminíferos, diversidade, A/C e respectivos GIM na sondagem L3.

Profundidade (cm)	Espécies estuarinas (%)	Espécies exóticas (%)	Indeterminados calcários (%)	Planctónicos (%)	Forros Internos (%)	Miliolídeos (%)	Hs	A/C (%)	GIM
25	68,42	31,61	1,88	1,35	0,08	0	1,66	1,35	5
50	-	-	-	-	-	-	-	-	1
65	-	-	-	-	-	-	-	-	1
95	32,35	5,88	2,94	0	22,94	0	2,1	33,59	3
130	15,04	0	1,29	0	69,67	0,26	1,2	39,4	3
140	0	0	0	0	70,67	0	0,99	100	2
185	89,14	1,28	2,56	0	4,15	1,28	1,24	1,67	4
220	93,18	3,62	1,72	0	0,06	0,54	1,15	0,71	4
270	92,4	3,46	0,29	0,29	0,94	0,43	1,17	1,9	4
322	90,72	0	0,23	0	2,94	2,03	1,21	1,86	4
362	1,6	0	0	0	38,14	0	1,56	97,5	2
420	77,88	1,38	6,45	0,23	2,07	0,46	1,6	11,3	4
460	0,96	0	0,32	0	71,29	0	0,96	95,5	2
525	58,93	0,36	3,21	0	12,5	0,36	1,89	24,5	3

Tabela II – Síntese das associações de foraminíferos, diversidade, A/C e respectivos GIM na sondagem L6.

Profundidade (cm)	Espécies estuarinas (%)	Espécies exóticas (%)	Indeterminados calcários (%)	Planctónicos (%)	Forros Internos (%)	Miliolídeos (%)	Hs	A/C (%)	GIM
60	18,52	53,34	12,35	3,70	0,49	4,94	2,85	5,21	5
155	12,6	46,62	8,82	3,78	1,68	8,4	3,09	16,7	5
225	8,78	55,34	8,78	2,67	0	9,16	3,03	9,92	5
320	28,63	45,36	10,04	1,86	0,37	9,29	3,08	4,1	5

