


UNIVERSIDADE DOS AÇORES

Departamento de Biologia

Secção de Anatomia e Taxonomia Zoológica



***Influência Das Fontes Hidrotermais Marinhas De
Baixa Profundidade Na Composição Das
Comunidades De Meiofauna***

Ana Rita Marques Mendes

Supervisor: Prof^ª. Dr.^ª Ana Cristina Costa

Orientador: Prof^ª. Dr.^ª Ana Cristina Costa

Co-Orientador: Prof. Dr. António Frias Martins

Relatório De Estágio De Licenciatura Em Biologia Marinha

Ponta Delgada, Outubro de 2008

ÍNDICE

Resumo	4
1.Introdução	5
1.1. Fontes Hidrotermais	6
1.1.1. Características físico-químicas	7
1.1.2. Características biológicas.....	8
1.2. Componentes de fontes hidrotermais de baixa profundidade	8
1.2.1. Tapetes de bactérias	8
1.2.2. Microorganismos termófilos	9
1.2.3. Mineralização microbial de matéria orgânica	9
1.2.4. Plâncton e macroalgas.....	10
1.2.5. Estrutura trófica.....	11
1.2.6. Meiofauna	11
1.2.7. Macrofauna	13
1.2.8. Estrutura espacial	14
1.3. Objectivo	14
2. Metodologia	15
2.1. Recolha e locais de amostragem	15
2.2. Laboratório.....	16
2.2.1. Extracção do material biológico	16
2.2.2. Preparação do material biológico para identificação	16
2.2.3. Identificação e contagem do material biológico	17

2.3. Análise de dados	17
3. Resultados	19
4. Discussão	26
5. Considerações finais	29
6. Bibliografia	30
Agradecimentos	34
Anexos	

RESUMO

Este trabalho tem como objectivo o conhecimento da influência das fontes hidrotermais de baixa profundidade na composição da meiofauna. A recolha de sedimento foi efectuada a uma profundidade máxima de 7 metros, por mergulho com escafandro autónomo na zona em estudo (Ribeira Quente) e numa zona de controlo (Caloura). Em laboratório crivou-se e preparou-se o material recolhido para microscopia. Contaram-se e identificaram-se, em grandes grupos, os organismos com base em bibliografia especializada. Foram identificados 16 *taxa* no total da amostragem. Os grupos dominantes na Ribeira Quente foram o estado larvar Nauplii, os *taxa* Harpacticoida e Foraminifera e na Caloura os *taxa* Foraminifera, Ostracoda e Gastropoda. A Ribeira Quente demonstrou uma maior diversidade e uma menor abundância de organismos que a Caloura. Foram efectuados testes estatísticos para determinar a similaridade dos locais de amostragem, no entanto, esta hipótese foi rejeitada. A composição e distribuição da meiofauna pode ser influenciada pelas fontes hidrotermais de baixa profundidade, no entanto, é necessário determinar a extensão desta influência e considerar a realização de mais estudos sobre a composição e densidade da meiofauna nos Açores.

1. INTRODUÇÃO

As ilhas dos Açores estão localizadas no oceano Atlântico Norte, entre a latitude 37° e 40° N e a longitude 25° e 31° W, ao longo de uma estreita área que se estende por cerca de 600Km. Estão localizadas num complexo geodinâmico, caracterizado pela proximidade com a tripla junção entre as placas Americana, Africana e Eurásia. Dividindo-se o arquipélago em Ocidental, Central e Oriental, a ilha de São Miguel localiza-se neste último. Todas as ilhas dos Açores são de natureza vulcânica e emergem de uma anómala baixa e rugosa zona topográfica, chamada “Placa dos Açores”, que tem, como forma geral um triângulo e se encontra a uma profundidade aproximada de 2000m (Oliveira *et al.*, 2004; Cardigos *et al.*, 2005). Têm existido muitos estudos em montes submarinhos isolados em intra placas com hidrotermalismo activo, como por exemplo, em Laihi ao largo do Hawai, ou no monte submarino Macdonald na cadeia das Ilhas Austral. No entanto, as fontes submarinas de baixa profundidade perto de zonas activas ao largo de ilhas vulcânicas apenas mais recentemente começaram a ser estudadas como no caso da Baía de Kagoshima, no Japão, Milos, na Grécia, na Papua Nova Guiné, ou no monte submarino D. João de Castro localizado entre as ilhas de São Miguel e da Terceira, entre outros (Cardigos *et al.*, 2005).

Zillig *et al.* (1990) descreveram pela primeira vez o campo hidrotermal de baixa profundidade situado ao largo da Ribeira Quente como “um pequeno, moderadamente activo campo submarino sulfídrico foi encontrado a uma profundidade aproximada de 9 metros e 200m de diâmetro ao largo da costa de São Miguel, Açores, numa região onde falhas se estendem da costa para o mar. Numerosas fontes com bolhas de gás emergem do fundo da areia por entre as rochas. Uma fonte de gás particularmente activa, aparentemente consistindo na maioria por vapor e CO₂, com pouco H₂S, havia criado na areia uma pequena cratera rodeada por negros depósitos de sulfídrico. Cerca de 40cm debaixo da superfície da areia desta cratera, a temperatura de 112°C foi medida dentro do sedimento.”

1.1. Fontes Hidrotermais

A biologia e a fisiologia das comunidades bênticas em torno das fontes hidrotermais profundas (FHP) são relativamente bem compreendidas, no entanto, existe pouca informação sobre o efeito de fontes hidrotermais de baixa profundidade (FHBP) no ecossistema (Thiermann *et al.*, 1997).

A alteração do ambiente por influência da fonte hidrotermal ocorre tanto em fontes hidrotermais de elevada profundidade como nas de baixa profundidade tendo um efeito significativo no habitat bêntico. No entanto, o seu efeito na coluna de água é bastante diferente. Nas FHP a influência dos fluidos hidrotermais no habitat dos animais pelágicos está em segundo plano, sendo pouco significativo, apesar da grande saída de fluido em algumas fontes (até $2,4 \text{ m s}^{-1}$) e largas plumas. Normalmente, o efeito das fontes hidrotermais profundas é restrito a uma zona muito estreita em proximidade imediata com a descarga ou com a pluma, ocorrendo um efeito semelhante em áreas abertas com FHBP. Em contraste, FHBP semi-isoladas ou em baías, têm a camada de água perto do fundo e/ou da superfície entre 0-0,5 m de profundidade afectados pelos fluidos termais (Tarasov *et al.*, 1999).

A circulação da água no sedimento e o seu efeito na distribuição e/ou reciclagem de elementos tem sido alvo de discussão por várias situações: o movimento particular da água intersticial gerado pelo movimento das ondas (Riedl & Machan, 1972; Riedl *et al.*, 1972), o aumento da troca sedimento-água, causando a movimentação do sedimento (Kersten, 1988 *fide* O'Hara *et al.*, 1995), a extracção de gases dissolvidos do sedimento por ebulição de metano biogénico (Reeburgh, 1969 *fide* O'Hara *et al.*, 1995) e o aumento do fluxo de nutrientes do sedimento em resultado da ebulição (Marten & Klump, 1980 *fide* O'Hara *et al.*, 1995).

A quantidade e a restrição da fauna presente nas fontes hidrotermais parecem ser os critérios independentes mais fiáveis na separação das comunidades de fontes hidrotermais de baixa profundidade das fontes hidrotermais profundas. Baseado neste critério são classificadas as comunidades acima de 200m como FHBP e as comunidades abaixo de 200m como FHP, sendo que, esta profundidade também coincide com a termoclina na passagem à pressão de 20 bar (Tarasov *et al.*, 1999, 2005).

1.1.1 Características físico-químicas

Em muitos sistemas hidrotermais de baixa profundidade, em contraste com os sistemas mais profundos, a baixa pressão e, conseqüentemente, baixa temperatura de ebulição da água leva a uma deposição de metais na subsuperfície. Os fluidos das fontes hidrotermais de baixa profundidade geralmente apresentam características químicas de transição entre os sistemas de fontes hidrotermais profundas, subaéreos e lacustres (Dymond *et al.* 1989 *fide* Prol-Ledesma *et al.*, 2005).

As propriedades físicas e químicas dos fluidos termais podem ser bastante variáveis. A temperatura do fluido termal pode ir de alguns graus (0-15°C) até uma ordem de magnitude acima das condições ambientais (80-100°C) sendo que a temperatura do sedimento pode chegar aos 96°C (Sedwick & Stuben, 1996; Pichler *et al.*, 1999; Tarasov *et al.*, 2005; Melwani & Kim, 2008). Numerosos estudos têm reportado fluidos hidrotermais com baixa salinidade e pH ácido (Pichler & Dix, 1996; Sedwick & Stuben, 1996; Pichler *et al.*, 1999; Melwani & Kim, 2008). As condições de elevadas temperaturas e variabilidade química que resultam de actividade hidrotermal criam um ambiente biologicamente condicionante (Melwani & Kim, 2008).

As FHBP normalmente estão mais enriquecidas por elementos biogénicos (azoto, fósforo e silício) do que a maioria das FHP. A origem destes elementos em baixas profundidades inclui fluidos das fontes, regeneração bêntica e difusão para a coluna de água, água da zona entre marés e afundamento de partículas de origem telúrica (Tarasov *et al.*, 2005). Os efluentes destas fontes estão contaminados significativamente por sulfitos, dióxido de carbono, amónio, ferro, manganésio, zinco, cobre, cádmio entre outros e também enriquecidos com compostos orgânico (Tarasov *et al.*, 1999, 2003).

Entre toda a variedade de elementos nos fluidos hidrotermais e na água do mar circundante, o mais importante para os processos biológicos e a formação de comunidades de organismos, são os produtos reduzidos (H₂S, CH₄ e H₂) e os metais em menor quantidade que em FHP (Fricke *et al.*, 1989; Prol-Ledesma, 2003; Tarasov *et al.*, 2005).

1.1.2. Características biológicas:

Apesar das condições adversas, a presença de fauna em FHBP tem sido reportada em diferentes locais. Alguns dos sítios mais estudados situam-se no mar Egeu (e.g. Dando *et al.*, 1995), na Baía de Plenty, Nova Zelândia (eg. Pichler & Dix, 1996), na cumeeira de Kolbeinsey, na Islândia (eg. Botz *et al.*, 1999), em Kraternaya Bight, nas Ilhas Kurile (eg. Tarasov *et al.*, 1990), no porto de Matupi, na Baía de Tatum, na Papua Nova Guiné (eg. Pichler *et al.*, 1999; Tarasov *et al.*, 1999) e a região subpolar de baixa profundidade na cumeeira do médio Atlântico (eg. Fricke *et al.*, 1989). Os estudos conduzidos em fontes hidrotermais de baixa profundidade (0-110m) localizados ao largo de Milos, Grécia, no mar Egeu constituem uma das primeiras descrições aprofundadas (Dando *et al.*, 1995; Fitzsimons *et al.*, 1997; Melwani & Kim, 2008).

Como referido por alguns autores, as espécies encontradas em FHP são diversas e específicas das mesmas, não acontecendo o mesmo em FHBP, em que esta característica é rara ou ausente, sendo aliás a biomassa das FHP dominada por organismos simbióticos, não se repercutindo o mesmo nas FHBP (Tarasov *et al.*, 2005). Nas FHBP, a biomassa é dominada por organismos típicos das zonas envolventes. Na ausência de mecanismos de tolerância ou destoxificação, a fauna com mobilidade, e com capacidade de escapar às condições das fontes, tem maior probabilidade de sobreviver do que as espécies sésseis (Kamanev *et al.*, 1993; Tarasov *et al.*, 1999; Melwani & Kim, 2008). Por outro lado, espécies sesséis que produzem os respectivos tubos têm o seu movimento restringido ainda que estes providenciem protecção contra os efeitos adversos do ambiente, e o aumento de trocas gasosas com o meio (Rosenberg, 2001; Sutherland *et al.*, 2007; Melwani & Kim, 2008).

1.2. Componentes De Fontes Hidrotermais De Baixa Profundidade

1.2.1. Tapetes de bactérias

A baixa profundidade os tapetes podem atingir uma espessura de 30cm e muitas vezes têm uma natureza mais complexa do que em águas profundas. Três tipos de tapetes podem ser distinguidos a baixas profundidades: 1) diatomáceas, 2) alga-bactérias e 3) bacterianos (Kamenev *et al.*, 1993; Tarasov *et al.*, 2005).

Os tapetes de diatomáceas desenvolvem-se à volta de fontes sem sulfeto de hidrogénio, são frequentemente constituídos por diatomáceas filamentosas dos Géneros *Melosira* e *Thalassiosira* e podem atingir até 30cm de espessura. A densidade de célula nestes tapetes chega a $2,2 \times 10^{10} \text{ m}^{-2}$ com até $1,5 \text{ gm}^{-2}$ de clorofila *a* (Tarasov *et al.*, 1999; Tarasov *et al.*, 2005).

Aguiar (1999) num estudo realizado nas fontes hidrotermais de São Miguel, observou numa fonte hidrotermal de baixa profundidade uma concentração de microfílos brancos na proximidade das saídas do fluido termal. Esta coloração é geralmente originada pelo depósito de enxofre elementar resultante do metabolismo celular de microorganismos, em locais com um pequeno hidrodinamismo (Aguiar, 1999).

1.2.2. Microorganismos termófilos

Um dos principais componentes dos sistemas hidrotermais é a presença de bactérias e arqueobactérias termófilas e hipertermófilas. Estas desenvolvem-se na subsuperfície dos sistemas hidrotermais pouco profundos e nos sedimentos em torno das emissões (Dando *et al.*, 1999; Tarasov *et al.*, 2005). Nos Açores, Zillig *et al.* (1990), ao realizarem um levantamento da comunidade bacteriológica em FHBP, descobriram uma nova bactéria hipertermófila, que designaram de *Hyperthermus butylicus* (Zillig *et al.*, 1990).

1.2.3. Mineralização microbiana de matéria orgânica

Dependendo do tipo de fonte, os químicos do fluido infiltrado podem, a vários níveis, diferir da água circundante e tipicamente do fundo do oceano na proximidade das fontes, hospedeiras de uma geoquímica especial (O'Hara *et al.*, 1995). Este ambiente geoquímico pode ter um efeito significativo na biologia da área circundante, a associação de microorganismos especializados e a adaptação da fauna tem sido descrita para várias fontes. Fontes com enriquecimento de nutrientes e carbono dissolvido na água circundante podem estimular o processo microbiano bem como a produção bêntica primária em torno dos sedimentos não afectados em redor dos sistemas das fontes (Thiermann *et al.*, 1997).

A pouca profundidade a mineralização por bactérias é um processo activo. Deste modo, bactérias termófilas reductoras de enxofre degradam activamente matéria orgânica em CO₂ a temperaturas entre 50-90°C. A temperaturas mais baixas este processo também ocorre, embora com uma menor taxa de ocorrência (Bonch-Osmolovskaya *et al.*, 1990 *fide* Tarasov *et al.*, 2005) Também envolvidos na destruição de matéria orgânica em FHBP estão saprófitas, destruindo celulose, sulfato e desnitrificando bactérias e metanogêneos (Borzenkov *et al.*, 1989 *fide* Tarasov *et al.*, 2005).

1.2.4. Plâncton e macroalgas

O plâncton com grande diversidade em comunidades pelágicas (bacteri-, fito-, holo- e zooplâncton) é mais baixo quando comparado com o ecossistema fora da influência termal, no entanto, tem uma maior abundância e biomassa. O plâncton, especialmente o marinho, tem uma importância fundamental na cadeia alimentar aquática, uma vez que o plâncton fotossintético particularmente, as diatomáceas, dinoflagelados e diminutos flagelados, formam um nível trófico primário, servindo de alimento aos organismos maiores. Como seria de esperar, o plâncton atinge a sua maior densidade nas zonas superiores e iluminadas da água que apresentam altos níveis de nutrientes (nitratos, fosfatos, etc), sendo estes necessários para a síntese de compostos orgânicos efectuada pelo fitoplâncton (Barnes *et al.*, 1993).

Uma das diferenças mais significativa entre FHBP e FHP é que o volume de biomassa nas comunidades de baixa profundidade pode ser formado por algas ou plantas que estão completamente ausentes no oceano profundo. No entanto, o papel das macroalgas nas comunidades das fontes ainda não foi determinado quantitativamente (Tarasov *et al.*, 2005).

Pequenos organismos tal como crustáceos, poliquetas e gastrópodes são abundantes na superfície das algas e têm um papel importante em ecossistemas de recifes rochosos temperados, tanto como predadores, como alimento para peixes (Edgar & Moore, 1986 *fide* Taylor, 1998).

De acordo com diversos estudos realizados em várias fontes hidrotermais de baixa profundidade, os invertebrados com bactérias quimioautotróficas como simbiontes foram os primeiros a serem encontrados em fontes hidrotermais, onde

substâncias geológicas reduzidas, tal como, o sulfito ou o metano servem como fonte de energia para as bactérias simbióticas, fornecendo estas o alimento aos seus hospedeiros (*Hashimoto et al.*, 1993 *fide* *Tarasov et al.*, 2005).

1.2.5. Estrutura trófica

A pouca profundidade a produção primária por quimiossíntese é um processo que ocorre em paralelo com a fotossíntese. Sorokin *et al.* (1998 *fide* *Tarasov et al.*, 2005) estima que a taxa de quimiossíntese em FHBP seja entre 2 e 15mg C m⁻³ dia⁻¹. É importante referir que a quimiossíntese em FHBP acontece não apenas perto do fundo do mar ou na pluma, mas também na camada superficial da água, onde os fluidos de fontes hidrotermais flutuam positivamente. Frequentemente um pico de fotossíntese nestes sistemas ocorre abaixo dos fluidos termais, a uma profundidade entre os dois e os cinco metros (Sorokin *et al.*, 1994 *fide* *Tarasov et al.*, 2005).

O biota de procariontes especializados em ambientes hidrotermais pouco profundos é tão diverso como em ambientes profundos, sendo que também são anfitriões de espécies fotossintéticas (Dando *et al.*, 1999; Prol-Ledesma *et al.*, 2005). Mais ainda, os locais de fontes pouco profundas, em certas alturas do ano, são pontos de habitat para uma diversidade de eucariotas. Contudo, poucas espécies endémicas ocorrem a profundidades menores que 200m e as comunidades das fontes são normalmente dominadas por um subconjunto de espécies das áreas circundantes (Prol-Ledesma *et al.*, 2005; *Tarasov, et al.*, 2005).

A pouca profundidade nos tapetes de diatomáceas, seres unicelulares, nemátodes, poliquetas sedentários habitando em tapetes de alga-bactéria e bactéria, podem atingir elevadas densidades e biomassas. Os tapetes e o aumento da biomassa de meiofauna estimulam a agregação da macrofauna envolvente (*Tarasov et al.*, 1999; *Tarasov et al.*, 2005).

1.2.6. Meiofauna

A meiofauna é definida como fauna metazoa, associada ao sedimento marinho com dimensões superiores a 42µm e inferiores a 500µm. Este grupo inclui a meiofauna permanente, aquela que passa aí todo o seu ciclo de vida, (e.g. Nematoda, Copepoda, Turbellaria, Gastrotricha e Tardigrada) e também a meiofauna temporária, que durante

parte do seu ciclo de vida é residente neste habitat (e.g. Gastropoda, Holothuroidea, Nemertina e Sipunculiadae). A meiofauna alimenta-se principalmente de microfauna ($< 42 \mu\text{m}$) e serve por sua vez como alimento para a macrofauna ($> 500 \mu\text{m}$) (Kennedy & Jacoby, 1999).

A meiofauna tem algumas vantagens sobre a macrofauna, que tradicionalmente é utilizada em observações de monitorização de poluição como potencial indicador de perturbações antropogénicas no ecossistema aquático. Entre outras, tem um menor tempo de resposta ao aumento de enriquecimento orgânico, uma vez que, a reprodução assíncrona, as taxas de rotação rápidas e a falta de dispersão larvar resultam na exposição simultânea de todo os estágios do ciclo de vida às perturbações verificadas no meio (Coull e Chandler, 1992 *fide* Sutherland *et al.*, 2007). Para além destes factores, o seu pequeno tamanho, existência intersticial e uma ocorrência natural em grandes abundâncias criam o indicador perfeito para o controlo da poluição ambiental (Sutherland *et al.*, 2007).

Em média espera-se encontrar uma densidade de meiofauna de 10^6 indivíduos por metro quadrado na superfície do sedimento e $1\text{-}2\text{g m}^{-2}$ de biomassa em água pouco profunda ($< 100\text{m}$). Estes valores de abundância/biomassa variam de acordo com a estação do ano, a latitude, a profundidade da água, a exposição tidal, o tamanho do grão do sedimento (um dos principais factores condicionante da abundância), o tipo de habitat, entre outros (Coull, 1988).

Quase toda a meiofauna é encontrada nos primeiros dois centímetros do sedimento. Esta é normalmente controlada pela descontinuidade do potencial redox (DPR), isto é, a fronteira entre sedimentos aeróbios e anaeróbios. O principal parâmetro do potencial redox, o oxigénio, é determinado pela oxidação do enxofre e de outros nutrientes, sendo que abaixo dos 200mV a densidade de meiofauna decresce (Coull, 1988).

A meiofauna pode ser caracterizada de acordo com a sua distribuição. Em larga escala ($\text{m}^2\text{-Km}^2$) torna-se complicado determiná-la uma vez que existem variáveis, tais como, a granulometria, oxigénio, salinidade, entre outras, que dificultam a realização de uma correcta amostragem. No entanto, a uma escala mais reduzida como cm^2 , o habitat do organismo torna-se mais importante podendo variar de acordo com variáveis físicas ou biológicas. A distribuição e disponibilidade do alimento foram sugeridas como um

factor microespacial para a agregação, pelo que a maior disponibilidade de alimento leva a um aumento da abundância de meiofauna. Também a predação pode levar a alterações de disponibilidade, criando ausência de organismos no meio, tal como a reprodução e o ciclo de vida podem, ser razões para a aglomeração, não sendo assim possível determinar o factor condicionante da agregação (Coull, 1988).

Os Nematoda são, geralmente, os organismos que constituem cerca de 50% do total de meiofauna, seguidos pelos Copepoda, Harpaticoida, que, em alguns locais, podem ser o grupo dominante. Em algumas ocasiões, estudos revelam outros grupos como os dominantes, como referido por Galhanó (1970), que reportou os Isopoda como os mais abundantes nas praias portuguesas (Coull, 1988). Os Nematoda e os Copepoda são assim os mais abundantes *taxa* da meiofauna e os mais fáceis de preservar. Os Copepoda são normalmente mais sensíveis à poluição que os Nematoda, principalmente no que diz respeito à quantidade de O₂ disponível no sedimento. A diferença na concentração de Nematoda é atribuída à elevada concentração de metais, na razão inversa, ou seja quanto mais metais, menos Nematoda. Por outro lado, na presença de matéria orgânica a concentração de Nematoda aumenta (Moodley *et al.*, 1997; Kennedy & Jacoby, 1999).

Resultados do estudo de Kamenev *et al.* (1993) em fontes hidrotermais de baixa profundidade na Nova Zelândia, mostram que, com profundidades compreendidas entre os 5-13m e com uma variação de temperatura entre os 15-40 °C, a meiofauna, quando presente, é na sua maioria constituída pelo filo Nematoda. O aumento do número de organismos, a predominância de Nematoda e a redução da diversidade de meiofauna vem de encontro a estudos anteriormente efectuados. Este padrão na composição de distribuição de meiofauna é normalmente associado à abundância de alimento e às condições ambientais instáveis (Kamenev *et al.*, 1993).

1.2.7. Macrofauna

A fauna em FHBP representa apenas um reduzido subconjunto das espécies presentes no fundo circundante, sendo o número de espécies obrigatórias reduzido (Tarasov *et al.*, 1999). Estas espécies são de ocorrência comum a ambientes

antropogenicamente poluídos ou imprevisíveis. Entre elas constam espécies tolerantes ou oportunistas como os poliquetas da Família Capitellidae (Tarasov *et al.*, 2005).

1.2.8. Estrutura espacial

Todas as comunidades hidrotermais desenvolvem-se em torno de emissões de fontes e estão muito localizadas, variando em tamanho aproximado de 1 m² até 100 m² (Sarrazin & Juniper, 1999). As fontes condicionam a distribuição de meio e macrofauna de forma indirecta, através do desenvolvimento de tapetes de bactérias que criam um biótopo específico para organismos bentónicos de meio e macrofauna. (Tarasov *et al.*, 2005).

1.3. **Objectivo**

Em sequência de um levantamento a trabalhos anteriormente efectuados sobre a meiofauna dos Açores, pode-se concluir uma quase total inexistência de dados. Os únicos dados disponíveis são relativos a um relatório de estágio realizado em 2002, e que incidia nas respostas da meiofauna à poluição antropogénica.

Assim este trabalho tem como objectivos:

- O estudo da meiofauna num ambiente inóspito e instável como as fontes hidrotermais de baixa profundidade (FHBP);
- E determinar a influência das FHBP na composição das comunidades de meiofauna adjacentes.

2. METODOLOGIA

2.1. Recolha e locais de amostragem

O local de amostragem localiza-se na costa Sul da ilha de São Miguel, mais precisamente na Ribeira Quente, zona conhecida pela presença de fontes hidrotermais na praia, mas também no mar. Estas encontram-se a uma profundidade máxima de 7 metros, mas a sua localização é visível à superfície pela ininterrupta emissão de gases sob a forma de bolhas. Foram também efectuadas amostragens na Caloura, local que funcionou como ponto controlo (Fig. 1). De acordo com os dados de Aguiar (1999) o local apresenta uma temperatura compreendida entre 20° - 78°C e um pH ácido que varia entre 5 e 6.

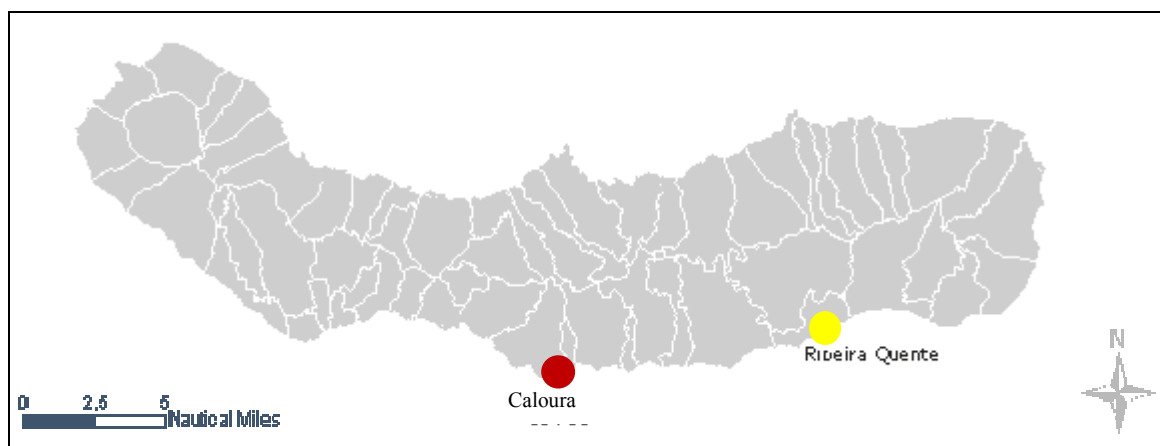


Figura 1: Ilha de São Miguel e localização dos locais de amostragem, Ribeira Quente (amarelo) e Caloura (vermelho).

Utilizando material para mergulho com escafandro autónomo, e um barco de apoio (necessário apenas na Ribeira Quente) foram feitas imersões nos locais onde se realizou a amostragem (Fig. 2).

Na amostragem foram tidas como base duas fontes hidrotermais, na Ribeira Quente. Na Caloura, foram considerados dois pontos como local zero. Em cada ponto foi retirada uma amostra de sedimento enterrando o TASM (tubo de amostragem de sedimento móvel) até 20cm de altura por 4cm de diâmetro (com um volume aproximado de 250cm³). A partir destes pontos realizaram-se dois transeptos, um para Norte e outro para Sul, e em cada um foram efectuadas colheitas a distâncias de 10cm, 30cm, e 60cm do ponto zero. No total para cada um dos locais amostrados, obtiveram-se 7 amostras de sedimento.

No início de cada amostragem mediu-se a temperatura, com um termómetro de mercúrio, à superfície da areia e enterrando-o até 2cm de profundidade.



Figura 2: Zona hidrotermal na Ribeira Quente a aproximadamente 7 metros de profundidade onde foi realizada a amostragem.

2.2. Laboratório

2.2.1. Extracção do material biológico

Em laboratório a amostra foi colocada numa proveta de 1L e fez-se com água salgada. Tapou-se a proveta e agitou-se vigorosamente. Deixou-se assentar a suspensão maior e despejou-se o sobrenadante num crivo de malha 63 μ m. Este processo repetiu-se 4 vezes para cada amostra e no final cada amostra foi colocada num frasco de recolha com formol a 5% neutralizado, tal com descrito por Tarasov et al. (1999) e por Álvaro (2002).

2.2.2. Preparação do material biológico para identificação

Para proceder à identificação do material recolhido, as amostras foram lavadas, para retirar o formol, com água doce sobre um crivo de 63 μ m. De seguida as amostras foram imersas numa solução de 95% etanol e 5% glicerina e colocadas na estufa a baixa temperatura onde se deixou ficar por 24h, de forma a evaporar o álcool e ficar somente o material embebido em glicerina.

As lâminas de microcópia foram previamente preparadas aquecendo-se parafina num prato de cristalização em cima de uma placa de aquecimento a baixa temperatura. Depositou-se o aplicador de parafina na parafina liquefeita, retirou-se e limpou-se o excesso. De seguida, colocou-se o aplicador em cima da lâmina de microscópio, esperaram-se 3-4 segundos e retirou-se o aplicador. Obteve-se um rectângulo de

parafina sólido; sempre que este não ficou perfeito, aqueceu-se um pouco a lâmina, para retirar a parafina da lâmina e repetiu-se o processo.

As preparações com o material para identificação foram montadas colocando-se o material embebido em glicerina, com o auxílio de um pincel e de uma agulha, no interior do rectângulo formado pela parafina. Colocou-se a lamela sobre a parafina e a amostra, com cuidado, de forma a não se formarem bolhas de ar por baixo da lamela. Levou-se a lâmina à placa de aquecimento e deixou-se liquefazer a parafina, para fechar, retirou-se a lâmina da placa, deixou-se arrefecer e passou-se à volta dos bordos da lamela um pincel embebido em verniz para selar a preparação. Este foi o procedimento também seguido por Kamanev *et al.* (1993), Vanreusel *et al.*, (1997) e Álvaro (2002). Foram realizadas, em média, 25 preparações por amostra.

2.2.3. Identificação e contagem do material biológico

As preparações obtidas foram observadas ao microscópio de câmara clara (LEICA DMLB) para uma identificação dos *taxa* através de bibliografia especializada, tais como, Higgins & Thiel (1988) e Barnes *et al.* (1993).

Em todas as preparações efectuaram-se contagens integrais dos organismos que se conseguiram identificar. As identificações foram realizadas até ao Filo no caso dos Nematoda, até à Classe para os Bivalvia, Gastropoda e Ostracoda e até à Ordem para os Copepoda e Foraminifera.

2.3. **Análise de dados**

Os locais e respectivas fontes foram abreviados, Ribeira Quente – RQ e Caloura - CAL e cada fonte é assinalada por 1 ou 2 ficando assim RQ1 e RQ2; CAL1 e CAL2. Também os transeptos foram marcados com Norte (N) e Sul (S) para facilitar a identificação dos pontos, e as distâncias 10, 30 e 60cm, obtendo-se para a fonte 1 da RQ a 10cm transepto Norte código RQ1-10N.

Os dados das abundâncias foram expressos em densidades de indivíduos por volume de sedimento (ind./ 250 cm³) e calculado o índice de diversidade.

Para o tratamento de dados utilizaram-se testes paramétricos como teste t e one-way ANOVA e tratamentos estatísticos multivariados: MDS (multidimensional scaling), análise de grupos, Simper (teste de contribuição das espécies para a

diversidade entre os dois locais) e ANOSIM (teste de significância para a existência de diferenças entre locais).

Utilizou-se o Microsoft Office Excel 2007, para registo dos resultados e para efectuar o teste t de Student; o programa WinGmav 5 foi utilizado para realizar a ANOVA e o Primer E versão 6.1.3, a estatística multivariada (Sommerfield et al., 1995).

Os dados iniciais foram convertidos para aproximar à normalidade usando uma transformação $\text{Log}(x+1)$ nos testes paramétricos e a raiz quadrada nos testes não-paramétricos, (análise multivariada) efectuando-se de seguida uma matriz de similaridades, baseada no índice de similaridade de Bray-Curtis (Sommerfield *et al.*, 1995) A transformação utilizando a raiz quadrada foi necessária para reduzir a importância dos grupos mais abundantes, e para que os grupos menos abundantes e os mais raros desempenhassem um papel igualmente importante na determinação da similaridade do replicado (Sommerfield *et al.*, 1995; Zar, 1999).

3. RESULTADOS

Neste trabalho foram identificados 16 *taxa* e contados 29.929 indivíduos. Estes estão distribuídos pelos Filos Foraminifera, Nematoda, Cnidaria, Rotifera e Sarcomastigofora, pelas classes Ostracoda, Bivalvia, Gastropoda e Turbellaria, pelas Ordens Harpacticoida, Cyclopoida, Calanoida e Anfipoda e pelo Género *Daphnia*. Também foram identificados Nauplii de Copepoda e outros estádios larvares de Crustacea. Nem todas as amostras apresentam indivíduos de todos os grupos.

A meiofauna presente na Ribeira Quente é constituída por 12 *taxa*, com uma média de 1,19 indivíduos por lâmina e a Caloura é constituída por 10 *taxa* com uma média de 86 indivíduos por lâmina (Anexo I, Tabela I). Entre os mais abundantes constam os estádios larvares de crustáceos (nauplii e larvas não identificadas) e os *taxa* Nematoda, Foraminifera e Harpacticoida (Fig. 3 e 4).

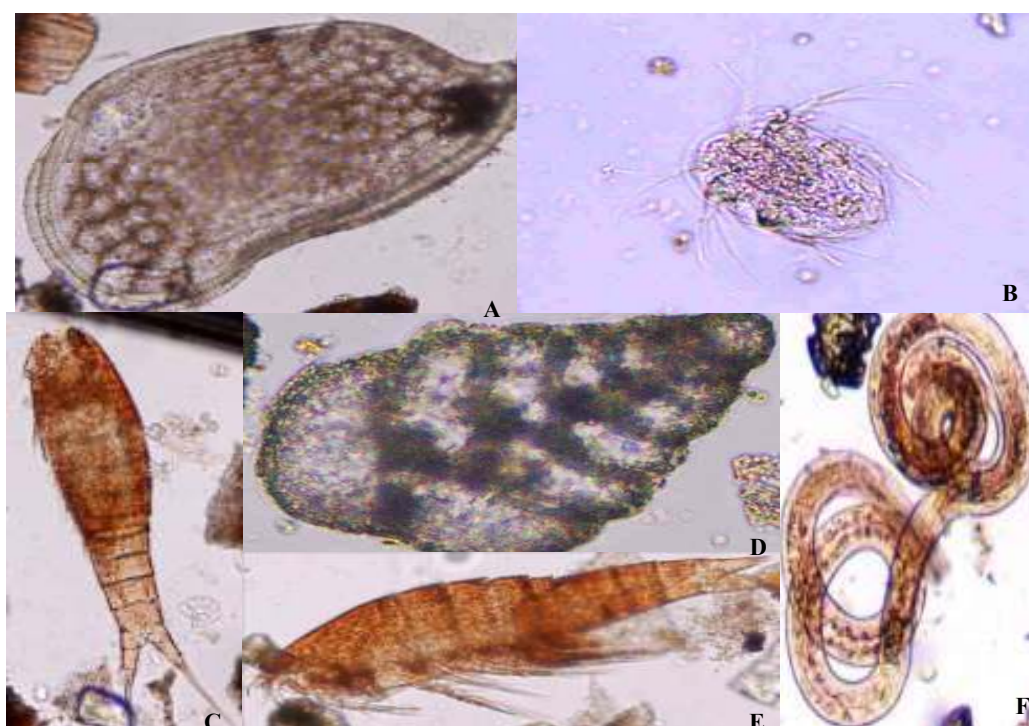


Figura 3: Principais grupos de meiofauna presentes na Caloura. A- Ostracoda (100X), B- Nauplii (200X), C- Copepoda Harpacticoida, vista ventral (100X), D- Foraminifera (100X), E- Copepoda Harpacticoida, vista lateral (100X) e F- Nematoda (100X).

Os grupos mais abundantes na Ribeira Quente são o estado larvar Nauplii e os *taxa* Harpacticoida e Foraminifera, por outro lado, na Caloura os *taxa* os mais abundantes foram os Foraminifera, os Gastropoda e os Ostracoda (Fig. 4).

Na Ribeira Quente, não se encontrou o Filo Rotifera, as Classes Gastropoda e Bivalvia e a Ordem Calanoida. No entanto, estes mesmos estão presentes na Caloura, sendo que neste local o Filo Sarcomastigofora, a Classe Turbellaria, a Ordem Amphipoda e o Género *Daphnia* estão ausentes, ao contrário do que sucede na Ribeira Quente.

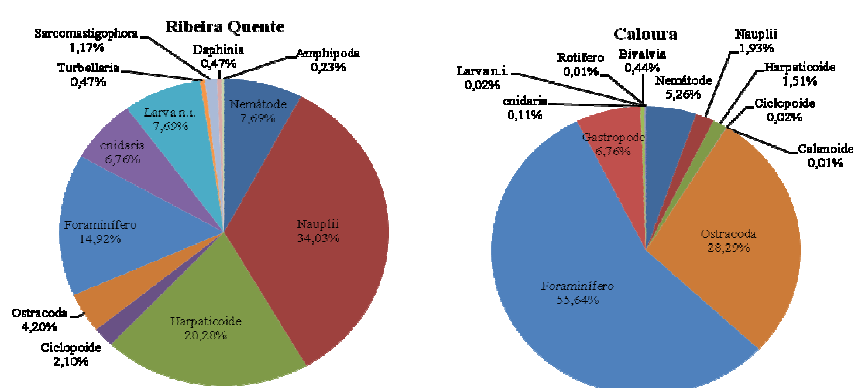


Figura 4: Abundância relativa da meiofauna presente na Ribeira Quente e na Caloura.

A Ribeira Quente exibe um maior número de *taxa*, logo uma maior diversidade, que a Caloura. No entanto, a densidade média de meiofauna é superior na Caloura (8,43 ind./250cm³) do que na Ribeira Quente (0,12 ind./250cm³). Esta densidade, como se pode observar na Figura 5, é mais homogénea na Ribeira Quente do que na Caloura. À excepção de um aumento de densidade da meiofauna nos pontos 10N RQ1 e RQ2 esta mantém-se relativamente constante ao longo dos transeptos. Pelo contrário, na Caloura observamos uma variação na densidade de ponto para ponto, à excepção dos pontos 60N CAL1 e 30N CAL1 e dos pontos CAL2 e 10N CAL2 que se mantêm sem alterações, sendo seguidos por um decréscimo no ponto 10N CAL1 e um aumento no ponto 10S CAL2

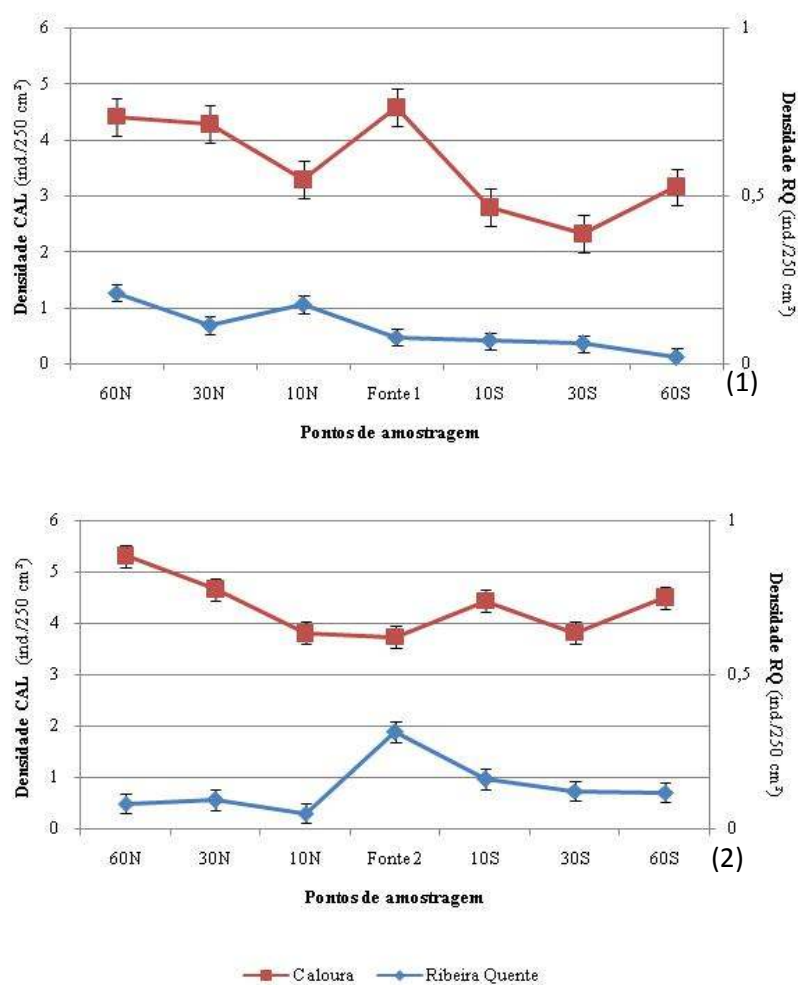


Figura 5: Densidade total (indivíduos / 250cm³) e erro padrão da meiofauna presente nos transeptos da fonte 1 (1) e da fonte 2 (2) na Ribeira Quente e na Caloura.

Na análise da dissimilaridade entre os dois locais de amostragem, obtida através do teste Simper (Tabela I), pode-se concluir que estes apresentam uma dissimilaridade de 82,56%. Os taxa que mais contribuem para esta diferença são os Foraminifera (35,18%), os Ostracoda (25,54%) e os Gastropoda (12,69%). Estes são também os taxa que mais contribuíram para as semelhanças entre os pontos na Caloura, com um similaridade média de 83,78% (Anexo II, tabela II). Na Ribeira Quente, por outro lado, os grupos que mais contribuíram para as semelhanças entre os pontos são os Nauplii (32,73%), os Foraminifera (20,81%) e os Cnidaria (13,45%) (Anexo II, tabela I).

Tabela I: *Taxa* que mais contribuem para as diferenças entre a Ribeira Quente e a Caloura.

Grupo Ribeira Quente & Caloura						
Dissimilaridade Média = 82,56						
	Grupo Ribeira Quente	Grupo Caloura				
<i>Taxa</i>	Abundância Média	Abundância Média	Dissim. Média	Dissim./ Erro Padrão	Contribuição (%)	Acumulação (%)
Foraminífera	0,12	2,11	29,04	6,34	35,18	35,18
Ostracoda	0,06	1,50	21,08	4,44	25,54	60,71
Gastropoda	0,00	0,72	10,47	4,63	12,69	73,40
Nematoda	0,07	0,65	8,58	3,40	10,4	83,80
Harpaticoide	0,12	0,35	3,65	1,69	4,42	88,21
Nauplii de Copepoda	0,19	0,39	3,21	1,39	3,89	92,11

Observando o MDS verifica-se que os pontos de amostragem da Caloura estão separados dos pontos de amostragem da Ribeira Quente (Fig.6). Na Caloura as amostras estão sobrepostas à exceção do ponto 30S que se encontra afastado. No entanto, na Ribeira Quente, as amostras 60S, 30S RQ2 e a amostra 30S RQ1 estão sobrepostas com a fonte RQ1. Os pontos mais próximos da fonte RQ1 são os pontos 10S e 30N RQ1. Os restantes pontos estão dispersos em torno da fonte RQ1. A fonte RQ2 está mais próxima do 10N RQ1 do que qualquer outro ponto que se situe em torno desta mesma fonte.

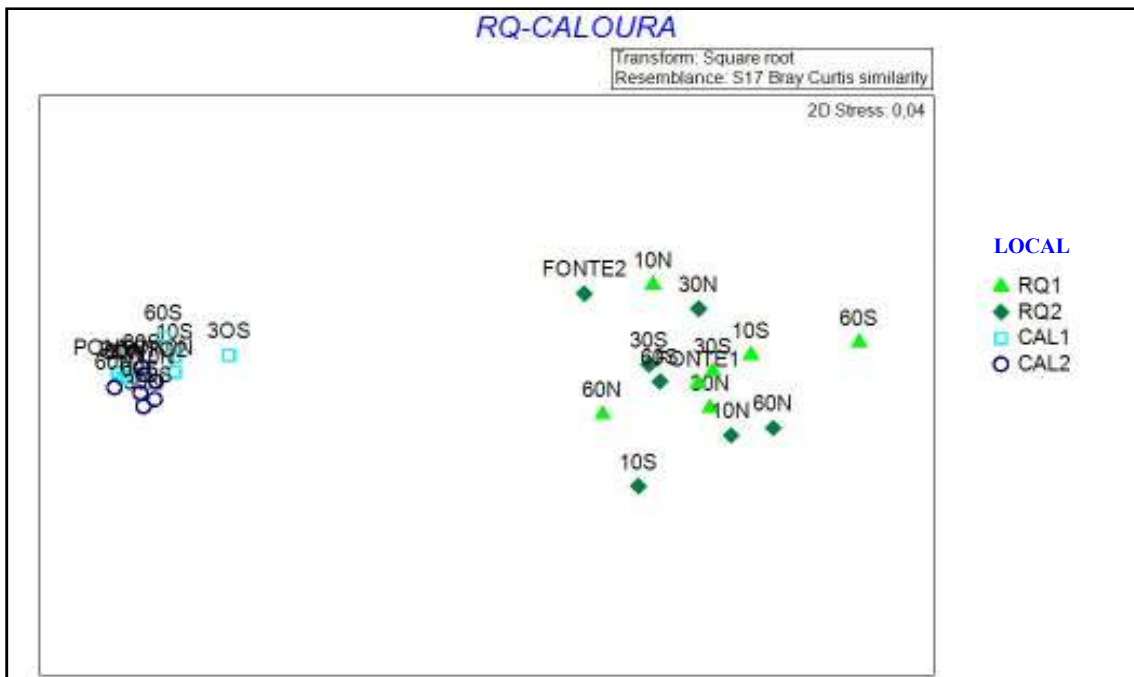


Figura 6: Ordenação obtida por MDS das amostras de meiofauna da Ribeira Quente e da Caloura, com identificação dos pontos de amostragem.

Considerando o dendograma, observa-se uma similaridade geral entre as amostras dos dois locais muito baixa ($\approx 20\%$) (Fig.7). Pode-se verificar que, à excepção do ponto 30S CAL1, como observado na figura anterior, todos os pontos, na Caloura, se agrupam entre si. Já na Ribeira Quente, pode-se ver uma junção de pontos do transepto Norte com pontos do transepto Sul e destes com as fontes 1 e 2.

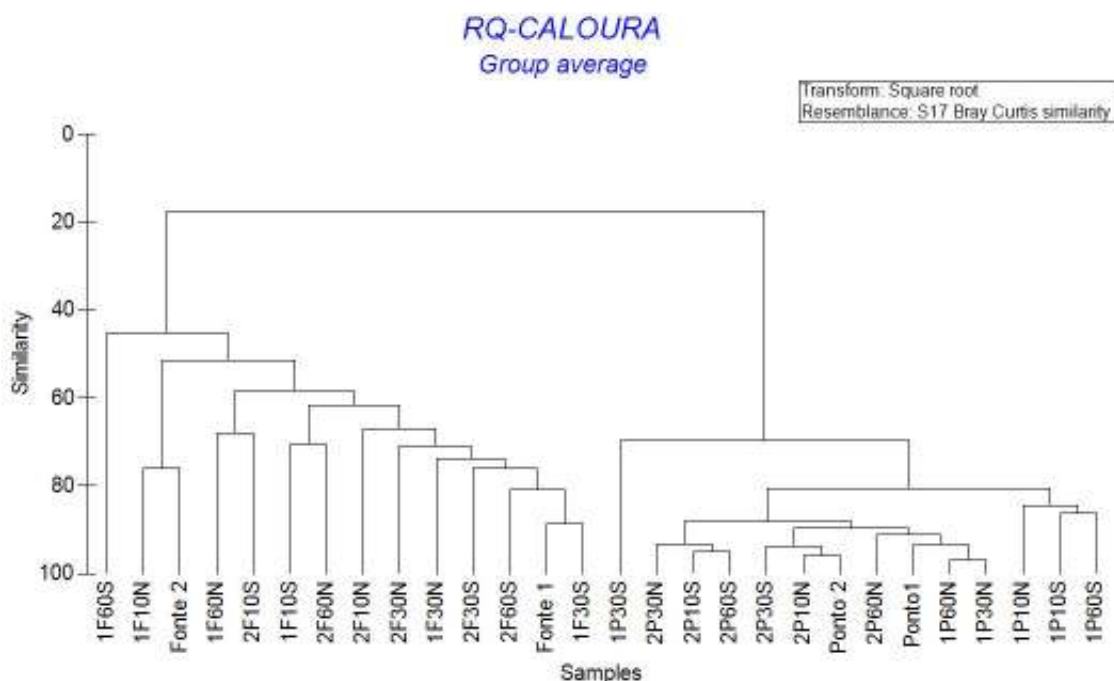


Figura 7: Dendograma obtido com os dados da meiofauna das amostras recolhidas na Ribeira Quente (F, Fonte) e na Caloura (P, Ponto) por UPGMA sobre a matriz de similaridades Bray- Curtis.

Apesar da separação observada no MDS e no dendograma das amostras dos dois locais, o teste t realizado sobre os valores de diversidade (Tabela II), densidade total e densidade dos grupos que mais contribuíram para a dissimilaridade entre locais (Foraminifera, Ostracoda, Gastropoda, Nematoda, Copepoda Harpacticoida e Nauplii), não revelou diferenças significativas, entre os dois locais amostrados, para nenhuma das variáveis testadas.

A análise de similaridade (ANOSIM) obteve um $R = 1$, isto é, as amostras são mais similares dentro de cada local de amostragem, do que entre locais de amostragem, ou seja, entre a Ribeira Quente e a Caloura, com um nível de significância de 0,1%. Quer isto dizer, que existe uma diferença significativa entre as comunidades de meiofauna presentes nos dois locais de amostragem.

Tabela II : Probabilidade do teste t de Student, após transformação $\log(x+1)$.

Variável	Probabilidade
Densidade Total	8,92783 ⁻¹⁶
Densidade de Nemátodes	7,02035 ⁻⁰⁹
Densidade de Nauplii	0,000306199
Densidade de Foraminifera	1,27814 ⁻¹⁴
Densidade de Ostracoda	7,52942 ⁻¹²
Densidade de Gastropoda	6,6279 ⁻⁰⁸
Densidade de Harpacticoides	3,51458 ⁻⁰⁶
Diversidade (H')	0,001035

A ANOVA foi realizada apenas para os pontos dos transeptos da Ribeira Quente, com o intuito de saber se existiam diferenças na meiofauna em função da distância da fonte hidrotermal, para o índice de diversidade (Índice de Shannon-Weaver - H'), a densidade total a densidade dos grupos que mais contribuíram para a dissimilaridade entre locais (Foraminifera, Ostracoda, Gastropoda, Nematoda, Copepoda Harpacticoida e Nauplii) e a equitabilidade. Os resultados não revelaram

diferença significativa entre as amostras correspondentes às várias distâncias (10, 30 e 60 cm) (Tabela III).

Tabela III: Resultados da análise de variância (um factor: Dist.- Distância à fonte) sobre a abundância de alguns grupos taxonómicos, diversidade de *taxa* e equitabilidade para a Ribeira Quente ($p < 0,05$). As variáveis foram transformadas por $\log(x+1)$, excepto para H' ; GL- Graus de Liberdade.

Variável	Fonte de variação	GL	F	P
Densidade total	Dist.	2	0,07	0,93
	RES	9		
	TOT	11		
Densidade de Foraminifera	Dist.	2	1,19	0,349
	RES	9		
	TOT	11		
Densidade de Harpacticoida	Dist.	2	0,3	0,7455
	RES	9		($p < 0,01$)
	TOT	11		
Densidade de Nauplii	Dist.	2	0,2	0,8199
	RES	9		
	TOT	11		
Densidade de Nematoda	Dist.	2	0,32	0,7334
	RES	9		
	TOT	11		
Densidade de Ostracoda	Dist.	2	0,22	0,8056
	RES	9		
	TOT	11		
Diversidade H'	Dist.	2	0,64	0,5475
	RES	9		
	TOT	11		
Equitabilidade J'	Dist.	2	0,41	0,6758
	RES	9		
	TOT	11		

4. DISCUSSÃO

A meiofauna presente neste trabalho é composta na sua maioria pelo estado larvar Nauplii e pelos *taxa* Harpacticoida e Foraminifera para a Ribeira Quente e pelos *taxa* Foraminifera, Ostracoda e Gastropoda para a Caloura.

Álvaro (2002), no seu estudo, observou uma maior abundância dos *taxa* Nematoda, Copepoda e Foraminifera, embora outros grupos, em menor abundância, também tenham sido identificados (Anelida, Ostracoda, Molusca e Acarina). Segundo Álvaro (2002) o tamanho do grão é a razão da elevada abundância da Classe Copepoda sobre o Filo Nematoda, na meiofauna de São Miguel. Assim, quanto maior o tamanho do grão, menor a abundância do Filo Nematoda e maior abundância da Classe Copepoda. Considerando que o tamanho do grão no controlo (perto do Ilhéu de Vila Franca) de Álvaro (2002) é semelhante ao tamanho do grão na Caloura e na Ribeira Quente, pode-se considerar que os *taxa* dominantes esperados seriam os Copepoda, os Nematoda e os Foraminifera. No entanto, apenas 1 *taxon* (Foraminifera) referido por Álvaro (2002) foi identificado para a Caloura como dominante, tendo, para a Ribeira Quente, sido identificados os *taxa* Copepoda e Foraminifera, como o segundo e o terceiro mais abundantes.

Embora Coull (1988), afirme que o Filo Nematoda é o grupo mais abundante na meiofauna, e Álvaro (2002) tenha observado grandes abundâncias deste grupo em São Miguel, embora em menor número que o registado por Coull (1988), neste trabalho, em nenhum dos locais amostrados, o Filo Nematoda aparece entre os três primeiro grupos mais abundantes. No entanto, Kamenev *et al.* (1993), num estudo em fontes hidrotermais de baixa profundidade, também referiu o Filo Nematoda como o dominante de toda a meiofauna.

A Ribeira Quente é composta por uma maior diversidade e uma menor abundância de indivíduos do que a Caloura. A existência de uma maior abundância por parte de alguns grupos em função de outros, em fontes hidrotermais, é confirmada por Melwani & Kim (2008). De acordo com os mesmos autores, as comunidades em torno das fontes hidrotermais de baixa profundidade não são muito diferentes das comunidades da área envolvente sem a influência destas. Assim, a fauna encontrada no

sedimento, nas zonas sob influência das fontes hidrotermais de baixa profundidade, é um subconjunto da fauna circundante, mas em menor abundância. A combinação de temperatura, pH, salinidade e gases dissolvidos resulta numa exclusão da maior parte da fauna presente na área circundante, com excepção, para a fauna que apresenta alguma tolerância a condições extremas e que assim se apresenta em grande número (Melwani & Kim, 2008). Admitindo que a fauna presente na Caloura é semelhante à fauna presente na zona envolvente às fontes hidrotermais da Ribeira Quente, a afirmação acima explica as diferenças encontradas na abundância e na diversidade entre os dois locais.

Em média, a densidade da meiofauna é na ordem de 10^6 indivíduos por metro quadrado de superfície de sedimento (Barnes *et al.*, 1993). Neste trabalho utilizou-se o volume total do TASM como medida, visto terem-se considerado volumes e não áreas. No entanto, levando em conta que cada TASM tem uma área de secção aproximada de $12,5\text{cm}^2$ e partindo do princípio que a maioria dos organismos se encontra à superfície do sedimento, devido ao potencial redox, e que todos os indivíduos obtidos estavam nessa secção do tubo, obteve-se uma densidade total de 10^5 indivíduos por metro quadrado para a Caloura e de apenas 10^4 indivíduos por metro quadrado para a Ribeira Quente.

Kennedy & Jacoby (1999), afirmam que a distribuição espacial da meiofauna é extremamente agregada. A abundância da população é afectada por factores abióticos, tais como a salinidade, granulometria, exposição à acção das ondas e pH; e factores bióticos, tais como a predação, competição por alimento e/ou espaço e perturbações diversas (Meyers *et al.*, 1987 *fide* Kennedy & Jacoby, 1999). Assim a densidade de meiofauna pode variar em apenas alguns centímetros, como, por exemplo, nos pontos fonte, 10N e 10S na CAL1 e na RQ2; e picos na população podem variar de local para local, tal como observado, nos gráficos de densidade para a Ribeira Quente e para a Caloura (Heip *et al.*, 1985 *fide* Kennedy & Jacoby, 1999).

A meiofauna presente nos dois locais de amostragem é semelhante. No entanto, alguns grupos apenas se encontraram presentes na Ribeira Quente (Turbellaria, Sarcostigophora, *Daphnia* e Amphipoda) e outros apenas na Caloura (Gastropoda, Rotifera, Bivalvia e Calanoide). Assim a fauna na Ribeira Quente pode não ser totalmente semelhante à fauna presente na Caloura. No entanto, pode ser semelhante à

fauna presente na zona circundante às fontes hidrotermais mas que não é influenciada por estas. Para além disso, a agregação da meiofauna, quer por factores bióticos quer por factores abióticos, contribui para uma dispersão e/ou agregação dos pontos de amostragem, não se conseguindo saber se a meiofauna amostrada num ponto é igual à meiofauna amostrada alguns centímetros ao lado em qualquer direcção.

Assim, para além do tamanho do grão, factores bióticos e/ou abióticos podem estar a influenciar a meiofauna presente nas fontes hidrotermais de baixa profundidade na Ribeira Quente. Os testes realizados demonstraram que a meiofauna presente na Ribeira Quente não é a mesma que aparece na Caloura, confirmando a dispersão observada no MDS e no dendograma. No entanto, dentro dos locais de amostragem e entre pontos de amostragem não se encontraram diferenças significativas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A meiofauna presente em fontes hidrotermais é afectada por condições adversas durante o seu ciclo de vida e apenas algumas espécies se conseguem adaptar. Assim podemos supor que a composição da meiofauna presente na Ribeira Quente é a mesma da Caloura, no entanto, a sua abundância é menor. A Ribeira Quente apresenta uma maior dispersão provavelmente causada pela presença das fontes hidrotermais.

Iniciado o estudo sobre a composição da meiofauna nas fontes hidrotermais de baixa profundidade é necessário saber quais são os factores bióticos e/ou abióticos que intervêm na composição da fontes e a sua influência no meio circundante, aumentando assim o nosso conhecimento sobre a densidade e composição da meiofauna nos Açores.

Num balanço final, resta dizer que foi um trabalho árduo mas que compensou face aos resultados obtidos. Os dados resultantes permitem um maior conhecimento das espécies de meiofauna que aqui ocorrem, possibilitando um aumento dos dados disponíveis sobre a fauna que povoa a costa da Ilha de São Miguel. A existência de fontes hidrotermais de baixa profundidade na Ribeira Quente mas também em outros pontos da ilha, deverá ser considerada em futuros estudos para uma melhor compreensão da influência e relação entre fontes hidrotermais de baixa profundidade e factores abióticos, como as ondas, a exposição a correntes e/ou a características das fontes hidrotermais.

Assim, mais uma vez se comprova a necessidade de estudar este arquipélago que apresenta uma fauna rica e abundante, associada a características geológicas únicas.

6. BIBLIOGRAFIA

Aguiar, P., 1999. *Ecologia Microbiana de fontes hidrotermais em São Miguel.* Relatório de Estágio da Licenciatura em Biologia, Ramo de Biologia Ambiental e Evolução. Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 54 pp.

Álvaro, N., 2002. *Estudo preliminar do impacto na meiofauna do efluente do emissário submarino da estação de tratamento de águas residuais de Ponta Delgada.* Relatório de Estágio do Curso de Biologia, Ramo Biologia Ambiental e Evolução. Universidade dos Açores, Ponta Delgada, 37 pp.

Barnes, R.S.K.; P. Calow & D.J. W. Olive, 1993. *The invertebrates: a new synthesis* (2ª edição). Blackwell Scientific Publications, Oxford, 488 pp.

Botz, R.; G. Winckler; R. Bayer; M. Schmitt; M. Schmidt; D. Garbe-Schönberg; P. Stoffers & J.K. Kristjansson, 1999. Origin of trace gases in submarine hydrothermal vents of the Kolbeinsey Ridge, North Iceland. *Earth and Planetary Science Letters*, 171: 83-93.

Brigth, M. & C. Arndt, H. Keckeis & H. Felbeck, 2003. A temperature-tolerance interstitial worm with associated epibiotic bacteria from the shallow water fumaroles of Deception Island, Antarctica. *Deep-Sea Research*. II, 50:1859-187.

Cardigos, F.; A. Colaço; P. R. Dando; S.P. Ávila; P.-M. Sarradin; F. Tempera; P. Conceição; A. Pascoal & R. Serrão Santos, 2005. Shallow water hydrothermal vent field and communities of the D. João de Castro Seamount (Azores). *Chemical Geology*, 224: 153-168.

Coull, B. C., 1988. Ecology of the marine meiofauna. Pp. 18-38 In: Higgins, R. P. & H. Thiel (Eds). *Introduction to the study of meiofauna*. Smithsonian Institution Press, Washington, 488 pp.

Dando, P. R., J. A. Hughes; Y. Leahy; S. J. Niven; L. J. Taylor & E C. Smiths, 1995. Gas venting rates from submarine hydrothermal areas around the island of Milos, Hellenic Volcanic Arc. *Continental Shelf Research*, Vol. 15, 8: 913-929

Dando P.R.; D. Stüben & S.P. Varnavas, 1999. Hydrothermalism in the Mediterranean Sea. *Progress in Oceanography*, 44: 333- 367.

Fitzsimons, M. F.; P.R. Dando; J.A. Hughes; F. Thiermann; I. Akoumianaki & S.M. Pratt, 1997. Submarine hydrothermal brine seeps off Milos, Greece: Observations and geochemistry. *Marine Chemistry*, 57: 325-340.

Fricke, H.; O. Giere; K. Stetter; G.A. Alfredsson; J.K. Kristjansson; P. Stoffers & J. Svavarsson, 1989. Hydrothermal vent communities at the shallow subpolar Mid-Atlantic ridge. *Marine Biology*, 102: 425-429.

Higgins, R. P. & H. Thiel, 1988. *Introduction to the study of meiofauna*. Smithsonian Institution Press, Washington, 488 pp.

Kamenev, G. M.; V. I. Fadeev; N. I. Selin; V. G. Tarasov & V. V. Malakhov, 1993. Composition and distribution of macro- and meiobenthos around sublittoral hydrothermal vents in the Bay of Plenty, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 27: 407-418.

Kennedy, A. D. & C. A. Jacoby, 1999. Biological indicators of marine environmental health: Meiofauna - A neglected benthic component? *Environmental Monitoring and Assessment*, 54: 47-68.

Melwani, A.R. & S.L. Kim, 2008. Benthic infaunal distributions in shallow hydrothermal vent sediments. *Acta Oecologica*, 33: 162-175.

Moodley, L.; G. J. van der Zwaan; P. M. J. Herman; L. Kempers & P. van Breugel, 1997. Differential response of benthic meiofauna to anoxia with special reference to Foraminifera (Protista: Sarcodina). *Marine Ecology Progress Series*, 158: 151-163.

O'Hara, S. C. M.; P.R. Dando; U. Schuster; A. Bennis; J.D. Boyle; F.T.W. Chui; T.V.J. Hatherell; S.J. Niven & L.J. Taylor, 1995. Gas seep induced interstitial water circulation: observations and environmental implications. *Continental Shelf Research*, 15: 931-948.

- Oliveira, C.S.; R. Sigbjörnsson & S. Ólafsson, 2004.** A comparative study on strong ground motion in two volcanic environments: Azores and Iceland. *13th World Conference on Earthquake Engineering* Vancouver, B. C., Canada, paper n° 2369.
- Pichler, T. & G. R. Dix, 1996.** Hydrothermal venting within a coral reef ecosystem, Ambitle Island, Papua New Guinea. *Geology*, vol. 24, 5: 435-438.
- Pichler, T.; J. Veizer & G. E. M. Hall, 1999.** The chemical composition of shallow-water hydrothermal fluids in Tutum Bay, Ambitle Island, Papua New Guinea and their effect on ambient seawater. *Marine Chemistry*, 64: 229-252.
- Prol-Ledesma, R.M., 2003.** Similarities in the chemistry of shallow submarine hydrothermal vents. *Geothermics*, 32: 639-644.
- Prol-Ledesma R. M.; P. R. Dando & C. E. J. de Ronde, 2005.** Special issue on "shallow-water hydrothermal venting". *Chemical Geology*, 224: 1-4.
- Reid, J.W., 2001.** A human challenge: discovering and understanding continental copepod habitats. *Hydrobiologia*, 453-454.
- Riedl, R. J. & Machan, R., 1972.** Hydrodynamic patterns in lotic intertidal sands and their bioclimatological implications. *Marine Biology*, 12: 179-209.
- Riedl, R. J., N. Huang & R. Machan, 1972.** The subtidal pump: a mechanism of interstitial water exchange by wave action. *Marine Biology*, 13: 210-221.
- Rosenberg, R., 2001.** Marine benthic faunal successional stages and related sedimentary activity. *Scientia Marina*, 65: 107-119.
- Sarrazin, J. & S. K. Juniper, 1999.** Biological characteristics of an hydrothermal edifice mosaic community. *Marine Ecology Progress Series*, 185: 1-19.
- Sedwick, P. & D. Stüben, 1996.** Chemistry of shallow submarine warm springs in an arc-volcanic setting: Vulcano Island, Aeolian Archipelago, Italy. *Marine Chemistry*, 53: 147-161.
- Somerfield, P. J.; H. L. Rees & R. M. Warwick, 1995.** Interrelation in community structure between shallow-water marine meiofauna and macrofauna in relation to dredging disposal. *Marine Ecology Progress Series* 127: 103-112.

Sutherland, T. F.; C. D. Levings; S. A. Petersen; P. Poon & B. Piercey, 2007. The use of meiofauna as an indicator of benthic organic enrichment associated with salmonid aquaculture. *Marine Pollution Bulletin* 54: 1249- 1261.

Tarasov, V.G.; M.V. Propp; L.N. Propp; A.V. Zhirmunsky; B.B. Namsaraev; V.M. Gorlenko & D.A. Starynin, 1990. Shallow-water gasohydrothermal vents of Ushishir Volcano and the ecosystem of Kraternaya Bight (The Kurile Islands). *Marine Ecology* 11:1-23.

Tarasov, V. G., A. V. Gebruk; V. M. Shulkin; G. M. Kamenev; V. I. Fadeev; V. M. Kosmynin; V. V. Malakhov; D. A. Starynin & A. I. Obzhirov, 1999. Effect of shallow-water hydrothermal venting on the biota of Matupi Harbour (Rabaul Cldera, New Britain Island, Papua New Guinea). *Continental Shelf Research* 19: 79-116pp.

Tarasov, V. G., A. V. Gebruk, A. N. Mironov & L. I. Moskalev, 2005. Deep-sea and shallow-water hydrothermal vent communities: Two different phenomena? *Chemical Geology* 224: 5-39pp.

Tarasov, V.; S. Bogovski & V. Muzyka, 2003. Biochemical characteristics of alga-bacterial mats and invertebrates from shallow-water hydrothermal fields of the West Pacific Ocean. *Aquatic Sciences* 65: 73-80.

Taylor, Richard B., 1998. Short-term dynamics of a seaweed epifaunal assemblage. *Journal of Experimental Biology and Ecology* 227: 67-82.

Thiermann, F.; I. Akoumianaki; J. A. Hughes & O. Giere, 1997. Benthic fauna of a shallow-water gaseohydrothermal vent area in the Aegean Sea (Milos, Greece). *Marine Biology* 128: 149-159.

Vanreusel, Anna; I.Van den Bossche & F. Thiermann, 1997. Free-living marine nematodes from hydrothermal sediments: similarities with communities from diverse reduced habitats. *Marine Ecology Progress Series* 157: 207- 219.

Zar, J. H., 1999. *Biostatistical analysis* (4^a edição). Prentice Hall, New Jersey, 663 pp.

Zillig W.; I. Holz; D. Janekovic; H.-P. Klenk; E. Imsel; J. Trent; S. Wunderl;v. Forjaz; R. Coutinho & T. Ferreira, 1990. *Hyperthermus butylicus*, a hyperthermophilic sulfur-reducing archaeobacterium that ferments peptides. *Journal of Bacteriology* 3959- 3965.

AGRADECIMENTOS

Há muito tempo que ando a pensar, não a quem agradecer, mas como agradecer às pessoas que tanto me ajudaram e estiveram ao meu lado, quer ao longo dos anos (muitos) passados nesta Universidade, quer ao longo dos meses de trabalho nesta tese.

Assim deveria de começar pelos meus pais, irmã, avós, etc, mas eles sabem o quanto são importantes. Portanto agradeço:

À Professora Dr.^a Anunciação Ventura que me apresentou a Professora Dr.^a Paula Aguiar, que iniciou o bichinho das fontes hidrotermais, às duas, Muito Obrigada.

Ao Professor Dr. António Frias Martins, a quem inicialmente me dirigi e que me propôs este trabalho.

À Professora Dr.^a Ana Cristina Costa, que me aceitou, vinda do nada, e me orientou neste meses de trabalho. Obrigada pela sua paciência, pela sua orientação e correcção desta tese, aprendi muito, obrigada.

Ao Dr. Nuno Álvaro por me emprestar a sua bibliografia e pelo apoio no início deste trabalho.

Ao técnico João Brum pela ajuda nas saídas de campo e pelas fotografias disponibilizadas.

Aos colegas de laboratório, Mestre Maria Ana Dionísio, Dr. Pedro Raposeiro, Dr.^a Andreia Cunha, Dr. João Ramos e mais recentemente Dr.^a Mafalda Cruz, obrigada pelos risos e conversas disparatadas que tanto aliviaram o ambiente e ajudaram a passar as horas.

À Mafalda, companheira de dúvidas, noites em branco, crises existenciais, birras e ajuda neste último ano.

A ti, Andreia, pela tua amizade. Obrigada por me pões no caminho certo, quando estava perdida. Por leres esta tese vezes sem conta, na tentativa de dar algum sentido às frases sem sentido e meio escritas. Por estares lá mesmo quando eu não queria e me fazeres ver o que estava mesmo à minha frente. OBRIGADA.

À Dr^a, quase Mestre, Catarina Santos (Nena), obrigada amiga pelo teu apoio todos estes anos, estás sempre comigo, mais é difícil de escrever. BOA SORTE.

Pelas longas horas perdidas na conversa, com um pico e um copo de leite, pelas discussões, pelos jantares, pelas horas sentadas no chão a ver televisão enquanto eu dormia no sofá, pelos puxões de orelhas a mim e a vocês, pelas lágrimas e pelos risos, obrigada amigas, Andreia e Catarina, sem vocês à muito que me tinha perdido.

Ao Adério Araújo, meu amor, não me esqueci, pelas horas perdidas, pelas noites em branco, pelo meu mau humor e discussões sem razão, pelo meu cansaço, por tudo... OBRIGADA.

Aos meus avós (Manuel e Arminda Ferro) e aos meus pais (Mário e Maria Luísa Mendes), sem eles nunca teria vindo para os Açores, pelo seu apoio e amor, obrigada por estarem sempre comigo. Ao meu pai, distraído, mas de quem nunca me esqueço. À chata da minha mãe (eu disse que escrevia chata), ela é chata, sabe disso e disse que podia escrever, obrigada mamã, por seres assim, sem isso à muito que teria desistido, consegui.

A ti mana, a última mas não menos importante, estás longe mas sempre no meu coração, Obrigada.

Se alguém não foi mencionado, desculpa, não foi de propósito, apenas esquecimento e cansaço, obrigada.

Obrigada

ANEXOS

ANEXO I

Tabela I: Total de indivíduos e média (ind./ lâmina) para as duas fontes da Ribeira Quente (RQ) e da Caloura (CAL).

	Total RQ1	Total RQ2	Total RQ1+2	Média RQ	Total CAL1	Total CAL2	Total CAL 1+2	Média CAL
Nº de lâminas	167	191	358	-----	152	192	344	-----
<i>Taxa</i>								
Nematoda	17	16	33	0,092	657	895	1552	4,512
Nauplii	50	96	146	0,408	350	219	569	1,654
Harpacticoide	40	47	87	0,243	260	185	445	1,294
Ciclopoide	1	8	9	0,025	0	5	5	0,015
Calanoida	0	0	0	0,000	4	0	4	0,012
Ostracoda	9	9	18	0,050	4223	4123	8346	24,262
Foraminífera	30	34	64	0,179	6554	9860	16414	47,715
Gastropoda	0	0	0	0,000	575	1420	1995	5,799
Bivalvia	0	0	0	0,000	51	78	129	0,375
Cnidaria	16	13	29	0,081	14	19	33	0,096
Larva n.i.	19	14	33	0,092	3	3	6	0,017
Turbellaria	0	2	2	0,006	0	0	0	0,000
Rotífero	0	0	0	0,000	1	1	2	0,006
Sarcomastigofora	2	3	5	0,014	0	0	0	0,000
Daphnia	2	0	2	0,006	0	0	0	0,000
Amphipoda	0	1	1	0,003	0	0	0	0,000
Total	186	243	429	1,198	12692	16808	29500	85,756

ANEXO II

Tabela I: Similaridade entre distintos pontos da Ribeira Quente e quais as espécies que mais contribuem.

Grupo RQ					
Similaridade média: 59,04					
<i>Taxa</i>	Abundância média	Similaridade média	Sim/SD	Contributo (%)	Acumulação (%)
Nauplii	0,19	19,33	5,32	32,73	32,73
Foraminifera	0,12	12,28	2,05	20,81	53,54
Cnidaria	0,08	7,94	1,94	13,45	67
Harpacticoida	0,12	6,85	0,89	11,6	78,59
Larva n.i.	0,08	5,34	0,91	9,05	87,64
Ostracoda	0,06	3,52	0,77	5,96	93,6

Tabela II: Similaridades entre os diferentes pontos da Caloura e quais as espécies que mais contribuem.

Grupo CAL					
Similaridade média: 83,78					
<i>Taxa</i>	Abundância média	Similaridade média	Sim/SD	Contributo (%)	Acumulação. (%)
Foraminifera	2,11	30,24	5,31	36,09	36,09
Ostracoda	1,5	20,84	4,18	24,88	60,97
Gastropoda	0,72	9,71	5,26	11,59	72,56
Nematoda	0,65	9,18	5,37	10,95	83,51
Nauplii	0,39	5,64	5,43	6,73	90,24