

Universidade dos Açores

**Contribuição para o Estudo das
Comunidades Zooplanctónicas
das Lagoas dos Açores**

Ana Mafalda Gomes Vieira da Cruz

**Ponta Delgada
2013**





Ana Mafalda Gomes Vieira da Cruz

**Contribuição para o estudo das comunidade zooplanctónicas das
lagoas dos Açores**

Dissertação apresentada à Universidade dos Açores
para a obtenção do grau de Mestre em Biodiversidade
e Ecologia Insular

Orientadores:

Doutor Vítor Manuel da Costa Gonçalves

Doutor Pedro Miguel Raposeiro

Universidade dos Açores

Ponta Delgada

2013

À Avó "Nhou"

AGRADECIMENTOS

Foi, sem dúvida, “um parto difícil”! Mas finalmente aqui está!

Este trabalho seria impossível sem a ajuda de algumas pessoas.

Começo por agradecer à equipa do FRESCO: João Ramos, Andreia Cunha, Joana Vilaverde, Cátia Pereira e Helena Marques. Obrigada pelas amostragens, por transportarem a caixa lagoa acima lagoa abaixo (Obrigada Ramos!!) e pelos litros de água que puxaram. Obrigada João e Andreia por tornarem mais leve o meu trabalho no laboratório e assim poder dedicar-me à contagem das minhas amostras.

Agradeço também ao INOVA e à Secretaria Regional do Ambiente pelo apoio no trabalho de campo.

Não podia deixar de mencionar também o Doutor Afonso Prestes e o Doutor José Azevedo pelo empréstimo da caixa de *Schindler*.

Agradeço também ao Doutor Nikolai M. Korovchinsky do A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, pela ajuda na identificação de uma espécie.

Um especial agradecimento à Doutora Ana Costa pelo apoio na identificação dos “bichos” e por todo o apoio nesta odisséia da escrita da tese.

Um obrigada especialíssimo aos meus orientadores Pedro e Professor Vítor por toda a paciência que tiveram comigo (e foi mesmo muita!) e por toda a ajuda que me deram ao longo deste ano complicado.

É sem dúvida graças aos meus pais e avó que hoje também estou aqui a concluir a tese, por isso um muito obrigada.

Obrigada Ricardo pela força, sempre que eu ia abaixo estavas lá para dizer que eu conseguia.

Não me podia esquecer da Maria Vale, Isadora Moniz, Ana Rita Mendes, Ana Ferreira, Vera Gouveia e Doutora Célia pela amizade, paciência e encorajamento.

Um eterno obrigada à Cátia! Sem ela acredito que era impossível! Obrigada pela amizade e pelo carinho e ainda mais por toda a paciência que tiveste comigo.

Obrigada a todos que, de uma forma ou outra, me ajudaram neste processo

ÍNDICE

RESUMO.....	12
ABSTRACT.....	13
1.INTRODUÇÃO.....	15
1.1.ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO	15
1.2. AS LAGOAS DOS ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES	16
1.3.REVISÃO DOS ESTUDOS RELAIZADOS NAS LAGOAS DOS AÇORES	17
1.4.ZOOPLÂNCTON	19
1.4.1 O Papel nas Cadeias Tróficas.....	20
1.4.2 A Migração Vertical.....	21
Rotifera	22
Crustacea	23
1.5.OBJECTIVO.....	26
2.METODOLOGIA	28
2.1.AMOSTRAGEM	28
2.1.1Locais de Amostragem	28
2.1.2.Métodos de Amostragem.....	30
2.2.Métodos Laboratoriais.....	30
2.2.1Identificação Taxonómica.....	30
2.2.2.Enumeração.....	30
2.3.Análise de Resultados.....	31
2.3.1. Listagem de espécies de Zooplâncton Dulçaquícola dos Açores	31
2.3.3.Variação Espacial e Temporal	32
2.3.4.Comunidade Zooplanctónica vs Variáveis Ambientais	32
RESULTADOS.....	35
3.1. Listagem de Zooplâncton Dulçaquícola dos Açores	36
3.2.Caracterização das Comunidades Zooplanctónicas.....	40
3.2.1.Composição Taxonómica.....	40
3.2.2.Índices Descritores da Comunidade	41
3.2.3.Variação Espacial	43

3.2.4.Varição Temporal.....	44
3.2.5.Comunidade Zooplanctónica vs Variáveis Ambientais.....	48
4.DISSCUSSÃO	51
4.1. Listagem de Zooplâncton Dulçaquícola dos Açores	51
4.2.Comunidades Zooplanctónicas	54
5.CONCLUSÃO.....	60
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES.....	15
FIGURA 2.1. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS LAGOAS ONDE SE REALIZARAM AS AMOSTRAGEM DE ZOOPLÂNCTON.....	28
FIGURA 3.1. PERCENTAGEM DE REGISTOS DE TAXA DE ZOOPLÂNCTON DULÇAQUÍCOLA ANTERIORES, CONFIRMADOS E NOVOS NOS AÇORES.....	37
FIGURA 3.2 DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE REGISTOS DE ZOOPLÂNCTON PELAS ILHAS DO ARQUIPÉLAGO.....	35
FIGURA 3.3. ORIGEM BIOGEOGRÁFICA DAS ESPÉCIES DE ZOOPLÂNCTON DO ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES.....	39
FIGURA 3.4. DIAGRAMA DE ORDENAÇÃO MULTIDIMENSIONAL DAS AMOSTRAS DE ZOOPLÂNCTON, EVIDENCIANDO TIPOLOGIAS DAS LAGOAS ESTUDADAS.....	44
FIGURA 3.5. DIAGRAMA DE ORDENAÇÃO MULTIDIMENSIONAL DAS AMOSTRAS DE ZOOPLÂNCTON DAS LAGOAS ESTUDADAS, EVIDENCIANDO AS ESTAÇÕES DO ANO EM QUE FORAM AMOSTRADAS.....	45
FIGURA 3.6. DIAGRAMA DE ORDENAÇÃO OBTIDO POR ANÁLISE DE REDUNDÂNCIA BASEADA EM DISTÂNCIAS (DBRDA), RELACIONANDO AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS COM A COMPOSIÇÃO ZOOPLANCTÓNICA DAS LAGOAS PROFUNDAS ESTUDADAS.	49

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1.1. CLASSE DE TAMANHOS DO PLÂNCTON	21
TABELA 2.1. PERIODICIDADE DE AMOSTRAGEM DE ZOOPLÂNCTON DE CADA LAGOA.....	29
TABELA 2.2. VARIÁVEIS AMBIENTAIS ANALISADAS.....	30
TABELA 3.1. TABELA RESUMO DO NÚMERO DE TAXA POR FAMÍLIA DE ZOOPLÂNCTON DULÇAQUÍCOLA REGISTRADOS NO ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES.....	33
TABELA 3.2 ÍNDICES DE RIQUEZA TAXONÓMICA, DIVERSIDADE E DOMINÂNCIA/EQUITABILIDADE CALCULADOS PARA O ZOOPLÂNCTON DE 20 LAGOAS DO ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES.....	42
TABELA 3.3. VALORES DO TESTE ANOSIM REALIZADO PARA AS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO.....	45
TABELA 3.4. CONTRIBUIÇÃO RELATIVA DOS TAXA DE ZOOPLÂNCTON PARA A DISSIMILARIDADE ENTRE AS QUARTO ESTAÇÕES DO ANO (VERÃO, OUTONO, INVERNO E PRIMAVERA) OBTIDA ATRAVÉS DO TESTE SIMPER.....	46

RESUMO

O estudo das comunidades zooplanctónicas das lagoas dos Açores tem sido bastante negligenciado ao longo dos anos. Contudo, o zooplâncton é uma importante comunidade biológica nos lagos, uma vez que se insere nas cadeias tróficas entre os produtores e consumidores finais, podendo contribuir para a qualidade da água.

Assim este trabalho tem como objectivos conhecer a composição taxonómica do zooplâncton dos lagos dos Açores, produzindo uma listagem de espécies; perceber se existem variações desta comunidade nas diferentes lagoas e ao longo do ano e quais os factores ambientais que modelam as comunidades zooplânctónicas.

Neste sentido, procedeu-se a uma amostragem, recorrendo a uma caixa de Schindler-Patalas de 30L, de 21 lagoas do arquipélago (profundas e pouco profundas) nas ilhas de São Miguel, Santa Maria, Pico, Flores e Corvo. As lagoas profundas foram amostradas nas quatro estações do ano, enquanto que as lagoas pouco profundas apenas foram amostradas no Verão.

Este trabalho conta com uma lista de 141 *taxa* de zooplâncton dulçaquícola para os Açores, contribuindo assim para o incremento do número de registos para 291 espécies de invertebrados de água doce e 2717 espécies animais registadas nos Açores.

Apesar de, comparativamente aos sistemas continentais, os Açores apresentarem uma baixa diversidade zooplanctónica, parecem ser mais diversos do que outras ilhas oceânicas. Este facto poderá dever-se à distancia do arquipélago ao continente, à idade geológica das ilhas, mas também à elevada diversidade de habitats de água doce que os Açores possuem, podendo constituir, assim nichos adequados ao zooplâncton.

A ilha com mais *taxa* reportados é São Miguel, seguida das Flores, Pico e por último Graciosa e São Jorge. Estes dados poderão ser enviesados devido ao maior esforço de amostragem nestas ilhas ao longo dos anos, bem como ao elevado número de lagoas aqui existentes.

A maior parte das espécies de zooplâncton são cosmopolitas, possuem uma elevada taxa de sucesso na dispersão e colonização e, neste trabalho, não parecem apresentar preferência pelo estado trófico da lagoa onde estão inseridas. Estes factos explicam a inexistência de diferenças nas comunidades zooplanctónicas das diversas ilhas e das lagoas profundas e pouco profundas.

Contudo a comunidade em estudo apresenta variabilidades face à estações do ano. A espécies que contribuem mais para estas diferenças são espécies associadas a estados eutróficos e temperaturas mais altas que ocorrem no Verão. Assim a temperatura da água e o fotoperíodo apresentam uma relação positiva com esta comunidade, enquanto que minerais disponíveis na água como o cálcio e a sílica encontram-se negativamente relacionados.

ABSTRACT

The study of zooplankton assemblages in the Azorean lakes has been neglected over the years. However, zooplankton is an important biological community, since it operates in lakes trophic structure between producers and consumers, contributing to water quality.

Thus, this study aims to explore the taxonomic composition of zooplankton in Azorean lakes, producing a list of species; it aims to understand if there are variations of this community in different lakes and throughout the year; and, which environmental factors shape zooplankton communities.

In order to achieve these main goals, 21 lakes (deep and shallow) were sampled in five Azorean islands (São Miguel, Santa Maria, Pico, Flores e Corvo), using a Schindler-Patalas 30L box. Deep lakes were sampled in four seasons, while shallow lakes were sampled only during the summer of 2011.

This study includes a list of 141 freshwater zooplankton taxa, contributing to an increase in the number of records for 291 of freshwater invertebrates and 2 717 animal species for the Azores archipelago.

Despite the Azores presents low zooplanktonic diversity when compared to continental systems, it appears to be more diverse than other oceanic islands. This may be due to the archipelago distance to the mainland, the geological age of the islands, but also due to the high diversity of freshwater habitats that Azores has, representing appropriate niches for zooplankton.

The island with more reported taxa is São Miguel, followed by Flores, Pico, Graciosa e São Jorge. These data may be biased by the greater sampling effort in São Miguel, Flores and Pico islands over the years, and by the large lake number existing in these islands.

Most zooplankton species are cosmopolitan, have a high success dispersal and colonization rate, and in this study, zooplankton species do not seem to show preference for the lake trophic state. These facts explain the absence of differences in zooplankton assemblages between different islands and between deep and shallow lakes.

However, the zooplankton community under study presents variability within the different year seasons. The species that most contribute to these differences are species associated to higher trophic states and temperatures that occur during summer. Therefore, water temperature and photoperiod show a positive relationship with freshwater zooplankton community in the Azores archipelago, while available minerals in water, such as calcium and silica, are negatively correlated.



Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO

O Arquipélago dos Açores localiza-se em pleno Oceano Atlântico, na região biogeográfica da Macaronésia (que inclui também os Arquipélagos da Madeira, Canárias e Cabo Verde), entre os paralelos 36°45' e 39°43' de latitude Norte e os meridianos 24°45' e 31°17' de longitude Oeste. As nove ilhas dos Açores, que no seu conjunto perfazem uma área de 2 352km², distribuem-se diagonalmente por aproximadamente 66 000km², com uma orientação marcadamente Noroeste - Sudeste, ao longo de cerca de 600km de comprimento (DROTRH/INAG 2001).

O extremo ocidental do Arquipélago situa-se na ilha das Flores (distando cerca de 900km do Continente Americano) e o extremo oriental localiza-se na ilha de Santa Maria (a uma distância aproximada de 1 070km da costa ocidental do Continente Europeu) (DROTRH/INAG 2001).

As ilhas estão agrupadas em três grupos: o Oriental (constituído pelas ilhas de Santa Maria e São Miguel); o Central (composto pelas ilhas da Terceira, Graciosa, São Jorge, Pico e Faial) e o Ocidental (do qual fazem parte as ilhas das Flores e do Corvo) (DROTRH/INAG 2001) (Figura 1.1).



FIGURA 1.1. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES (ADAPTADO DE SRAM 2012).

1.2. AS LAGOAS DOS ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES

As maiores lagoas dos Açores encontram-se nas caldeiras dos vulcões centrais. À escala regional, estas depressões vulcano-tectónicas constituem grandes bacias hidrográficas favoráveis à constituição de massas aquáticas com assinalável dimensão (Porteiro 2000).

A formação dos sistemas lacustres no Arquipélago dos Açores deve-se, assim, à existência de depressões endorreicas com fundo impermeabilizado pelos materiais pomíticos; à afluência constante de elevado volume de água; à existência de coberturas florestais com grande capacidade de retenção hídrica e à manutenção do equilíbrio vulcanológico e hidrogeológico, de forma a assegurar a estabilidade das interdependências entre a bacia e respectivo plano de água (Porteiro 2000).

Segundo este autor identificam-se 88 lagoas nos Açores, situadas em 5 das 9 ilhas do arquipélago: 56 apresentam regime permanente, enquanto que as restantes 32 são temporárias (Porteiro 2000).

De acordo com as características hidromorfológicas e a diferenciação das comunidades biológicas (*e.g.* diatomáceas bentónicas, fitoplâncton) presentes nas várias lagoas do Arquipélago são diferenciados dois tipos de lagoas: lagoas profundas (B-L-M/MI-MP/S/P) e lagoas pouco profundas (B-L-M/MI/S/PP). O tipo B-L-M/MI-MP/S/P é caracterizado por lagoas profundas, monomíticas, de pequena a grande dimensão, localizadas no interior de caldeiras de subsidência ou crateras de explosão hidromagmática (*Maars*), situadas a média altitude. Nestas lagoas a zona limnética é bastante maior que a zona litoral o que resulta no predomínio das comunidades planctónicas relativamente às bentónicas. O tipo B-L-M/MI/S/PP caracteriza-se por lagoas de baixa profundidade, conseqüentemente sem estratificação, de muito pequena dimensão, com um índice de permanência muito baixo ($\leq 0,1$) e localizadas a média a elevada altitude. Nestas lagoas a zona limnética está praticamente ausente, predominando, por isso, as comunidades bentónicas litorais (SRAM 2012).

Das lagoas mencionadas em Porteiro (2000) são designadas como lagoas profundas as lagoas do Fogo, das Furnas, Azul, Verde, Santiago e Congro em São

Miguel e as lagoas Funda, Comprida, Negra, Rasa e Lomba nas Flores. Já no ecótipo lagoas pouco profundas encontram-se todas as lagoas da ilha do Pico (Capitão, Caiado, Paúl, Rosada e Peixinho), o Caldeirão do Corvo, a lagoa de São Brás, Rasa (Sete Cidades), Canário, Empadadas Norte, Empadadas Sul, Caldeirão da Vaca Branca e Rasa (Serra Devassa) em São Miguel, bem como, a lagoa Branca e a lagoa Seca na ilha das Flores.

1.3. REVISÃO DOS ESTUDOS REALIZADOS NAS LAGOAS DOS AÇORES

O facto de as lagoas dos Açores constituírem um elemento chave na paisagem açoriana, contribuiu, sem dúvida, para a realização de estudos científicos, com vista ao alargamento do conhecimento sobre as mesmas (SRAM 2005). Assim, desde o final do século XIX, têm vindo a surgir trabalhos sobre as comunidades biológicas lacustres. Destes trabalhos destacam-se:

- Guerne (1887) e Barrois (1888a, 1888b) que tinham o intuito de conhecer os invertebrados (lacustres e terrestres);
- Barrois (1896), Krieger (1931), Bourrelly and Manguin (1946), DCEA (1991a, 1991b, 1991c), Rodrigues *et al.* (1995), INOVA (1996, 1999); Gonçalves 1997; Rodrigues *et al.* (1999); Medeiros *et al.* (2004) e Santos and Santana (2005) que procuravam caracterizar as comunidades fitoplânctónicas das lagoas;
- Vicente (1956) publicou os primeiros dados sobre a introdução de peixes nas lagoas açorianas;
- Flor de Lima (1993) que também trabalhou com os dados de peixes das lagoas;
- Garcia *et al.* (1993); Correia and Costa (1994); Costa *et al.* (2010) estudaram a espécie introduzida nas lagoas *Procambarus clarkii*;

- Gonçalves (2008) com caracterização das comunidades de fitoplâncton e de diatomáceas bentónicas que, contribuiu para o estudo da qualidade ecológica das lagoas açorianas;
- Bio (2008) que publicou resultados de processos de biomanipulação na lagoa das Furnas;
- Marques (2011) surgiu como o primeiro trabalho dedicado às diatomáceas bentónicas litorais das lagoas dos Açores;
- Pereira (2012) trabalhou com diatomáceas de sedimentos das lagoas dos Açores de forma a criar modelos de inferência de alterações ambientais;
- Barrois (1888); Green (1992); INOVA (1996); Buchaca *et al.* (2007) e Skov *et al.* (2010) que incluem a comunidade zooplanctónica das lagoas dos Açores.

Para além destes trabalhos pontuais, realizaram-se uma série de relatórios técnicos no âmbito do projecto da monitorização das massas de águas interiores da região hidrográfica dos Açores, com vista ao cumprimento da Directiva Quadro Água (DQA - Directiva 2000/60/CE) nos Açores (*e.g.* Cymbron *et al.* 2005; Gonçalves *et al.* 2008). A DQA tem como objectivo principal atingir o “bom” estado de todas as águas de superfície (rios, lagos, águas costeiras e de transição) e subterrâneas. O “bom” estado é definido pelo “bom” estado ecológico e pelo “bom” estado químico. O estado ecológico de uma massa de água de superfície de um dado tipo é definido, principalmente, pelo desvio entre as características das comunidades de organismos aquáticos (flora aquática, invertebrados bentónicos e peixes), que estão presentes em condições naturais (condições de referência) e as características dessas mesma comunidades, quando estão sujeitas a uma pressão (descarga de um efluente urbano, extração de areias, etc.). O estado ecológico é ainda caracterizado por parâmetros físico-químicos (temperatura, oxigénio dissolvido, nutrientes, entre outros) e por características hidromorfológicas (DROTRH/INAG 2006).

Neste sentido, como o zooplâncton não consta no Anexo V da DQA como um dos elementos biológicos que integram a definição das condições de referencia dos lagos, o seu estudo tem sido um pouco negligenciado.

1.4.ZOOPLÂNCTON

O zooplâncton de água doce é bastante menos diverso que o marinho, faltando-lhe grupos bastante característicos dos oceanos (*i.e.* foraminíferos, radiolários, moluscos, etc.) (Margalef 1983). Segundo este autor, as águas doces foram colonizadas por uma grande variedade de grupos taxonómicos, contudo, extinguiram-se em algum momento da história, talvez por não se conseguirem adaptar à variação de condições ambientais dos lagos e rios. O zooplâncton lacustre actual consiste em grupos que superaram uma rigorosa seleção, inexistindo, assim, plâncton gelatinoso, com tecidos hidratados, pouco móvel e frequentemente produtor de extensas redes mucosas de captura. (Margalef 1983).

Pode-se encontrar representantes de quase todos os *phyla* entre os animais de água doce. A avaliação do seu papel no funcionamento dos sistemas aquáticos obriga a um conhecimento razoável dos processos gerais e tempos de reprodução e ao seu relacionamento com a disponibilidade dos alimentos e a sua utilização. A dinâmica populacional e certas características comportamentais adaptativas importantes, influenciam essas dinâmicas, regulando a produtividade das populações de uma só espécie e também de toda a comunidade. As relações tróficas entre o zooplâncton, plantas e outros animais explicam a sua produtividade, sendo a competição e predação as que explicam o maior sucesso de uma espécie sobre a outra (Wetzel 1993).

Os animais verdadeiramente planctónicos estão distribuídos por três principais grupos dominantes: os Rotifera e duas ordens dos Crustacea, os Cladocera e os Copepoda. Ocasionalmente encontram-se entre o verdadeiro zooplâncton alguns celenterados, nemátodes, ácaros e também larvas de insectos e peixes, apesar de ser apenas durante parte dos seus ciclos de vida (Wetzel 1993).

1.4.1 O Papel nas Cadeias Tróficas

O zooplâncton constitui um elemento chave nas cadeias tróficas dos lagos (Jeppesen *et al.* 2011). Esta comunidade obtém energia a partir do fitoplâncton, bactérias e detritos orgânicos, sendo as redes tróficas nas quais estes se inserem um pouco complicadas, uma vez que estes indivíduos também são carnívoros (Margalef 1983). Há determinados zooplanctontes que se alimentam de uma grande variedade de algas de diferentes tamanhos e formas, com ou sem invólucro gelatinoso. Outros, são muito selectivos no que respeita ao tipo de algas que ingerem (DeMott 1986) (Tabela 1.1). As formas unicelulares são ingeridas mais facilmente que as filamentosas ou as que possuem espinhos, sendo as taxas de filtração, de crescimento e de sobrevivência do zooplâncton superiores quando os zooplanctontes se alimentam de formas unicelulares (Lampert 2007). Hansen and Bjørnsen (1997) salientam o facto que a alimentação dos predadores é limitada pelo tamanho, mobilidade, características superficiais e composição bioquímica das presas.

Neste sentido, a comunidade de zooplâncton presente num determinado local, pode influenciar as espécies de fitoplâncton presentes nesse mesmo local. Se, por um lado a herbívoros pode contribuir para redução dos efectivos populacionais da comunidade fitoplanctónica (podendo vir a alterar a competição por um determinado recurso base), por outro, a utilização de uma determinada espécie de alga pelos herbívoros pode ter como resultado o aumento da produtividade primária dessa espécie, uma vez que aumenta a seleção dos genótipos de desenvolvimento rápido ao mesmo tempo que se dá um aumento do fornecimento de nutrientes (Dodson 1989; Lampert 2007).

Por norma, os detritos de origem vegetal, são assimilados mais lentamente que as algas e as bactérias, enquanto que, as algas são assimiladas com maior eficiência que as bactérias. A percentagem de assimilação varia sazonalmente com as modificações que se vão dando na composição específica das algas (Wetzel 1993).

Por outro lado, o sucesso das populações de zooplâncton é influenciado pela predação por outros indivíduos constituintes do zooplâncton, bem como pela predação por peixes planctívoros. Os peixes têm uma importância no que diz

respeito à regulação das dimensões e à composição específica da comunidade de zooplâncton. Os peixes planctívoros exercem essencialmente uma busca ativa e selecionam visualmente cada indivíduo que consomem. Enquanto que alguns são planctívoros obrigatórios, outros são apenas facultativos (*e.g.* perca, truta) pelo que se alimentam de zooplâncton de grandes dimensões mas se este não estiver disponível, alimentam-se de outras fontes de alimento do lago. Wetzel (1993) afirma ainda que a predação do zooplâncton pelos vertebrados determina as dimensões máximas do corpo do zooplâncton, enquanto que a predação pelos invertebrados pode determinar as dimensões mínimas. Ambos os efeitos podem fazer diminuir a produtividade do zooplâncton provocada pela limitação dos alimentos (Wetzel 1993).

Neste sentido, verifica-se que, como já foi mencionado, o zooplâncton possui um papel primordial nas cadeias tróficas lacustres. Este situa-se entre os reguladores (peixes) e os produtores (fitoplâncton), fornecendo assim informações sobre a importância do controlo *top-down* e *bottom-up* e o seu impacto na transparência da água (Jeppesen *et al.* 2011).

TABELA 1.1. CLASSE DE TAMANHOS DO PLÂNCTON

GRUPO	CLASSE DE TAMANHOS	EXEMPLOS DE ORGANISMOS
Ultrananoplâncton	< 2µm	Bactérias
Nanoplâncton	2 - 20µm	Fungos, Pequenos flagelados, pequenas diatomáceas
Microplâncton	20µm - 200µm	Maioria das espécies de fitoplâncton, foraminíferos, ciliados, rotíferos, copépodes e nauplius de outros crustáceos
Mesoplâncton	200µm - 2mm	Cladoceros, copepodes, larvas de crustáceos
Macroplâncton	2 - 20mm	Copépodes, larvas de crustáceos

1.4.2 A Migração Vertical

Uma das características mais distintas dos cladóceros, e em menor grau dos copépodes, é a migração vertical. Esta migração pode ser de apenas de alguns metros, como pode atingir distâncias de 100 metros (Wetzel 1993). O padrão considerado normal é uma ascensão ao final da tarde e uma descida ao amanhecer,

contudo estão documentados certos casos em que o oposto acontece. Este fenómeno está bem documentado, contudo o seu significado adaptativo destes movimentos já não é tão claro (Wetzel 1993). Existem, assim, variações consideráveis associadas às condições dos lagos, relativamente à transparência/turvação da água e à estação do ano, e à idade e sexo das espécies em questão (Lampert 1989, Wetzel 1993).

Wetzel (1993) afirma que algumas hipóteses foram avançadas para explicar a razão da migração vertical noturna do zooplâncton, tendo todas como base comum forças selectivas. Uma dessas hipóteses é o evitamento da predação por peixes e outros organismos. Uma vez que esta predação em grande parte um processo visual necessitando de luz, o movimento para a zona eufótica, quando às escuras ou em períodos de baixa luminosidade, contribuirá para o evitamento desta pressão predatória. Outra hipótese mencionada está relacionada com a qualidade das algas como alimento. Durante o dia, as algas fazem, predominantemente, a síntese de glúcidos, enquanto que a síntese de proteínas atinge o máximo durante da noite, levando a uma periodicidade diária da qualidade das algas como alimento (Lampert 1989, 2007; Wetzel 1993).

No caso dos rotíferos, não se observa um padrão nítido de migração, como acontece nos cladóceros e nos copépodes. O tamanho relativamente pequeno dos rotíferos, comparativamente com os crustáceos do zooplâncton, parece diminuir a pressão da predação visual pelos peixes, o que, como já foi mencionado, poderá ter influencia nos padrões de migração noturna dos copépodes e cladóceros. No entanto o movimento dos rotíferos para as águas superficiais durante o dia pode indicar uma resposta adaptativa para evitar também a predação, mas neste caso pelos crustáceos limnéticos (Dodson 1989; Wetzel 1993).

1.4.3. Rotifera

A classe Rotifera constitui um grupo de metazoários microscópicos, cujas dimensões variam entre 50 µm a 2000 µm (Margalef 1983).

Segundo Margalef (1983) estão descritas cerca de 1600 espécies de rotíferos, distribuídas por 120 géneros. Destas, consideram-se verdadeiramente planctónicas 100 espécies, pelo que estes rotíferos formam uma componente significativa do zooplâncton. Neste sentido, a importância deste grupo no plâncton é bastante grande, ocupando o nicho ecológico dos pequenos filtradores, que nos oceanos é ocupado por um grande número de larvas de vários organismos (Margalef 1983; Wetzel 1993).

Os rotíferos possuem um enorme leque de variações morfológicas e de adaptações. Na maior parte deles, a forma do corpo tende a ser alongada, sendo geralmente as regiões da cabeça, tronco e pé indistintas. Estes animais possuem o corpo coberto por uma cutícula elástica (que em certas espécies e em certas regiões toma a forma de placas rígidas) e uma corona vibrátil, com função locomotora e filtradora. Na parte anterior do tubo digestivo destes animais possui uma estrutura rígida mastigadora, com importante significado ecológico e taxonómico (*i.e.* mástax) (Margalef 1983; Wetzel 1993; Barrabin 2000)

1.4.3. Crustacea

Os artrópodes crustáceos são quase todos aquáticos; na sua maioria marinhos. Na água doce, os Cladocera e os Copepoda constituem a maior parte do grupo dos Crustacea verdadeiramente planctónicos. Quanto aos insectos, há apenas alguns que são planctónicos em estados imaturos. Os Ostracoda na sua maioria são bentónicos, contudo algumas espécies de *Cypria* são parcialmente planctónicas mas sabe-se muito pouco sobre a sua ecologia. Os Branchiopoda de água doce (Anostraca e Conchostraca) são habitantes comuns dos lagos pouco profundos, em particular das águas interiores hialinas e temporárias (Wetzel 1993).

Crustacea – Cladocera

A subordem Cladocera (Branchiopoda: ordem Phyllopoða) compreende muitos constituintes do macrozooplâncton. Esta subordem é designada vulgarmente como “pulgas de águas” (Wetzel 1993)

Os cladóceros são os crustáceos do plâncton que, ecologicamente, mais se assemelham aos rotíferos, devido ao seu tamanho, rápido desenvolvimento e ciclos reprodutivos (Margalef 1983).

De acordo com este autor, estão descritas cerca de 500 espécies de cladóceros, sendo apenas uma pequena fração planctónicas (Margalef 1983).

Os cladóceros possuem entre 0,2 e 3 mm de comprimento e o seu corpo é coberto por uma carapaça que abre ventralmente. Esta carapaça possui várias formas, sendo que em algumas espécies termina em forma de espinha (e.g. Bosminidae). Possuem grande antenas, projectadas na lateral da cabeça, que são os principais apêndices utilizados na natação (Balcer *et al.* 1984).

Crustacea – Copepoda

Os copépodes representam uma ordem dos Crustacea que possui uma grande êxito evolutivo (Margalef 1983). Estão presentes um elevado número de espécies desta ordem, quer em águas marinhas quer em águas doces, representando cerca de 50% da biomassa do zooplâncton. As águas interiores eutróficas são uma exceção, uma vez que há um maior desenvolvimento de cladóceros e rotíferos (Margalef 1983).

Os copépodes adultos possuem um corpo alongado, claramente segmentado, com 0,3 a 3,2 mm de comprimento (Balcer *et al.*, 1984).

Uma característica importante que difere os copépodes dos outros grupos mencionados do zooplâncton, é o facto de possuírem um dimorfismo sexual bastante marcado, bem como sofrerem uma série de metamorfoses até atingirem o estado adulto [*i.e.* nauplius, copepoditos (I-V) e adulto]. Ao longo deste processo os copépodes alteram a sua forma de locomoção e de obtenção de alimento, apresentando comportamento ecológicos distintos durante o seu desenvolvimento. Pode, assim, afirmar-se que no que diz respeito ao seu papel nos nichos ecológicos, cada espécie de copépode representa várias espécies dos outros grupos (e.g. rotíferos e cladóceros) (Margalef 1983).

Os copépodes de vida livre podem separar-se em três grupos distintos: as subordens Harpacticoida, Cyclopoida e Calanoida (Wetzel 1993). Os copépodes harpacticóides vivem quase exclusivamente no litoral, habitando a macrovegetação, principalmente musgos e os sedimentos. Os copépodes ciclopóides estão distribuídos por águas marinhas e doces, mas também se encontram nos sedimentos e águas subterrâneas. Nos lagos, os Cyclopidae são considerados primariamente espécies bentónicas litorais; os poucos membros que são predominantemente planctónicos constituem componentes muito importantes dos copépodes do zooplâncton, principalmente nos lagos pequenos e pouco profundos. Os copépodes calanoides são quase exclusivamente planctónicos, sendo na sua maioria marinhos (Margalef 1983; Wetzel 1993).

1.5.OBJECTIVO

Apesar de, como já foi mencionado, existirem numerosos estudos ns lagoas açorianas, o conhecimento sobre a comunidade zooplanctónica das mesmas é muito incipiente.

Assim, este trabalho surge devido à escassez de estudos do zooplâncton dulçaquícola (quer sobre a composição da comunidade de zooplâncton, quer sobre a sua ecologia) e, tem os seguintes objectivos:

- Conhecer a composição taxonómica das comunidades zooplânctónicas das lagoas dos Açores, produzindo uma listagem de espécies;
- Caracterizar a estrutura das comunidades de zooplâncton nas diferentes ilhas do arquipélago;
- Caracterizar a dinâmica sazonal da comunidade de zooplâncton;
- Determinar quais os factores ambientais mais importantes na modelação destas comunidades.



Capítulo 2

METODOLOGIA

2.METODOLOGIA

2.1.AMOSTRAGEM

2.1.1Locais de Amostragem

A amostragem de zooplâncton realizou-se em 22 massas de água distribuídas por 5 ilhas do arquipélago: Santa Maria, São Miguel, Pico, Flores e Corvo. Na ilha de Santa Maria foi amostrada a lagoa dos Milagres; enquanto que em São Miguel foram amostradas as lagoas Azul, Verde, Santiago, Rasa das Sete Cidades, Furnas, Fogo, São Brás, Congro, Canário, Empadadas Norte e Sul. No Pico obteve-se amostras de zooplâncton das lagoas do Capitão, Caiado, Peixinho, Rosada e Paul. Na ilha das Flores foram recolhidas amostras das lagoas Funda, Rasa, Comprida e Lomba, enquanto que no Corvo se amostrou a lagoa do Caldeirão (Figura 2.1). A campanha de amostragem realizou-se no decorrer do Verão de 2011, à excepção da lagoa dos Milagres, que foi amostrada no Verão de 2012.

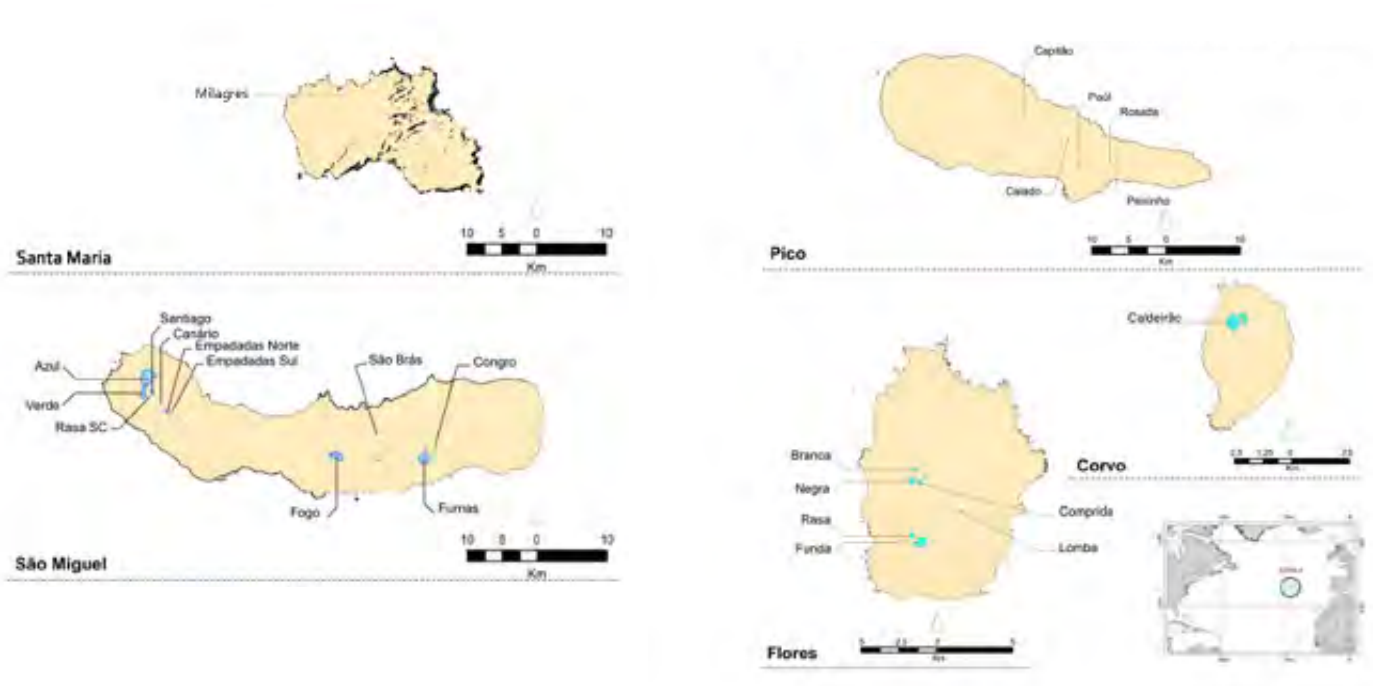


FIGURA 2.1. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS LAGOAS ONDE SE REALIZARAM AS AMOSTRAGEM DE ZOOPLÂNCTON.

A par desta colheita amostraram-se, sazonalmente (Verão e Outono de 2011, Inverno, Primavera de 2012), as lagoas profundas do arquipélago, ficando assim a amostragem restrita às ilhas de São Miguel e das Flores, já que esta tipologia só se encontra nestas duas ilhas. Em São Miguel a amostragem sazonal de zooplâncton foi efectuada nas lagoas Azul, Verde, Santiago, Furnas, Congro e Fogo; enquanto que na ilhas das Flores se amostraram as lagoas Funda, Rasa, Comprida e Lomba (Tabela 2.1).

TABELA 2.1. PERIODICIDADE DE AMOSTRAGEM DE ZOOPLÂNCTON DE CADA LAGOA.

	LAGOA	TIPOLOGIA	ESTAÇÃO DO ANO			
			Verão	Outono	Inverno	Primavera
Sta Maria	Lagoa dos Milagres	<i>n.a.</i>	x			
S. Miguel	Azul	Profunda	x	x	x	x
	Verde	Profunda	x	x	x	x
	Santiago	Profunda	x	x	x	x
	Rasa (Sete Cidades)	Pouco Profunda	x			
	Furnas	Profunda	x	x	x	x
	Fogo	Profunda	x	x	x	x
	São Brás	Pouco Profunda	x			
	Congro	Profunda	x	x	x	x
	Canário	Pouco Profunda	x			
	Empadadas Norte	Pouco Profunda	x			
	Empadadas Sul	Pouco Profunda	x			
Pico	Capitão	Pouco Profunda	x			
	Caiado	Pouco Profunda	x			
	Peixinho	Pouco Profunda	x			
	Rosada	Pouco Profunda	x			
	Paul	Pouco Profunda	x			
Flores	Funda	Profunda	x	x	x	x
	Rasa	Profunda	x	x		x
	Comprida	Profunda	x	x	x	x
	Lomba	Profunda	x	X		x
Corvo	Caldeirão	Pouco Profunda	x			

2.1.2.Métodos de Amostragem

A amostragem de zooplâncton foi efectuada, uma vez, no ponto central, com maior profundidade da lagoa, utilizando uma armadilha acrílica *Schindler-Patalas* de 30 litros, com uma rede de malha de 61 μ m, a 1 metro de profundidade. Este método foi utilizado em todas as lagoas, à excepção da lagoa dos Milagres em Santa Maria e do Caldeirão no Corvo uma vez que o ponto central da lagoa não era acessível. Nestes casos foi efectuada um arrasto horizontal com uma rede de zooplâncton de malha de 55 μ m.

As amostras recolhidas foram armazenadas em frascos de propileno e conservadas com formol 10% saturado com sacarose.

2.2.Métodos Laboratoriais

2.2.1 Identificação Taxonómica

Numa primeira fase procedeu-se à identificação taxonómica do zooplâncton (Balcer *et al.* 1984; Alonso, 1997; Barrabin, 2000; Haney *et al.* 2010;) Esta identificação foi efectuada, sempre que possível, até à espécie, através da sua observação em microscopia óptica, utilizando um microscópio ZEISS AXOIMAGE A1, equipado com contraste de fase e contraste de interferência diferencial de Nomarski e câmara fotográfica digital.

2.2.2. Enumeração

Para a sedimentação dos organismos utilizaram-se “câmaras combinadas” com tubos de sedimentação para 5, 10 e 50ml, conforme a abundancia de indivíduos, por forma a cumprir o critério mínimo de contagem abaixo referido. O tempo de sedimentação em horas foi, no mínimo, igual a duas vezes a altura da câmara em centímetros (APHA 1998).

Na contagem do zooplâncton utilizou-se um microscópio de inversão OLYMPUS IMT-2. Esta contagem foi feita de acordo com Witty (2004). O número de

indivíduos contados em cada subamostra tinha de ser sempre superior a 200. Se a abundância de indivíduos no total da amostra não era superior a 200, esta foi contada na totalidade. As formas larvares da subclasse Copepoda – *nauplius* – apesar de terem sido contadas, não foram contabilizadas nesta contagem.

2.3. Análise de Resultados

2.3.1. Listagem de espécies de Zooplâncton Dulçaquícola dos Açores

A partir da listagem dos invertebrados de água doce apresentada por Raposeiro *et al.* 2012, produziu-se a listagem de espécies do zooplâncton de água doce do Arquipélago dos Açores. Foram analisados todos os *taxa* observados nas amostras de forma a poder classifica-los como: Novo Registo para os Açores (**NR**), Novo Registo para a ilha (**N**) e Confirmado (**c**) – tendo sido observado na amostra e como tal confirmando os dados já existentes.

2.3.2. Caracterização das Comunidades Zooplanctónicas

De forma a uniformizar os dados obtidos pelas contagens das amostras acima descrita, calculou-se o numero de indivíduos presentes por litro de água. Assim utilizou-se a seguinte formula:

$$\frac{V_{Amostra} \times N^{\circ}Indivíduos}{V_{C} \times Schindler \times V_{Camara}}$$

Para além da análise referida anteriormente, também se verificou a distribuição da diversidade de zooplâncton pelas lagoas profundas do arquipélago. Neste sentido, calcularam-se, para todas estas amostras: índices de riqueza taxonómica - número de taxa (S) e índice de Margalef; índices de diversidade – índice de Shannon (H') e índices de dominância/ equitabilidade – índice de Simpson (λ) e índice de Pielou (J'), utilizando o pacote estatístico PRIMER 6.0 (Clarke and Gorley 2006).

2.3.3. Variação Espacial e Temporal

Para avaliar as variações entre as comunidades biológicas das lagoas estudadas e testar a existência de diferenças entre elas, utilizaram-se vários métodos multivariados, a partir dos dados de abundância, com recurso a diversas rotinas do pacote estatístico PRIMER 6.0 e PERMANOVA+ for PRIMER (Anderson *et al.* 2008).

Para estas análises, os dados sofreram uma transformação $\log(x+1)$, de modo a diminuir o peso da contribuição das espécies mais dominantes (Clarke and Goyle 2006).

Com o intuito de testar as diferenças entre as duas tipologias de lagoas estudadas efectuou-se um teste ANOSIM com um nível “tipologia”. Os valores de R obtidos em testes ANOSIM variam entre -1 e 1, onde -1 indica um nível de similaridade maior entre amostras de diferentes grupos do que entre amostras de um mesmo grupo e 1 indica um nível de similaridade superior entre amostras do mesmo grupo (Clarke and Gorley 2006).

Para testar as diferenças entre as estações do ano, efectuou-se também um teste ANOSIM com o nível “estações do ano” e, posteriormente utilizou-se o teste SIMPER para identificar a contribuição relativa dos *taxa* dos grupos identificados pelo ANOSIM.

2.3.4. Comunidade Zooplânctónica vs Variáveis Ambientais

Com o intuito de testar a relação da comunidade de zooplâncton com as condições ambientais, avaliaram-se 40 variáveis ambientais (variáveis hidromorfológicas, físico-químicas e indicadores de impacte antropogénico). Os dados relativos às variáveis hidromorfológicas foram obtidos a partir dos trabalhos de Porteiro (2000) e Gonçalves (2008), enquanto que os dados referentes às variáveis físico-químicas obtiveram-se no relatório de Monitorização da Qualidade das Águas Interiores (INOVA 2012), à excepção da temperatura média do ar no mês de Julho que foi obtida através Projeto CLIMAAT (Clima e Meteorologia dos Arquipélagos Atlânticos) modelo CIELO (Clima Insular à Escala Local; Azevedo 1996;

Azevedo *et. al* 1998, 1999a, 1999b) e do fotoperíodo, que foi calculado a partir dos dados disponíveis em Worldmeteo (2011).

De forma a minimizar nas análises a redundância entre estas variáveis ambientais, foram retiradas aquelas que apresentaram correlações superiores a 0,7 (Feld and Hering 2007; Ogbuagu 2012). Para além destas, também se removeram as variáveis físico-químicas que assumiam sistematicamente valores inferiores aos limites de detecção ou aquelas que apresentavam reduzida variabilidade. Deste modo, de um conjunto inicial de 40 variáveis ambientais, apenas 21 foram utilizadas na identificação dos principais gradientes e padrões ambientais das lagoas estudadas (Tabela 2.2). As relações entre estas variáveis ambientais (hidromorfológicas e físico-químicas) e as comunidades zooplanctónicas das lagoas profundas foram avaliadas através de uma análise multivariada, baseada em distâncias, para um modelo linear – DistLM, baseada no critério AIC e no procedimento Best, com recurso ao pacote estatístico PRIMER 6.0 (Clarke and Gorley 2006).

Procedeu-se à normalização dos dados por estes serem abióticos e terem unidades diferentes (Clarke and Gorley 2006).

TABELA 2.2. VARIÁVEIS AMBIENTAIS ANALISADAS (* VARIÁVEIS RETIRADAS NO DECORRER DA ANÁLISE).

Categoria	Variável	Abreviatura ou símbolo químico	Unidade
Hidromorfológica	Latitude	Lat	UTM
	Longitude*	Long	UTM
	Altitude*	Alt	m
	Área da Lagoa	LA	km ²
Físico-Química	Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)*	Alk	CaCO ₃ /L
	Alumínio	Al	µg Al/L
	Amónio*	NH ₄	µg N/L
	Azoto Inorgânico Total*	TIN	mg N/L
	Azoto Kjeldahl*	Nkj	mg N/L
	Azoto Total (mg N/L)	TN	µg P/L
	Cálcio	Ca	mg Ca/L

TABELA 2.2. VARIÁVEIS AMBIENTAIS ANALISADAS (* VARIÁVEIS RETIRADAS NO DECORRER DA ANÁLISE) (CONT.)

	Variável	Abreviatura ou símbolo químico	Unidade
Físico-Químicas	Cloreto	Cl	mg Cl/L
	Condutividade*	Cond	μS/cm
	Ferro*	Fe	mg Fe/L
	Fosfato Solúvel*	SP	μg P/L
	Fósforo Não Particulado Orgânico*	Pnãoporg	μg P/L
	Fósforo Orgânico Total*	TPorg	μg P/L
	Fósforo Particulado Inorgânico*	Tpinorg	μg P/L
	Fósforo Particulado Orgânico*	Pporg	μg P/L
	Fósforo Total	TP	μg P/L
	Manganês*	Mn	mg Mn/L
	Nitrato*	NO ³	mg N/L
	Nitrito*	NO ²	mg N/L
	Oxigénio dissolvido	DO	mg/L
	pH	pH	
	Potássio	K	mg K/L
	Saturação de oxigénio*	%Oxi	%
	Sílica	Si	mg SiO ² /L
	Sódio	Na	mg Na/L
	Sulfato	SO ⁴	mg SO ⁴ /L
	Temperatura	Temp	°C
	Transparência	Transp	m
	Turvação*	Turv	NTU
	Clorofila <i>a</i>	Chla	
Feopigmentos	Feo		
Fotoperíodo	Ftp	Min.	
Temperatura ar (Julho)	Temp Ar (Julho)	°C	
Impacte	Percentagem de Área Agrícola	%Agr	%
	Percentagem de Área Florestal*	%Flo	%
	Percentagem de outros Usos do Solo	%Urb	%



Capítulo 3

RESULTADOS

3. RESULTADOS

3.1. Listagem de Zooplâncton Dulçaquícola dos Açores

A *checklist* do zooplâncton de água doce dos Açores aqui apresentada resulta da junção dos registos bibliográficos com dos *taxa* observados nas amostras das lagoas dos Açores no decurso deste trabalho. Esta listagem conta com 141 *taxa*, pertencentes a 23 famílias e 57 géneros (Anexo I).

Destes 141 *taxa*, 58 são novos registos para os Açores, incluindo 3 famílias que ainda não tinham sido registadas para o arquipélago. Assim, consideram-se novos registos as famílias Conochilidae e Notommatidae observadas nas Flores, bem como a família Collothecidae, registada também na ilha das Flores e em São Miguel. Rotífera (Monogononta) foi o grupo onde se assinala a maior parte dos novos registos, nomeadamente na família Brachionidae, que registava apenas 9 *taxa* nos Açores e neste momento apresenta 21 *taxa* (Figura 3.1). Rotífera também é o filo mais representado em número de espécies presentes nas diversas ilhas, seguida dos Cladocera e posteriormente dos Copepoda (Tabela 3.1)

No decorrer deste trabalho, não foram observadas as famílias Macrothricidae, Diaptomidae e Lepadellidae, não sendo, assim, possível confirmar a sua presença nos Açores (Tabela 3.1).

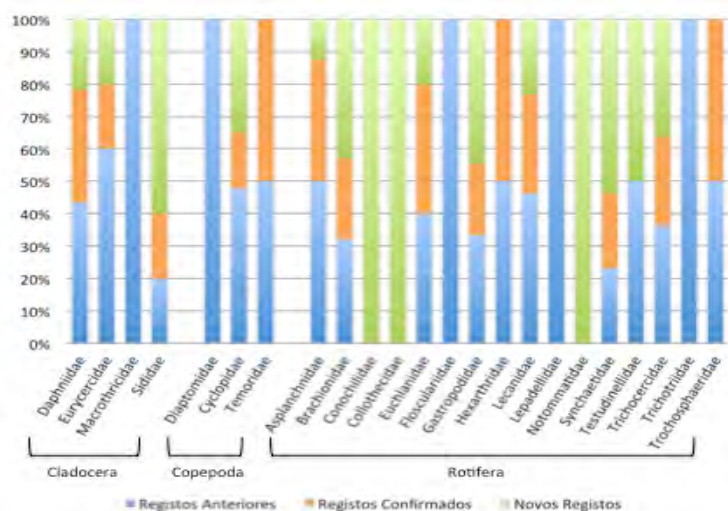


FIGURA 3.1. PERCENTAGEM DE REGISTOS DE TAXA DE ZOOPLÂNCTON DULÇAQUÍCOLA ANTERIORES, CONFIRMADOS E NOVOS NOS AÇORES.

TABELA 3.1. TABELA RESUMO DO NÚMERO DE TAXA POR FAMÍLIA DE ZOOPLÂNCTON DULÇAQUÍCOLA REGISTRADOS NO ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES.

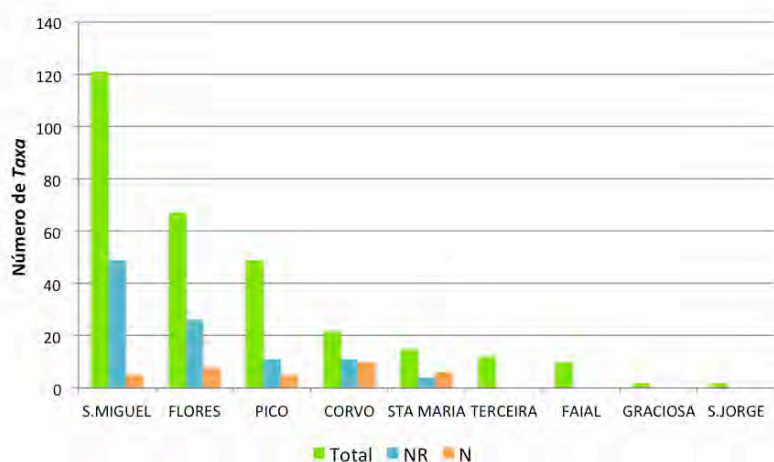
	Registos Anteriores	Registos Confirmados	Novos Registos	Registos Actuais
Cladocera				
Daphniidae	10	8	5	15
Eurycercidae	15	5	5	20
Macrothricidae	1	0	0	1
Sididae	1	1	3	4
Copepoda				
Diaptomidae	1	0	0	1
Cyclopidae	11	4	8	19
Temoridae	1	1	0	1
Monogononta				
Asplanchnidae	4	3	1	5
Brachionidae	9	7	12	21
Conochilidae	0	-	1	1
Collothecidae	0	-	1	1
Euchlanidae	2	2	1	3
Flosculariidae	3	0	0	3
Gastropodidae	3	2	4	7
Hexarthridae	1	1	0	1
Lecanidae	6	4	3	9
Lepadellidae	1	0	0	1
Notommatidae	0	-	1	1
Synchaetidae	3	3	7	10

TABELA 3.1 RESUMO DO NÚMERO DE TAXA POR FAMÍLIA DE ZOOPLÂNCTON DULÇAQUÍCOLA REGISTRADOS NO ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES (CONT.).

	Registos Anteriores	Registos Confirmados	Novos Registos	Registos Actuais
Testudinellidae	2	0	2	4
Trichocercidae	4	3	4	8
Trichotriidae	2	0	0	2
Trochosphaeridae	3	3	0	3
	83	47	58	141

Em relação à distribuição pelas ilhas do número total de *taxa*, São Miguel é a ilha que apresenta maior riqueza taxonómica (121 *taxa*) seguida das Flores com 67 *taxa*, sendo São Jorge e Graciosa as ilhas com menos registos (2 *taxa*) (Figura 3.2).

São Miguel é também a ilha onde o maior número de registos novos para os Açores foi observado (49). A ilha das Flores regista 26 novos *taxa*, enquanto o Pico e o Corvo possuem 11 registos novos cada. Das ilhas estudadas neste trabalho, Santa Maria é a que apresenta menor número de novos registos para os Açores (4). No que diz respeito a registos novos de ilha (*taxa* que nunca tinham sido observados nessa ilha, mas que já estavam registados noutras ilhas), as amostras da ilha do Corvo foi onde se encontraram mais novos registos para a ilha (10), seguidas das da ilha das Flores (8) e de Santa Maria (6). São Miguel e Pico foram as ilhas onde se observaram menos *taxa* novos de ilhas (5 em cada) (Figura 3.2).

**FIGURA 3.2** DISTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE REGISTOS DE ZOOPLÂNCTON PELAS ILHAS DO ARQUIPÉLAGO (TOTAL – NÚMERO TOTAL DE TAXA PARA A ILHA; NR – NÚMERO DE NOVOS REGISTOS PARA OS AÇORES; N – NÚMERO DE NOVOS REGISTOS DE ILHA).

Quanto à origem biogeográfica da fauna zooplanctónica dulçaquícola açoriana (Figura 3.3), verifica-se que esta é predominantemente cosmopolita (60%), sendo que 84% das espécies de Rotífera reportadas neste estudo são cosmopolitas. Apenas 9% das espécies desta *checklist* possuem uma distribuição biogeográfica holártica/neotropical, estando presentes, principalmente, no continente europeu e americano. Uma pequena percentagem das espécies (6%) são consideradas neárticas e 5% são consideradas paleárticas, holárticas e holártica/afrotropicais (Figura 3.3). Apenas 2 subespécies de copépodes são endemismos dos Açores : *Eucyclops agiloides azorensis* Defaye and Dussart, 1991 e *Metacyclops mendocinus insulensis* Defaye and Dussart, 1991.

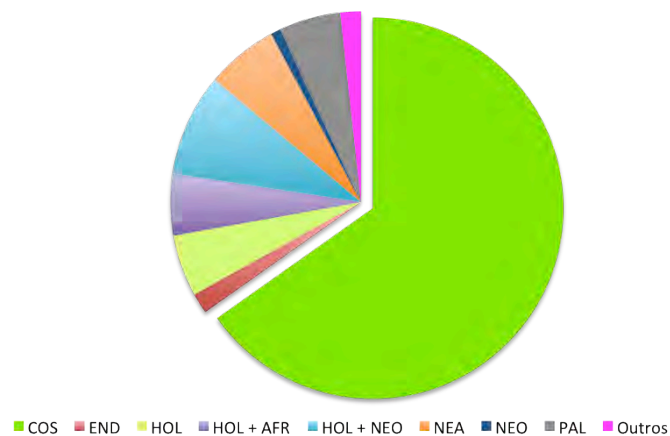


FIGURA 3.3. ORIGEM BIOGEOGRÁFICA DAS ESPÉCIES DE ZOOPLÂNCTON DO ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES (COS – COSMOPOLITA, END – ENDÉMICA, HOL – HOLÁRTICA, HOL+AFR – HOLÁRTICA/AFROTROPICAL,, HOL+NEO – HOLÁRTICA/NEOTROPICAL, NEA – NEÁRTICA, NEO – NEOTROPICAL, PAL – PALEÁRTICA, OUTROS – PALEÁRTICA/AUSTRO-ASIÁTICA, E PALEÁRTICA/AFROTROPICAL).

3.2. Caracterização das Comunidades Zooplanctónicas

3.2.1. Composição Taxonómica

Na globalidade das amostras das lagoas analisadas identificaram-se 108 *taxa*. Estes *taxa* estão distribuídos por 2 filos, Arthropoda e Rotifera. O primeiro faz-se representar pelo subfilo Crustacea, 2 subclasses (Copepoda e Phyllopoda) e 3 ordens (Calanoida, Cyclopoida e Cladocera). Neste filo, o conjunto das ordens Calanoida e Cyclopoida possuem 3 famílias e 10 géneros, enquanto que a ordem Cladocera apresenta-se com 3 famílias e 11 géneros identificados. O filo Rotifera é o que apresenta maior diversidade, uma vez que conta com cerca de 60% dos *taxa* identificados, correspondentes a 1 subclasse (Monogononta), 3 ordens, 13 famílias e 21 géneros.

Neste estudo, o número médio de *taxa* presentes por lagoa é 9 variando entre o máximo de 43 na lagoa de Santiago e o mínimo de 3 na lagoa do Peixinho.

Nenhum dos 108 *taxa* identificados foi observado na totalidade das lagoas analisadas, sendo que *Diaphanosoma mongolianum* e indivíduos identificados como Cyclopidae destacam-se por estarem presentes em 17 das 20 lagoas. Por outro lado, 37 *taxa* apenas estão identificados em uma lagoa, por exemplo, 6 *taxa* são exclusivos da lagoa de São Brás, 6 da lagoa de Santiago e 5 da lagoa do Caiado.

Como já foi acima mencionado, a espécie *Diaphanosoma mongolianum* está presente em muitas lagoas do arquipélago. É a espécie mais abundante na lagoa do Congro e S. Brás na ilha de São Miguel; Peixinho, Capitão e Rosada na ilha do Pico e Lomba na ilha das Flores.

Nas lagoas das Empadas Sul e Furnas, *Trichocerca cylindrica* é a mais abundante, sendo este género (*Trichocerca sp.*) também o mais abundante na lagoa do Canário.

Ascomorpha saltans é o *taxon* que, em média, é o mais numeroso nas lagoas de Santiago e Azul (7 e 49 ind.l⁻¹, respectivamente), sendo este género também o

mais abundante na lagoa das Empadadas Norte (51 ind.l⁻¹) e na lagoa Comprida (24 ind.l⁻¹).

Na lagoa Verde e na lagoa do Fogo a espécie mais abundante é *Gastropus hyptopus*, com 91 e 16 ind.l⁻¹, respectivamente).

Indivíduos identificados como Cyclopidae e *Eucyclops sp.* são os taxa mais abundantes na lagoa Rasa e na lagoa do Caldeirão, respectivamente, sendo os únicos locais onde os copépodes se apresentam como mais numerosos.

Lecane cylindrica está representada exclusivamente na lagoa do Caiado, sendo a espécie mais abundante nesta lagoa (319 ind.l⁻¹). Outra espécie do género *Lecane* (*Lecane luna*) é a espécie mais abundante na lagoa Funda, com uma média de 244 ind.l⁻¹.

3.2.2. Índices Descritores da Comunidade

A lagoa de Santiago no Verão apresenta o maior valor do índice de riqueza específica (20), enquanto que o valor mínimo (3) regista-se na lagoa do Peixinho (no Verão), sendo a média de 12 taxa identificados por amostra (Tabela 3.2).

A lagoa de Santiago no Outono possui o valor mais elevado do índice de diversidade Margalef e do índice de Simpson (9,87 e 1,11, respectivamente). Os valores mínimos destes índices, bem como o valor mínimo do índice de Shannon (H'), registam-se na lagoa do Peixinho (0,36; 0,12 e 0,26, respectivamente) (Tabela 3.2).

A lagoa das Furnas no Outono tem o valor mais alto do índice de Shannon (2,42), sendo a sua média de 1,59 (Tabela 3.2).

O índice de equitabilidade (Pielou) possui um valor médio de 0,65. O valor mais elevado regista-se na lagoa Comprida no Verão, enquanto que o mais baixo pertence à lagoa Funda também no Verão (Tabela 3.2).

TABELA 3.2 ÍNDICES DE RIQUEZA TAXONÓMICA, DIVERSIDADE E DOMINÂNCIA/EQUITABILIDADE CALCULADOS PARA O ZOOPLÂNCTON DE 20 LAGOAS DO ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES.

Código	Riqueza Taxonómica		Diversidade	Dominância/ Equitabilidade	
	S	Dmargalef	H'(loge)	λ	J'
Cn(Mi)_VER	9	1.84	1.21	0.54	0.55
Em-N(Mi)_VER	13	4.64	2.04	0.9	0.8
Em-S(Mi)_VER	7	1.13	0.59	0.27	0.3
Rt(Mi)_VER	15	6.23	2.38	0.99	0.88
Br(Mi)_VER	17	3.79	1.92	0.78	0.68
Sn(Mi)_VER	20	5.39	1.83	0.76	0.61
Sn(Mi)_OUT	15	9.87	2.16	1.11	0.8
Sn(Mi)_INV	15	3.78	2	0.83	0.74
Sn(Mi)_PRI	11	2.55	1.75	0.79	0.73
Cg(Mi)_VER	5	0.76	0.51	0.25	0.32
Cg(Mi)_OUT	11	2.04	1.76	0.78	0.73
Cg(Mi)_INV	8	2.96	1.32	0.73	0.63
Cg(Mi)_PRI	12	4.98	1.8	0.84	0.72
Fr(Mi)_VER	8	1.91	1.32	0.62	0.64
Fr(Mi)_OUT	20	5.24	2.42	0.88	0.81
Fr(Mi)_INV	12	1.99	1.52	0.62	0.61
Fr(Mi)_PRI	12	2.7	1.76	0.76	0.71
Az(Mi)_VER	9	1.62	0.98	0.46	0.44
Az(Mi)_OUT	19	4.95	2.25	0.88	0.77
Az(Mi)_INV	13	2.62	1.36	0.6	0.53
Az(Mi)_PRI	11	2.18	1.84	0.8	0.77
Vr(Mi)_VER	6	1.17	1.23	0.62	0.69
Vr(Mi)_OUT	5	0.77	1.01	0.58	0.63
Vr(Mi)_INV	17	2.78	1.02	0.44	0.36
Vr(Mi)_PRI	14	2.22	1.1	0.47	0.42
Fg(Mi)_VER	14	5.22	1.76	0.81	0.67
Fg(Mi)_OUT	17	4.19	2.36	0.9	0.83
Fg(Mi)_INV	16	4.46	1.88	0.82	0.68
Fg(Mi)_PRI	12	2.39	1.34	0.63	0.54
Cd(Pi)_VER	18	2.67	1.51	0.65	0.52
Cp(Pi)_VER	11	1.7	1.74	0.79	0.72
Px(Pi)_VER	3	0.36	0.26	0.12	0.23
Rs(Pi)_VER	12	3.56	1.31	0.63	0.53
Rs(Fo)_VER	10	2.11	1.03	0.44	0.45
Rs(Fo)_OUT	16	2.91	2.03	0.82	0.73
Rs(Fo)_PRI	10	2.06	1.85	0.8	0.8
Lm(Fo)_VER	12	7.04	1.8	0.96	0.73
Lm(Fo)_OUT	17	4.68	2.21	0.89	0.78
Lm(Fo)_PRI	12	4.17	2.17	0.94	0.87

TABELA 3.2 ÍNDICES DE RIQUEZA TAXONÓMICA, DIVERSIDADE E DOMINÂNCIA/EQUITABILIDADE CALCULADOS PARA O ZOOPLÂNCTON DE 20 LAGOAS DO ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES (CONT.).

Código	Riqueza Taxonómica		Diversidade	Dominância/ Equitabilidade	
	S	Dmargalef	H'(loge)	λ	J'
Fn(Fo)_VER	6	0.72	0.39	0.16	0.22
Fn(Fo)_OUT	10	2.01	1.8	0.79	0.78
Fn(Fo)_INV	14	3.14	2.12	0.87	0.81
Fn(Fo)_PRI	11	2.39	1.78	0.81	0.74
Cm(Fo)_VER	4	0.73	1.24	0.69	0.89
Cm(Fo)_OUT	8	1.48	1.26	0.58	0.61
Cm(Fo)_INV	11	2.31	1.77	0.79	0.74
Cm(Fo)_PRI	11	4.3	1.77	0.87	0.74
Cl(Co)_VER	15	5.93	1.92	0.85	0.71
Média	11.96	3.14	1.59	0.71	0.65

3.2.3. Variação Espacial

O teste ANOSIM realizado para o factor “tipologia” demonstrou que não existem diferenças estatisticamente significativas entre tipologias pouco profundas e profundas ($R = 0,239$; $p = 0,05$).

Neste sentido, é possível dizer que a comunidade zooplanctónica das lagoas profundas é semelhante à comunidade zooplanctónica das lagoas pouco profundas. Este facto é visível no diagrama abaixo representado (Figura 3.4), uma vez que este não reflecte nenhum agrupamento das lagoas de acordo com a sua tipologias (profunda e pouco profunda).

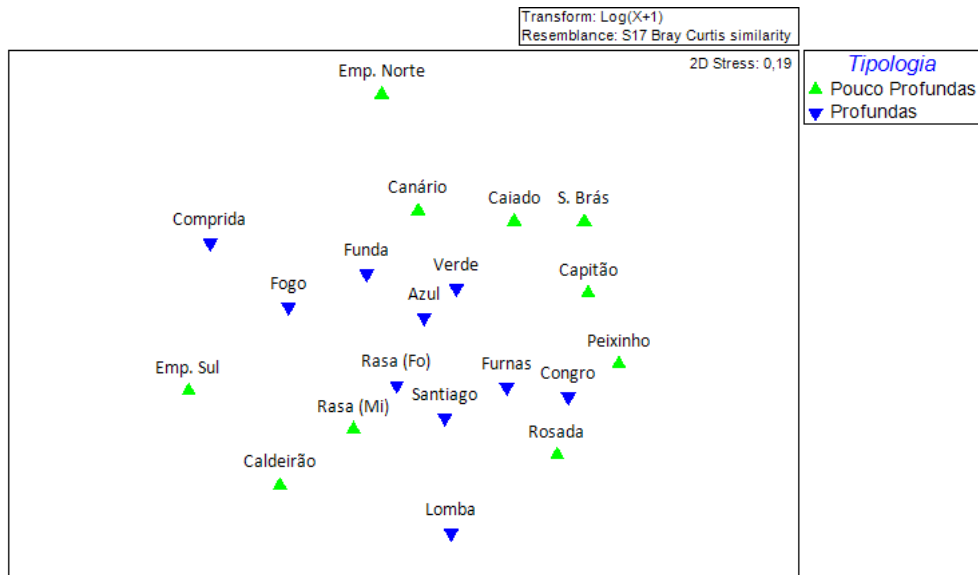


FIGURA 3.4. DIAGRAMA DE ORDENAÇÃO MULTIDIMENSIONAL DAS AMOSTRAS DE ZOOPLÂNCTON, EVIDENCIANDO TIPOLOGIAS DAS LAGOAS ESTUDADAS. O DIAGRAMA FOI OBTIDO POR NMDS A PARTIR DA MATRIZ DE SIMILARIDADES BRAY-CURTIS CALCULADAS COM BASE NAS ABUNDÂNCIAS DE ZOOPLÂNCTON TRANSFORMADAS POR LOG (X+1).

3.2.4. Variação Temporal

O teste ANOSIM realizado, com as abundâncias de zooplâncton das lagoas profundas dos Açores, para o factor “estação do ano” demonstrou que existem diferenças significativas entre as estações do ano ($R = 0,281$; $p = 0,001$). Os resultados do teste para os diferentes pares de estações do ano (Tabela 3.3) mostram que apenas o par Outono-Inverno possui comunidades zooplanctónicas que não diferem significativamente entre si. Por outro lado, verifica-se que as comunidades de zooplâncton do Verão e do Inverno e as do Outono e Primavera são as menos semelhantes entre si ($R = 0,401$; $p = 0,001$ e $R=0,399$; $p = 0,001$, respectivamente para os dois pares de estações). O mesmo é possível constatar no nMDS da figura 3.5, que evidencia maiores diferenças entre as comunidades zooplanctónicas de Verão relativamente às das outras estações do ano que são mais semelhantes entre si.

TABELA 3.3. VALORES DO TESTE ANOSIM REALIZADO PARA AS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO.

Estações do Ano	R	Nível de Signif. (%)
Verão vs Outono	0.282	0.1
Verão vs Inverno	0.401	0.1
Verão vs Primavera	0.327	0.1
Outono vs Inverno	0.122	9.4
Outono vs Primavera	0.399	0.1
Inverno vs Primavera	0.191	2.2

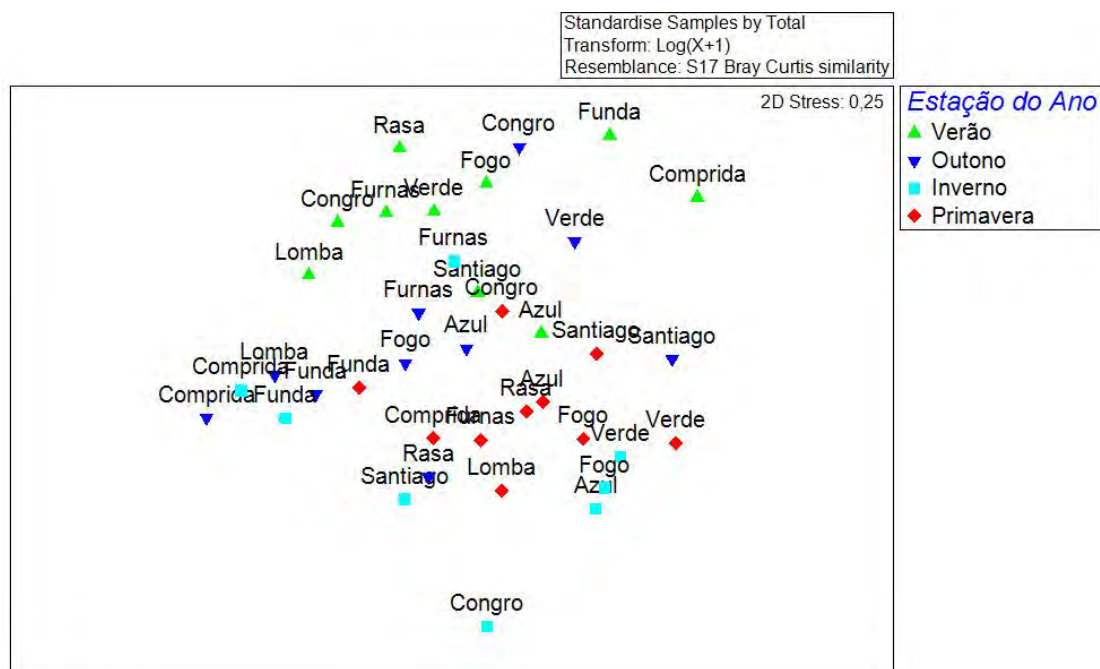


FIGURA 3.5. DIAGRAMA DE ORDENAÇÃO MULTIDIMENSIONAL DAS AMOSTRAS DE ZOOPLÂNCTON DAS LAGOAS ESTUDADAS, EVIDENCIANDO AS ESTAÇÕES DO ANO EM QUE FORAM AMOSTRADAS. O DIAGRAMA FOI OBTIDO POR NMDS A PARTIR DA MATRIZ DE SIMILARIDADES BRAY-CURTIS CALCULADAS COM BASE NAS ABUNDÂNCIAS DE ZOOPLÂNCTON SUPERIORES A 2% TRANSFORMADAS POR LOG (X+1).

Através do teste SIMPER, verificou-se que as amostras de zooplâncton recolhidas no Verão e no Outono possuem uma dissimilaridade de 78,23%; as amostras de Verão e Inverno apresentam 84,38% de dissimilaridade; as de Outono e Inverno têm o valor de dissimilaridade de 75,99%; Verão e Primavera diferenciam-se

em 76,18%; o grupo Outono e Primavera possuem 76,37% de dissimilaridade e o Inverno e a Primavera 72,91% (Tabela 3.4).

Para os grupos Verão/Outono e Verão/Inverno os taxa que mais contribuem para esta dissimilaridade são os mesmos: *Ascomorpha sp.*, *D. mongolianum*, Cyclopidae, *G. hyptoptus* e *A. saltans*. Estes taxa têm uma contribuição acumulada de 28,50% e 29,75%, respectivamente para cada grupo. Os taxa *Ascomorpha sp.*, Cyclopidae, *G. hyptoptus*, *A. saltans* e *Gastropus sp.* contribuem 28,20% para as diferenças verificadas entre as estações do ano Outono e Inverno. No grupo Verão e Primavera os taxa que se destacam são: *A. saltans*, Cyclopidae e *G. hyptoptus*, que possuem com uma contribuição acumulada, para a dissimilaridade deste grupo de 24,25%. No grupo Outono e Primavera, os taxa que contribuem 24,77% para a sua dissimilaridade são: *Ascomorpha sp.*, *A. saltans*, *G. hyptoptus* e Cyclopidae. Por ultimo, entre o Inverno e a Primavera, *A. saltans*, *Gastropus hyptoptus*, *D. mongolianum* e *Tropocyclops prasinus* contribuem 24,71% para as dissimilaridades entre estas estações do ano (Tabela 3.4).

TABELA 3.4. CONTRIBUIÇÃO RELATIVA DOS TAXA DE ZOOPLÂNCTON PARA A DISSIMILARIDADE ENTRE AS QUARTO ESTAÇÕES DO ANO (VERÃO, OUTONO, INVERNO E PRIMAVERA) OBTIDA ATRAVÉS DO TESTE SIMPER.

VERÃO & OUTONO - 78,23%						
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib.(%)	Cum.(%)
<i>Ascomorpha sp.</i>	0,59	2,05	5,32	1,25	6,80	6,80
<i>Diaphanosoma mongolianum</i>	2,50	1,47	5,13	1,20	6,55	13,36
Cyclopidae	1,96	1,80	4,48	1,24	5,73	19,08
<i>Gastropus hyptoptus</i>	0,63	1,01	3,73	0,83	4,77	23,85
<i>Ascomorpha saltans</i>	0,55	1,13	3,64	0,91	4,65	28,50
<i>Gastropus sp.</i>	0,07	1,20	3,44	0,90	4,40	32,90
<i>Asplanchna sp.</i>	0,10	1,14	3,24	1,06	4,14	37,04
<i>Trichocerca sp.</i>	0,48	1,03	3,21	0,95	4,11	41,15
<i>Daphnia sp.</i>	0,75	0,89	2,94	1,06	3,75	44,90
<i>Tropocyclops prasinus</i>	0,83	0,00	2,30	0,77	2,94	47,85
<i>Collotheca sp.</i>	0,06	0,79	2,22	0,64	2,84	50,68
VERÃO & INVERNO - 84,38%						
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib.(%)	Cum.(%)
<i>Ascomorpha saltans</i>	0,55	1,93	6,26	0,99	7,42	7,42
<i>Diaphanosoma mongolianum</i>	2,50	1,23	5,84	1,34	6,92	14,33
Cyclopidae	1,96	0,33	5,53	1,47	6,55	20,88

TABELA 3.4. CONTRIBUIÇÃO RELATIVA DOS TAXA DE ZOOPLÂNCTON PARA A DISSIMILARIDADE ENTRE AS QUARTO ESTAÇÕES DO ANO (VERÃO, OUTONO, INVERNO E PRIMAVERA) OBTIDA ATRAVÉS DO TESTE SIMPER (CONT.).

VERÃO & INVERNO - 84,38%						
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib.(%)	Cum.(%)
<i>Gastropus hyptoptus</i>	0,63	1,19	3,85	1,09	4,56	25,45
<i>Ascomorpha sp.</i>	0,59	1,09	3,63	0,97	4,30	29,75
<i>Tropocyclops prasinus</i>	0,83	0,59	3,42	0,86	4,05	33,80
<i>Asplanchna sp.</i>	0,10	1,18	3,38	1,35	4,01	37,81
<i>Gastropus sp.</i>	0,07	1,07	3,13	0,79	3,71	41,52
<i>Mesocyclops edax</i>	0,11	0,88	2,94	0,72	3,49	45,01
<i>Ascomorpha ecaudis</i>	0,06	0,76	2,41	0,80	2,86	47,87
<i>Microcyclops rubellus</i>	0,11	0,78	2,36	0,95	2,80	50,67
OUTONO & INVERNO - 75,99%						
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib.(%)	Cum.(%)
<i>Ascomorpha saltans</i>	1,13	1,93	4,99	1,15	6,56	6,56
<i>Ascomorpha sp.</i>	2,05	1,09	4,60	1,27	6,06	12,62
Cyclopidae	1,80	0,33	4,39	1,17	5,78	18,40
<i>Gastropus hyptoptus</i>	1,01	1,19	3,84	1,07	5,05	23,45
<i>Gastropus sp.</i>	1,20	1,07	3,61	1,07	4,75	28,20
<i>Diaphanosoma mongolianum</i>	1,47	1,23	3,04	1,35	4,00	32,20
<i>Asplanchna sp.</i>	1,14	1,18	2,86	1,38	3,76	35,96
<i>Trichocerca sp.</i>	1,03	0,05	2,56	0,83	3,36	39,33
<i>Mesocyclops edax</i>	0,00	0,88	2,34	0,68	3,08	42,40
<i>Ascomorpha ecaudis</i>	0,53	0,76	2,30	0,96	3,03	45,44
<i>Keratella hiemalis</i>	0,54	0,61	2,21	0,86	2,91	48,35
<i>Microcyclops rubellus</i>	0,43	0,78	2,21	1,03	2,90	51,26
VERÃO & PRIMAVERA - 76,18%						
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib.(%)	Cum.(%)
<i>Ascomorpha saltans</i>	0,55	2,65	7,56	2,12	9,93	9,93
Cyclopidae	1,96	0,61	5,46	1,47	7,17	17,09
<i>Gastropus hyptoptus</i>	0,63	1,82	5,45	1,11	7,16	24,25
<i>Diaphanosoma mongolianum</i>	2,50	2,32	4,87	1,21	6,40	30,65
<i>Tropocyclops prasinus</i>	0,83	1,21	3,85	1,22	5,06	35,71
<i>Daphnia sp.</i>	0,75	1,35	3,73	1,20	4,90	40,61
<i>Asplanchna sp.</i>	0,10	0,85	2,50	1,00	3,28	43,89
<i>Ascomorpha sp.</i>	0,59	0,28	2,19	0,71	2,88	46,77
<i>Anuraeopsis fissa</i>	0,30	0,53	2,09	0,86	2,74	49,51
<i>Mesocyclops edax</i>	0,11	0,64	2,07	0,62	2,72	52,23
OUTONO & PRIMAVERA - 76,37%						
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib.(%)	Cum.(%)
<i>Ascomorpha sp.</i>	2,05	0,28	5,02	1,32	6,57	6,57
<i>Ascomorpha saltans</i>	1,13	2,65	4,84	1,40	6,34	12,91
<i>Gastropus hyptoptus</i>	1,01	1,82	4,67	1,14	6,12	19,03
Cyclopidae	1,80	0,61	4,39	1,19	5,75	24,77

TABELA 3.4. CONTRIBUIÇÃO RELATIVA DOS TAXA DE ZOOPLÂNCTON PARA A DISSIMILARIDADE ENTRE AS QUARTO ESTAÇÕES DO ANO (VERÃO, OUTONO, INVERNO E PRIMAVERA) OBTIDA ATRAVÉS DO TESTE SIMPER (CONT.).

OUTONO & PRIMAVERA - 76,37%						
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib.(%)	Cum.(%)
<i>Diaphanosoma mongolianum</i>	1,47	2,32	3,82	1,27	5,01	29,78
<i>Daphnia sp.</i>	0,89	1,35	3,26	1,23	4,27	34,05
<i>Tropocyclops prasinus</i>	0,00	1,21	3,09	1,02	4,04	38,09
<i>Gastropus sp.</i>	1,20	0,00	3,05	0,89	3,99	42,08
<i>Asplanchna sp.</i>	1,14	0,85	2,82	1,22	3,70	45,77
<i>Trichocerca sp.</i>	1,03	0,00	2,56	0,82	3,35	49,13
INVERNO & PRIMAVERA - 72,91%						
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib.(%)	Cum.(%)
<i>Ascomorpha saltans</i>	1,93	2,65	5,27	1,53	7,22	7,22
<i>Gastropus hyptoptus</i>	1,19	1,82	4,63	1,21	6,35	13,57
<i>Diaphanosoma mongolianum</i>	1,23	2,32	4,41	1,50	6,04	19,61
<i>Tropocyclops prasinus</i>	0,59	1,21	3,72	1,11	5,10	24,71
<i>Daphnia sp.</i>	0,06	1,35	3,50	1,18	4,80	29,52
<i>Mesocyclops edax</i>	0,88	0,64	3,13	0,88	4,29	33,80
<i>Ascomorpha sp.</i>	1,09	0,28	3,09	0,85	4,24	38,05
<i>Asplanchna sp.</i>	1,18	0,85	2,80	1,34	3,84	41,88
<i>Gastropus sp.</i>	1,07	0,00	2,71	0,76	3,71	45,60
<i>Microcyclops rubellus</i>	0,78	0,53	2,69	1,00	3,69	49,29

3.2.5. Comunidade Zooplanctónica vs Variáveis Ambientais

A rotina DistLM, baseado no critério AIC e no procedimento Best, indicou o potássio, a sílica, o cálcio, a temperatura da água e o fotoperíodo como as variáveis mais importantes para explicar a comunidade de zooplâncton das lagoas profundas, com um valor de AIC de 302,54 (Figura 3.6).

Os dois primeiros eixos da análise de redundância baseada em distâncias (dbRDA) explicam 71,44% da relação observada entre a comunidade de zooplâncton e as variáveis ambientais, e 21,24% da variabilidade total nos dados da comunidade de zooplâncton. O primeiro eixo está positivamente correlacionado com o potássio, e fotoperíodo, enquanto que o segundo eixo está negativamente correlacionado com o cálcio e a temperatura da água e o fotoperíodo (Figura 3.6).

A temperatura da água e o fotoperíodo estão correlacionadas com as amostras recolhidas essencialmente no Verão, onde os dias são maiores e a água das

lagoas possui uma temperatura mais elevada. Os elementos cálcio, potássio e sílica disponíveis na água das lagoas agrupam, principalmente, as amostragem realizadas no Outono e Inverno (Figura 3.6).

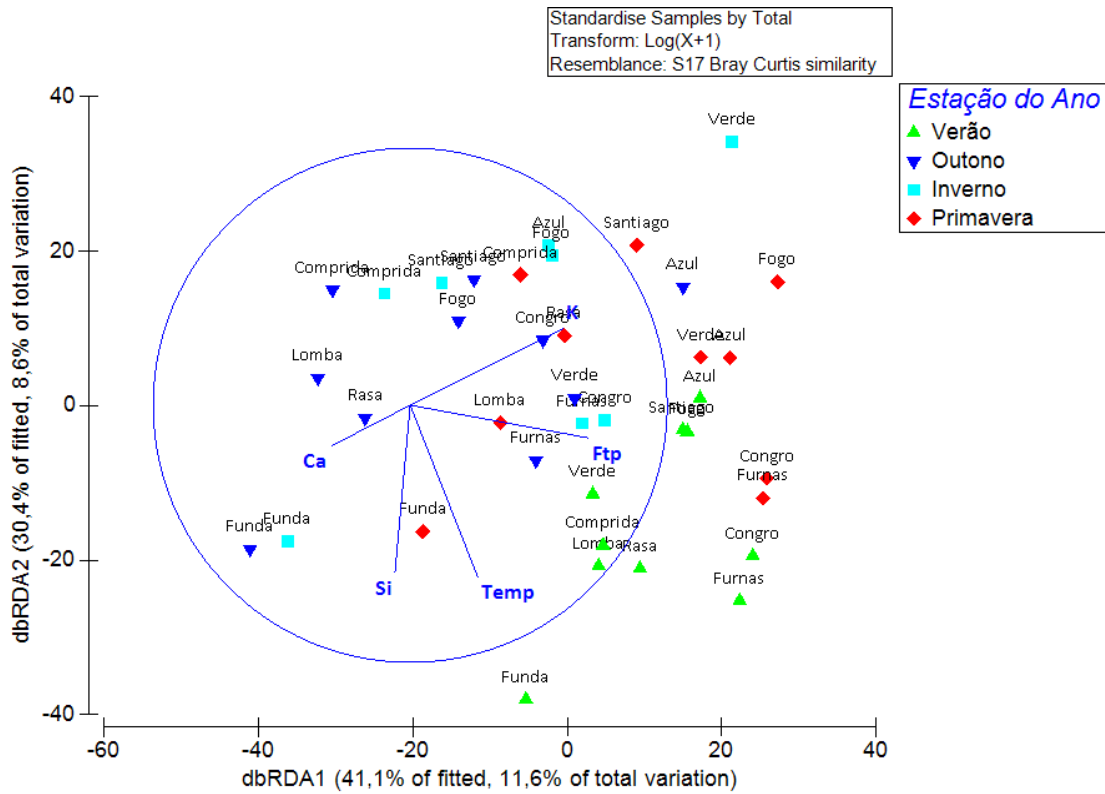


FIGURA 3.6. DIAGRAMA DE ORDENAÇÃO OBTIDO POR ANÁLISE DE REDUNDÂNCIA BASEADA EM DISTÂNCIAS (DBRDA), RELACIONANDO AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS COM A COMPOSIÇÃO ZOOPLANCTÓNICA DAS LAGOAS PROFUNDAS ESTUDADAS.



Capítulo 4

DISCUSSÃO

4.DISCUSSÃO

4.1. Listagem de Zooplâncton Dulçaquícola dos Açores

O contínuo esforço na amostragem e identificação de invertebrados de água doce, por parte de várias gerações de investigadores, tem levado a um aumento constante do número de registos de *taxa* no Arquipélago dos Açores (Raposeiro *et al.* 2012). Por exemplo, desde os anos de 1880 até aos anos de 1960, a média de novos registos para os Açores foi de 19 por década, mas nos últimos 50 anos este valor aumentou para 24 registos novos para os Açores (Raposeiro *et al.* 2012).

De acordo com estes autores, o conhecimento da diversidade e complexidade da fauna invertebrada dulçaquícola açoriana ainda é bastante incipiente (Raposeiro *et al.* 2012). Este trabalho contribuiu, assim, para o aumento deste conhecimento, incrementando o número de registos para 291 espécies de invertebrados de água doce e 2717 espécies animais registadas nos Açores. Estes valores, correspondem a uma percentagem acrescida de 20,75% na diversidade dos invertebrados de água doce e 1,88% na diversidade do reino *Animalia* do arquipélago (Borges *et al.* 2010; Raposeiro *et al.*, 2012).

Dos 141 *taxa* de zooplâncton dulçaquícola dos Açores, 63 espécies pertencem aos Rotifera, 32 aos Cladocera e 21 aos Copepoda. Estas proporções dos diferentes grupos são semelhantes aos apresentados noutros trabalhos de zooplâncton lacustre em ilhas oceânicas (*e.g.* Segers and Dumont 1993).

Segundo os dados de diversidade destes autores para a ilha da Páscoa e para as Galápagos, os Açores apresentam sempre um maior número de *taxa* nos três grupos estudados (Rotifera, Cladocera e Copepoda) (Segers and Dumont 1993).

Os rotíferos é o filo onde a discrepância de números parece menor, uma vez que, neste momento, estão registadas 63 espécies para as lagoas dos Açores enquanto que para a ilha da Páscoa e para as ilhas Galápagos estão identificadas 19 e 35 espécies, respectivamente (Segers and Dumont 1993). No que se refere aos

cladóceros e copépodes estes autores apenas identificam 1 espécie de cada grupo na ilha da Páscoa.

Por outro lado, à escala global, a biodiversidade zooplanctónica dulçaquícola dos Açores parece ser bastante pobre.

De acordo com Segers (2008), Monogononta contabiliza 1570 espécies, sendo que muito poucas são exclusivamente marinhas. Destas, 663 são consideradas cosmopolitas (ocorrem em 5 ou mais regiões biogeográficas). A zona Paleártica é a região biogeográfica que possui o maior registo de espécies de rotíferos (980), sendo as famílias Notommatidae e Dicramophoridae aquelas que possuem mais espécies (Segers 2008). Contudo nos Açores a situação é diferente; quer pelo facto de a maioria das espécies de rotíferos identificadas neste Arquipélago possuírem uma distribuição cosmopolita, quer por a primeira família enumerada apresentar-se apenas representada pelo género *Cephalodella* na ilha das Flores e, a segunda não ter sido aqui identificada. Este caso, é sem dúvida, representativo da pobre diversidade de Rotifera nos Açores. Paralelamente, é de referir que Segers (2008) também identifica as ilhas oceânicas do Pacífico como locais de baixa diversidade (119 espécies), atrás da Antártida que apenas possui 63 espécies.

Cladocera é o segundo grupo com mais *taxa* nos Açores, possuindo um total de 32 espécies. Estão identificadas, a nível mundial, 620 espécies, sendo a sua grande maioria dulçaquícola. Destas 620, a maior parte são espécies com uma distribuição paleártica (Forró *et al.* 2008), enquanto que a maioria das espécies registadas nos Açores são cosmopolitas. Alonso (1991) afirma que os géneros *Daphnia* e *Alona* são aqueles que possuem o maior número de espécies, tal como foi identificado neste trabalho.

O grupo dos Copepoda é o grupo que o possui menos espécies identificadas nos Açores. Estão registadas 2814 espécies a nível global, sendo que 1204 identificam-se na região paleártica. Esta região biogeográfica possui duas vezes mais espécies que a região seguinte mais diversa (Boxshall and Defaye 2008). Este autores salientam o facto de mais de 90% de todos os copépodes serem endémicos ou únicos de uma determinada região biogeográfica. Tal como acontece nos grupos

anteriores, também as ilhas oceânicas do Pacífico possuem uma baixa diversidade de copépodes (29 espécies), podendo aqui fazer-se também a ligação ao caso dos Açores.

Para explicar a biodiversidade de zooplâncton nas ilhas dos Açores é necessário ter em conta dois pontos de vista. Uma teoria baseia-se na perspectiva regional, ou seja nos mecanismos de dispersão e colonização das espécies; outra baseia-se na perspectiva local, ou seja na resposta das espécies às condições ambientais que influenciam a taxa de crescimento das populações (Havel and Shurin 2004). Do ponto de vista regional verifica-se que a maioria destas espécies possuem uma dispersão passiva, podem recorrer à diapausa (como no caso dos cladóceros e de alguns copépodes) e a reprodução pode ser efectuada por partenogénese (nos rotíferos e nos cladóceros) (Frey 1987; Alonso 1991; Havel and Shurin, 2004). Devido a esta facilidade de dispersão, a maior parte destas espécies são consideradas cosmopolitas, sendo essencialmente factores ecológicos aqueles que explicam melhor o seu sucesso na colonização (Frey 1987; Alonso 1991). Por exemplo, segundo Frey (1987) são raras as espécies de cladóceros que estão restritas a determinadas regiões devido a eventos históricos e/ ou climáticos do planeta. Na perspectiva regional, os parâmetros ecológicos que estão associados à distribuição do zooplâncton prendem-se com a permanência de água, salinidade e estado trófico (Frey 1987; Alonso 1991; Boxshall and Defaye 2008). Segundo Raposeiro e seus colaboradores (2012) o arquipélago dos Açores possui uma grande variedade de habitats de água doce, podendo constituir, assim, uma região adequada para a colonização destes indivíduos. Este facto pode, então, explicar a alguma diversidade específica de zooplâncton dulçaquícola neste arquipélago, comparativamente com outras ilhas oceânicas. Além disto, é necessário ter em conta que ilhas geologicamente jovens (menos de 10 000 anos) a uma grande distância do continente possuem alguns endemismos e são relativamente pobres na sua riqueza específica; ao contrário de ilhas mais antigas, a uma grande distância do continente, que possuem mais endemismos e têm uma riqueza específica mais elevada (Covich 2009).

No que diz respeito ao número de espécies por cada ilha do arquipélago, à semelhança do trabalho efectuado por Raposeiro e colaboradores (2012) para todos os macroinvertebrados de água doce, São Miguel e Flores são as ilhas com mais registos de *taxa* de zooplâncton. A ilha do Pico é a terceira mais diversa, seguida do Corvo e Santa Maria. Estes valores estão, provavelmente, enviesados por esforços de amostragem diferentes, uma vez que foram estas as ilhas tiveram maior esforço de amostragem neste trabalho e também são estas (à excepção de Santa Maria) que possuem as grandes cracteras vulcânicas onde se encontram as maiores lagoas do arquipélago (Porteiro 2000). Faial, Graciosa e S. Jorge não foram inseridas neste trabalho, não possuindo também grandes lagos, pelo que o número de espécies é bastante reduzido. É também devido a esse esforço de amostragem que São Miguel possui o maior número de registos novos para os Açores, mas um valor menor no que diz respeito a registos novos para esta ilha; ou seja, por São Miguel ser a ilha melhor estudada ao longo dos anos, são poucas as novas espécies a acrescentar às listagens já existentes.

Para além das justificações acima mencionadas, os factores distância ao continente, idade geológica da ilha e diversidade de habitats também pode justificar a maior diversidade observada em São Miguel (Frey 1987; Havel and Shurin 2004; Boxshall and Defaye 2008; Raposeiro *et al.* 2012; Segers 2008; Whittaker 2008; Covich 2009).

4.2. Comunidades Zooplanctónicas

Os índices descritores da comunidade zooplanctónica nas lagoas dos Açores não parece apresentar uma relação significativa com os diversos estados tróficos das lagoas deste arquipélago.

Contudo, a grande abundância de espécies como *Ascomorpha saltans* e *Gastropus hyptopus* e o Cladocera *Diaphanosoma mongolianum*, reflectem o estado trófico (eutrófico) da maioria das lagoas açorianas (Alonso 1991; Korovchinsky 2002; Gonçalves *et al.* 2010). Por norma, a maioria das espécies de Cladocera e Rotifera

são sensíveis à qualidade da água, nomeadamente à eutrofização e pH; contudo a existência abundante destas espécies vem de encontro ao estado trófico da maioria das lagoas açorianas (Havel and Shurin 2004; Gonçalves *et al.* 2010). Para além disso, a constante dominância dos rotíferos neste estudo, está de acordo com Sendacz e colaboradores (2006) que mencionam o facto de este grupo, apresentar sempre abundâncias superiores aos restantes nos lagos tropicais e subtropicais.

O teste ANOSIM realizado para o factor “tipologia” demonstrou que não existem diferenças significativas nas comunidades de zooplâncton das lagoas profundas e pouco profundas. Assim, este resultado é suportado quer pelo facto de as diferentes espécies zooplanctónicas identificadas neste trabalho não possuírem especificidade face ao estado trófico das lagoas, quer pelo facto de estes organismos se dispersarem muito facilmente e serem essencialmente cosmopolitas, como já foi mencionado anteriormente.

No que diz respeito à variação temporal das comunidades zooplanctónicas, o teste ANOSIM efectuado para o factor “estação do ano” demonstrou que existem diferenças significativas. Estas diferenças prendem-se essencialmente com a abundância, ao longo das 4 estações do ano, de espécies como *Ascomorpha saltans*, *Gastropus hyptopus* e *Diaphanosoma mongolianum*. Como já foi mencionado anteriormente, estas espécies são mais comuns em águas eutróficas, sendo também, normalmente, mais abundantes, normalmente no Verão (Sendacz, Caleffi *et al.* 2006) É neste período que, por norma, nas lagoas dos Açores a concentração de clorofila *a* é maior, tal como a temperatura da água (Gonçalves *et al.* 2010) proporcionando um habitat preferencial para as espécies acima referidas (Korinek 1987; Barrabin 200; Sendacz *et al.* 2006).

Neste sentido, a temperatura da água e o fotoperíodo (ambos com picos máximos no Verão) são dois factores explicativos da variabilidade da comunidade de zooplâncton na rotina DistLM, agrupando assim todas as amostras de Verão. A

temperatura da água, ao contrário dos restantes factores, é uma variável comum em outros trabalhos para explicar esta comunidade (*e.g.* Dussart *et al.* 1984; Dodson 1989; Davidson *et al.* 1998).

Para além destes factores, a disponibilidade de cálcio e sílica na água também influenciam a comunidade zooplanctónica. Por um lado, o principal constituinte das carapaças dos crustáceos é o carbonato de cálcio (Jeziorski and Yan 2006) sendo a sua disponibilidade na água dos lagos um factor determinante na variabilidade de zooplâncton. Por outro, a disponibilidade de sílica nos lagos é influenciada pela química da água, nomeadamente o pH e o carbonato de cálcio (Ryves *et al.* 2006). Neal e colaboradores (2005) atribui a variação na concentração de sílica ao escoamento de base e do fluxo de água de superfície na captação, às variações sazonais na absorção de sílica na coluna de água. Durante períodos relativamente secos, maior temperatura do ar, quando predomina o escoamento de base, a água é enriquecida com sílica proveniente das rochas e dos solos; durante períodos relativamente húmidos, temperatura do ar mais baixa, aumenta o fluxo superficial de água o que pode diminuir a concentração de sílica (Neal *et al.* 2005; Murnaghan *et al.* 2012). Neste sentido, o cálcio e a sílica apresentam uma relação negativa na análise de DistLM , agrupando assim as amostras recolhidas no Outono.

A última variável química assinalada nesta rotina é o potássio. Segundo (Talling 2010) a elevada concentração de potássio poderá inibir a reprodução e crescimento das espécies de zooplâncton, contrariamente à temperatura. Assim, estes dois factores aliados ao fotoperíodo conseguem explicar a comunidade zooplanctónica lacustre dos Açores na Primavera.

Com base nos dados de INOVA (1996), que possui um período de amostragem bastante alargado (Novembro de 1994 a Abril 1996), pode-se mencionar que a comunidade zooplanctónica de diferentes lagoas sofreram mudanças ao longo dos anos (apesar de a malha de rede de amostragem nos anos 90 ser de 150µm).

Assim verifica-se que as lagoas das Empadadas nos anos 90 possuíam mais copépodes e neste momento possuem mais cladóceros, à semelhança da lagoa do Caldeirão. Esta alteração poderá estar na evolução do estado trófico de mesotrófico para eutrófico na lagoa das Empadadas Norte e de oligotrófico para eutrófico no Caldeirão (INOVA 1996; Gonçalves 2010).

A lagoa do Canário que passou do estado mesotrófico para eutrófico, também registou uma alteração nos grupos de zooplâncton mais abundantes desta lagoa. Em 1994 e 1995 dominavam os copépodes, enquanto que em 1996 tal como agora dominam os Cladocera (INOVA 1996; Gonçalves 2010).

A lagoa das Furnas parece possuir uma grande variabilidade no decorrer dos anos. Em Julho de 1994 dominavam os copépodes; em Janeiro de 1995 dominavam os rotíferos, passando depois os copépodes a serem mais abundantes em Abril de 1995; em Outubro do mesmo ano os cladóceros eram os mais abundantes, sendo que em 1996 (Maio) os copépodes voltaram a ser mais abundantes e hoje o grupo dominante é o Rotifera (INOVA 1996).

Já na lagoa Azul que evoluiu de oligotrófica para eutrófica, os copépodes alternam sistematicamente com os cladóceros nos grupos mais abundantes (INOVA 1996; Gonçalves 2010).

Tal como a lagoa Azul, a lagoa Verde também apresenta uma alternância dos copépodes com os cladóceros como mais abundantes, à excepção de Janeiro de 1996 e das amostragens realizadas para este trabalho (INOVA 1996).

Na lagoa do Fogo, ao contrário das lagoas das Empadadas, os copépodes dominaram os Cladocera a partir de 1996 e também actualmente. Esta alteração poderá estar relacionada com o facto de nos anos 90 esta lagoa ser considerada mesotrófica e actualmente oligotrófica (INOVA 1996; Gonçalves 2010).

Todas as lagoas da ilha do Pico, à excepção da lagoa do Capitão, mantiveram o seu estado trófico, bem como o grupo dominante da comunidade de zooplâncton (Cladocera) (INOVA 1996; Gonçalves 2010).

Nas Flores, a lagoa Rasa e a lagoa da Lomba mantiveram sempre os cladóceros como grupo dominante da comunidade de zooplâncton, apesar de

evoluírem de oligotrófica para mesotrófica e de mesotrófica para oligo/mesotrófica, respectivamente (INOVA 1996; Gonçalves 2010).

O estado trófico da lagoa comprida também passou de oligotrófico para mesotrófico, enquanto que nos anos 90 os cladóceros eram os dominantes e hoje em dia são os rotífera (INOVA 1996; Gonçalves 2010).

A lagoa Funda, também parece apresentar grande variabilidade no que diz respeito aos grupos dominantes de zooplâncton, tal como as Furnas. Os três grandes grupos de zooplâncton estudados alternam-se sistematicamente (INOVA 1996).

Assim, como já foi mencionado, a comunidade de zooplâncton não parece ser muito influenciada no sentido *bottom-up*. Apesar das diferentes comunidades fitoplanctónicas, concentração de clorofila *a*, os diferentes grupos de zooplâncton não parecem apresentar uma relação significativa com os diversos estados tróficos das lagoas deste arquipélago.

No que diz respeito ao sentido *up-bottom*, os peixes também não parecem possuir um papel modelador da comunidade de zooplâncton das lagoas. Este facto é suportado pelo projecto de biomanipulação realizado na lagoa das Furnas, onde apesar da captura de peixes, a qualidade da água não melhorou (Bio 2008) e, também por não existirem muitas diferenças nas comunidade piscícolas das diversas lagoas, apesar do conhecimento incipiente nesta área (Vicente 1956; Flor de Lima 1993).



Capítulo 5

CONCLUSÃO

5. CONCLUSÃO

Este trabalho conta com uma lista de 141 *taxa* de zooplâncton dulçaquícola para os Açores, contribuindo assim para o incremento do número de registos para 291 espécies de invertebrados de água doce e 2717 espécies animais registadas nos Açores.

Apesar de, comparativamente aos sistemas continentais, os Açores apresentarem uma baixa diversidade zooplanctónica, parecem ser mais diversos do que outras ilhas oceânicas anteriormente estudadas. Este facto poderá dever-se à distancia do arquipélago ao continente, da idade geológica das ilhas, mas também à elevada diversidade de habitats de água doce que os Açores possuem, podendo constituir, assim nichos adequados ao zooplâncton.

A ilha com mais *taxa* reportados é São Miguel, seguida das Flores, Pico e por último Graciosa e São Jorge. Estes dados poderão ser enviesados devido ao maior esforço de amostragem nestas ilhas ao longo dos anos, bem como ao elevado número de lagoas aqui existentes.

A maior parte das espécies de zooplâncton são cosmopolitas, possuem uma elevada taxa de sucesso na dispersão e colonização e, neste trabalho, não parecem apresentar preferência pelo estado trófico da lagoa onde estão inseridos. Estes factos explicam a inexistência de diferenças nas comunidades zooplanctónicas das diversas ilhas e das lagoas profundas e pouco profundas.

Contudo a comunidade em estudo apresenta variabilidades face à estações do ano. A espécies que contribuem mais para estas diferenças são espécies associadas a estados eutróficos e temperaturas mais altas que ocorrem no Verão. Assim a temperatura da água e o fotoperíodo apresentam uma relação positiva com esta comunidade, enquanto que minerais disponíveis na água como o cálcio e a sílica encontram-se negativamente relacionados.



Capítulo 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho cumpriu o seu objectivo principal de contribuir para o conhecimento das comunidades zooplanctónicas das lagoas dos Açores.

Apesar de o número de *taxa* de zooplâncton registados para os Açores sofrer um incremento significativo, ainda subsistem muitas dúvidas quanto à composição taxonómica desta comunidade biológica. Por um lado, é necessário confirmar a identificação de algumas espécies e poder baixar o nível de alguns *taxa* identificados, e por outro ainda existem muitos *habitats* (nomeadamente lagoas pouco profundas) por amostrar, podendo aumentar ainda esta *checklist*.

Para além disto, seria interessante perceber melhor a dinâmica populacional desta comunidade, nomeadamente as suas variações sazonais, espaciais e a que variáveis ambientais melhor respondem. O papel dos factores como a sílica e o potássio necessita de ser esclarecido, bem como a resposta da comunidade zooplanctónica ao estado trófico da lagoa. Esta comunidade apresenta uma grande importância nos lagos, uma vez que se inserem nas cadeias tróficas entre os produtores e consumidores finais, podendo também reflectir a qualidade da água das lagoas. (Jeppesen, Nøges et al. 2011)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, M. (1991). Review of Iberian Cladocera with remarks on ecology and biogeography. *Hydrobiologia* 225(1): 37-43.
- Alonso, M. (1997). *Fauna ibérica. Volume. 7. Crustacea: Branchiopoda*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Espanha. pp. 486
- APHA (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th Ed. American Public Health Association, Washington DC.
- Balcer, M. D., Korda, N. L. and I. S. Dodson (1984). *Zooplankton of the Great Lakes: A guide to the identification and Ecology of the Common Crustacean Species*. University of Wisconsin Press. Estados Unidos da América. pp 188
- Barrabin, J. (2000). The Rotifers of Spanish Reservoirs: Ecological, Systematical and Zoogeographical remarks. *Limnetica* 19: 91-167.
- Boxshall, G. and D. Defaye (2008). Global diversity of copepods (Crustacea: Copepoda) in freshwater. *Hydrobiologia* 595(1): 195-207.
- Correia, A. M. and A. C., Costa. (1994). Introduction of Red Swamp Crayfish *Procambarus clarkii* (Crustacea, Decapoda) in São Miguel, Azores, Portugal. *Arquipélago. Life and Marine Sciences*. 12A: 67-73.
- Costa, A. C., Cruz, A. M., Gerales, D., Cunha, A. (2010). *Avaliação da situação relativa à proliferação do Lagostim da Luisiana em São Miguel*. CIBIO/Departamento de Biologia, Universidade dos Açores, Ponta Delgada.
- Covich, A. P. (2009). *Freshwater ecology*. In: Encyclopedia of islands. R. G. Gillespie & D. A. Clague (eds.): 343–347. University of California Press, Berkeley
- De Jong, Y.S.D.M. (ed.) (2013) Fauna Europaea version 2.6. Web Service available online at <http://www.faunaeur.org> [default citation; compulsory when customised support is given]
- Dodson, S. I. (1989). The ecological role of chemical stimuli for the zooplankton: predator-induced morphology in *Daphnia* *Oecologia* 78(3): 361-367.

- Flor de Lima H.M. (1993). Contribuição para o estudo ictiológico das lagoas das Furnas e Sete Cidades. Direcção Regional dos Recursos Florestais. Secretaria Regional da Agricultura e Pescas, Região Autónoma dos Açores.
- Forró, L., Korovchinsky, N. M., Kotov, N. M. and A., Petrusek (2008). Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater *Hydrobiologia* 595(1): 177-184.
- Frey, D. (1987). The taxonomy and biogeography of the Cladocera. *Hydrobiologia* 145(1): 5-17.
- Garcia, V., Costa, A. C., Azevedo, J. N. and A. Correia. (1993). *O lagostim-vermelho (Procambarus clarkii) em São Miguel: Caracterização da espécie e implicações da sua introdução*. Universidade dos Açores. Ponta Delgada
- GBIF (2013). Global Biodiversity Information Facility Free and open access to biodiversity data. Disponível em: <http://www.gbif.org>
- Gonçalves, V.M. (1997). *Estrutura da comunidade fitoplanctónica da Lagoa das Furnas*. M.Sc. dissertation. Universidade dos Açores, Ponta Delgada, pp 229.
- Haney, J.F., Aliberti, M. A., Allan, E., Allard, S., Bauer, D. J., Beagen, W., Bradt, S. R., Carlson, B., Carlson, S. C., Doan, U. M., Dufresne, J., Godkin, W. T., Greene, S., Haney, J. F., Kaplan, A., Maroni, E., Melillo, S., Murby, A. L., Smith, J. L., Ortman, B., Quist, J. E., Reed, S., Rowin, T., Schmuck, M., Stemberg, R. S. and B. Travers. (2010). *An-Image-based Key to the Zooplankton of North America* version 5.0 released 2013. University of New Hampshire Center for Freshwater Biology <cfb.unh.edu>
- Jeppesen, E., P. Nøges, et al. (2011). Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). *Hydrobiologia* 676(1): 279-297.
- Jeziorski, A. and N. D. Yan (2006). Species identity and aqueous calcium concentrations as determinants of calcium concentrations of freshwater crustacean zooplankton. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63(5): 1007-1013.
- Korovchinsky, N. M. (2002). Description of two new species of Diaphanosoma Fischer, 1850 (Crustacea, Branchiopoda, Sididae) from the United States and Canada and species richness of the genus in North America. *Hydrobiologia* 489(1): 45-54.
- Lampert, W. (2007). *Limnoecology : the ecology of lakes and streams*. Oxford University Press, New York.

- Margalef, R. (1983). *Limnologia*. Barcelona, Omega.
- Murnaghan S., Taylor D., Jennings E., Dalton C., Olaya-Bosch K. and O'Dwyer B. (2012). Middle to late Holocene environmental changes in western Ireland inferred from fluctuations in preservation of biological variables in lake sediment. *Journal of Paleolimnology*. 48: 433-448
- Neal C., Neal M., Reynolds B., Maberly S.C., May L., Ferrier R.C., Smith J. and Parker J.E. (2005). Silicon concentrations in UK surface waters. *Journal of Hydrology*. 304: 75-
- NERRS (2013). *National Estuarine Research Reserve System*. Ocean and Coastal Resource Management. United States of America. Disponível em: <http://nerrs.noaa.gov/Default.aspx>.
- Ogbuagu, D. H. A. and A. Abeke (2012). An Application of Multivariate Techniques in Plankton Study of a Freshwater Body in the Niger Delta. *Journal of Natural Sciences Research* 2(2).
- Porteiro, J. (2000). *Lagoas dos Açores: elementos de suporte ao planeamento integrado*. Doutor em Geografia, Universidade dos Açores.
- Raposeiro, P. M. C., A.M.; Hughes, S. J.; Costa, A.C. (2012). Azorean freshwater invertebrates: Status, threats and biogeographic notes. *Limnetica* 31(1): 13-22.
- Ryves D.B., Battarbee R.W., Juggins S., Fritz S.C. and Anderson N.J. (2006). Physical and chemical predictors of diatoms dissolution in freshwater and saline lake sediments in North America and West Greenland. *Limnology and Oceanography*. 51: 1355-1368.
- Segers, H. (2007). Annotated checklist of the rotifers (Phylum Rotifera), with notes on nomenclature, taxonomy and distribution. *Zootaxa*. 1564: 1–104.
- Segers, H. (2008). Global diversity of rotifers (Rotifera) in freshwater. *Freshwater Animal Diversity Assessment*. E. V. Balian, C. Lévêque, H. Segers and K. Martens, Springer Netherlands. 198: 49-59.
- Segers, H. and H. J. Dumont (1993). Zoogeography of Pacific Ocean islands: a comparison of the rotifer faunas of Easter Island and the Galápagos archipelago. *Hydrobiologia* 255-256(1): 475-480.
- Sendacz, S. and S. Caleffi (2006). Zooplankton biomass of reservoirs in different trophic conditions in the State of São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 66: 337-350.

SRAM (2012). Plano de Gestão da Região Hidrográfica dos Açores - RH9. *Caracterização da Situação de Referência e Diagnóstico – PGRHI São Miguel*. Ponta Delgada. Vol. 2: 718.

Talling, J. F. (2010). Potassium — A Non-Limiting Nutrient in Fresh Waters? *Freshwater Reviews* 3(2): 97-104.

Vicente, A., (1956). Introdução de peixes de água doce nas lagoas de S. Miguel. *Açoreana* 5.

Wetzel, R. G. (1993). *Limnologia*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.

Whittaker, R. J. and J. M. Fernández-Palacios. 2007. *Island Biogeography. Ecology, Evolution and Conservation*. Oxford University Press, Oxford: 401 pp.

ANEXOS

ANEXO I. LISTAGEM DE ESPÉCIES DO ZOOPLÂNCTON DAS LAGOAS DOS AÇORES, COM NOTAS BIOGEOGRÁFICAS (NR - NOVO REGISTO PARA OS AÇORES, N - NOVO REGISTO PARA A ILHA, c - CONFIRMADO; COS – COSMOPOLITA, END – ENDÉMICA, HOL – HOLÁRTICA, HOL+AFR – HOLÁRTICA/AFROTROPICAL,, HOL+NEO – HOLÁRTICA/NEOTROPICAL, NEA – NEÁRTICA, NEO – NEOTROPICAL, PAL – PALEÁRTICA, PAL+AUST – PALEÁRTICA/AUSTRO-ASIÁTICA E PAL+AFRO - PALEÁRTICA/AFROTROPICAL).

	COR	FLO	FAI	PIC	GRA	SJG	TER	SMG	SMR	BIOGEOG.
CLADOCERA										
Daphniidae										
<i>Ceriodaphnia sp.</i>		c		c						
<i>Ceriodaphnia dubia</i> Richard 1894				x				x		COS
<i>Ceriodaphnia reticulata</i> (Jurine 1820)								x		COS
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O. F. Müller 1785)		x		x				x		HOL + NEO
<i>Daphnia sp.</i>		c								
<i>Daphnia ambigua</i> Scourfield, 1947								NR		HOL + NEO
<i>Daphnia catawba</i> Coker, 1926								NR		NEA
<i>Daphnia galeata</i> Sars, 1864								NR		HOL
<i>Daphnia magna</i> Straus, 1820								NR		HOL + AFR
<i>Daphnia pennata</i> (O. F. Müller, 1776)								x		PAL
<i>Daphnia (Daphnia) obtusa</i> Kurz 1875				N				x		COS
<i>Daphnia (Daphnia) pulex</i> Leydig 1860		x		x				c		COS
<i>Daphnia schødleri</i> Sars, 1862								NR		NEA
<i>Simocephalus sp.</i>									c	
<i>Simocephalus exspinosus</i> (C.L. Koch, 1841)									c	COS
Euryceridae										
<i>Alona sp.</i>		c		c						
<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)								x		COS
<i>Alona azorica</i> Frenzel & Alonso, 1988										PAL
<i>Alona costata</i> Sars, 1862			x					x		COS
<i>Alona guttata</i> Sars, 1862				x				x		COS
<i>Alona quadrangularis</i> (O. F. Müller 1776)		x		x				x		COS
<i>Alona rectangula</i> Sars, 1862								x		PAL + AUST
<i>Alona rustica</i> Scott 1895								NR		HOL + NEO
<i>Alonella sp.</i>				N						
<i>Alonella exigua</i> (Lilljeborg, 1853)		NR						NR		HOL + AFR
<i>Alonella nana</i> (Baird, 1843)				c				c		HOL
<i>Chydorus sp.</i>		c								
<i>Chydorus gibbus</i> Sars, 1890								x		HOL
<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Müller, 1776)		N	x		c			x		COS
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848)				x	x		x	x		COS
<i>Leydigia acanthocercoides</i> (Fischer, 1854)								x		COS
<i>Leydigia leydigi</i> (Schoedler 1862)								x		COS
<i>Oxyurella brevicaudis</i> Michael and Frey, 1983		NR								NEA
<i>Rhynchotalona falcata</i> Sars, 1861		NR		NR				NR		HOL
<i>Eurycercus sp.</i>				NR						
Macrothricidae										
<i>Streblocerus serricaudatus</i> (Fischer, 1849)		x		x						HOL + NEO

	COR	FLO	FAI	PIC	GRA	SJG	TER	SMG	SMR	BIOGEOG.
Sididae										
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Liévin, 1848)	N	x		x				x		HOL + AFR
<i>Diaphanosoma mongolianum</i> Ueno, 1938		NR		NR				NR		PAL + AFR
<i>Latona</i> sp.								NR		
<i>Sida crystallina</i> (O. F. Müller, 1776)								NR		HOL + NEO
COPEPODA										
Diaptomidae										
<i>Arctodiaptomus wierzejski</i> (Richard, 1888)									x	PAL
Cyclopidae										
<i>Acanthocyclops robustus</i> (Sars, 1863)	c			c				NR		COS
<i>Acanthocyclops vernalis</i> (Fischer, 1853)	N	N		N			x	N		COS
<i>Diacyclops</i> sp.		NR								
<i>Ectocyclops phaleratus</i> Koch, 1838		NR						NR		COS
<i>Eucyclops</i> sp.	N							c		
<i>Eucyclops agiloides azorensis</i> Defaye & Dussart, 1991		c	x	c			x	N	x	END
<i>Eucyclops serrulatus serrulatus</i> (Fischer, 1851)		x	x	x	x	x	x	x	x	COS
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)				NR				NR		COS
<i>Megacyclops viridis viridis</i> (Jurine, 1820)		x	x	x				x	x	COS
<i>Mesocyclops edax</i> (S. A. Forbes, 1890)	NR	NR		NR				NR	NR	NEA
<i>Metacyclops mendocinus insulensis</i> Defaye & Dussart, 1991			x				x			END
<i>Metacyclops minutus</i> (Claus, 1863)					x		x	x		PAL
<i>Microcyclus rubellus</i> (Lilljeborg, 1901)		NR						NR		HOL + NEO
<i>Microcyclus varicans</i> (Sars, 1863)		NR						NR		COS
<i>Orthocyclops modestus</i> (Herrick 1883)								NR		NEA
<i>Paracyclops chiltoni</i> (Thomson, 1882)		x	x	x			x	x	x	COS
<i>Paracyclops fimbriatus</i> (Fisher, 1853)	x	x	x	c			x	c	x	PAL
<i>Speocyclops demetiensis demetiensis</i> (Scourfield, 1932)							x			PAL
<i>Tropocyclops prasinus</i> (Fischer, 1860)	N	c	x	N				c	x	COS
Temoridae										
<i>Eurytemora affinis</i> (Poppe 1880)								x		HOL + NEO
MONOGONONTA										
Asplanchnidae										
<i>Asplanchna</i> sp.	N	N		c				c	N	
<i>Asplanchna brightwelli</i> Gosse 1850				x			x	c		COS
<i>Asplanchna herricki</i> De Guerne 1888	N	N		N				x		COS
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850								NR		COS
<i>Asplanchna sieboldi</i> (Leydig, 1854)										COS
Brachionidae										
<i>Anuraeopsis</i> sp.								c		
<i>Anuraeopsis fissa</i> Gosse 1851		N		x			x	c		COS
<i>Anuraeopsis navicula</i> Rousselet, 1911								NR		COS
<i>Brachionus angularis</i> Gosse 1851							x		N	COS
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas 1776	NR	NR						NR	N	COS
<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann 1783		N				x		c		COS
<i>Brachionus rubens</i> Ehrenberg, 1838								x		COS

	COR	FLO	FAI	PIC	GRA	SJG	TER	SMG	SMR	BIOGEOG.
<i>Brachionus urceolaris</i> O. F. Müller 1773								c		COS
<i>Kellicottia bostoniensis</i> (Rousselet 1908)								NR		HOL + NEO
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott 1879)								NR		COS
<i>Keratella</i> sp.		c								
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse 1851)		x		N						COS
<i>Keratella crassa</i> Ahlstrom, 1943								NR		NEA
<i>Keratella hiemalis</i> Carlin, 1943				NR				NR		HOL
<i>Keratella quadrata</i> (O. F. Müller 1786)		x		c				x		HOL + AFR
<i>Keratella testudo</i> (Ehrenberg, 1832)				NR						HOL + AFR
<i>Keratella valga</i> (Ehrenberg 1834)		NR						NR		COS
<i>Notholca</i> sp.								NR		
<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenberg 1832)								NR		HOL + AFR
<i>Notholca labis</i> Levander 1901								NR		COS
<i>Notholca laurentiae</i> Stemberg, 1976								NR		NEA
Conochilidae										
<i>Conochilus</i> sp.		NR								
Collothecidae										
<i>Collotheca</i> sp.		NR						NR		
Euchlanidae										
<i>Euchlanis</i> sp.								c		
<i>Euchlanis oropha</i> Gosse, 1887		NR						NR		COS
<i>Euchlanis triquetra</i> Ehrenberg 1838		c		x				c		COS
Flosculariidae										
<i>Beauchampia crucigera</i> (Dutrochet 1812)								x		COS
<i>Floscularia melicerta</i> (Ehrenberg 1832)								x		COS
<i>Limnias melicerta</i> Weisse 1848								x		COS
Gastropodidae										
<i>Ascomorpha</i> sp.		c		c				c		
<i>Ascomorpha ecaudis</i> Perty 1850	NR	NR						NR		COS
<i>Ascomorpha ovalis</i> (Bergendahl 1892)		x		x				x		COS
<i>Ascomorpha saltans</i> Gosse 1851	NR	NR		NR				NR	NR	COS
<i>Gastropus</i> sp.		c						c		
<i>Gastropus hyptopus</i> (Ehrenberg 1838)	NR	NR						NR	NR	COS
<i>Gastropus stylifer</i> (Imhof 1891)	NR	NR						NR		COS
Hexarthridae										
<i>Hexarthra mira</i> (Hudson 1871)		N						c		COS
Lecanidae										
<i>Lecane</i> sp.		N						c		
<i>Lecane closteroerca</i> (Schmarda 1859)		c		c				N		COS
<i>Lecane copeis</i> (Harring & Myers 1926)	NR			NR				NR		HOL + NEO
<i>Lecane luna</i> (Müller 1776)		c						N		COS
<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg 1832)		c	x	x				c		COS
<i>Lecane mira</i> (Murray 1913)	NR	NR						NR		HOL
<i>Lecane quadridentata</i> (Ehrenberg, 1830)								x		COS
<i>Lecane stichaea</i> Harring 1913		x		x				x		COS

	COR	FLO	FAI	PIC	GRA	SJG	TER	SMG	SMR	BIOGEOG.
<i>Lecane tenuiseta</i> Harring 1914								NR		COS
Lepadellidae										
<i>Lepadella (Lepadella) acuminata</i> (Ehrenberg 1834)				x						COS
Notommatidae										
<i>Cephalodella</i> sp.		NR								
Synchaetidae										
<i>Ploesoma</i> sp.		c						c		
<i>Ploesoma hudsoni</i> (Imhof 1891)		c						N		HOL + NEO
<i>Ploesoma lenticulare</i> Herrick 1885		NR						NR		COS
<i>Ploesoma truncatum</i> (Levander 1894)	NR	NR						NR		COS
<i>Polyarthra</i> sp.								c		
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925									NR	COS
<i>Polyarthra remata</i> Skorikov 1896		NR						NR	NR	COS
<i>Synchaeta</i> sp.		NR						NR		
<i>Synchaeta oblonga</i> Ehrenberg 1831	NR									COS
<i>Synchaeta tremula</i> (O.F. Muller 1786)								NR		COS
Testudinellidae										
<i>Testudinella patina</i> (Hermann 1783)								x		COS
<i>Testudinella parva</i> (Ternetz 1892)		x		x				x		COS
<i>Pompholyx</i> sp.		NR								
<i>Pompholyx sulcata</i> Hudson 1885		NR						NR		COS
Trichocercidae										
<i>Trichocerca</i> sp.	N							c		
<i>Trichocerca cylindrica</i> (Imhof 1891)				NR				NR		COS
<i>Trichocerca insulana</i> (Hauer 1937)				x						COS
<i>Trichocerca longiseta</i> (Schrank 1802)		N						c		COS
<i>Trichocerca rattus</i> (Müller 1776)								NR		COS
<i>Trichocerca rousseleti</i> (Voigt 1902)								NR		COS
<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski 1893)		NR		NR				NR		COS
<i>Trichocerca pusilla</i> (Jennings 1903)		x		c				c		COS
Trichotriidae										
<i>Macrachaetus collinsii</i> (Gosse 1867)								x		COS
<i>Trichotria tetractis</i> (Ehrenberg 1830)		x		x						COS
Trochosphaeridae										
<i>Filinia</i> sp.		c						c	N	
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg 1834)		N						c	N	COS
<i>Filinia terminalis</i> (Plate 1886)								c	N	COS
Total	22	67	10	49	2	2	12	121	15	

