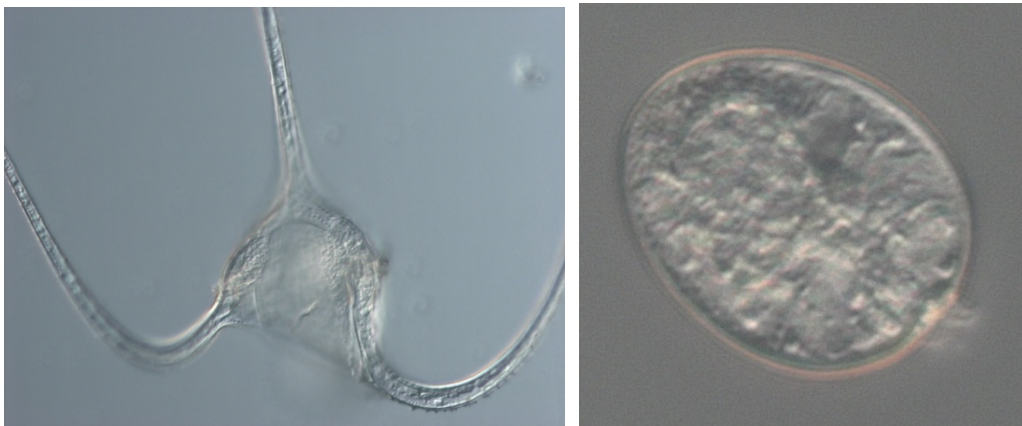




Universidade dos Açores

Departamento de Oceanografia e Pescas

Caracterização e distribuição espacial da comunidade fitoplanctónica do banco submarino Condor (SE do Faial, Açores): Relação com os parâmetros oceanográficos adjacentes



Joana Vieira Botelho

Orientadora: Prof. Doutora Ana Martins

Coorientador: Prof. Doutor Vítor Gonçalves

Coorientador: Doutor Shree Ram Prakya

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em
Estudos Integrados dos Oceanos

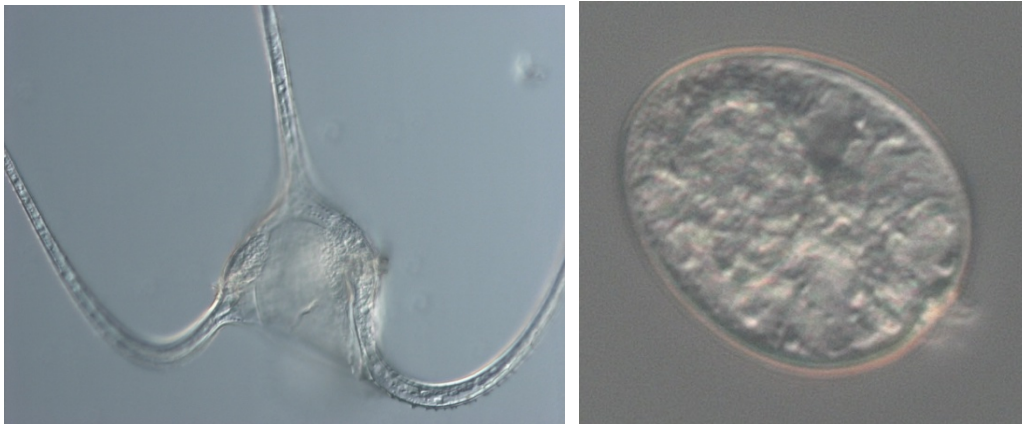
Horta, 2014



Universidade dos Açores

Departamento de Oceanografia e Pescas

Caracterização e distribuição espacial da comunidade fitoplanctónica do banco submarino Condor (SE do Faial, Açores): Relação com os parâmetros oceanográficos adjacentes



Joana Vieira Botelho

Orientadora: Prof. Doutora Ana Martins

Coorientador: Prof. Doutor Vítor Gonçalves

Coorientador: Doutor Shree Ram Prakya

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em
Estudos Integrados dos Oceanos

Horta, 2011

Índice

Índice de figuras	III
Índice Tabelas.....	IV
Agradecimentos	V
Resumo	VII
Abstract.....	VIII
1. Introdução	1
2. Enquadramento	3
2.1. Região de estudo.....	3
2.2. Fitoplâncton.....	5
3. Material e Métodos	7
3.1. Caracterização da área de estudo.....	7
3.2. Dados oceanográficos.....	7
3.3. Amostragem e processamento das amostras	9
3.3.1. Recolha das amostras e caracterização física das estações	9
3.3.2. Fitopigmentos.....	10
3.3.3. Fitoplâncton	11
3.3.4. Análise estatística.....	13
3.4. Dados Satélite.....	13
4. Resultados.....	15
4.1. Caracterização física e biológica da coluna de água	15
4.1.1. Variação espacial	15
4.1.2. Variação sazonal	20
4.2. Dados de Satélite	25
4.3. Caracterização da comunidade fitoplanctónica.....	27
4.3.1. Diversidade taxonómica.....	27
4.3.2. Variação espacial	28
4.3.3. Variação sazonal	33
5. Discussão	38
5.1. Caracterização oceanográfica da área de estudo	38
5.2. Relação com parâmetros obtidos por satélite.....	42
5.3. Variabilidade da comunidade fitoplanctónica.....	44

6. Conclusões	49
Referências Bibliográficas.....	51
Anexos	59

Índice de figuras

Figura 1- Localização do banco submarino Condor, a sudoeste da ilha do Faial. (créditos: Ricardo Medeiros, ImagDOP). -----	4
Figura 2 - Projecto CONDOR: Localização das estações biológicas amostradas no banco Condor, no canal Faial-Pico e em mar aberto. No mapa está representada a batimetria do banco e áreas adjacentes (créditos: Ricardo Medeiros, ImagDOP).-----	8
Figura 3 - Preparação das amostras de fitoplâncton para serem visualizadas no microscópio de inversão com contraste de fase. -----	12
Figura 4 - Perfis verticais dos parâmetros físico-químicos (A – Temperatura; B – Salinidade; C – Concentração de oxigénio e E – Turbidez) e biológicos (D – Fluorescência e F – Concentração de clorofila a) obtidos nas estações realizadas no cruzeiro “Condor-OCE-2009-V01” (Verão de 2009). -----	16
Figura 5 - Perfis verticais dos parâmetros físico-químicos (A – Temperatura; B – Salinidade; C – Concentração de oxigénio e E – Turbidez) e biológicos (D – Fluorescência e F – Concentração de clorofila a) nas estações estudadas no cruzeiro “Condor-OCE-2009-O01” realizado no Outono de 2009. -----	18
Figura 6 - Perfis verticais médios em cada estação do ano para os parâmetros físico-químicos (A – Temperatura; B – Salinidade; C – Concentração de oxigénio e E – Turbidez) e biológicos (D – Fluorescência e F – Concentração de clorofila a) obtidos nos cruzeiros realizados no Verão (V_09) e Outono (O_09) de 2009. -----	21
Figura 7 - Diagramas de propriedades para as estações de Verão e Outono de 2009. Em A está representada a relação Temperatura-Oxigénio (TO) e em B a relação Temperatura-Salinidade (TS).-----	24
Figura 8 - Valores de temperatura e clorofila a obtidos via satélite MODIS/AQUA para o ano de 2009. Em A e C podem-se observar, respetivamente, os valores médios mensais e sazonais da temperatura e clorofila a; em B e D estão representados os coeficientes de variação da temperatura e clorofila a em cada mês e em cada estação do ano, respetivamente. -----	26
Figura 9 - Perfis verticais da abundância de diatomáceas (A), dinoflagelados (B), outros flagelados (C) e cocolitóforos (D) nas estações amostradas durante o Verão de 2009. -	29
Figura 10 - Perfis verticais da abundância de diatomáceas (A), dinoflagelados (B), outros flagelados (C) e cocolitóforos (D) nas estações amostradas durante o Outono de 2009. -----	32
Figura 11 - Perfis verticais das abundâncias médias sazonais de diatomáceas (A), dinoflagelados (B), flagelados (C) e cocolitóforos (D) das várias estações amostradas nos cruzeiros realizados no Verão (V_09) e Outono (O_09) de 2009. -----	34
Figura 12 - Representação do escalonamento multidimensional (MDS) baseada na similaridade Bray-Curtis relativamente à composição da comunidade fitoplanctónica nos meses de Julho e Novembro. -----	35
Figura 13 - Fotografias de algumas das espécies identificadas ao longo do presente trabalho. A- <i>Calcidiscus leptoporus</i> , B- <i>Oxytoxum caudatum</i> , C- <i>Emiliania huxleyi</i> , D- <i>Oxytoxum laticeps</i> , E- <i>Oxytoxum sp.</i> , F- <i>Scyphosphaera apsteinii</i> . -----	36

Índice Tabelas

Tabela 1 - Tabela sumário com indicação do número de estações de amostragem e respetivo número total de amostras contabilizado para os cruzeiros oceanográficos do projecto CONDOR (adaptado de Santos et al., 2011). A azul e rosa/acastanhado estão assinaladas informações relativas aos cruzeiros utilizados neste estudo.....	9
Tabela 2 - Coeficiente de correlação (r) entre dois parâmetros (oxigénio e a clorofila <i>a</i>) com cada um dos grupos principais de fitoplâncton encontrados neste trabalho.....	37
Tabela 3 - Comparação sumária entre as profundidades máximas da clorofila (DCM) reportadas por vários autores para a região dos Açores e para outras áreas circundantes no Atlântico Nordeste.....	41

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todas as pessoas (abaixo mencionadas) que tornaram a realização desta tese de mestrado possível. A todos os intervenientes o meu muito obrigado.

Antes de mais, quero agradecer à Prof. Doutora Ana Martins por me ter falado na possibilidade de eu fazer a minha tese em fitoplâncton e, depois disso, por ter aceite ser minha orientadora no referido trabalho. Quero, também, agradecer aos meus coorientadores de tese, o Prof. Doutor Vítor Gonçalves que me ajudou e orientou nas várias fases do trabalho principalmente na identificação do fitoplâncton e ao Doutor Shree Ram Prakya pela ajuda com os gráficos.

Quero agradecer à equipa de Oceanografia e à coordenação do Projeto CONDOR-PT0040 (“Observatório para o Estudo de Longo Prazo e Monitorização dos Ecossistemas de Montes Submarinos nos Açores”) pela recolha e disponibilização tanto das amostras de fitoplâncton como pela disponibilização de todos os dados oceanográficos, pois sem eles a realização deste trabalho não seria de todo possível.

Agradeço à Dr.^a Clara Loureiro por me ter ajudado a perceber como estavam organizados todos os dados recolhidos tanto a bordo dos cruzeiros como os que foram analisados em laboratório e por me ter passado essas informações que foram muito preciosas. Agradeço à Mestre Mariana Santos que conversou comigo e me forneceu bastante informação sobre todas as etapas que eu iria atravessar durante a realização deste trabalho.

Queria também agradecer à Mestre Helena Marques e ao Doutor Pedro Raposeiro todas as conversas e momentos de descontração enquanto eu analisava as amostras de fitoplâncton no microscópio.

Gostaria de agradecer igualmente ao Ricardo Medeiros (ImagDOP) pela execução técnica (em SIG) das Figuras 1 e 2.

Agradeço à tripulação do N/I “Arquipélago” que permitiu que a recolha das amostras utilizadas neste trabalho fosse realizada com êxito.

Quero agradecer a todos os meus amigos pelo apoio incondicional, pelo carinho e pelas horas de distração quando tudo parecia perdido, Joana Aguiar, Carina Pavão, Sónia Melo, Nuno Borges e Bruno Silva, muito obrigada por tudo...

Vera Maciel agradeço-te por todos os momentos (bons e menos bons) que passamos juntas nos quatro anos que partilhamos casa em Gambelas. Aprendemos e crescemos muito com tudo o que nos aconteceu e ainda hoje continuamos bastante unidas apesar de todo o oceano que nos separa. Obrigada por todo o teu apoio em tudo! Ana Batuca, Rute Mendonça, Cristiana Maia, Maria Silva, Vanessa Neves, Tiago Braga, Miguel Martins e Fábio Guerreiro a vocês deixo aqui o meu muito obrigada, também.

O meu agradecimento a todos os meus colegas de sétima edição do MEIO. Cátia, Xana, Gonçalo, Luís e Carlos muito obrigada por todos os momentos que passamos juntos durante a minha estadia no Faial.

Quero agradecer, também, ao Carlos Paulos e a toda a equipa do Centro e Escola de Mergulho Espírito Azul (Vila Franca do Campo) por terem sempre uma palavra amiga e por me animarem nos momentos menos bons. Quando achava que tudo estava perdido refugiava-me no mar e assim que voltava a terra, depois de um mergulho magnífico, vinha pronta para enfrentar todas as adversidades e voltar, uma vez mais, para o meu trabalho. Obrigada a todos pelos momentos de descontração sempre muito bem passados.

Quero agradecer ao meu namorado, Dinarte Benevides, por todo o seu apoio em todas as etapas deste trabalho. Obrigada por teres estado sempre a meu lado e por me animares quando tudo parecia desabar à minha volta. Obrigada por toda a paciência comigo enquanto eu só falava da minha tese e dos problemas que me preocupavam e tu estavas sempre disposto a ouvir. Obrigada por tudo.

Queria igualmente agradecer a toda a minha família! Mãe e Pai muito obrigada por permitirem que eu realizasse mais uma etapa na minha vida, sem o vosso apoio e consentimento este trabalho tinha sido impossível de se realizar. Maninha muito obrigada pelo teu apoio na realização deste trabalho, agradeço-te também pelas fotografias que me tiraste durante a análise, em laboratório, das amostras de fitoplâncton.

Aproveito ainda para agradecer aos serviços de secretariado, administrativos, académicos e bibliotecários dos Departamentos de Oceanografia e Pescas e de Biologia da Universidade dos Açores por toda a ajuda logística que me deram ao longo da realização deste mestrado.

Por último, gostaria de deixar uma nota sincera de gratidão aos membros do júri presentes na defesa da minha de tese, pelo tempo tomado na revisão e correção deste trabalho de síntese.

Obrigada a todos por tudo!

Resumo

Os montes submarinos são montes subaquáticos que se erguem centenas ou milhares de metros a partir do fundo do mar. Estes não são apenas estruturas geológicas omnipresentes e fundamentais dos fundos submarinos como são também, ecossistemas importantes e exuberantes compostos por uma vida marinha abundante, fazendo destes ecossistemas importantes locais de pesca que detêm mais de 80 % das espécies comerciais em todo o mundo, atraindo para estes locais um alto interesse económico internacional. Os montes submarinos são estruturas geológicas comuns no arquipélago dos Açores (Atlântico nordeste). Em particular, o monte submarino Condor está situado, sensivelmente, a 10 milhas náuticas a sudoeste da ilha do Faial (Açores). Entre 2009 e 2011, vários cruzeiros oceanográficos foram realizados na região do Condor no âmbito do projeto científico internacional CONDOR (PT0040 cofinanciado pelo programa *EEA Grants Financial Mechanism - Iceland, Liechtenstein and Norway*). O principal objetivo deste projeto foi estabelecer uma estação de pesquisa multidisciplinar de longo prazo para aprofundar o conhecimento científico sobre montes submarinos.

No presente trabalho, as comunidades fitoplanctónicas foram estudadas através de amostras recolhidas em dois cruzeiros oceanográficos realizados a bordo do N/I “Arquipélago” entre Março e Outubro de 2009. Os objetivos principais deste estudo foram identificar e caracterizar quantitativamente as comunidades fitoplanctónicas existentes na coluna de água e, também, inferir se existiam padrões sazonais/anuais tentando associá-los aos fatores ambientes subjacentes. Entre outras, foram recolhidas amostras de água em diferentes profundidades para análises de fitoplâncton e clorofila *a* utilizando um sistema de Rosette com CTD acoplado. As amostras de água foram analisadas e o fitoplâncton foi taxonomicamente identificado. Os resultados para 13 estações (das 20 executadas em cada cruzeiro) são aqui apresentados. Os resultados revelam a estratificação da coluna de água no Verão, associada a uma concentração máxima de oxigénio. É também durante esta época que a maior abundância de organismos fitoplanctónicos é encontrada sendo, os cocolitóforos o grupo de fitoplâncton mais abundante. A profundidade máxima da clorofila (DCM) foi encontrada aos cerca de 50 m de profundidade tanto no Verão como no Outono.

Abstract

Seamounts are underwater mountains that rise hundreds or thousands of feet from the seafloor. Not only these are ubiquitous and fundamental geological features of the ocean floor but also constitute important lush and intricate ecosystems composed of abundant marine life, producing important fishing grounds that hold more than 80 commercial species worldwide, thus attracting high international economic interest. Seamounts are common topographic features around the Azores archipelago (NE Atlantic). In particular, the Condor seamount is located approximately 10 nautical miles southwest of Faial Island (Azores). From 2009 to 2011, several cruises took place around this seamount as part of the international project CONDOR (PT0040 co-financed by the *EEA Grants Financial Mechanism – Iceland, Liechtenstein and Norway*). General aim of this project was to establish a multidisciplinary long-term research station to deepen scientific knowledge of seamounts. In the present work, phytoplankton communities are investigated through two Condor oceanographic cruises carried aboard R/V “Arquipélago” between March and October 2009. Main objectives of this study were to identify and characterize quantitatively phytoplankton communities existing in the water column and, also, to infer seasonal/annual patterns while trying to associate these with underlying environmental factors. Among others, water samples were collected at different depths for phytoplankton and chlorophyll *a* analysis using a coupled Rosette+CTD system. The water samples were processed in laboratory and phytoplankton was taxonomically identified. The results for 13 stations (out of the 20 performed in each of these cruises) are presented here. Main results reveal summer water column stratification associated with an oxygen maximum concentration. It is also during this season that the highest abundance of phytoplankton organisms is found being the coccolithophores the most abundant group of phytoplankton. The DCM (*Deep Chlorophyll Maximum*) was found at about 50 m depth both in summer and in autumn.

1. Introdução

Os montes submarinos são estruturas vulcânicas que têm a sua origem em intrusões magmáticas através da crosta oceânica e estão associados a pontos quentes (“hotspots”) onde se dá a formação de nova crosta oceânica (Pitcher *et al.*, 2007). Estas estruturas estão distribuídas por todas as bacias oceânicas de forma não uniforme (Pitcher *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2013).

Estima-se que existam mais de 1 milhão de montes submarinos com mais de 100 m de altura e entre 10 a 100 mil montes com mais de 1 000 m de altura (Pitcher *et al.*, 2007; Santos, 2011). Contudo, apesar da grande densidade de montes submarinos que podemos encontrar nos fundos oceânicos, ainda sabemos muito pouco à cerca destes locais (Santos *et al.*, 2013).

A última década presenciou um aumento significativo de trabalhos científicos multidisciplinares em regiões de montes submarinos com o objetivo de entender a rica biodiversidade marinha aí presente, uma vez que, são também zonas, com elevado interesse económico devido à presença de *stocks* pesqueiros com valor comercial (Pitcher *et al.*, 2007; Santos, 2011; Santos *et al.*, 2013). A elevada biodiversidade e riqueza específica destes ecossistemas estão associadas, na maioria das vezes, aos diferentes regimes de correntes que podemos encontrar nestes habitats (Martin & Christiansen, 2009).

Os montes submarinos modificam as características físicas e biológicas da água circundante e, conseqüentemente afetam a dinâmica do plâncton local (Santos *et al.*, 2013). Desta forma, o estudo das comunidades planctónicas é fundamental para a compreensão dos fenómenos que ocorrem nestes ecossistemas pois estas são a base da rede trófica marinha e toda e qualquer alteração nestas comunidades pode afetar toda a rede trófica destes ecossistemas.

Os trabalhos de Arístegui *et al.*, (2009) e Mendonça *et al.*, (2010) no monte submarino Sedlo e de Santos *et al.*, (2013) no monte submarino Condor foram os primeiros a estudar em profundidade as comunidades fitoplanctónicas associadas a montes submarinos na região dos Açores fornecendo importante informação não só sobre as comunidades fitoplanctónicas associadas a esses montes mas também, sobre a sua

variação de espaço e tempo e ainda, processos de forçamento físico/condições ambientais associados a estas distribuições.

Contudo, existe ainda um grande desconhecimento sobre a comunidade fitoplânctónica associada aos montes submarinos existentes na região dos Açores, pelo que é fundamental estender o trabalho já realizado não só a outros montes submarinos da região mas também, aprofundar o conhecimento sobre os montes submarinos já estudados.

Nesse sentido, o presente trabalho utiliza dados biológicos e físicos obtidos em cruzeiros oceanográficos realizados no âmbito do projeto científico Condor (PT0040 cofinanciado pelo programa *EEA Grants Financial Mechanism - Iceland, Liechtenstein and Norway*) tendo como objetivos principais: a) a determinação da variação espacial e temporal da estrutura da comunidade de fitoplâncton na região do monte submarino Condor; b) a verificação da existência de padrões sazonais/anuais na comunidade fitoplanctónica desta região e c) a sua relação com possíveis fatores oceanográficos subjacentes à sua distribuição.

Esta dissertação está dividida em 6 capítulos, sendo o primeiro relativo à presente introdução. O seguinte capítulo (capítulo 2) apresenta um enquadramento sucinto sobre a região de estudo e sobre o estado da arte de comunidades planctónicas em montes submarinos. O capítulo 3 apresenta uma descrição dos dados recolhidos e seu processamento. No capítulo 4 são apresentados os principais resultados deste trabalho e no capítulo 5 estes serão discutidos face a outros trabalhos já publicados sobre o mesmo assunto, quer na região dos Açores quer em outras localizações do Atlântico Norte. Por fim, o capítulo 6 apresenta as principais conclusões deste assunto.

2. Enquadramento

2.1. Região de estudo

O arquipélago dos Açores está localizado em pleno Oceano Atlântico, na região biogeográfica da Macaronésia (da qual fazem parte 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 (Cymbron *et al.*, 2008). É constituído por um conjunto de 9 ilhas de origem vulcânica e vários montes submarinos. As ilhas, que perfazem uma área de cerca de 2 352 km², distribuem-se diagonalmente por aproximadamente 66 000 km², com uma orientação marcadamente noroeste-sudoeste, ao longo de cerca de 600 km de comprimento (Cymbron *et al.*, 2008).

Os Açores localizam-se na província biogeográfica do Giro Subtropical do Atlântico Norte encontrando-se numa zona de transição entre a Corrente do Atlântico Norte (NAC) a noroeste, a Corrente dos Açores (CA) a sul e uma região de fraca circulação a nordeste. Assim, a Corrente dos Açores forma uma importante frente termohalina que separa as águas frias e menos salinas a norte das quentes e mais salinas a sul (Silva *et al.*, 2013). Fortes gradientes térmicos também são típicos desta região do Atlântico (Silva *et al.*, 2013).

Pitcher *et al.*, (2007) definiram que os montes submarinos são toda e “qualquer elevação, topograficamente distinta do fundo do mar, com mais de 100 m de altura e que não emerge da superfície do mar”. A bacia oceânica do Atlântico compreende 19% do total dos montes submarinos dispersos de forma não uniforme pelo planeta (Pitcher *et al.*, 2007). O monte submarino Condor (Fig. 1) situa-se a sudoeste da ilha do Faial e apresenta uma elevada importância ecológica e económica devido à presença de espécies de peixes, caranguejos, corais de profundidade, entre outros, com elevado interesse comercial (Morato *et al.*, 2010).

Durante várias décadas o banco submarino Condor foi explorado comercialmente (nomeadamente pela pesca demersal e de fundo) (Morato *et al.*, 2010; Relatório projeto Condor, 2011). Outros montes submarinos têm sido utilizados na região, abrindo estas regiões cerca de 60% do total das pescarias de fundo e de demersais nos Açores (Relatório projeto Condor, 2011).

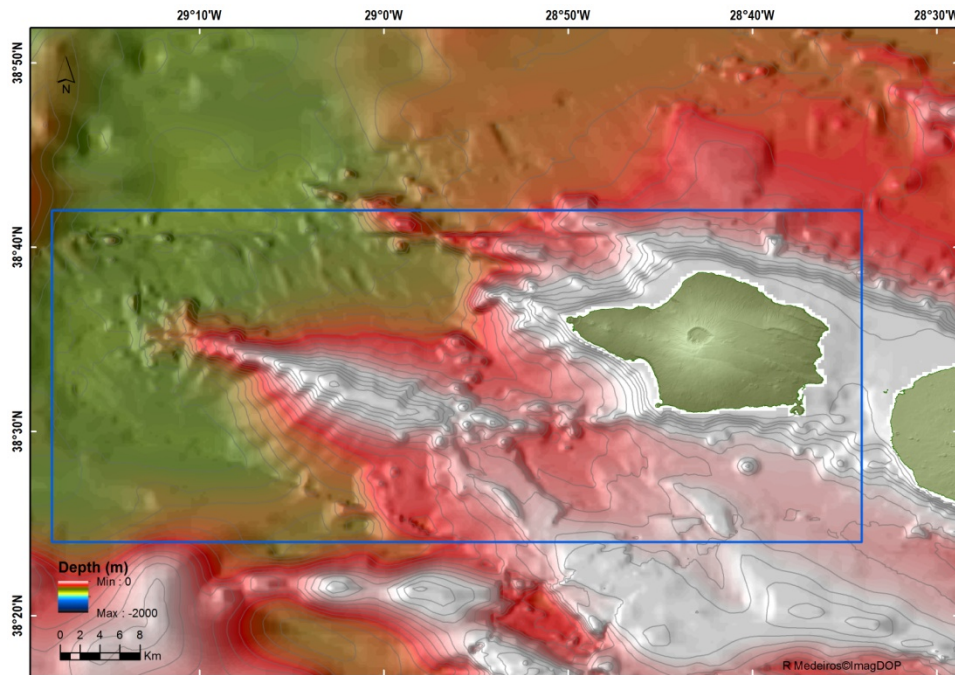


Figura 1- Localização do banco submarino Condor, a sudoeste da ilha do Faial. O retângulo azul salienta a área em estudo (créditos: Ricardo Medeiros, ImagDOP).

Em 2008, no âmbito do projeto CONDOR foi proposta a proibição total das pescas no monte submarino Condor de modo a permitir a instalação do primeiro observatório científico submerso num monte submarino dos Açores (Morato *et al.*, 2010; Relatório projeto Condor, 2011). Desde essa data, vários estudos científicos foram já realizados (e continuam) com o objetivo, entre outros, de caracterizar e estudar a variação espacial e temporal (sazonal, interanual, etc) de organismos em ambientes pelágicos e bentónicos, associando, sempre que possível, os mesmos à circulação e dinâmica locais. Realizam-se ainda estudos sobre os fluxos de carbono; a recuperação dos *stocks* pesqueiros com avaliação do impacto da pesca e o crescimento dos organismos.

Este observatório veio, sem dúvida, aumentar o conhecimento científico sobre os padrões biológicos e oceanográficos bem como, os processos associados aos montes submarinos (Morato *et al.*, 2010).

O arquipélago dos Açores localiza-se numa região oceânica oligotrófica que é caracterizada por possuir uma baixa produção primária devido à falta de um ou mais nutrientes que são limitantes ao crescimento do fitoplâncton (Santos *et al.*, 2013). Contudo, a turbulência topograficamente induzida modifica significativamente as condições físicas e biológicas adjacentes às ilhas, o que resulta numa maior

produtividade marinha local que contrasta com a oligotrofia que se faz sentir no oceano aberto em redor desta região (Silva *et al.*, 2013).

2.2. Fitoplâncton

Nos giros subtropicais do oceano aberto, a forte estratificação vertical que se faz sentir na coluna de água limita o fornecimento de nutrientes o que resulta numa baixa fixação de carbono pelos produtores primários nas regiões oligotróficas (normalmente abaixo dos $0,3 - 0,4 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) (Marañón *et al.*, 2003). Contudo, apesar das baixas produtividades, estas regiões, que cobrem mais de 60% do total da superfície dos oceanos, podem representar mais de 30% da produtividade primária marinha total (Marañón *et al.*, 2003). Estes valores elevados de crescimento do fitoplâncton podem ser sustentados em águas pobres em nutrientes se existir um forte acoplamento entre a regeneração de nutrientes e a sua utilização pelas microalgas marinhas (Marañón *et al.*, 2000).

As regiões oligotróficas podem ser consideradas pois, como sistemas de estado estacionário altamente equilibradas onde os organismos fitoplanctónicos crescem nas suas taxas máximas (mais de 1 organismo d^{-1}) (Goldman *et al.*, 1979 in Marañón *et al.*, 2000). Neste caso, a variabilidade temporal da produtividade primária é pequena e o zooplâncton é o principal fator de controlo da comunidade de fitoplâncton através da predação (“grazing”) e da regeneração de nutrientes (Marañón *et al.*, 2000). Se, por outro lado, a depleção de nutrientes causa baixas taxas de crescimento do fitoplâncton (menos de $0,3$ organismos d^{-1}), os eventos de enriquecimento de nutrientes são a principal causa que afeta a produção primária anual (Marañón *et al.*, 2000).

No Atlântico Norte, particularmente às latitudes médias (aonde o arquipélago dos Açores se localiza) ocorrem *blooms* sazonais de cocolitóforos e a maior parte da produção anual dos mesmos dá-se durante o *bloom* de Primavera com abundâncias máximas observadas de cerca de 93% do fitoplâncton total (na Primavera) e o mínimo de 1% (no Verão) quando as associações de fitoplâncton são dominadas principalmente pelos dinoflagelados e pequenos flagelados (Silva *et al.*, 2013).

As diatomáceas aumentam durante a Primavera mas sempre, ou quase sempre, com abundâncias reduzidas. Este grupo do fitoplâncton é caracterizado por apresentar ainda

uma grande abundância em regiões de alta produtividade, contrariamente às regiões oligotróficas onde as diatomáceas, normalmente, contribuem com menos de 2 % para a abundância total do fitoplâncton (Marañón *et al.*, 2000).

3. Material e Métodos

3.1. Caracterização da área de estudo

O banco submarino Condor encontra-se no arquipélago dos Açores, a cerca de 10 milhas náuticas a sudoeste da ilha do Faial (Açores), constituindo uma cordilheira vulcânica alongada que se estende por 39 km e sobe mais de 1800 m do fundo do mar circundante (Tempera *et al.*, 2013). Este banco submarino apresenta dois cumes e uma orientação este-oeste, tendo um comprimento de cerca de 26 000 m e largura 7 400 m. A profundidade varia entre os 180 m (cume a mais baixa profundidade) e os 1 800 m (Tempera *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2013). O Condor está localizado sensivelmente a 100 km leste da Dorsal Médio Atlântica (“Mid-Atlantic Region” ou MAR) (Tempera *et al.*, 2013). A circulação local é complexa, sendo gerada principalmente por 3 mecanismos: fluxo médio em colisão com o monte submarino, retificação da maré e ainda fluxos turbulentos verticais da densidade (Bashmachnikov *et al.*, 2013).

O Condor apresenta grande importância biológica pois é uma zona muito rica em, entre outros, ouriços-do-mar, esponjas, corais de profundidade, caranguejos e peixes de importância comercial (Morato *et al.*, 2010; Menezes & Giacomello, 2013; Raimundo *et al.*, 2013). Contudo, a zona do banco submarino, tal como toda a região dos Açores, caracteriza-se por ser uma região oceânica oligotrófica uma vez que, comparativamente a outras regiões do Oceano (em particular as áreas costeiras e regiões oceânicas de latitudes mais elevadas) a concentração em nutrientes é baixa, e consequentemente, a produção biológica é também mais reduzida (Woods & Barkmann, 1995; Ríos *et al.*, 2005; Carmo *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2013).

3.2. Dados oceanográficos

No âmbito do projeto CONDOR-PT0040 “Observatório para o Estudo de Longo Prazo e Monitorização dos Ecossistemas de Montes Submarinos nos Açores” foram realizados entre Março de 2009 e Setembro de 2010 vinte cruzeiros envolvendo diferentes áreas e objetivos de investigação (Condor Consortium, 2011).

As amostras utilizadas no presente trabalho foram recolhidas a bordo do N/I “Arquipélago” durante o ano de 2009 no âmbito do projeto CONDOR. Os cruzeiros destinados à recolha de amostras de fitoplâncton, clorofila *a*, nutrientes e medições com

CTD (Condutividade-Temperatura-Profundidade) realizaram-se em Julho (“CONDOR-OCE-2009-V01”) e Novembro (“CONDOR-OCE-2009-O01”) de 2009 (Martins *et al.*, 2011; Oceanography Section, 2011; Santos, 2011). Foi contabilizado para este estudo um total de 13 estações de amostragem de fitoplâncton, 41 de clorofila *a* e ainda 15 estações de CTD’s (Fig. 2 e Tabela 1).

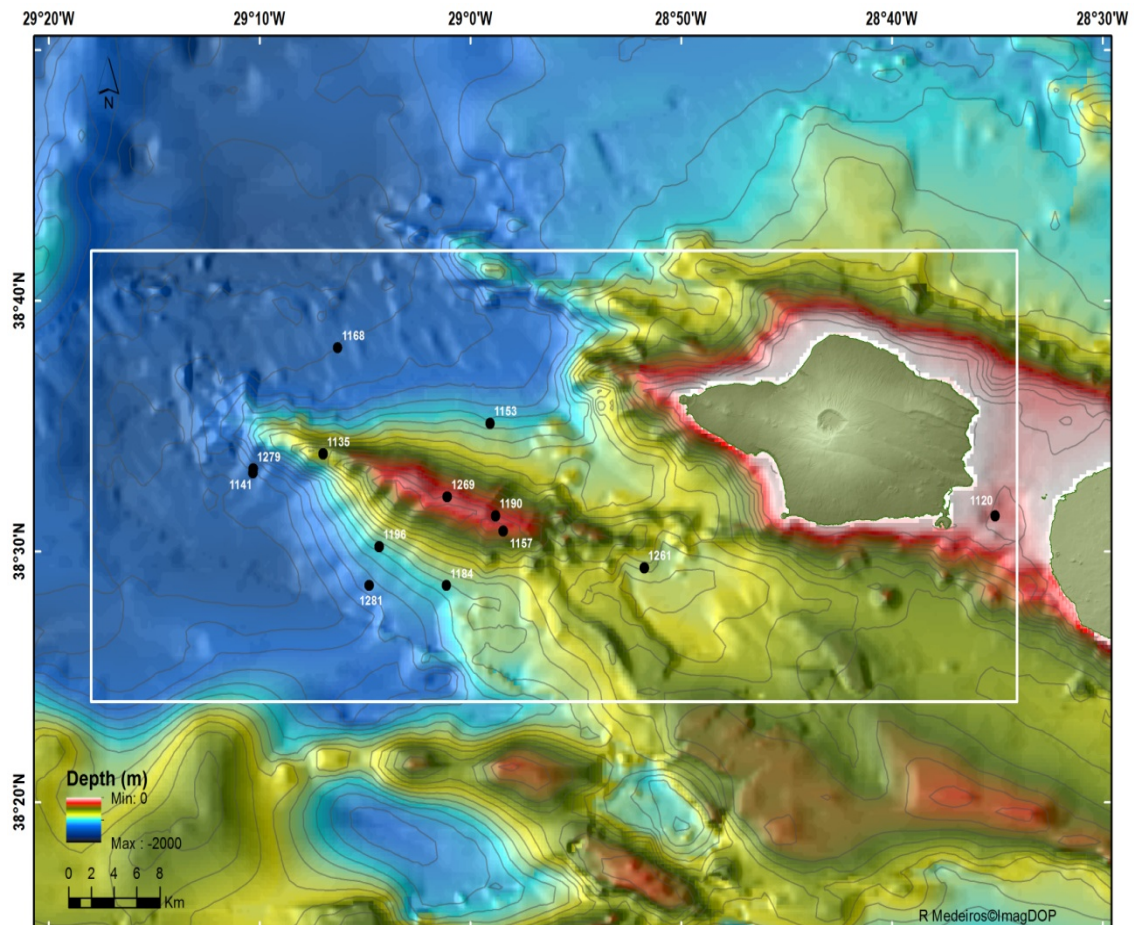


Figura 2 - Projecto CONDOR: Localização das estações biológicas amostradas no banco Condor, no canal Faial-Pico e em mar aberto. No mapa está representada a batimetria do banco e áreas adjacentes. O rectângulo branco salienta a área em estudo (créditos: Ricardo Medeiros, ImagDOP).

Tabela 1 - Tabela sumária com indicação do número de estações de amostragem e respetivo número total de amostras contabilizado para os cruzeiros oceanográficos do projecto CONDOR (adaptado de Santos et al., 2011). A azul e rosa/acastanhado estão assinaladas informações relativas aos cruzeiros, respectivamente de Verão e de Inverno, utilizados neste estudo.

Cruzeiro	Data	Pigmentos (Estações/ Amostras)	Fitoplâncton (Estações/ Amostras)	Zoo (Estações)	CTD/O ₂ / Fluorescência
CONDOR-PAC-MAR09	9-18 Março 2009	0	0	9	0
CONDOR-PAC-JUN09	16-22 Junho 2009	0	0	18	0
CONDOR-OCE-2009-V01	28-31 Julho 2009	23/94	7/27	0	7/27
CONDOR-PAC-AGO09	11-20 Agosto 2009	0	0	18	0
CONDOR-OCE-2009-O01	5-9 Novembro 2009	18/106	8/33	0	8/33
CONDOR-PAC-NOV09	25-26 Novembro 2009	0	0	14	0
CONDOR-OCE-2010-P01	10-11 Março 2010	12/70	7/42	0	7/42
	TOTAL	53/270	22/102	59	22/102

3.3. Amostragem e processamento das amostras

3.3.1. Recolha das amostras e caracterização física das estações

A bordo do N/I “Arquipélago” anotaram-se os dados correspondentes a cada estação tais como, coordenadas, data, hora, profundidade, temperatura à superfície (nomeadamente a 40 cm da superfície) e a temperatura aos 3 m de profundidade com o auxílio de um termómetro calibrado CRISON e ainda, foi anotada a temperatura a 4 m de profundidade fornecida pela sonda do próprio navio de investigação.

A bordo foi ainda montada uma Rosette (*SBE32 Carousel Watersample*) que continha 12 garrafas de *Niskin* (2,5 L), 1 sonda CTD (Condutividade-Temperatura-Profundidade) do modelo SBE9 (para medir parâmetros físicos da água em profundidade), e ainda sondas para medir a turbidez (SBE911), oxigénio (SBE43) e fluorescência *in situ* (fluorómetro ECOFLRTD-139). As amostras de água recolhidas aos 5, 25, 50, 75, 100 e 150 m de profundidade foram posteriormente analisadas em laboratório.

Em cada estação, antes de iniciar a descida do sistema acoplado Rosette/CTD, procedeu-se à estabilização ainda em baixa profundidade (abaixo da superfície até aos 30 m no máximo) dos vários parâmetros medidos pelo CTD (especialmente a pressão), levantou-se de novo para uma situação de subsuperfície e só depois é que se desceu o aparelho a uma velocidade inferior ou igual a 1 m s⁻¹. A visualização em tempo real dos resultados da sonda foi efetuada a bordo, num computador com um software específico para o efeito (Seasave da Sea-bird Electronics).

As medições realizadas com a sonda CTD foram posteriormente processadas de modo a poder caracterizar-se fisicamente a região em estudo, através da obtenção de perfis de temperatura, salinidade e pressão ao longo da coluna de água nas diferentes estações de amostragem. Foram ainda realizados perfis verticais de outros parâmetros, como sejam, o oxigénio, turbidez, clorofila *a*, etc.

3.3.2. Fitopigmentos

Em cada estação e a cada entrada da Rosette a bordo, recolheram-se 1 000 mL de água de cada uma das seis profundidades amostradas, referidas anteriormente. Estas amostras foram colocadas num sistema de filtração (i.e. rampa de filtração + bomba de vácuo) e filtradas com filtros de fibra de vidro GF/F com uma porosidade de 0,7 µm. Depois de secos, os filtros foram colocados individualmente em *ependorfs* e armazenados em azoto líquido.

Já em terra, os filtros foram transferidos do azoto líquido para uma arca congeladora a -80 °C até à sua análise, posterior, em laboratório.

No laboratório procedeu-se à análise dos fitopigmentos, colocando os filtros em tubos de ensaio plásticos cobertos com papel de alumínio, devidamente etiquetados. A cada um dos tubos e ao tubo “branco”, que só continha um filtro seco, adicionaram-se 8 mL de acetona a 90% e agitaram-se energeticamente para que os filtros se desagregassem conseguindo, assim, uma melhor extração dos fitopigmentos. Posteriormente, os filtros foram guardados no frigorífico, no escuro, durante 24 h. Após esse período, as amostras foram retiradas do frigorífico de modo a que atingissem a temperatura ambiente para, de seguida, serem centrifugadas a 4 000 rpm durante 10 minutos.

O líquido sobrenadante foi decantado para células de quartzo (1 cm) com cuidado para não se retirar, também, bocados de filtro pois, o filtro aumenta a absorvância das amostras. Depois de decantado o sobrenadante, procedeu-se à leitura do valor de clorofila *a* e de feofitina *a* num espectrofluorímetro Perkin Elmer LS 55, de acordo com a metodologia proposta por Yentsch e Menzel (1963) descrita em Strickland & Parsons (1972). O valor da primeira leitura, correspondente à fluorescência basal (*background*, BG), foi subtraído de forma automática ao valor de fluorescência das várias amostras. De seguida, procedeu-se à leitura de cada amostra por três vezes e à leitura do branco. No final, adicionou-se a cada amostra 3 gotas de HCl 0,1 N (de modo a converter a

clorofila *a* em feofitina *a* por perda do átomo de magnésio) e procedeu-se, de novo, à leitura do valor de fluorescência das amostras.

Devido à perda de algumas amostras durante a sua retirada do azoto líquido e a um erro ocorrido numa das análises no espectrofluorímetro, não existem 23 valores (*missing values*), ou seja, algumas estações não apresentam qualquer valor para os fitopigmentos.

3.3.3. Fitoplâncton

As amostras de água (250 mL) destinadas à análise das comunidades fitoplanctónicas e sua abundância foram conservadas em frascos de vidro âmbar com 5 mL de formalina neutralizada a 20%, de modo a evitar a dissolução das paredes de sílica ou calcárias características de alguns organismos fitoplanctónicos (e.g. diatomáceas, cocolitóforos). Em cada estação de amostragem, foram recolhidas 6 amostras correspondentes às 6 profundidades amostradas. Os frascos, devidamente etiquetados, foram posteriormente guardados à temperatura ambiente e ao abrigo da luz.

Na análise laboratorial das comunidades de fitoplâncton e sua abundância em cada amostra foi utilizado o método de Utermöhl (Sournia, 1978). Primeiro, foi necessário homogeneizar muito bem a amostra e, de seguida, montou-se um sistema de sedimentação com uma câmara e uma coluna de sedimentação. Como as amostras foram recolhidas numa zona oligotrófica procedeu-se à sedimentação de 100 mL de amostra devido à baixa abundância de organismos. Assim, encheu-se a coluna de sedimentação com 100 mL de água e, ao mesmo tempo, fez-se pressão sobre esta de modo a nada verter entre a câmara e a coluna. Encheu-se a coluna até haver formação de um menisco e, de seguida, tapou-se a coluna de modo a fazer vácuo para que o sistema não vertesse água (Fig. 3).

O tempo de sedimentação dos organismos varia com o tamanho da coluna. Margalef (1969, *in* Sournia, 1978) definiu que o tempo de sedimentação em horas deve ser três vezes a altura da coluna de sedimentação em centímetros. Assim, após 55 h de sedimentação, a coluna de sedimentação foi retirada e a amostra tapada com um vidro, procedendo-se à observação da mesma num microscópio de inversão com contraste de fase (OLYMPUS IMT-2), provido de ocular com retículo que foi utilizado como área de contagem. A contagem dos organismos fitoplanctónicos foi efetuada em duas fases, de acordo com as normas internacionais (CEN 2006). Numa primeira fase, percorreu-se

toda a câmara de sedimentação com uma ampliação reduzida (40-100X) para contar as espécies de maiores dimensões. De seguida, usando uma ampliação de 400X, as espécies de menores dimensões foram contadas em vários campos aleatórios. A unidade de contagem utilizada foi o indivíduo, contando-se pelo menos 100 indivíduos em cada amostra, de modo a obter um grau de confiança de 90% (CEN 2006) e a diminuir o erro nas contagens. Todos os organismos encontrados foram identificados até ao género e, sempre que possível, até à espécie recorrendo a manuais de identificação ou floras de carácter geral (e.g. Tomas 1997), trabalhos para grupos específicos (e.g. Schiller 1937), ou floras de áreas geográficas específicas (e.g. Moita 2001; Al-Kandari *et al.* 2009; Santos 2011).



Figura 3 - Preparação das amostras de fitoplâncton para serem visualizadas no microscópio de inversão com contraste de fase.

É importante salientar que, no presente trabalho, existe uma estação de amostragem recolhida durante o cruzeiro de Verão que foi recolhida no canal Faial-Pico (estação

1120). No presente trabalho só foi analisada esta estação de amostragem para o canal de modo que no Outono não existe qualquer valor para o canal Faial-Pico. As restantes estações de amostragem foram todas recolhidas no banco submarino Condor.

De referir ainda que, devido a um incidente ocorrido no transporte das amostras do cruzeiro do mês de Julho (“CONDOR-OCE-2009-V01”), algumas perderam-se de modo que, juntamente com problemas técnicos associados com a *Rosette*, não existem resultados em algumas estações/profundidades (*missing values*).

Ao longo do trabalho os organismos fitoplanctónicos encontrados nas amostras foram agrupados em grandes grupos sendo eles, as diatomáceas, dinoflagelados coccolitóforos e outros flagelados.

3.3.4. Análise estatística

Para a análise estatística dos valores obtidos no presente trabalho foi utilizado o software PRIMER 6 (Clarke & Gorley, 2006). Com este software foram realizadas análises SIMPER e escalonamentos multidimensionais (MDS).

À matriz de dados biológica, utilizada no PRIMER 6, foi aplicado o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis. Foram, em seguida, aplicadas as análises SIMPER que nos fornecem informação sobre as espécies que mais contribuem para a similaridade e dissimilaridade entre grupos (neste caso, entre estações do ano) e o MDS (Escalação Multidimensional) que nos fornece informação sobre a distância entre amostras utilizando um método não-paramétrico.

3.4. Dados Satélite

Apesar de não ser um objetivo deste estudo a utilização de imagens de satélite para fins de validação ou análises *match up* com dados *in situ*, utilizaram-se dados de Ocean Colour (neste caso, concentração de clorofila *a*, como proxy da biomassa de fitoplâncton) e dados da temperatura de superfície (SST), obtidos através do processamento de imagens diárias MODIS/AQUA para a região do monte submarino Condor. As imagens diárias foram processadas no Departamento de Oceanografia e Pescas da Universidade dos Açores (DOP/UAç) utilizando imagens nível 2 (L2) do

sensor/satélite MODIS/AQUA com 1 km² de resolução obtidas através do site Ocean Color WEB da NASA (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>).

O procedimento de obtenção e processamento das imagens foi descrito em detalhe por Figueiredo *et al.*, (2004). De seguida foram calculadas médias semanais (8 dias), quinzenais (15 dias), mensais e ainda sazonais para o período de estudo (i.e. cruzeiros de Verão e de Outono de 2009). Em cada um dos casos foram calculados os valores: máximo (max), mínimo (min), médio (med), desvio padrão (dpd), mediana (men), variância (v) e coeficiente de variação (cv) para cada imagem.

Após o tratamento das imagens alguns desses dados foram analisados, utilizando o software Microsoft Excel.

4. Resultados

4.1. Caracterização física e biológica da coluna de água

4.1.1. Variação espacial

4.1.1.1. Verão

Durante o cruzeiro realizado no Verão de 2009 (CONDOR-OCE-2009-V01) foram obtidos dados de CTD e fluorímetro que permitiram fazer uma caracterização da coluna de água, quer a nível físico-químico quer a nível biológico, dos locais de amostragem (Fig. 4). A estação 1168 (localizada mais a noroeste do Condor, cf. Fig. 2) apresenta uma temperatura constante entre os 5 e os 25 m de profundidade (cerca de 20,88 °C). Para as outras estações de amostragem recolhidas no Verão não há registo de valores de temperatura aos 5 m de profundidade (Fig. 4 A). A termoclina é bastante marcada entre os 25 e os 50 m de profundidade para todas as estações de amostragem com a exceção da estação 1184 (sul do cume do Condor) que apresenta uma termoclina relativamente menos pronunciada visto que existe uma diminuição de temperatura menos abrupta, em profundidade. Abaixo da termoclina os valores de temperatura começam a diminuir progressivamente até atingirem cerca de 15 °C aos 150 m de profundidade (cerca de 6 °C a menos do que à superfície). É ainda de salientar que a estação 1141, localizada a sul/sudoeste do cume do Condor (cf. Fig. 2), apresenta uma temperatura superficial mais baixa que as restantes estações isto é, aos 25 m de profundidade esta estação apresenta um valor de temperatura de 19,47 °C enquanto as restantes estações apresentam valores acima dos 20 °C.

É possível verificar, através da análise dos perfis verticais de salinidade (Fig. 4 B), que não existe nenhuma haloclina evidente para as estações incluídas no presente estudo. O valor de salinidade máxima é de 36,30 aos 5 e 25 m de profundidade na estação 1168 (única estação com medição de valores de salinidade à superfície) enquanto a salinidade mínima (36,05) foi registada aos 150 m de profundidade na estação 1157 (região sudeste do cume).

Os perfis verticais de oxigénio (Fig. 4 C) mostram um pico máximo de concentração acerca dos 50 m de profundidade ($\geq 5,40 \text{ mL L}^{-1}$), coincidindo com a região da termoclina, reduzindo depois para cerca de $5,00 \text{ mL L}^{-1}$ aos 150 m de profundidade. Na estação 1184 (a sul do Condor) o pico de oxigénio estende-se a maiores profundidades

do que nas restantes estações (ou seja, até aos 75 m de profundidade, coincidindo também com a profundidade dos picos máximos de clorofila *a* e fluorescência).

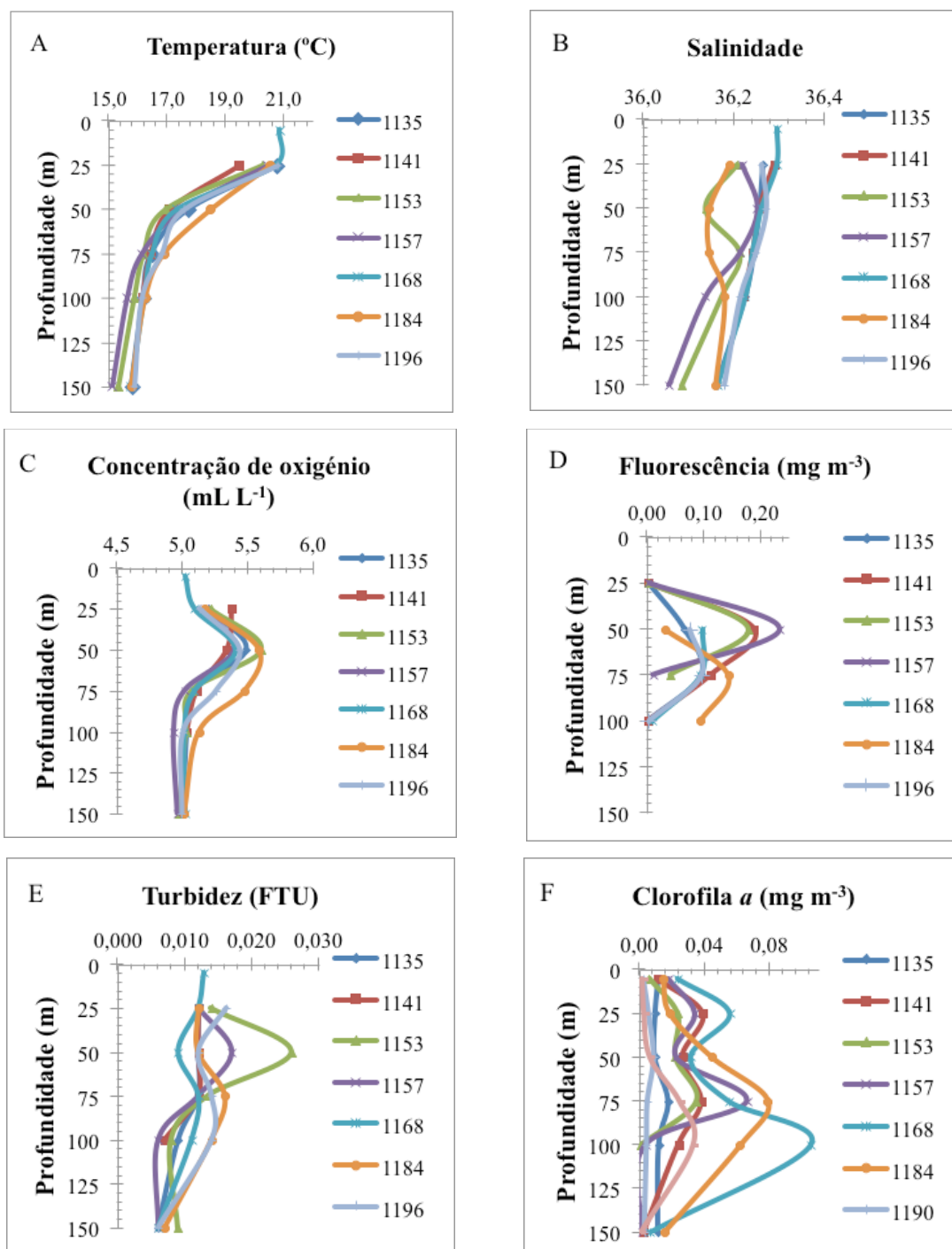


Figura 4 - Perfis verticais dos parâmetros físico-químicos (A – Temperatura; B – Salinidade; C – Concentração de oxigénio e E – Turbidez) e biológicos (D – Fluorescência e F – Concentração de clorofila *a*) obtidos nas estações realizadas no cruzeiro “Condor-OCE-2009-V01” (Verão de 2009).

A medição da fluorescência (Fig. 4 D) mostra um pico (ou camada – “layer”) da DCM (“Deep Chlorophyll Maximum”), também conhecido por SCM (“Subsurface Chlorophyll Maximum”), entre os 50 e os 75 m de profundidade sendo, na maioria das estações encontrado por volta dos 50 m. Assim sendo, verifica-se que o máximo de oxigénio aos 50 m de profundidade está relacionado com o pico máximo de fotossíntese também aos 50 m de profundidade. A estação 1141 (sul/sudoeste do Condor) parece ter um comportamento diferente das outras estações pois, apesar de se observar a DCM também aos 50 m de profundidade, a concentração de oxigénio não apresenta um valor máximo evidente, pelo que nesta estação a concentração de oxigénio não parece estar relacionada com a DCM.

A distribuição da clorofila *a* ao longo da coluna de água não é constante (Fig. 4 F). Esta sofre sucessivos aumentos e diminuições ao longo dos primeiros metros da coluna de água e tem valores máximos entre os 75 e os 100 m de profundidade. Em algumas estações (exemplo: estação 1168, localizada mais a noroeste do Condor) observam-se dois picos de DCM (i.e sistema de duas camadas ou “two layer system”) sensivelmente aos 25 m e 75 m (em quase todas as estações que apresentam estas duas camadas) e 25 m e 100 m na estação 1168. O valor máximo encontrado para a clorofila *a* é de 0,1055 mg m⁻³ aos 100 m de profundidade na estação 1168 enquanto o mínimo é de 0,0004 mg m⁻³ aos 100 m de profundidade da estação 1153 (a sudeste da estação 1168).

A turbidez é maior nos primeiros metros da coluna de água com um valor máximo de 0,026 FTU aos 50 m na estação 1153 e um mínimo de 0,006 FTU aos 150 m de profundidade para as estações 1135, 1157, 1168 e 1196 (Fig. 4 E).

4.1.1.2. Outono

Durante o cruzeiro realizado no Outono de 2009 (CONDOR-OCE-2009- O01) a termoclina sazonal é evidente sensivelmente entre os 50 e os 75 m de profundidade (Fig. 5 A). Acima desta, a coluna de água parece estar bem misturada, apesar de não haver resultados de nenhum parâmetro (físico-químico ou biológico) aos 5 m de profundidade em nenhuma das estações amostradas durante o cruzeiro de Outono de 2009 (todos os perfis verticais deste período começam aos 25 m de profundidade). O valor máximo de temperatura foi 19,60 °C aos 25 m de profundidade na estação 1261.

Abaixo da termoclina os valores de temperatura começam a diminuir atingindo o mínimo de 14,63 °C aos 150 m de profundidade na estação 1269.

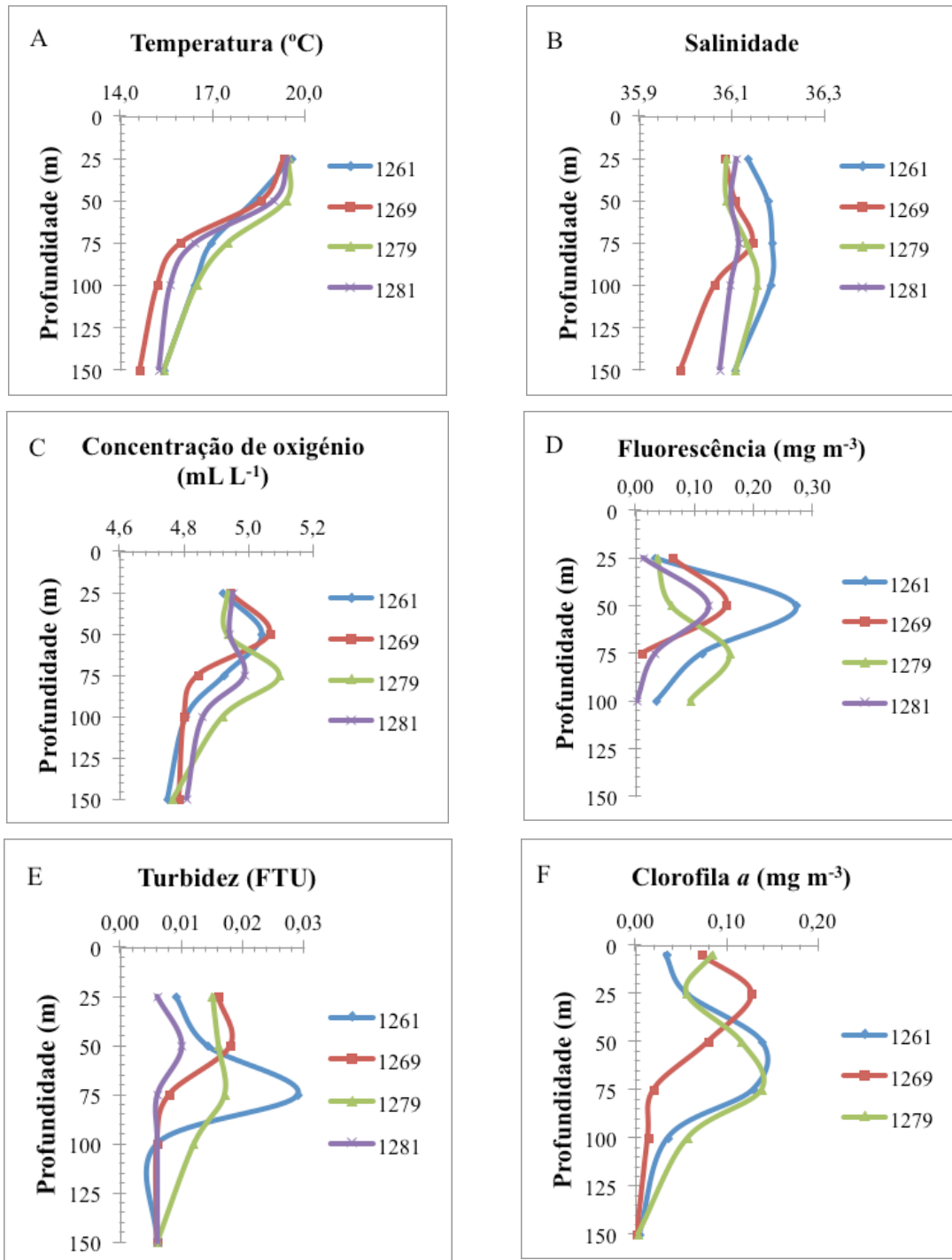


Figura 5 - Perfis verticais dos parâmetros físico-químicos (A – Temperatura; B – Salinidade; C – Concentração de oxigênio e E – Turbidez) e biológicos (D – Fluorescência e F – Concentração de clorofila *a*) nas estações estudadas no cruzeiro “Condor-OCE-2009-O01” realizado no Outono de 2009.

Os perfis verticais de salinidade (Fig. 5 B) revelam que não existe uma haloclina evidente para as estações recolhidas nos meses de Outono, com a exceção da estação 1279 que possui a sua haloclina coincidente com a termoclina, entre os 50 e os 75 m de profundidade. O valor de salinidade mais elevado (36,19) foi encontrado aos 75 m de profundidade na estação 1261 (a leste do Condor) enquanto o valor mais baixo de salinidade (35,99) foi obtido aos 150 m na estação 1269 (localizada no topo do Condor).

A concentração de oxigénio, para estas estações, é máxima entre os 50 e os 75 m de profundidade e, tanto acima como abaixo destas profundidades, os valores de oxigénio diminuem (Fig. 5 C). O valor máximo de concentração de oxigénio encontrado na coluna de água foi 5,10 mL L⁻¹ aos 75 m de profundidade na estação 1279 (sudoeste do pico do Condor) enquanto o mínimo foi 4,75 mL L⁻¹ aos 150 m na estação 1261.

Os perfis verticais de fluorescência (Fig. 5 D) revelam que a DCM nos meses de Outono encontra-se entre os 50 e os 75 m de profundidade localizando-se, na maioria das estações, aos 50 m de profundidade. A análise conjunta das Fig. 5 C e D mostra que o máximo de oxigénio em cada estação coincide com a DCM. A estação 1281 (sul do Condor) é uma exceção a este padrão, pois apresenta o seu máximo de oxigénio aos 75 m e a sua DCM aos 50 m de profundidade, o que, aparentemente pode revelar que o padrão da DCM não influencia totalmente a distribuição vertical de oxigénio neste local.

Através da análise dos perfis verticais da concentração de clorofila *a* (Fig. 5 F) é possível verificar que, para estas estações de amostragem, os picos máximos de clorofila *a* são encontrados dos 25 aos 75 m de profundidade não havendo assim, um padrão sazonal típico (quando comparados com os perfis verticais de Verão). Abaixo desse máximo os valores de clorofila *a* diminuem significativamente. O valor máximo encontrado foi de 0,1381 mg m⁻³ aos 75 m de profundidade na estação 1279 e o mínimo de 0,0019 mg m⁻³ aos 150 m de profundidade na estação 1269. A estação 1281 não apresenta qualquer valor de clorofila *a* por isso não está representada no gráfico.

Em relação à turbidez (Fig. 5 E), pode-se constatar que esta é maior nos primeiros 75 m da coluna de água diminuindo, significativamente, o seu valor abaixo desta profundidade. O valor máximo encontrado para a turbidez foi de 0,029 FTU aos 75 m de profundidade da estação 1261 enquanto o mínimo foi de 0,006 FTU aos 150 m em todas as estações analisadas no Outono de 2009.

4.1.2. Variação sazonal

4.1.2.1. Estrutura vertical da coluna de água

Os perfis médios de temperatura (Fig. 6 A) do Verão e do Outono de 2009 não apresentam diferenças significativas entre si. Verifica-se uma termoclina sazonal nas duas estações do ano, sendo a de Verão mais pronunciada e mais superficial que a de Outono. Também, se verifica que os valores de temperatura são mais elevados no Verão que no Outono aos 25 metros de profundidade mas aos 50 metros assiste-se a uma inversão com temperaturas da água mais elevadas no Outono do que no Verão. No Verão, acima da termoclina (i.e. da superfície até aos 25 m) pode-se verificar que a coluna de água está bem misturada e que abaixo desta os valores de temperatura diminuem. Embora no Outono não existam dados de temperatura nos primeiros metros da coluna de água, parece haver um perfil vertical de temperatura semelhante ao observado no Verão com a diferença de que no Outono a temperatura mantém-se homogénea até aos 50 m de profundidade, como seria de esperar para essa época do ano em que o efeito da intensificação do vento se faz sentir (com o consequente aumento em profundidade da camada de mistura). O valor máximo encontrado para o Verão foi de 20,88 °C aos 5 m de profundidade da coluna de água e o mínimo de 15,61 °C aos 150 m de profundidade. No Outono o valor máximo encontrado foi de 19,47 °C aos 25 m de profundidade da coluna de água e o mínimo de 15,19 °C aos 150 m de profundidade da coluna de água.

Quanto à salinidade (Fig. 6 B), é de referir que os perfis verticais médios não apresentam uma haloclina evidente nestas estações do ano. Comparando as médias das duas estações do ano, é fácil verificar que os valores de salinidade são mais elevados no Verão (geralmente, maior evaporação, menor precipitação) do que no Outono (menor evaporação, maior precipitação). No Verão a salinidade média à superfície é de cerca de 36,30, diminuindo gradualmente com a profundidade até valores de 36,13 aos 150 m de profundidade. No Outono estes valores são ligeiramente inferiores (36,10) no entanto, vão aumentando até atingirem um máximo (36,14) aos 75 m de profundidade. Abaixo dos 75 m a salinidade no Outono volta a diminuir até atingir valores de 36,07 aos 150 m de profundidade.

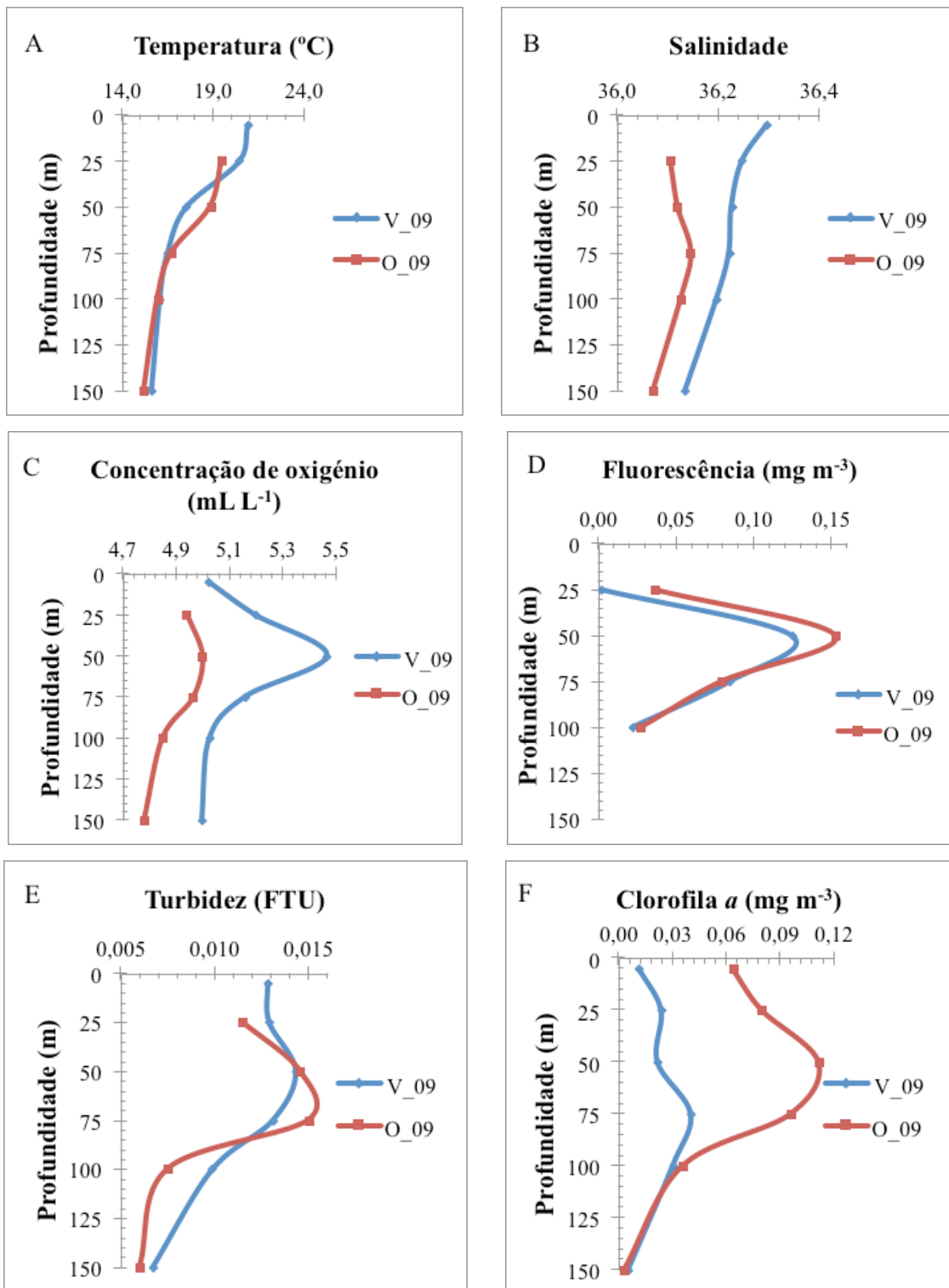


Figura 6 - Perfis verticais médios em cada estação do ano para os parâmetros físico-químicos (A – Temperatura; B – Salinidade; C – Concentração de oxigênio e E – Turbidez) e biológicos (D – Fluorescência e F – Concentração de clorofila a) obtidos nos cruzeiros realizados no Verão (V_09) e Outono (O_09) de 2009.

O oxigénio comporta-se de forma muito diferente ao longo da coluna de água durante uma situação média de Verão e de Outono (Fig. 6 C). No Verão, a concentração de oxigénio à superfície é de 5,02 mL L⁻¹ aumentando, de forma bastante significativa, até atingir um máximo de 5,47 mL L⁻¹ aos 50 m de profundidade. Abaixo dos 50 m de profundidade a concentração do oxigénio diminui, também de forma significativa, para 5,16 mL L⁻¹ aos 75 m de profundidade e, a partir daqui diminui de forma gradual até aos 5,00 mL L⁻¹ aos 150 m de profundidade. Já o perfil de Outono mostra que nos primeiros 75 m de coluna de água os valores de concentração de oxigénio são muito semelhantes, não havendo um pico máximo tão pronunciado como no Verão. Abaixo dos 75 m de profundidade a concentração de oxigénio diminui, de forma mais significativa, para valores na ordem dos 4,78 mL L⁻¹ aos 150 m de profundidade.

Não existem diferenças significativas entre os perfis verticais médios da fluorescência *in situ* para o Verão e Outono (Fig. 6 D). Em ambos os casos, o pico máximo de fluorescência dá-se aos 50 m de profundidade, sendo que no Outono esse valor é mais elevado que no Verão (0,15 e 0,12 mg m⁻³, respetivamente). Abaixo do pico máximo os valores de fluorescência vão diminuindo sucessivamente em ambas as estações do ano.

Com exceção do pico máximo localizado entre os 50 e os 75 m de profundidade durante o Outono de 2009, no Verão a turbidez média foi mais elevada que nos meses de Outono com valores de 0,0146 FTU (Fig. 6 E). Abaixo do pico de máxima turbidez, os valores deste parâmetro vão diminuindo com a profundidade até ser atingido o mínimo aos 150 m de profundidade (0,0067 FTU). Para o Outono, os valores de turbidez vão aumentando com a profundidade até aos 75 m, que é a profundidade onde se verifica o máximo de turbidez para esta estação do ano (0,0150 FTU). Entre os 75 e os 100 m de profundidade é possível verificar que há uma diferença considerável no valor da turbidez pois esta desce dos 0,0150 FTU para 0,0075 FTU. Ou seja, em apenas 25 m de profundidade há uma redução de 50 % no valor da turbidez. O mínimo da turbidez no Outono verifica-se aos 150 m de profundidade com um valor de 0,0060 FTU.

Por fim, nos perfis verticais de concentração de clorofila *a* (Fig. 6 F) é possível verificar que, para as duas estações do ano, o comportamento da clorofila *a* ao longo da coluna de água é bastante diferente. No Verão, o perfil vertical de clorofila *a* aumenta (até aos 25 m), diminui (até aos 50 m) e torna a aumentar (até aos 75 m, atingindo um valor máximo de 0,0401 mg m⁻³). Abaixo desse máximo, os valores de clorofila diminuem

sucessivamente atingindo uma concentração de $0,0031 \text{ mg m}^{-3}$ aos 150 m de profundidade. Os valores de clorofila *a* no Outono são bastante mais elevados quando comparados com os de Verão. À superfície pode-se encontrar $0,0636 \text{ mg m}^{-3}$ de clorofila *a* e, esse valor vai aumentando, em profundidade, até se atingir um máximo de $0,1116 \text{ mg m}^{-3}$ aos 50 m de profundidade. Abaixo dos 75 m de profundidade, os valores de clorofila caem drasticamente e aos 150 m de profundidade já só se encontra $0,0031 \text{ mg m}^{-3}$ de clorofila *a*.

4.1.2.1. *Diagramas de propriedades*

O diagrama de propriedades com as médias sazonais de temperatura-oxigénio (Diagrama T-O, Fig. 7 A) revela que, em águas mais superficiais, no Verão os valores de temperatura e oxigénio são mais elevados do que no Outono. O diagrama de temperatura-salinidade (Diagrama T-S, Fig. 7 B) também apresenta valores mais elevados durante os meses de Verão para as mesmas profundidades (i.e. sensivelmente até cerca dos 150 m de profundidade). A atmosfera é a maior fonte de oxigénio dissolvido na água do mar, pelo que as águas na superfície estão geralmente saturadas em oxigénio. Outra fonte importante de oxigénio a baixas profundidades tem a ver necessariamente com a fotossíntese de plantas marinhas (macroalgas, microalgas e outros microrganismos tais como as cianobactérias), podendo desta forma a superfície sobressaturar em oxigénio. No caso específico deste estudo, a cerca de 60 m de profundidade assiste-se a um pico máximo na concentração do oxigénio, sugerindo que, a estas profundidades, os processos biológicos dominam (i.e. fotossíntese) sendo por isso, estes mesmos processos, os principais responsáveis pelos mais altos valores de concentração de oxigénio dissolvido medidos *in situ*. Por seu turno, seria de esperar a estas altitudes valores mais altos de temperatura à superfície provenientes do aumento da insolação solar em águas superficiais durante o período de Verão (tal como se observou). Finalmente, o aumento da concentração de sais à superfície no Verão (versus Outono), revela o aumento da evaporação à superfície durante os períodos quentes (resultando pois, no aumento da salinidade da água do mar).

A curva T-S apresenta uma densidade decrescente com o aumento de profundidade (i.e. apesar de diminuir a temperatura, diminui também a salinidade), pelo que se poderia concluir que a coluna de água é instável. Contudo, com excepção das regiões polares e

zonas costeiras, a densidade no Oceano depende muito mais da temperatura do que da salinidade, pelo que normalmente as colunas de água são estáveis em profundidade.

Em suma, em ambos os diagramas (TO e TS), os valores mais elevados de temperatura, oxigénio e salinidade correspondem aos primeiros metros da coluna de água enquanto os mínimos dizem respeito a valores recolhidos a grandes profundidades (na ordem dos 1 000 m). Um nível de oxigénio mínimo (“Oxygen Minimum Layer” ou OML) é detectado entre os 650 e os 750 m de profundidade (baixos valores de oxigénio podem indicar que estas águas deixaram a superfície há algum tempo ou resultam de grande consumo biológico (i.e. consumo de oxigénio sistemático por organismos marinhos – respiração) ou da acumulação/oxidação de detritos). Com a continuação da diminuição da temperatura em profundidade assiste-se a um aumento do oxigénio no fundo, resultante do aumento da solubilidade do oxigénio dissolvido com a diminuição da temperatura e com o aumento da pressão.

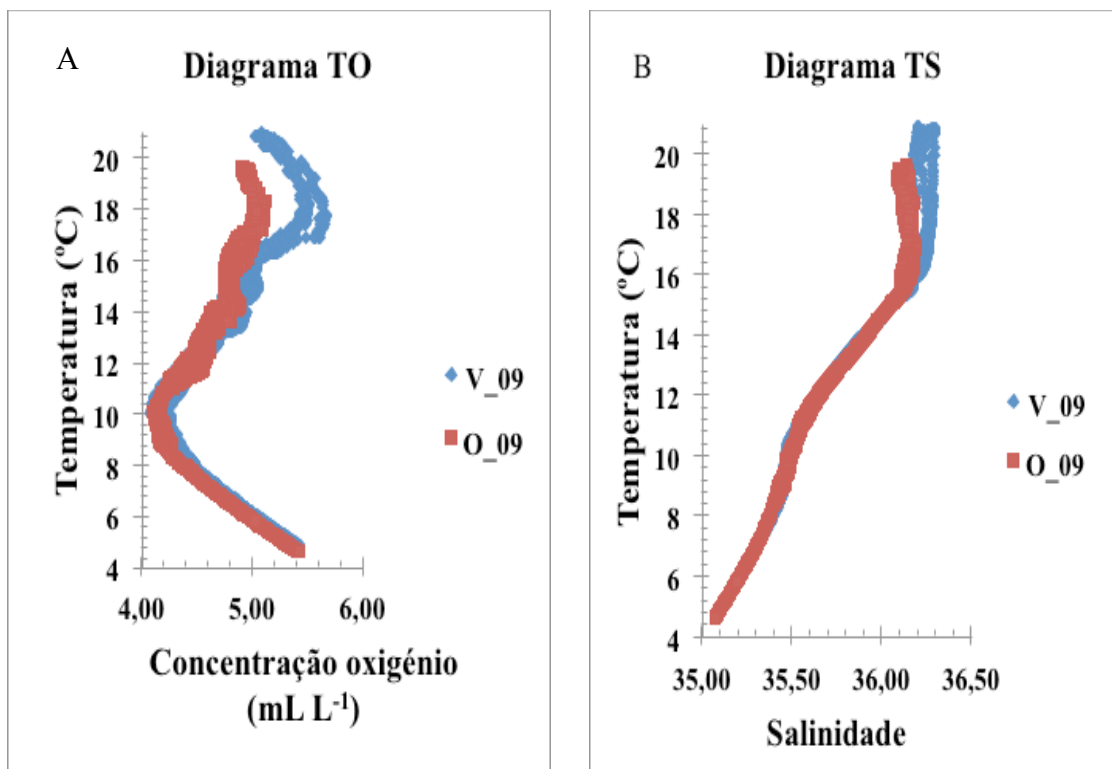


Figura 7 - Diagramas de propriedades para as estações de Verão e Outono de 2009. Em A está representada a relação Temperatura-Oxigénio (TO) e em B a relação Temperatura-Salinidade (TS).

4.2. Dados de Satélite

Com os dados diários MODIS/AQUA foram processadas as médias mensais e sazonais de clorofila *a* (subsuperfície a alguns metros de profundidade) e SST (temperatura de superfície a apenas alguns micra de profundidade) para o ano de 2009 (Fig. 8). Foram ainda calculados os coeficientes de variação para ambos os parâmetros (nota: o coeficiente de variação é uma medida de dispersão relativa empregada para estimar a precisão de experimentos e representa o desvio-padrão expresso como percentagem da média, podendo desta forma estabelecer-se comparações entre parâmetros/variáveis muito variáveis, neste caso a clorofila *a* e a temperatura).

Em termos médios mensais, a clorofila *a* tem um comportamento inverso ao da temperatura, isto é quando a temperatura aumenta o valor de clorofila *a* diminui e vice-versa (Fig. 8 A). Os valores de temperatura começam a aumentar em Abril e atingem o máximo em Agosto, mês a partir do qual os valores de temperatura voltam a diminuir. Para a clorofila *a*, os valores são mais elevados nos meses de Inverno (em Fevereiro atingem a concentração média mensal máxima, $0,38004 \text{ mg m}^{-3}$) e Primavera. Em termos de variação é fácil constatar, através da análise da Fig. 8 B, que a clorofila *a* apresenta uma variação bem mais acentuada que a temperatura e entre Setembro e Novembro existe uma variação de valores de clorofila *a* de cerca de 90% ou seja, triplica desde Setembro. Por sua vez, é possível observar um aumento do coeficiente de variação da clorofila *a* no final do Inverno (Fevereiro) e princípio da Primavera (Março) se bem que não tão pronunciado como em Novembro e ainda Dezembro. A variabilidade da clorofila é mais baixa nos meses do Verão, rondando os 40 %. É interessante verificar que, se a variação da clorofila é significativamente superior à da temperatura (que não ultrapassa os cerca de 6,5 %), é igualmente no mês de Novembro que este valor mais alto é registado. Igualmente interessante é registar que no mês de Maio, quando a variação da clorofila *a* baixa, a da temperatura aumenta ligeiramente (cerca de 49,9 %). A nível sazonal os resultados são semelhantes aos mensais, isto é, com a temperatura a variar inversamente com a concentração da clorofila *a* (Fig. 8 C) atingindo os seus valores médios máximos no Verão ao contrário da clorofila *a* que obtém os seus máximos na Primavera.

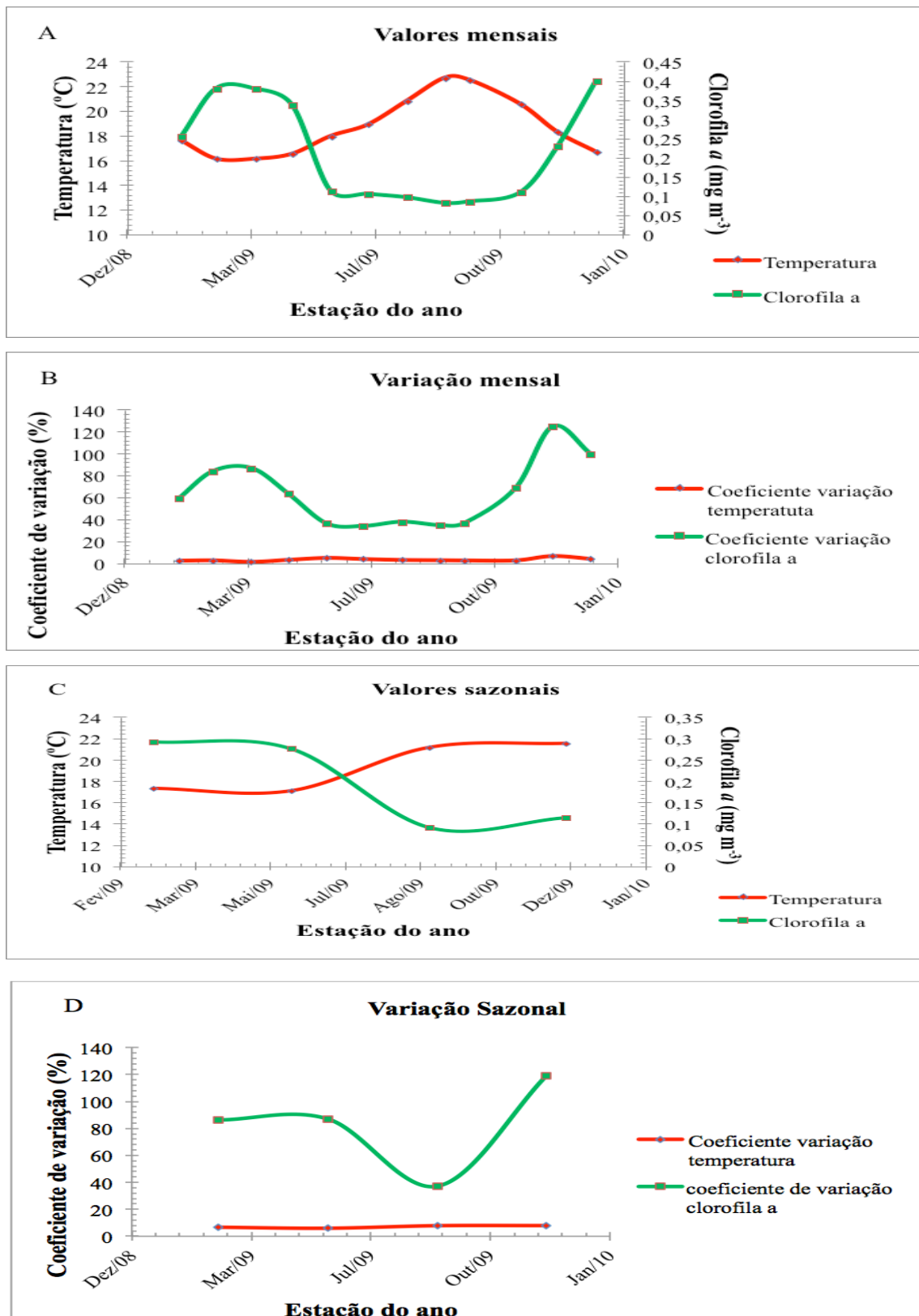


Figura 8 - Valores de temperatura e clorofila *a* obtidos via satélite MODIS/AQUA para o ano de 2009. Em A e C podem-se observar, respectivamente, os valores médios mensais e sazonais da temperatura e clorofila *a*; em B e D estão representados os coeficientes de variação da temperatura e clorofila *a* em cada mês e em cada estação do ano, respectivamente.

Em termos de variação sazonal (Fig. 8 D) também se verifica uma maior variação nos valores de clorofila *a* em relação à temperatura, com variabilidade maior da clorofila *a* durante o Outono seguida do Inverno e Primavera. Contudo, os valores máximos de variação de SST decorrem nos meses de Verão (7,9 %), Outono (7,9 %) e Inverno (6,7 %). É na Primavera que a temperatura à superfície varia menos (cerca de 6 %).

4.3. Caracterização da comunidade fitoplanctónica

4.3.1. Diversidade taxonómica

4.3.1.1. Banco submarino Condor

No Verão de 2009 foram identificados(as) 138 géneros/espécies de fitoplâncton dos quais, 39 pertencem ao grupo das diatomáceas, 61 aos dinoflagelados, 14 aos coccolitóforos e 24 aos outros flagelados. As 3 espécies mais abundantes, em média, em todas as estações foram *Emiliana huxleyi*, Cocolitóforos Não Identificados (N.I.) e Dinoflagelados N.I., enquanto as 3 menos abundantes para esta estação do ano foram *Asterionellopsis glacialis*, *Bacteriastrium delicatulum* e *Hemiaulus sp.* (cf. Tabela III do Anexo B). Já no Outono de 2009 foram identificados(as) 64 géneros/espécies de fitoplâncton dos quais, 14 pertencem ao grupo das diatomáceas, 29 aos dinoflagelados, 13 aos coccolitóforos e 8 aos outros flagelados. As 3 espécies mais abundantes foram *Emiliana huxleyi*, Cocolitóforo N.I., e Dinoflagelados N.I., precisamente as mesmas que nos meses de Verão mas com abundâncias significativamente menores no Outono. As espécies com menores abundâncias encontradas no Outono foram *Pseudo-nitzschia sp.*, *Thalassionema nitzschioides* e *Ceratium fusus* (cf. Tabela IV do Anexo B).

4.3.1.2. Canal Faial-Pico

Para o Canal só existem dados de Verão. No Verão de 2009 foram identificados(as) 50 géneros/espécies de organismos fitoplanctónicos dos quais, 17 pertencem ao grupo das diatomáceas, 18 aos dinoflagelados, 7 aos coccolitóforos e 8 aos outros flagelados. As 3 espécies de fitoplâncton mais abundantes foram *Emiliana huxleyi*, *Chaetoceros sp.* e Dinoflagelados N.I., já as espécies menos abundantes encontradas no canal foram *Ceratium teres*, *Bacteriastrium delicatulum* e *Hemiaulus sp.* (cf. Tabela V do Anexo B).

4.3.2. Variação espacial

4.3.2.1. Verão

A abundância de diatomáceas durante o período de Verão de 2009 tem um comportamento mais ou menos constante para as estações de amostragem recolhidas no banco submarino Condor (Fig. 9 A). Estas, na sua maioria, apresentam dois picos de abundância, um pico aos 25 m de profundidade e outro entre os 75 e os 100 m abaixo da superfície. Já, a estação recolhida no canal Faial-Pico (estação 1120) mostra um comportamento das diatomáceas bastante distinto do encontrado para o banco submarino. Na estação do canal é possível verificar que existe apenas um pico máximo de abundância e com valores sempre bastante mais elevados ao longo da coluna de água. O valor máximo de abundância de diatomáceas encontrado no período de Verão é de 66 874 indivíduos L^{-1} aos 50 m de profundidade na estação do canal (1120) e o mínimo é de 1 339 indivíduos L^{-1} aos 50 m de profundidade na estação 1196 (flanco sul do Condor).

A análise dos perfis verticais de abundância de dinoflagelados (Fig. 9 B) mostra que não existem diferenças significativas entre o Condor e o canal. Na maioria das estações recolhidas nesta altura do ano pode-se constatar que nos primeiros 50 m da coluna de água a abundância de dinoflagelados regista sucessivos aumentos e diminuições até atingir o pico máximo de abundância aos 50 m de profundidade. Depois do pico máximo e até aos 75 m de profundidade há uma diminuição bastante significativa na abundância de dinoflagelados, que abaixo dos 75 m vão diminuindo, de forma gradual, atingindo os valores mínimos de abundância a 150 m da superfície. No entanto, nas estações 1135 e 1141 esse padrão não é visível. Na estação 1135, os primeiros metros da coluna de água têm abundâncias idênticas de dinoflagelados, o máximo aos 50 m de profundidade e, depois disso, os valores diminuem para mínimos aos 150 m de profundidade. Na estação 1141 o valor máximo de abundância de dinoflagelados dá-se à superfície, diminuindo, de forma gradual, ao longo da coluna de água. O valor máximo de abundância de dinoflagelados encontrado no Verão é 52 147 indivíduos L^{-1} aos 50 m de profundidade da estação 1135 e o mínimo é 2 092 indivíduos L^{-1} aos 150 m de profundidade da estação 1141.

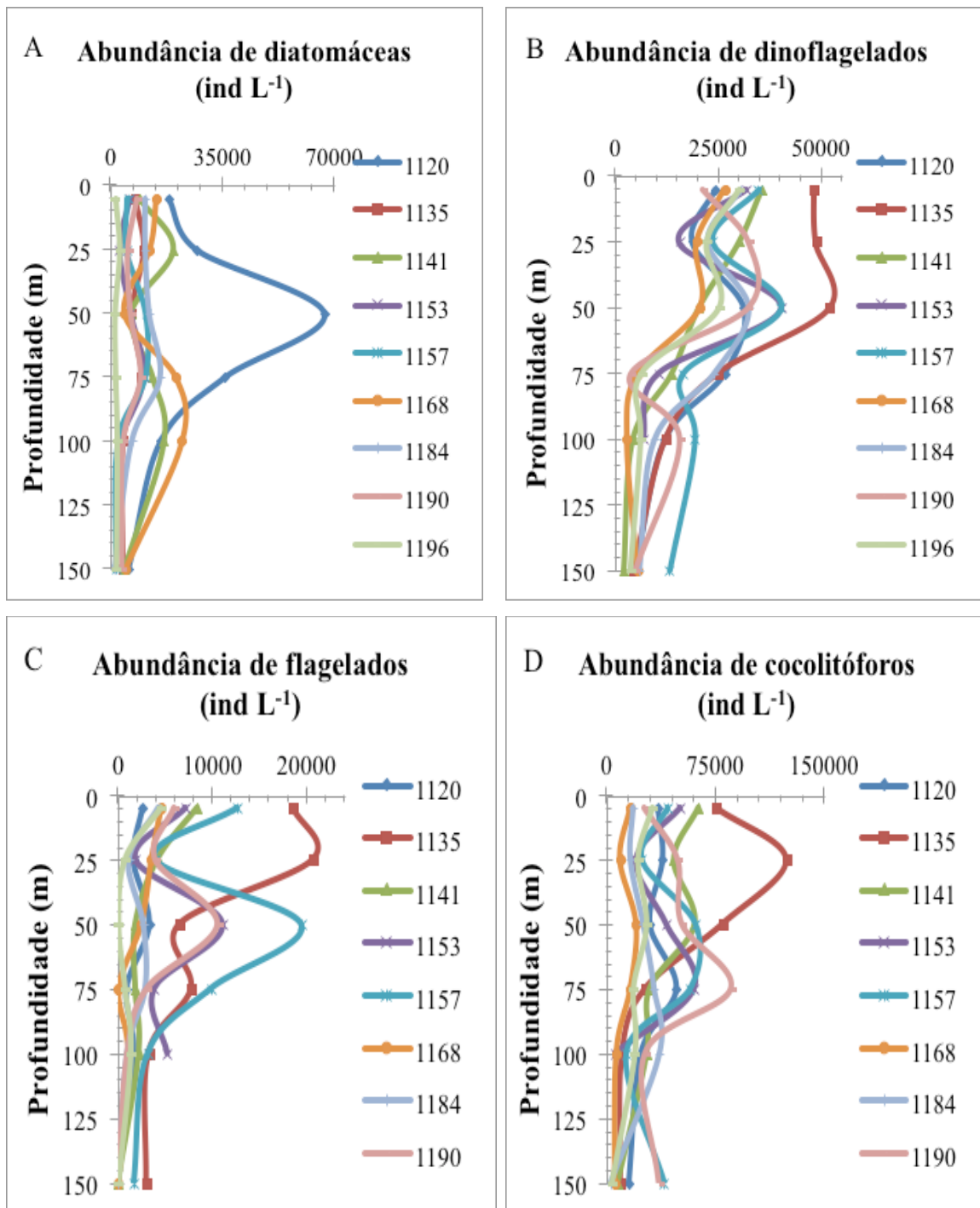


Figura 9 - Perfis verticais da abundância de diatomáceas (A), dinoflagelados (B), outros flagelados (C) e cocolitóforos (D) nas estações amostradas durante o Verão de 2009.

Quanto aos outros flagelados (Fig. 9 C) pode-se verificar que também não existem diferenças significativas entre as estações do Condor e do canal. Os picos de abundância máxima de flagelados dão-se entre os 25 e os 50 m de profundidade sendo, para a maior parte das estações, aos 50 m da superfície. Na maioria das estações, abaixo desta

profundidade a abundância de flagelados começa a diminuir, atingindo o seu valor mínimo aos 150 m de profundidade. No entanto, as estações 1168 (noroeste do Condor) e 1196 (flanco sul do Condor) apresentam o seu pico máximo de flagelados aos 5 m de profundidade diminuindo a abundância ao longo da coluna de água para valores muito baixos aos 75 e aos 150 m e 50 e 150 m de profundidade, respetivamente. O valor máximo encontrado para a abundância de flagelados no Verão é de 20 685 indivíduos L^{-1} aos 25 m da superfície da estação 1135 (ponta oeste do Condor, flanco superior) enquanto o mínimo é de zero indivíduos L^{-1} aos 150 m de profundidade das estações 1120 (canal Faial-Pico), 1141 (sudoeste do Condor) e 1168 (noroeste do Condor). A estação 1135 salienta-se de todas as demais até sensivelmente aos 75 m de profundidade (na realidade um pouco acima desta por interpolação de valores dos 50 aos 75 m) sendo mais abundante em flagelados do que todas as outras estações em estudo.

As estações do banco submarino e do canal apresentam o mesmo padrão de abundância de cocolitóforos (Fig. 9 D). Os picos máximos de abundância dão-se entre os 25 e os 100 m de profundidade sendo que, na maioria das estações (com exceção nítida da estação 1190, localizada no cume leste do Condor), esse máximo encontra-se aos 75 m da superfície. Abaixo e acima do pico de máxima abundância, o número de cocolitóforos mostra algumas oscilações (nota: estas oscilações foram também detetadas noutros perfis com outras espécies e grupos de fitoplâncton, neste trabalho e em trabalhos anteriores (Santos, 2011) e ainda em perfis de nutrientes não apresentados neste trabalho mas também referidos anteriormente (Santos, 2011) para outras estações do Condor, e em alguns parâmetros biológicos, como sendo a clorofila *a* (cf. Fig. 4 F)). O valor máximo de cocolitóforos é encontrado aos 25 m de profundidade na estação 1135 (124 113 indivíduos L^{-1}) e o mínimo pode ser encontrado aos 150 m de profundidade na estação 1184 (2 586 indivíduos L^{-1}). Mais uma vez, a estação 1135 distingue-se de todas as restantes estações sendo mais abundante em cocolitóforos até sensivelmente os 50 m de profundidade.

4.3.2.1. Outono

No presente trabalho apenas foram analisadas estações de amostragem correspondentes ao banco submarino Condor pelo que não existem resultados de nenhuma estação de amostragem do canal Faial-Pico desta estação do ano para comparação.

A abundância de diatomáceas ao longo da coluna de água nas estações do Condor não varia significativamente neste período do ano (Fig. 10 A). Nas estações 1261 (leste do Condor) e 1279 (sudoeste do Condor) existem dois picos de máxima abundância, um mais à superfície (25 m) e outro em profundidade (100 m, este último bem mais significativo na estação 1261), abaixo dos quais a abundância de diatomáceas diminui significativamente. Nas estações 1269 (topo centro do Condor) e 1281 (sudoeste centro do Condor) só existe um pico de abundância máxima (e não dois como nas restantes estações) aos 75 m (estação 1269) e 100 m (estação 1281) de profundidade. Nas outras profundidades destas duas estações de amostragem as abundâncias de diatomáceas são muito baixas. O valor máximo encontrado de diatomáceas para os meses de Outono é de 6 276 indivíduos L^{-1} aos 100 m de profundidade da estação 1261 e o mínimo é de 10 indivíduos L^{-1} aos 5 e aos 50 m de profundidade da estação 1261 e aos 100 m da superfície na estação 1269.

A Fig. 10 B mostra a abundância de dinoflagelados ao longo da coluna de água. Estes são mais abundantes nos primeiros 50 metros da coluna de água, diminuindo progressivamente em profundidade abaixo deste nível. Nas estações 1269 e 1281 (as mesmas acima referidas) verifica-se um ligeiro aumento da abundância de dinoflagelados entre os 100 m e os 150 m de profundidade. A abundância máxima de dinoflagelados registada durante os meses de Outono é de 21 666 indivíduos L^{-1} aos 50 m de profundidade na estação 1261 enquanto o mínimo registado é de 1 410 indivíduos L^{-1} aos 150 m de profundidade, também na estação 1261.

Para os outros flagelados (Fig. 10 C) é possível verificar que os máximos de abundância são, também, encontrados nos primeiros 50 m da coluna de água (ou seja, ao contrário do que acontece com as diatomáceas). Abaixo desse máximo os valores decrescem, de forma drástica, para valores perto de zero aos 150 m de profundidade. No entanto, este padrão não se verifica em todas as estações. Na estação 1281 pode-se constatar que os picos máximos surgem aos 5 e aos 150 m de profundidade, estando estes organismos praticamente ausentes nas profundidades intermédias. A abundância máxima de flagelados é encontrada aos 50 m de profundidade na estação 1279 (3 809 indivíduos L^{-1}) e o mínimo é encontrado aos 50 e 150 m de profundidade na estação 1261, aos 150 m de profundidade na estação 1269, aos 100 e 150 m de profundidade na estação 1279 e aos 75 e 100 m de profundidade da estação 1281 (zero indivíduos L^{-1}).

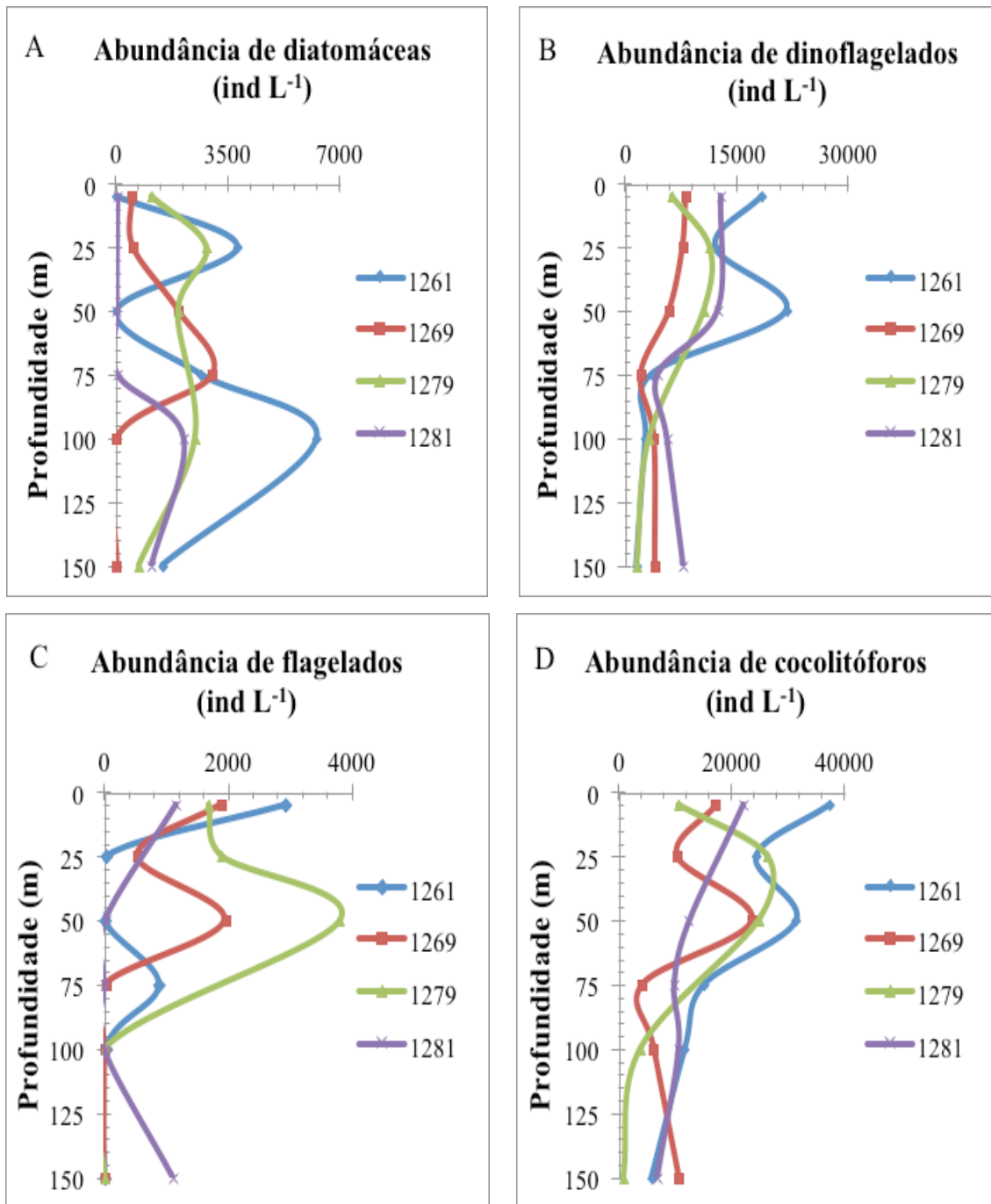


Figura 10 - Perfis verticais da abundância de diatomáceas (A), dinoflagelados (B), outros flagelados (C) e cocolitóforos (D) nas estações amostradas durante o Outono de 2009.

No caso dos cocolitóforos (Fig. 10 D) os máximos de abundância são encontrados, tal como para os dinoflagelados e outros flagelados (e mais uma vez, ao contrário das diatomáceas), nos primeiros 50 m da coluna de água diminuindo ao longo da coluna de

água para valores de abundância mínimos aos 150 m de profundidade. Com a exceção da amostra 1269 que tem o seu mínimo aos 100 m da superfície. A abundância máxima de cocolitóforos para esta estação do ano é de 37 390 indivíduos L^{-1} aos 5 m de profundidade na estação 1261 e o mínimo é de 716 indivíduos L^{-1} aos 150 m de profundidade na estação 1279.

4.3.3. Variação sazonal

A Fig. 11 mostra os perfis verticais médios de abundância dos quatro grupos fitoplanctônicos, mais abundantes na zona do banco submarino Condor. Numa primeira análise da figura pode-se verificar que a abundância de todos os grupos fitoplanctônicos é superior nos meses de Verão, sendo no entanto os perfis sazonais das diatomáceas os que mais se distinguem de todos os restantes. As diatomáceas (Fig. 11 A), durante o Verão apresentam o seu máximo de abundância a 75 m da superfície enquanto no Outono existem dois picos com abundâncias muito próximas, um aos 25 e outro aos 100 m de profundidade. Tanto no Verão como no Outono, abaixo do pico máximo de abundância, os valores de diatomáceas começam a diminuir até serem atingidos os mínimos aos 150 m da coluna de água.

No caso dos dinoflagelados (Fig. 11 B) durante o Verão, nos primeiros metros da coluna de água existem sucessivos aumentos e diminuições na abundância até se atingir o valor máximo aos 50 m de profundidade. Abaixo desse máximo, os valores de abundância deste grupo de fitoplâncton diminuem ao longo da coluna de água. O mesmo padrão ocorre no Outono mas com abundâncias significativamente menores, ao longo de toda a coluna de água.

Os outros flagelados (Fig. 11 C), tal como os dinoflagelados, apresentam durante o Verão sucessivos aumentos e diminuições de abundância nos primeiros metros da coluna de água e possuem o seu máximo de abundância aos 50 m de profundidade. Abaixo deste máximo existe uma descida nos valores de abundância até ao mínimo que pode ser encontrado aos 150 m de profundidade. No Outono, o comportamento dos flagelados é muito semelhante ao que ocorre no Verão com a exceção do mínimo de abundância que ocorre a 100 m da superfície em vez de 150 m.

Para os cocolitóforos (Fig. 11 D) é possível constatar que nos meses de Verão o máximo de abundância ocorre aos 50 m de profundidade e que abaixo deste máximo há uma diminuição brusca na sua abundância ao longo da coluna de água. Durante o Outono, e tal como acontece com os dinoflagelados, o perfil vertical de abundância de cocolitóforos é bastante semelhante ao de Verão, mas com os valores de abundância bastante menores.

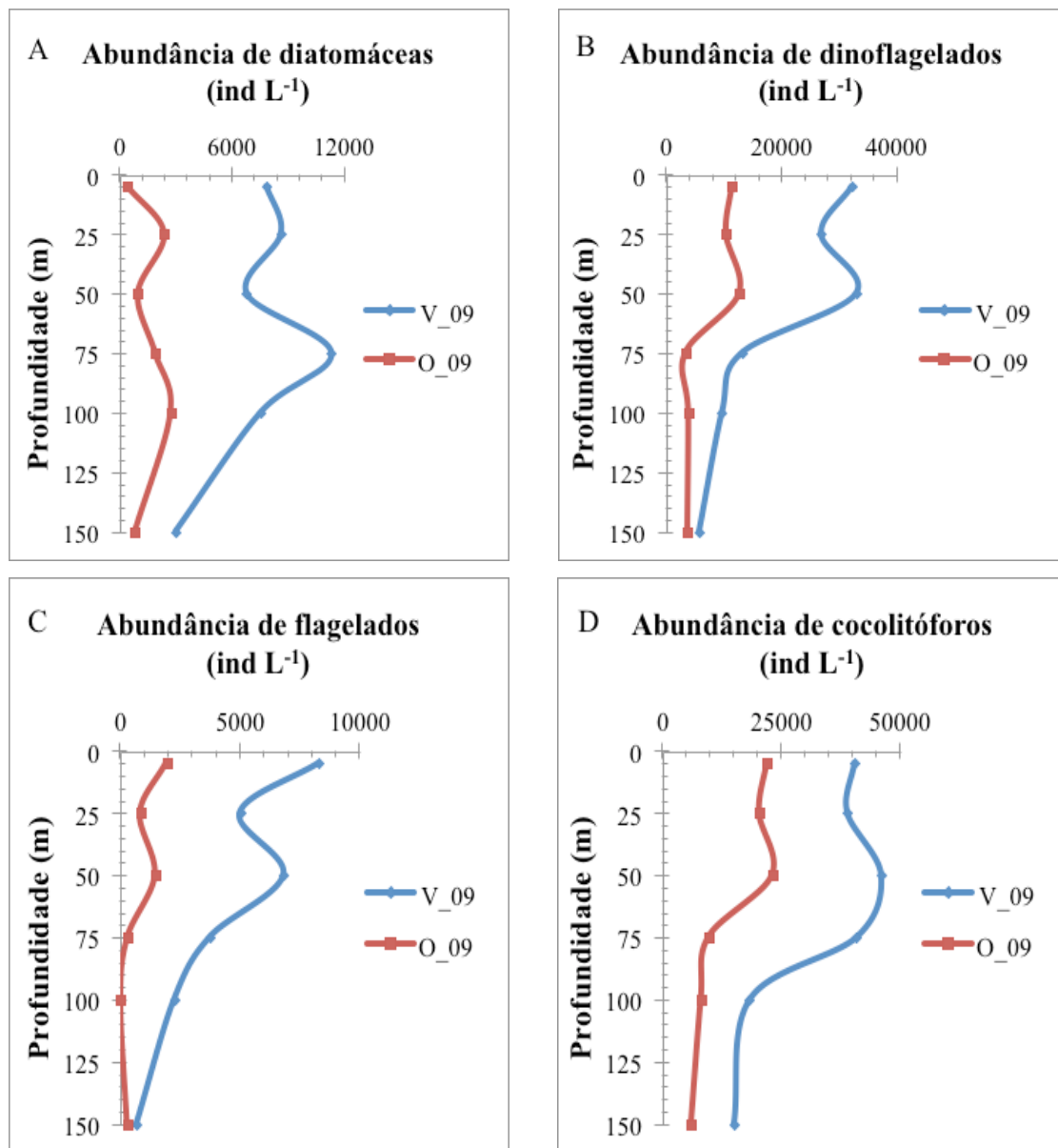


Figura 11 - Perfis verticais das abundâncias médias sazonais de diatomáceas (A), dinoflagelados (B), outros flagelados (C) e cocolitóforos (D) das várias estações amostradas nos cruzeiros realizados no Verão (V_09) e Outono (O_09) de 2009.

O efeito da sazonalidade ao nível da composição específica e abundância do fitoplâncton em cada amostra foi estudado comparando a similaridade da comunidade fitoplanctónica contra o fator estação do ano. Como se pode observar no MDS (Fig. 12), as amostras referentes ao mês de Julho (Verão) são mais distintas entre si enquanto as amostras de Novembro (Outono) apresentam uma maior similaridade.

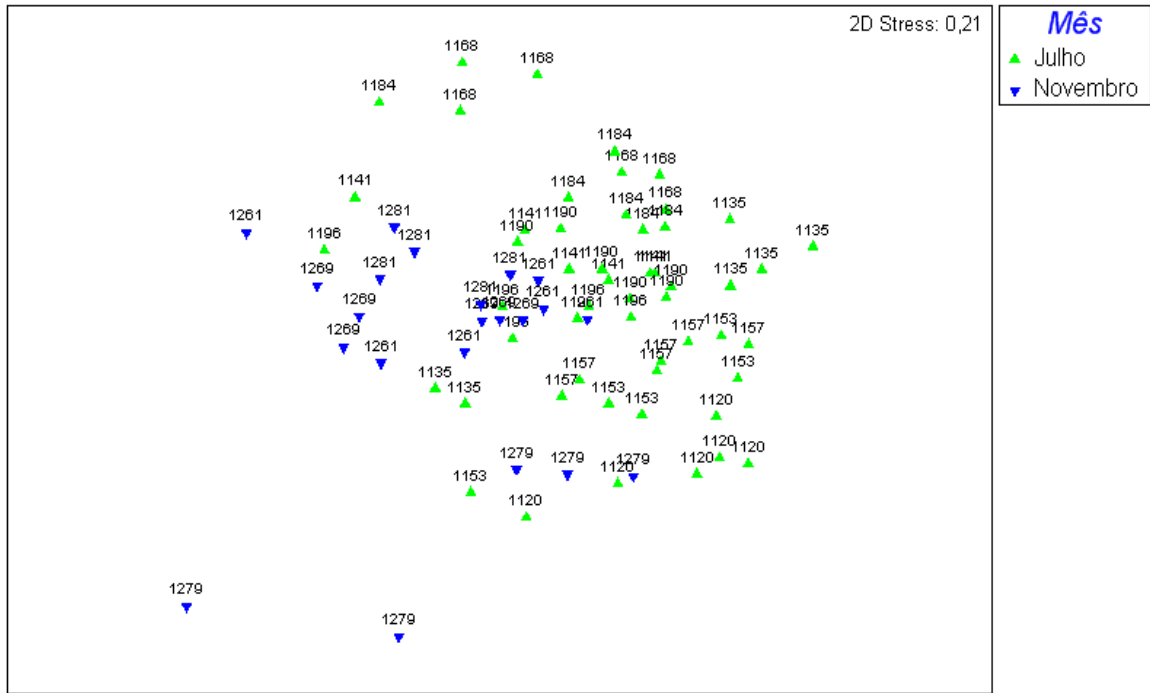


Figura 12 - Representação do escalonamento multidimensional (MDS) baseada na similaridade Bray-Curtis relativamente à composição da comunidade fitoplanctónica nos meses de Julho e Novembro.

A análise Simper (cf. Tabelas I e II do anexo B) permitiu verificar quais os *taxa* que mais contribuem para a similaridade/dissimilaridade entre o fitoplâncton presente nas duas estações do ano em estudo (Verão representado pelo mês de Julho e o Outono representado pelo mês de Novembro) (na Fig. 13 apresentam-se algumas fotografias de algumas das espécies referidas abaixo). Os *taxa* que melhor explicam a semelhança entre as amostras do mês de Julho de 2009 são os Dinoflagelados N.I., *Emiliana huxleyi*, Cocolitóforo N.I., *Oxytoxum laticeps* e *Oxytoxum sp.* Já no mês de Outono, a semelhança entre amostras é dada pelos seguintes *taxa*: *Emiliana huxleyi*, Cocolitóforo N.I., Dinoflagelado N.I., *Calcidiscus leptoporus* e *Gymnodinium sp.* (cf. Tabela I do anexo B). A diferença (dissimilaridade) existente entre o fitoplâncton destas duas

estações do ano é explicada, fundamentalmente, pelas abundâncias dos seguintes *taxa*: *Emiliana huxleyi*, Cocolitóforo N.I., *Calcidiscus leptoporus*, Dinoflagelado N.I. e, finalmente, pelas Diatomáceas Cêntricas N.I. que são todas elas mais abundantes no Verão que no Outono (cf. Tabela II do anexo B).

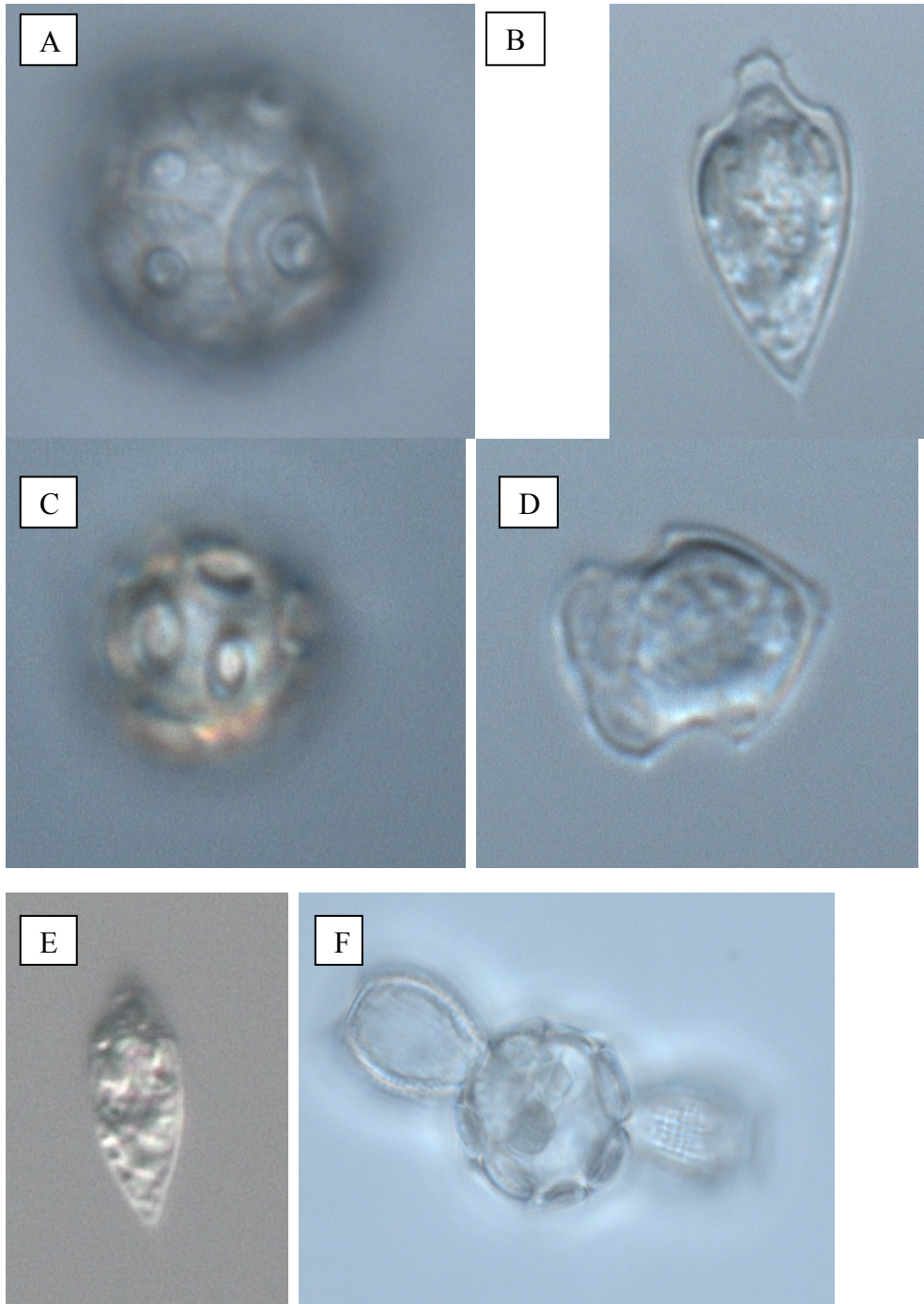


Figura 13 - Fotografias de algumas das espécies identificadas ao longo do presente trabalho. A- *Calcidiscus leptoporus*, B- *Oxytoxum caudatum*, C- *Emiliana huxleyi*, D- *Oxytoxum laticeps*, E- *Oxytoxum sp.*, F- *Scyphosphaera apsteinii*.

A Tabela 2 apresenta as correlações entre os grupos de fitoplâncton com o oxigênio e os mesmos grupos com a clorofila *a*. Através da análise da tabela, é possível verificar que as diatomáceas são o grupo que mais varia ao longo do ano pois, no Verão é o grupo que melhor está correlacionado com a clorofila *a*, mas no Outono a correlação é a mais baixa quando comparada com todos os outros grupos, sugerindo que no Verão, a concentração de clorofila *a* depende da abundância das diatomáceas. Já no Outono, são os cocolitóforos o principal grupo responsável pelos valores de clorofila *a* medidos na coluna de água. Por seu turno, no Verão, a concentração de oxigênio em termos de processos biológicos, parece estar altamente correlacionada com a abundância dos flagelados (e menos correlacionado com a abundância das diatomáceas), enquanto no Outono os três principais grupos (dinoflagelados, flagelados e cocolitóforos) estão positivamente correlacionados com o oxigênio. Mais uma vez, a correlação entre o oxigênio e a abundância de diatomáceas é baixa no Outono (sendo mesmo ainda mais baixa do que no Verão). De salientar ainda que o grupo dos dinoflagelados está negativamente correlacionado com a clorofila *a*.

Tabela 2 - Coeficiente de correlação (r) entre dois parâmetros (oxigênio e a clorofila *a*) com cada um dos grupos principais de fitoplâncton encontrados neste trabalho.

Grupos Fitoplâncton	Verão		Outono	
	Oxigênio	Clorofila <i>a</i>	Oxigênio	Clorofila <i>a</i>
Diatomáceas	0,21	0,84	0,07	0,05
Dinoflagelados	0,59	-0,13	0,64	0,56
Flagelados	0,70	-0,05	0,69	0,46
Cocolitóforos	0,30	0,05	0,77	0,67

5. Discussão

5.1. Caracterização oceanográfica da área de estudo

Os resultados do presente trabalho revelam que a área de estudo apresenta características típicas de uma região de médias latitudes com uma termoclina sazonal bem pronunciada (cf. Fig.6 A). No Verão a termoclina encontra-se entre os 25 e os 50 m da superfície, apresentando-se as águas acima dessas profundidades, bem misturadas (i.e. temperatura é homogénea). No Outono, a termoclina subside em cerca de 25 m estendendo-se dos 50 aos 75 m de profundidade. Resultados semelhantes foram reportados por Silva, (2000) para o sul da ilha do Faial e por Santos, (2011) e Santos *et al.*, (2013) para o Condor. Segundo Moita, (2001), a incidência da luz solar na superfície do oceano é o fator que mais contribui para a presença (ou ausência) da estratificação térmica anual dos oceanos. Os resultados deste trabalho confirmam esta observação visto que, nos meses de maior incidência solar (Verão), as temperaturas médias nos primeiros metros da coluna de água são mais elevadas que nos meses de menor incidência solar (Outono). Ainda devido à incidência da luz solar ser mais intensa nos meses de Verão, a água superficial aquece e fica menos densa, fazendo com que a termoclina seja bastante marcada e se posicione mais à superfície da coluna de água (Morton *et al.*, 1998). Assim sendo, nos meses de Outono com a menor incidência solar e com o aumento do regime de ventos, a água superficial do oceano arrefece ficando mais densa, fazendo com que a termoclina seja menos marcada e apareça a maiores profundidades do que no Verão.

Os valores de salinidade encontrados estão compreendidos entre 36,07 e 36,30, não existindo diferenças significativas entre as duas estações do ano. No entanto, no Verão a salinidade foi sempre mais elevada ao longo de toda a coluna de água. Isto pode dever-se ao facto de os meses de Verão serem menos chuvosos e de a evaporação da água superficial do oceano ser mais elevada nestes meses devido à maior incidência dos raios solares.

O oxigénio dissolvido obteve o seu máximo nos meses de Verão enquanto o mínimo foi encontrado no Outono, confirmando os resultados de Santos *et al.*, (2013) para a mesma área de estudo. Moita, (2001), em estudos na costa continental portuguesa, encontrou valores máximos de oxigénio dissolvido nos meses de Primavera e os valores mínimos nos meses de Outono. Moita, (2001) refere, ao longo do seu trabalho, que normalmente

encontra uma associação entre os máximos de oxigénio dissolvido e os máximos de clorofila *a*. No entanto, no presente trabalho essa associação não se verifica ou seja, o máximo de oxigénio dissolvido (encontrado no Verão) não coincide com o máximo de clorofila *a* (encontrado no Outono). Esse desfasamento poderá ter sido devido à existência abundante de picofitoplâncton na área em estudo no Verão de 2009, que pelas suas reduzidas dimensões não foi detetado. Em zonas oligotróficas é frequente existir maior abundância de organismos picofitoplanctónicos (organismos inferiores a 2 µm) durante o Verão que, contribuem mais para a concentração de oxigénio dissolvido na água do que para a clorofila *a* (Marañón, 2009; Diersen, 2010).

A concentração de clorofila *a* medida em laboratório através de análises realizadas a amostras de água é utilizada para estimar a biomassa do fitoplâncton, e muitos investigadores referem-se à clorofila *a* como sendo um bom indicador (“proxy”) de fitoplâncton na coluna de água. No entanto é preciso ter em atenção que a clorofila *a* representa apenas 1 % do peso seco de uma célula fitoplanctónica e que esse valor pode ser bastante variável de célula para célula (Cullen, 1982). O valor de fluorescência é medido *in situ* e, idealmente, estaria correlacionado de forma linear com a concentração de clorofila *a*, mas tal não se verifica pois a fluorescência representa uma percentagem mínima e muito variável da luz absorvida pelo aparelho fotossintético e por seu turno, a capacidade de a clorofila *a* absorver luz também pode ser muito variável (Cullen, 1982). No banco submarino Condor, durante o período em estudo, a concentração de clorofila *a* foi sempre superior, ao longo da coluna de água, aos valores de fluorescência. Na profundidade da DCM, os resultados obtidos neste trabalho mostram que os valores de clorofila *a* no Outono (0,1116 mg m⁻³) são cerca de 5,5 vezes superiores aos encontrados para o Verão (0,0216 mg m⁻³). Santos, (2011) e Santos *et al.*, (2013) referem igualmente valores de clorofila *a* mínimos na DCM, durante o Verão de 2009 no Condor em estações de amostragem distintas das analisadas neste estudo. Em relação à localização na coluna de água da DCM nas médias sazonais, esta detetou-se sensivelmente à profundidade dos 50 m no Outono de 2009 e aos 75 m no Verão de 2009. Contudo, os perfis médios verticais da fluorescência mostram um comportamento distinto do da clorofila *a* obtido com análises laboratoriais uma vez que, em ambas as estações do ano (Verão e Outono de 2009), o máximo da fluorescência é detetado aos 50 m de profundidade. Comparando os resultados obtidos neste estudo com os observados por outros autores na região dos Açores pode-se verificar que a grande

maioria apenas reporta valores para a DCM de Verão (resultante muito provavelmente do facto de que as amostragens durante o período Invernal são sempre mais difíceis derivado das condições meteorológicas típicas a estas latitudes e localização no Atlântico Nordeste). Santos, (2011) e Santos *et al.*, (2013) encontraram a DCM aos 75 m de profundidade no Verão (2009), aos 50 m de profundidade no Outono (2009) e aos 25 m abaixo da superfície durante o período Inverno/Primavera (2009/2010) no banco Condor (em estações de amostragens diferentes das deste estudo). Estes resultados concordam com os resultados de Santos, (2011) para as mesmas épocas do ano (Verão e Outono de 2009). Vários autores reportaram variações da DCM para o Atlântico Norte sendo claro que à medida que se avança para sul (dos Açores) a DCM localiza-se a maiores profundidades (aumento da luminosidade, menor concentração de nutrientes à superfície) enquanto para norte do arquipélago a DCM diminui em profundidade (Tabela 3). Por exemplo Lorenzo *et al.*, (2004) encontraram mais a sul, na região da Frente dos Açores, a DCM de Verão a cerca de 100 m de profundidade, enquanto no âmbito do projecto Eurofleets “DIAPICNA” outros autores detetaram em Julho de 2012 a DCM entre os 80 e os 130 m de profundidade na mesma região (Ana Martins, *personal communication*). Teira *et al.*, (2005) constataram que a DCM de Verão se situava entre os 100 e os 120 m de profundidade na região oeste do giro subtropical do Atlântico Norte (nota: os Açores situam-se no limite norte do mesmo giro) e a DCM de Inverno entre os 20 e os 40 m de profundidade; Gaard *et al.*, (2008) referem para a Dorsal Médio Atlântica a localização da DCM entre os 40 e os 80 m abaixo da superfície em Agosto de 2004 enquanto Mendonça *et al.*, (2010) reportam DCMs que variam entre os 75 m e os 100 m de profundidade para os bancos submarinos do Sedlo (NE dos Açores) e do Seine (NE da Madeira) durante os períodos de Primavera de 2003 - Verão de 2004.

Acredita-se que a estrutura biológica esteja intimamente ligada a processos físicos (Denman & Powell, 1984; Mackas *et al.*, 1985; Owen, 1989) incluindo ondas de superfície, ondas internas, circulação de Langmuir, intrusões horizontais, movimentos convectivos, intrusões salinas, todos eles levando a misturas verticais intermitentes e redistribuição da biomassa (Denman & Garget, 1983; Denman & Powell, 1984; Weller & Price, 1988; Owen, 1989 *in* Ganesella, 2000). De facto, a mistura em escalas acima da difusão molecular é geralmente um resultado da turbulência de um fluido. Consequentemente, a turbulência e outros processos físicos de pequena escala podem

limitar de forma significativa os processos biológicos, tais como a absorção de nutrientes pelo fitoplâncton (Goldman, 1988), a fotossíntese em regiões com significativa variabilidade luminosa (Marra, 1978), ou até mesmo, a predação (ou “grazing”) do zooplâncton para com o fitoplâncton (Mullin & Brooks, 1976; Cowles *et al.*, 1988).

Tabela 3 - Comparação sumária entre as profundidades máximas da clorofila (DCM) reportadas por vários autores para a região dos Açores e para outras áreas circundantes no Atlântico Nordeste.

Autores	Região de Estudo	Profundidade da DCM	Estação do Ano	Ano
Lorenzo <i>et al.</i> (2004)	Frente dos Açores	100 m	Verão	1998
Teira <i>et al.</i> (2005)	Giro Subtropical do Atlântico Norte	100 - 120 m 20 - 40 m	Verão Inverno	1992/93 1992/93
Mendonça <i>et al.</i> (2010)	Montes submarinos Sedlo e Seine	75 - 100 m	Primavera-Outono- Primavera-Verão	2003/04
Gaard <i>et al.</i> (2008)	Dorsal Médio Atlântica	40 - 80 m	Verão	2004
Santos (2011)	Banco Submarino Condor	75 m 50 m 25 m	Verão Outono Inverno/Primavera	2009 2009 2010
Estudo presente	Banco Submarino Condor	50 - 75m	Verão/Outono	2009

As DCMs são ubíquas em situações de oligotrofia, tais como as encontradas nos grandes giros oceânicos do Atlântico e Pacífico e em áreas temperadas no Verão. Em geral, a coluna de água destas regiões apresenta uma série de propriedades comuns em que as camadas superiores da zona eufótica apresentam depleção nutricional e um máximo subsuperficial de clorofila ocorre dentro da picnoclina, associado à nutriclina (Gianesella, 2000). Diversos estudos da distribuição vertical do fitoplâncton ou clorofila demonstram que o mecanismo de formação e manutenção das DCMs difere localmente (Anderson, 1969; Dandonneau, 1977; Cullen, 1982; Cullen & Eppley, 1981; Napp, 1987; Eppley *et al.*, 1988; Estrada *et al.*, 1993; Masó *et al.*, 1998; Gianesella, 2000). Este estudo vem corroborar estudos anteriores realizados no Atlântico Norte a latitudes semelhantes (média latitude) e em oceano aberto, já que as máximas concentrações em clorofila *a* são encontradas também em profundidades de subsuperfície.

No que respeita à turbidez da coluna de água, não existiram diferenças muito significativas, tanto em termos espaciais como temporais. Os valores de turbidez foram sempre mais ou menos constantes ao longo das várias estações de amostragem e ao longo das estações do ano com a exceção de duas estações de amostragem, a estação 1153 (norte/nordeste do Condor) no Verão e a 1261 (leste do Condor) no Outono que obtiveram valores de turbidez bastante superiores em relação às outras estações de amostragem analisadas (cf. Fig.4 E e Fig.5 E, respetivamente). Uma possível explicação para o máximo de turbidez nestas duas estações de amostragem pode estar associado à maior formação de ondas de maré internas nestes locais e à maior mistura vertical da coluna de água (Santos, 2011).

5.2. Relação com parâmetros obtidos por satélite

Os dados obtidos por satélite revelaram que a temperatura de superfície e a clorofila *a* apresentavam um comportamento inverso, i.e. quando a temperatura aumentava a clorofila diminuía e vice-versa (cf. Fig. 8). Esta relação inversa foi já referida por vários autores para a região dos Açores (e ainda Madeira e Canárias) em estudos que utilizam igualmente dados de *Ocean Colour* e SST (e.g. Martins *et al.*, 2004; Martins *et al.*, 2007; Mendonça *et al.*, 2010). Foi igualmente possível constatar que as médias sazonais de SST obtidos pelo MODIS/AQUA rondam os 21,18 °C no Verão e os 21,57 °C no Outono. Já os dados obtidos *in situ* aos 25 m de profundidade mostram que a temperatura no Verão é superior à de Outono (20,43 °C e 19,47 °C, respetivamente (cf. Fig. 6 A)). Os dados de satélite mostram que a temperatura da água é ligeiramente mais elevada no Outono. Contudo, apesar de neste estudo não haver informação da temperatura *in situ* mais à superfície, ou seja acima dos 25 m (com medições CTD) as médias sazonais parecem indicar também maiores temperaturas médias no Verão na camada de mistura e não no Outono (cf. Fig. 6 A) tal como medido por satélite.

A temperatura de superfície do mar (TSM) é um parâmetro importante, uma vez que impulsiona alguns processos climáticos e é fundamental para o cálculo do fluxo turbulento de calor em modelos numéricos. Contudo, na superfície do mar, existe uma camada térmica de alguns micras a milímetros de espessura que resulta essencialmente da troca de calor e de humidade para a atmosfera, bem como da emissão de radiação infravermelha, a radiação apenas para além do vermelho no espectro eletromagnético.

Abaixo dessa primeira camada, durante o dia presencia-se igualmente uma camada de ar quente a poucos centímetros de espessura que é causada pela absorção da luz solar (Fairall *et al.*, 1996). Observações da temperatura de superfície realizadas por navios e/ou bóias oceanográficas contemplam normalmente a temperatura da água desde poucos centímetros a alguns metros abaixo da superfície, temperaturas estas abaixo das primeiras camadas (“skin temperature ou skin SST”) referidas acima (Brunke *et al.*, 2008). Todas estas camadas térmicas são conhecidas pelo termo geral de “bulk SST”. Neste sentido, a *skin temperature* (conhecida vulgarmente em deteção remota por SST) pode ser significativamente diferente da *bulk SST* especialmente sob a ação de ventos fracos e quantidades elevadas de luz solar que entra (Fairall *et al.*, 1996; Wick *et al.*, 1996; Zeng *et al.*, 1999; Brunke *et al.*, 2008). O facto de termos valores distintos no Outono (i.e. Outono mais quente do que o Verão nas imagens satélite) é muito provável que resulte do aumento de intensidade do vento nessa época do ano (ou até nesses dias de cruzeiro em Novembro de 2009) com conseqüente aumento ligeiro da temperatura (*skin SST*) mais do que propriamente da variação em intensidade da luz solar.

Para os valores sazonais de clorofila *a* foi possível constatar que os dados de satélite estimam igualmente, valores mais elevados de clorofila no Outono do que no Verão (0,12 mg m⁻³ e 0,09 mg m⁻³, respetivamente). Nos dados obtidos *in situ* podemos concluir que, para os 25 m de profundidade, a concentração de clorofila *a* também é superior no Outono com valores de cerca de 0,08 mg m⁻³ baixando para valores de 0,02 mg m⁻³ durante o Verão. Esse máximo de clorofila *a* no Outono poderia ser justificado pela presença de um *bloom* de fitoplâncton durante os meses de Outono mas, através da observação dos nossos dados de fitoplâncton, não parece que tenha ocorrido um *bloom* tardio visto que, no Outono e para os grupos fitoplanctónicos estudados, a abundância de fitoplâncton nesta estação é sempre mais baixa do que no Verão (cf. Fig.11). Estes resultados parecem demonstrar uma boa correlação entre a clorofila *a* obtida *in situ* e por satélite, resultado particularmente esperado face ao facto de que a região de estudo situa-se numa zona oligotrófica com águas do tipo I (i.e. águas oceânicas, com claridade elevada e aonde dominam os processos ópticos inerentes não só à molécula de H₂O, mas também e de forma muito dominante, os processos fotossintéticos associados ao fitoplâncton e seu material acessório (e.g. Yentsch, 1993; Longhurst *et al.*, 1995; Gregg & Conkright, 2001)). Contudo, pelas razões já apontadas em cima sobre a própria variabilidade da coluna de água quer em termos de dinâmica (física) quer pela própria

dificuldade por vezes em descrever de forma realista a dinâmica fitoplânctónica no espaço e tempo (i.e. o fitoplâncton pode encontrar-se preferencialmente em camadas não facilmente detetadas por métodos de amostragem convencionais e/ou distintos dificultando o seu estudo evolutivo e comportamental), os resultados deste estudo também sugerem que a informação de satélite não pode ser interpretada diretamente como uma medida ou indicação exata quer do número quer da abundância de *taxa* fitoplânctónica existente no Condor.

5.3. Variabilidade da comunidade fitoplanctónica

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que a concentração de fitoplâncton no monte submarino Condor é sempre mais elevada no Verão que no Outono para qualquer um dos grupos fitoplanctónicos presentes (cf. Fig. 11). A maior abundância de fitoplâncton no Verão poderá ser explicada pelo facto de em Julho, mês em que foram recolhidas as amostras de Verão, a coluna de água ainda possuir uma produção primária considerável devido à proximidade, no tempo, com o *bloom* primaveril de fitoplâncton. Estudos realizados por Aristegui *et al.*, (2009) entre 2003 e 2004 no monte submarino Sedlo (nordeste dos Açores) revelaram que o *bloom* primaveril de fitoplâncton ocorre entre os meses de Maio e Junho. Neto *et al.*, (2009) verificou que durante a Primavera de 2009, mais precisamente no mês de Maio, as concentrações de fitoplâncton foram superiores às restantes estações do ano. O trabalho realizado por Santos, (2011) no monte submarino Condor em amostragens realizadas entre 2009 e 2010, também demonstrou que na Primavera os valores de fitoplâncton são os mais elevados, seguindo-se o Verão, com o Outono a apresentar os valores mais baixos de abundância de fitoplâncton. Os resultados de Santos, (2011) são semelhantes aos agora obtidos neste estudo em termos de abundância sazonal de fitoplâncton.

Silva *et al.*, (2013) concluíram que, para a região do arquipélago dos Açores, os grupos dominantes do fitoplâncton são os coccolitóforos, as diatomáceas e os dinoflagelados que, em conjunto, perfazem cerca de 90 % do total das espécies de fitoplâncton encontradas, sendo que a abundância máxima (em células L^{-1}) foi encontrada durante a Primavera e no Verão o número de espécies identificadas terá sido maior. Cushing, (1989) verificou que o desenvolvimento das comunidades fitoplanctónicas em águas oligotróficas inicia-se com o aparecimento de pequenas diatomáceas, seguindo-se o

aparecimento das grandes diatomáceas, das cianobactérias e flagelados e só depois disso, é que aparecem os dinoflagelados. Santos, (2011) deparou-se no Verão de 2009 e na Primavera de 2010 com uma maior abundância de diatomáceas, seguidas pelos coccolitóforos e, por último, pelos dinoflagelados. No Outono, a mesma autora verificou que os coccolitóforos eram o grupo dominante do fitoplâncton. Já os resultados de presente trabalho mostram que, tanto no Verão como no Outono, os grupos fitoplanctónicos com maior abundância de indivíduos foram os coccolitóforos, seguidos pelos dinoflagelados, diatomáceas e, por fim, pelos flagelados. Assim, os nossos resultados estão de acordo com os resultados encontrados por Silva *et al.*, (2013) onde os grupos dominantes do fitoplâncton, em ambos os trabalhos, são os coccolitóforos, as diatomáceas e os dinoflagelados.

Algumas diferenças nos resultados obtidos entre o trabalho de Santos, (2011) e o presente trabalho podem ser justificadas por pequenas alterações à metodologia utilizada ao longo da análise das várias amostras de fitoplâncton. Santos, (2011) para a contagem de cada amostra de fitoplâncton no microscópio invertido apenas contabilizou 36 campos visuais, distribuídos de forma uniforme pela câmara de sedimentação. No presente trabalho, contaram-se os indivíduos em vários campos aleatórios até se ter contabilizado, no mínimo, 100 indivíduos. Este método de quantificação ultrapassou largamente os 36 campos, sendo que em muitas amostras ultrapassou os 100 campos, assegurando um menor erro de quantificação e, conseqüentemente, um maior grau de confiança nas abundâncias determinadas. Outra diferença na metodologia utilizada foi o facto de no presente trabalho os organismos fitoplanctónicos terem sido contabilizados em indivíduos L^{-1} enquanto no trabalho de Santos, (2011) a unidade de medida do fitoplâncton foi célula L^{-1} .

Os nossos resultados mostram ainda que o fitoplâncton apresenta dois picos máximos de abundância, um mais à superfície e outro em profundidade, especialmente visíveis nas diatomáceas e nos flagelados (cf. Fig.11). Esse acontecimento pode ser explicado pela atenuação da intensidade luminosa que é verificada devido à presença de grandes quantidades de indivíduos na coluna de água que fazem com que, abaixo dessa camada com grande abundância de indivíduos, haja uma diminuição acentuada na abundância dos mesmos devido à fraca intensidade luminosa que lhes chega (Santos, 2011). Este efeito é referido na literatura como “efeito de sombra” ou “região de sombra” (“shadow effect ou shadow zone” - Ana Martins, *personal communication*). Quando o efeito de

atenuação da intensidade luminosa passa, é possível notar novamente um aumento da concentração do fitoplâncton explicando assim, os dois picos de abundância encontrados. Outro facto possível a ter em consideração no âmbito destas distribuições (por vezes, quase sinusoidais) em profundidade, poderá estar relacionada, entre outros, com o efeito das correntes de maré e retificação das mesmas e ainda com fluxos turbulentos, processos estes descritos em detalhe em Bashmachnikov *et al.*, (2013). De facto, através da análise da média e dos padrões de circulação oscilatórios sobre o monte submarino Condor durante cerca de 1,5 anos de observações (coincidentes em parte com o período de observações apresentado neste estudo) estes autores revelaram a importância de três mecanismos principais para explicar a circulação média no Condor: direção e intensidade do fluxo médio; retificação das marés e ainda, fluxos turbulentos verticais de densidade.

A análise MDS realizada mostra uma evidente separação entre as amostras pertencentes a diferentes estações do ano, havendo uma maior similaridade entre as amostras de cada estação do ano (Verão (42,45) ou Outono (41,64)) do que entre amostras de diferentes estações do ano. Por outro lado, o grau de dissimilaridade nas amostras de Verão foi maior do que nas amostras de Outono o que pode revelar uma maior diferenciação nas condições ambientais entre os vários locais estudados durante o Verão (águas mais estratificadas). Contudo, a maior variabilidade entre as amostras de Verão poderá igualmente resultar apenas do enviesamento do número de estações de amostragem estudadas no Verão e Outono (9 e 4, respetivamente) pelo que há que ter algum cuidado em estabelecer conclusões sobre estas diferenças, baseados apenas nos dados apresentados.

A análise Simper permitiu determinar ainda o grau de semelhança entre amostras dentro da mesma estação do ano e as diferenças entre estações do ano e perceber quais os *taxa* que contribuíram mais para tal semelhança ou diferença. De acordo com os resultados obtidos, os géneros e/ou as espécies que mais contribuíram para a semelhança entre as amostras do mês de Julho foram os Dinoflagelado N.I., *Emiliana huxleyi* e Cocolitóforo N.I. enquanto no mês de Novembro os géneros e/ou espécies que mais contribuíram para as principais semelhanças entre amostras foram, também, *Emiliana huxleyi*, Cocolitóforo N.I. e Dinoflagelado N.I. mas, desta vez, o cocolitóforo *Emiliana huxleyi* obteve uma maior percentagem de contribuição para a similaridade. Para a dissimilaridade ou seja, para as diferenças encontradas entre estações do ano, os géneros

e/ou espécies que contribuíram mais foram *Emiliana huxleyi*, Cocolitóforo N.I. e *Calcidiscus leptoporus* (cf. Tabelas I e II do Anexo B).

Em termos de abundância e diversidade de organismos fitoplânctônicos para as duas zonas de estudo, pode-se ver que para a estação de amostragem recolhida no canal Faial-Pico, nos meses de Verão, foram encontrados com maior abundância os géneros e/ou espécies *Emiliana huxleyi*, *Chaetoceros sp.*, Dinoflagelado N.I. e Diatomácea pinulada N.I. As espécies com menor abundância encontradas para o canal foram *Ceratium teres*, *Bacteriastrum delicatulum*, *Hemiaulus sp.* e *Phaeocystis globosa* (cf. Tabela V do anexo B). Santos, (2011) reportou uma relativa abundância de *Chaetoceros sp.* no canal Faial-Pico durante os meses de Verão. Para os meses de Outono, no presente trabalho, não foram analisadas amostras do canal. É ainda importante salientar que os resultados obtidos para o canal são resultado da análise de apenas uma estação de amostragem, a estação 1120 e, por isso, mais uma vez, há que ter algum cuidado em termos comparativos com outras estações no Condor. Para o banco submarino Condor os géneros e/ou espécies mais abundantes quer no Verão quer no Outono foram os cocolitóforos *Emiliana huxleyi*, Cocolitóforos N.I., *Calcidiscus leptoporus* e os Dinoflagelados N.I. Tanto no Verão como no Outono, o grupo de espécies menos abundantes encontradas no Condor é extenso destacando-se por isso, apenas, algumas para cada estação do ano, tais como os *Asterionellopsis glacialis*, *Bacteriastrum delicatulum* e *Hemiaulus sp.* para o Verão e *Pseudo-nitzschia sp.*, *Thalassionema nitzschioides* e *Ceratium fusus* para o Outono.

Os resultados em termos de dominância de espécies/grupos de fitoplâncton no Condor diferem um pouco dos resultados encontrados por outros autores que também realizaram trabalhos na região dos Açores. Silva *et al.*, (2013) chegaram à conclusão que nos Açores, durante o Verão, as associações de fitoplâncton são dominadas por dinoflagelados e por pequenos flagelados. É, também, nessa altura do ano que os cocolitóforos têm a sua abundância mínima. Santos, (2011) para o Condor realçou as abundâncias máximas de diatomáceas coloniais como *Chaetoceros sp.*, *Pseudo-nitzschia sp.*, *Asterionellopsis sp.* e *Guinardia delicatula*, pequenos dinoflagelados e apenas um género de cocolitóforos, os *Ophiaster sp.* Tais resultados não se verificam de todo no nosso trabalho onde os cocolitóforos são o grupo de fitoplâncton mais abundante. Uma possível explicação para estas diferenças poderá ser o facto de estas comunidades variarem a sua abundância em termos espaciais já que as estações

analisadas neste trabalho, apesar de coincidirem no tempo com os de Santos (2011) não coincidem no espaço (distribuição diferente sobre o Condor) ou ainda, muito provavelmente, pela distinção acima referida de que, o método de análise (em termos de campos) foi diferenciado nestes dois estudos.

6. Conclusões

O presente trabalho apresenta um estudo realizado no monte submarino Condor, situado a sudoeste da ilha do Faial, onde se pretendeu caracterizar as comunidades de fitoplâncton locais e perceber algumas interações com fatores ambientais. Teve como objetivos principais avaliar a abundância e a riqueza taxonómica do grupo de indivíduos responsável pela sustentação de toda a teia trófica marinha tanto a nível espacial como temporal bem como, perceber quais os possíveis fatores (quer físicos quer biológicos) que contribuíram para as diferenças encontradas ao longo do trabalho.

Depois de analisados os resultados foi possível inferir alguns aspetos relacionados com a variabilidade de estrutura vertical da água no que concerne aos parâmetros (físicos, químicos e biológicos) medidos para aquela região e períodos de tempo. De facto, em termos de temperatura, no Verão a coluna de água encontra-se mais estratificada do que no Outono e a termoclina sazonal é mais pronunciada, refletindo desta forma, a maior incidência solar durante a época de Verão com conseqüente aquecimento das águas de superfície. Com a intensificação da termoclina o aporte de nutrientes para a superfície é diminuído, contribuindo desta forma para um abaixamento da biomassa fitoplanctónica durante os meses mais quentes.

Em relação à profundidade máxima da clorofila *a* (DCM) é possível verificar que, ao contrário de outros trabalhos científicos quer para a mesma região quer para outras regiões do mundo, não parece haver uma diferença significativa entre a posição da DCM no Verão ou no Outono (em ambos os períodos a DCM foi detetada, sensivelmente, aos 50 m). No entanto, o pico de máxima abundância de clorofila *a* deu-se durante o Outono (mês de Novembro) o que, não coincide com o pico máximo de oxigénio que se deu nos meses de Verão (Julho). Na realidade, pelo facto de a taxa de fotossíntese ser máxima durante os meses de Outono, seria de esperar que o máximo de oxigénio também ocorresse nessa altura do ano mas tal não aconteceu. Isto pode dever-se ao facto de, nos meses de Verão, serem encontrados em grandes abundâncias, organismos picofitoplanctónicos que contribuem mais para a produção de oxigénio dissolvido do que para a clorofila *a*.

Em termos de grandes grupos de fitoplâncton constata-se que, no presente estudo, o grupo mais dominante quer no Verão quer no Outono é o grupo dos cocolitóforos, seguido dos dinoflagelados, das diatomáceas e, por fim, dos outros flagelados. De facto, em termos de diversidade taxonómica encontrada no banco submarino é possível destacar os seguintes géneros e/ou espécies com maior abundância nas duas estações do ano, os cocolitóforos *Emiliana huxleyi*, *Calcidiscus leptoporus* e Cocolitóforos N.I. e, ainda, os Dinoflagelados N.I.

Por fim, com a realização deste trabalho concluiu-se que existem, atualmente, ainda muito poucos trabalhos científicos realizados em montes submarinos que compreendam em detalhe as comunidades de fitoplâncton que aí existem e a sua interação com os fatores ambientais subjacentes a essas distribuições/variações no espaço e tempo. Seria pois, de todo o interesse da comunidade científica, desenvolver novos esforços no sentido de se ficar a conhecer melhor toda a biologia associada aos montes submarinos, principalmente quando localizados em regiões oligotróficas aonde a presença desses montes pode ter por vezes impactes significativos quer do ponto de vista biológico quer também físico, químico e geológico. Para isso, é necessário um investimento nos estudos/projetos de médio a longo prazo por forma a se poderem inferir melhor os principais mecanismos associados à produção fitoplanctónica que, está na base de toda a teia trófica marinha.

Em conclusão, este trabalho contribuiu para melhorar o atual estado de conhecimento científico sobre as comunidades fitoplanctónicas do banco submarino Condor (atualmente ainda fechado à pesca) e suas relações com outros fatores abióticos, complementando o primeiro estudo finalizado em 2011 e publicado em 2013 para o mesmo monte submarino (com outras estações e ano diferente). De igual forma, os resultados obtidos irão agora complementar outros trabalhos já realizados pela mesma equipa (Secção de Oceanografia do DOP/UAç), nos montes submarinos do Seine (NE do arquipélago da Madeira) e Sedlo (NE do arquipélago do Açores), ajudando desta forma, a perceber um pouco melhor os principais mecanismos associados a ecossistemas tão característicos como são os montes submarinos e, em particular, os do Atlântico Norte.

Referências Bibliográficas

Al-Kandari M., Al-Yamani F. Y., & Al-Rifaie K., (2009). Marine Phytoplankton Atlas of Kuwaits Waters. Kuwait Institute for Scientific Research, 351 pp.

Anderson G. C., (1969). Subsurface chlorophyll maximum in the Northeast Pacific Ocean. *Limnology and Oceanography*, 14, 186-391.

Arístegui J., Mendonça A., Vilas J. C., Espino M., Polo I., Montero M. F., Martins A., (2009). Plankton metabolic balance at two North Atlantic seamounts. *Deep-Sea Research II*, 56, 2646-2655.

Bashmachnikov I., Loureiro C. M., Martins A., (2013). Topographically induced circulation patterns and mixing over Condor seamount. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 98, Part A, 38-51, ISSN 0967-0645, <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.09.014>.

Brunke M. A., Zeng X., Misra V., & Beljaars A., (2008): Integration of a prognostic skin sea surface temperature scheme into climate and weather models. *Journal of Geophysical Research*, 113, D21117. (DOI:10.1029/2008JD010607.)

Carmo V., Santos M., Menezes G. M., Loureiro C., Lambardi P., & Martins A., (2013). Variability of zooplankton communities at Condor Seamount and surrounding areas, Azores (NE Atlantic). *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, Volume 98, Part A, Pages 63-74, ISSN 0967-0645. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.08.007>)

CEN 2006. Water quality - Guidance standard on the enumeration of phytoplankton using inverted microscopy (Utermöhl technique) English version EN 15204.2006, Technical Committee CEN/TC 230 “Water analysis”, Brussels.

Clarke K. R. & Gorley. R. N., (2006). *PRIMER v6: User manual/tutorial*. PRIMER-E: Plymouth UK, 190 pp.

Condor Consortium, 2011. Diversity of Life on Condor Seamount: Condor Biodiversity list In: Giacomello E & Menezes G (Eds). CONDOR Observatory for long-term study and monitoring of Azorean seamount ecosystems. Final Project Report. Arquivos do DOP, Série Estudos 1/2012, pp 201-206.

CONDOR Observatory for long-term study and monitoring of Azorean seamount ecosystems. Final Project Report. Arquivos do DOP, Série Estudos 1/2012, pp 201-206.

Cowles T. J., Olson R. J., & Chischolm S. W., (1988). Food selection by copepods: discrimination on the basis of food quality. *Marine Biology*, 100, 41-49.

Cullen J. J., (1982). The deep chlorophyll maximum: Comparing vertical profiles of Chlorophyll a. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39, 791-803.

Cullen J. J., & Eppley R. W., (1981). Chlorophyll maximum layers of the Southern California Bight and possible mechanism of their formation and maintenance. *Oceanologica Acta*, 4, 23-32.

Cushing D. H., (1989). A difference in structure between ecosystems in strongly stratified waters and in those that are only weakly stratified. *Journal of Plankton Research*, 11, 1-13.

Cymbron R., Pacheco D., Gonçalves V., Cabral M., Cruz J. V., Raposeiro P., Costa A., Marques H., Domingos M., Nunes J. C., Coutinho R., (2008). Monitorização das águas interiores das ilhas de Santa Maria e São Miguel da região autónoma dos Açores.

Dandonneau Y., (1977). Variations nyctémérales de la profondeur du masimum de chlorophylle dans le Dôme d'Angola (février-mars 1971). Cahiers, ORSTOM, *Série Océonographie*, 1, 27-37.

Denman K. L., & Gargett A. E., (1983). Time and space scales of vertical mixing and advection of phytoplankton in the upper ocean. *Limnology and Oceanography*, 28, 801-815.

Denman K. L., & Powell T. M., (1984). Effects of physical processes on planctonic ecosystems in the coastal ocean. *Oceanography and Marine Biology*, 22, 125-168.

Diersen H.M., (2010). Perspectives on empirical approaches for ocean color remote sensing of chlorophyll in a changing climate. *Proc. Natl. Acad. Sci* 107, 17073–17078.

Eppley R. W., Swift E., Redalje D. G., Landry M. R., & Hass L., (1988). Subsurface chlorophyll maximum in August-September 1985 in the CLIMAX area of the North Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, 42, 289-301.

- Estrada M., Marraé C., Latasa M., Berdalet E., Delgado M., & Riera T., (1993). Variability of deep chlorophyll maximum characteristics in the Northwestern Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, 92, 289-300.
- Fairall C. W., & Larsen S. E., (1986): Inertial dissipation methods and fluxes at the air ocean interface. *Boundary-Layer Meteorology*, 34, 287–301.
- Figueiredo M., Martins A., Castellanos P., Mendonça A., Macedo L., Rodrigues M., Lafon V., & Goulart N., (2004). HAZO: a software package for automated AVHRR and SeaWiFS acquisition and processing: Version 1. Interim progress report. Arquivos do DOP, Série Relatórios Internos, 3/2004, 92p.
- Gaard E., Gislason A., Falkenhaug T., Soiland H., Musaeva E., Vereshchaka A. (2008). Horizontal and vertical copepod distribution and abundance on the Mid-Atlantic Ridge in June 2004. *Deep-Sea Research II*, 55, 59-71.
- Garratt J. R., 1992: The Atmospheric Boundary Layer, Cambridge University Press, pp 316.
- Gianesella S., (2000). Variabilidade da Camada de Clorofila Máxima na Região de Quebra da Plataforma Continental Sudeste Brasileira. *Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo*.
- Goldman J. C., (1988). Spatial and temporal discontinuities of biological processes in pelagic surface waters. In: Rosthchild, B (ed). *Toward a Theory of Biological and Physical Interactions in the world ocean.*, Kluwer, 273-296.
- Gregg W.W., & Conkright M.E., (2001). Global seasonal climatologies of ocean chlorophyll: blending in situ and satellite data for the CZCS era. *Journal of Geophysical Research*, 106, 2499-2515.
- Longhurst A., Sathyendranath S., Platt T., & Caverhill, C., (1995). An estimate of global primary production in the ocean from satellite radiometer data. *Journal of Plankton Research*, 17, 1245-1271.
- Lorenzo L. M., Figueiras F. G., Tilstone G. H., Arbones B., Mirón I., (2004). Photosynthesis and light regime in the Azores Front region during summer: are light-

saturated computations of primary production suficiente?. *Deep Sea Research I*, 51, 1229-1244.

Mackas D. L., Denman K. L., & Abbott M. R., (1985). Plankton patchiness: biology in the physical vernacula. *Bulletin of Marine Science*, 37, 652-674.

Marañón E., Holligan P. M., Varela M., Mouriño B., & Bale A. J. (2000). Basin-scale variability of phytoplankton biomass, production and growth in the Atlantic Ocean. *Deep-Sea Research I*, 47, 825-857.

Marañón E., Behrenfeld M. J., González N., Mouriño B., & Zubkov M. V. (2003). High variability of primary production in oligotrophic waters of the Atlantic Ocean: uncoupling from phytoplankton biomass and size structure. *Marine Ecology Progress Series*, 257, 1-11.

Marañón E., (2009). *Phytoplankton size structure*. In: Encyclopedia of Ocean Sciences, 2º Ed. (J. H. Steele, K. K. Turekian & S. A. Thorpe, Editors) (pp. 445 – 452). Oxford, Academic Press.

Marra J., (1978). Effect of short-term variation in light intensity on photosynthesis of a marine phytoplankter: a laboratory simulation study. *Marine Biology*, 46, 191-202.

Martin B., & Christiansen B., (2009). Distribution of zooplankton biomass at three seamounts in the NE Atlantic. *Deep-Sea Research II*, 56, 2671-2682.

Martins, A.M., Amorim A. S. B., Figueiredo M. P., Souza R. J., Mendonça A. P., Bashmachnikov I. L., & Carvalho D. S., (2007). Sea surface temperature (AVHRR, MODIS) and ocean colour (MODIS) seasonal and interannual variability in the Macaronesian islands of Azores, Madeira, and Canaries. Proceedings of SPIE, 6743, 67430^a, 15 pp. (DOI: 10.1117/12.738373)

Martins A., Bashmachnikov I., Lafon V., Mendonça A., Jose F. & Figueiredo M., (2004). Discovering the Azores Current/Front System with SeaWiFS imagery. In: "Remote Sensing of Ocean and Sea Ice", edited by Charles R. Bostater, Jr., Rosalia Santoleri, Proceedings of SPIE, 5569, 156-167, 246 pp. (DOI: 10.1117/12.565589)

Martins A., Mendonça A., Carvalho A. F., Figueiredo M., Loureiro C., Baschmachnikov I., Sequeira S., Gomes S., Medeiros A., & Silva A. F., (2011).

Oceanographic in situ and satellite data collection on CONDOR bank (Azores, NE Atlantic): comparison with NAO indices, Earth Observation for Ocean-Atmosphere Interactions Science, 29 November – 2 December 2011, European Space Agency, ESRIN, Via Galileo Galilei, Frascati, 00044 Italy. Oral Communication.

Masó M., Sabatés A., & Olivares M. P., (1998). Short-term physical and biological variability in the shelf-slope region of the NW Mediterranean during the spring transition period. *Continental Shelf Research*, 18, 661- 675.

Mendonça A., Martins A., Figueiredo M., Bashmachnikov I., Couto A., Lafon V., & Arístegui J., (2010). Evaluation of ocean color and sea surface temperature sensors algorithms using in situ data: a case study of temporal and spatial variability on two northeast Atlantic seamounts. *Journal of Remote Sensing*, 4, 043506, 1-26. (DOI:10.1117/1.3328872)

Menezes G. M., Giacomello E., (2013). Spatial and temporal variability of demersal fishes at Condor Seamount (Northeast Atlantic). *Deep-Sea Research II*, 98, 101-113. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.08.010>)

Moita M. T., (2001). Estrutura, variabilidade e dinâmica do Fitoplâncton na Costa de Portugal Continental. *Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa*.

Morato T., Pitcher T. J., Clark, M. R., Menezes G., Tempera F., Porteiro F., & Santos R. S., (2010). Can We Protect Seamounts for Research? - A Call for Conservation. *Oceanography*, 23, 190-199.

Morton B., Britton J.C. & Martins A.F.M., (1998). Ecologia costeira dos Açores. Sociedade Afonso Chaves, Ponta Delgada, 249 pp.

Mullin M. M., & Brooks E. R., (1976). Some consequences of distributional heterogeneity of phytoplankton and zooplankton. *Limnology and Oceanography*, 21, 784-796.

Napp J. M., (1987). Primary productivity maxima in the Southern California Bight: distribution, predicted depth and nutritional content. *Oceanologica Acta*, 10, 329-337.

Neto A. I., Brotas V., Azevedo J. M. N., Patarra R. F., Álvaro N. M. V., Gameiro C., Prestes A. C. L., Nogueira E. M., (2009). *Qualidade de águas costeiras da ilha Terceira*

(Açores) e proposta de monitorização. Departamento de Biologia, Universidade dos Açores.

Oceanography Section, (2011). Observatory for long-term study and monitoring of Azorean seamount ecosystems: CONDOR, WP -1: Physical oceanography of Condor seamount. CONDOR Project Workshop, 16-17 February, Horta, Azores. Invited oral presentation given by A. Martins, A. Mendonça, and M. Santos.

Owen R., (1989). Micro –scale and time –scale variations of small plankton in coastal and pelagic environments. *Journal of Marine Research*, 47, 197-240.

Pitcher T. J., Morato T., Hart P. J., Clark M. R., Haggan N., & Santos R. S., (2007). *Seamounts: Ecology, Fisheries & Conservation*. Oxford, UK: Blackwell Publishing. 527 pp.

Raimundo J., Vale C., Caetano M., Giacomello E., Anes B., Menezes G. M., (2013). Natural trace element enrichment in fishes from a volcanic and tectonically active region (Azores archipelago). *Deep Sea Research Part II*, 98(Part A): 137-147. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.02.009>)

Ríos A. F., Pérez F. F., Álvarez M., Mintrop L., González-Dávila M., Santana Casiano J. M., J. M., Lefèvre N., & Watson A. J., (2005). Seasonal sea-surface carbon dioxide in the Azores area. *Marine Chemistry*, 96, 35-51.

Santos M., (2011). Caracterização de comunidades planctónicas no banco submarino Condor (Sudoeste da Ilha do Faial, Açores): Associação dos principais padrões de distribuição com fatores ambientais adjacentes. *Departamento de Oceanografia e Pescas da Universidade dos Açores*.

Santos M., Moita M. T., Bashmachinov I., Menezes G. M., Carmo V., Loureiro C. M., Mendonça A., Silva A. F & Martins A., (2013). Phytoplakton variability and oceanographic conditions at Condor seamount, Azores (NE Atlantic). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 98, Part A, 52-62, ISSN 0967-0645 (<http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.05.037>)

Schiller J., (1937). Dinoflagellatae (Peridineae) in monographischer Behandlung. In: Rabenhorst L (ed), *Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*, pp. 1-589. Akademische, Leipzig.

Silva A., Brotas V., Valente A., Sá C., Diniz T., Patarra R. F., Álvaro N. V., Neto A. I., (2013). Coccolithophore species as indicators of surface oceanographic conditions in the vicinity of azores islands. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.

Silva C. S., (2000). Estudo da comunidade epizooplancónica da costa Sul da Ilha do Faial, Arquipélago dos Açores. *Relatório de Estágio de Licenciatura, Universidade de Lisboa*, 18.

Sournia A., (1978). *Phytoplankton manual*. United Kingdom: Unesco.

Strickland J. D., & Parsons T. R. (1972). *A Practical Handbook of Seawater Analysis*, 2^o ed. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, 310 pp.

Teira E., Mouriño B., Marañón E., Pérez V., Pazó, M. J., Serret P., et al. (2005). Variability of chlorophyll and primary production in the Eastern North Atlantic Subtropical Gyre: potential factors affecting phytoplankton activity. *Deep-Sea Research I*, 52, 569-588.

Tempera F., Giacomello E., Mitchell N., Campos A. S., Braga Henriques A., Martins A., Bashmachnikov I., Mendonça A., Morato T., Colaço A, Porteiro F. M., Catarino D., Gonçalves J., Pinho M. R., Isidro E. J., Santos R. S. & Menezes G., (2012). Mapping the Condor seamount seafloor environment and associated biological assemblages (Azores, NE Atlantic). [Chapter 58]: pp. 807-818. In: Peter T. Harris & Elaine K Baker (Eds.) *Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat: Geohab Atlas of Seafloor Geomorphic Features and Benthic Habitats*. [936pp.] Elsevier Insights. (DOI: 10.1016/B978-0-12-385140-6.00059-1 - [ISBN-10: 0123851408/ ISBN-13: 978-0123851406])

Tomas C. R., (ed.) (1997). *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press, San Diego, CA.

Weller R. A., & Price J. F., (1988). Langmuir circulation within the oceanic mixed layer. *Deep-Sea Research Part A*, 35, 711-744.

Wick G. A., Emery W. J., L. Kantha H., & Schluessel P., (1996): The behavior of the bulk-skin sea surface temperature difference under varying wind speed and heat flux. *Journal of Physical Oceanography*, 26, 1969-1988.

Woods J. D., & Barkmann W., (1995). Modelling oligotrophic zooplankton production: seasonal oligotrophy off the Azores. *ICES Journal of Marine Science*, 52, 723-734.

Yentsch C.S., (1993). CZCS: its role in the study of the growth of oceanic phytoplankton. In: Barale, V., Schlittenhardt, P.M. (Eds.), *Ocean Colour: Theory and Applications in a Decade of CZCS Experience*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 17-32.

Zeng X., & Beljaars A., (2005): A prognostic scheme of sea surface skin temperature for modeling and data assimilation. *Geophysical Research Letters*, 32. (DOI:10.1029/2005GL023030)

Site:

<http://www.algaebase.org/>

Anexos

Anexo A

Listagem das espécies de fitoplâncton identificadas

Diatomáceas

Asterionellopsis glacialis (Castracane) Round 1990

Asteromphalus sp. Ehrenberg 1844

Azpeitia sp. Peragallo in Tempère & Peragallo 1912

Bacteriastrum delicatulum Cleve 1897

Bacteriastrum furcatum Shadbolt 1854

Cerataulina pelagica (Cleve) Hendey 1937

Chaetoceros peruvianus Brighwell 1856

Chaetoceros sp. Ehrenberg 1844

Cylindrotheca closterium (Ehrenberg) Reimann & Lewin 1964

Detonula pumila (Castracane) Gran 1900

Diatomácea N.I.

Diatomácea cêntrica N.I.

Diatomácea pinulada N.I.

Eucampia sp. Ehrenberg 1839

Guinardia sp. Peragallo 1892

cf *Gossleriella tropica* Schütt 1892

Hemiaulus hauckii Grunow ex Van Heurck 1882

Hemiaulus sp. Heiberg 1863

Leptocylindrus danicus Cleve 1889

Leptocylindrus sp. Cleve 1889

cf *Minidiscus trioculatos* (Taylor) Hasle 1973

Navicula delicatula Cleve 1894

Navicula directa (Smith) Ralfs in Pritchard 1861

Navicula sp. Bory 1822

Nitzschia longissima (Brébisson) Ralfs in Pritchard 1861

Nitzschia sicula var. *bicuneata* (Grunow) Hasle 1960

Nitzschia sp. Hassall 1845

Odontella sp. Agardh 1832

cf Planktoniella blanda (Schmidt) Syvertsen & Hasle 1993
Planktoniella sol (Wallich) Schütt 1892
Pleurosigma normanii Ralfs in Pritchard 1861
Pleurosigma sp. Smith 1852
Pseudo-nitzschia sp. Peragallo 1900
Rhizosolenia sp. Brightwell 1858
Skeletonema sp. Greville 1865
Thalassionema nitzschioides (Grunow) Mereschkowsky 1902
Thalassionema sp. Grunow ex Mereschkowsky 1902
Thalassiosira punctigera (Castracane) Hasle 1983
Thalassiosira sp. Cleve 1873

Dinoflagelados

Akashiwo sanguinea (Hirasaka) Hansen & Moestrup in Daugbjerg, Hansen, Larsen & Moestrup 2000
Amphidinium sp. Claparède & Lachmann 1859
Amphidoma caudata Halldal 1953
cf Brachydinium capitatum Taylor 1963
cf Centrodinium sp. Kofoid 1907
Ceratium arietinum Cleve 1900
Ceratium declinatum (Karsten) Jörgensen 1911
Ceratium furca (Ehrenberg) Claparède & Lachmann 1859
Ceratium fusus (Ehrenberg) Dujardin 1841
Ceratium inflatum (Kofoid) Jörgensen 1911
Ceratium lineatum (Ehrenberg) Cleve 1899
Ceratium sp. Schrank 1793
Ceratium teres Kofoid 1907
Ceratium tripos (Müller) Nitzsch 1817
Ceratocorys horrida Stein 1883
Cladopyxis brachiolata Stein 1883
Cladopyxis sp. Stein 1883
Corythodinium tessellatum (Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III 1966
Dinoflagelado N.I.
Dinophysis acuminata Claparède & Lachmann 1859

Dinophysis sp. Ehrenberg 1839
Diplopsalis sp. Bergh 1881
Glenodinium alpestre Chodat 1921
Gonyaulax grindleyi Reinecke 1967
Gonyaulax scrippsae Kofoid 1911
Gonyaulax sp. Diesing 1866
Gymnodinium sp. Stein 1878
Gyrodinium fusiforme Kofoid & Swezy 1921
Gyrodinium lachryma (Meunier) Kofoid & Swezy 1921
Gyrodinium sp. Kofoid & Swezy 1921
Gyrodinium spirale (Bergh) Kofoid & Swezy 1921
Heterocapsa rotundata (Lohmann) Hansen 1995
Heterocapsa cf. *triquetra* (Ehrenberg) Stein 1883
Histioneis sp. Stein 1883
Ornithocercus magnificus Stein 1883
Ornithocercus quadratus Schütt 1900
Oxyphysis oxytoxoides Kofoid 1926
Oxytoxum caudatum Schiller 1937
Oxytoxum curvatum (Kofoid) Kofoid 1911
Oxytoxum gladiolus Stein 1883
Oxytoxum globosum Schiller 1937
Oxytoxum laticeps Schiller 1937
Oxytoxum ovale Schiller 1937
Oxytoxum scolopax Stein 1883
Oxytoxum sp. Stein 1883
Oxytoxum variabile Schiller 1937
Palaeophalacroma uncinatum Schiller 1928
Phalacroma favus Kofoid & Michener 1911
Phalacroma rotundatum (Claparède & Lachamann) Kofoid & Michener 1911
Phalacroma sp. Stein 1883
Podolampas bipes Stein 1883
Podolampas palmipes Stein 1883
Polykrikos kofoidii Chatton 1914
Prorocentrum balticum (Lohmann) Loeblich III 1970

Prorocentrum cf *dentatum* Stein 1883
Prorocentrum gracile Schütt 1895
Prorocentrum micans Ehrenberg 1833
Prorocentrum minimum (Pavillard) Schiller 1933
Prorocentrum sp. Ehrenberg 1833
Protoferidinium sp. Bergh 1881
cf *Pyrocystis lunula* (Schütt) Schütt 1896
Pyrocystis sp. Murray ex Haeckel 1890
Scrippsiella sp. Balech ex Loeblich III 1965
Scrippsiella trochoidea (Stein) Loeblich III 1976
cf *Spiraulax kofoidii* Graham 1942
cf *Torodinium* sp. Kofoid & Swezy 1921
Torodinium teredo (Pouchet) Kofoid & Swezy 1921

Flagelados

Actinomonas mirabilis Kent 1880-82
Actinomonas sp. Kent 1881
Chlamydomonas coccooides Butcher 1959
Chlamydomonas sp. Ehrenberg 1833
Chromulina sp. Cienkowsky 1870
Chrysochromulina hirta Manton 1978
Chrysochromulina sp. Lackey 1939
cf *Corymbellus aureus* Green 1976
Criptomonadales N.I.
Dictyocha fibula Ehrenberg 1839
Dictyocha sp. Ehrenberg 1837
Flagelado N.I.
Halosphaera sp. Schmitz 1878
Hemiselmis rufescens Parke 1949
cf *Heterosigma akashiwo* (Hada) Hada 1968
Imantonia rotunda Reynolds 1974
Imantonia sp. Reynolds 1974
Ochromonas oblonga Carter 1937
Ochromonas sp. Wyssotski 1887

Phaeocystis globosa Scherffel 1899

Phaeocystis pouchetii (Hariot) Lagerheim 1893

Phaeocystis sp. Lagerheim 1893

Plagioselmis prolunga Butcher ex Novarino, Lucas & Morrall 1994

Prymnesium parvum Carter 1937

Pyramimonas sp. Schmarda 1850

Cocolitóforos

Anoplosolenia brasiliensis (Lohmann) Deflandre 1952

Braarudosphaera bigelowii (Gran & Braarud) Deflandre 1974

Calcidiscus leptoporus (Murray & Blackman) Loeblich Jr. & Tappan 1978

Calciopappus caudatus Gaarder & Ramsfjell 1954

Calciosolenia murrayi Gran 1912

Cocolitóforo N.I.

Discosphaera tubifer (Murray & Blackman) Ostenfeld 1900

Emiliana huxleyi (Lohmann) Hay & Mohler 1967

Halopappus adriaticus Schiller 1914

Michaelsarsia elegans Gran 1912

Ophiaster sp. Gran 1912

Rhabdosphaera sp. Haeckel 1894

Scyphosphaera apsteinii Lohmann 1902

Syracosphaerales N.I.

Umbilicosphaera sibogae (Weber-van Bosse) Gaarder 1970

Anexo B

Tabela I - Resultados obtidos pela análise SIMPER, para o fator “Mês” (“J_09” corresponde ao mês de Julho de 2009 e “N_09” ao mês de Novembro de 2009). Apresenta-se a similaridade obtida dentro dos grupos através da contribuição de cada espécie para essa similaridade total. A similaridade é representada por “Sim”, o desvio padrão por “SD” e a percentagem de contribuição de cada grupo por “Cont%”.

Mês	Média de Similaridade	Espécies	Abundância Média	Similaridade Média	Sim/SD	Con%
J_09	42,45	<i>Dinoflagelado N.I.</i>	83,27	6,80	2,21	16,01
		<i>Emiliana huxleyi</i>	95,34	5,58	1,07	13,15
		<i>Cocolitóforo N.I.</i>	83,48	5,54	1,14	13,04
		<i>Oxytoxum laticeps</i>	48,42	3,07	1,22	7,24
		<i>Oxytoxum sp</i>	39,99	3,05	1,51	7,20
N_09	41,64	<i>Emiliana huxleyi</i>	72,82	11,49	3,73	27,59
		<i>Cocolitóforo N.I.</i>	55,10	7,24	1,13	17,39
		<i>Dinoflagelado N.I.</i>	46,84	5,87	1,26	14,11
		<i>Calcidiscus leptoporus</i>	30,36	3,52	0,86	8,46
		<i>Gymnodinium sp</i>	22,98	2,56	0,84	6,14

Tabela II - Resultados obtidos pela análise SIMPER, para o fator “Mês” (“J_09” corresponde ao mês de Julho de 2009 e “N_09” ao mês de Novembro de 2009), com representação da contribuição de cada espécie para a dissimilaridade entre grupos. A abundância é representada por “Abund”, a dissimilaridade por “Diss”, o desvio padrão por “SD” e a percentagem de contribuição de cada grupo por “Cont%”.

Mês	Média de Diss	Espécies	Abund Média J_09	Abund Média N_09	Diss Média	Diss/SD	Cont%
J_09 & N_09	63,89	<i>Emiliana huxleyi</i>	95,34	72,82	4,82	1,54	7,54
		<i>Cocolitóforo N.I.</i>	83,48	55,10	4,27	1,35	6,69
		<i>Calcidiscus leptoporus</i>	61,17	30,36	3,67	1,34	5,74
		<i>Dinoflagelado N.I.</i>	83,27	46,84	3,42	1,40	5,35
		<i>Diatomácea cêntrica N.I.</i>	38,53	7,62	2,86	0,97	4,48

Tabela III - Representação média dos taxa mais e menos representativos da composição da comunidade fitoplanctônica do banco submarino Condor nos meses de Verão de 2009. A abundância está apresentada em indivíduos/L.

	Espécies	Abundância (ind L⁻¹)
Mais Abundantes	<i>Emiliana huxleyi</i>	11831
	<i>Cocolitóforo N. I.</i>	11428
	<i>Dinoflagelado N. I.</i>	8027
	<i>Calcidiscus leptoporus</i>	7940
	<i>Diatomácea cêntrica N. I.</i>	3368
	<i>Oxytoxum laticeps</i>	3089
	<i>Flagelado N. I.</i>	2125
Menos Abundantes	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	1
	<i>Bacteriastrum delicatulum</i>	1
	<i>Hemialus sp</i>	1
	<i>Nitzschia longissima</i>	1
	<i>Ornithocercus magnificus</i>	1
	<i>Phaeocystis globosa</i>	1
	<i>Halopappus adriaticus</i>	1
	<i>Anoplosolenia brasiliensis</i>	2
	<i>Ceratium furca</i>	2
	<i>Hemialus huackii</i>	2
	<i>Guinardia sp</i>	3
	<i>Ceratium sp</i>	3
	<i>Ceratium lineatum</i>	4
	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	4

Tabela IV - Representação média dos taxa mais e menos representativos da composição da comunidade fitoplanctônica do banco submarino Condor nos meses de Outono de 2009. A abundância está apresentada em indivíduos/L.

	Espécies	Abundância (ind L⁻¹)
Mais Abundantes	<i>Emiliana huxleyi</i>	6424
	<i>Cocolitóforo N. I.</i>	4281
	<i>Dinoflagelado N. I.</i>	3102
	<i>Calcidiscus leptoporus</i>	1479
	<i>Ophiaster sp</i>	1100
Menos Abundantes	<i>Pseudo-nitzschia sp</i>	1
	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	1
	<i>Ceratium fusus</i>	1
	<i>Gonyaulax sp</i>	1
	<i>Protoperidinium sp</i>	1
	<i>Calciopappus caudatus</i>	2
	<i>Michaelsarsia elegans</i>	4
	<i>Dictyocha sp</i>	5

Tabela V - Representação média dos taxa mais e menos representativos da composição da comunidade fitoplanctónica do Canal Faial-Pico nos meses de Verão de 2009. A abundância está apresentada em indivíduos/L.

	Espécies	Abundância (ind L⁻¹)
Mais Abundantes	<i>Emiliana huxleyi</i>	28227
	<i>Chaetoceros sp</i>	9205
	<i>Dinoflagelado N. I.</i>	7475
	<i>Diatomácea pinulada N. I.</i>	6255
	<i>Oxytoxum laticeps</i>	4847
	<i>Diatomácea N. I.</i>	4299
Menos Abundantes	<i>Ceratium teres</i>	2
	<i>Bacteriastrum delicatulum</i>	3
	<i>Hemialus sp</i>	5
	<i>Phaeocystis globosa</i>	7
	<i>Hemialus huackii</i>	12
	<i>Guinardia sp</i>	20