

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CAMILA BLUM MARQUES WEBER

TAXONOMIA DE ALGUMAS ESPÉCIES DE COCOLITOFORÍDEOS
(HAPTOPHYTA - COCCOLITOPHYCEAE) DA BACIA DE SANTOS, BRASIL.

CURITIBA

2023

CAMILA BLUM MARQUES WEBER

TAXONOMIA DE ALGUMAS ESPÉCIES DE COCOLITOFORÍDEOS
(HAPTOPHYTA - COCCOLITOPHYCEAE) DA BACIA DE SANTOS, BRASIL.

Monografia apresentada como requisito parcial
à obtenção do título de bacharela em Ciências
Biológicas, Curso de Ciências Biológicas, Setor
de Ciências Biológicas, Universidade Federal do
Paraná.

Orientador: Dr. Luciano Felício Fernandes

CURITIBA

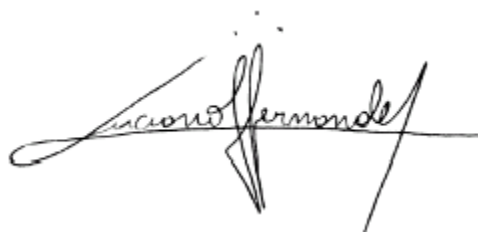
2023

TERMO DE APROVAÇÃO

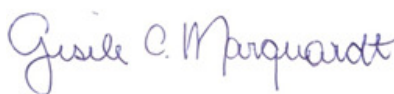
CAMILA BLUM MARQUES WEBER

TAXONOMIA DE ALGUMAS ESPÉCIES DE COCOLITOFORÍDEOS (HAPTOPHYTA - COCCOLITOPHYCEAE) DA BACIA DE SANTOS, BRASIL.

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de bacharela em Ciências Biológicas, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:



Prof. Dr. Luciano Felício Fernandes
Orientador – Departamento de Botânica da
Universidade Federal do Paraná, UFPR.



Dra. Gisele Carolina Marquadt
Departamento de Botânica da Universidade Federal
do Paraná, UFPR.



Dra. Priscila Izabel Tremarin
Departamento de Botânica da Universidade Federal
do Paraná, UFPR.

Curitiba, 05 de Julho de 2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e à minha mãe, Mônica, por ter sido, desde o início da minha jornada acadêmica, a minha maior apoiadora nos estudos. Serei eternamente grata por tudo o que fez por mim.

Em segundo lugar, e não menos importante, agradecer ao meu esposo Carlson, que foi essencial para que me mantivesse focada e perseverante, estando sempre ao meu lado.

Agradeço à Petrobras, ao Instituto Oceanográfico da USP e à Universidade Federal do Paraná por possibilitarem a execução desse projeto, e, em especial, ao professor Luciano, que me acompanhou durante toda essa trajetória. Suas orientações, conselhos e críticas construtivas contribuíram de forma significativa para o aprimoramento desta monografia.

Por fim, obrigada a todos os amigos que me acompanharam e que, de alguma forma, participaram desse momento tão sonhado.

AMOR FATI

RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo taxonômico de algumas espécies de cocolitoforídeos (Haptophyta - Coccolithophyceae) encontradas na Bacia de Santos. Essas microalgas são caracterizadas pela sua singular parede celular (cocosfera), composta por inúmeras placas formadas por carbonato de cálcio (cocolitos). Os cocolitos apresentam uma variedade de formas, com ornamentações e extensões, criando diversos padrões na superfície da cocosfera, e possuem distribuição global, habitando regiões quentes, frias, ambientes rasos e até mais profundos. A Bacia de Santos, localizada na região Sudeste-Sul da costa do Brasil, é uma área de extrema importância econômica devido aos recursos pesqueiros e de exploração do petróleo, entretanto, poucos são os trabalhos realizados sobre esses organismos em águas brasileiras, o que evidencia a relevância deste estudo. Nesse contexto, foram coletadas amostras de água em 60 estações da bacia, na zona de mistura (SUP) e na profundidade de máximo de clorofila (PMC), durante os meses de agosto a outubro de 2019. As amostras foram posteriormente observadas em microscopia eletrônica de varredura, permitindo a identificação, descrição e medição das espécies de cocolitoforídeos presentes. Foram descritas e mensuradas 12 espécies neste trabalho. A Família Syracosphaeraceae foi a que apresentou maior número de espécies descritas (*Michaelsarsia adriatica*, *Ophiaster formosus*, *Syracosphaera mediterranea* e *Syracosphaera pulchra*), enquanto *Emiliania huxleyi* e *Gephyrocapsa oceanica* foram as mais abundantes nas amostras. As espécies *Ophiaster formosus* e *Umbilicosphaera hultburtiana* são novas citações para Bacia de Santos. É possível que tenha sido encontrada uma nova associação do ciclo de vida de *Syracosphaera pulchra* (heterococolito) com *Calyptrolithina multipora* (holococolito).

Palavras-chave: Nanoplâncton; Biodiversidade; Bacia de Santos; Cocosfera; Cocolitos.

ABSTRACT

The present work presents a taxonomic study of some species of coccolithophorids (Haptophyta - Coccolithophyceae) found in the Santos Basin. These microalgae are characterized by their unique cell wall (coccosphere), composed of numerous plaques formed by calcium carbonate (coccoliths). Cocoliths have a variety of shapes, with ornamentations and extensions, creating different patterns on the surface of the coccosphere, and have a global distribution, inhabiting hot and cold regions, shallow environments and even deeper ones. The Santos Basin, located in the Southeast-South region of the coast of Brazil, is an area of extreme economic importance due to its fishing and oil exploration resources. the relevance of this study. In this context, water samples were collected at 60 stations in the basin, in the mixing zone and at the deep chlorophyll maximum (DCM), during the months of August to October 2019. The samples were later observed in electron microscopy scanning, allowing the identification, description and measurement of coccolithophorid species present. Twelve species were described and measured in this work. The Syracosphaeraceae family had the highest number of described species (*Michaelsarsia adriatica*, *Ophiaster formosus*, *Syracosphaera mediterranea* and *Syracosphaera pulchra*), while *Emiliana huxleyi* and *Gephyrocapsa oceanica* were the most abundant in the samples. The species *Ophiaster formosus* and *Umbilicosphaera hurburtiana* are new citations for the Santos Basin. It is possible that a new association of the life cycle of *Syracosphaera pulchra* (heterococcolith) with *Calyptrolithina multipora* (holococcolith) has been found.

Keywords: Nanoplankton; Biodiversity; Santos Basin; Coccosphere; Coccoliths.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Mapa de distribuição das estações oceanográficas na Bacia de Santos, amostradas entre Agosto e Outubro de 2019.....	15
FIGURA 2 - Cocosfera de <i>Algirosphaera robusta</i> (vista apical)	25
FIGURA 3 - Cocosfera de <i>Calciosolenia brasiliensis</i>	25
FIGURA 4 - Escafolitos de <i>C. brasiliensis</i>	25
FIGURA 5 - Seta – Cocolitos de <i>Calyptrolithina multipora</i> ; Cabeça de seta – Cocolitos de <i>Syracosphaera pulchra</i>	25
FIGURA 6 - Cocosfera de <i>Emiliana huxleyi</i>	25
FIGURA 7 - Cocosfera de <i>Gephyrocapsa oceanica</i>	25
FIGURA 8 - Cocosfera de <i>Michaelsarsia adriatica</i> ; Seta – Cocolitos da coroa em forma de anel e espinhos projetados; Cabeça de seta – Corpo de <i>M. adriatica</i>	25
FIGURA 9 - Cocosfera de <i>Oolithotus antillarum</i>	31
FIGURA 10 - Parte de cocosfera de <i>Ophiaster formosus</i> ; Seta – Osteólitos interconectados; Cabeça de seta – Cocolitos da região circunflagelar com espinhos	31
FIGURA 11 - Cocolitos de <i>Syracosphaera mediterranea</i>	31
FIGURA 12 - Cocosfera de <i>Syracosphaera pulchra</i>	31
FIGURA 13 - Cocolitos de <i>Umbellosphaera tenuis</i> ; Seta – Macrolito em vista distal; Cabeça de seta – Microlito em vista proximal	31
FIGURA 14 - Cocosfera de <i>Umbilicosphaera hulburtiana</i> ; Seta – Detalhe das papilas dos cocolitos	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	14
3	MATERIAIS E MÉTODOS	15
3.1.	Plano Amostral da Bacia de Santos	15
3.2.	Amostragens de plâncton e análises laboratoriais	16
4	RESULTADOS E COMENTÁRIOS TAXONÔMICOS.....	18
4.1	Enquadramento sistemático das espécies	18
4.2	Descrições e medidas das espécies	19
5	CONCLUSÕES.....	32
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1 INTRODUÇÃO

Os cocolitoforídeos são protistas biflagelados marinhos, fotossintetizantes, unicelulares e de tamanho diminuto ($< 20\mu\text{m}$, raramente excedendo $30\mu\text{m}$) (Heimdal 1997). Todas as espécies possuem dois flagelos de mesmo tamanho, posicionados na região anterior, e apresentam um haptonema - organela singular do Filo Haptophyta, que possibilita a captura de alimentos e adesão a superfícies (Saéz et al., 2004). Normalmente são encontradas somente partes vestigiais do haptonema no interior celular, no entanto, a estrutura pode ser visível em alguns organismos, durante a sua fase móvel (Heimdal, 1997). Embora visualmente similar aos flagelos, essa organela se difere em sua estrutura interna, possuindo composição padrão de 6-7 microtúbulos, dispostos em formato de meia lua (C/U) (Billard & Inouye, 2004). Os plastídeos dos cocolitoforídeos apresentam quatro membranas em decorrência do processo de endossimbiose secundário, similar ao observado nas diatomáceas, apresentando também clorofilas a, c2, c3 e pigmento fucoxantina, evidenciando a relação evolutiva com as algas douradas (Bacillariophyta). Como material de reserva, essas algas possuem polissacarídeos do tipo crisolaminarina (Nogueira et al., 2020)

Uma característica peculiar destes organismos é a parede celular (cocosfera) formada por numerosos cocolitos compostos por carbonato de cálcio. Em decorrência disso, os cocolitoforídeos são importantes para o fluxo de carbono inorgânico em habitats pelágicos, contribuindo intensamente para a formação sedimentar (Cross & Fortuño, 2002). Há uma subdivisão entre as espécies em relação ao tipo de cocolito que possuem, podendo ser categorizados em holococolitos, quando os cristais que formam os cocolitos são organizados de forma prismática romboédrica ou hexagonal, e heterococolitos, formados por cristais que variam sua biomineralização em forma e tamanho (Findlay et al., 2005). Salvo exceções, cocosferas que não condizem com nenhum dos dois padrões são classificadas como nanólitos, como em *Braarudosphaera* Deflandre, 1947 e *Florisphaera* H.Okada & S.Honjo, 1973 (Young et al., 2003). Pertinente mencionar também que são produzidas camadas mais numerosas de cocolitos em ambientes oligotróficos, possibilitando o alcance dos organismos a maiores profundidades e, consequentemente, regiões mais ricas em nutrientes (Heimdal 1997).

A forma de reprodução mais comum em cocolitoforídeos ocorre através da fissão binária, de forma assexuada; todavia, também há ocasionalmente a formação de gametas. Grande parte das espécies possui ciclo vital com duas fases vegetativas heteromórficas,

de modo que ambas são capazes de realizar a reprodução assexuada. Essa heteromorfia altera a mobilidade celular do organismo: enquanto a fase haplóide é móvel, a fase diplóide se torna estática (Nogueira et al., 2020). Além disso, as formas de holococolitos e heterococolitos são, respectivamente, produtos das fases de vida haplóide e diplóide, formadas através de processos distintos de biomineralização (Young et al., 2003). De certa forma, essa plasticidade pode ter garantido certa vantagem evolutiva aos cocolitoforídeos, uma vez que promove a expansão de seu nicho, pois organismos em fase móvel (através de flagelos), conseguem alcançar ambientes mais ricos em nutrientes (Jordan, 2009).

A grande maioria das espécies de cocolitoforídeos é marinha, habitando áreas rasas ou regiões oceânicas tropicais e subtropicais, podendo ser encontradas também em regiões mais frias e temperadas (Jordan, 2009); raramente em ambientes de água doce e salobra (Heimdal, 1997). Baumann et al. (2005) nos evidencia que há maior diversidade de espécies em ambientes oligotróficos quentes e com salinidade elevada, comparada a áreas costeiras. Há também certa relação entre a distribuição das assembleias e a morfologia dos cocolitos: espécies com placolitos (forma de cocolito composta por duas placas separadas por um tubo) são mais abundantes em ambientes mesotróficos e eutróficos, como áreas costeiras e de ressurgência (e.g. *Emiliania huxleyi* (Lohmann, 1902) Hay & Mohler 1967; *Gephyrocapsa* spp. Kamptner 1943; *Umbilicosphaera* spp. Lohmann, 1902); espécies umbeliformes, que possuem múltiplas camadas de cocolitos (e.g. *Discosphaera* spp. Haeckel 1894; *Umbellosphaera* spp. Paasche 1955), mais abundantes em ambientes oligotróficos e profundos; e espécies floriformes (e.g. *Florisphaera profunda*), com maior registro em zona fótica profunda (Baumann et al., 2005). Finalmente, resultados mais recentes (Balch et al., 2019) sugerem haver maior abundância de organismos em comunidades com diversidade reduzida.

A taxa de crescimento dos cocolitoforídeos é regulada por diversos fatores ambientais, entre eles, a disponibilidade de luz e nutrientes, temperatura, pH e salinidade da água. A disponibilidade de nutrientes, como nitratos e fosfatos, é imprescindível para a calcificação de suas cocosferas. Por outro lado, estudos demonstram que o excesso de nutrientes pode inibir seu crescimento (Baumann, 2005).

Analisando de forma global, o Filo Haptophyta é composto por cerca de 300 espécies, das quais, aproximadamente 200 são de cocolitoforídeos (Jordan & Chamberlain 1997). Atualmente, existem cerca de 100 espécies de cocolitoforídeos registrados em águas brasileiras (Bergesh & Menezes, 2015). Grande parte dos trabalhos

relacionados a essas microalgas, sejam de caráter taxonômico, ecológico ou paleogeográfico, é oriunda de pesquisadores internacionais, sendo poucos os trabalhos feitos por brasileiros. Alguns dos mais importantes são parte de uma compilação de dados relativamente recente, registrando a ocorrência de 93 espécies de cocolitoforídeos no Brasil (Bicudo & Menezes, 2009). Neste estudo foram registradas espécies nas regiões sul, sudeste e nordeste, não havendo dados da região norte. Outro trabalho de extrema relevância é o de Ribeiro (1996), que apresenta a caracterização taxonômica e ecológica das comunidades pico- nano- e microplânctônicas do Atlântico Sul, totalizando cerca de 70 descrições de espécies de cocolitoforídeos no Brasil.

Inicialmente, a taxonomia deste grupo de protistas baseava-se em caracteres morfológicos, por meio da análise de seus cocolitos, sendo aperfeiçoada a partir das décadas de 50 e 70 com a utilização de microscopia de transmissão e de varredura. Entretanto, foi somente mediante a filogenia molecular que se obteve maior clareza na classificação. Um dos maiores equívocos, anteriores a classificação com bases moleculares, foi a separação de táxons em holococolitos e heterococolitos, uma vez que, hoje, é de conhecimento difundido que tais formas são características do ciclo de vida haplóide e diplóide desses organismos, e não referente a diferentes espécies (Jordan, 2009).

Os cocolitoforídeos são considerados um dos mais relevantes componentes do nanoplâncton oceânico, sendo o principal grupo de produtores de carbonato de cálcio pelágico, desempenhando um papel fundamental no ciclo do carbono global. Muitas florações de algas, como os famosos “blooms” de *Emiliana huxleyi*, são importantes objetos de estudo climáticos, uma vez que essas assembleias garantem a redistribuição de dióxido de carbono entre a atmosfera e os oceanos, contribuindo no controle do aquecimento global e na previsão de futuras mudanças. Entretanto, por mais que essa biota pelágica marinha favoreça o sequestro e sedimentação de carbono no fundo oceânico, acredita-se que a calcificação de seus cocólitos possa diminuir à medida que ocorre aumento de concentrações atmosféricas de dióxido de carbono (CO₂) (Baumann, 2004). Outra questão ambiental relevante é acerca das discussões em torno da hipótese CLAW (acrônimo dos nomes dos pesquisadores proponentes: Charlson, Lovelock, Andreae e Warren), que destaca a grande influência do fitoplâncton marinho em exercer, a partir da produção e liberação de dimetilsulfeto, estímulo a formação de nuvens, promovendo maior reflexão dos raios solares, influenciando diretamente na manutenção do clima (Nunes-Neto, 2009). Além das questões climáticas, o grupo também é potencial

para estudos relacionados a hipóteses evolutivas, sendo notáveis biomarcadores para a interpretação das mudanças globais ao longo da história, uma vez que possuem registro geológico datado de aproximadamente 200-250 milhões de anos (Brownlee & Taylor, 2004). Considerando sua importância e aplicações descritas acima, torna-se mais do que natural um crescente número de estudos sobre o grupo, envolvendo biólogos e geólogos marinhos, paleontólogos e bioquímicos (Billard & Inouye, 2004).

2 OBJETIVOS

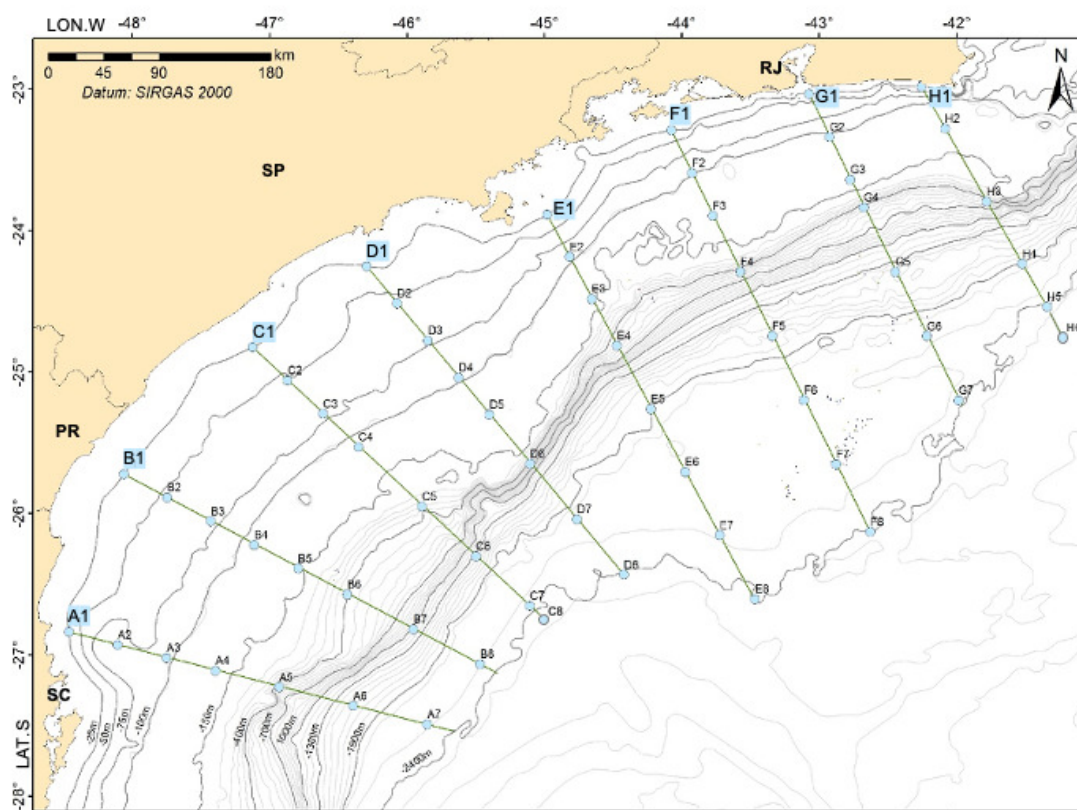
Realizar a taxonomia de algumas espécies de cocolitoforídeos (Coccolithophyceae) na Bacia de Santos, na região Sudeste-Sul, com base em amostras coletadas no inverno - primavera de 2019. As espécies foram medidas e fotografadas, visando também contribuir com os registros de distribuição geográfica dos cocolitoforídeos no Brasil e, desse modo, possibilitar comparação com resultados de trabalhos anteriores realizados na Bacia de Santos e áreas adjacentes no Brasil.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Plano Amostral da Bacia de Santos

A Bacia de Santos, abrangendo as águas neríticas e oceânicas ao largo do Rio de Janeiro até o Sul de Santa Catarina, foi dividida em grade de estações para as coletas de campo de acordo com a profundidade do assoalho marinho. A campanha oceanográfica foi realizada de agosto a outubro de 2019, com 60 estações oceanográficas distribuídas em perfis perpendiculares à linha de costa, cobrindo as áreas de plataforma interna (<50 metros), média (50-100 metros), externa (100-200 metros), zona do talude (200-1000 metros) e área oceânica contígua (1000-2400 metros) (FIGURA 1).

FIGURA 1 - Mapa de distribuição das estações oceanográficas na Bacia de Santos, amostradas entre Agosto e Outubro de 2019



LEGENDA: Localização das estações oceanográficas distribuídas em Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro, na Bacia de Santos.

FONTE: Adaptado de Projeto Santos - Caracterização Ambiental da Bacia de Santos, coordenado pela PETROBRAS/CENPES. 2019.

3.2 Amostragens de plâncton e análises laboratoriais

Amostras de água (10 L) foram coletadas com garrafas de Niskin (acopladas a uma roseta de coleta com sensores de temperatura, salinidade e clorofila-a) na zona de mistura (SUP) e na profundidade de máximo de clorofila (PMC) em todas as 60 estações, totalizando 120 amostras. A partir disso, aproximadamente 100 ml de todas as amostras coletadas foram preservadas em formol até a concentração final de 0,1%. Posteriormente, em laboratório, as amostras foram filtradas em filtros Nuclepore-Whatmann com 1-3 μ m de abertura do poro e 13 mm de diâmetro, através de um sistema com seringa acoplada a um filtrador Soanex. Após a filtração da amostra, o filtro foi lavado com água destilada, o sistema desmontado e o filtro dessecado. Em seguida, o filtro foi cuidadosamente colado em suportes de microscopia eletrônica de varredura com 1,3 mm de diâmetro. As amostras foram preparadas para observação em microscópio eletrônico de varredura TESCAN VEGA3 LMU (MEV) para visualizar estruturas não discerníveis em microscopia óptica. As amostras para MEV foram preparadas em porta-amostras de alumínio e revestidas por ouro com 20 nm de espessura em metalizador Baltec. Algumas amostras foram submetidas ao ponto crítico para melhor manutenção da morfologia original, uma vez que algumas espécies podem apresentar cocosferas deformadas devido ao uso da técnica anterior. Todo o processamento e observação foi realizado com a infraestrutura do Centro de Microscopia Eletrônica da UFPR. A identificação dos táxons de cocolitoforídeos do fitoplâncton foi feita a partir de análise das amostras, mensurações e registro fotográfico em microscopia eletrônica de varredura (TESCAN VEGA3 LMU (MEV), e utilizando-se periódicos especializados e manuais mais gerais (e.g. Heimdal 1997; Cros & Fortuno 2002; Chang 2019; Ribeiro 1996), além de trabalhos mais específicos, disponíveis na biblioteca do Lab. de Ficologia da UFPR. A distribuição geográfica foi relatada com base nos trabalhos publicados na região e no mundo, assim como as descrições e comparações com espécies próximas. O enquadramento sistemático seguiu Young et al. (2003) e Jordan et al. (2004), aceitando-se Coccolithophyceae de Silva et al. (2007) ao invés de Prymnesiophyceae. A terminologia da cocosfera seguiu Cros & Fortuno (2002) e Heimdal (1997). As atualizações das sinonímias foram realizadas com base em trabalhos mais recentes e em AlgaeBase (Guiry & Guiry, 2023). Os dados de distribuição no Brasil foram baseados na revisão do trabalho Flora do Brasil 2015 de Bergesh & Menezes (<http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br>). Os dados de distribuição coletados não abrangeram a totalidade da distribuição da espécie,

contemplando apenas dados suficientes para que se pudesse determinar alguma condição restrita.

Este projeto é parte integrante do Projeto de Pesquisa do orientador (L.F.F.) - “Projeto Santos - Caracterização Ambiental da Bacia de Santos, coordenado pela PETROBRAS/CENPES”, no qual é desenvolvido em convênio com o Instituto Oceanográfico da USP.

4 RESULTADOS E COMENTÁRIOS TAXONÔMICOS

Neste trabalho foram registradas, descritas e medidas 12 espécies de cocolitoforídeos. As espécies foram distribuídas em 3 ordens (Coccolithales, Isochrysidales e Syracosphaerales), com exceção de dois táxons (*Umbellosphaera tenuis* e *Calyptrolithina multipora*), categorizados como *Incertae sedis*, por não possuírem informações suficientes para o enquadramento em maior grau. A Família Syracosphaeraceae apresentou o maior número de espécies (*Michaelsarsia adriatica*, *Ophiaster formosus*, *Syracosphaera mediterranea* e *Syracosphaera pulchra*). Somente um holococolito foi encontrado (*Calyptrolithina multipora*).

4.1 Enquadramento sistemático das espécies

O presente trabalho adotou a mudança na classificação de *Coronosphaera mediterranea* por *Syracosphaera mediterranea*, proposto por Triantaphyllou et al., (2015) e a alteração do epíteto de *Michaelsarsia adriaticus* para *M. adriatica* (Guiry & Guiry, 2023).

Filo Haptophyta Hibberd 1972 ex Edvardsen and Eikrem in Edvardsen et al. 2000

Classe Coccolithophyceae Rothmaler 1951

Subclasse Prymnesiophycidae Cavalier-Smith 1986

Ordem Coccolithales Schwarz 1932; emend. Edvardsen & Eikrem in Edvardsen et al. 2000

Família Calcidiscaceae Young and Bown 1997

Gênero *Oolithotus* Reinhardt in Cohen and Reinhardt 1968

Espécie *Oolithotus antillarum* (Cohen 1964) Reinhardt in Cohen and Reinhardt 1968.

Gênero *Umbilicosphaera* Lohmann 1902.

Espécie *Umbilicosphaera hulburtiana* Gaarder 1970.

Ordem Isochrysidales Pascher 1910; emend. Edvardsen & Eikrem in Edvardsen et al. 2000

Família Noëlaerhabdaceae Jerkovic 1970; emend. Young and Bown 1997

Gênero *Emiliana* Hay and Mohler in Hay et al. 1967

Espécie *Emiliana huxleyi* (Lohmann 1902) Hay and Mohler in Hay et al. 1967 var. *huxleyi*.

Gênero *Gephyrocapsa* Kamptner 1943

Espécie *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner 1943.

Ordem Syracosphaerales Hay 1977; emend. Young et al. 2003

Família Calciosoleniaceae Kamptner 1937

Gênero *Calciosolenia* Gran 1912; emend. Young et al. 2003

Espécie *Calciosolenia brasiliensis* (Lohmann 1919) Young in Young et al. 2003.

Família Rhabdosphaeraceae Haeckel 1894

Gênero *Algirosphaera* Schlauder 1945; emend. Norris 1984

Espécie *Algirosphaera robusta* (Lohmann 1902) Norris 1984.

Família Syracosphaeraceae (Lohmann 1902) Lemmermann 1903

Gênero *Michaelsarsia* Gran 1912; emend. Manton et al. 1984

Espécie *Michaelsarsia adriatica* (Schiller 1914) Manton et al. 1984.

Gênero *Ophiaster* Gran 1912; emend. Manton and Oates 1983b

Espécie *Ophiaster formosus* Gran 1912 sensu Gaarder 1967; emend. Manton and Oates 1983b var. *formosus*.

Gênero *Syracosphaera* Lohmann 1902

Espécie *Syracosphaera mediterranea* (Lohmann, 1902) Triantaphyllou et al. 2015.

Espécie *Syracosphaera pulchra* Lohmann 1902.

Ordem *Incertae sedis* - possível afinidade com Syracosphaerales

Família Umbellosphaeraceae Young and Kleijne in Young et al. 2003

Gênero *Umbellosphaera* Paasche in Markali and Paasche 1955

Espécie *Umbellosphaera tenuis* (Kamptner 1937) Paasche in Markali and Paasche 1955.

Ordem *Incertae sedis* - táxons em fase holococlítica

Família Calyptrosphaeraceae Boudreaux and Hay 1969

Gênero *Calyptrolithina* Heimdal 1982

Espécie *Calyptrolithina multipora* (Gaarder in Heimdal and Gaarder 1980) Norris 1985.

4.2 Descrições e medidas das espécies

Algirosphaera robusta (Lohmann 1902) Norris 1984

Figura 2

Descrição: Cocosfera subesférica, dimórfica, medindo cerca de 8 a 10 μm de diâmetro. A largura dos rabdolitos (nome dado aos cocolitos da Família Rhabdosphaeraceae) variam entre 1,4 e 2,8 μm . Alguns cocolitos com a abertura central mais evidente (labiatiformes) e outros fechados (saculiformes) foram observados. Um terceiro tipo de cocolito, petalóide, também foi encontrado em uma das células, na região flagelar.

Comentários: Kleijne (1992) observou que rabdolitos presentes em 3 espécies de *Algirosphaera* Lecal-Schlauder, 1945 (*Algirosphaera oryza* Lecal-Schlauder 1945, *Algirosphaera quadricornu* (Schiller) R.E.Norris 1984 e *A. robusta*) são frequentemente encontrados juntos, em uma mesma cocosfera. A partir disso, *A. oryza* e *A. quadricornu* foram consideradas sinonímias de *A. robusta* (Cros & Fortuño, 2002; Young, 2003).

Ocorrência: Estações: A7, B8, C7, E6, E7, G3, H4, H5. A espécie não foi encontrada nas estações D e F.

Distribuição geográfica: Brasil - Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia (Bergesh & Menezes, 2015); águas australianas (Chang, 2016); leste da Nova Zelândia (Chang, 2019); mar Mediterrâneo (Probert et al., 2007).

Calciosolenia brasiliensis (Lohmann 1919) Young in Young et al. 2003 **Figuras 3 - 4**

Descrição: Cocosfera cilíndrica, alongada, com ambas as extremidades afuniladas, medindo, aproximadamente, entre 45 e 60 μm de comprimento e 6 μm de largura na região central. Os escafolitos (cocolitos em forma romboédrica) possuem o lado direito, sob perspectiva do plano distal, ligeiramente maior que o lado esquerdo. Cada cocolito é composto por barras centrais que saem das bordas e se encontram no centro da placa, quase em simetria. Os cocolitos da região central medem aproximadamente 6 μm de comprimento e possuem entre 2 e 2,5 μm de largura, enquanto os apicais são mais estreitos, medindo entre 1 e 2,5 μm .

Comentários: Os exemplares de *C. brasiliensis* encontrados neste trabalho apresentam medidas que se encaixam no intervalo de Malinverno (2004), com cocosferas entre 45 e 95 μm , e cocolitos de 6 μm . *Calciosolenia brasiliensis* diferencia-se de *Calciosolenia murrayi* Gran 1912 pela ausência de cocolitos apicais com projeções em espinhos, presentes nesta espécie. Além disso, a cocosfera apresenta dimensão maior do que em espécies mais próximas, como *Calciosolenia corselli* Malinverno 2004 (37-40 μm) e *C. murrayi* (21-35 μm). É comum encontrar trabalhos que citam a espécie como *Anoplosolenia brasiliensis* (Lohmann 1919) Deflandre 1952, sinonímia de *C. brasiliensis*.

Ocorrência: Estações: A3, A7, B4, C5, C6, D4, D5, E5-8, F1, F2, F4, F5, F8, G3, G4, G6, G7, H1, H2, H3. A espécie foi encontrada em pelo menos uma estação por perfil (A-H).

Distribuição geográfica: Brasil - Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Rio de Janeiro e Bahia (Bergesh & Menezes, 2015); mar Mediterrâneo (Cross & Fortuño, 2002); oceano Índico (Patil et al., 2019); oceano Pacífico (Tutsui & Takahashi, 2011).

Calyptrolithina multipora (Gaarder in Heimdal & Gaarder 1980) Norris 1985

Figura 5

Descrição: Cocosfera desintegrada. Os cocolitos medem cerca de 3 µm de comprimento e 1,6 µm de largura e possuem uma saliência central, rodeada de pequenos poros de forma hexagonal. Cada cocolito possui cerca de 12 a 13 anéis de cristais compactados, formando uma parede 1 µm de altura.

Comentários: A Família Calyptrosphaeraceae é composta por holococolitos (fase haplóide do ciclo de vida). Alguns trabalhos, como em Young, (2003), e Geisen et al., (2002), ilustram a associação de *Calyptrolithina* sp. (holococolito) à *Syracosphaera* sp (heterococolito - citada como *Coronosphaera* sp. em Young, (2003) e Geisen et al., (2002). Na Figura 5 é possível observar cocolitos de *C. multipora* próximos à cocolitos de *Syracosphaera pulchra*. As cocosferas de *C. multipora* frequentemente são subsféricas, medindo entre 13,9 e 22,5 µm de diâmetro (Heimdal, 1997). A espécie pode também apresentar zigolitos (forma de cocolito que possui uma ou mais pontes que atravessem o tubo central) na região circunflagelar (Ribeiro, 1996).

Ocorrência: A7, B8, D7, E6, E7, F7, F8. A espécie não foi encontrada nas estações C, G e H.

Distribuição geográfica: Brasil - Espírito Santo, Rio de Janeiro e Bahia (Bergesh & Menezes, 2015); foi registrado a ocorrência da espécie em amostras de estações localizadas em Santa Catarina, Paraná e São Paulo; mar Árábico (Andruleit et al., 2005); oceano Atlântico - região tropical e subtropical (Poulton et al., 2017); mar Egeu (Triantaphyllou, 2002).

Emiliana huxleyi (Lohmann 1902) Hay and Mohler in Hay et al. 1967 var. *huxleyi*

Figura 6

Descrição: Cocosfera esférica, pequena, medindo cerca de 5 a 9 μm de diâmetro. A espécie pode variar a quantidade de cocolitos (placólitos), sendo algumas células compostas por camadas pouco numerosas (aproximadamente 10 placas) e outras com maior quantidade (>10 placas). Os cocolitos possuem formas ovais e fendas perpendiculares ao centro em toda a placa distal, medindo de 2 a 3,8 μm de comprimento e 1,6 a 2,9 μm de largura. A área central da placa é formada por uma cavidade também calcificada em forma de fenda, porém, estas mais próximas umas às outras, quase que fundidas.

Comentários: Jordan (2004) classifica a espécie em 4 variedades: *Emiliana huxleyi* (Lohmann 1902) Hay and Mohler 1967 var. *huxleyi* (morfotipo A); *Emiliana huxleyi* var. *pujosiae* (Verbeek 1990) Young and Westbroek 1991 in Medlin et al. 1996 (morfotipo B); *Emiliana huxleyi* var. *kleijneae* Young and Westbroek 1991 in Medlin and Green; *Emiliana huxleyi* var. *corona* (Okada and McIntyre 1977) Jordan and Young 1990. As variedades diferem-se quanto ao grau de calcificação de seus cocolitos e tamanho da cocosfera. Há ainda um outro morfotipo, R, pouco citado, encontrado na costa sul da Nova Zelândia, que faz referência ao Gênero *Reticulofenestra* W.W.Hay, H.Mohler & M.E.Wade 1966, devido à similaridade de sua forma e calcificação (Chang, 2019). Quando em sua forma móvel (holococolito) possui, ao invés de cocolitos típicos da espécie, uma camada de escamas orgânicas, além da visível presença dos flagelos (Kamlow, 2013). *Emiliana huxleyi* é considerada a espécie com maior distribuição e abundância no mundo, podendo produzir florações oceânicas extensas (Kamlow, 2013).

Ocorrência: Estações: A1-5, A7, A8, B1-5, B8, C3-8, D1, D3-5, E1-6, E8, F1-4, F6, F8, G1-7, H1-6. A espécie foi encontrada em 80% das estações (48).

Distribuição geográfica: Brasil - Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia (Bergesh & Menezes, 2015); oceano Atlântico Sul e Norte (Balch, 2019); costa leste do Japão (Frada et. al, 2010); leste australiano (Hallegraef, 2010).

Gephyrocapsa oceanica Kamptner 1943

Figura 7

Descrição: Cocosfera esférica, medindo cerca de 7 a 10,4 µm de diâmetro, com cocolitos (placolitos) pouco numerosos (<20), medindo entre 4,1 e 5,6 µm de comprimento e 3,1 a 5 µm de largura. Os cocolitos são elípticos, sobrepostos, e possuem uma grande abertura central, com uma ponte tubular ligando as extremidades da placa distal. A ponte é formada por duas placas que se encontram ao centro do cocolito. A angulação da ponte, mensurada em relação ao eixo (comprimento), é grande, quase que perpendicular. A placa distal possui ranhuras em todo seu entorno e é maior que a placa proximal.

Comentários: As placas da ponte podem ser vistas sobrepostas, desarticuladas, se tocando, separadas e com uma ou ambas faltando (Heimdal, 1997). Young (2003) menciona a distinção da espécie em 6 morfotipos (descritos primeiramente por Bollmann, 1997) com preferências ecológicas distintas e diferenças no tamanho e angulação da ponta: GL: são as maiores (comprimento médio >3,9 µm), com grande angulação na ponte (>56°) e ocorrem em regiões temperadas eutróficas com temperatura média de 18-23°C (*G. oceanica*); GE: ocorre em regiões equatoriais, com temperatura média de 25-30°C, e possui angulação da ponte similar a GL, com tamanhos ligeiramente menores (>3,1 µm) (*G. oceanica*); GO: ocorre em regiões de giros oligotróficos com temperatura média de 22-25°C, com angulação e comprimento médios (27-56°C e 2,4-3,1 µm) (*G. mullerae*); GT: morfotipo transitório que ocorre em regiões com temperatura média de 19-20°C, com medidas similares a GT (*G. mullerae*); GC: ocorre em regiões temperadas e subárticas com temperaturas <2°C, angulação <27° e comprimento médio de 2,4-3,5 µm (*G. mullerae*) e GM: podem incluir várias espécies, como *G. ericsonii* (generalizada), com angulação média de 20-50° e comprimento médio <2,4 µm.

Ocorrência: Estações: A1, A2, A4, A5, B1, B2, B5, B8, C3-8, D1, D3, D4, D5, D7, E1, E2, E8, F1-4, F6, F8, G1-7, H1-6. A espécie foi encontrada em 68% das estações (41).

Distribuição geográfica: Brasil - Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia (Bergesh & Menezes, 2015); águas australianas - oceano Índico e Pacífico (Hallegraef, 2010); sul da África - oceano Índico (Friedinger & Winter, 1987); oceano Atlântico - região tropical e subtropical (Poulton, 2017); México - oceano Pacífico (Hernández-Becerril et al., 2001).

Descrição: Cocosfera cuneiforme, com dois tipos de cocolitos que formam uma separação entre o corpo, que envolve a célula, e a coroa de espinhos. O corpo mede de 15,5 a 17 μm de comprimento e varia sua largura de 2,5 a 7,5 μm , sendo composta por murolitos (cocolitos que possuem paredes em sua borda; côncavo) que formam uma estrutura em lamelas que se unem ao centro da placa, medindo cerca de 2 μm de comprimento e 1 μm de largura. Foram observadas coroas com 11 e 13 cocolitos em forma de anel, emparelhadas em espiral, de onde são projetados, em cada um, os espinhos. Estes, por sua vez, são divididos em três partes, sendo a terceira, distal, com as pontas afuniladas.

Comentários: Há ainda um terceiro tipo de cocolito, circunflagelar, com espinhos curtos e ocos, presentes na região do corpo, próximos à coroa (Young et al., 2009). Em preparações de microscopia eletrônica, o corpo é frequentemente visto separado da coroa (Heimdal, 1997). Entre as características diferenciais dos gêneros próximos (*Ophiaster* Gran 1912 e *Calciopappus* Gaarder & Ramsfjell 1954) destaca-se os espinhos da coroa de *Michaelsarsia* Gran 1912, que se diferem por serem divididos em 3 partes, diferente dos demais, que não possuem divisão (Heimdal, 1997). Alguns trabalhos citam a espécie como "*Halopappus adriaticus* J.Schiller 1914", nome que é atualmente inválido.

Ocorrência: Estações: A3, A4, A5, A7, B3, B5, C3-6, D4, D5, D7, E1, E6, E7, F3, F4, F8, G1, G3-7. A espécie não foi encontrada ao longo do perfil oceanográfico H.

Distribuição geográfica: Brasil - Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia (Bergesh & Menezes, 2015); oceano Índico (Young, 2009); mar Mediterrâneo (Young, 2009); oceano Atlântico (Young, 2009).

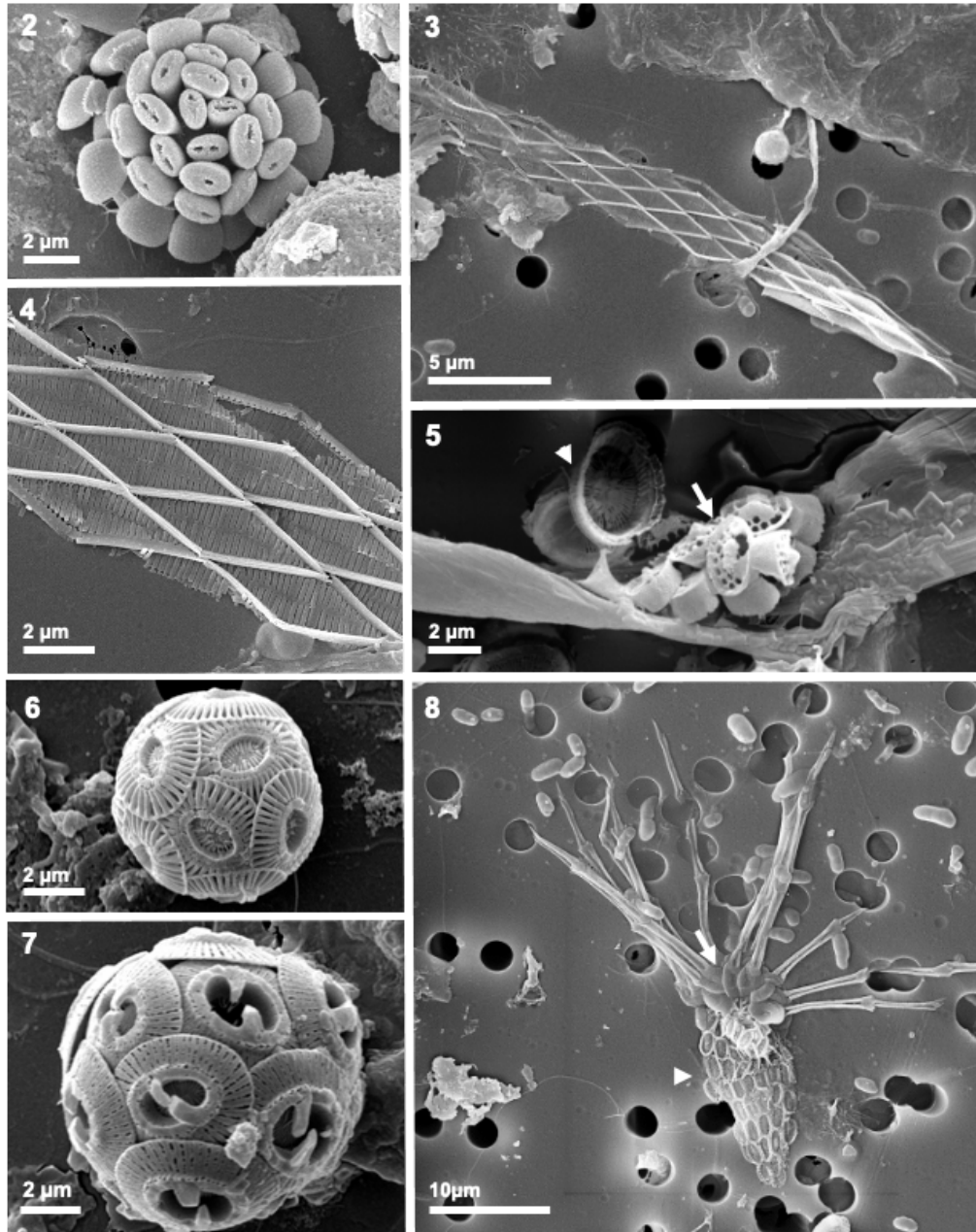


FIGURA 2: Cocosfera de *Algirosphaera robusta* (vista apical). **FIGURA 3:** Cocosfera de *Calciosolenia brasiliensis*. **FIGURA 4:** Escafolitos de *C. brasiliensis*. **FIGURA 5:** Seta - Cocolitos de *Calyptrolithina multipora*; Cabeça de seta – Cocolitos de *Syracosphaera pulchra*. **FIGURA 6:** Cocosfera de *Emiliana huxleyi*. **FIGURA 7:** Cocosfera de *Gephyrocapsa oceanica*. **FIGURA 8:** Cocosfera de *Michaelsarsia adriatica*; Seta: Cocolitos da coroa em forma de anel e espinhos projetados; Cabeça de seta: Corpo de *M. adriatica*.

Barras de escala: 2, 4 - 7 = 2 μm; 3 = 5 μm; 8 = 10 μm.

FONTE: Fotografias de Luciano Felício Fernandes, citadas em referências bibliográficas sob Fernandes, L.F. 2023.

Oolithotus antillarum (Cohen 1964) Reinhardt in Cohen and Reinhardt 1968 **Figura 9**

Descrição: Cocosfera subesférica, medindo entre 7,5 e 9,2 μm de diâmetro, com cocolitos semicirculares, medindo aproximadamente de 4 a 5 μm de comprimento e 4 a 4,5 μm de largura. O cocolito possui um tubo que conecta as duas placas, proximal e distal, posicionado de forma assimétrica em relação ao centro. A espécie possui, aproximadamente, entre 16 e 22 cocolitos por cocosfera.

Comentários: Heimdal (1997) caracterizou a espécie [*O. fragilis* subs. *cavum*] a partir de descrição de Okada & McIntyre (1977), nome que viria então a ser sinônimo de *O. antillarum* por Jordan e Young (1990), substituindo, porém, a categoria de subespécie por variedade (*O. fragilis* var. *cavum*). As espécies *O. antillarum* e *O. fragilis* possuem certa similaridade e são diferenciadas, principalmente, pelo número e tamanho de seus cocolitos. A cocosfera de *O. antillarum* mede normalmente entre 4-8 μm , com cerca de 15-30 placolitos que medem entre 2,4 e 5,5 μm de comprimento. Já *O. fragilis* se caracteriza por sua cocosfera maior, 22-30 μm de comprimento, e com cerca de 50 a 100 placolitos que medem entre 5,4 e 10,9 μm de comprimento (Heimdal, 1997).

Ocorrência: A1 e A2. A espécie não foi encontrada nas demais estações.

Distribuição: Brasil - Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia (Bergesh & Menezes, 2015); noroeste Mediterrâneo (Cross & Fortuño, 2002); noroeste Africano - oceano Atlântico (Koebrich et al., 2016); oceano Pacífico (Okada & McIntyre, 1977).

Ophiaster formosus (Gran 1912 *sensu* Gaarder 1967) emend. Manton and Oates 1983b
var. *formosus* **Figura 10**

Descrição: A cocosfera é composta por 3 tipos de cocolitos distintos (osteólitos, caneolitos e cocolitos da região circunflagelar), com diâmetro de 4 μm (medida do corpo sem apêndices). Possui 4 apêndices alongados formados por osteólitos (cocolitos de ligação; alongados em forma de colher), medindo cerca de 11 μm de comprimento e 1 μm de largura. Os cocolitos da região circunflagelar possuem espinhos que medem 1,2

μm de altura, enquanto os caneolitos (cocolitos elípticos, com lamelas centrais fundas) medem cerca de $0,8 \mu\text{m}$ comprimento e $0,5 \mu\text{m}$ de largura.

Comentários: A cocosfera de *O. formosus* é muito similar a *Ophiaster hydroideus* (Lohmann 1903) Lohmann 1913 emend. Manton & Oates 1983, diferenciando-se, principalmente, pelos seus osteólitos mais largos. Enquanto *O. formosus* apresentou osteólitos de aproximadamente $1 \mu\text{m}$ de largura, *O. hydroideus* apresenta, na literatura, largura média de $0,4$ a $0,5 \mu\text{m}$ (Young, 2009). A espécie pode apresentar entre 50 e 80 caneolitos corporais, 4 caneolitos circunflagelares com espinhos e cerca de 6 a 10 apêndices, compostos por aproximadamente 8 osteólitos (Cros & Fortuño, 2002).

Ocorrência: A1, A4, A5, A7, B3, B4, B5, C3, C4, D4, D5, D7, E3, E4, E7, E8, F1, F3, F4, F6, F8, G1, G3, G4, G6, G7, H4.

Distribuição geográfica: Não há registros da espécie no Flora do Brasil (Bergesh & Menezes, 2015); foi registrada a ocorrência da espécie em amostras de estações localizadas em Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro; Ilhas Canárias (Afonso-Carrillo, 2014); mar Vermelho (Keuter et al., 2021); mar mediterrâneo (Sahin & Eker-Develi, 2018).

Syracosphaera mediterranea Lohmann 1902

Figura 11

Descrição: Cocosfera desintegrada. Os cocolitos (murolitos) são ovais e possuem lamelas em torno de um centro maciço, medindo, aproximadamente 5 a $5,7 \mu\text{m}$ de comprimento e 3 a $3,5 \mu\text{m}$ de largura. É possível observar, em visão lateral, que a borda de seus cocolitos possuem um acabamento serrilhado. Presença de um cocolito com espinho, na região circunflagelar.

Comentários: A região circunflagelar pode ser composta por 2 a 6 cocolitos com espinhos (Chang, 2019). Os cocolitos encontrados possuem medidas ligeiramente maiores do que as encontradas nas literaturas de Chang (2019) e Ribeiro (1996). O trabalho classifica a espécie dentro do Gênero *Syracosphaera* [e não mais *Coronosphaera* (Lohmann 1902) Gaarder 1977)] como proposto por Triantaphyllou et al., (2016) e Young (2020).

Ocorrência: A4, A7, B8, E3, E4, E8, F1, F2, G3. A espécie não foi encontrada nas estações C, D e H.

Distribuição geográfica: Brasil - Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia (Bergesh & Menezes, 2015); mar Adriático (Young et al., 2020); águas australianas (Hallegraef, 2010); mar de Alborão - Mediterrâneo ocidental (Geisen et al., 2002); mar da Tasmânia e Pacífico Sul - Nova Zelândia (Chang, 2019).

Syracosphaera pulchra Lohmann 1902

Figura 12

Descrição: Cocosfera oblonga, com aproximadamente 13,3 µm de comprimento e 10,8 µm de largura. Os cocolitos (murolitos) medem cerca de 3,8 a 4,6 µm de comprimento e 2,5 a 3 µm de largura. Suas placas são caracterizadas por lamelas que vão de encontro ao centro da cocolito, com pequenos feixes abertos, e pela presença de uma flange (como uma segunda borda no meio da parede) em vista lateral. Alguns cocolitos possuem uma pequena protuberância na região central, indicando ser a possível área circunflagelar. É possível observar a associação de cocolitos da endoteca com outro tipo de escama (não identificado), e uma estrutura similar a fios, que se sobrepõe às placas.

Comentários: A espécie *S. pulchra* é ditecada e possui cocolitos da exoteca em formato de cúpula, entretanto, somente foram vistos cocolitos da endoteca. Os cocolitos da região circunflagelar dessa espécie possuem espinhos de ponta bifurcados (Young, 2003). As medidas encontradas são ligeiramente menores do que a vista em Young (2003). Com base nas observações de cocosferas combinadas, são conhecidas as associações do ciclo de vida de *S. pulchra* (heterococolito) e *Calyptrorpha oblonga* Lohmann 1902 e *Dakylethra pirus* *Dakylethra pirus* (Kamptner 1937) Norris 1985 (holococolito) (Geisen et al., 2002).

Ocorrência: A1, A7, B1, B2, B3, D8, E7, F1, F2, F3, F8, G1, G3, G4, H2, H3, H5. A espécie não foi encontrada ao longo do perfil oceanográfico C.

Distribuição geográfica: Brasil: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia (Bergesh & Menezes, 2015); águas australianas

(Hallegraef, 2010); sul da África (Friedinger & Winter, 1987); mar Mediterrâneo (Cros & Fortuño, 2002).

Umbellosphaera tenuis (Kamptner 1937) Paasche in Markali & Paasche 1955

Figura 13

Descrição: Na figura não foi possível determinar o tamanho do cocolitoforídeo pois só foi encontrado parte da cocosfera. Os cocolitos (placolitos) medem cerca de 7,5 µm de comprimento e 5,8 µm de largura. As cristas suturais são bem calcificadas próximas ao centro; cristas secundárias, na região distal, são menos calcificadas. A região central do cocolito é aberto, formando um funil de base reta (morfotipo IV). Possui dois tamanhos distintos de cocolitos: macrolitos e microlitos. Somente a parte interna da placa do microlito está visível, medindo cerca de 3,6 µm de comprimento e 2 µm de largura.

Comentários: Young (2003) diferencia os 5 morfotipos da espécie (I, II, IIIa, IIIb e IV), descritos por Kleijne (1993), a partir da ocorrência de papilas (nós), nível de calcificação das cristas primárias e secundárias, e forma da abertura central no cocolito. O tipo IV, encontrado nas amostras deste trabalho, se caracteriza por não possuir papilas, ter cristas secundárias menos calcificadas e abertura central na placa.

Ocorrência: Estações: A2-A4, A7, C2, D6, D7, E3-E6, F4, F7, F8, G3, G4, G6, G7, H4. A espécie não foi encontrada ao longo do perfil oceanográfico B.

Distribuição geográfica: Brasil - Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia (Bergesh & Menezes, 2015); Oceano Atlântico - região equatorial e subtropical (Poulton, 2017); leste australiano (Hallegraef, 2010); noroeste do oceano Pacífico (Kyoko et al., 2005).

Umbilicosphaera hulburtiana Gaardner 1970

Figura 14

Descrição: Cocosfera subesférica, medindo 11 µm, com cocolitos elípticos, medindo 4,7 de comprimento e 4,4 de largura. A espécie possui uma abertura central em cada cocolito, também em forma de elipse, e a presença de pequenos nós na placa distal, ao redor deste centro. Os cocolitos são organizados de forma sobreposta.

Comentários: São conhecidas 4 espécies do Gênero *Umbilicosphaera*: *U. hulburtiana*, *U. sibogae* (Weber Bosse 1901) Gaarder 1970, *U. foliosa* (Kamptner 1963) Geisen 2003 e *U. anulus* (Lecal 1967) Young & Geisen. A espécie *U. hulburtiana* se distingue das demais por ser a única a possuir nós ao redor da área central e cocolitos em forma elíptica (*U. foliosa* e *U. sibogae* possuem forma circular).

Ocorrência: Estações: A5-7, B3, B8, C5-7, D3, D6, G3, G4. A espécie não foi encontrada nas estações oceanográficas E, F e H.

Distribuição geográfica: Brasil - Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia (Bergesh & Menezes, 2015); foi registrada a ocorrência da espécie em amostras de estações localizadas em Santa Catarina, Paraná e São Paulo; Austrália - regiões norte, leste e oeste (Hallegraef, 2010); leste da Nova Zelândia (Chang, 2019); noroeste Mediterrâneo (Cros & Fortuno, 2002); sul da África (Friedinger & Winter, 1987).

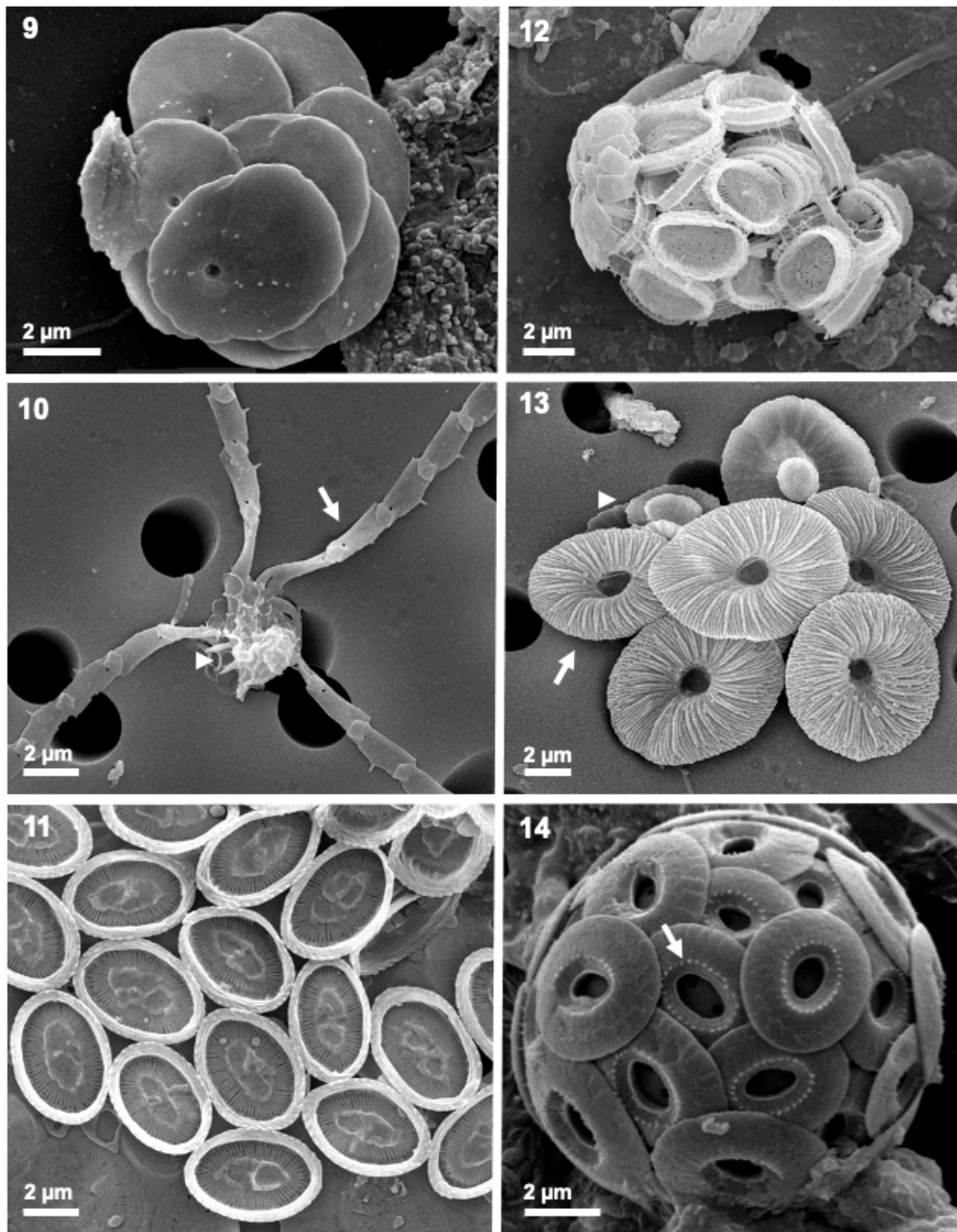


FIGURA 9: Cocosfera de *Oolithotus antillarum*. **FIGURA 10:** Parte de cocosfera de *Ophiaster formosus*; Seta: Osteólitos interconectados; Cabeça de seta: Cocolitos da região circunflagelar com espinhos. **FIGURA 11:** Cocolitos de *Syracosphaera mediterranea*. **FIGURA 12:** Cocosfera de *Syracosphaera pulchra*. **FIGURA 13:** Cocolitos de *Umbellosphaera tenuis*; Seta: Macrolito em vista distal; Cabeça de seta: Microlito em vista proximal. **FIGURA 14:** Cocosfera de *Umbilicosphaera hulburtiana*; Seta: Detalhe das papilas dos cocolitos. Barras de escala = 2 µm.

FONTE: Fotografias de Luciano Felício Fernandes, citadas em referências bibliográficas sob Fernandes, L.F. 2023.

5 CONCLUSÕES

O presente estudo identificou e descreveu 12 espécies de cocolitoforídeos, revelando parte da diversidade desses organismos na região da Bacia de Santos, do total de 56 espécies encontradas no mesmo projeto (Fernandes et al. 2023, no prelo). *Calyptrolithina multipora* foi a única espécie de holococolito encontrada. Sabe-se que holococolitos nada mais são que fases do ciclo de vida de espécies de heterococolitoforídeos, e, muitas associações já são bem documentadas em diversos artigos. Geisen et al., (2002) descrevem algumas associações de *Syracosphaera pulchra* com *Calyptrorphaera oblonga* Lohmann 1902 e *Daktylethra pirus* (Kamptner 1937) Norris 1985, indicando que talvez haja mais associações desconhecidas entre holococolitos e heterococolitos. No presente estudo, a proximidade de cocolitos de *Calyptrolithina multipora* e *Syracosphaera pulchra* pode instigar a investigação de uma possível nova associação entre as duas formas. É importante destacar que muitas associações entre as diferentes fases do ciclo de vida dos cocolitoforídeos ainda não foram descobertas ou compreendidas completamente, tornando de extrema importância o aprofundamento nessa área. Essas associações são fundamentais para entender a ecologia e o comportamento desses organismos, bem como resolver possíveis conflitos taxonômicos. As espécies mais abundantes e registradas em microscopia eletrônica foram *Emiliania huxleyi* (presença em 80% das estações) e *Gephyrocapsa oceanica* (presença em 68% das estações), o que era esperado por se tratar de organismos cosmopolitas. Não foi possível determinar nenhum endemismo através dos dados de distribuição. A presença de *Ophiaster formosus* nos estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro é especialmente relevante para o aprimoramento do conhecimento sobre a biodiversidade marinha, uma vez que não há registro dessa espécie nos dados de Flora do Brasil e SibBr (Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira). A presença de *Umbilicosphaera hulburtiana* nas regiões de Santa Catarina, Paraná e São Paulo, também é um dado relevante à Flora do Brasil, já que não consta distribuição das espécies nesses estados.

Em conclusão, este trabalho apresenta uma contribuição valiosa para o meio científico, em especial, à taxonomia dos cocolitoforídeos. Apresentando também dados relevantes a respeito da distribuição das espécies em águas brasileiras, os resultados obtidos constituem uma base importante para futuros estudos na região da Bacia de Santos, sobretudo acerca de temas relacionados a biodiversidade e conservação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFONSO-CARRILLO, J. **Lista actualizada de las algas marinas de las islas Canarias**. Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal, Universidad de La Laguna, Islas Canarias, España. Elaborada para la Sociedad Española de Ficología (SEF). 64 pp. 2014.
- ANDRULEIT, H.; ROGALLA, U.; STÄGER, S. **Living coccolithophores recorded during the onset of upwelling conditions off Oman in the western Arabian Sea**. Journal of Nannoplankton Research, vol. 27 (1), p. 1-14. International Nannoplankton Association. ISSN 1210-8049. 2005.
- BALCH, William M. et al. **Coccolithophore distributions of the north and South Atlantic Ocean**. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, Elsevier Ltd, p. 1-23, 2019.
- BAUMANN, K. H; BÖCKEL, B.; FRENZ, M. Coccolith contribution to South Atlantic carbonate sedimentation. In: THIERSTEIN, H. R. & YOUNG, J. R. **Coccolithophores: From Molecular Processes to Global Impact**. Berlin, Springer, 2004. p. 367-402.
- BAUMANN, K. et al. **The significance of extant coccolithophores as indicators of ocean water masses, surface water temperature, and paleoproductivity: a review**. Paläontologische Zeitschrift, Stuttgart, vol. 79 (1), p. 93–112, 2005.
- BERGESH, M.; MENEZES, M. Coccolithophyceae. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <http://floradobrasil2015.jbrj.gov.br/FB105228>. Acesso: 17 maio 2023.
- MENEZES, M. et al. Update of the Brazilian floristic list of Algae and Cyanobacteria. Rodriguésia, v.66, n.4, p.1047-1062. 2015. In: **Coccolithophyceae: Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: (<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB98974>). Acessado: 17 maio 2023.
- BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. Introdução: As algas do Brasil. In: FORZZA, R. C. (org) et al. **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, vol. 1. ISBN 978-85-8874-242-0. 2010. p. 49-60
- BILLARD, C.; INOUE, I. What is new in coccolithophore biology? In: THIERSTEIN, H. R. & YOUNG, J. R. **Coccolithophores: From Molecular Processes to Global Impact**. Berlin, Springer, 2004. p. 1-29.
- BOLMANN, J. **Morphology and biogeography of Gephyrocapsa coccoliths in Holocene sediments**. Marine Micropaleontology, vol. 29, p. 319-350. 1997.
- BROWNLEE, C.; WHEELER, G. L.; TAYLOR, A. R. **Coccolithophore biomineralization: new questions, new answers**. Seminars in Cell & Developmental Biology, vol. 46, p. 11-16, 2015.
- CHANG, F. H. **The Marine Biota New Zeland: Catalogue and description of the coccolithophores (Haptophyta, Coccolithophyceae), calcareous, scale-bearing**

microalgae, in New Zealand waters. Wellington, NIWA (National Institute of Water and Atmospheric Research). ISSN 1174-0043; 131. 2019.

Coccolithophyceae. In: **Flora e Funga do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB105228>. Acesso: 18 abril 2023.

CROS, L.; FORTUÑO, J.M. **Atlas of Northwestern Mediterranean Coccolithophores.** Scientia Marina, vol. 66 (1), p. 7-182, 2002.

FERNANDES, L. F.; TREMARIN, P. I.; GUAITA, T. G. A.; FARIA, D. M. CORREIA, E. C. N. Diversidade, distribuição e abundância do nano- e microplâncton da Bacia de Santos. In: MOREIRA, D. L. (ed.) **Caracterização regional da Bacia de Santos – PCR-BS: Caracterização química e biológica do sistema pelágico da Bacia de Santos.** Capítulo 5, 68p. (sem numeração). 2023.

FERNANDES, L. F. **Figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14.** Fotografias em MEV preto e branco. 2023. (direitos autorais das imagens).

FINDLAY, C. S.; YOUNG, J. R.; F. J. SCOTT. Hapthophytes: Order Coccolithophorales. In: SCOTT, F. J.; MARCHANT, H. J. **Antartic Marine Protists.** Australia, ABRS, 2005. p. 276.

FRADA, M. et al. **A guide to extant coccolithophores (Calcihaptophycidae, Haptophyta) using light microscopy.** Journal of Nannoplankton Research, vol. 31 (2), p. 58-112. ISSN 1210-8049. 2010.

FRIEDINGER, P. J. J.; WINTER, A. **Distribution of modern coccolithophore assemblages in the southwest Indian Ocean off southern Africa.** Journal of Micropalaeontology, vol. 6(1), p. 46-56, 1987.

GEISEN, M. et al. **Life-cycle associations involving pairs of holococcolithophorid species: intraspecific variation or cryptic speciation?** European Journal of Phycology, vol. 37, p. 531-550, 2002.

GUIRY, M. D.; GUIRY, G. M. AlgaeBase. **World-Wide Electronic Publication, National University of Ireland, Galway.** <http://www.algaebase.org>. Acesso: 5 julho 2023.

GUIRY, M. D.; GUIRY, G. M. AlgaeBase. **World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway (taxonomic information republished from AlgaeBase with permission of M.D. Guiry).** *Michaelsarsia adriatica* (J.Schiller) Manton, G.Bremer & Oates, 1984. Disponível em: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=236058>. Acesso: 15 junho 2023.

HALLEGRAEFF, G. M. et al. **Algae of Australia: Phytoplankton of Temperate Coastal Waters.** Australia, Canberra, ABRS, p. 342-360, 2010.

HAMMOND, P. M. Species Inventory. In: **Status of the Earth's Living Resources.** Groombridge, B. (ed.). Global Biodiversity. London, Chapman & Hall, 1992. p. 17-39.

HEIMDAL, B. R. Chapter 6 Modern Coccolithophorids. *In: Identifying Marine Phytoplankton*. New York, 1997. p. 731-816.

HERNÁNDEZ-BECERRIL, D.U.; BRAVO-SIERRA, E.; RAMIREZ-VALDEZ, Y. **Coccolithophorids from the west coast of Baja California, Mexico**. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL), Hydrobiología 452, p. 31–45, 2001.

JORDAN, R. W.; CHAMBERLAIN, A. H. L. **Biodiversity among haptophyte algae**. Biodiversity & Conservation, vol. 6, n.1, p. 131-152, 1997.

JORDAN, R. W.; CROS, L. & YOUNG, J.R. **A revised classification scheme for living haptophytes**. Micropaleontology, vol. 50 (1), p. 55-79, 2004.

JORDAN, R. W.; Coccolithophores. *In: Moselio Schaechter. Encyclopedia of Microbiology*. Third edition. San Diego State University, San Diego, CA, USA, Elsevier, p. 593-605, 2009.

KAMLOW, M. **Molecular Study of Dimethylsulfoniopropionate (DMSP) Metabolism in the Coccolithophore *Emiliana huxleyi***. 79 f. Biology, Norwegian University of Science and Technology Department of Biology. 2013.

KAMPTNER, V. E. **Die Coccolithineen der Südwestküste von Istrien**. Nannotax3 website. International Nannoplankton Association. Disponível em: https://www.mikrotax.org/Nannotax3/index.php?module=ntax_cenozoic&taxon=Algirosphaera%20robusta. Acesso: 16 maio 2023.

KEELING, P. J. **Diversity and evolutionary history of plastids and their hosts**. American Journal of Botany, vol. 91(10), p. 1481-1493, 2004.

KEUTER, S. et al. **Novel heterococcolithophores, holococcolithophores and life cycle combinations from the families Syracosphaeraceae and Papposphaeraceae and the genus Florisphaera**. Journal of Micropalaeontology, vol. 40, p. 75-99, 2021.

KOEBRICH, M. I; BAUMANN, K. H. & FISCHER, G. **Seasonal and inter-annual dynamics of coccolithophore fluxes from the upwelling region off Cape Blanc, NW Africa**. Journal of Micropalaeontology, vol. 35, p. 103-116, 2016.

KLEIJNE, A. **Extant Rhabdosphaeraceae (coccolithophorids, class Prymnesiophyceae) from the Indian Ocean, Red Sea, Mediterranean Sea and North Atlantic Ocean**. Leiden, Scripta Geologica, vol 100, p. 1-63, 1992.

KYOKO, H.; OKADA, H.; HIROMI, M. **Coccolithophore assemblages and morphotypes of *Emiliana huxleyi* in the boundary zone between the cold Oyashio and warm Kuroshio currents off the coast of Japan**. Marine Micropaleontology, vol. 55(1-2), p. 19-47, 2005.

MALINVERNO, E. **Morphological variability within the genus *Calciosolenia* (coccolithophorids) from the eastern Mediterranean Sea**. Micropaleontology, vol. 50(1), p. 81-91, 2004.

NOGUEIRA JUNIOR, M.; FERNANDES, L. F.; BRANDINI, F. P. Plâncton Eucarionte. *In*: CRESPO, R. P; GOMES, A. S. **Ecologia Marinha**. Cap. 2, 1ª edição, Ed. Interciência, 2020. p. 37-89.

NUNES-NETO, N. F.; CARMO, R. S.; EL-HANIL, C. N.; **Uma conexão entre algas e nuvens: fundamentos teóricos da hipótese CLAW e suas implicações para as mudanças climáticas**. Oecologia Brasiliensis, vol. 13(14), p. 596-608, 2009.

OKADA, H.; MCLNTYRE, A. 1977. **Modern coccolithophores of the Pacific and North Atlantic Oceans**. Micropaleontology vol. 23, p. 1-55. 1977.

PATIL, S. et al. **The coccolithophore family Calciosoleniaceae with report of a new species: *Calciosolenia subtropicus* from the southern Indian Ocean**. Micropaleontology, vol. 65, n. 5, p. 459–471. 2019.

POULTON, A. J. et al. **Coccolithophore ecology in the tropical and subtropical Atlantic Ocean: New perspectives from the Atlantic meridional transect (AMT)**. Programme: Progress in Oceanography, vol. 158, p. 150-170, 2017.

PROBERT, I.; FRESNEL, J.; BILLARD, C.; GEISEN, M.; YOUNG, J. **Light and electron microscope observations of *Algirosphaera robusta* (Prymnesiophyceae)**. Journal of Phycology, vol. 43, number 2, p. 319–332. 2007.

RIBEIRO, S. M. M. S. **Caracterização taxonômica e ecológica das comunidades pico-, nano- e microplactônicas, superficial e profunda, da zona eufótica do Atlântico Sul**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 181, 1997.

SAÉZ, A. G. et al. A review of the phylogeny of the Haptophyta. *In*: THIERSTEIN, H. R. & YOUNG, J. R. **Coccolithophores: From Molecular Processes to Global Impact**. Berlin, Springer, p. 251-270, 2004.

SAHIN, M.; EKER-DEVELI, E. **New Records of Haptophyte Species from the Northeastern Mediterranean Sea for Algal Flora of Turkey**. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, vol 19 (1), p. 7-19, 2018.

SIMÓ, R.; PEDRÓS-ALIÓ, C. **Role of vertical mixing in controlling the oceanic production of dimethyl sulphide**. Nature, vol. 402, n. 6760, p. 396-399, 1999.

SILVA, P. C.; THRONDSSEN, J.; EIKREM, W. **Revisiting the nomenclature of haptophytes**. Phycologia, vol. 46, n. 4, p. 471-475, 2007.

TRANTAPHYLLOU, M. V. et al. **Coccolithophore combination coccospheres from the NE Mediterranean Sea: new evidence and taxonomic revisions**. Micropaleontology, vol. 61, n. 6, p. 457–472, 2015.

TRANTAPHYLLOU, M. V.; DERMITZAKISI, M. D. & DIMIZAI, M. D. **Holo- and Heterococcolithophores (calcareous nannoplankton) in the gulf of Korthi (Andros island, Aegean Sea, Greece) during late summer 2001**. Revue Paleobiologie, Geneve vol. 21 (1), p. 353-369. 2002.

TUTSUI, H., TAKAHASHI, K.; **Cell size variation of *Anoplosolenia brasiliensis* (calcareous nannoplankton) in the central equatorial Pacific Ocean.** Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series D, Earth and planetary sciences, vol. 32 (3), n. 3, p. 27-38, 2011.

YOUNG, J. R. et al. **A guide to extant coccolithophore taxonomy.** Journal of Nannoplankton Research, Special Issue, vol. 1, p. 1-132, 2003.

YOUNG, J. R. et al. **Verification of the life-cycle of *Helicosphaera pavimentum*, and discussion of the identity of *Syracolithus dalmaticus*.** Journal of Nannoplankton Research, vol. 38(1), p. 41–47. 2020.