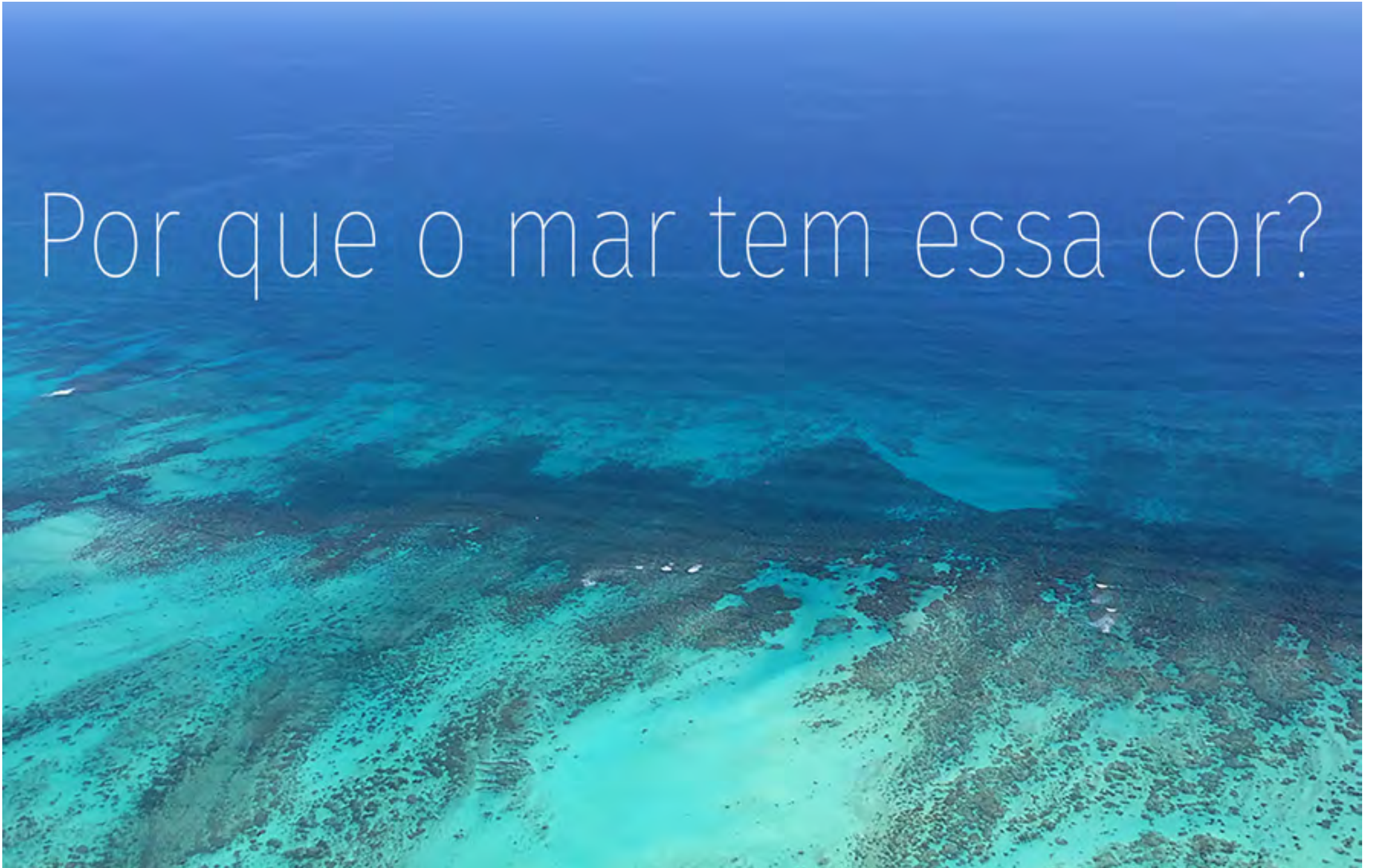


Por que o mar tem essa cor?



# Por que o mar tem essa cor?

DOI:10.11606/9788585359003

Áurea Maria Ciotti

coordenadora

1ª edição

CEBIMar/USP | São Sebastião, SP | 2018

Elaborado a partir do projeto: **“A transparência da água do mar como ferramenta para a ciência cidadã”**.

#### Equipe do projeto:

##### CEBIMar/USP

- Áurea M. Ciotti, docente (coordenação).
- Stella C.C. Coelho, técnica do projeto SiMCosta (treinamento, padronização de observações e banco de dados).
- Luciano D.S. Abel, educador (difusão e treinamento).
- Waldir de Paula, técnico administrativo (difusão e treinamento).
- Virginia Castilho, bibliotecária (diagramação do e-book).

##### Escola Municipal de Vela de São Sebastião “Mário de Sousa Oliveira”

- Ubiratan Mourão, chefe de Divisão de Esportes Náuticos, Secretaria de Esportes de São Sebastião - SP.
- Rafael M. Chaves, instrutor de vela do Projeto Ventos e Velas.
- Marcus Soares, instrutor de vela do Projeto Ventos e Velas.
- Wallace de A. Moreira, presidente da Associação de Vela de São Sebastião.
- Fernando F. de Oliveira, professor colaborador da Associação de Vela de São Sebastião.

**Realização:** Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo, Laboratório Aquarela, em parceria com a Escola Municipal de Vela de São Sebastião “Mário de Sousa Oliveira”.



#### EBOOK: “POR QUE O MAR TEM ESSA COR?”

**Coordenação:** Áurea M. Ciotti

**Redação:** Áurea M. Ciotti, Stella C.C. Coelho e Luciano D.S. Abel.

**Fotografias:** Stella C.C. Coelho; Joseilto M. de Oliveira (CEBIMar/USP); Fernando F. de Oliveira; Alvaro E. Migotto (CEBIMar/USP); Rafael M. Chaves; Marcelo V. Kitahara (CEBIMar/USP).

**Desenhos:** Alunos do Projeto Ventos e Velas: Filipe Vila; Mirela Peres; Ariel Kevin; Gabriel Boloni; Pedro E. dos Santos Silva; Kelviany dos S.P. Oliveira.

**Imagem de satélite:** Joshua Stevens (NASA Earth Observatory).

Por que o mar tem essa cor? / Áurea M. Ciotti (coordenadora). São Sebastião, SP: CEBIMar/USP, 2018.

25 p. : il.

ISBN: 978-85 -85359-00-3

DOI:10.11606/9788585359003

1. Oceanografia física. 2. Biologia marinha 3. Cores (óptica). 4. Mar.

É PERMITIDA A REPRODUÇÃO PARCIAL OU TOTAL DESTA OBRA, DESDE QUE CITADA A FONTE E AUTORIA. PROIBIDO QUALQUER USO PARA FINS COMERCIAIS.

**Apoio:** Pró-Reitoria de Cultura e Extensão Universitária da Universidade de São Paulo (PRCEU/USP) e Banco Santander (1º Edital SANTANDER/USP/FUSP de Fomento às Iniciativas de Cultura e Extensão).



# Prefácio/Introdução

A cor é uma característica estética dos oceanos que tem muito a nos dizer. Há centenas de anos, alterações na cor da água do mar fornecem informações sobre sua qualidade e oferecem sensações diversas para quem as observa. Hoje, podemos estudar a cor dos oceanos com o auxílio de sensores instalados em satélites que sobrevoam a Terra, e estes nos revelam uma aquarela de tons violetas, azuis, verdes, amarelos, marrons e até vermelhos. Diferentes cores contornam as correntes oceânicas e as plumas dos grandes rios de nosso planeta, permitindo que identifiquemos seus limites e como eles mudam com o tempo.

A cor do oceano, percebida por nós ou por sensores, é determinada por vários fatores, entre eles os diferentes tipos de materiais presentes na água. Dentre os muitos componentes da água do mar capazes de alterar a sua cor, destacam-se as algas microscópicas, cujo conjunto chamamos de fitoplâncton. Locais com maiores concentrações de fitoplâncton são ambientes mais produtivos e com águas esverdeadas. Assim, a cor do mar pode ajudar a identificar regiões favoráveis à pesca ou que recebem nutrientes em excesso. Para interpretar a cor do oceano é preciso conhecer seus fundamentos, além de obter e armazenar dados sistematicamente.

A ideia deste ebook nasceu da palestra **“Por que a água do mar tem essa cor?”**, apresentada em 07/04/2015, em São Sebastião, SP, como parte das comemorações dos 60 anos do CEBIMar/USP. Na palestra, foram expostos os fundamentos da cor da água do mar sob a perspectiva de quem mora no litoral norte do Estado de São Paulo. O ebook, no entanto, ganhou forma durante a execução do projeto de extensão **“A transparência da água do mar como ferramenta para a ciência cidadã”**, desenvolvido pelo CEBIMar/USP em parceria com a Escola Municipal de Vela de São Sebastião, SP, nos meses de agosto a novembro de 2017. Os alunos envolvidos no projeto efetuaram coletas sistemáticas de dados e muitas das ilustrações que aqui aparecem foram originadas durante atividades transversais, traduzindo a visão das crianças sobre o assunto.

As regiões costeiras do mundo sofrem crescentes impactos da ocupação desorganizada, fato pelo qual é importante que seus habitantes conheçam as ferramentas que os cientistas usam para acompanhar possíveis mudanças do ambiente. Nosso objetivo é fornecer um veículo de informações científicas que estimulem a curiosidade das pessoas sobre a composição da água do mar e o emprego de técnicas simples para acompanhar suas mudanças.

# Planeta Oceano

Os oceanos cobrem 70% da superfície de nosso planeta, que é ainda completamente envolto por uma camada de gases chamada atmosfera.

Tanto a água dos oceanos como o ar da atmosfera estão em constante movimento.

Na grande área de contato entre os oceanos e a atmosfera (ou entre eles) é onde ocorrem fenômenos importantes, que têm grande influência sobre o clima do nosso planeta.

Assim, é muito importante observarmos continuamente os oceanos, mesmo que isto não seja uma tarefa muito simples, devido ao seu grande tamanho.



TERRA

# O mar em nossas vidas

Moradores e visitantes do litoral norte do Estado de São Paulo usam a água do mar para nadar, navegar, surfar e mergulhar, tanto no trabalho como no lazer. Assim, a qualidade da água é uma preocupação constante. A água do mar está presente de forma marcante no dia a dia de quem mora no litoral, fornecendo uma via de transporte e de alimentos.



Fotos: Stella C.C. Coelho

Sem pensar muito no porquê, associamos a cor da água do mar com a sua qualidade. Você se sente diferente ao nadar ou mergulhar em águas cristalinas ou em águas mais turvas?

# A cor da água nas praias do Litoral Norte de SP



Praia de Pitangueiras, São Sebastião, SP.

Foto: Stella C.C. Coelho.

Por aqui, na maior parte das praias, as águas têm coloração azul-esverdeada.

Somente em locais onde sedimentos chegam ao mar por pequenos rios ou canais de chuva, as águas chegam a ter tons próximos ao marrom.



Praia do Bonete, Ilhabela, SP.

Foto: Stella C.C. Coelho.



Praia da Enseada, São Sebastião, SP.

Foto: Joseilto M. de Oliveira.

# As cores do mar são inconstantes

Mesmo em um único local, a cor da água do mar pode mudar de um dia para o outro, ou até durante um mesmo dia. No canal de São Sebastião, essas mudanças rápidas são bastante comuns e acontecem por muitas razões diferentes.



Praia do Segredo (São Sebastião, SP) em um dia totalmente nublado.



Praia do Segredo com céu parcialmente nublado.

Fotos: Stella C.C. Coelho

A intensidade da luz do sol é a primeira razão, já que é menor durante os dias nublados, e este tipo de iluminação geralmente nos dá a impressão de que as águas são cinzentas. Mas assim que as nuvens abrem espaço para o sol iluminar o mar diretamente, as águas voltam a ficar verdes ou azuis.



# Definindo cor

A cor que vemos em um objeto depende não só da intensidade da luz que o ilumina, mas também da cor da luz. A fonte luminosa dos oceanos é a luz do sol, que é composta por muitas cores. Isso fica evidente quando usamos um prisma, ou quando vemos a formação de um arco-íris. A luz do sol parece branca,

mas na verdade é composta por todas as cores do arco-íris.

Assim, quando a luz do sol ilumina, por exemplo, a grama, todas as cores são absorvidas por ela, menos a cor verde, que é refletida e chega aos nossos olhos.



Arco-íris visto do Centro de São Sebastião, SP.

Foto: Fernando F. de Oliveira.

# A cor da água e o fundo

O tom da cor da água que vemos na superfície do mar depende também da camada de água que a luz do sol tem de atravessar. Se observarmos uma piscina cheia, veremos cores mais claras na porção rasa e mais escuras na parte mais funda. Isso acontece porque quanto mais profunda a piscina, maior é a quantidade de água que deve ser percorrida pela luz.

Como já sabemos, a luz do sol é composta pelas cores do arco-íris, sendo que cada uma possui um nível de energia diferente das demais, representada por pequenas partículas energéticas, que chamamos de fótons. Ao se transmitir pela piscina, os fótons são absorvidos pelas moléculas de água, que, pelas suas características, absorvem primeiramente os fótons de luz vermelha e amarela. Fótons absorvidos deixam de existir e por isso não vemos as suas cores. Portanto, os fótons da luz azul que são menos absorvidos pelas moléculas de água são refletidos, tornando-se visíveis.

Nos locais rasos das praias, a luz do sol pode chegar até o fundo, e este também irá refletir ou absorver diferentes cores dependendo de ser composto por rochas, algas ou areia. Mas, às vezes, quando as águas estão turvas, mesmo em um local sabidamente raso, toda a luz é absorvida antes de chegar ao fundo, porque os fótons interagem com as diversas substâncias que as tornam turvas. Ou seja, não conseguimos ver o fundo porque a água é pouco transparente.

# Quem mergulha sabe: a luz muda com a profundidade

O Litoral Norte do Estado de São Paulo é bastante procurado por mergulhadores, devido à alta visibilidade de suas águas, o que garante não apenas diversão, mas também segurança. Durante os mergulhos, é fácil perceber que a luz diminui rapidamente com a profundidade, e a alta transparência das águas permite ainda observar as mudanças de sua cor. As águas tendem a ser azuis em mar aberto e verdes próximo à costa.

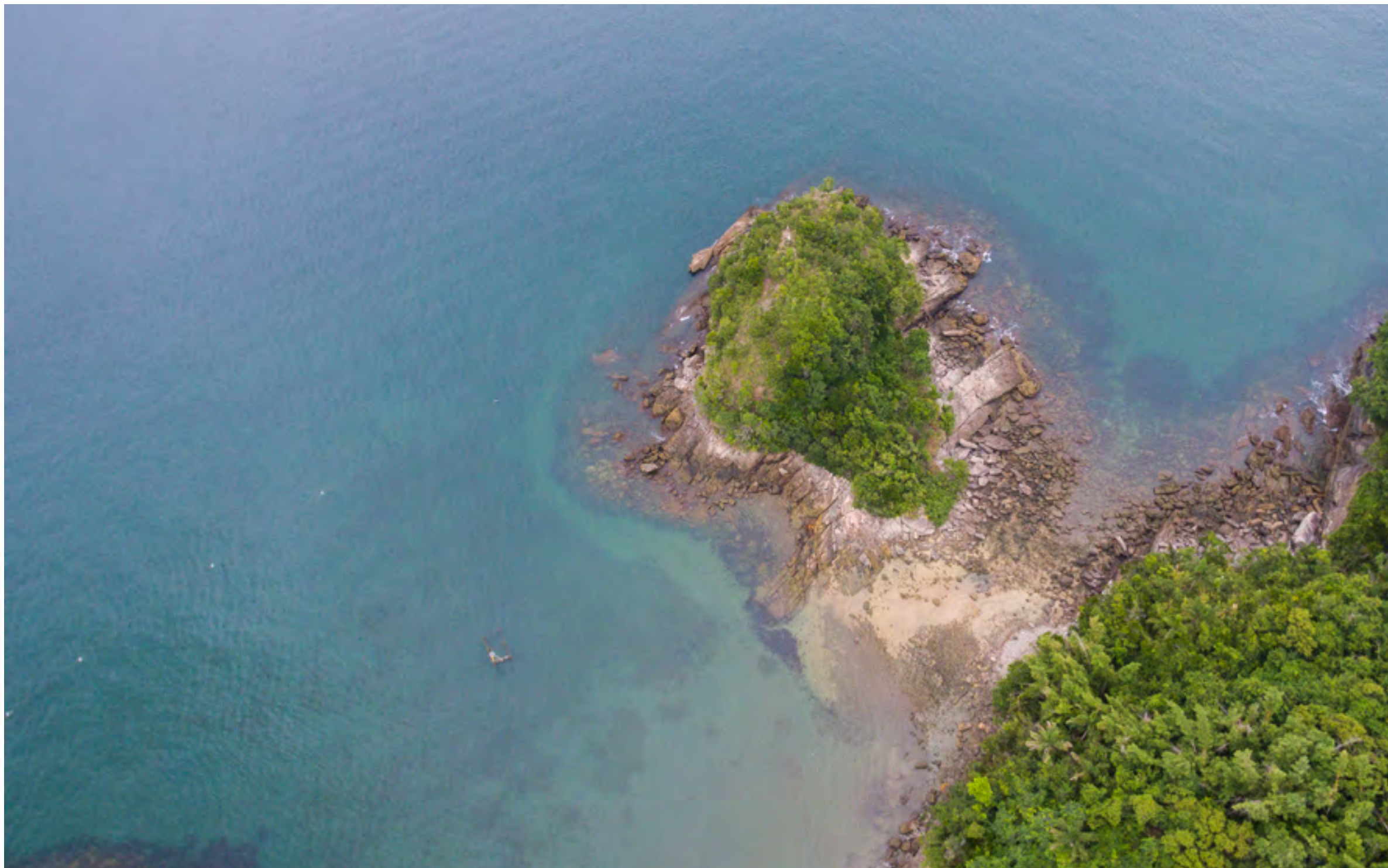


Águas azuis próximas à Ilha de Alcatrazes, São Sebastião, SP. Foto: Marcelo V. Kitahara.



Águas verdes próximas ao CEBIMar/USP.

Foto: Stella C.C. Coelho.



Variações da cor da água do mar o redor da Ponta do Baleeiro (São Sebastião, SP).

Foto: Alvaro E. Migotto.

# A cor da água e a sua transparência

A transparência da água é uma característica que facilmente detectamos quando visualizamos algo mergulhado nela. Existe uma ferramenta, chamada disco de Secchi, que nos permite comparar a transparência das águas entre locais ou ao longo do tempo. Esta ferramenta é simples e antiga, mas ainda é bastante utilizada. Trata-se de um disco branco, ou branco e preto, geralmente de metal, que é deixado afundar na água com o auxílio



Aluna da Escola Municipal de Vela de São Sebastião usando o disco de Secchi. Foto: Rafael M. Chaves.

de uma corda, a qual possui marcações a cada metro ou menores. Quando o disco desaparece, registra-se a marcação da corda utilizada. Esta medida é chamada de profundidade de desaparecimento do disco de Secchi. Quanto mais corda for utilizada durante a medida, maior é a transparência da água, e vice-versa.



Video: Stella C.C. Coelho

# Como se mede a cor da água do mar?

Uma das primeiras ferramentas usadas para tentar classificar a água do mar por sua cor foi a escala comparativa de FOREL-ULE. Esta escala atribui números crescentes, desde aos tons violeta-azuis, observados em mar aberto, até aos marrons, encontrados em ambientes costeiros com influência de rios. Assim, comparamos a cor que vemos no ambiente com os diferentes tons da escala, atribuindo ao local o número referente ao tom que mais se aproxima.



Escala de FOREL-ULE.



Foto: Stella C.C. Coelho.

# Pausa para o café!

Antes de falarmos sobre por que algumas águas são azuis e outras não, precisamos separar o material colorido presente na água do mar em dois grupos principais: o dissolvido e o particulado.

Em muitas situações, o que fazemos em um laboratório é parecido com o que fazemos na cozinha de casa.

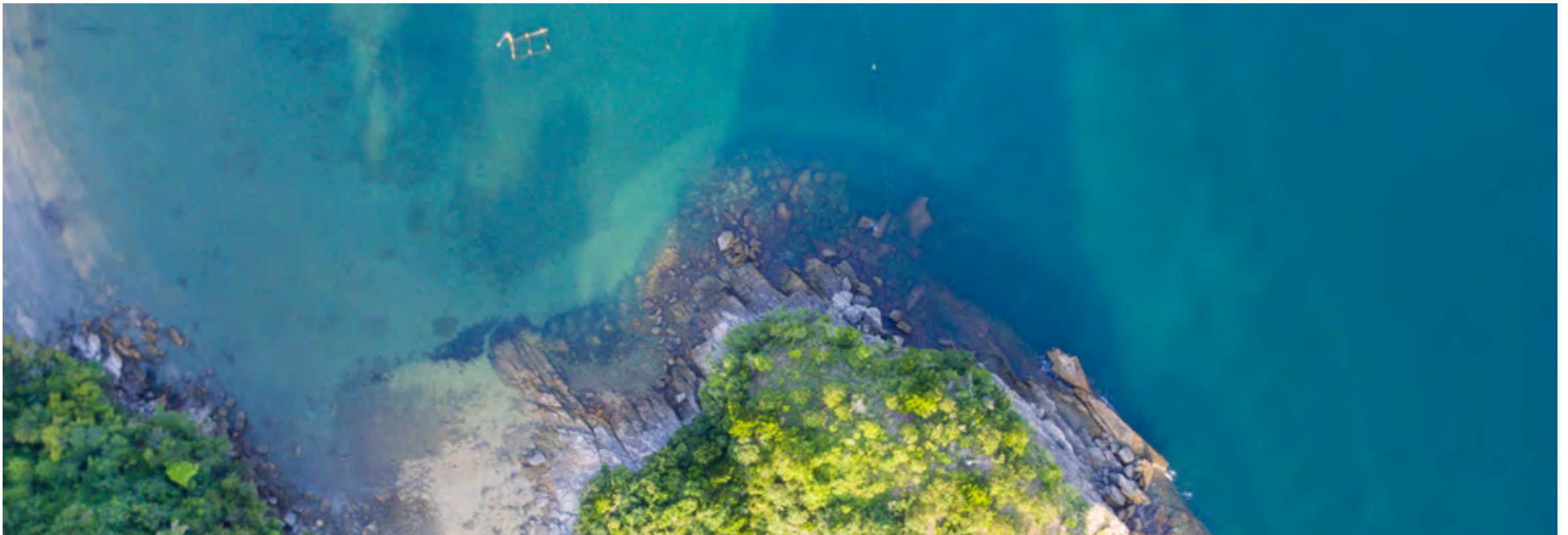


Fotos e vídeos: Stella C.C. Coelho e Áurea M. Ciotti.

Quando preparamos um café estamos separando materiais por seu tamanho. Colocamos o pó dentro de um filtro e despejamos água quente por cima. Ao final, as partículas maiores que os poros do filtro ficam nele retidas e o material dissolvido na água quente, dando a ela cor e sabor - o café que tomamos -, passa através dele. Quando estudamos a cor dos oceanos, também usamos filtros para separar as partículas do material dissolvido, além de equipamentos específicos para medir a cor desses dois grupos de materiais.

# O que colore a água do mar?

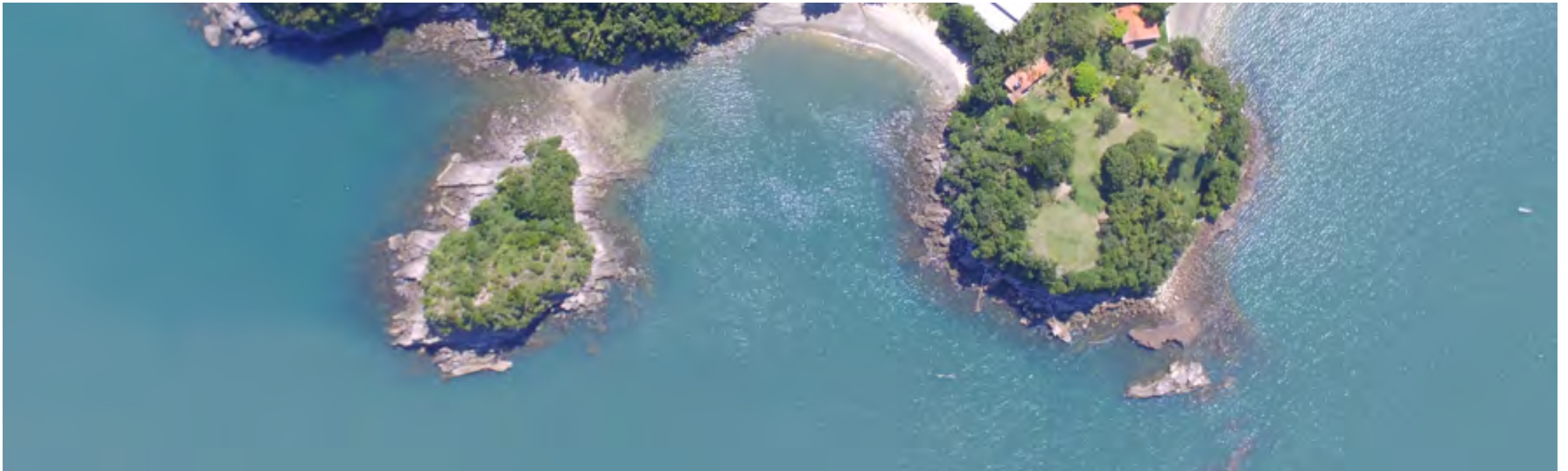
O material colorido dissolvido na água do mar é, na maioria das vezes, composto por substâncias orgânicas, que são meio amareladas. Já o material particulado pode ser lama ou areia suspensas na água ou organismos microscópicos, que tendem a ser marrons e verdes, respectivamente. Assim como vimos para a grama e para as moléculas de água em uma piscina, cada tipo de material dissolvido e partículas presentes na água do mar atuará de forma diferente em cada uma das cores presentes na luz do sol.





# Água do mar: azul ou verde?

Longe dos grandes rios que trazem muitos sedimentos e que deixam as águas do mar marrons, as principais partículas que colorem os oceanos são as microalgas (ou fitoplâncton). Como falamos anteriormente, numa água bem clara, ou seja, com poucas partículas ou material dissolvido, a luz interage primeiro com as moléculas de água, que reduz primeiramente os fótons da cor vermelha e, em seguida, os das cores violeta e verde, restando os da cor azul, que se propagam até que sejam completamente extintos. Numa água contendo partículas e material dissolvido, a luz azul também é absorvida inicialmente, restando a luz verde.



# O fitoplâncton e a cor da água do mar

Os oceanógrafos estudam as características dos oceanos, incluindo a sua cor, por meio de diversas técnicas e equipamentos. Eles podem, por exemplo, analisar as variações da cor dos oceanos em imagens de satélites e relacioná-las



Imagem: Joshua Stevens.

com a presença do fitoplâncton em algumas áreas, verificando quais e quantos são os organismos presentes. A imagem acima, captada pelo Observatório da Terra da NASA, a agência espacial norte-americana, mostra o Canal de São Sebastião, a enseada de Caraguatatuba (SP) e os seus arredores, em setembro de 2017, quando foram vistas grandes concentrações (ou florações) de fitoplâncton.

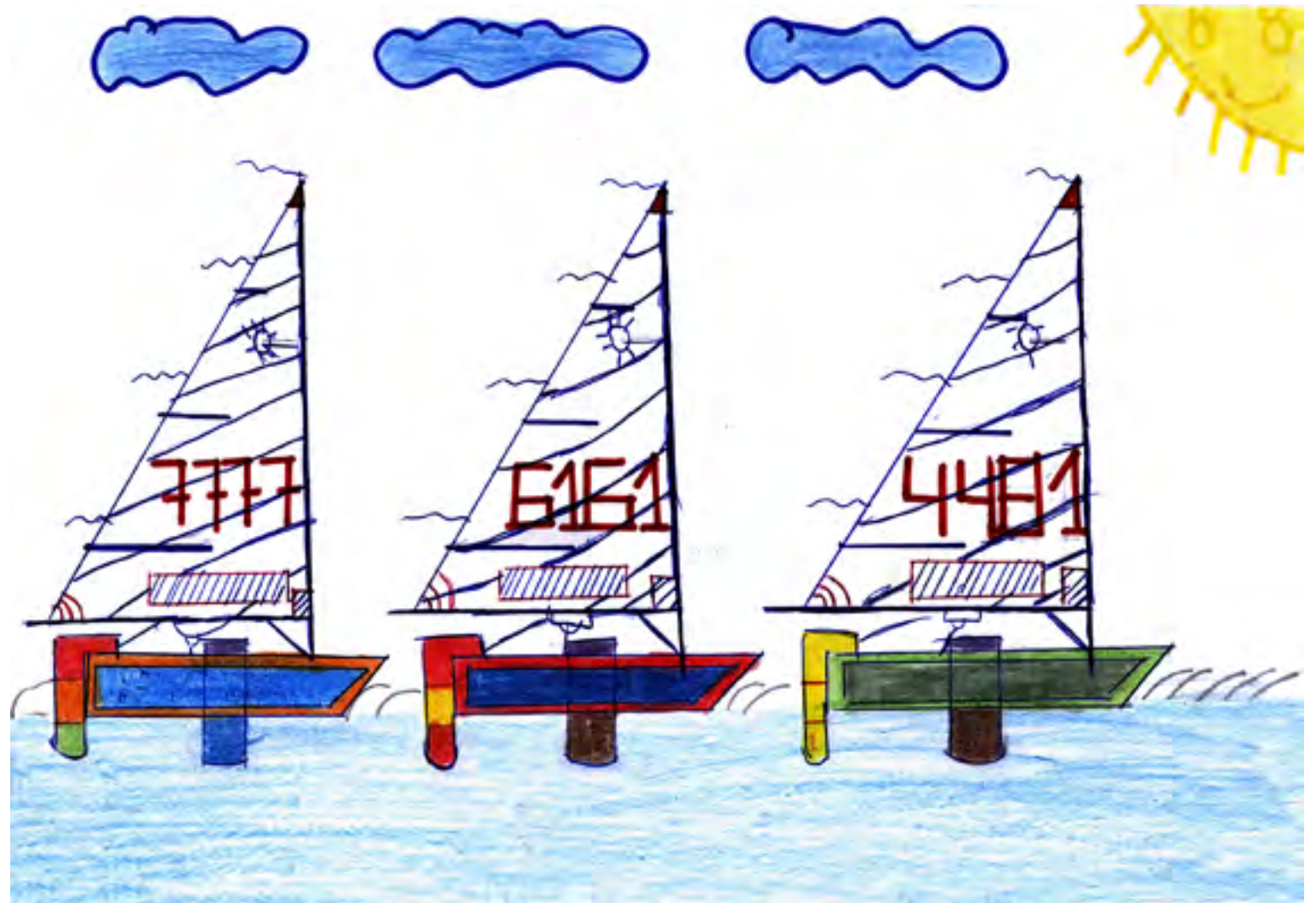


“O mar em nossas vidas”.

Desenho: Mirela Peres.

# A arte de velejar

Velejar é a forma de navegação pela qual o barco é conduzido exclusivamente pela ação dos ventos sobre as suas velas. As embarcações utilizadas podem ter diferentes tamanhos e formatos, mas todas contam com um leme, elemento crucial para orientar o sentido do movimento. É necessário o mínimo conhecimento dos padrões de ventos e percepção de sua força e direção pelos velejadores, para que possam exercer a atividade da melhor forma. As correntes marinhas são também de grande importância, já que podem atuar a favor ou contra a força dos ventos, interferindo na propulsão da embarcação pelas velas.



# Uma história contada com um disco de Secchi

*“Os ventos e as correntes marinhas podem afetar a transparência da água do mar?”*

Essa pergunta foi feita aos alunos da Escola Municipal de Vela de São Sebastião, que, em uma abordagem de ciência-cidadã, buscaram respondê-la durante suas aulas de vela. Ao longo de quase três meses os alunos realizaram medidas utilizando o disco de Secchi em oito pontos no Canal de São Sebastião, localizados nas suas duas rotas usuais de navegação. Os dados obtidos foram relacionados às observações de direção do



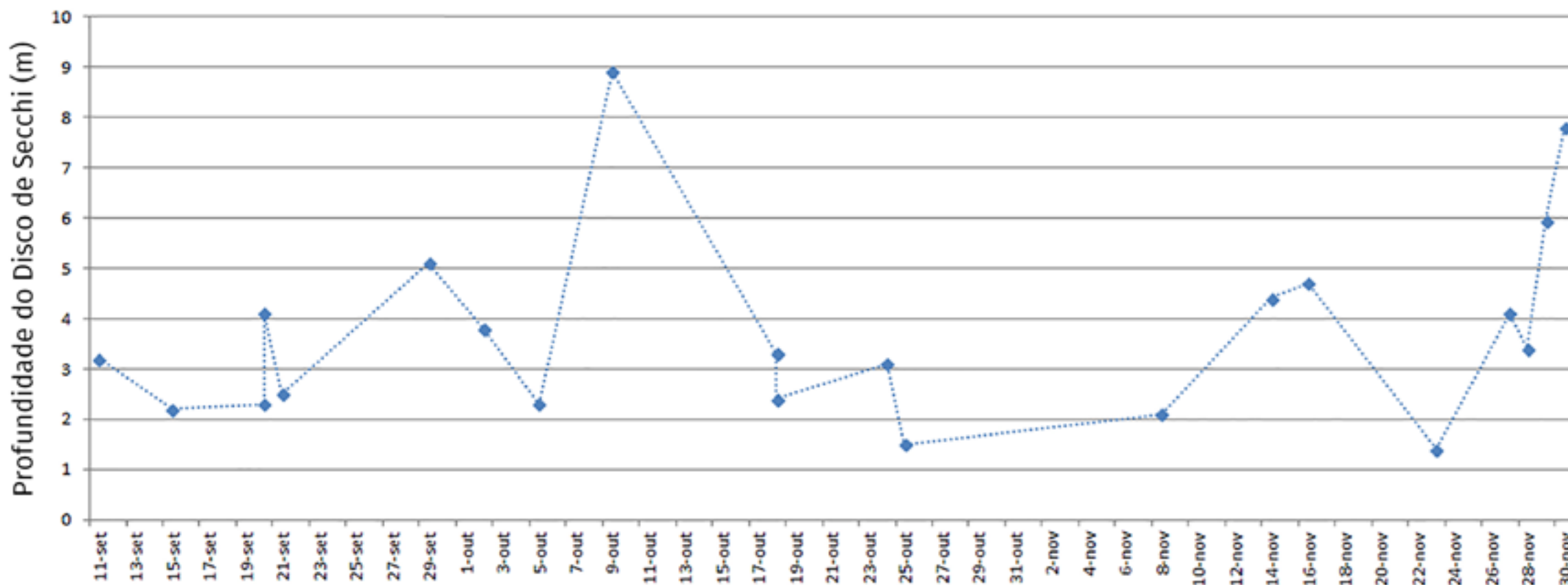
vento e corrente de cada dia.

A imagem mostra o Canal de São Sebastião com indicações dos pontos de coleta de dados na rotas de navegação sul (azul) e norte (vermelho).

Os nomes dos pontos foram escolhidos pelos alunos e professores da escola, tendo em conta os organismos comumente presentes em cada local.

O ponto “Tamburutaca” apresentou relações bem evidentes: ventos e correntes de leste/nordeste trouxeram águas mais turvas, provavelmente vindas de locais mais rasos, sobretudo da praia da Enseada, em São Sebastião, e de praias de Caraguatatuba, diminuindo a transparência da água no local. Esta situação foi verificada entre os dias 29/09 e 05/10/2017.

Já águas de origem oceânica, que possuem menos organismos e partículas em suspensão, atingiram a região entre os dias 08 e 16/11/2017, por meio de forte corrente de sul, resultando em maior transparência do mar.



O entendimento da influência entre essas variáveis é de grande valia para a prática da vela, pois auxilia nas escolhas dos percursos.

# Observando bem de perto

No laboratório do CEBIMar/USP, os alunos da Escola Municipal de Vela de São Sebastião puderam observar, com o auxílio de aparelhos ópticos, alguns dos organismos microscópicos que contribuem para a coloração da água do mar.

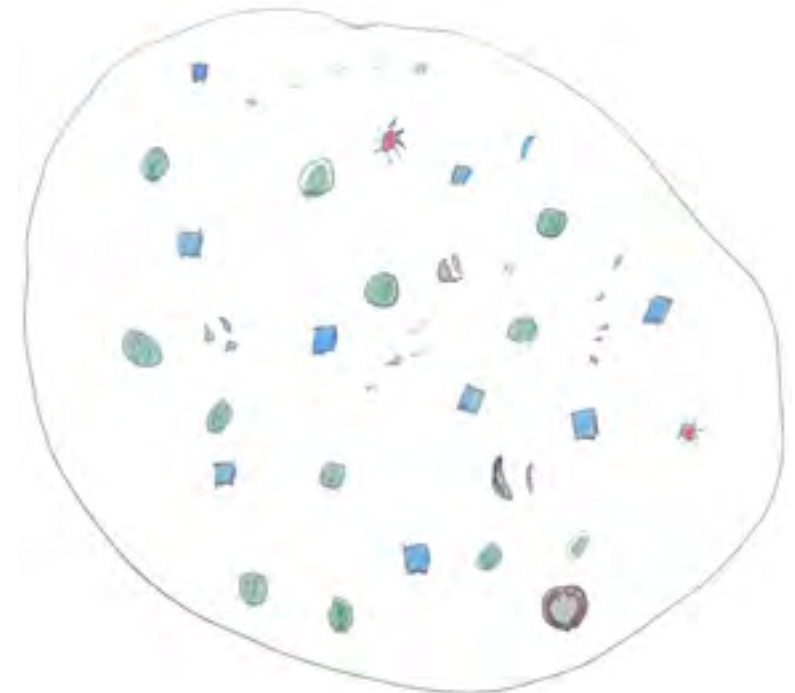
Desenho: Gabriel Boloni



Desenho: Pedro Edym dos Santos Silva



Desenho: Ariel Kevin



Desenho: Kelviany dos S.P. Oliveira

# Conclusões

Este ebook buscou mostrar como a cor do mar no Canal de São Sebastião depende da cor da luz incidente, da profundidade, do tipo de fundo, do material dissolvido e partículas presentes, e das condições dos ventos e correntes atuantes. A cor da água do mar está relacionada à sua transparência, que pode ser avaliada por um método simples: o registro da profundidade de desaparecimento do disco de Secchi.

A Ciência Cidadã consiste em uma parceria entre não-cientistas e cientistas, no sentido de que os primeiros compreendam formas de obtenção e análise de dados que promovam o conhecimento científico.

Este foi o conceito que norteou o desenvolvimento de um programa de medidas sistemáticas da transparência da água do mar, executado por alunos e professores da Escola Municipal de Vela de São Sebastião e pesquisadores do CEBIMar/USP. Assim, os alunos da Escola de Vela obtiveram um melhor entendimento, não apenas sobre o método científico, mas também sobre a dinâmica física e biológica do Canal de São Sebastião, local onde realizam suas aulas.

Quando a sociedade é exposta a atividades científicas de uma forma acessível e desmistificada, a importância destas é melhor compreendida. A difusão de conhecimento, como o proposto por este ebook, resulta em melhor qualidade de vida para os indivíduos e ganhos efetivos para o meio ambiente do qual fazem parte.



# Saiba mais....

## Em inglês:

Citclops project. EyeOnWater. NIOZ, MARIS, Vrije Universiteit Amsterdam, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 2018. Disponível em: <http://www.eyeonwater.org>. Acesso em: 31 de ago. 2018.

Coastal Ocean Darkening. Clarity on the Sea. University Oldenburg, 2017. Disponível em: <http://clarityonthesea.org/>. Acesso em: 20 de jul. 2018.

Secchi Disk study. Plymouth, UK: The Secchi Disk Foundation, 2018. Disponível em: <http://www.secchidisk.org/>. Acesso em: 31 de ago. 2018.

## Em português:

Santos, Renato P. dos. Física Ondas: Cores não são o que você pensa!. Física Interessante, 8 Mar. 2016. Disponível em: <http://www.fisica-interessante.com/fisica-ondas-cores.html>. Acesso em: 20 de jul. 2018.

Por que a cor do mar varia tanto? Super Interessante, 30 jul 2009. Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/por-que-a-cor-do-mar-varia-tanto/>. Acesso em: 20 de jul. 2018.