



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROJETO ECOANDO SUSTENTABILIDADE (PES)

NOTA TÉCNICA Nº03/PES/2021

de 25 de fevereiro de 2021

Assunto: **Mortandade de organismos e cheiro de água podre na Lagoa da Conceição**

Durante o final da tarde e noite do dia 22 de fevereiro de 2021, moradores da Lagoa da Conceição visualizaram animais agonizando e mortos na região do Saquinho, região norte da referida laguna. Estes solicitaram ao Projeto **Ecoando Sustentabilidade** visita e análise técnica do problema e suas possíveis soluções. Com o apoio da Associação de Moradores da Lagoa da Conceição, após estas análises destacamos de maneira preliminar e emergencial os seguintes aspectos:

Os dados disponíveis até o presente momento indicam que o colapso da mortalidade observada na porção Norte da Lagoa da Conceição está relacionado com um cenário complexo que envolve inclusive o deságua de efluentes da lagoa de evapoinfiltração da ETE-CASAN (LEI-CASAN), ocorrido no dia 25 de janeiro de 2021. Este evento somado a um conjunto de outros fatores observados ao longo do período consecutivo levaram ao processo de intensificação da eutrofização e ampliação das áreas de baixas concentrações de oxigênio para a região norte da Lagoa. Logo após o desastre (Nota Técnica Nº1/PES/2021 – 25 de janeiro de 2021), os pesquisadores do Projeto Ecoando Sustentabilidade alertaram para os possíveis impactos que o incremento de nutrientes dissolvidos e de matéria orgânica poderia ter sobre o sistema e sobre suas consequências no avanço da eutrofização e no aumento e intensificação da zona morta na Lagoa da Conceição.

Nos dias 23 e 24 de fevereiro, a equipe Ecoando realizou observações, coletas e análises *in situ*, caracterizando a qualidade da água e dos organismos em quinze pontos compreendidos entre a Ponta das Almas (região central) e a região da Sede do Parque Estadual do Rio Vermelho, compreendendo ainda pontos na localidade conhecida como Saquinho e no Terminal Lacustre do Rio Vermelho. No dia 23, por toda a região entre o Trapiche 21 e o saquinho, foi presenciado baixa concentração de oxigênio (abaixo de 2



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROJETO ECOANDO SUSTENTABILIDADE (PES)

mg.L-1), cheiro intenso de enxofre (tipo de ovo podre) e foram observados milhares de animais mortos representando animais pelágicos e bentônicos de vários grupos taxonômicos (Fig. 1). Destacam-se peixes (p.ex., corvina, linguado, piacú, cocoroca, carapeva, garoupa, baiacú), crustáceos (camarões, siris, caranguejos), bivalves (p.ex., berbigão, ostra, borboletinha, amêijoia, lambreta), gastrópodes (p.ex., sacuritá), e poliquetas (p.ex., minhocas do mar). Espécimes de grande porte de peixes reforçam a severidade do evento pois, mesmo sendo mais robustas e apresentando maior capacidade de deslocamento (fuga) não puderam evitar a exposição ao evento. A baixa concentração de oxigênio também foi observada na água de fundo (acima de 2,5 m de profundidade) nas proximidades da Ponta das Almas, condição típica da zona morta existente nesta região. Contudo, no dia 24 esse ponto amostral também apresentou baixa concentração de oxigênio e cheiro de enxofre nas águas superficiais, evento que pode estar relacionado à condição registrada nas águas da Costa da Lagoa. Deve-se reforçar que passamos por uma onda de calor, que ficou evidenciada por valores de temperatura de superfície superiores a 29°C. A elevação da temperatura contribuiu para a redução da disponibilidade de O₂ nas áreas mais rasas como já observado em águas do litoral de SC 2020 (Brauko et al. 2020).

Todo o cenário observado indica a aceleração do processo de eutrofização, com o desenvolvimento de microorganismos anaeróbicos e a morte de organismos aeróbicos que entram em decomposição e intensificam a demanda por oxigênio no sistema, agravando o colapso local. Nestas condições, até o oxigênio contido nos sulfatos (SO₄²⁻) é usado por bactérias específicas. Isso leva ao lançamento de enxofre (S²⁻) que captura o oxigênio livre ainda presente nas camadas próximas da superfície da massa d'água, aumentando a demanda química de oxigênio na água. Este processo consome todo o oxigênio do ambiente aquático, inviabilizando a vida aeróbica. Um indicador deste processo é o cheiro muito específico de ovo podre, proveniente principalmente das reações que envolvem o enxofre.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROJETO ECOANDO SUSTENTABILIDADE (PES)

Portanto, a análise dos dados até o presente momento sustenta duas hipóteses complementares:

- Aceleração do processo de eutrofização do sistema com floração de algas;
- Expansão da zona morta, área com baixíssimas concentrações de oxigênio.



Figura 1. Imagens da mortandade de organismos na Lagoa da Conceição. Fonte: PES.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROJETO ECOANDO SUSTENTABILIDADE (PES)

Aceleração do processo de eutrofização do sistema com floração de algas

A floração de produtores primários é um sintoma secundário da eutrofização, desencadeado pelas elevadas concentrações de nutrientes (sintoma primário) e que retroalimentam a eutrofização pela produção de biomassa. Essa matéria orgânica, em conjunto com material orgânico transportado e depositado na região, é decomposta, consumindo oxigênio e gerando a formação de zonas mortas nas águas superficiais das regiões mais ao norte, promovendo a mortalidade observada de animais. Desde o dia 16 de fevereiro temos recebido relatos, fotos e vídeos da região da Costa da Lagoa, onde águas e escumas de coloração marrom chamaram a atenção de pescadores, moradores e frequentadores da área. A análise destas imagens enviadas em conjunto com a análise da literatura e da composição do fitoplâncton de amostras de água da região, reforçam a tese de ocorrência de uma floração da alga potencialmente produtora de toxinas, a *Fibrocapsa japonica*.

Fibrocapsa japonica é uma microalga fitoplanctônica marinha da classe Raphidophyceae conhecida por formar florações nocivas em várias partes do mundo. As florações estão associadas a mortalidades de peixes e outros animais aquáticos através de três mecanismos: (1) liberação de muco irritante que causa inflamação e perda da funcionalidade de trocas gasosas nas brânquias dos animais; (2) produção de componentes neurotóxicos, correspondentes a brevetoxinas, e compostos com efeitos hemolíticos; e (3) geração de hipoxia/anoxia na água quando a floração decai e a grande quantidade de biomassa é decomposta na água consumindo oxigênio. Em uma primeira análise é possível sugerir que os três mecanismos contribuíram para o processo agudo de mortalidade de peixes e outros animais naquele setor da Lagoa da Conceição nos últimos dias. As florações de *Fibrocapsa japonica* ocorrem em áreas marinhas, estuarinas e lagunares. Além da salinidade adequada, o excesso de nutrientes e certa estagnação da coluna de água são forçantes para seu desencadeamento. As condições de vento e oceanográficas do período favoreceram a maior influência marinha na referida região, devido a presença do canal da Barra da Lagoa, permitindo acesso e a floração do referido organismo. Reforçamos que as condições de elevada carga de nutrientes podem estar relacionadas às entradas urbanas diversas, inclusive aquelas relacionadas ao incidente



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROJETO ECOANDO SUSTENTABILIDADE (PES)

observado na região da ETE da Barra da Lagoa, somadas ao brusco aporte relacionado ao rompimento da LEI da CASAN na avenida das Rendeiras (em 25/01/2021). A condição de certa estagnação da coluna de água na região do Saquinho já é bem conhecida e é intensificada quando há represamento de água por efeito do vento sul empurrando água marinha para dentro do canal da Barra da Lagoa.

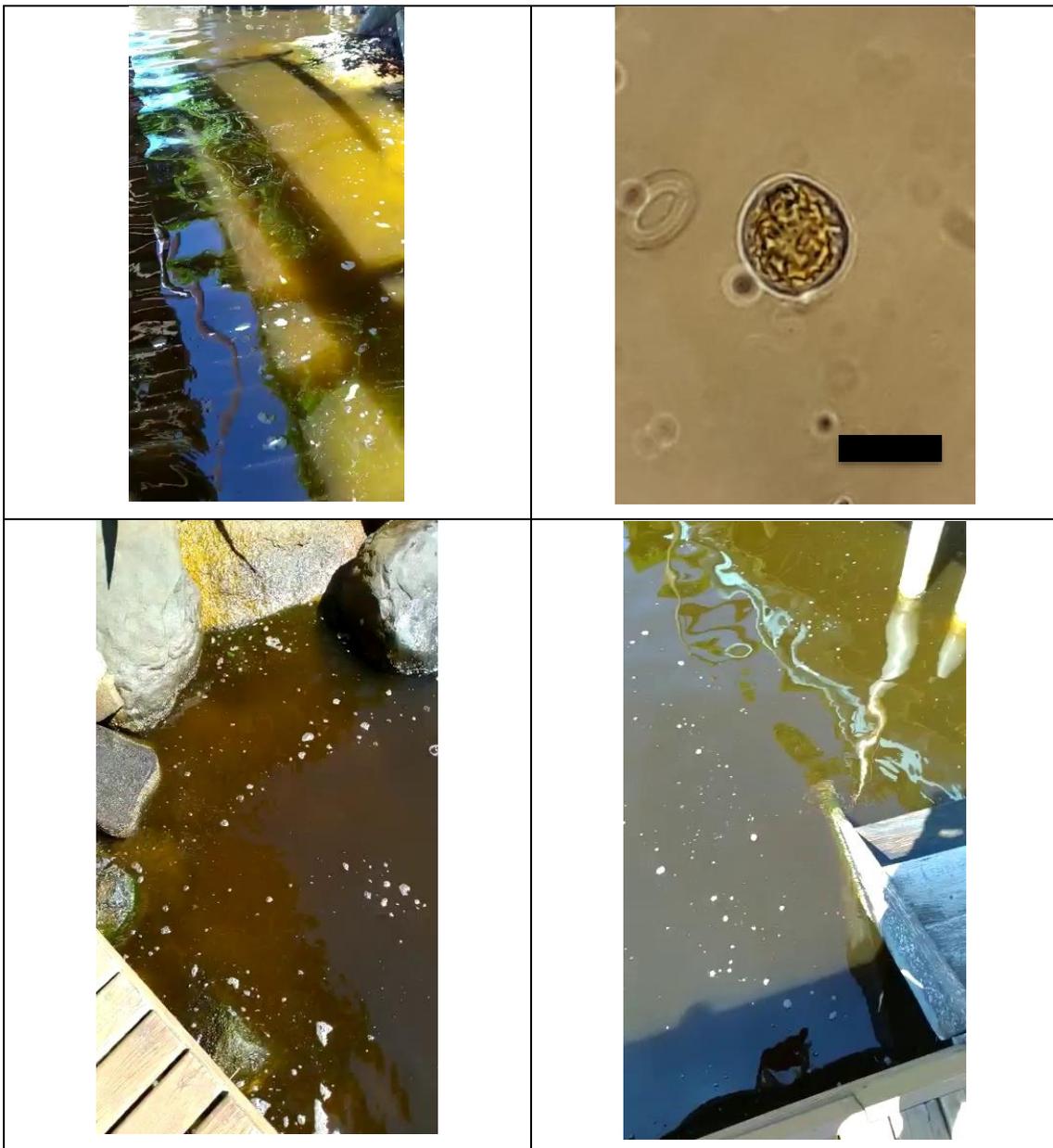


Figura 2. Imagens da maré marrom na Lagoa da Conceição e detalha da alga formadora, *Fibrocapsa japonica* (escala 20 micrometros). Fontes: Andréa Neves, moradora da Lagoa da Conceição (fotos lagoa); PES (detalhe da alga).



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROJETO ECOANDO SUSTENTABILIDADE (PES)

Esse fenômeno está sendo registrado pela primeira vez no Estado de Santa Catarina. Porém, situações registradas em outras partes do mundo indicam que os eventos podem se tornar recorrentes, mais frequentes e intensos se os forçantes não forem controlados, uma vez que a floração indica a presença e provável persistência das populações no corpo de água em questão, bastando novamente a coincidência desses forçantes para nova floração irromper. Ressalta-se que essas algas, ao serem decompostas, liberam novamente no ambiente os nutrientes que as alimentaram. Ou seja, desenvolve-se um sistema de retroalimentação, sendo necessário procedimentos de mitigação para a retirada de nutrientes da água, como já indicado na Nota Técnica N°1/PES/2021 – de 25 de janeiro de 2021.

As brevetoxinas produzidas por *Fibrocapsa japonica* são perigosas ao ser humano, causando sintomas gastrointestinais como náusea, diarreia, vômito e sintomas neurológicos como formigamento, dormência e perda de controle motor. Recomenda-se fortemente que as pessoas não tenham contato com as “águas marrons” (*brown tide* = maré marrom), nem com os animais mortos ou vivos associados à floração (Khan et al. 1996).

Expansão da zona morta, área com baixíssimas concentrações de oxigênio

Entre a região do Saquinho e o Ponto 23 da Cooperbarco, porção mais ao norte da Costa da Lagoa, foi a localidade onde se concentrou a maior densidade de animais mortos. Nessas águas, a concentração de oxigênio dissolvido registrada nas águas superficiais foi de 0,5 a 3,0 mg/L. No fundo essas concentrações apresentaram valores menores, de 0,0 a 0,7 mg/L. As águas da região norte não apresentaram estratificação salina definida como observado e descrito na literatura para a região central da laguna (Fig. 3), que tem contato com o canal da barra (Cabral et al. 2019). Como os perfis de salinidade foram diferentes, deve-se considerar as limitações desta hipótese de expansão da zona morta central para áreas mais interior da laguna até que outros marcadores e indicadores estejam disponíveis.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROJETO ECOANDO SUSTENTABILIDADE (PES)

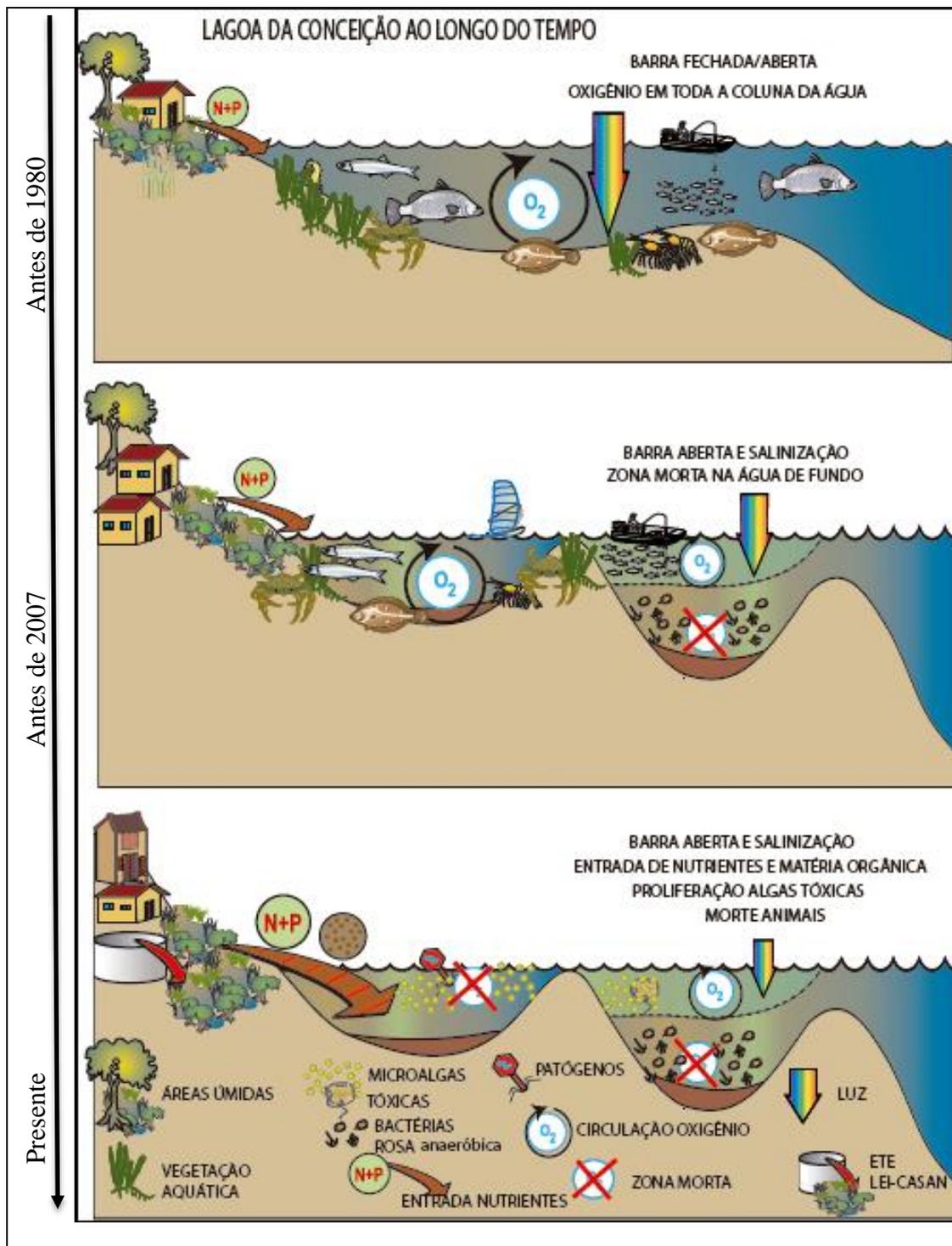


Figura 3. Diagrama mostrando as mudanças na qualidade do ecossistema da Lagoa da Conceição. Fonte: PES.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROJETO ECOANDO SUSTENTABILIDADE (PES)

O cenário aqui descrito representa a evolução do processo de eutrofização que chegou a sua condição mais extrema, uma crise distrófica, onde a falta generalizada de oxigênio afeta a estrutura da cadeia alimentar, pela morte de organismos representantes dos diferentes níveis e funções tróficas (Fig. 3). O estado trófico e os sintomas da eutrofização têm se intensificado na Lagoa da Conceição nas últimas décadas, como resultado do aumento da urbanização e da baixa qualidade da gestão do esgotamento sanitário. Essa condição crônica sofreu um impacto agudo com o rompimento da LEI-CASAN, pela entrada de toneladas de nutrientes e matéria orgânica que intensificaram o processo de eutrofização, pelo desenvolvimento da floração algal e da formação da zona morta superficial na região norte. A onda de calor, registrada na última semana, intensificou esses efeitos da eutrofização, como já bem documentado na literatura científica (Brauko et al. 2020).

Diante da situação presente na Lagoa da Conceição, recomendamos:

- Não realizar obras de dragagem ou alargamento do Canal da Barra, uma vez que estes podem intensificar a influência marinha sobre a laguna. As evidências disponíveis até agora sinalizam para o fato de que a maior influência marinha tem papel importante no cenário de colapso observado atualmente. A zona morta periódica que se forma na região central da laguna, conectada com o mar, tem sido descrita desde a abertura do canal da barra na década de 80. A água salgada, ao entrar pelo Canal da Barra, fica estagnada no fundo da região central da laguna e não se mistura com a água de superfície devido à baixa hidrodinâmica dessa região. Essa massa de água no fundo recebe matéria orgânica da laguna, que se deposita pela gravidade, mas não recebe o oxigênio que entra na água superficial. Quanto maior a decomposição da matéria orgânica nessa água de fundo, maior é o consumo de oxigênio, gerando a zona morta (Fig. 3). A persistência e o aumento da extensão dessa zona morta vêm ocorrendo como resultado da entrada de nutrientes e de matéria orgânica associados à urbanização. O aumento da entrada de água salgada na laguna pode expandir a estratificação da coluna da água para outras regiões do sistema, expandindo a zona morta, que ocorre periodicamente desde 1984 (seu primeiro registro). A intensificação



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROJETO ECOANDO SUSTENTABILIDADE (PES)

de florações de microorganismos tóxicos também é potencializada com a água marinha, que deve reforçar a estratificação e o aporte de novos propágulos de espécies causadoras desses eventos.

- No cenário descrito acima, deve-se: estabelecer imediato e sistemático (i) monitoramento do ecossistema da Lagoa da Conceição, seus componentes abióticos e bióticos, para avaliar o efeito dos eventos crônicos (urbanização) e agudos (LEI-CASAN) na estrutura da cadeia alimentar e nos serviços ecossistêmicos da laguna, assim como a (ii) Mitigação de danos e restauração ambiental e ecológica. Para que estas ações sejam pedagógicas para que eventos dessa natureza não voltem a acontecer, é fundamental a gestão compartilhada e horizontal destas ações, com a participação ativa dos diferentes atores sociais, comunidade local, pesquisadores, gestores ambientais e municipais. Estas atividades estão detalhadas em proposta de estudo elaborado pelo Projeto Ecoando Sustentabilidade que foi entregue às autoridades locais.
- Deve-se reforçar ainda a necessidade de (i) remoção imediata dos animais mortos e da matéria orgânica acumulada nas áreas rasas e superficiais, para evitar o agravamento da crise e problemas de saúde pública relacionada a organismos patogênicos e a proliferação de vetores de patógenos; (ii) Interdição imediata do uso da Lagoa da Conceição para atividades de contato primário (banho); (iii) Produção de material de divulgação e de advertência em relação às áreas de risco de algas tóxicas; A imprensa escrita, o rádio, televisão e internet são fundamentais para dar suporte para uma divulgação mais eficiente; (iv) Como estamos em um estágio inicial, o sistema único de saúde local e seu pessoal precisam estar cientes dos problemas de saúde associados com as consequências da eutrofização, incluindo diagnosticar e tratar os indivíduos afetados por toxinas de algas.

É uma boa prática informar às pessoas sobre:

- Os riscos de tomar banho ou praticar esportes atividades em ambientes com cheiro atípico, cores anormais ou águas turvas;



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROJETO ECOANDO SUSTENTABILIDADE (PES)

- Os fenômenos anafiláticos, que podem ser experimentados por banhistas ou pessoas alérgicas caminhando nas margens de um corpo d'água, afetada por eventual floração e eutrofização aguda deve ser levado em consideração. Algas e o processo de eutrofização podem produzir substâncias tóxicas que podem induzir alergias;
- O risco à saúde relacionado à coleta e comer peixes e mariscos derivado do processo deve ser alertado;
- Deve-se evitar o contato de animais domésticos com a água e animais mortos;
- Monitorar os gases derivados do processo e suas possíveis consequências sobre a saúde dos moradores.

Considerações Finais

Devemos reforçar que apesar de ter sido observado um avanço do comprometimento da saúde da Lagoa da Conceição, representado pela mortandade dos organismos e o cheiro de água podre, o cenário geral reforça a tese de que ainda há tempo para a remediação dos danos e para uma integral restauração dos produtos e serviços desta laguna de inestimável valor para Florianópolis, para Santa Catarina e para o Brasil. A (não)gestão nacional da pandemia é um bom exemplo de como o descaso à ciência pode ter consequências desastrosas. Portanto, se faz necessária uma postura atenta de todos os órgãos envolvidos para que estes equívocos não se repitam no que tange a situação atual da laguna. Com a participação de todos e o engajamento institucional poderemos reverter a situação e construir novas formas de relacionamento com a questão do saneamento básico e do modelo de gestão da nossa cidade, onde o respeito à saúde única seja um bem comum e norteador de nossas ações.

Agradecimentos

A equipe do Projeto Ecoando Sustentabilidade agradece a comunidade de moradores da Lagoa da Conceição que por conversas, vídeos, fotos, textos e áudios divulgou, divulgou evidências e cobrou das instituições para que cumpram o seu papel social. Em especial



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROJETO ECOANDO SUSTENTABILIDADE (PES)

ao Sr. Bruno Negri, da AMOLA, pelo apoio de embarcação e pela atenção ao processo de diagnóstico mínimo do estado de saúde da Lagoa.

Florianópolis, 25 de fevereiro de 2021

Assinam essa nota pesquisadoras e pesquisadores dos seguintes laboratórios e projetos:

- Ecoando sustentabilidade
- Laboratório de Ficologia – LAFIC (paulo.horta@ufsc.br; rorig@gmail.com)
- Laboratório de Oceanografia Química e Biogeoquímica Marinha – LOQUI (alessandra.larissa@ufsc.br)
- Laboratório de Biodiversidade e Conservação Marinha – LBCM (paulo.pagliosa@ufsc.br)
- Núcleo de Estudos do Mar (NEMAR)
- Veleiro Eco

Referências

Para consultar as séries temporais das ondas de calor no Atlântico Sul, verificar: https://coralreefwatch.noaa.gov/data/5km/v3.1/current/animation/gif/ssta_animation_90day_satlantic_930x580.gif

Nota Técnica N°1/PES/2021: https://noticias.paginas.ufsc.br/files/2021/01/Nota-tecnica-impactos-e-a-necessarias-de-mitigacao-e-restauracao-da-lagoa-da-cocnei-e-sistema-de-dunas_UFSC-2.pdf



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROJETO ECOANDO SUSTENTABILIDADE (PES)

Ver também:

Barros, G. D., Fonseca, A. L. D. O., Santos, A. C. D., Fontes, M. L. S., Varela, A. R. D., & Franco, D. (2017). Nutrient distribution in a shallow subtropical lagoon, south Brazil, subjected to seasonal hypoxic and anoxic events. *Brazilian Journal of Oceanography*, 65(2), 116-127.

Bercovich, M. V., Schubert, N., Saá, A. C. A., Silva, J., & Horta, P. A. (2019). Multi-level phenotypic plasticity and the persistence of seagrasses along environmental gradients in a subtropical lagoon. *Aquatic Botany*, 157, 24-32.

Branco, S., Almeida, L.L., Alves-de-Souza, C., Oliveira, M.M., Proença, L.A., & Menezes, M. (2019). Morphological and genetic characterization of bloom-forming Raphidophyceae from Brazilian coast. *Phycological Research*, 67(4), 279-290.

Brauko, K. M., Cabral, A., Costa, N. V., Hayden, J., Dias, C. E., Leite, E. S., ... & Horta, P. A. (2020). Marine heatwaves, sewage and eutrophication combine to trigger deoxygenation and biodiversity loss: a SW Atlantic case study. *Frontiers in Marine Science*.

Cabral, A., Bercovich, M.V., & Fonseca, A. (2019). Implications of poor-regulated wastewater treatment systems in the water quality and nutrient fluxes of a subtropical coastal lagoon. *Regional Studies in Marine Science*, 29, 100672.

CASAN (2017) Plano de Emergência e Contingência Operacional ETE Lagoa da Conceição. <https://www.aresc.sc.gov.br/index.php/documentos/relatorios-de-fiscalizacao-de-municipios-conveniados/municipios-agua/florianopolis/1561-pec-ete-lagoa-da-conceicao-revisao-abril-2017/file>

de Boer, M.K., Koolmees, E.M., Vrieling, E. G., Breeman, A.M., & van Rijssel, M. (2005). Temperature responses of three *Fibrocapsa japonica* strains (Raphidophyceae) from different climate regions. *Journal of Plankton Research*, 27(1), 47-60.

de Boer, M.K., Tyl, M.R., Vrieling, E.G., & van Rijssel, M. (2004). Effects of salinity and nutrient conditions on growth and haemolytic activity of *Fibrocapsa japonica* (Raphidophyceae). *Aquatic Microbial Ecology*, 37(2), 171-181.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROJETO ECOANDO SUSTENTABILIDADE (PES)

Edwardsen, B. & Imai, I. (2006). The Ecology of Harmful Flagellates Within Prymnesiophyceae and Raphidophyceae. In: Granéli, E. *Ecology of harmful algae* (Vol. 189, p. 406). J. T. Turner (Ed.). Berlin: Springer. Pp. 67-79.

Fonseca, A., Braga, E.S., & Eichler, B.B. (2002). Distribuição espacial dos nutrientes inorgânicos dissolvidos e da biomassa fitoplanctônica no sistema pelágico da Lagoa da Conceição, Santa Catarina, Brasil (Setembro, 2000). *Atlântica*, 24(2), 69-83.

Menezes, M. & Bicudo, C.E.D.M. (2010). Freshwater Raphidophyceae from the State of Rio de Janeiro, Southeast Brazil. *Biota Neotropica*, 10(3), 323-331.

Pezzolesi, L., Cucchiari, E., Guerrini, F., Pasteris, A., Galletti, P., Tagliavini, E., ... & Pistocchi, R. (2010). Toxicity evaluation of *Fibrocapsa japonica* from the Northern Adriatic Sea through a chemical and toxicological approach. *Harmful Algae*, 9(5), 504-514.

PMO-09/00551445.

<http://www.tce.sc.gov.br/sites/default/files/ETE%20Lagoa%20PM.pdf>

Santos, V. (2018). *Disposição de efluentes tratados em uma lagoa de evapoinfiltração*. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. 148 p.

Schlindwein, A.D., Rigotto, C., Simões, C.M.O., & Barardi, C.R.M. (2010). Detection of enteric viruses in sewage sludge and treated wastewater effluent. *Water Science and Technology*, 61(2), 537-544.