

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS

MAYRA AZEVEDO CORNELIO

**ASCENSÃO DOS DINOFLAGELADOS *NOCTILUCA SCINTILLANS* COMO
BIOINDICADORES NO BRASIL**

CAMPINAS

2024

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS

ESCOLA DE CIÊNCIAS DA VIDA

FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MAYRA AZEVEDO CORNELIO

**ASCENSÃO DOS DINOFLAGELADOS *NOCTILUCA SCINTILLANS* COMO
BIOINDICADORES NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao programa de graduação em Ciências Biológicas da Escola de Ciências da Vida da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, como exigência para obtenção do título de bacharel de Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Luiza Ishikawa Ferreira.

CAMPIINAS

2024

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS

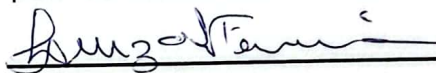
ESCOLA DE CIÊNCIAS DA VIDA

FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MAYRA AZEVEDO CORNELIO

ASCENSÃO DOS DINOFLAGELADOS *NOCTILUCA SCINTILLANS* COMO
BIOINDICADORES NO BRASIL

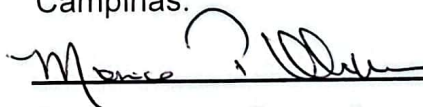
Trabalho de conclusão de curso defendido
e aprovado em 14 de novembro de 2024
pela comissão examinadora:



Profa. Dra. Luiza Ishikawa Ferreira.

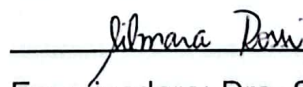
Orientadora e presidente da comissão
examinadora.

Pontifícia Universidade Católica de
Campinas.



Examinadora: Profa. Esp. Mônica Pinto de
Oliveira.

Pontifícia Universidade Católica de
Campinas.



Examinadora: Dra. Silmara Rossi.

Projeto Cetáceos da Costa Branca –
Universidade do Estado do Rio Grande do
Norte (PCCB – UERGN)

CAMPIINAS

2024

Dedico a: Minha mãe, Adriana Cristina de Azevedo, minha vó, Dirce Aparecida de Souza, e minha tia-avó, Marisa Facchini, as três mulheres que tornaram possível a minha realização de ensino superior.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, a família de laços de amor, a família de sangue e a de coração. Agradeço também a todos os grandes professores que guiaram minha jornada desde tênue idade às fases universitárias.

RESUMO

Em águas costeiras de mares temperados e tropicais, cada vez mais ocorrem as florações de algas, bactérias e protozoários. Dentre os responsáveis, *Noctiluca scintillans*, um dinoflagelado bioluminescente de grande porte, é responsável pelas chamadas “marés vermelhas” e “marés azuis”. Cada uma dessas marés é causada por um dos subtipos dessa espécie, a vermelha, que é fagotrófica e se alimenta de uma vasta variedade de presas, exercendo uma grande pressão de predação em larvas e diatomáceas, e a variação verde, que é fotossintetizante, pode apresentar um comportamento fagotrófico facultativo. O protozoário em questão possui dois tipos de reprodução, a assexuada, por fissão binária, é a mais comum e a que mantém o tamanho padrão da população, e a sexuada, onde uma única célula produz uma grande quantidade de gametas e acaba por causar uma explosão populacional nas florações. Por dependerem das correntezas para se locomoverem, em locais de convergência há o acúmulo de diferentes populações do dinoflagelado, criando uma única floração de quilômetros de cobertura superficial das águas. Segundo pesquisas, fatores como temperatura, salinidade, quantidade de matéria orgânica e pluviosidade são importantes para a determinação do tamanho e duração das florações. Apesar de inicialmente considerada não tóxica, as quantidades exorbitantes atingidas de indivíduos dessa espécie acarretam em uma liberação de amônia a nível fatal para a vida marinha, além da anoxia do meio em que se encontram. Além da toxicidade própria, *Noctiluca scintillans* é capaz de carregar dentro de si uma grande quantidade de bactérias patogênicas, e há debate sobre se a espécie pode acumular as toxinas de outros dinoflagelados que consome, alguns dos quais são produtores de taxitoxinas. Os anos de pesquisa sobre os protozoários e, em especial, sobre *Noctiluca scintillans*, apesar de construírem uma história longa e complexa, somam um conhecimento que anuncia descobertas a serem feitas e aprofundadas. Atualmente, regiões do sul asiático, como Japão, China e Índia, concentram a maior parte dos trabalhos desenvolvidos sobre a espécie, e relatam como o vigente crescimento desordenado das populações desse dinoflagelado estão acarretando perdas ecológicas, econômicas e sanitárias, além de outros riscos possíveis. Por tratar-se de uma questão de âmbito cada vez mais globalizado, atingindo locais antes sem registro significativo, como no Brasil, o investimento em estudos que visem a compreensão e exploração do possível potencial da espécie como bioindicador aquático será imprescindível para a prevenção e controle do provável desequilíbrio ambiental, riscos sanitários e possíveis perdas financeiras futuras.

Palavras-chave: Protozoários. Dinoflagelados. Toxinas. Vida marinha. Marés vermelhas. Marés azuis.

ABSTRACT

In coastal waters of temperate and tropical seas, blooms of algae, bacteria, and protozoa are increasingly occurring. Among the responsible organisms, *Noctiluca scintillans*, a large bioluminescent dinoflagellate, is known for causing the so-called "red tides" and "blue tides." Each of these tides is caused by one of the species' subtypes: the red one, which is phagotrophic and feeds on a wide variety of prey, exerting significant predation pressure on larvae and diatoms, and the green variant, which is photosynthetic but can exhibit facultative phagotrophic behavior. This protozoan has two types of reproduction: asexual, through binary fission, which is the most common and maintains the population at a standard size, and sexual reproduction, where a single cell produces a large number of gametes, leading to a population explosion during blooms. Due to their dependence on currents for movement, areas of convergence accumulate different populations of the dinoflagellate, forming a single bloom that can cover kilometers of surface waters. According to research, factors such as temperature, salinity, organic matter content, and rainfall play critical roles in determining the size and duration of these blooms. Although initially considered non-toxic, the exorbitant quantities of this species reached during blooms result in the release of ammonia at levels lethal to marine life, along with the anoxia of the surrounding environment. Beyond its own toxicity, *Noctiluca scintillans* can harbor a significant number of pathogenic bacteria, and there is debate about whether the species can accumulate toxins from other dinoflagellates it consumes, some of which produce saxitoxins. Despite years of research on protozoa, particularly *Noctiluca scintillans*, building a long and complex history, the accumulated knowledge points to discoveries yet to be made and explored further. Currently, regions of South Asia, such as Japan, China, and India, are at the forefront of studies on this species and report how the ongoing uncontrolled growth of its populations is causing ecological, economic, and public health losses, as well as other potential risks. Given its increasingly globalized impact, including in regions previously without significant records, such as Brazil, investment in studies aimed at understanding and exploring the potential of this species as an aquatic bioindicator will be essential for preventing and controlling likely environmental imbalances, health risks, and potential future financial losses.

Keywords: Protozoa. Dinoflagellates. Toxins. Marine life. Red tides. Blue tides.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	7
2.	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivos gerais.....	12
2.2	Objetivos específicos.....	12
3.	METODOLOGIA	13
4.	DESENVOLVIMENTO	14
4.1	- <i>Noctiluca scintillans</i>	14
4.2	- Principais variáveis e influências sobre as florações de <i>Noctiluca scintillans</i>	26
4.3	- Principais consequências químicas, biológicas e sanitárias das florações de <i>Noctiluca scintillans</i>	27
4.4	- Possíveis aplicações da espécie <i>Noctiluca scintillans</i> como bioindicador.	29
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
6.	REFERÊNCIAS	31
7.	ANEXO	35

1. INTRODUÇÃO

Em águas costeiras de mares temperados e tropicais, principalmente em países asiáticos e europeus, há a ocorrência cada vez mais comum de florações (“*blooms*”). As florações representam a proliferação exacerbada de populações de algas, bactérias e protozoários (Xia *et al.*, 2024, Brusca; Moore; Shuster, 2018). Diferentes florações, de organismos distintos, podem ser desencadeadas por fatores variados e, dependendo de sua composição, podem acarretar consequências diversas no ambiente, além de poderem unir-se umas às outras (Huang, 1997). Dentre os diversos tipos de florações, destacam-se as causadas por protozoários dinoflagelados, como as chamadas “marés vermelhas” (Brusca; Moore; Shuster, 2018) e “marés azuis” (Cardoso, 2021).

Essas “marés” representam faixas da superfície oceânica tomadas por uma coloração distinta devido à presença de trilhões de indivíduos, os dinoflagelados e seus possíveis associados (como, por exemplo, diatomáceas). Um dos responsáveis por essas florações são os indivíduos bioluminescentes do gênero *Noctiluca*, em especial a espécie foco deste trabalho, *Noctiluca scintillans* (Kofoid, 1920), que possui dois subtipos, o vermelho e o verde, responsáveis respectivos por cada maré citada (Cardoso, 2021).

Noctiluca scintillans, que até Haeckel (1873) alterar a classificação, era conhecida como uma água-viva, possui, ainda hoje, uma classificação taxonômica sem consenso (Fukuda; Endoh, 2006), é um organismo de grandes dimensões quando comparado a outros dinoflagelados, chegando a medir até 1200 μm de diâmetro, segundo Cardoso (2021). Segundo Hallograeff (2019), por possuir alvéolos, trata-se de um representante do filo alveolata. *N. scintillans* usa de seus alvéolos para promover a flutuabilidade e a alternância entre as camadas de indivíduos em uma floração, preenchendo-os com amônia. Tal recurso faz-se necessário a esse protozoário pois, apesar de pertencer ao grupo dos biflagelados, é incapaz de livre natação e é carregado pelo fluxo das águas (Fukuda; Endoh, 2006). Segundo Huang (1997), essa flutuabilidade e dependência dos movimentos das águas pode ser um

dos grandes fatores que relacionam a espécie às correntezas e às florações em locais de convergência.

Seu ciclo reprodutivo foi definido por Fukuda e Endoh (2006) como sendo dividido em dois tipos, o assexuado e o sexuado. O assexuado, por fissão binária, seria o mais comum, onde uma única célula mãe dá origem a duas células filhas idênticas, mantendo assim o crescimento populacional de maneira moderada. A reprodução sexuada, por outro lado, é mais complexa, e se inicia quando um trofante maduro se torna um gamonte (uma célula gametogênica), ao migrar seu núcleo para próximo da superfície celular, e ali o dividir duas vezes, chegando ao total de quatro conjuntos de material genético. Esses quatro conjuntos, então, pressionam a superfície celular, criando saliências que se assemelham a “calombos”, e dentro de cada uma dessas quatro áreas, prossegue a divisão do material genético por dez ciclos, resultando em 1024 conjuntos. Esses pequenos núcleos, chamados de pró-gametas, extrapolam para a superfície celular, onde se modificam em zoósporos, gametas maduros biflagelados. Esses zoósporos, então, são liberados no ambiente, deixando a estrutura original como uma célula fantasma. Usando os flagelos, um longo impulsionante e um curto que define a direção, os gametas maduros possuem livre natação, e exploram o ambiente das colunas d'água em busca de outro gameta. Após o encontro de gametas, há uma fusão processual de ambos, passando por fases com dois núcleos e quatro flagelos, que gradativamente fundem-se ou atrofiam até formar um único trofante. De acordo com esse autor, a numerosa produção de gametas da reprodução sexuada pode ser a responsável pela grande e repentina explosão de indivíduos em uma floração, porém, Huang (1997) afirma que a reprodução por si só pode não ser suficiente para causar variações tão significativas, como a vista em Hong Kong, em 1991, onde a densidade média na coluna d'água aumentou de 25 células por litro em 28 de fevereiro para 8900 células por litro em 1º de março. Ele propõe então que as correntezas devem unir diferentes populações da espécie, tornando-as uma só muito mais numerosa.

Os dois subtipos de *Noctiluca scintillans*, o verde e o vermelho, possuem diferenças estruturais que resultam em sutis alterações morfológicas e evidentes divergências comportamentais e fenotípicas. A variação chamada de vermelha, responsável por florações rosadas e avermelhadas, ocorre amplamente em águas

costeiras temperadas, subtropicais e tropicais em uma faixa de temperatura de 10 °C a 25°C (Tsai, *et al.*, 2018). Ela é fagotrófica, ou seja, alimenta-se de organismos ou parte deles, (Fukuda; Endoh, 2006), se alimenta também de matéria orgânica como neve marinha ou pelotas fecais (Frangópulos; Spyarakos; Guisande, 2011), e gera grande pressão de predação sobre copépodes, larvas e ovos de crustáceos e peixes (Huang, 1997), além de se nutrir de forma eficaz de pequenos flagelados móveis, como *Rhodomonas* sp. e *Heterosigma* sp., até pequenas diatomáceas não móveis, como *Talassiosira* sp., e *Chaetoceros* sp. (Hallegraeff, *et al.*, 2019). Segundo Tsai, *et al.* (2018), sua pressão de pastoreio pode influenciar a biomassa, a produção e a composição da comunidade do fitoplâncton, e corroborando com as ideias de Huang (1997), afirma que *Noctiluca* é predador voraz de diatomáceas, chegando a muitas vezes controlar as florações desse organismo. Já a variação chamada de verde, responsável pela maré azul, ou como é chamada em outras regiões, lágrimas azuis, é restrita a águas tropicais em uma faixa de temperatura de 25°C–30°C. Ela é fotossintetizante, e pode muitas vezes se apresentar com a presença do endossimbionte *Protoeuglena noctilucae*, que acaba sendo responsável por aumentar a produção e obtenção de nutrientes da célula, mas testes em laboratório sugerem que caso seja necessário, essa variação pode realizar fagotrofia facultativa (Tsai, *et al.*, 2018).

Noctiluca scintillans, é considerado por alguns autores, como Cardoso (2021), como um dinoflagelado não tóxico, mas já associado à morte de bentônicos e à anoxia, enquanto outros, como Huang (1997) usam uma classificação mais severa, afirmando que, mesmo que não atinja a toxicidade de grupos semelhantes, seus surtos são tão graves que resultam em mortalidade maciça de peixes e camarões, principalmente daquelas populações que estão em gaiolas. Frangópulos Spyarakos e Guisande (2011) por sua vez, unindo as ideias anteriores, afirma que a espécie é originalmente não tóxica, mas seu grande acúmulo e liberação de amônia acaba por criar um ambiente intoxicado em regiões de concentração de *Noctiluca*, e acrescenta ainda que parte da toxicidade pode não vir do organismo em si, mas sim de bactérias endocíticas. De acordo com Xia *et al.* (2024), sua associação com bactérias endocíticas nocivas, como *Vibrio anguillarum*, *Rickettsia* sp., *Rhodobacteraceae* sp., *Flavobacteriaceae* sp. e *Microbacteriaceae* sp., pode torná-lo um vetor de doenças tanto para os organismos que se alimentam diretamente do protozoário quanto para

os que indiretamente se alimentam de animais contaminados. Graças ao seu grande tamanho, *Noctiluca scintillans* pode carregar cerca de 10^7 bactérias.

Há também um debate sobre se *Noctiluca* pode ou não acumular as toxinas de outros dinoflagelados que consome (Frangópulos; Spyrakos; Guisande, 2011, Baliarsingh *et al*, 2016). Dentre os destaques dos dinoflagelados produtores de toxinas, temos os grupos bentônicos, como *Gambierdiscus* sp., *Ostreopsis* sp., *Prorocentrum* sp., *Coolia* sp., *Amphidinium* sp. e *Fukuyoa* sp., que se prendem a algas e outros organismos superficiais (Tang, *et al.*, 2023), e grupos que vivem na coluna d'água, como *Gymnodinium catenatum*, *Pyrodinium bahamense* e *Alexandrium* sp., que liberam as chamadas "taxitoxinas". As taxitoxinas impedem as transmissões normais do sistema nervoso, e, por esse motivo, são consideradas entre os tóxicos mais potentes conhecidos (Brusca; Moore; Shuster, 2018). De acordo com autores como Brusca, Moore e Shuster (2018), Cardoso (2021), Huang (1997) e Tang, *et al.* (2023), as toxinas dos dinoflagelados marinhos são causadoras de diversos casos de mortalidade de fauna marinha e costeira, por ingestão ou contato, incapacitando aves, intoxicando peixes, envenenando mamíferos marinhos e causando perdas significativas em aquiculturas, um perigo que chega aos humanos através da cadeia trófica.

Segundo Brusca, Moore e Shuster (2018), Cardoso (2021) e Xia *et al.* (2024), fatores como luminosidade, mudanças na temperatura dos fluxos oceânicos, eutrofização das águas e desregulações químicas estão entre os principais fatores para a modificação e ampliação dos padrões de florações dos dinoflagelados *Noctiluca scintillans*. Autores como Huang (1977) e Hallegraeff, *et al.* (2019) acrescentam os fatores salinidade, e pluviosidade, além de demarcarem com análises de campo e testes em laboratório as condições mais favoráveis de todos esses fatores. Segundo esses trabalhos, a luminosidade favorece a fotossíntese, tanto dos organismos presas quanto da variação verde de *N. scintillans*. A espécie se faz presente em uma faixa entre 16°C e 27°C (Hallegraeff, *et al.*, 2019), e a temperatura ótima está entre 20°C e 25°C (Huang, 1997), mas desaparece por completo ao ultrapassar a temperatura máxima. As eutrofizações, além de acumularem matéria orgânica de diferentes origens, são formadas principalmente por algas e semelhantes, um conjunto que corresponde ao hábito alimentar de *Noctiluca*, e proporciona muitos nutrientes para o crescimento de sua própria população. A salinidade, segundo os testes apresentados

pelos autores, se mostra positiva e necessária para o desenvolvimento das florações, sendo necessário o mínimo de 27% para o desenvolvimento adequado (Huang, 1997). As chuvas, por sua vez, mostraram-se negativas para as florações, pois dissolvem o sal presente na água e afastam as células das florações, tanto do dinoflagelado quanto de espécies presas.

Os anos de pesquisa e o conhecimento gerado demonstram que o crescimento desordenado das populações de *Noctiluca scintillans* pode acarretar perdas ecológicas, econômicas, e sanitárias, perdas essas que vêm ocorrendo em igual ascensão, com florações agravadas nas costas ocidentais e primeiras aparições em países antes não afetados, como o Brasil (Cardoso, 2021). “Esta ampla gama de impactos ambientais negativos é a razão pela qual a ecofisiologia da *Noctiluca scintillans* e suas florações são temas de pesquisa ativa” (Baliarsingh *et al.*, 2016). Por tratar-se de uma questão de âmbito cada vez mais globalizado, o investimento em estudos sobre a espécie e seu potencial como possível bioindicador aquático será imprescindível para a prevenção e controle do provável desequilíbrio ambiental, e possíveis perdas financeiras futuras.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Revisar as publicações mais relevantes a respeito de florações de *Noctiluca scintillans* e suas possíveis aplicações.

2.2 Objetivos específicos

- Levantar as principais variáveis e influências sobre as florações de *Noctiluca scintillans*;
- Apontar as principais consequências químicas, biológicas e sanitárias das florações de *Noctiluca scintillans*.
- Enunciar possíveis aplicações da espécie *Noctiluca scintillans* como bioindicador.

3. METODOLOGIA

Este trabalho utilizou uma pesquisa bibliográfica sobre o dinoflagelado *Noctiluca scintillans* e suas florações (“blooms”) em bases de dados, sem limitação de período da publicação dos trabalhos utilizados. Dentre as bases de dados utilizadas, estava a PubMed, que é mantida pela Biblioteca Nacional de Medicina dos Estados Unidos (NLM) e contém mais de 28 milhões de citações de literatura científica, incluindo artigos da MEDLINE, periódicos e livros *online*. Essa base foi fonte de informações sobre as toxinas das florações e suas consequências ambientais e sanitárias. Outra base consultada foi a SciELO (*Scientific Eletronic Library Online*), uma biblioteca digital em modelo cooperativo de publicação eletrônica, voltada para a comunicação entre países e visibilização do acesso científico. Foram reunidas dessa biblioteca informações sobre a biologia geral da espécie alvo. Além dessas, sites especializados em revistas científicas, como o Elsevier, uma empresa global de publicação de periódicos e livros, e que os fornece em formato digital, foram consultados por pesquisas aprofundadas sobre a temática. Livros como o "Invertebrados" de Brusca, Moore e Shuster (2019) e “Princípios Integrados de Zoologia”, de Hickman *et al.* (2016), e plataformas científicas como o Mendeley e a ScienceDirect também serviram de apoio ao processo. As informações foram reunidas, comparadas e analisadas de maneira impessoal e objetiva, a fim de unir os conhecimentos de diversos autores sobre os assuntos referentes aos dinoflagelados, à espécie *Noctiluca scintillans* e as florações de microrganismos marinhos.

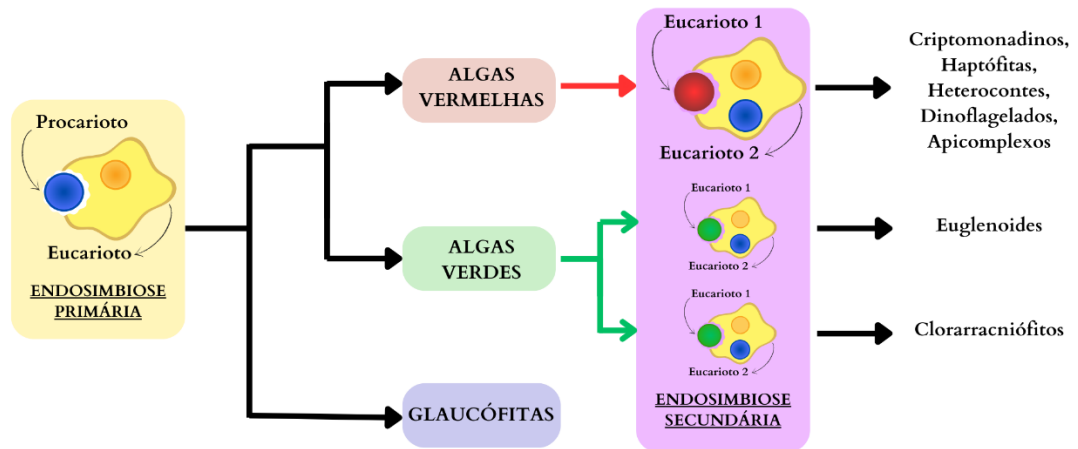
4. DESENVOLVIMENTO

4.1 - *Noctiluca scintillans*

Noctiluca scintillans é, para início de compreensão, pertencente ao grupo dos protozoários. Esse táxon, vasto e complexo, segue em debate constante sobre suas definições, classificações e pertencimentos desde seu surgimento entre os cientistas naturalistas, uma vez que sua característica parafilética (Brusca; Moore; Shuster, 2018) acaba gerando amplas possibilidades de interpretação e constantes descobertas geram novas configurações de pesquisa e organização, e por essa razão, mais de uma nomenclatura pode ser encontrada e considerada válida ao descrever grupos específicos de protozoários. Segundo os pesquisadores Heackel (1866) e Brusca, Moore e Shuster (2018), parte da complexidade da delimitação do grupo protozoa é o fato de que muitos organismos apresentam características semelhantes às plantas, outros, características semelhantes aos animais, alguns, características semelhantes aos fungos, há aqueles com características de ambos os grupos e aqueles com características externas a todos os grupos já conhecidos, ou seja, há protozoários que são reivindicados por botânicos, por zoólogos, por microbiologistas e protozoários rejeitados por todos. Graças a isso, diferentes taxonomistas, ao longo da evolução científica, fazem cada um a sua lista de protozoários, coincidentes em grupos já estabelecidos, mas divergentes em acréscimos mais recentes.

O surgimento dos primeiros protozoários se deu por simbiogênese, também chamada de endosimbiose, processo pelo qual as células de uma linhagem englobam, mas não digerem, as células de uma linhagem diferente, mantendo-a e transformando-a em uma organela funcional ao longo da evolução (Hickman, *et al.*, 2016) (Figura 1). Graças às endosimbioses primárias, grupos como as algas vermelhas, algas verdes e glaucófitas tiveram sua formação, e as endosimbioses secundárias dessas mesmas algas foram as responsáveis pela formação de grande parte dos protozoários hoje conhecidos (Brusca; Moore; Shuster, 2018).

Figura 1. Representação esquemática das endosimbioses primárias e secundárias.

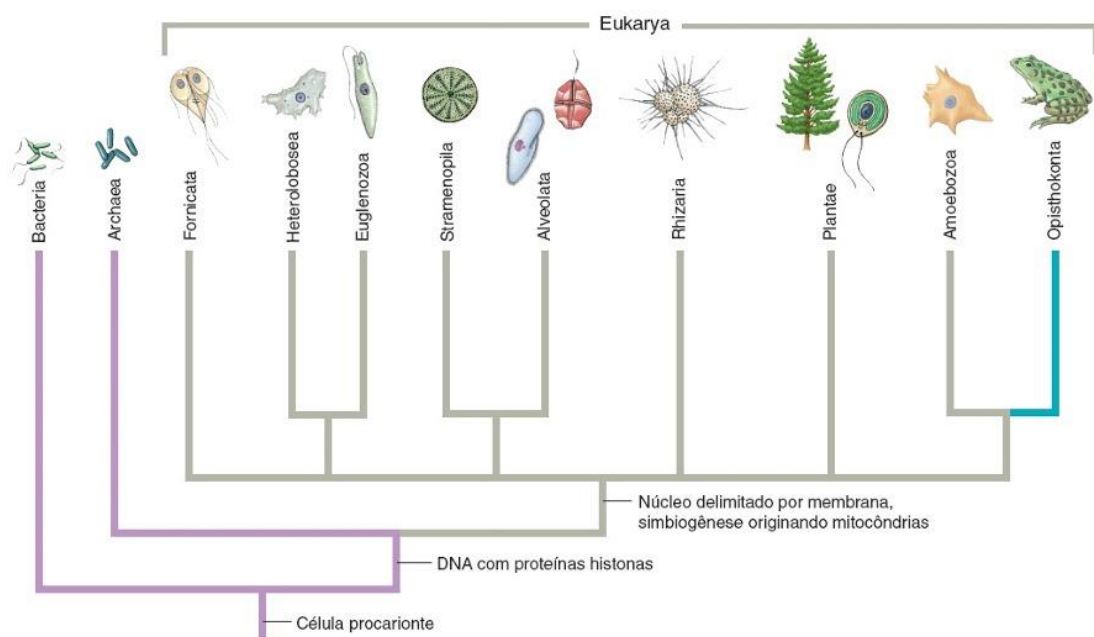


Por volta de 1675, o comerciante e cientista holandês Antony van Leeuwenhoek, foi o primeiro a descrever inúmeras formas microscópicas de vida aquática (como os rotíferos) ao criar o microscópio, as denominando como “animálculos” (animais pequenos), e ao longo dos próximos quase dois séculos, os protistas foram classificados junto de diversos grupos microscópicos, com nomes variados (como, por exemplo, Infusoria). Em 1818, surge, cunhado pelo paleontólogo e zoologista alemão Georg August Goldfuss, o nome protozoário (do grego, proto = “primeiro”; zoo = “animal”), como sendo um subgrupo de um grupo animal conhecido no período como Zoophyta (unindo então os protistas, as esponjas, os cnidários, os rotíferos e outros mais). O táxon “Protozoa” foi então formalmente apresentado à comunidade científica pelo naturalista britânico Richard Owen em 1858, contemporaneamente à publicação da teoria de seleção natural por Charles Darwin e Alfred Russel Wallace (Brusca; Moore; Shuster, 2018). Em 1866, o naturalista alemão Ernst Haeckel propôs uma separação provisória dos Reino Protista, ou “Seres Primitivos” (como também os denominou), em 8 filis: Esponjas, Noctilucae, Rizópodes, Protoplastas, Moneras, Flagelados, Diatomáceas e Mixomicetos (Haeckel, 1866). Nota-se que as algas foram acrescentadas ao conjunto, e alguns desses, como os poríferos, as esponjas-do-mar, posteriormente foram realocados, porém, essa iniciativa foi a base usada para as demais pesquisas na área, as quais apresentaram diferentes classificações e definições ao grupo ao longo dos séculos.

No seguinte trabalho, foram utilizadas como base as definições ditas por Brusca, Moore e Shuster em seu livro “Invertebrados” (2018) e Hickman, *et al.*, no livro “Princípios Integrados de Zoologia” (2016), ou seja, tomaremos como características gerais que os protozoários são organismos completos, em maioria unicelulares (apesar de possuírem representantes coloniais e multicelulares) e microscópicos (mesmo que existam exceções, como os foraminíferos), que apesar de não possuírem camada germinativa, órgãos ou tecidos, possuem organelas especializadas, e realizam sua locomoção por pseudópodes, flagelos, cílios ou movimentos celulares diretos (com exceção dos organismos sésseis), e sua reprodução tanto de forma sexuada quanto assexuada (ou até mesmo ambas) a depender da espécie, e além disso, possuem todas as formas possíveis de nutrição e simetria (Hickman, *et al.*, 2016). Essa lista de propriedades foi resumida a uma frase por Brusca, Moore e Shuster (2018): Organismos eucariotos predominantemente unicelulares, que não formam tecidos por meio do processo de deposição de camadas embrionárias.

Atualmente, dentre espécies viventes e extintas, o Reino Protista possui cerca de 200.000 espécies descritas (Brusca; Moore; Shuster, 2018), com previsão de na realidade existirem 250.000, e aproximadamente 10.000 dessas vivem em simbiose ou endossimbiose com animais, plantas ou até mesmo outros protozoários (Hickman, *et al.*, 2016). Uma das formas atuais de organização de seus grupos, apresentado por Brusca, Moore e Shuster (2018) consiste em 5 grupos (“superfilos”) contendo 17 filios: Grupo Amebozoa, contendo o Filo Amebozoa; Grupo Chromoalveolata, contendo os Filos Dinoflagellata, Apicomplexa, Ciliata, Stramenopila e Haptophyta; Grupo Rhizaria, contendo os Filos Granuloreticulosa, Radiolaria e Haplosporidia; Grupo Excavata, contendo os Filos Parabasalida, Diplomonadida, Euglenida, Kinetoplastida e Heterolobosea; e Grupo Opisthokonta, contendo o Filo Chanoflagellata. Outra forma é proposta por Hickman, *et al.*, classificando os que ele chama de “eucariontes unicelulares” em 16 filios: Retortamonada, Diplomonada, Parabasala, Heterolobosea, Euglenozoa, Stramenopila, Ciliophora, Dinoflagellata, Apicomplexa, Cercozoa, Foraminifera, Radiolaria, Viridiplantae, Centrohelida, Amebozoa e Opisthokonta (Figura 2).

Figura 2. Árvore filogenética dos Eukarya do livro “Princípios Integrados da Zoologia”.



Fonte: Hickman et al. (2016)

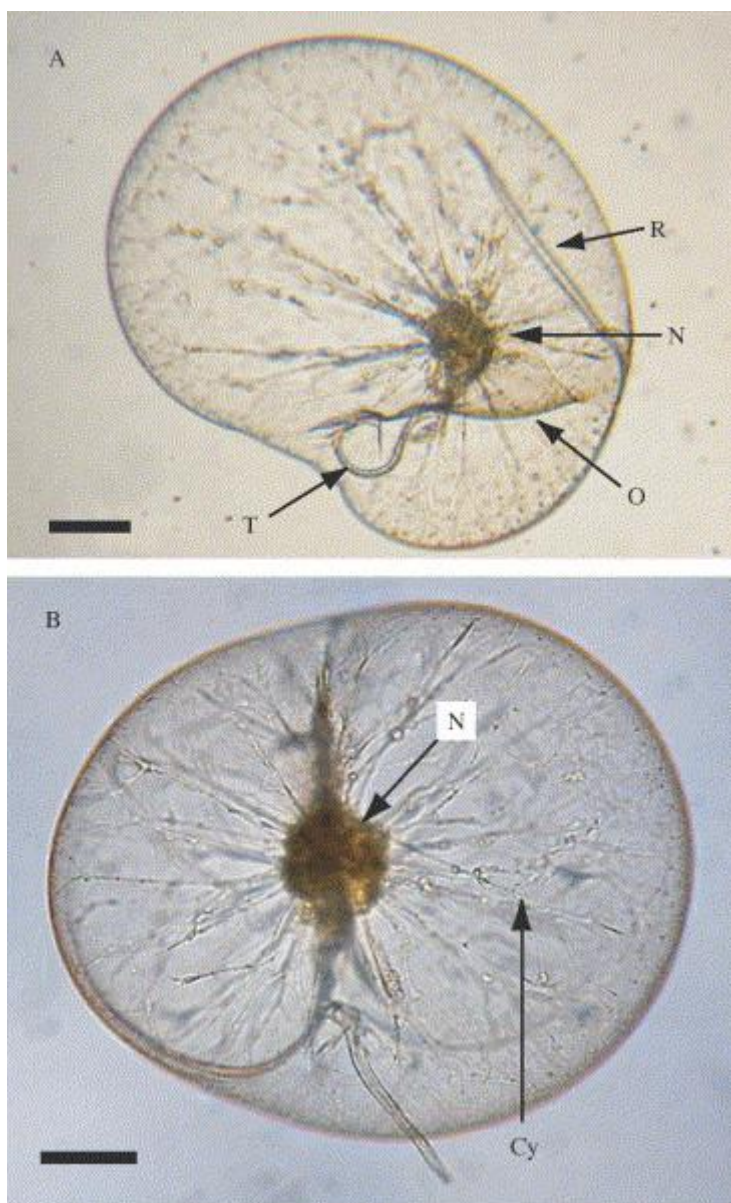
Em se tratando dos seres aquáticos, as diatomáceas, os cocolitoforídeos e os dinoflagelados constituem componentes essenciais do fitoplâncton (Sousa, 2010), ao lado de “algas verde-azuladas” (Cyanobacteria) e outros organismos mais, sendo todos criticamente importantes para o funcionamento dos ecossistemas marinhos graças à sua interferência nas cadeias alimentares oceânicas, e no ciclo global do carbono, pois, mesmo que representem menos de 1% da biomassa fotossintética existente na Terra, esses microrganismos são responsáveis por cerca de 50% da produção de oxigênio atmosférico do planeta (Brusca; Moore; Shuster, 2018).

Vindo desse plâncton, em águas costeiras de mares temperados e tropicais, principalmente em países asiáticos e europeus, há a ocorrência cada vez mais comum de florações (“*blooms*”). As florações são formadas pela proliferação exacerbada de populações de algas, bactérias e protozoários, e representam faixas da superfície oceânica tomadas por uma coloração distinta devido à presença de trilhões de indivíduos (Xia *et al.*, 2024, Brusca; Moore; Shuster, 2018). Diferentes florações, de organismos distintos, podem ser desencadeadas por fatores variados e, dependendo de sua composição, podem acarretar consequências diversas no ambiente, além de poderem unir-se umas às outras (Huang; Qi, 1997). Dentre os diversos tipos de

florações, destacam-se as chamadas “marés vermelhas” (Brusca; Moore; Shuster, 2018) e “marés azuis”. Um dos responsáveis por essas florações são os indivíduos bioluminescentes do gênero *Noctiluca*, em especial a espécie foco deste trabalho, *Noctiluca scintillans*, que possui dois subtipos, o vermelho e o verde, responsáveis respectivos por cada maré citada (Cardoso, 2021).

Foram essas marés bioluminescentes que chamaram a atenção de Heackel, que o levou a, em 1866, registrar os “Brilhos do Mar” como pertencentes a um filo próprio dentro dos protozoários, o sexto filo, Noctilucae, contendo um único gênero, *Noctiluca* (como citado anteriormente). Com os conhecimentos limitados que tinha na época, o naturalista descreveu a espécie como sendo um glóbulo em forma de pêssego com cerca de 1 milímetro de diâmetro, capaz de criar uma camada mucosa com mais de uma polegada de espessura sobre a superfície oceânica (as florações), mas não foi possível relacionar seguramente a espécie com outros grupos, e por essa razão foi proposto um grupo completamente isolado (Heackel, 1866). Com o avanço científico, o zoólogo estadunidense Charles Atwood Kofoid, em 1920, realocou a espécie para dentro do grupo dos Dinoflagelados, onde permanece até hoje, graças às novas informações que as pesquisas revelaram. Em seu trabalho, ele então descreveu *Noctiluca* como sendo um dinoflagelado com tentáculos (Figura 3), caracterizado por possuir sulcos, o longitudinal, o mediano-ventral, o sulco apical e o recesso oral (que abriga o citóstoma), além de cíngulo, e flagelos longitudinais e transversais. Ele acrescenta também que o flagelo longitudinal é reduzido e se encontra dentro do recesso oral, enquanto o flagelo transversal é representado pelo dente preênsil na extremidade proximal do cíngulo, à esquerda da base do flagelo longitudinal e exibe ondulações estruturais e contrações espasmódicas ou rítmicas. Segundo ele, a distensão por vacúolos hidrostáticos levou à redução dos flagelos e ao quase desaparecimento do cíngulo, com flutuação substituindo a locomoção ativa. Para o cientista, pertencente à família Noctilucidae, junto com Pavillardia, *Noctiluca* não justifica uma ordem separada de flagelados como era os Cystoflagellata de Haeckel, que poderiam ser mantidos unidos para receber gêneros como *Leptodiscus* e *Craspedotella* até que suas afinidades fossem descobertas.

Figura 3. Imagens microscópicas de *Noctiluca scintillans*. Em A: R - órgão bastonete; O - bolsa oral; T - tentáculo. Em B: N - núcleo; Cy - citoplasma.

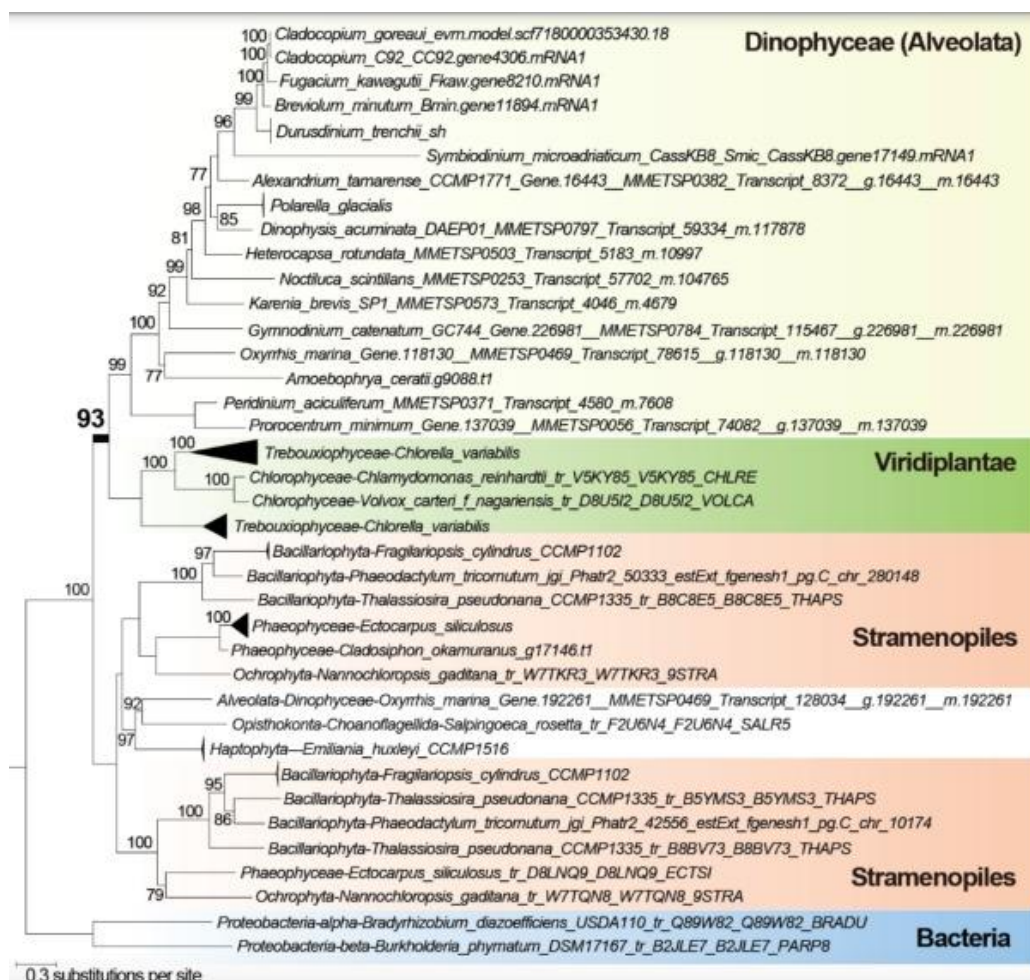


Fonte: Fukuda; Endoh (2006)

Noctiluca scintillans, possui, ainda hoje, uma classificação taxonômica sem consenso (Fukuda; Endoh, 2006), mas cada vez mais determinada (Figura 5) graças aos avanços tecnológicos que permitem novos testes, como os sequenciamentos genéticos de cadeias longas, que permitiram a criação de árvores filogenéticas inferidas a partir de conjuntos de proteínas homólogas, que revelaram uma provável transferência horizontal de genes e vêm comprovando a ligação entre alguns grupos,

como é o caso da pesquisa de Shaun (2023), que corrobora a atual inserção dos dinoflagelados no supergrupo Alveolata, e sua estreita associação com haptofitas e Archaeplastida, comprovando essa ligação por meio da endossimbiose implicada pela origem de seus plastídios (Figura 4).

Figura 4. Árvore filogenética gerada por sequenciamento genético de cadeias longas.



Fonte: Shaun (2023)

Essa espécie é considerada como sendo um organismo de grandes dimensões quando comparado a outros dinoflagelados, chegando a medir até 1200 µm de diâmetro, segundo Cardoso (2021), e uma película forma a camada principal do anfiésma, pela qual as células são designadas peliculadas (Sousa, 2010). Segundo Hallograeff (2019), seus alvéolos são responsáveis por promover a flutuabilidade do

organismo e sua alternância entre as camadas de indivíduos em uma floração, preenchendo-os com amônia, um recurso que se faz necessário por sua incapacidade de livre natação, o que o leva a ser carregado pelo fluxo das águas (Fukuda; Endoh, 2006).

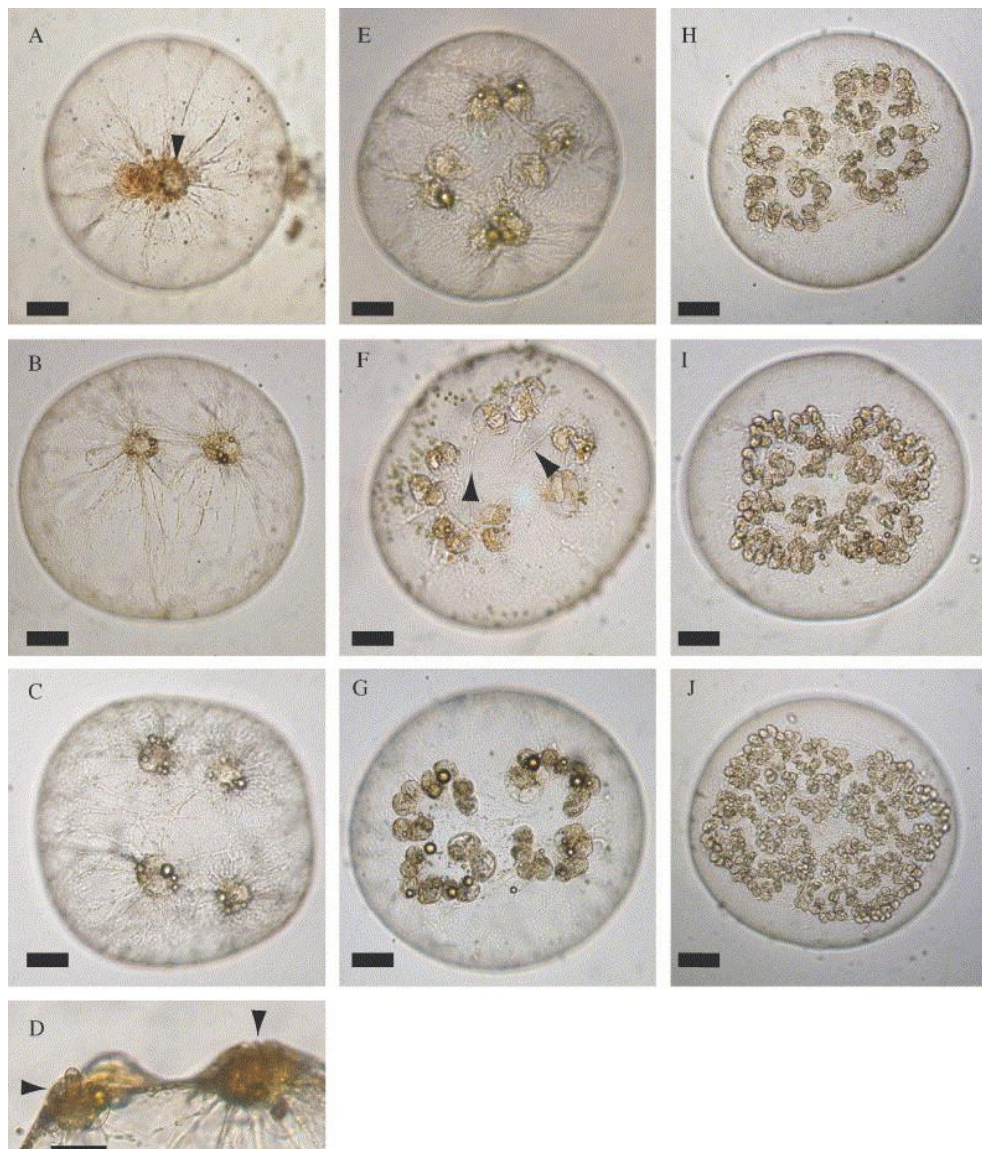
Figura 5. Esquema da classificação da espécie *Noctiluca scintillans*



Seu ciclo reprodutivo foi definido por Fukuda e Endoh (2006) como sendo dividido em dois tipos, o assexuado e o sexuado (Figura 9). O assexuado, por fissão binária, seria o mais comum, onde uma única célula mãe dá origem a duas células filhas idênticas, mantendo assim o crescimento populacional de maneira moderada. A reprodução sexuada, por outro lado, é mais complexa, e se inicia quando um trofante maduro se torna um gamonte (uma célula gametogênica), ao migrar seu núcleo para

próximo da superfície celular, e ali o dividir duas vezes, chegando ao total de quatro conjuntos de material genético. Esses quatro conjuntos, então, pressionam a superfície celular, criando saliências que se assemelham a “calombos”, e dentro de cada uma dessas quatro áreas, prossegue a divisão do material genético por dez ciclos, resultando em 1024 conjuntos (Figura 6)

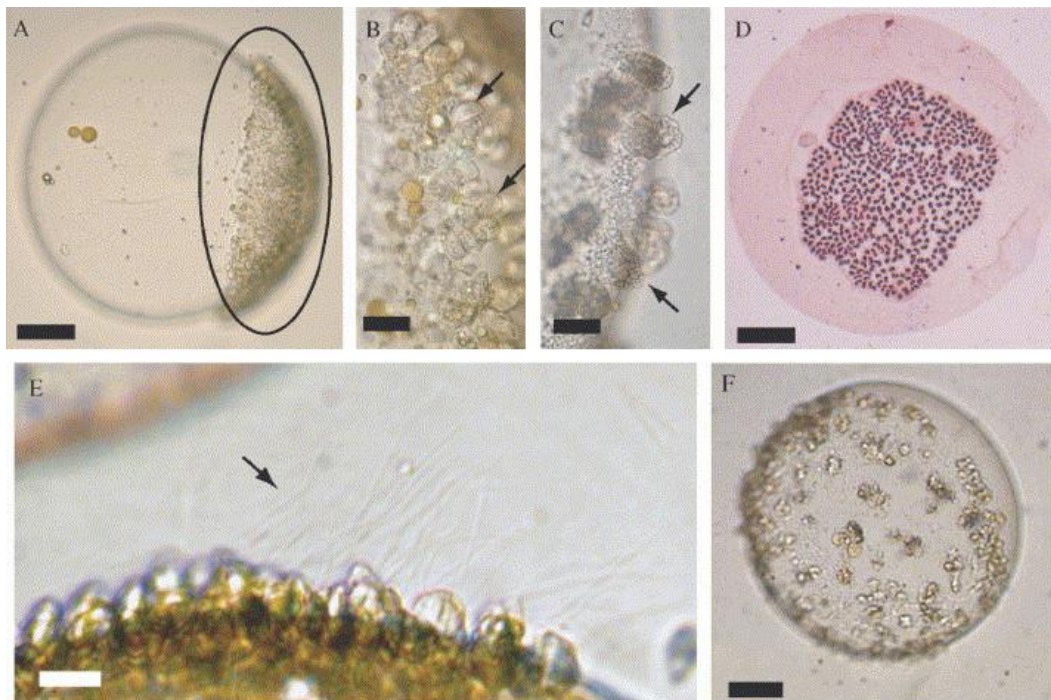
Figura 6. Imagens microscópicas do ciclo reprodutivo sexuado de *Noctiluca scintillans*. Em A, B e C, a divisão nuclear em 4 cópias. Em D, a formação das 4 protuberâncias. Em E, F, G, H, I e J, as demais divisões do material genético.



Fonte: Fukuda; Endoh (2006)

Esses pequenos núcleos, chamados de pró-gametas, extrapolam para a superfície celular, onde se modificam em zoósporos, gametas maduros biflagelados. Esses zoósporos, então, são liberados no ambiente, deixando a estrutura original como uma célula fantasma (Figura 7).

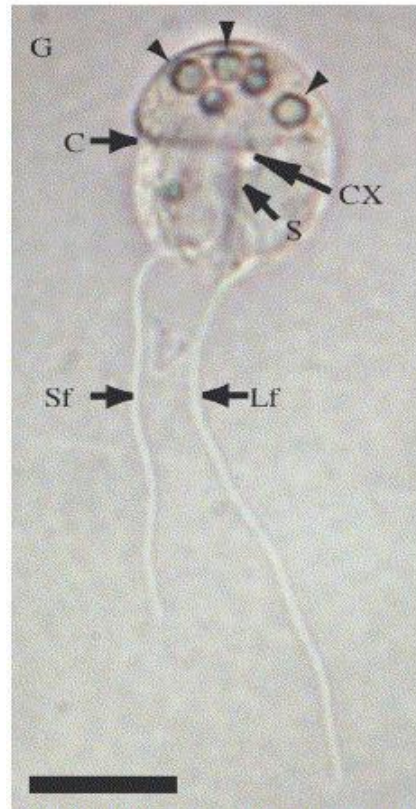
Figura 7. Imagens microscópicas do ciclo reprodutivo sexuado de *Noctiluca scintillans*. Em A, a célula fantasma com os pró-gametas em sua superfície exterior. Em B, C, D, E e F, a maturação dos gametas.



Fonte: Fukuda; Endoh (2006)

Usando os flagelos, um longo impulsionante e um curto que define a direção, os gametas maduros (Figura 8) possuem livre natação, e exploram o ambiente das colunas d'água em busca de outro gameta. Após o encontro de gametas, há uma fusão processual de ambos, passando por fases com dois núcleos e quatro flagelos, que gradativamente fundem-se ou atrofiam até formar um único trofante.

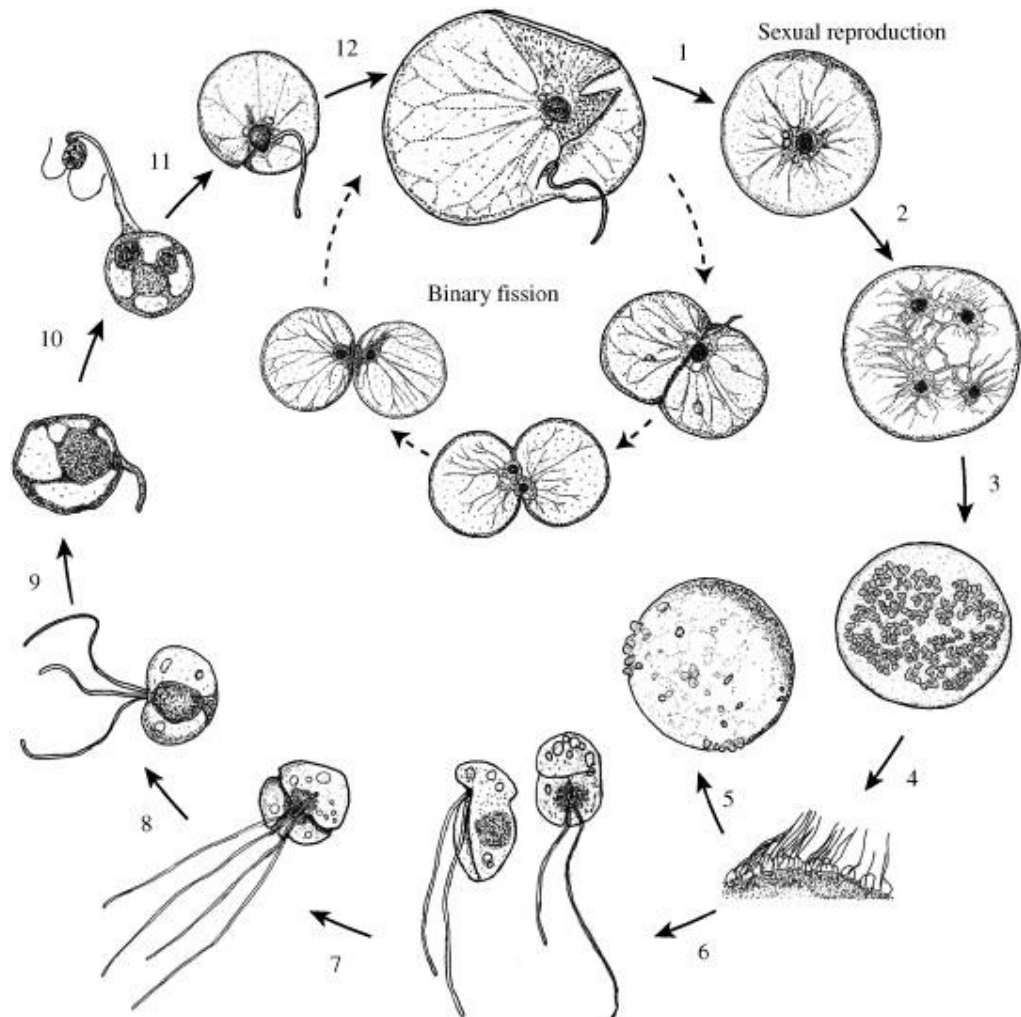
Figura 8. Imagens microscópicas do ciclo reprodutivo sexuado de *Noctiluca scintillans*. Em G, gameta maduro (zoósporo). Lf. flagelo longo; Sf: flagelo curto; S: sulco longitudinal (sulco); C: sulco transversal (cíngulo); CX: intersecção desses sulcos. Gotas de óleo (pontas de seta).



Fonte: Fukuda; Endoh (2006)

De acordo com esse autor, a numerosa produção de gametas da reprodução sexuada pode ser a responsável pela grande e repentina explosão de indivíduos em uma floração, porém, Huang e Qi (1997) afirma que a reprodução por si só pode não ser suficiente para causar variações tão significativas, como a vista em Hong Kong, em 1991, onde a densidade média na coluna d'água aumentou de 25 células por litro em 28 de fevereiro para 8900 células por litro em 1º de março. Ele propõe então que as correntezas devem unir diferentes populações da espécie, tornando-as uma só muito mais numerosa.

Figura 9. Esquema do ciclo reprodutivo sexuado e assexuado de *Noctiluca scintillans*.



Fonte: Fukuda; Endoh (2006)

Os dois subtipos de *Noctiluca scintillans*, o verde e o vermelho, possuem diferenças estruturais que resultam em sutis alterações morfológicas e evidentes divergências comportamentais e fenotípicas. A variação chamada de vermelha, responsável por florações rosadas e avermelhadas, ocorre amplamente em águas costeiras temperadas, subtropicais e tropicais em uma faixa de temperatura de 10 °C a 25°C (Tsai, *et al.*, 2018). Ela é fagotrófica, ou seja, alimenta-se de organismos ou parte deles (Fukuda; Endoh, 2006), se alimenta também de matéria orgânica como neve marinha ou pelotas fecais (Frangópulos; Spyrakos; Guisande, 2011), e gera grande pressão de predação sobre copépodes, larvas e ovos de crustáceos e peixes (Huang; Qi, 1997), além de se nutrir de forma eficaz de pequenos flagelados móveis,

como *Rhodomonas* sp. e *Heterosigma* sp., até pequenas diatomáceas não móveis, como *Talassiosira* sp., e *Chaetoceros* sp. (Hallegraeff, *et al.*, 2019). Segundo Tsai, *et al.* (2018), sua pressão de pastoreio pode influenciar a biomassa, a produção e a composição da comunidade do fitoplâncton, e corroborando com as ideias de Huang e Qi (1997), afirma que *Noctiluca* é predador voraz de diatomáceas, chegando a muitas vezes controlar as florações desse organismo. Já a variação chamada de verde, responsável pela maré azul, ou como é chamada em outras regiões, lágrimas azuis, é restrita a águas tropicais em uma faixa de temperatura de 25°C–30°C. Ela é fotossintetizante, e pode muitas vezes se apresentar com a presença do endossimbionte *Protoeuglena noctilucae*, que acaba sendo responsável por aumentar a produção e obtenção de nutrientes da célula, mas testes em laboratório sugerem que caso seja necessário, essa variação pode realizar fagotrofia facultativa (Tsai, *et al.*, 2018).

4.2 - Principais variáveis e influências sobre as florações de *Noctiluca scintillans*

Variados são os fatores que determinam as condições normais de uma floração de dinoflagelados, como o hidroperíodo, o tipo de habitat, o pH, a temperatura, e a interação entre esses fatores (Cardoso; Torgan, 2007), além disso, segundo Sousa (2010), esse grupo têm uma tendência a manter-se em relações constantes de luz e temperatura, concentrando-se entre os 18 e 90 metros.

Segundo Brusca, Moore e Shuster (2018), Cardoso (2021) e Xia *et al.* (2024), fatores como luminosidade, mudanças na temperatura dos fluxos oceânicos, eutrofização das águas e desregulações químicas estão entre os principais fatores para a modificação e ampliação dos padrões de florações de *Noctiluca scintillans*. Autores como Huang e Qi (1977) e Hallegraeff, *et al.* (2019) acrescentam os fatores salinidade, e pluviosidade, além de demarcarem com análises de campo e testes em laboratório as condições mais favoráveis de todos esses fatores. Segundo esses trabalhos, a luminosidade favorece a fotossíntese, tanto dos organismos presas quanto da variação verde de *N. scintillans*. A espécie se faz presente em uma faixa entre 16°C e 27°C (Hallegraeff, *et al.*, 2019), e a temperatura ótima está entre 20°C e 25°C (Huang; Qi, 1997), mas desaparece por completo ao ultrapassar a temperatura

máxima. As eutrofizações, além de acumularem matéria orgânica de diferentes origens, são formadas principalmente por algas e semelhantes, um conjunto que corresponde ao hábito alimentar de *Noctiluca*, e proporciona muitos nutrientes para o crescimento de sua própria população. A salinidade, segundo os testes apresentados pelos autores, se mostra positiva e necessária para o desenvolvimento das florações, sendo necessário o mínimo de 27‰ para o desenvolvimento adequado (Huang; Qi, 1997). As chuvas, por sua vez, mostraram-se negativas para as florações, pois dissolvem o sal presente na água e afastam as células das florações, tanto do dinoflagelado quanto de espécies presas.

4.3 - Principais consequências químicas, biológicas e sanitárias das florações de *Noctiluca scintillans*.

A ocorrência de florescimentos é notável, e das cerca de 5.000 espécies de fitoplâncton marinho existentes no mundo, 7% são responsáveis por eles, incluindo diatomáceas, dinoflagelados, rafidófitas e prymnesiófitas, e entre estes, aproximadamente 2% das espécies são nocivas ou tóxicas, e 75% dessas espécies consideradas nocivas, são dinoflagelados (D’Silva, *et al.*, 2012). As florações que se mostram prejudiciais em algum grau ou maneira são chamadas de “Florescimento algal nocivo”, um termo geralmente usado em sua forma reduzida, “HAB” (do inglês, “*Harmful Algal Bloom*”) (Hallegraeff, *et al.*, 2019). Essas HABs possuem três tipos mais notáveis, aquelas que são inicialmente inofensivas, mas que, ao se decompor, causam anoxia e levam à mortalidade da vida marinha; aquelas em que as espécies causadoras produzem toxinas potentes e nocivas aos humanos, e aquelas em que as espécies causadoras não são tóxicas para humanos, mas sim diretamente para a vida marinha (D’Silva, *et al.*, 2012)

Noctiluca scintillans, é considerado por alguns autores, como Cardoso (2021), como um dinoflagelado não tóxico, mas já associado à morte de bentônicos e à anoxia, enquanto outros, como Huang e Qi (1997) usam uma classificação mais severa, afirmando que, mesmo que não atinja a toxicidade de grupos semelhantes, seus surtos são tão graves que resultam em mortalidade maciça de peixes e camarões, principalmente daquelas populações que estão em gaiolas. Frangópulos, Spyarakos e Guisande (2011) por sua vez, unindo as ideias anteriores, afirma que a

espécie é originalmente não tóxica, mas seu grande acúmulo e liberação de amônia acaba por criar um ambiente intoxicado em regiões de concentração de *Noctiluca*, e acrescenta ainda que parte da toxicidade pode não vir do organismo em si, mas sim de bactérias endocíticas. De acordo com Xia *et al.* (2024), sua associação com bactérias endocíticas nocivas, como *Vibrio anguillarum*, *Rickettsia* sp., *Rhodobacteraceae* sp., *Flavobacteriaceae* sp. e *Microbacteriaceae* sp., pode torná-lo um vetor de doenças tanto para os organismos que se alimentam diretamente do protozoário quanto para os que indiretamente se alimentam de animais contaminados. Graças ao seu grande tamanho, *Noctiluca scintillans* pode carregar cerca de 10^7 bactérias.

Há também um debate sobre se *Noctiluca* pode ou não acumular as toxinas dos outros seres que consome (Frangópulos; Spyarakos; Guisande, 2011, Baliarsingh *et al.*, 2016). Segundo pesquisa feita na Espanha, vacúolos digestivos de *N. scintillans* são capazes de acumular microalgas toxigênicas das quais se alimenta, e em amostras das Rías Baixas galegas (NW Espanha) eles (os vacúolos) foram encontrados contendo os gêneros *Dinophysis* e *Pseudo-nitzschia* (Escalera, *et al.*, 2007), o que abre margem para quais outros organismos têm suas toxinas preservadas após a ingestão. Dentre os destaques dos dinoflagelados produtores de toxinas que geram esse receio, temos os grupos bentônicos, como *Gambierdiscus* sp., *Ostreopsis* sp., *Prorocentrum* sp., *Coolia* sp., *Amphidinium* sp. e *Fukuyoa* sp., que se prendem a algas e outros organismos superficiais (Tang, *et al.*, 2023), e grupos que vivem na coluna d'água, como *Gymnodinium catenatum*, *Pyrodinium bahamense* e *Alexandrium* sp., que liberam as chamadas "taxitoxinas". As taxitoxinas impedem as transmissões normais do sistema nervoso, e, por esse motivo, são consideradas entre os tóxicos mais potentes conhecidos (Brusca; Moore; Shuster, 2018). De acordo com autores como Brusca, Moore e Shuster (2018), Cardoso (2021), Huang e Qi (1997) e Tang, *et al.* (2023), as toxinas dos dinoflagelados marinhos são causadoras de diversos casos de mortalidade de fauna marinha e costeira, por ingestão ou contato, incapacitando aves, intoxicando peixes, envenenando mamíferos marinhos e causando perdas significativas em aquiculturas, um perigo que chega aos humanos através da cadeia trófica.

4.4 - Possíveis aplicações da espécie *Noctiluca scintillans* como bioindicador.

Com o desenvolvimento da humanidade e sua expansão pelo globo, novos problemas relacionados à degradação ambiental e suas consequências foram surgindo, e junto a eles, a busca por soluções viáveis. Uma das alternativas criadas para a manutenção dessas problemáticas é o biomonitoramento, que é quando se usa um bioindicador para perceber a condição de um indicador. Um indicador é uma métrica ou valor usado para analisar o estado de saúde de um sistema, seja ele econômico, físico ou biológico, já um bioindicador refere-se à biota ou ao componente biológico de um ecossistema que serve como referência para avaliar a qualidade ambiental por responder de forma rápida às alterações (Prestes, 2019, Feruck, 2021).

No Brasil, pesquisas sobre bioindicadores de qualidade de água foram conduzidas utilizando macroorganismos, como moluscos e insetos, mas também micro-organismos, em destaque os representantes do plâncton, como bactérias, algas e protozoários. Os resultados positivos da utilização desses grupos no biomonitoramento de corpos d'água através de avaliações quali-quantitativas (Dinnebier; Garbosa; Matthiensen, 2017, Garbosa *et al.*, 2017, Feruck; Favassa; Matthiensen, 2021) abrem margem para que o mesmo seja feito com a espécie *N. scintillans*, uma vez que o organismo se mostrou sensível a indicadores específicos e em faixas bem delimitadas, como a luminosidade, a salinidade e a temperatura.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os anos de pesquisa sobre os protozoários e, em especial, sobre *Noctiluca scintillans*, apesar de construírem uma história longa e complexa, somam um conhecimento que anuncia descobertas a serem feitas e aprofundadas. Atualmente, regiões do sul asiático, como Japão, China e Índia, concentram a maior parte dos trabalhos desenvolvidos sobre a espécie, e relatam como o vigente crescimento desordenado das populações desse dinoflagelado estão acarretando perdas ecológicas, econômicas e sanitárias, além de outros riscos possíveis. Por tratar-se de uma questão de âmbito cada vez mais globalizado, atingindo locais antes sem registro

significativo, como no Brasil, o investimento em estudos que visem a compreensão e exploração do possível potencial da espécie como bioindicador aquático será imprescindível para a prevenção e controle do provável desequilíbrio ambiental, riscos sanitários e possíveis perdas financeiras futuras.

6. REFERÊNCIAS

BRUSCA, R. C.; MOORE, W.; SHUSTER, S. M. **Invertebrados**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7649708/mod_resource/content/1/2018_Brusca_et_al_%28Invertebrados%29.pdf. Acesso em: 01 mar. 2024.

BALIARSINGH, S. K. *et al.* Environmental dynamics of red *Noctiluca scintillans* bloom in tropical coastal waters. **Marine Pollution Bulletin**, v. 111, n. 1-2, p. 277-286, 15 out. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X16305082?via%3Dihub>. Acesso em: 10 maio 2024.

CARDOSO, L. S. Bloom of *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid & Swezy (Dinophyceae) in southern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 60, n. 2, p. 265-268, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjoce/a/s4cNskjQKk48CtqB74bCb8p/?lang=en>. Acesso em: 01 mar. 2024.

CARDOSO, L. S.; TORGAN, L. C. Dinoflagelados em diversos habitats e hidroperíodos na zona costeira do sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, [S.L.], v. 21, n. 2, p. 411-419, jun. 2007. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-33062007000200015>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abb/a/k6HRf5h4C8YFrLj4S3DfKGN/#>. Acesso em: 20 out. 2024.

DINNEBIER, H. C. F.; GARBOSSA, A. A.; MATTHIENSEN, A. CARACTERIZAÇÃO DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA NA MICROBACIA DO LAJEADO SANTA FÉ BAIXA, ITAPIRANGA-SC. **Embrapa Suínos e Aves**. p. 1-7, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1093122/caracterizacao-da-comunidade-fitoplanctonica-na-microbacia-do-lajeado-santa-fe-baixa-itapiranga-sc>. Acesso em: 24 out. 2024.

ESCALERA, L. *et al.* *Noctiluca scintillans* may act as a vector of toxigenic microalgae. **Harmful Algae**, [S.L.], v. 6, n. 3, p. 317-320, abr. 2007. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.hal.2006.04.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568988306000436>. Acesso em: 20 out. 2024.

FERUCK, M. M.; FAVASSA, C. T. A.; MATTHIENSEN, A. Estudo quali-quantitativo da comunidade fitoplanctônica do rio suruvi, Concórdia, SC. 1. ed. SC: Mafra. **UnC**,

2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1136571/estudo-quali-quantitativo-da-comunidade-fitoplanctonica-do-rio-suruvi-concordia-sc>. Acesso em: 20 out. 2024.

FRANGÓPULOS, M.; SPYRAKOS, E.; GUISANDE, C. Ingestion and clearance rates of the red *Noctiluca scintillans* fed on the toxic dinoflagellate *Alexandrium minutum* (Halim). **Harmful Algae**, v. 10, n. 3, p. 304-309, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568988310001228?via%3Dihub>. Acesso em: 1 mar. 2024.

FUKUDA, Y.; ENDOH, H. NEW details from the complete life cycle of the red-tide dinoflagellate *Noctiluca scintillans* (Ehrenberg) McCartney. **European Journal of Protistology**, v. 42, n. 3, p. 209-219, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejop.2006.05.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0932473906000253?via=ihub>. Acesso em: 01 abr. 2024.

GARBOSSA, A. A. *et al.* Avaliação quali-quantitativa da comunidade fitoplanctônica de uma sub-bacia do rio Jacutinga. In: Jornada de Iniciação Científica - JINC, 11, 2017, SC: Concórdia. **Resumo em anais e proceedings**. SC: Concórdia: Embrapa Suínos e Aves: UNC, 2017. p. 46-47. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085124/avaliacao-quali-quantitativa-da-comunidade-fitoplanctonica-de-uma-sub-bacia-do-rio-jacutinga>. Acesso em: 20 out. 2024.

HEACKEL, E. *Generelle Morphologie der Organismen*. 2. ed. Berlin: Reimer, 1866. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=-5k5AAAcAAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false> Acesso em: 20 out. 2024.

HALLEGRAEFF, G. M. *et al.* Prey preference, environmental tolerances and ichthyotoxicity by the red-tide dinoflagellate *Noctiluca scintillans* cultured from Tasmanian waters. **Journal of Plankton Research**, v. 41, n. 4, pg. 407–418, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/plankt/fbz037>. Disponível em: <https://academic.oup.com/plankt/article/41/4/407/5558152>. Acesso em: 1 abr. 2024.

HICKMAN, C. P. *et al.* *Princípios Integrados de Zoologia*. 16. ed. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan LTDA**, 2016. Disponível em: <https://www.meulivro.biz/biologia/zoologia/1866/principios-integrados-de-zoologia-16-ed-pdf/>. Acesso em: 20 out. 2024.

HUANG, C.; QI, Y. The abundance cycle and influence factors on red tide phenomena of *Noctiluca scintillans* (Dinophyceae) in Dapeng Bay, the South China

Sea. **Journal of Plankton Research**, v. 19, n. 3, p. 303-318, 1997. DOI: <http://doi.org/10.1093/plankt/19.3.303>. Disponível em: <https://academic.oup.com/plankt/article/19/3/303/1460076>. Acesso em: 01 abr. 2024.

KOFOID, C. A. A new morphological interpretation of the structure of *Noctiluca*, and its bearing on the status of the Cystoflagellata (Haeckel). 52. ed. California: **University of California Press**, 1920. Disponível em: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/Science_%28IA_science52192Omich%29.pdf Acesso em: 20 out. 2024

SILVA, M. S. *et al.* Algal blooms: a perspective from the coasts of india. **Natural Hazards**, [S.L.], v. 63, n. 2, p. 1225-1253, 24 abr. 2012. Springer Science and Business Media LLC. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11069-012-0190-9>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-012-0190-9#citeas>. Acesso em: 20 out. 2024.

SOUSA, L. **Dinoflagelados** Nomenclatura Portuguesa. 35 – 57, 2010. Tese (Doutorado em Programa Praxis XXI) - Centro de Estudos Geológicos, Dep. Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia (UNL), Portugal, 2010. Disponível em: file:///C:/Users/may20/Desktop/Estudo/tcc/Dinoflagelados_Nomenclatura_portuguesa.pdf Acesso em: 20 out. 2024.

PRESTES, M. R. Biondicadores como avaliação de impacto ambiental. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 2, n. 4, p. 1473-1493, set. 2019. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/3258/3128>. Acesso em: 20 out. 2024.

SHAUNA, M. *Dinoflagellate Biology: Using Molecular Approaches to Unlock Their Ecology and Evolution*. 1. ed. Sydney: Austrália: **Shauna Murray**, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-6197-4>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/books/reprint/6568-dinoflagellate-biology>. Acesso em: 20 out. 2024.

TSAI, S. *et al.* The dynamics of a dominant dinoflagellate, *Noctiluca scintillans*, in the subtropical coastal waters of the Matsu. **Marine Pollution Bulletin**, v.127, p. 553-558, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X17310743> Acesso em: 3 abr. 2024.

TANG, J. Q. *et al.* Analysis of research status and trends on marine benthic dinoflagellate toxins: A bibliometric study based on web of science database and VOSviewer. **Environ Res.** 2023 . DOI: 10.1016/j.envres.2023.117179. Epub 2023 Sep 23. PMID: 37748671. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37748671/> Acesso em: 3 abr. 2024.

XIA, X. *et al.* *Noctiluca scintillans* bloom alters the composition and carbohydrate utilization of associated bacterial community and enriches potential pathogenic bacterium *Vibrio anguillarum*. **Water Research**, v. 249, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120974>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135423014148?via%3Dihub>. Acesso em: 02 mar. 2024.

7. ANEXO

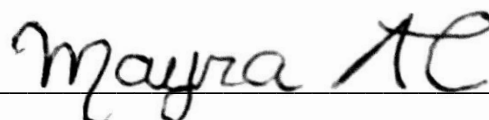
Termo de Ciência e Responsabilidade

Eu, Mayra Azevedo Cornélio, RA 21008503, portador do CPF 483.290.218-07 e do RG 58.588.246-0 **DECLARO estar CIENTE** das informações quanto à utilização de textos para elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso, conforme abaixo transcrito:

1. O Trabalho de Conclusão de Curso da Faculdade de Ciências Biológicas tem por objetivo demonstrar a capacidade do aluno de buscar informações na sua área de formação, de desenvolver projetos de pesquisa com metodologia científica, e de trabalhar de forma ética e na conformidade com as normas vigentes.
2. No Trabalho de Conclusão de Curso serão observadas as leis e normas em vigor.
3. É imprescindível a menção do autor das obras utilizadas na elaboração dos trabalhos, no corpo do texto e nas referências bibliográficas, sendo que a observância correta apenas nas referências ao final do trabalho não exclui a incidência do plágio.
4. O plágio é uma prática ilegal, e o seu uso implicará em reprovação automática nas disciplinas de Trabalho de Conclusão de Curso I e Trabalho de Conclusão de Curso II, impedimento da conclusão do curso e consequente obtenção dos diplomas de Licenciado e/ou Bacharel em Ciências Biológicas.
5. Para fins de reprovação automática, na Faculdade de Ciências Biológicas, o plágio será configurado quando o aluno:
 - a. Utilizar-se, em seu trabalho de Conclusão de Curso, de ideias ou palavras de autor, em 5 (CINCO) ou mais linhas, contínuas ou não, sem dar os devidos créditos no corpo do texto e nas referências bibliográficas;

- b. Utilizar-se de transcrição literal de ideias ou palavras de autor, *ipsis litteris*, em 3 (TRÊS) linhas, sem utilizar formato que indique que foi feita uma transcrição literal, mesmo quando dá crédito ao autor;
 - c. Utilizar-se de dados de pesquisas sem a expressa autorização do pesquisador responsável;
 - d. Adquirir trabalho pronto, no todo ou em parte, de forma gratuita ou onerosa, de outro autor, ou subscrevê-la como sua.
6. A utilização de textos de autor em trechos correspondentes a menos de 5 linhas, contínuas ou não, não implicará em reprovação automática, cabendo, nesse caso, a obrigação da correção da falha pelo aluno, com redução de nota, à critério da Banca Examinadora.
7. Sendo o plágio uma conduta passível de sanções civis e criminais, a responsabilidade quanto ao uso inadequado de obras de terceiros, ou seja, sem os devidos créditos, é exclusiva do aluno. Cabe, porém, ao professor-orientador, a precaução, mediante o diálogo com o aluno sobre o trabalho redigido, e em havendo suspeita quanto à autoria, este deve solicitar a revisão do texto, com a finalidade de coibir o plágio e, especialmente, de contribuir na formação de alunos e profissionais éticos e íntegros.
8. A suspeita de plágio não impede a realização da banca de defesa de trabalho de conclusão de curso, e poderá ser alegado por qualquer membro da banca.

Campinas, dia 24 de outubro de 2024.



Nome: Mayra Azevedo Cornélio

RG: 58.588.246-0