



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Departamento de Ciências Ambientais  
CURSO DE BACHARELADO EM GESTÃO E ANÁLISE AMBIENTAL  
Rod. Washington Luís, Km. 235 – Cx. Postal. 676  
CEP: 13565-905 – São Carlos – SP – Fone: (016) 3351-9776



## **AÇÃO DE UM FUNGICIDA CÚPRICO NO CRESCIMENTO DE UMA MACRÓFITA AQUÁTICA FLUTUANTE**

Aluna: Caroline Fernanda Santarpio Zago

Orientadora: Prof<sup>ta</sup> Dr<sup>a</sup> Marcela Bianchessi da Cunha Santino

**SÃO CARLOS - SP  
2021**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS  
CURSO DE BACHARELADO EM GESTÃO E ANÁLISE AMBIENTAL**

**AÇÃO DE UM FUNGICIDA CÚPRICO NO CRESCIMENTO DE UMA  
MACRÓFITA AQUÁTICA FLUTUANTE**

**Caroline Fernanda Santarpio Zago**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Gestão e Análise Ambiental.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Marcela Bianchessi da Cunha Santino

**SÃO CARLOS-SP  
2021**

**AÇÃO DE UM FUNGICIDA CÚPRICO NO CRESCIMENTO DE UMA  
MACRÓFITA AQUÁTICA FLUTUANTE**

**CAROLINE FERNANDA SANTARPIO ZAGO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 11 de novembro de 2021 ao Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Gestão e Análise Ambiental.



.....  
**Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marcela Bianchessi da Cunha Santino**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Carlos e Néia e irmãos, Bruno e Laura, por sempre estarem ao meu lado me dando total apoio e incentivo durante todo o período, são para eles minha maior gratidão. Ressalto também a importância do meu namorado, Felipe, por ser um grande companheiro e um grande parceiro.

Agradeço também a Marcela, minha orientadora maravilhosa, que me trouxe tantos ensinamentos e ótimos momentos nesta caminhada, e ao Irineu, que também foi fundamental em toda a pesquisa e, principalmente, durante toda a graduação. Pessoas maravilhosas, que agregaram tanto conhecimento, tanto cuidado e paciência.

Sou grata, também, a Flávia, minha amiga, companheira de toda a graduação, tendo sido fundamental durante todo o processo, com muito apoio, e muito companheirismo, e aos meus amigos, Ju e Weliton, amigos de uma vida toda, que sempre estiveram ao meu lado.

## RESUMO:

Por sua elevada produtividade e contribuição na ciclagem de nutrientes e de carbono, o desempenho funcional exercido pela comunidade de macrófitas aquáticas vem sendo amplamente relatado, uma vez que influem diretamente na estrutura e no metabolismo dos ecossistemas límnicos, como lagos e reservatórios. O presente estudo determinou o crescimento de *Ricciocarpus natans* em meio contaminado a fim de diagnosticar como substâncias provenientes de atividades antrópicas (i.e., contaminantes emergentes) afetam a produção primária das macrófitas aquáticas. Nesse sentido, o objetivo desse projeto foi acompanhar a interferência causada no crescimento de *R. natans* quando expostas a duas diferentes concentrações do fungicida Calda Bordalesa. Quando em contato com as diferentes concentrações do fungicida, os exemplares de *R. natans* apresentaram impacto negativo significativo sobre o crescimento quando comparados ao crescimento dos indivíduos que foram mantidos em condições de controle; além de não apresentarem reprodução. Os indivíduos nos bioensaios contendo Calda Bordalesa apresentaram clorose e, assim, perda da capacidade de realizar fotossíntese. Tanto a largura quanto o comprimento dos indivíduos de *R. natans* apresentaram diferença significativa entre o tratamento com a calda e o tratamento controle. Diferentemente do tratamento controle, as macrófitas dispostas em solução com Calda Bordalesa (2,5 e 5%) estagnaram o crescimento e senesceram, não chegando a se reproduzir. A aplicação do modelo logístico apenas foi possível nos resultados obtidos dos crescimentos de *R. natans* nos bioensaios controle, pois houve um crescimento acumulado do comprimento nesses tratamentos. Os valores obtidos de  $\mu$  (coeficiente de crescimento) foram  $0,027 \pm 0,004 \text{ dia}^{-1}$  (controle do teste realizado com 2,5% de Calda Bordalesa) e  $0,035 \pm 0,003 \text{ dia}^{-1}$  (controle do teste realizado com 5,0% de Calda Bordalesa). Com base nos resultados encontrados, a presença do fungicida em contato com as macrófitas aquáticas apresentou efeito negativo tanto na produção primária, quanto na reprodução de *R. natans* mantidos nos bioensaios com a Calda Bordalesa.

**Palavras-chave:** agrotóxico; bioensaios; toxicidade; cinética; crescimento; modelagem matemática.

## ABSTRACT

Due to their high productivity and contribution to nutrients and carbon cycling, the functional performance by aquatic macrophytes communities has been widely discussed, since these organisms can directly influence the metabolism of limnic ecosystems, as lakes and reservoirs. This study determined the primary aquatic production (i.e., the growth of a floating aquatic macrophyte) to diagnose how substances from human activities (i.e., emerging contaminants) can cause aquatic environment contamination and affect aquatic macrophytes primary aquatic production. Thus, this study followed the interference caused in *Ricciocarpus natans* growth (floating species) when exposed to two different concentrations (2.5 e 5.0%) of a fungicide called Bordeaux mixture. When in contact with different fungicide concentrations, *R. natans* presented a significant negative impact on their growth in comparison with the individuals in the control treatment; besides not being able to reproduce. The application of the logistic model was only possible in the data obtained from the growth of *R. natans* in the control bioassays, as there was an accumulated growth in length in these treatments. The values obtained for  $\mu$  (growth coefficient) were  $0.027 \pm 0.004$  (control of the test conducted with 2.5% Bordeaux mixture) and  $0.035 \pm 0.003 \text{ day}^{-1}$  (control of the test performed with 5.0% Bordeaux mixture).

The individuals in the Bordeaux mixture bioassays showed chlorosis losing their ability to carry out photosynthesis. The mathematical modeling presented the individuals accumulated growth in concentrations declined, showing, a negative impact caused by Bordeaux mixture on the macrophyte. Based on the results found, the contact between this fungicide and the aquatic macrophyte presented a negative impact both in primary production and in reproduction.

**Keywords:** pesticide; bioassays; toxicity; kinetics; growth, mathematical modeling.

## **SUMÁRIO**

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>2</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>2</b>
<b>4. METODOLOGIA</b>	<b>6</b>
<b>4.1. LOCAL DE COLETA</b>	<b>6</b>
<b>4.2. DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE UTILIZADA</b>	<b>7</b>
<b>4.3. DESCRIÇÃO DO FUNGICIDA</b>	<b>8</b>
<b>4.4. MATERIAIS UTILIZADOS</b>	<b>9</b>
<b>4.5. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO E EXPERIMENTAL</b>	<b>10</b>
<b>4.6. ANÁLISE DOS DADOS</b>	<b>11</b>
<b>5. RESULTADOS</b>	<b>11</b>
<b>6. DISCUSSÃO</b>	<b>16</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>18</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>19</b>

## 1. INTRODUÇÃO

São conhecidos como macrófitas aquáticas, os vegetais que embora sejam originalmente terrestres, passaram por ajustes e modificações para colonizar ambientes aquáticos. Tais adaptações permitiram seu crescimento em distintos gradientes nos ambientes aquáticos. Esses organismos são classificados de acordo com seu hábito em (i) submersas, (ii) emergentes, (iii) com folhas flutuantes e (iv) flutuantes (RUIZ, 2008). Incluindo macroalgas, musgos, pteridófitas adaptadas ao meio aquático e angiospermas oriundas do ambiente terrestre, as macrófitas aquáticas compreendem as formas macroscópicas da vegetação (BIANCHINI Jr. e CUNHA-SANTINO, 2008).

A funcionalidade exercida pelas macrófitas aquáticas tem enorme importância no metabolismo dos ecossistemas aquáticos, uma vez que, colonizam amplamente a zona litorânea. Dessa forma, toda a produtividade desses organismos é fundamental para o funcionamento desses sistemas. Dentre os fatores que condicionam a produtividade das macrófitas aquáticas, i.e., que interferem na produção primária, cita-se a presença de substâncias tóxicas e/ou produtos de origem química (ZAGO et al., 2018).

Atualmente, a presença de novos resíduos nos corpos hídricos vem tornando-se frequente, representando um grande desafio em relação a sua gestão. Conhecidos como “contaminantes emergentes”, esses poluentes já existem há bastante tempo; mas, com o aumento da preocupação com o ambiente, tornaram-se evidentes e de extrema preocupação pela comunidade científica (MONTAGNER, 2017). Sendo assim, a presença de agroquímicos e outros resíduos que dão origem aos contaminantes emergentes nas águas, nascentes, cursos d’água, áreas de recarga e até mesmo nos solos é altamente preocupante, na medida em que não são retirados das águas e alteram as dinâmicas de produtividade e desenvolvimento dos ecossistemas aquáticos e conseqüentemente, afetando a produtividade das macrófitas aquáticas.

A grande maioria dos poluentes emergentes persiste no ambiente e são cumulativos, alocando-se no solo e nos sedimentos de rios, podendo ser transportada facilmente por longas distâncias (MEYER et al., 1999). São oriundos de resíduos ou subprodutos derivados de usos industriais, resíduos hospitalares e domésticos mal alocados, como principalmente de resíduos de agrotóxicos (GUIMARÃES, 2005). Um agravante em relação a esses contaminantes é a grande quantidade que eles têm sido gerados. O preocupante é que estas substâncias têm como via principal a água, i.e., após serem usadas ou ingeridas, são aduzidas no sistema de esgoto, passam pelo sistema de tratamento e acabam em diferentes ecossistemas (TORDIN, 2018).



Dentre os compostos emergentes que se deslocam pela água, estão os fungicidas e agroquímicos que agem principalmente sobre fungos e bactérias que atacam plantas em pequena e larga escala de ação (MOTTA, 2008). Entre os mais comuns, estão os fungicidas cúpricos, um dos mais antigos agroquímicos em uso nesse setor. Embora exista a recomendação da pulverização sobre as folhas e frutos que adoecem de fungos e bactérias, a aplicação de fungicidas cúpricos provocam, em diferentes escalas, fitotoxicidade i.e., reação que o químico provoca na planta, alterando seu desenvolvimento tanto nas folhas como nos frutos (REZENDE et al., 2008). Assim, classifica-se a Calda Bordalesa, fungicida de fácil fabricação e ampla aplicação nos cultivos tradicionais e, principalmente, nos orgânicos.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo desse projeto foi compreender, por meio de modelagem matemática, as interferências causadas na produção primária e na reprodução de *Ricciocarpus natans* quando expostas a duas diferentes concentrações do fungicida Calda Bordalesa.

## **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Os serviços ecossistêmicos da comunidade de macrófitas aquáticas têm sido amplamente divulgados na literatura científica, ressaltando principalmente a sua elevada produtividade e a contribuição na ciclagem de nutrientes nesse ecossistema (POTT e POTT, 2000). As macrófitas também são biodiadoras da qualidade da água, apresentando capacidade de absorver cargas excessivas de nutrientes e metais (BIANCHINI Jr. e CUNHA-SANTINO, 2008). São organismos de grande importância ecológica dentro de um ecossistema aquático, uma vez que contribuem para a manutenção das cadeias tróficas, participando de diversos processos físicos, químicos e biológicos do sistema (BIANCHINI Jr. et al., 2010).

Esses vegetais que se caracterizam por apresentar grande produtividade, evidenciando que a produção primária é um importante processo na dinâmica de energia e de matéria orgânica dos ecossistemas aquáticos, sendo que esse processo exibe uma grande variação interespecífica (BIANCHINI Jr. e CUNHA-SANTINO, 2008). A distribuição das macrófitas e a produtividade dependem das características físicas e químicas da água e do sedimento/substâncias presentes na água (WETZEL, 2001), sendo que qualquer interferência ou transtorno dentro desses ecossistemas pode vir a afetar esse processo. Por exemplo, pode-se determinar a produtividade das macrófitas para acompanhar como nutrientes provenientes de atividades antrópicas causam eutrofização, ou mesmo como a presença de um contaminante pode alterar esse processo (BIANCHINI Jr., 2003).

A preocupação crescente com o aumento expressivo de contaminação ambiental vem tornando-se cada vez mais o foco de inúmeras observações e estudos. A presença de substâncias tóxicas ao meio, introduzidas e reintroduzidas diariamente por fontes pontuais, como as oriundas de processos industriais, e as difusas, provenientes majoritariamente do setor agropecuário, tem impactado diretamente as esferas do meio ambiente, principalmente a hidrosfera, meio onde através do déficit de saneamento básico, esgotos clandestinos e principalmente através da percolação e lixiviação do solo, apresenta grande contaminação por esses tóxicos (CETESB, 2018). Dentre esses elementos contaminantes tóxicos, estão os contaminantes emergentes, como fármacos, cafeína, hormônios, resíduos industriais, além de defensivos agrícolas. Esses compostos apresentam grandes riscos, devido entre outros, a presença de metais em sua composição. Uma vez que na natureza são persistentes, apresentam em sua maioria, toxicidade nociva e bioacumulação nos seres (SANKHLA et al., 2016).

A grande introdução e realocação de metais em diversos compartimentos ambientais, decorrente de atividades humanas, principalmente na hidrosfera, compromete de maneira severa a capacidade autodepuradora dos ecossistemas aquáticos, com grandes impactos potenciais (BARRETO, 2011). Consequência do Antropoceno, era em que o homem se tornou o influenciador de forças sobre a Terra, os corpos hídricos estão sendo contaminados por uma grande quantidade de novos compostos (REYNOL, 2010). Essas contaminações ocorrem em quantidades e proporções diversas e parte dos seus efeitos são ainda desconhecidos para os ecossistemas aquáticos e para os usos múltiplos, como o abastecimento público. Conhecidos como contaminantes emergentes, sua denominação faz referência aos produtos tóxicos que não são removidos e/ou eliminados pelos processos tradicionais de tratamento de água e esgoto. Dessa forma, o sistema de água doce mundial vem apresentando significativo aumento de contaminação por diversos compostos químicos, principalmente decorrentes da aplicação de químicos agrícolas que chegam até os corpos hídricos e degradam severamente os ecossistemas (SAMPAIO et al., 2013).

Oriundos de resíduos ou subprodutos derivados de usos industriais, resíduos hospitalares e domésticos e resíduos de agrotóxicos (GUIMARÃES, 2005), os contaminantes emergentes são hormônios endógenos, hormônios sintéticos, anticoncepcionais, fármacos de diversas composições, cafeína, sucralose, nanomateriais, fungicidas, bactericidas, inseticidas, algicidas, herbicidas, produtos de limpeza e de higiene pessoal, protetores solares, produtos de cloração e ozonização de águas, entre outros, totalizando mais de mil compostos (TORDIN, 2018). Vale ressaltar que essas substâncias também podem ser de origem natural, como toxinas de algas (RAIMUNDO, 2011); porém, estão presentes no ambiente em menor quantidade em relação às de origem antrópica.

Em seus estudos, Montagner (2017) mostrou que a persistência e a bioacumulação são fatores alarmantes para esse tipo de composto, uma vez que são resistentes à degradação fotoquímica e persistentes no ambiente mesmo após os devidos tratamentos. Para os ecossistemas, é um risco enorme e eminente (GAFFNEY et al., 2014), representando um grande problema para a reprodução e desenvolvimento dos organismos, afetando, por exemplo, a produtividade primária dos ecossistemas aquáticos. Dessa forma, o fungicida, composto classificado como emergente, ainda é um desafio para pesquisadores e afins, visto que embora, já existam designações, definições e identificações de várias substâncias que estão nesse englobado chamado de emergentes, o surgimento diário de novos compostos sintetizados é inevitável assim, aumentando a lista e as contaminações. Embora tenham grandes evidências de toxicidade, a dificuldade da delimitação desses contaminantes e da compreensão de como afetam os processos ecológicos no ambiente, e quais consequências acarretam, tanto para o homem como para todos os organismos atingidos, ainda é escassa, o que dificulta a identificação do quanto são perigosos para o ambiente.

O uso e ocupação do solo e o setor econômico mais influente regionalmente, apresenta forte ligação com os tipos de contaminantes nas águas superficiais, nesse sentido, locais com um setor industrial mais aquecido tendem a ter substâncias relacionadas aos rejeitos da indústria, enquanto regiões mais agrícolas, a presença de pesticidas é predominante na contaminação das águas. Corroborando com isso, Montagner et al. (2017), traz que a grande maioria dos estudos de contaminação superficial tem como temática os pesticidas, uma vez que a relação de contaminação versus pesticidas, vem muito antes das discussões recentes de contaminantes emergentes e seus impactos negativos. Tais estudos ultrapassam as barreiras da contaminação da água, relacionando-se, também, à exposição de outros elementos e seres vivos a determinado nível de contaminantes. Ambientalmente, as águas são mais suscetíveis à contaminação, principalmente de forma indireta e clandestina, justificando a crescente preocupação com esse tema, já que segundo estudos atuais, o Brasil é o país que mais consome agrotóxicos no mundo todo, inclusive, com uso de alguns químicos proibidos no mundo todo (RIGOTTO et al. 2014).

Em períodos de alta nas atividades agrícolas, o uso indiscriminado e em larga escala de defensivos agrícolas - resíduos da agricultura e seus químicos - torna-se rotina, sendo umas das principais fontes de poluição nas águas dentro do continente, independentemente se utilizado na agricultura convencional ou da orgânica (SAMPAIO et al., 2013). Presentes nas composições de químicos e defensivos agrícolas, os metais quando apresentam concentrações altas mostram-se extremamente nocivos, acarretando casos significativos de impactos fisiológicos, metabólicos e, inclusive, estruturais nos organismos que mantém contato, até

mesmo os metais que são nutrientes para o desenvolvimento dos organismos. Essa afirmação é exemplificada pelo cobre, onde mesmo sendo um elemento essencial para o desenvolvimento de organismos, em concentrações elevadas, que variam segundo a espécie, apresenta potencial perigo para as comunidades aquáticas (SAMPAIO, 2013).

Os metais, comumente encontrados nas formulações dos agroquímicos, como é o caso do cobre, em elevadas concentrações no meio, tem efeito cumulativo, impactando de forma negativa as funções fisiológicas e metabólicas dos organismos em contato (GIMENES, 2020). As concentrações dessas substâncias como os metais dissolvidos nas águas, podem afetar tanto a comunidade aquática e seu metabolismo, bem como causar danos à saúde da população e dos animais que fazem uso desses recursos (MARQUES e AMÉRICO-PINHEIRO, 2018). Todavia, os metais, como o cobre, também são considerados essenciais para o desenvolvimento sadio das plantas quando em baixas concentrações, sendo fundamental para os processos biológicos e metabólicos (BIZZO-CABRAL, 2020).

Presente em inúmeras formulações de defensivos agrícolas, como fertilizantes, pesticidas e fungicidas, como a Calda Bordalesa, o cobre quando em baixas concentrações é considerado um micronutriente essencial à vida de animais, plantas e do próprio homem. Todavia, quando apresenta altas concentrações, o mesmo metal age de forma prejudicial nos organismos que estão em contato com esse meio, apresentando efeitos toxicológicos significativos. Devido a essa toxicidade significativa existem legislações que determinam a concentração máxima deste metal em águas, necessitando de um controle mais rígido, uma vez que é considerado um contaminante prioritário, devido suas ações aos organismos (BIZZO-CABRAL, 2020).

A Calda Bordalesa é um defensivo agrícola utilizado em cultivos, predominantemente orgânicos, devido a sua eficiência no controle de várias doenças causadas por fungos em diversas culturas, além de apresentar efeito repelente sobre alguns insetos. Em busca de agentes de tratamento que apresentem um menor impacto, a calda tem o uso permitido na agricultura orgânica uma vez que os seus componentes são considerados pouco tóxicos às plantas (MOTTA, 2008) e, muito embora exista a preocupação da bioacumulação do cobre nas plantas, o que é preocupante e extremamente negativo e nocivo, onde os indivíduos podem apresentar impactos negativos como clorose, necrose, descoloração das folhas e inibição do crescimento radicular (PERUCH, 2008). Toda e qualquer interferência de compostos utilizados nas áreas adjacentes aos habitats das macrófitas, pode vir a afetar os mecanismos de vida e reprodução desses organismos.

Os contaminantes emergentes, como os fungicidas, estão amplamente distribuídos, e assim sendo, compreender a sua atuação perante esses organismos e sua produtividade é de

suma importância (ZAGO et al., 2018). Comumente, nos estudos que visam compreender o comportamento e principalmente o efeito de químicos nas comunidades aquáticas, a observação ocorre com componentes isolados (SAMPAIO, 2013). Com base no exposto, a hipótese a ser testada é que a presença da Calda Bordalesa, químico que contém o cobre em sua formulação, irá interferir no crescimento e na reprodução da macrófita *Ricciocarpus natans*, alterando negativamente a produção primária.

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1. LOCAL DE COLETA**

Exemplares da macrófita aquática *Ricciocarpus natans* (L.) Corda (Marchantiales, Hepaticopsida) foram coletados em um jardim de cultivo localizado no Departamento de Botânica da Universidade Federal de São Carlos, *campus* São Carlos. Foram coletados indivíduos saudáveis de *R. natans* e em laboratório, selecionando indivíduos de mesmo estágio de desenvolvimento (i.e., de tamanhos semelhantes). Na sequência, os exemplares foram lavados cuidadosamente com água da torneira e água destilada para remoção de partículas aderidas.

As amostras de água utilizadas nos bioensaios foram coletadas no Reservatório do Monjolinho (Figura 1), na porção represada dentro do campus da Universidade Federal de São Carlos, antes da abertura das comportas de represamento (23S 202.402 UTM 7.565.926). Esse ambiente fica localizado na região Centro-Norte do estado de São Paulo, no município de São Carlos, que está inserido em duas bacias, a Bacia do Mogi-Guaçu e do Tietê-Jacaré; compondo a 13ª Bacia Hidrográfica denominada Tietê-Jacaré (SOUZA, 2011).



Figura 1: Local de Coleta de Água, porção represada do Rio Monjolinho (Foto: Caroline Zago).

#### 4.2. DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE UTILIZADA

A *Ricciocarpus natans* (Figura 2) é uma macrófita aquática de distribuição global, encontrada em regiões tropicais e temperadas, sendo considerada cosmopolita (YANO, 2012). De hábito flutuante e podendo atingir até 2,5 cm de comprimento em indivíduos saudáveis, demonstra um metabolismo ativo ao longo do ano. Apresenta reprodução vegetativa pela bifurcação do ápice em crescimento (RIAL et al., 1998) e por esporos (POTT e POTT, 2000). O gametófito é dorsoventralmente achatado e tem a parte apical dicotomicamente lobulada em forma de leque, com ranhuras em forma de forquilha e bordas caneladas ou recortadas.

O lado superior é levemente granuloso e áspero, com numerosos poros que permitem as trocas gasosas, enquanto o lado inferior apresenta muitos rizoides com função de absorção (RUIZ, 2008). Através de sua superfície apresenta absorção contínua dos elementos contidos na água e uma competência de reagir de forma rápida às mudanças na qualidade da água, embora tenha uma ampla tolerância ao espectro de contaminantes e/ou metais.

Pela sua tolerância e rápida resposta as mudanças no ambiente *R. natans* é considerado um excelente bioindicador (ZECHMEISTER et al., 2003), além de ser indicada para bioensaios, já que apresenta grande habilidade de absorção de qualquer possível contaminante presente na água residente, onde, através de sua anatomia favorável, faz com que seus tecidos fiquem exposto por um maior tempo aos componentes presente na água, onde toda a superfície plantar consegue absorver os elementos (SAMECKA-CYMERMAN et al., 2002).



Figura 2: Exemplar de *Ricciocarpus natans* (Foto: Caroline Zago).

#### 4.3. DESCRIÇÃO DO FUNGICIDA

A Calda Bordalesa ou Calda de Bordeaux (Figura 3) surgiu na França, com o intuito de controlar o míldio em videira. Considerado um defensivo agrícola, vem sendo amplamente utilizado, mostrando sua eficiência em controlar várias doenças causadas por fungos como a ferrugem e a podridões em diversas culturas, contra bacterioses e efeito repelente contra alguns insetos. Constituída por óxido de cálcio (cal virgem) e sulfato de cobre, é permitida sua utilização nos cultivos orgânicos uma vez que seus componentes são considerados pouco tóxicos e contribuem para o equilíbrio nutricional das plantas. Embora no comércio haja o produto pronto, sua produção caseira é corriqueira, eficiente e econômica (MOTTA, 2008).



Figura 3: Fungicida Calda Bordalesa (Foto: Caroline Zago).

#### 4.4. MATERIAIS UTILIZADOS

- Béquer de vidro borossilicato (volume = 250 ml)
- Béquer de vidro borossilicato (volume = 1000 ml)
- Biomassa fresca de macrófitas (indivíduos): n = 10 para cada tratamento
- Amostra de água do mesmo local de coleta das macrófitas
- Paquímetro (marca Western)
- Pinça
- Placa de Petri
- Óxido de Cálcio
- Sulfato de Cobre
- Filtro poroso de algodão
- Bastão de Vidro
- Papel de filtro absorvente
- Luvas de látex
- Câmara de germinação (marca ColdLab, modelo CL 286)
- Água coletada do reservatório do Monjolinho



#### 4.5. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO E EXPERIMENTAL

Para o desenvolvimento teórico desse estudo foi adotada uma metodologia de desenvolvimento descritiva e bibliográfica, com pesquisa pela literatura existente acerca do processo de produtividade das macrófitas, das especificações da espécie escolhida, bem como, de forma generalizada, como reagem ao contato com substâncias emergentes e/ou com a presença do cobre.

Para a pesquisa bibliográfica, as palavras-chaves utilizadas foram “Macrófitas Aquáticas”, “Produtividade”, “Produção Primária”, “Contaminantes Emergentes”, “Calda Bordalesa”, “*Ricciocarpus natans*” nos periódicos online, bem como nas bases de dados como *Scielo*, *Scopus*, *Web of Science* e em livros disponíveis na Biblioteca Comunitária da UFSCar. A mesma ocorreu durante todo o desenvolvimento deste estudo. Após as pesquisas bibliográficas prévias, realizou-se a montagem dos bioensaios em 2 concentrações diferentes de Calda Bordalesa (5,0% v/v e 2,5% v/v) e bioensaios de controle (sem adição da Calda Bordalesa) que foi montado apenas com a água do reservatório do Monjolinho.

A formulação da Calda Bordalesa ocorreu 24 horas antes do uso nos bioensaios. Começando pela dissolução do sulfato de cobre (10 mg  $\cong$  3,98 mg de Cu) em 500 ml de água destilada; colocado em um pano poroso de algodão e amarrado, formando uma trouxa. Essa solução foi deixada em repouso por 24 horas. Passado o tempo necessário, em outro bquer de 1000 ml, foram inseridos 10 mg do óxido de cálcio em 100 ml de água. Posterior, adicionou-se mais 400 ml de água destilada a essa mistura. Após as duas soluções estarem dissolvidas, as mesmas foram homogeneizadas. Dessa solução foram realizadas as diluições (v/v) de 5,0% e 2,5% na montagem dos bioensaios de crescimento.

Para cada tratamento proposto (i.e., diferentes concentrações de Calda Bordalesa) e o controle, os bioensaios foram preparados em duas réplicas. Em cada bquer (250 ml) foram adicionados dez exemplares de macrófitas no meio aquoso a ser testado: (i) controle: apenas água do ambiente e (ii) distintas concentrações de contaminantes emergentes, nesse caso o fungicida orgânico Calda Bordalesa, sendo 5,0% e 2,5%. Os béqueres foram incubados em câmara de germinação em condições controladas (25°C e RFA = 47,25 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) com um regime de luz de 12/12 h (claro e escuro).

Os bioensaios foram acompanhados por 8 semanas, sendo que semanalmente cada indivíduo (n = 10 em cada réplica) foi medido (largura e comprimento) com o auxílio de paquímetro. Concomitantemente a esse procedimento, ocorreu uma análise visual dos indivíduos de *R. natans*, além de serem contabilizados.

## 4.6. ANÁLISE DOS DADOS

A variação temporal dos comprimentos acumulados de *R. natans* foi ajustada ao modelo logístico (Equação 1). O tempo de duplicação (td) da espécie foi calculado pela Equação 2. Os parâmetros cinéticos foram obtidos por regressões não lineares de acordo com o algoritmo iterativo de Levenberg–Marquardt (PRESS et al., 1993):

$$\frac{dN}{dt} = \mu \times \left(1 - \frac{N}{K}\right) \quad (\text{Equação 1})$$

em que: N = comprimento (cm) denominado nesse estudo como rendimento;  $\mu$  = coeficiente de crescimento ( $\text{dia}^{-1}$ ); K = valor máximo do comprimento (produção) de *R. natans* no bioensaio e t = tempo (dia).

$$td = \frac{\ln 2}{\mu} \quad (\text{Equação 2})$$

em que: td = tempo de duplicação.

Após a execução do procedimento experimental, os resultados obtidos (comprimento e largura) foram tabelados conforme a concentração exposta e o controle e essas métricas foram acumuladas em função do tempo de exposição. A análise dos resultados foi realizada a fim de identificar se houve ou não influência das concentrações de Calda Bordalesa sobre o crescimento e reprodução da *R. natans*. Para isso, realizou-se um teste de normalidade, para saber se houve distribuição normal com os resultados, seguido por um teste ANOVA de medidas repetidas, com o intuito de verificar se houve diferença significativa entre os tratamentos, considerando  $p < 0,05$ . As tabulações foram feitas no Programa Excel, e as análises estatísticas no *The R Project for Statistical Computing*.

## 5. RESULTADOS

As exposições da *R. natans* em meio contaminado acarretou uma série de alterações quando comparadas ao bioensaio de controle. Foi possível notar (Figura 4), ao final do experimento, que os indivíduos apresentaram um aspecto visual distinto aos dos indivíduos cultivados no bioensaio controle. Notou-se a senescência dos indivíduos cultivados em ambas as concentrações de Calda Bordalesa.

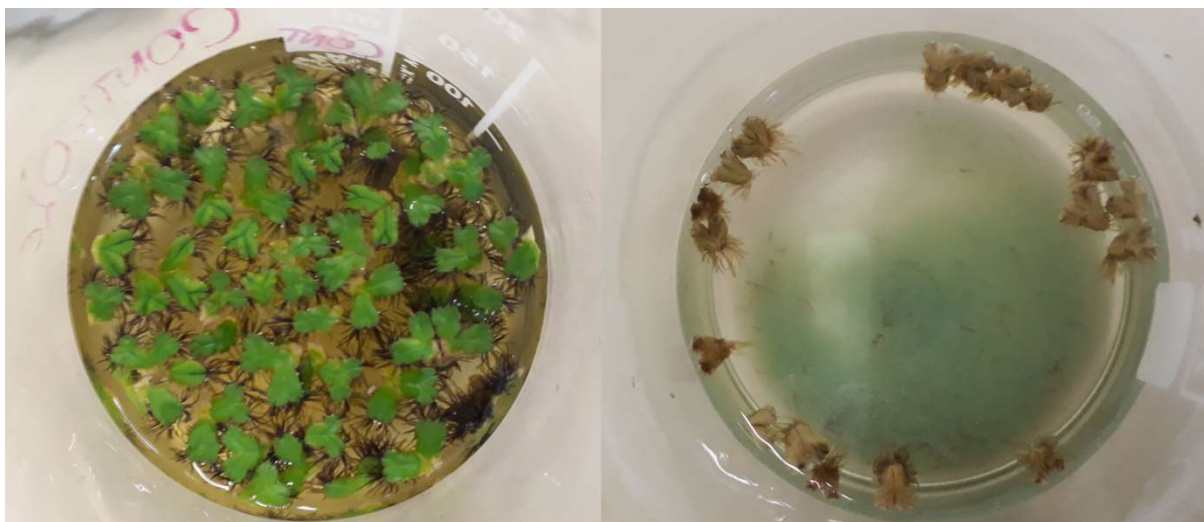


Figura 4: Comparação visual entre *R. natans* no bioensaio controle e *R. natans* em meio contaminado v/v 5% (Foto: Caroline Zago)

Durante todo experimento, em ambas as concentrações do fungicida, o efeito negativo sobre o crescimento de *R. natans* apresentou o mesmo padrão. Os indivíduos de *Ricciocarpus natans* dispostos nas condições adequadas de cultivo (controle), apresentam-se sem clorose com a existência e desenvolvimento de rizomas bem definidos. Em relação ao crescimento dos indivíduos, a análise entre os indivíduos expostos ao contaminante em comparação aos indivíduos nos bioensaios controles, percebeu-se uma diferença visual em um primeiro momento, onde as macrófitas dispostas nas diferentes concentrações tiveram seus crescimentos menores do que em relação ao controle, como pode ser observado nas Figuras 5 e 6.



Figura 5: *Ricciocarpus natans* no final do experimento em contato com Calda Bordalesa à esquerda e *Ricciocarpus natans* no final do experimento do controle à direita (Foto: Caroline Zago).



Figura 6: Exemplares de *R. natans* em processo de clorose durante o experimento (Foto: Caroline Zago).

Semanalmente, durante as medições, apresentavam crescimento tanto na largura quanto no comprimento e, muitos indivíduos se reproduziram, corroborando com a análise visual. Na Figura 7 têm-se os resultados de largura e comprimento (em %) de *Ricciocarpus natans* em função da concentração de Calda Bordalesa, após 8 semanas. A largura de *R. natans* quando em meio 2,5% foi 21% da condição controle, enquanto na concentração de 5,0%, essa porcentagem foi o equivalente a 15%, tendo também o indicativo de diminuição de comprimento quando em contato com a Calda Bordalesa.

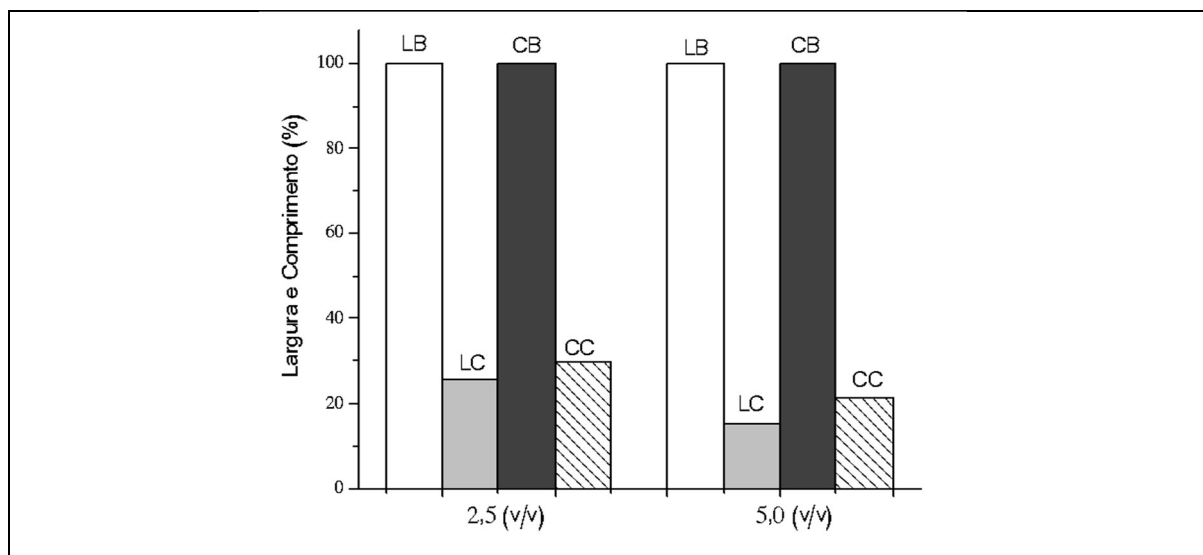


FIGURA 7: Largura e comprimento (em %) de *Ricciocarpus natans* em função da concentração de Calda Bordalesa: LB (largura de *R. natans* na condição controle), LC (largura de *R. natans* na condição do contaminante em 2,5 e 5,0%), CB (comprimento de *R. natans* na condição controle) e CC (comprimento de *R. natans* na condição do contaminante em 2,5 e 5,0%).

A análise estatística mostrou que a variável largura apresentou uma diferença significativa ( $p = 0,002$ ) entre o tratamento com a calda e o tratamento controle, em ambas as concentrações de Calda Bordalesa. De mesma forma, a variável comprimento do tratamento controle foi significativamente diferente do comprimento do tratamento com Calda Bordalesa ( $p = 0,004$ ). Nas Tabelas 1 e 2 estão apresentados os números de indivíduos de *R. natans* no início e no final do experimento, tanto no controle como nas duas concentrações de Calda Bordalesa.

Conforme pode ser observado, os indivíduos que não estavam em contato com o contaminante obtiveram um desenvolvimento evidente, sendo que em 8 semanas conseguiram crescer e se reproduzir. No entanto as macrófitas dispostas em solução com Calda Bordalesa estagnaram o crescimento, não chegando a reprodução, evidenciando que a Calda Bordalesa exerce uma influência significativa na reprodução da *R. natans* (Tabela 3).

TABELA 1: Número de indivíduos de *R. natans* no início e final do experimento dispostos nos controles.

Concentração (v/v)	Nº inicial de indivíduos	Nº final de indivíduos
2,5	20	36
5,0	20	46

TABELA 2: Número de indivíduos de *R. natans* no início e final do experimento em contato com a dissolução da Calda Bordalesa.

Concentração (v/v)	Nº inicial de indivíduos	Nº final de indivíduos
2,5	20	20
5,0	20	18

A percentagem de reprodução da *R. natans* no tratamento controle foi mais alta quando comparado com os bioensaio com Calda Bordalesa, onde a percentagem de reprodução foi 0% (Tabela 3). É de ressalva que quando na concentração de 5,0% de Calda Bordalesa, ocorreu a senescência e morte de dois indivíduos.

TABELA 3: Percentagem de reprodução de *R. natans* no experimento.

Concentração (v/v)	Controle	Calda Bordalesa
2,5	90%	0%
5,0	115%	0%*

\*Nesse caso além de 0% de reprodução, 2 indivíduos morreram.

A Figura 8 apresenta a cinética de crescimento de *R. natans* em meio contaminado com 2,5 e 5,0% e no tratamento controle. Notou-se que ao longo experimento, os indivíduos nos bioensaios com 2,5 e 5,0 % de Calda Bordalesa, apresentaram um pequeno incremento no comprimento até aproximadamente o 10º dia de experimento e na sequência, passaram a exibir um decaimento. Esse padrão foi o oposto para os indivíduos que estavam nos bioensaios controle, que apresentaram um aumento no comprimento acumulado ao longo de todo o período amostral.

A partir das medidas de comprimento dos indivíduos de *R. natans*, em ambas as concentrações de Calda Bordalesa, observou-se que o crescimento foi impactado negativamente pela presença do fungicida Calda Bordalesa, pois a aplicação do modelo logístico (Equação 1) apenas foi possível nos resultados obtidos dos crescimentos de *R. natans* nos bioensaios controle, já que houve um crescimento acumulado do comprimento nesses tratamentos. Os valores obtidos de  $\mu$  (coeficiente de crescimento) variaram de  $0,027 \pm 0,004$  (2,5%) a  $0,035 \pm 0,003 \text{ dia}^{-1}$  (5%). Os valores dos  $\mu$  indicaram tempos de duplicação variando de 19,8 a 25,4 dias. Os coeficientes de determinação dos ajustes cinéticos foram elevados, i.e., maiores que 0,92, apontando a robustez do modelo aplicado aos valores obtidos de comprimentos acumulados de *R. natans*.

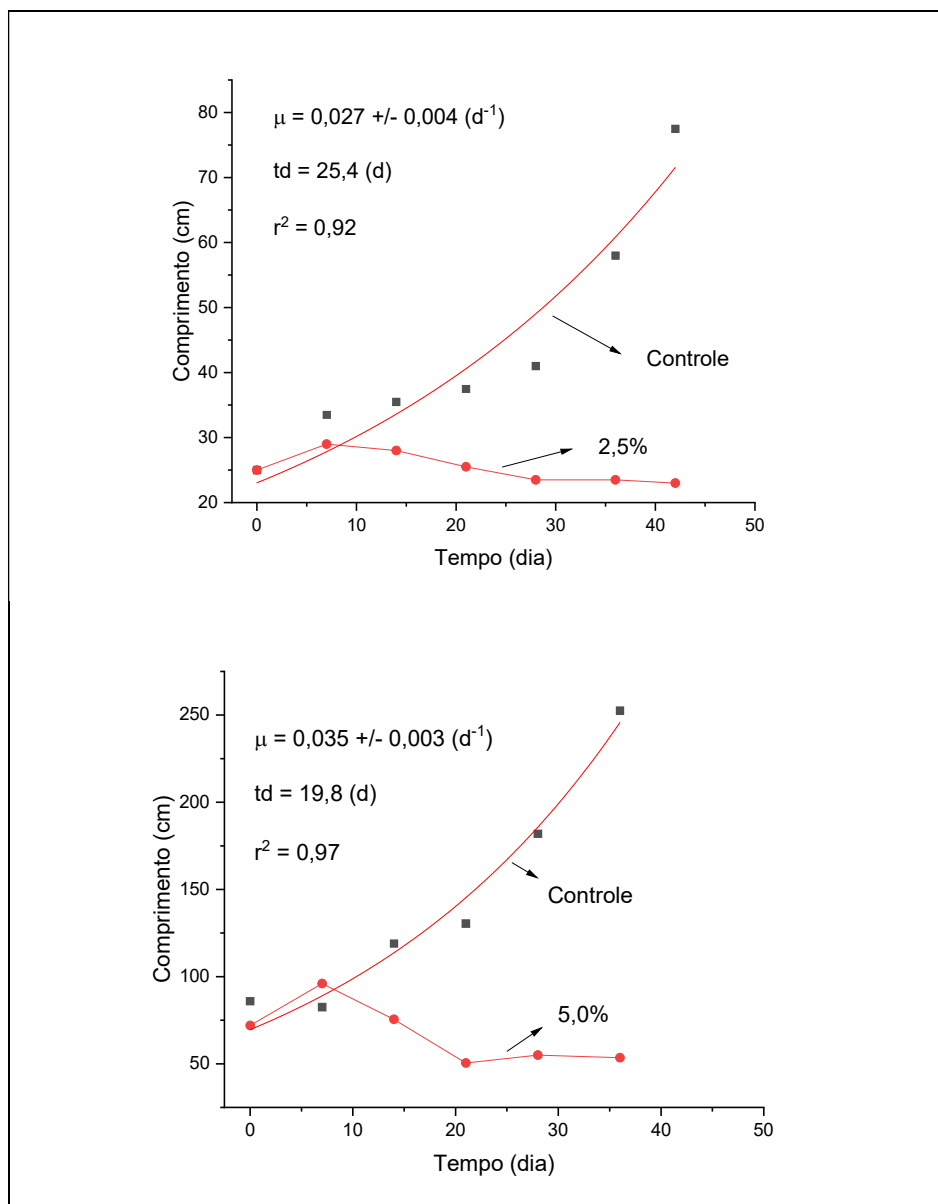


FIGURA 8: Comprimentos acumulados (cm) durante o crescimento de *R. natans* em duas concentrações de Calda Bordalesa (2,5 e 5,0 %) e no controle.

## 6. DISCUSSÃO

Nos estudos de Costa (2014), a macrófita *Potamogeton pectinatus* apresentou redução no teor de clorofila (i.e., clorose) quando disposta em meio contaminado com cobre. Esse comportamento foi semelhante ao observado com a *R. natans* quando mantidos em meio com ambas as concentrações do fungicida Calda Bordalesa. Semanalmente as plantas foram perdendo sua coloração, tornando-se marrons, i.e., apresentaram clorose; a perda de pigmento corrobora com estudos que afirmam que a clorose é um dos efeitos negativos sobre as plantas que bioacumulam cobre.

Os indivíduos que apresentam uma maior capacidade de sobrevivência, quando expostos nas diferentes concentrações da Calda Bordalesa, apresentaram ausência de rizomas,

estagnação no tamanho e inexistência de reprodução. Essas características indicaram que a presença desse contaminante emergente na água afetou o crescimento da espécie, assim, concordando com a hipótese de que a presença da Calda Bordalesa interfere no crescimento e na reprodução de *R. natans*.

Meyer et al. (1999) indicaram que a presença dos contaminantes emergentes, como a Calda Bordalesa, apresentou grande aumento nos corpos hídricos. Uma vez que a água é a via de dispersão da Calda Bordalesa; conseqüentemente, esse contaminante está diretamente em contato com as comunidades aquáticas, podendo interferir nos processos metabólicos (e.g., produção primária) desses ecossistemas. A presença de contaminantes emergentes nos corpos hídricos representa um grande problema para a reprodução e desenvolvimento dos organismos, afetando a produtividade primária dos ecossistemas aquáticos. Ressalta-se que, esse é um dos principais processos ecossistêmicos e a sua modificação pode causar um efeito em toda a cadeia trófica, afetando tanto o fluxo de energia quanto o de matéria (Bianchini Jr. e Cunha-Santino, 2008).

Torna-se um agravante essa situação, uma vez que, os contaminantes emergentes, categoria que os agroquímicos se enquadram, mesmo os ditos como orgânicos, se encontram, ainda persistem nos ambientes aquáticos, já que os tratamentos convencionais não conseguem retirá-los do meio. Em seus estudos, Montagner (2017) mostrou que a persistência e bioacumulação são fatores alarmantes, pois, os contaminantes emergentes são resistentes à degradação fotoquímica e persistentes no ambiente mesmo após os devidos tratamentos de água.

Dessa forma, o comprometimento e os impactos sobre as comunidades de macrófitas podem ter proporções ainda maiores. Ao exemplo desse estudo, expondo a *R. natans* a duas diferentes concentrações de um único contaminante, percebeu-se que o crescimento dessa macrófita foi impactado significativamente, prejudicando também a reprodução dessa espécie. Quando se transpõe esses contaminantes para o ambiente, não somente a Calda Bordalesa, mais inúmeros outras substâncias estão presentes no meio, e podem apresentar um caráter cumulativo, assim, os impactos sobre esses ecossistemas tornam-se maiores, refletindo diversos efeitos em inúmeros organismos, não apenas nas macrófitas aquáticas.

A utilização de macrófitas aquáticas flutuantes é extremamente comum em ensaios que visam analisar comportamentos entre organismo *versus* substância. FRANCO (2019) acompanhou o crescimento de *R. natans*, em bioensaios contendo parasiticida para aquicultura ornamental, com a presença do sulfato de cobre na formulação; embora os indivíduos estudados tenham apresentado leve clorose e pequena perda de seus rizomas, não ocorreu a inibição do crescimento das macrófitas.



Segundo Gimenes (2020), a exposição da macrófita *Ricciocarpus natans* a alguns metais resulta em impacto sobre o crescimento e a fisiologia da macrófita, apresentando inibição do crescimento, fitotoxicidade e clorose, afetando negativamente o desenvolvimento dos indivíduos. De maneira semelhante, estudos de BIZZO-CABRAL (2020) demonstrou que 0,385 mg Cu/L pode desencadear uma redução no crescimento vegetativo da macrófita, resultado assim, em efeitos negativos e nocivos nos processos fisiológicos e bioquímicos das plantas.

Em relação aos coeficientes de crescimento dos indivíduos de *R. natans*, os valores obtidos nos tratamentos controles variaram na mesma ordem de grandeza dos obtidos por Gimenez et al. (2020), que apresentou variação de 0,01692 (27°C) a 0,02590 dia<sup>-1</sup> (25°C).

Ambos os estudos, de BIZZO-CABRAL (2020) e GIMENES (2020), apresentam resultados semelhantes ao encontrado nos bioensaios com a Calda Bordalesa, indicando que possivelmente os valores de cobre presentes nas soluções já apresentam concentrações prejudiciais ao desenvolvimento da *R. natans*, com a inibição do crescimento e da reprodução. Embora o cobre seja um micromineral importante para o desenvolvimento das plantas, a presença do mesmo em concentrações acima dos padrões estabelecidos, pode causar grandes danos a produção primária aquática e até mesmo, podendo comprometer, não apenas uma cadeia trófica aquática, mas o metabolismo de todos um ecossistema. Muito embora os experimentos de FRANCO (2019), também, conduzidos com a presença do cobre, apresentou baixa alteração nos indivíduos expostos a essa solução, como a clorose e a perda de poucos rizomas, os resultados de seu estudo mostrou de forma clara que a variação da concentração desse metal, influência de forma diferente a mesma espécie, ressaltando o poder de bioacumulação do cobre nas macrófitas.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o intuito de fazer uma experimentação para identificar os impactos que os contaminantes emergentes causam nas comunidades aquáticas, i.e., como a Calda Bordalesa veio a impactar o desenvolvimento da *R. natans*, e visando uma gestão de inúmeras áreas que possam ter a presença desses contaminantes, observou-se a ocorrência de impacto significativamente negativo no crescimento da *R. natans* em meio contendo Calda Bordalesa. Esse impacto foi claramente notório, afetando o crescimento (largura e comprimento) de *R. natans*, e conseqüentemente a sua reprodução. As diferenças entre as larguras e comprimentos nas distintas concentrações mostraram-se eficientes indicadores de inibição do crescimento em *R. natans*.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETO, André Baxter. **A seleção de macrófitas aquáticas com potencial para remoção de metais-traço em fitorremediação.** 2011. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Saneamento, Recursos Hídricos e Meio Ambiente., Escola de Engenharia da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-92UJVB>>. Acesso em: 14 set. 2021.

BIANCHINI JUNIOR, Irineu. Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, Sidinei Magela; BINI, Luis Mauricio. **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas.** Maringá: Eduem, 2003. p. 85-126. Disponível em: <[http://www.eduem.uem.br/livros/ebook/ebook\\_eemdma.pdf](http://www.eduem.uem.br/livros/ebook/ebook_eemdma.pdf)>. Acesso em: 22 ago. 2021.

BIANCHINI JUNIOR, Irineu; CUNHA-SANTINO, Marcela Bianchessi. As rotas de liberação do carbono dos detritos de macrófitas aquáticas. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p.20-29, 2008. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2880799>>. Acesso em: 22 ago. 2021.

BIANCHINI JUNIOR, Irineu et al. Monitoramento das Macrófitas Aquáticas do Reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (Estado de Tocantins, Brasil). **AUGM Domus**, Montevideo, v. 2, p.38-48, dez. 2010. Disponível em: <[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/15900/Documento\\_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/15900/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 22 ago. 2021.

BILA, Daniele Maia; DEZOTTI, Márcia. Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e consequências. **Química Nova**, [s.l.], v. 30, n. 3, p.651-666, jun. 2007. UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422007000300027>. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422007000300027](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000300027)>. Acesso em: 23 ago. 2021.

BIZZO-CABRAL, Andressa Lana Thomé. **Crescimento e respostas fisiológicas de Ricciocarpus natans expostas ao cádmio, cobre e níquel em duas temperaturas (25 e 27 °C).** 2020. 129 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ecologia e Recursos Naturais, Departamento de Hidrobiologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2020. Disponível em:

[https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/13805/Tese\\_Andresa\\_Lana\\_T.\\_Bizzo\\_Cabral\\_com\\_titulo\\_corrigido\\_nas\\_duas\\_paginas.pdf?sequence=11&isAllowed=y](https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/13805/Tese_Andresa_Lana_T._Bizzo_Cabral_com_titulo_corrigido_nas_duas_paginas.pdf?sequence=11&isAllowed=y). Acesso em: 29 set. 2021.

CETESB. Alumínio. 2012. Divisão de toxicologia humana e saúde ambiental. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Aluminio.pdf>. Acesso em: 5 set. 2021.

CETESB. Fundamentos do controle de poluição das águas. São Paulo: AAAG-CETESB, 2018. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 9 set. 2021.

COSTA, Marcela Brandão. **Efeitos do cobre na macrófita *Potamogeton pectinatus* L. e sua possível utilização o monitoramento ou remediação de ambientes aquáticos contaminados por este metal.** Dissertação (Mestrado) - Curso Biologia de Ambientes aquáticos continentais, Universidade Federal do Rio Grande, 2014. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/6187/Dissertacao-Marcela-Brandao-versao-final.pdf?sequence=1>. Acesso em: 19 set. 2021.

FRANCO, Flávia Dias. **O efeito de fármacos de piscicultura ornamental sob o desenvolvimento da macrófita *Ricciocarpus natans*.** Monografia – Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, p. 21. 2019.

GAFFNEY, Vanessa de Jesus; CARDOSO, Vitor Vale; RODRIGUES, Alexandre; FERREIRA, Elisabete; BENOLIEL, Maria João; ALMEIDA, Cristina M.M. Análise de fármacos em águas por SPE-UPLC-ESI-MS/MS. **Química Nova**, Vol. 37, No. 1, 138-149, 2014. Disponível em: < [http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=275](http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=275)>. Acesso em: 17 ago. 2021.

GIMENES, Luana Lorca Satoris. **Efeitos da temperatura e da contaminação de rejeito da mineração no crescimento e na fisiologia de *Ricciocarpos natans* (L.) Corda.** 2020. 117 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ecologia e Recursos Naturais, Departamento de Hidrobiologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2020. Disponível em: [https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/13041/Tese\\_Luana\\_Gimenes.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/13041/Tese_Luana_Gimenes.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 29 set. 2021.

GIMENES, Luana Lorca Satoris; FRESCHI, Gian Paulo Giovanni; BIANCHINI JR, Irineu; CUNHA-SANTINO Marcela Bianchessi. Growth of the aquatic macrophyte *Ricciocarpos natans* (L.) Corda in different temperatures and in distinct concentrations of aluminum and manganese. **Aquatic Toxicology**, 2020; 224: 105484. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166445X20302344>. Acesso: 10 out. 21.

GUIMARÃES, João Roberto Penna de Freitas. Disruptores endócrinos no meio ambiente: um problema de saúde pública e ocupacional. **Biblioteca Virtual em Saúde**. Disponível em: [http://bvsm.sau.gov.br/bvs/trabalhador/pdf/texto\\_disruptores.pdf](http://bvsm.sau.gov.br/bvs/trabalhador/pdf/texto_disruptores.pdf). Acesso: 2 set. 2021.

MARQUES, Márjori Brenda Leite; AMÉRICO-PINHEIRO, Juliana Heloisa Pinê. Efeitos ecotoxicológicos de metais aos organismos aquáticos. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, São Paulo, v. 14, n. 4, p. 85-95, 14 dez. 2018. ANAP - Associação Amigos de Natureza de Alta Paulista. <http://dx.doi.org/10.17271/1980082714420181952>. Disponível em: [www.researchgate.net/publication/335227124](http://www.researchgate.net/publication/335227124). Acesso em: 9 out. 2021.

MOTTA, Ivo de Sá. **Calda Bordalesa: Utilidades e Preparos**. Embrapa. 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/242170/calda-bordalesa-utilidades-e-preparo>. Acesso em: ago. 2021.

MEYER, Armando; SARCINELLI, Paula N.; MOREIRA, Josino C. Estarão alguns grupos populacionais brasileiros sujeitos à ação de disruptores endócrinos? **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 4, p.845-850, 1999. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-311X1999000400018&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-311X1999000400018&script=sci_abstract&tlng=es). Acesso em: 02 set. 2021.

MONTAGNER, Cassiana C.; VIDAL, Cristiane; ACAYABA, Raphael D. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Química Nova**, Campinas, v. 40, n. 9, p.1094-1110, 2017. Disponível em: [http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=6640](http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=6640). Acesso em: set. 2021.

PERUCH, Luiz Augusto Martins; DELLA BRUNA, Emílio. Relação entre doses de calda bordalesa e de fosfito potássico na intensidade do míldio e na produtividade da videira cv. 'Goethe'. **Ciência Rural**, [S.L.], v. 38, n. 9, p. 2413-2418, dez. 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/CfzvwbT5sFp9MKgHjnFwTML/?format=html&lang=pt&stop=previous>>. Acesso em: ago. 2021

POTT, Vali Joana; POTTI, Arnildo. **Plantas Aquáticas do Pantanal**. Brasília: Embrapa, 2001. 404 p.

PRESS, WH; TEUKOLSKY, SA; VETTERLING, WT; FLANNERY BP. **Numerical recipes in C: the art of scientific computing**. New York, Cambridge University Press, 1993. 994 p.

RAIMUNDO, Cassiana Carolina Montagner. **Contaminantes Emergentes em Água Tratada e seus Mananciais: sazonalidade, remoção e atividade estrogênica**. 2011. 172 f. Tese (Doutorado) - Laboratório de Química Ambiental, Departamento de Química Analítica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011. Disponível em <[http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/249643/1/Raimundo\\_CassianaCarinaMontagner\\_D.pdf](http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/249643/1/Raimundo_CassianaCarinaMontagner_D.pdf)>. Acesso em: 03 set. 2021.

REZENDE, Adriana Magali de Freitas Alves; TOMITA, Celso Katsuhiko; UESUGI, Carlos H. Fungicidas cúpricos, cloretos de benzalcônios e composto bioativo líquido (Bokashi): fitotoxicidade e controle da seca dos ponteiros causadas por *Erwinia psidii* em goiabeiras. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, n.4, p. 288-294, jul./ago. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/tpp/v33n4/a05v33n4.pdf>>. Acesso em: ago. 19.

RIAL, B. Anabel; LASSO, Carlos. RICCIOCARPUS NATANS (L.) CORDA (RICCIACEAE) IN VENEZUELA: TAXONOMICAL AND HABITAT OBSERVATIONS. **Sociedad de Ciencias Naturales La Salle Tomo LVIII**, número 149, 1998. Disponível em: < <http://www.fundacionlasalle.org.ve/userfiles/8-manuscrito%2085-88.pdf>>. Acesso: 16 ago.21.

RIGOTTO, Raquel Maria; VASCONCELOS, Dayse Paixão e; ROCHA, Mayara Melo. Pesticide use in Brazil and problems for public health. **Cadernos de Saúde Pública**, [S.L.], v. 30, n. 7, p. 1360-1362, jul. 2014. FUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102->

311xpe020714. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/csp/2014.v30n7/1360-1362/pt/>. Acesso em: 29 set. 2021.

RUIZ, Aniceto Mendoza. *Ricciocarpus natans* (Marchantiophyta), una hepática acuática en México. **Contactos**, México, n. 70, p.67-70, nov. 2008.

SAMECKA-CYMERMAN, A.; KOLON, K.; KEMPERS, A. J. Heavy metals in aquatic bryophytes from the Ore Mountains (Germany). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 52, n. 3, p. 203–210, 2002. DOI: 10.1006/eesa.2002.2175.

SANKHLA, M. S. et al. Heavy metals contamination in water and their hazardous effect on human health - A Review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 5, n. 10, p. 759–766, 2016. DOI: 10.20546/ijcmas.2016.510.082.

SAMPAIO, Fernanda Garcia; BOIJINK, Cheila de Lima; RANTIN, Francisco Tadeu. **O Uso do Sulfato de Cobre em Ecossistemas Aquáticos: fatores que afetam sua toxicidade em peixes de água doce**. Jagariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2013. 102 p.

SANCHES, Sérgio Marcos; CAMPOS, Sandro Xavier; SILVA, Carlos Henrique Tomich de Paula e; VIEIRA, Eny Maria. Pesticidas e seus respectivos riscos associados à contaminação da água. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 13, p. 53-58, 2003.

SÃO PAULO. Fabio Reynol. Fapesp. **Contaminantes emergentes na água**. 2010. Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/contaminantes-emergentes-na-agua/12846/>>. Acesso em: 22 ago. 2021.

SOUZA, Amanda Baldochi. **Avaliação da qualidade ambiental nas nascentes do Rio Monjolinho na porção a montante da Estação de Captação de Água do Espriado, São Carlos-SP**. 2011. 183 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Departamento de Hidrobiologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/2030/3761.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 11 set. 2021.

WETZEL, RG. Limnology: Lake and River ecosystems. **Philadelphia: Academic Press.** 1006 p. 2001.

YANO, O. Catálogo das briófitas (antóceros, hepáticas e musgos) do estado do Espírito Santo, Brasil. *Pesquisas, Botânica*, v. 63, n. 1985, p. 55–140, 2012.

ZAGO, C. F. S. et al. Efeito de contaminantes emergentes no crescimento e reprodução de *Ricciocarpus natans* (L.) Corda. São Carlos, SP, Brasil: **XXV Congresso de Iniciação Científica e X Congresso de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação**, 2018.

ZAGO, Caroline Fernanda Santarpio; CUNHA-SANTINO, Marcela Bianchessi da; BIANCHINI JUNIOR, Irineu. Crescimento de *Ricciocarpus natans* em meio contaminado com Calda Bordalesa. In: **JORNADA DE GESTÃO E ANÁLISE AMBIENTAL, 5.**, 2018, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Fai, 2018. p. 481 - 489. Disponível em: <[http://www.eventos.fai.ufscar.br/links/Anais\\_jornadaaga2018v1.pdf](http://www.eventos.fai.ufscar.br/links/Anais_jornadaaga2018v1.pdf)>. Acesso em: 20 ago. 2021.

ZECHMEISTER, H. G et al. Bioindicators & Biomonitoring: principles, concepts and applications. **Elsevier Science, Amsterdam**, p.239-376.