

## PLANTAS AQUÁTICAS E SUAS FUNÇÕES EM UM SISTEMA AQUAPÔNICO

Lucas Matheus Paz Lima <sup>1</sup>  
José Werverton Pereira da Silva <sup>2</sup>  
Vitor Emanuel Ferreira Melo de Araújo <sup>3</sup>  
José Cícero Rodrigues da Silva <sup>4</sup>  
Danilo César Oliveira de Cerqueira <sup>5</sup>

### RESUMO

Aquaponia é um sistema de produção de alimentos que integra organismos aquáticos e plantas em geral, o termo é uma junção das palavras aquicultura e hidroponia. Esta breve revisão bibliográfica descreve as funções de quatro plantas aquáticas flutuantes (*Azolla* spp., *Lemna* spp., *Pistia stratiotes* e *Eichhornia crassipes*) na aquaponia. Nesta pesquisa foram citadas 31 referências, principalmente, artigos científicos e dissertações de mestrado. Os dois gêneros de planta indicados para alimentação dos peixes são *Azolla* e *Lemna*, elas podem substituir 100 % da ração para alevinos, mas no caso de peixes adultos podem substituir entre 20 e 30 % da ração comercial, sem prejuízos na produção e sem diminuir a qualidade da água. Para a filtragem mecânica da água, o aguapé e a alface d'água foram os mais indicados pois possuem densos sistemas radiculares capazes de reter partículas sólidas em suspensão. O aguapé também possui um mecanismo fisiológico capaz de neutralizar o pH da água o que favorece plantas, bactérias nitrificantes e peixes dentro de um sistema aquapônico. E todas as quatro macrófitas estudadas aqui podem retirar da água as substâncias nitrogenadas e fosfatadas que chegam por meio dos restos de ração e das fezes dos peixes.

**Palavras-chave:** Aquaponia, Macrófitas, Filtro Biológico, Filtro Mecânico, Filtro Químico.

### INTRODUÇÃO

A aquaponia é a junção de aquicultura, que é a criação de organismos aquáticos, com a hidroponia que consiste no cultivo de plantas sem a necessidade de solo. Os organismos aquáticos mais cultivados são os peixes, entretanto existem produtores que utilizam camarão. E as plantas mais comuns na aquaponia são os vegetais hidropônicos, por exemplo: alface e rúcula. Apesar de o modelo aquapônico ser usado como forma de produzir alimento há muito tempo, os estudos acadêmicos sobre o tema ainda são escassos (SILVA, 2016).

O cultivo de plantas aquáticas, tendo como função a suplementação alimentar ou a alimentação total de peixes, pode e deve ser intensificada mundialmente para o uso em meios

---

1 Estudante do Curso Técnico de Agroecologia do IFAL (Campus Murici), [lucas007.laje@gmail.com](mailto:lucas007.laje@gmail.com);

2 Estudante do Curso Técnico de Agroecologia do IFAL (Campus Murici), [jwerverton2@gmail.com](mailto:jwerverton2@gmail.com);

3 Estudante do Curso Técnico de Agroecologia do IFAL (Campus Murici), [fvitor101@gmail.com](mailto:fvitor101@gmail.com);

4 Estudante do Curso Técnico de Agroecologia do IFAL (Campus Murici), [josecrsilva20@gmail.com](mailto:josecrsilva20@gmail.com);

5 Professor orientador. Curso Técnico de Agroecologia do IFAL (Campus Murici), [danilo.cerqueira@ifal.edu.org](mailto:danilo.cerqueira@ifal.edu.org).

de produção, tanto na aquaponia bem como na aquicultura, essas fontes alternativas de alimento demonstraram-se vantajosas especialmente quando os peixes são onívoros (HENRY-SILVA, 2001).

Para a melhor utilização de plantas aquáticas na alimentação de peixes se faz necessário pesquisar sobre sua composição química: teores de proteína, de lipídios, fração de parede celular e carboidratos que, quando analisados de forma conjunta, indicam os valores nutricionais dessas plantas, possibilitando que o produtor possa discernir e avaliar a eficiência dessas macrófitas como fonte alimentar (THOMAZ et al., 1999).

Algumas macrófitas já são bastante utilizadas como alimento em sistemas aquapônicos, os principais exemplos são as plantas dos gêneros *Azolla* spp. e *Lemna* spp. que têm seu uso bastante difundido na criação de tilápias, pois são palatáveis para esses peixes (VIEIRA, 2020).

As macrófitas aquáticas são de grande importância também para o bom funcionamento e para a manutenção dos ambientes aquáticos, auxiliando na manutenção das condições para vida na água. Essas plantas contribuem para transformações químicas, físicas e biológicas, bem como no processo de remoção de elementos tóxicos ou de nutrientes que se encontram em excesso na água (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2003).

Este artigo de revisão tem como objetivo reunir informações sobre plantas aquáticas que podem ser cultivadas em sistemas aquapônicos para servir como alimento para peixes e para auxiliar nos processos de filtragem (mecânica, química e biológica) da água em recirculação.

## **METODOLOGIA**

Este trabalho é uma revisão bibliográfica com o objetivo de responder perguntas que estão presentes de forma implícita neste artigo, entretanto, essas perguntas estão correlacionadas à uma pergunta central: quais são as utilidades de se cultivar plantas aquáticas dentro de um sistema aquapônico?

A coleta de dados foi realizada no período de 1º de maio a 1º de julho de 2021. A pesquisa foi realizada no google acadêmico, na Base de Dados da Pesquisa Agropecuária da EMBRAPA (Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária) e em bases de dados de universidades federais.

Neste trabalho foram citadas 31 referências das quais mais de 30 % são artigos científicos publicados em revistas especializadas, além de dissertações de mestrado e outros textos científicos. As referências mais recentes foram de 2020 e 2017 e a mais antiga foi de 1986.

Esta breve revisão bibliográfica traz uma descrição morfológica das quatro plantas aquáticas flutuantes mais utilizadas na aquaponia e indica quais destas plantas possuem aptidão para: (1) alimentação de peixes; (2) auxiliar na filtragem mecânica da água; (3) auxiliar na filtragem química da água e (4) proporcionar filtragem biológica da água.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1. Descrição morfológica das principais macrófitas aquáticas

#### 1.1 Murerê rendado ou Samambaia (*Azolla spp.*)

O gênero *Azolla* (Figura 1) inclui macrófitas aquáticas flutuantes que possuem entre 1 e 2,5 centímetros de comprimento, com uma arquitetura tipo losango, possuindo diversas raízes simples e filamentosas. Essas plantas possuem ramificações alternas pseudo-dicotômicas, frondes pequenas, profundamente bilobadas, imbricadas que cobrem totalmente as ramificações. Sua coloração pode ser verde ou vermelha-esverdeada e a porção central mais espessa dessas plantas contém aerênquima (TRINDADE, 2008).



**Figura 1.** *Azolla caroliniana* (Foto: Danilo Cerqueira, 2021)

A propagação dessa macrófita é feita pela fragmentação do talo, podendo crescer tanto flutuando quanto em margens de cursos de água, como rios, lagos e lagoas, possuindo preferência por águas mais calmas. Por ser uma planta nativa da América do Sul, está distribuída por todo o continente americano, desde o Alaska até a Patagônia. Apesar de ser nativa da

América, atualmente essa macrófita possui distribuição quase cosmopolita (CORDAZZO & SEELIGER, 1995).

*Azolla caroliniana*, assim como as outras espécies de *Azolla*, vive em simbiose com uma cianobactéria que a auxilia na fixação de nitrogênio, sendo esta chamada de *Anabaena azollae*, além de diversas outras bactérias que vivem nas cavidades de suas folhas. Durante o ciclo de vida da macrófita, essas bactérias auxiliaadoras são transferidas das plantas mães para as novas plantas que venham a surgir (CARRAPIÇO, 2006).

## 1.2 Alface d'água (*Pistia stratiotes*)

É uma macrófita flutuante, ou seja, não é dependente de solo para sobreviver, podendo ser conhecida em outras regiões como erva-de-santa-luzia, golfo, no entanto o nome mais popular é alface d'água (Figura 2). Tem a sua origem na América do Sul, entretanto foi rapidamente disseminada por conta do seu uso para ornamentação de lagos. Apesar de ser bastante utilizada na ornamentação, essa macrófita tem ganhado cada vez mais destaque no tratamento de efluentes, sendo uma alternativa bastante interessante para ser usada na composição de filtros mecânicos (THOMAZ et al., 1999).



**Figura 2.** Alface d'água - *Pistia stratiotes* (Fonte: GANNON, 2013)



Segundo Sculthorpe (1967), essa macrófita produz abundantes estolões e a sua disseminação é feita através de sementes, tais sementes são pequenas, porém liberadas em grandes quantidades, o que auxilia na sua dispersão por grandes extensões em corpos de água, ou em ambientes controlados.

Durante muito tempo a alface d'água era vista como uma praga de lagos e rios, entretanto, nos últimos anos, foi se descobrindo um enorme potencial para ele, principalmente dentro da aquaponia devido o seu volumoso sistema radicular (THOMAZ et al., 1999).

### 1.3 Aguapé (*Eichhornia crassipes*)

É uma macrófita nativa da América do Sul, especificamente do Brasil, e tal espécie, apesar de ter sido, por muito tempo, considerada uma praga também, o seu enorme potencial para o tratamento de água contaminada, removendo poluentes e melhorando a qualidade da água, tornou essa planta muito utilizada em estações de tratamento de efluentes. Esta espécie também tem se demonstrado um ótimo adubo verde, pois conta com grandes quantidades de nitrogênio, fósforo, potássio, dentre outros macronutrientes e micronutrientes (MALAVOLTA et al., 1989).

O Aguapé (Figura 3) tem sido bastante utilizada no processo de fitorremediação por sua alta capacidade de extrair da água substâncias nitrogenadas e fosfatadas que poderiam prejudicar a qualidade da água, e conseqüentemente os organismos aquáticos (FAISAL & HASNAIN, 2003).



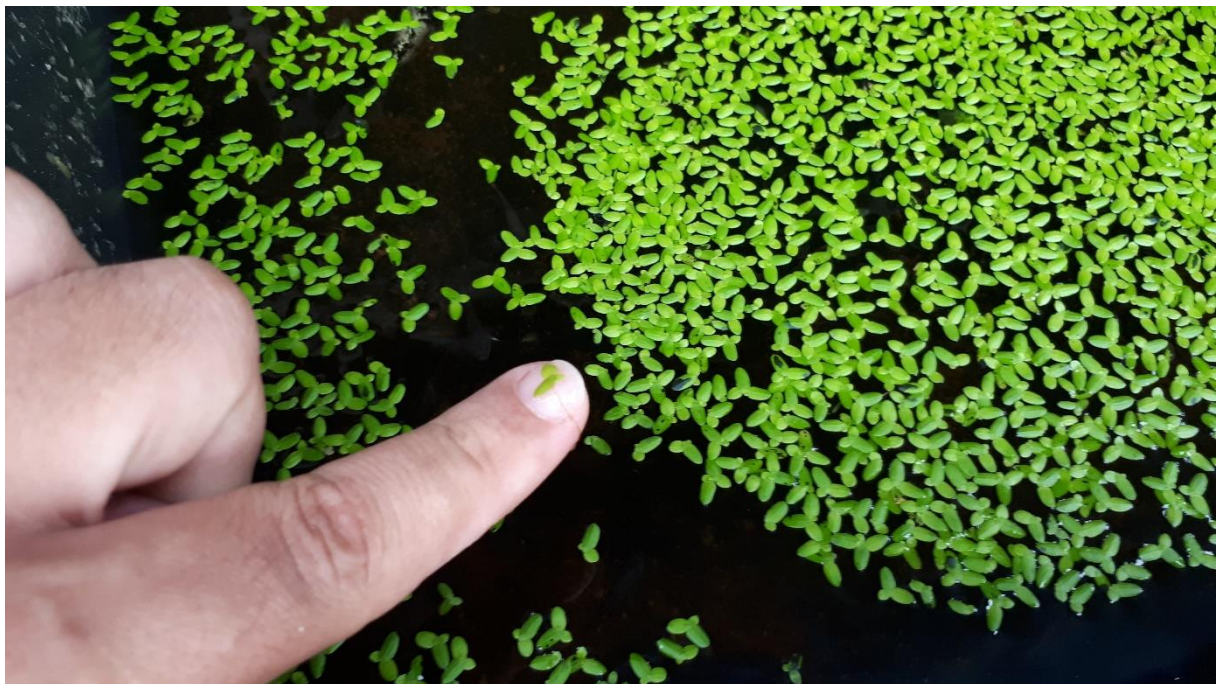
**Figura 3.** Aguapé - *Eichhornia crassipes* (Foto: Danilo Cerqueira, 2021)

#### 1.4 Lentilhas d'água (*Lemna spp.*)

São macrófitas flutuantes livres, que podem ser ou não submersas, podem não conter raízes e suas frondes são milimétricas. São macrófitas de difícil interpretação morfológica devido ao seu tamanho bastante reduzido. Dentre as maiores dificuldades na sua taxonomia está a não diferenciação entre o caule e a folha, estrutura denominada fronde (POTT 1993).

A sua disseminação ocorre através de brotamentos oriundos de frondes frontais ou basais. São plantas monóicas, de pouca inflorescência, sendo constituídas apenas de um ou dois estames e um único pistilo (LANDOLT 1996).

Devido ao seu alto teor de proteína, as lentilhas d'água (Figura 4) têm sido bastante utilizadas na alimentação de animais, inclusive peixes. Elas são mais palatáveis para alevinos de peixes onívoros e auxiliam na composição de sua dieta (LANDOLT 1986).



**Figura 4.** Lentilha d'água - *Lemna sp.* (Foto: Danilo Cerqueira, 2021)

## 2. Utilização de macrófitas para a alimentação de peixes em aquaponia

### 2.1 Caracterização das lentilhas d'água (*Lemna spp.*) como alimento para peixes

O teor de proteína bruta das *Lemna spp.* (subfamília Lemnoideae) quando cultivadas em ambientes ricos em nutrientes fica na faixa de 35 a 45% (JOURNEY; SKILLICORN & SPIRA, 1993), enquanto para plantas do gênero *Azolla spp.* foram encontrados teores menores de proteína bruta, entre 19 e 30% (HASAN et al., 2009).

A planta aquática *Lemna minor* apresenta valores de matéria orgânica um pouco baixos quando comparado aos vegetais comumente utilizados na alimentação animal, entretanto esse



fato não impossibilita o seu uso. Enquanto das plantas usadas tradicionalmente (milho, soja, trigo) se aproveita somente a semente para a fabricação de ração, quando se utiliza lentilhas d'água pode-se processá-las de forma integral, tornando o seu uso viável e até recomendado (GRAEFF et al., 2007).

De acordo com Vieira (2020), considerando a criação de tilápia, a complementação da ração com *Lemna* pode ocorrer em até 30% do total indicado de ração comercial para alevinos e em até 20% para peixes adultos, sem que haja perdas ou qualquer impacto negativo no peso e no crescimento. Neste caso a utilização das plantas pode ser in natura. Também não houve nenhuma consequência negativa na qualidade da água.

Na pesquisa de Mohedano (2004) não foi constatado qualquer diferença significativa no peso médio de alevinos de tilápia que foram alimentados com ração contendo 100% de substituição de farinha de peixe por farinha de *Lemna* spp. Com isso se obteve uma redução de custos de 30% nos gastos com alimentação dos alevinos.

Bejarano (1998) já tinha confirmado que a biomassa das Lemnaceae se constitui em ótima matéria-prima, oferecendo subsídios para incrementar as dietas para diversos animais. Na aquicultura essas macrófitas aquáticas também podem ser aproveitadas como fertilizantes da água, proporcionando o aumento de plânctons, microorganismos que participam da cadeia alimentar dos peixes (ESTEVES, 1998).

A possibilidade mais indicada do uso da *Lemna minor* é como complemento alimentar e não como fonte única de nutrientes para os peixes. Quando o principal uso das plantas aquáticas não for a alimentação dos animais, o excedente da produção pode ser utilizado como alimento, fazendo assim que os gastos com ração sejam diminuídos proporcionalmente com o tamanho do excedente. Pelo fato de diversos autores fazerem referência à utilização de macrófitas aquáticas como alimento alternativo para peixes já estão sendo realizados estudos das características químicas da *L. minor* e sua inclusão como farinha em uma ração para peixes, substituindo a soja (GRAEFF et al., 2007).

## **2.2 Caracterização da Samambaia (*Azolla* spp.) como alimento para peixes**

A Samambaia d'água é uma planta palatável para os peixes, em especial, para as tilápias. Encontram-se os seguintes teores nutricionais nesta macrófita: de 19 a 30% de proteína bruta, de 14 a 20% de matéria mineral, de 3 a 6% de gordura e mais de 50% de carboidratos fibrosos (HASAN et al., 2009).

Essa macrófita pode substituir parte da ração de algumas espécies de peixes sem perdas na produção. De acordo com o trabalho de Datta (2011) a farinha de *Azolla* seca pode ser

incorporada na ração de *Labeo rohita* em uma quantidade de até 25% sem qualquer prejuízo no crescimento e desenvolvimento do peixe.

Por outro lado, seu uso exagerado pode vir a ser prejudicial aos peixes, existem estudos que afirmam que houve perda de peso. Para exemplares de *Labeo rohita* a dieta com inclusão de 20% de *Azolla* proporcionou maior ganho em peso, taxa de crescimento específico e conversão alimentar quando comparado com a dieta de 40% de inclusão da macrófita (KUMARI et al., 2017).

### **3. Utilização de macrófitas como componentes funcionais na filtragem da água**

O uso de plantas aquáticas para a filtragem e melhoria físico-química da água em sistemas de recirculação tem sido muito orientado porque é uma alternativa viável e mais barata (HENRY-SILVA, 2001). O tratamento com macrófitas visa diminuir a quantidade dos efluentes advindos dos sistemas de criação de peixes, por exemplo da aquaponia ou da aquicultura, que seriam lançados em corpos de água. (PEREIRA, 2004, HENRY-SILVA, 2001).

O cultivo de plantas aquáticas para a filtragem de água além de mais barato em relação aos métodos convencionais, traz outros incrementos ao processo, a biomassa dessas macrófitas pode ser utilizada para outros fins, como por exemplo: fertilizantes, alimento para animais (como visto anteriormente) e até geração de energia (DINARDI et al., 2003).

#### **3.1 Filtragem mecânica da água na aquaponia**

Os filtros mecânicos na aquaponia são aqueles que retiram da água, partículas de maior tamanho, por meio de decantação e sedimentação. Também podem retirar as partículas menores que ficam em suspensão na água, por meio de telas ou outro material poroso como perlon (BOTELHO FILHO & OLIVEIRA, 1989).

Algumas espécies de plantas aquáticas, como por exemplo o aguapé, tem sido muito utilizado como componente nos filtros mecânicos. Através do seu sistema radicular, essa planta absorve as partículas sólidas de maior tamanho que estão presentes na água. Além disso sua rizosfera cria um ambiente rico para fungos e bactérias benéficos que reduzem a quantidade de coliformes e a turbidez da água. (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2003).

Entretanto, o uso do aguapé na aquaponia deve ser bem controlado, pois sem manejo adequado pode acarretar a morte dos peixes. Devido sua rápida proliferação, essa planta pode chegar a ocupar uma grande porcentagem do espelho d'água, criando um tapete verde que impede a luz solar de penetrar na água, gerando a morte dos peixes devido a baixos níveis de



oxigenação por parte dos fitoplanctons, microorganismos aquáticos que precisam de luz para realizar fotossíntese e daí liberar oxigênio na água (SIRTOLI, 2001).

A alface d'água é uma segunda alternativa bastante interessante para a filtragem mecânica em sistemas de recirculação de água, pois assim como o aguapé, possui um maior investimento de biomassa nas raízes, proporcionando uma maior absorção de partículas sólidas, além disso possui rápido crescimento e multiplicação quando inserido num sistema aquático. A utilização desta macrófita no tratamento de efluente trouxe ótima diminuição da turbidez da água e reduziu de 96,6% a 100% os coliformes. (ZIMMELS, KIRZHNER, MALKOVSKAJA, 2006).

### **3.2. Filtragem química da água na aquaponia**

Algumas plantas aquáticas podem ser utilizadas como filtros químicos, e assim auxiliar o produtor no manejo da qualidade da água no seu sistema aquapônico. Um dos exemplos é o aguapé que ajuda a controlar o pH da água, apesar de no início da implementação no sistema, esta planta elevar o pH ligeiramente, após oito dias, esse pH vai reduzindo até que volta à neutralidade. O aguapé tem um mecanismo biológico de defesa que permite que a planta altere o valor do pH da água para atender melhor as suas condições de sobrevivência (NETO et al., 2012).

Muitos estudos recentes, têm confirmado que as plantas aquáticas podem fazer a fitorremediação de ambientes aquáticos contaminados com metais pesados, por exemplo Mishra & Tripathi (2008) comprovaram este fato com o cultivo de macrófitas em ambientes contaminados por metais pesados e Módenes et al. (2013) e Verma et al. (2008) também confirmaram a fitorremediação por utilizarem a biomassa de macrófitas como biossorventes desses elementos.

Dentro de um sistema aquapônico ocorre naturalmente o acúmulo de substâncias nitrogenadas e fosfatadas por causa da utilização da ração para alimentação dos peixes. Se não houver a retirada do excesso dessas substâncias a água se tornará tóxica. Neste contexto as plantas aquáticas também servem como filtros químicos. A absorção do nitrito pelas macrófitas não é de 100%, entretanto algumas plantas apresentam bons resultados na absorção dessa substância, como por exemplo o aguapé que obteve um resulta de mais de 75% de absorção nas pesquisas de Esteves (1998). O alto custo para que se faça a eliminação, através de processos químicos, de fosfato, faz com que as plantas aquáticas surjam como uma opção barata e ecologicamente correta para esta finalidade também (ESTEVES, 1998).

### 3.3 Filtragem biológica da água na aquaponia

O filtro biológico é considerado de grande importância para a saúde, e consequentemente, para o bom funcionamento do sistema aquapônico, pois é nele que as bactérias nitrificantes transformam a amônia, que é produzida pelos peixes, em nitrato que é absorvido pelas plantas posteriormente, sendo esse filtro, a última etapa que a água percorre antes de chegar na área onde as plantas são produzidas (SILVA, 2016).

O acúmulo de amônia e consequentemente seu excesso é extremamente prejudicial para qualquer sistema de recirculação de água, dentre eles a aquaponia, pois tal acúmulo resulta na diminuição da produção, no aumento de estresse dos peixes, o que acarretará o aumento de doenças, que provocará grandes perdas na produção devido à alta mortalidade. (FRANCIS et al., 2015).

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

As plantas aquáticas podem ser utilizadas em sistemas aquapônicos para enriquecer a biodiversidade destes agroecossistemas. Essas macrófitas servem como alimento para alevinos e peixes adultos (principalmente onívoros como a tilápia), além disso, podem filtrar e condicionar a água em recirculação.

Quanto à alimentação dos peixes na aquaponia, os dois gêneros de planta apontados como mais palatáveis aos peixes foram *Azolla* e *Lemna*. Muitas referências indicaram a substituição total da ração por essas plantas para a alimentação de alevinos. No entanto, no caso de peixes adultos foi indicada a substituição parcial da ração, variando entre 20 e 30 %.

E finalmente, quanto à filtragem da água no sistema aquapônico, todas as quatro macrófitas aquáticas estudadas (*Azolla* spp., *Lemna* spp., *Pistia stratiotes* e *Eichhornia crassipes*) são descritas como tendo função fito remediadora, elas podem retirar da água as substâncias nitrogenadas e fosfatadas que chegam por meio dos gestos de ração e das fezes dos peixes. Tanto o aguapé como a alface d'água possuem densos sistemas radiculares que podem filtrar partículas sólidas em suspensão na água e podem fornecer loco para o desenvolvimento de fungos e bactérias benéficos para a aquaponia. Além disso o aguapé apresenta um mecanismo fisiológico capaz de neutralizar o pH da água, isso é muito importante pois este pH 7,0 é ideal para plantas, bactérias nitrificantes e peixes.

### REFERÊNCIAS

BEJARANO, J. R. C. 1998. *Lenteja de água para el tratamiento de aguas residuárias. Factores que afetam su crecimiento*. Facultad de Ingeniería. Universidade del Valle, Cali-Colômbia, 28 p.

BOTELHO FILHO, G. F.; OLIVEIRA, N. A. *A vida no aquário*. 10<sup>o</sup> ed. Ampliada, São Paulo: Editora NOBEL, 1989, 241p.

CARRAPIÇO, F. 2006. "Is the *Azolla-Anabaena* symbiosis a co-evolution case?". Proceedings of the International Conference "General Botany: Traditions and Perspectives", Department of Botany of the Kazan University. 23-27.

CORDAZZO, C. V. et al. *Guia ilustrado da vegetação costeira no extremo sul do Brasil*. Editora da FURG, 1995.

DATTA, S. N. Culture of *Azolla* and its efficacy in diet of *Labeo rohita*. *Aquaculture*, v. 310, n. 3-4, p. 376-379, 2011.

DINARDI, A. L. et al. Fitorremediação. In: *FÓRUM DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS*, 3., 2003, Rio Claro. Anais [...] [S. l.: s. n.], 2003. p. 1-17.

ESTEVES, F. A. *Fundamentos de limnologia* 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1998. 602 p.

FAISAL, M.; HASNAIN, S. Synergistic removal of Cr (VI) by *Eichhornia crassipes* in conjunction with bacterial strains. *Pakistan J. Biol. Sci.*, v. 6, n. 3, p. 264-268, 2003.

GRAEFF, Á. et al. Avaliação do potencial nutritivo da Macrófita aquática *Lemna minor*, por meio da análise da composição química e por sua utilização em ração para carpa comum (*Cyprinus carpio* L.) na fase de recria. *Evidência*, v. 7, n. 1, p. 37-50, 2007.

HASAN, M. R. et al. *Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture: a review*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2009.

HENRY-SILVA, G. G. 2001. Utilização de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) no tratamento de efluentes de piscicultura e possibilidades de aproveitamento da biomassa vegetal. Dissertação de Mestrado. UNESP, Jaboticabal, Brasil, 79 p.

KUMARI, Ramesh et al. Effect of *Azolla* supplementation on growth of rohu (*Labeo rohita*) fingerlings. *J. Entomol. Zool. Stud*, v. 5, p. 1116-1119, 2017.

LANDOLT, E. 1996. Lemnaceae. Hunziker, A.T. (ed.). *Flora Fanerogâmica Argentina*. Proflora 21: 1-8.

LANDOLT, E. 1986. Biosystematic investigations in the family of duckweeds (Lemnaceae) - the family of Lemnaceae - a monographic study. Vol. 1. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes 71: 1-566.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: POTAFÓS, 1989, 201p.

MISHRA, V. K.; TRIPATHI, B. D. Concurrent removal and accumulation of heavy metals by the three aquatic macrophytes. *Bioresource technology*, v. 99, n. 15, p. 7091-7097, 2008.



MÓDENES, A. N. et al. Remoção dos metais pesados Cd(II), Cu(II) e Zn(II) pelo processo de biossorção utilizando a macrófita *Eichhornia crassipes*. *Revista Escola de Minas*, v.66, p. 355–362, 2013.

MOHEDANO, R. A. 2004. Tratamento de efluente e produção de alimento, em cultivos de tilápias (*Oreochromis niloticus*), através da macrófita aquática *Lemna valdiviana* (Lemnaceae). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina. 44p.

NETO, A. P. V. et al. Sugestão de tratamentos fitorremediativos utilizando aguapé e moringa oleífera para os parâmetros pH e DQO. *Revista Processos Químicos*, v. 6, n. 12, p. 69-73, 2012.

PEREIRA, A. M. M. 2004. *Influência da velocidade de corrente no tratamento de efluentes de carcinicultura com a macrófita aquática Pistia stratiotes*. Dissertação de Mestrado. UNESP, Jaboticabal, Brasil, 42 p.

POTT, V.J. 1993. *A família Lemnaceae Gray no Pantanal (Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), Brasil*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Paraná. 200p.

SCULTHORPE, C. D. 1967. *The biology of aquatic vascular plants*. Edward Arnold, London, England. 610 p

SILVA, C. E. V. D. Montagem e operação de um sistema de aquaponia: um estudo de agricultura urbana para produção de jundiá (*Rhamdia quelen*) tilápia (*Oreochromis niloticus*) e alface (*Lactuca sativa*). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 51. 2016.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; BARROS, A. F.; BRAGA, F. M. S. Effects of floating macrophyte cover on the water quality in fishpond. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 25, n. 1, p. 101-106, 2003.

SIRTOLI, A. R. dos A. et al. Restauração da Qualidade da Água Contaminada Usando a Fitorremediação Com Plantas Aquáticas. Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná, 2001

SKILLICORN, P.; SPIRA, W.; JOURNEY, W. *Duckweed aquaculture, a new aquatic farming system for developing countries*. Washington: The World Bank, 1993. 74 p.

THOMAZ, S.M.; BINI, L.M.; SOUZA, M.C.; KITA, K.K. & CAMARGO, A.F.M. Aquatic macrophytes of Itaipu Reservoir, Brazil: survey of species and ecological considerations. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 42, p. 15-22, 1999.

TRINDADE, C. R. Macrófitas aquáticas de diferentes corpos d'água rasos subtropicais. (Rio Grande–RS–Brasil). In: *Anais do Seminário de Estudos Limnológicos em Clima Subtropical* (CD). pp 9. 2008

VERMA, V. K. et al. Ion exchange during heavy metal bio-sorption from aqueous solution by dried biomass of macrophytes. *Bioresource Technology*, v.99, n.6, p. 1932–1938, 2008.

VIEIRA, H. G. L. et al. Uso da *Landoltia punctata* e *Azolla foliculoides* na alimentação de tilápia e seu efeito na qualidade da água em aquaponia. *Revista Cultivando o Saber*, v. 13, n. 4, p. 103-116, 2020.

ZIMMELS, Y.; KIRZHNER, F.; MALKOVSKAJA, A. Application of *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes* for treatment of urban sewage in Israel. *Journal of environmental management*, v. 81, n. 4, p. 420-428, 2006.