



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ.
DEPARTAMENTO INFORMAÇÃO, AMBIENTE SAÚDE E PRODUÇÃO
ALIMENTÍCIA.
CURSO DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

FERNANDA INGRID DA SILVA PIRES

**USO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTE
INDUSTRIAL**

**TERESINA
2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Pires, Fernanda Ingrid da Silva

P667u Uso de macrófitas aquáticas no tratamento de efluente industrial / Fernanda Ingrid da Silva Pires. - 2020.
47 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) - Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina Central, 2020.

Orientadora : Profa Dra. Bruna de Freitas Iwata.

1. Plantas aquáticas. 2. tratamento biológico. 3. fitodepuração.
I. Título.

CDD - 577

**Elaborado por Tanize Maria Sales CRB
3/1024**

TERMO DE APROVAÇÃO

FERNANDA INGRID DA SILVA PIRES

USO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, como parte do requisito para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental. Área de concentração: Tratamento de efluentes.

Aprovado em: 16/01/2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. (Doutora). Bruna de Freitas Iwata (Orientadora)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
- *Campus Teresina Central*

Prof. Me. Lizandro Pereira de Abreu
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí -
Campus Corrente

Prof^a. Doutora. Flor de Maria Mendes Camara
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí -
Campus Teresina Central

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao nosso querido bom Deus que foi o meu melhor amigo durante esta jornada, sempre me mantendo firme e perseverante para enfrentar todos os obstáculos que surgiram. Agradeço a toda a minha família, minhas queridas avós Bernadete Maria e Maria Honorata, minha estimada e amada tia/mãe Cláudia Mendes, que sempre priorizou minha educação, minha mãe Cassandra In memoriam, meu pai Ferdinand Mendes e a minha irmã que sempre me ajudou. Sem essas pessoas, meu sonho não seria possível. E por fim e não menos importante agradecimento também a minha orientadora Bruna Iwata pela paciência e dedicação durante todo esse projeto.

EPÍGRAFE

*Nada é definitivo.
Tudo muda tudo se move,
tudo gira, tudo voa e desaparece*

Frida Kahlo

RESUMO

Contribuindo com o desenvolvimento sustentável dentro da proposta de utilizar sistemas naturais de tratamentos de baixo custo, a fim de promover uma alternativa biológica e limpa, conhecer os parâmetros físico-químicos que podem influenciar o desenvolvimento de macrófitas aquáticas flutuantes. Com isso, tendo como hipótese que algumas espécies de macrófitas aquáticas removem elementos químicos, o objetivo do presente trabalho foi embasado no potencial de duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes *Pistia stratiotes* e *Lemna Gibba* em remover os elementos químicos de efluente industrial têxtil, assim como também verificar o desenvolvimento dessas espécies sob o efluente que foram submetidas. O trabalho de pesquisa foi instalado no Instituto Federal do Piauí- Campus Teresina Central. Foram realizadas 3 repetições para cada uma das espécies em mais 3 para o elemento controle, totalizando 9 repetições. No vegetal, foram realizadas as avaliações de adaptação das plantas com relação ao efluente e quantidade das mesmas em um determinado período de detenção. No efluente foram realizadas caracterização físico química comparando as duas espécies de macrofitas assim como a repetição controle.

Palavras- chave: Plantas aquáticas, tratamento biológico, fitodepuração.

ABSTRACT

Contributing to the sustainable development within the proposal to use low cost natural treatment systems, in order to promote a biological and clean alternative, to know the physicochemical parameters that can influence the development of floating aquatic macrophytes. Since some species of aquatic macrophytes remove chemical elements, the objective of the present work was based on the potential of two floating aquatic macrophyte species *Pistia stratiotes* and *Lemna Gibba* to remove chemical elements from textile industrial effluent, as well as to verify the development of these species under the effluent they underwent. The research work was installed at the Federal Institute of Piauí-Campus Teresina Central. Three repetitions were performed for each species and three more for the control element, totaling nine repetitions. In the plant, the adaptation evaluations of the plants in relation to the effluent and their quantity were carried out in a determined period of detention. In the effluent, a physical chemical characterization was performed comparing the two macrophyte species as well as the control repetition.

Keywords: Aquatic plants, biological treatment, phyto-purification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Imagem ilustrativa do tipo wetland natural. Fonte: SeAAmb, 2016.....	18
Figura 2- Imagem ilustrativa do tipo wetland contruída. Fonte: Construapp, 2016.	19
Figura 3-Sistema de escoamento superficial. Fonte: SALATI,2009.	20
Figura 4-Sistema de escoamento superficial. Fonte: ADAPTADO de https://brasil.rotaria.net/produtos/wetland , 2013.	21
Figura 5- Formas biológicas das macrófitas aquáticas. Fonte: UFSCAR	22
Figura 6- Imagem da macrófita Pistia stratiotes. Fonte: MATTOSO FERNANDO,2014.	23
Figura 7- Imagem da macrófita Lemna gibba. Fonte: https://jb.utad.pt/especie/Lemna_gibba	24
Figura 8- Local de Instalação do experimento. Fonte: Google maps,2019.	31
Figura 9- Experimento montado contendo apenas o efluente coletado. Fonte: Autor,2019.	32
Figura 10- Repetição controle. Fonte: Autor,2019.	32
Figura 11- Repetição Pistia stratiotes. Fonte: Autor 2019.	33
Figura 12- Repetição Lemna gibba. Fonte: Autor,2019.	33
Figura 13- Sistema montado com todas as repetições. Fonte: Autor,2019.....	33
Figura 14- Sistema após uma semana de implantação. Fonte: Autor,2019.....	34
Figura 15- Sistema após 15 dias de implantação. Fonte: Autor,2019.	35
Figura 16 A- Repetição Pistia stratiotes no início da implantação. Fonte: Autor:2019. 36	
Figura 17 A- Repetição Pistia stratiotes no fim implantação. Fonte: Autor:2019.....	36
Figura 18 A- Lemna gibba no início da implantação. Fonte: Autor,2019.	36
Figura 19 A- Lemna gibba no final da implantação. Fonte: Autor,2019.	36
Figura 20-Sistema montado com todas as repetições. Fonte: Autor,2019	42
Figura 21- Coleta das amostras. Fonte: Autor,2019.....	43
Figura 22- Coleta das amostras. Fonte: Autor,2019.....	43
Figura 23- Repetição Controle com NACIO. Fonte: Autor,2019.	44
Figura 24- Repetição controle com NACIO e repetições com as macrófitas sem interferentes. Fonte: Autor,2019.	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Contagem de macrófitas por estimativa.....34

Tabela 2. Nível de decaimento de metais sob manejo de macrófitas em efluente industrial.....45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EMBRAPA	Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
NaClO	Hipoclorito de Sódio
NBR	Norma Técnica
SEEAmb	Semana de Estudos de Engenharia Ambienta

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	12
2. OBJETIVOS	13
2.1. OBJETIVO GERAL	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3. JUSTIFICATIVA	14
4. REVISÃO DA LITERATURA	15
4.1. EFLUENTES INDUSTRIAIS	15
4.2. EFLUENTE INDUSTRIAL DE FABRICAÇÃO TÊXTIL	15
4.3. WETLANDS NATURAIS E WETLANDS CONSTRUÍDAS	17
4.4. MACRÓFITAS AQUÁTICAS	20
4.4.1. MACRÓFITAS E TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	21
4.4.2. ALFACE D`ÁGUA (PISTIA STRATIOTES).....	22
4.4.3. LENTILHA D`ÁGUA (LEMNA GIBBA).....	22
4.4.4. REMOÇÃO DE METAIS PRESENTES EM EFLUENTES (FITORREMEDIAÇÃO)	23
4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25
5. CAPÍTULO I – COMPORTAMENTO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS DA ESPÉCIE LEMNA GIBBA E PISTIA STRATIOTES SOB EFLUENTE INDUSTRIAL TÊXTIL	28
5.1. RESUMO	28
5.2. ABSTRACT	28
5.3. INTRODUÇÃO.....	29
5.4. MATERIAL E MÉTODOS	30
5.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
5.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
6. CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE EFLUENTE TÊXTIL COM MÉTODO DE BIORREMEDIAÇÃO POR MACRÓFITAS AQUÁTICAS	38
6.1. RESUMO	38
6.2. ABSTRACT	38
6.3. INTRODUÇÃO.....	39
6.4. MATERIAL E MÉTODOS	40
6.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43

6.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
6.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

USO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL

1. INTRODUÇÃO GERAL

A demanda por recursos hídricos no mundo tem aumentado em razão de alguns fatores, como o aumento populacional, a movimentação fabril e o uso da irrigação na agricultura. As indústrias além de apoderarem o segundo lugar no consumo de água com 22%, também possuem uma grande incumbência na poluição desse recurso (BARROS & AMIN, 2008).

O lançamento de efluentes sem tratamento em ambientes aquáticos pode resultar numa acumulação crônica de nutrientes, principalmente de fósforo e nitrogênio, levando ao processo de eutrofização artificial (Zhang et al., 2006), que provoca mudanças nas condições físicas e químicas dos ambientes aquáticos, alterações quali e quantitativas em comunidades aquáticas e no incremento do nível de produção do ambiente aquático (Tundisi & Tundisi, 2008).

Tratar um efluente industrial requer muitos desafios que vão desde projetar um sistema de tratamento eficiente até a sua destinação final obedecendo os parâmetros preconizados nas atuais resoluções do Conama.

Um empreendimento industrial deve tratar todo o efluente gerado proveniente do seu processo fabril, para que o corpo receptor não sofra com qualquer tipo de degradação. Existem vários tipos de tratamentos convencionais (estações de tratamento de efluentes) em grande escala ou compactas e tratamentos alternativos que geralmente são tipos de tratamentos sustentáveis (uso de plantas ou raízes) que também podem ser eficientes.

Dos tratamentos alternativos, o que mais comum é do método utilizando macrófitas aquáticas que também é conhecido como “wetland” auxiliando e atuando de forma ativa no processo de tratamento de efluente tanto industrial como doméstico, já que as macrófitas podem contribuir para a remoção de nutrientes e de metais através de suas raízes. Dentro desse contexto, o presente estudo objetivou avaliar a eficiência do uso de macrófitas aquáticas no tratamento de efluente industrial, proveniente de uma indústria têxtil em Teresina, Piauí.

2.OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a eficiência do uso de macrófitas aquáticas no tratamento de efluente industrial têxtil.

2.2 Específicos

- Analisar o efluente sob a presença das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Lemna gibba*;
- Verificar o comportamento das diferentes espécies de macrófitas sob a concentração de efluente;
- Averiguar a eficiência do tratamento do efluente quanto a remoção de metais com auxílio das macrófitas;
- Identificar a espécie de macrófitas com melhor resultado quanto ao tratamento do efluente utilizado.

3. JUSTIFICATIVA

O efluente gerado proveniente do meio antrópico tem apresentado grandes impactos ambientais nos últimos anos, tais impactos afetam principalmente os recursos hídricos. A problemática se torna mais grave quando o efluente é oriundo de indústrias e são lançados no meio ambiente sem o tratamento adequado ou até mesmo sem nenhum tipo de tratamento.

É possível enxergar cada vez mais a necessidade de criar novos meios e métodos para que efluentes com característica de indústria sejam ao mesmo tempo tratados de forma eficaz, sustentável e de baixo custo.

Contudo, o presente trabalho irá buscar uma forma eficiente e sustentável de tratamento de efluente proveniente de uma indústria têxtil de Teresina-PI, com o auxílio de macrófitas aquáticas, tendo em vista que alguns estudos relatam que esse tipo de planta retém altas concentração de nutrientes podendo inclusive serem utilizadas na despoluição de lagos e rios desde que sua quantidade seja controlada para que não ocorra um processo de eutrofização.

4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1. Efluentes industriais

De acordo com a Norma Brasileira — NBR 9800/1987, efluente industrial é todo despejo líquido produzido no processo fabril de um determinado produto. Há alguns anos não existia a preocupação com a caracterização e um tratamento adequado para esse tipo de efluente, o que culminou em uma série de impactos ambientais principalmente nos recursos hídricos. Nos dias atuais existem legislações que obrigam as indústrias a caracterizarem e tratarem todo efluente produzido afim de que o mesmo seja despejado de forma ambientalmente correta.

A caracterização físico-química é definida por parâmetros sanitários que quantificam os sólidos, a matéria orgânica e alguns componentes orgânicos ou inorgânicos dos efluentes (GIORDANO, 2004). De acordo com o autor, os sólidos em suspensão são subdivididos em sólidos coloidais e sedimentáveis/flutuantes. Os sólidos coloidais ou sólidos suspensos são aqueles mantidos em suspensão devido ao pequeno diâmetro e pela ação da camada de solvatação que impede o crescimento dessas partículas, já os sólidos sedimentáveis e os flutuantes são aqueles que se separam da fase líquida por diferença de densidade.

O Conama regulamentou as condições e os padrões de lançamento para efluentes em geral, que obedecerão ao preconizado na Resolução Conama 430/2011. (BRASIL, 2011). Cumpre salientar que, em apenas dois dispositivos da Resolução 430/2011, há expressa referência a efluentes industriais (arts. 4.º, VII e 11), sendo que a Resolução 357/2005 não trata de efluentes industriais (ALVES, RODRÍGUEZ, BRASILEIRA).

4.2. Efluente industrial de fabricação têxtil

A indústria têxtil é uma das indústrias que mais consome produtos químicos, isso se dá devido ao seu longo processo e várias etapas de fabricação. Os processos industriais de produção têxtil utilizam grandes quantidades de água e geram diferentes resíduos com compostos tóxicos. Os elevados consumos de água durante as etapas de fabricação geram efluentes líquidos com uma alta diversidade e complexidade química, dentre os quais se destacam os corantes e outros compostos orgânicos e inorgânicos. A resistência desses

compostos frente aos tratamentos convencionais e os produtos originados da degradação incompleta resultam em novas moléculas com efeitos nocivos aos organismos vivos (GAYLARDE; BELLINASSO; MANFIO, 2005).

As etapas principais do processo de tingimento de tecido são: a montagem, a fixação e o tratamento final. “O processo de tingimento do tecido é um dos fatores fundamentais no sucesso comercial dos produtos têxteis” (GUARANTINI; ZANONI, 2000 apud OZERIDE).

Os corantes têxteis possuem suas moléculas compostas pelo grupo cromóforo, responsável pela cor, e o grupo funcional, que se liga às fibras do tecido (FEUP, 2010). Tais corantes estão divididos nas seguintes categorias:

- Corantes básicos: são solúveis em água e dividem-se em diversas classes químicas.
- Corantes ácidos: muitos deles são sais de ácido sulfúrico.
- Diretos: são solúveis em água e diferem dos corantes anteriormente apresentados por terem uma grande afinidade por fibras celulósicas. A maioria tem uma constituição à dos corantes ácidos, não existindo por isso uma delimitação clara em relação aos dois tipos.
- Mordentes: neste grupo incluem-se muitos corantes naturais e também sintéticos. Este corante liga-se à fibra têxtil através de um mordente, sendo que este pode ser orgânico ou inorgânico.
- Corantes de cuba: não são solúveis em água. Os corantes de cuba têm afinidade com a celulose, são absorvidos pela fibra e subsequentemente oxidados em presença de ar em um pigmento insolúvel no interior da fibra.
- Corantes ao enxofre: este corante contém enxofre na molécula. Este tipo de corantes é insolúvel em água, mas solúvel numa solução de sulfito de sódio ou hidrosulfito de sódio.
- Corantes reativos: São compostos que contém um ou mais grupos reativos capazes de formarem ligações covalentes com um átomo de oxigênio, nitrogênio ou enxofre, de substratos como fibras celulósicas, fibras proteicas e poliamidas.
- Corantes ozóicos: são corantes obtidos no interior das fibras, no momento da aplicação do tingimento.

- Corantes dispersos: são corantes não-iônicos. Estes são insolúveis em água.

Além disso, alguns estudos relatam que esses corantes podem chegar a produzir substâncias de efeito cancerígeno. Dessa forma, então é de suma importância tratar esses efluentes industriais de forma adequada.

O efluente proveniente da indústria têxtil é facilmente detectável, por apresentar coloração característica, podendo causar uma mudança na coloração de corpos hídricos, dificultando a penetração de raios solares, impedindo a oxigenação e, com isso, causar mortandade da fauna aquática devido ao processo de eutrofização (OZERIDE, PAULO 2013).

4.3. *Wetlands* naturais e *Wetlands* construídas

O termo *Wetlands* é empregado para designar áreas alagadas ou inundáveis. Estes ambientes nos quais se desenvolvem espécies vegetais adaptadas à saturação de água, apresentam-se com enorme diversidade biológica. Neles a água, os vegetais e o solo se interagem favorecendo a reciclagem de nutrientes obtida através de processos químicos, físicos e biológicos (FIDELIS RODRIGO, 2016).



Figura 1- Imagem ilustrativa do tipo wetland natural. Fonte: SeAAmb, 2016.

Os *wetlands* naturais são consideradas vitais na manutenção da biodiversidade do planeta, pois estão inseridas nos maiores ecossistemas naturais responsáveis pela reciclagem do nitrogênio, fósforo, carbono e até de metais (PIO; ANTONY e SANTANA, 2013).

Os wetlands construídos têm sido matéria de muitas discussões, as quais tem contribuído enormemente para o desenvolvimento de pesquisas e experimentos que tem levado a um maior conhecimento e a um ganho de experiências nessa linha de pesquisa de sistemas alagáveis para tratamento de efluentes (SALATI et al., 2009).

Esse tipo de sistema tem baixo custo de implantação, operação e manutenção em relação aos sistemas convencionais. O Brasil é um dos países que oferecem excelentes condições climáticas e ambientais para a implantação deste tipo de sistema, além de apresentar uma enorme carência de tratamento de águas residuárias, especialmente nos pequenos e médios municípios (VALENTIM, 2003).

A wetland construída se apresenta como uma alternativa para reduzir a concentração de nutrientes antes do lançamento dos efluentes. Altas concentrações de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, podem causar eutrofização acelerada nos corpos d'água (POÇAS CRISTIANE., 2015)



Figura 2- Imagem ilustrativa do tipo wetland construída. Fonte: Construapp, 2016.

Os *wetlands* construídas são divididas em dois grupos em função do tipo de escoamento, sendo: sistemas de escoamento superficial (também chamados de lâmina livre) e sistemas de escoamento sub-superficial (Sezerino et al., 2015), sendo este último dividido em função da direção do líquido, em horizontal e vertical.

Os *wetlands* construídos com escoamento superficial são geralmente classificados em função do tipo de plantas existentes no leito em: emergentes, submersas ou flutuantes. Nestes sistemas, a depuração do efluente ocorre pela absorção de nutrientes por meio das macrófitas, transporte de oxigênio para a rizosfera e pela ação de microrganismos associados (SALATI, 2000).

Philippi e Sezerino (2004) e Lohmann (2011) subdividem os sistemas de escoamento superficial de acordo com a predominância de macrófitas e/ou com o propósito de relacionar às finalidades de usos em:

- Sistema de escoamento superficial com macrófitas emergentes, no qual as macrófitas são fixas e as folhas, caule e flores ficam acima do nível da água;
- Sistema de escoamento superficial ou de lâmina livre com macrófitas flutuantes;
- Sistema de escoamento superficial com macrófitas flutuantes de raízes fixas no solo;
- Sistema de escoamento superficial com material flutuante, no qual novas espécies podem crescer sobre o emaranhado de matéria e;
- Sistema de escoamento superficial com macrófitas submersas, que está associado a macrófitas que permanecem suspensas na massa líquida e que podem ou não estar enraizadas no sedimento.

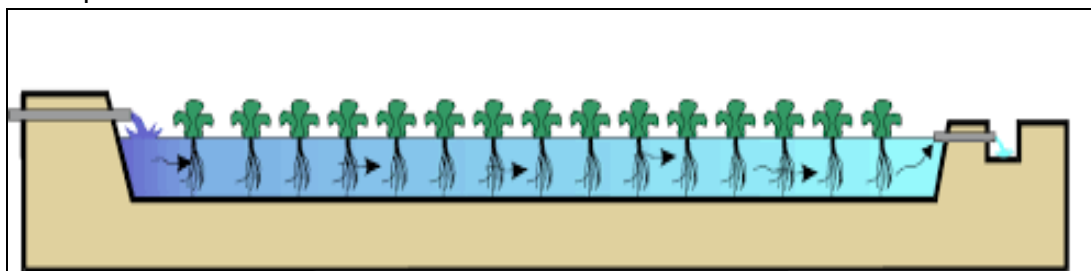
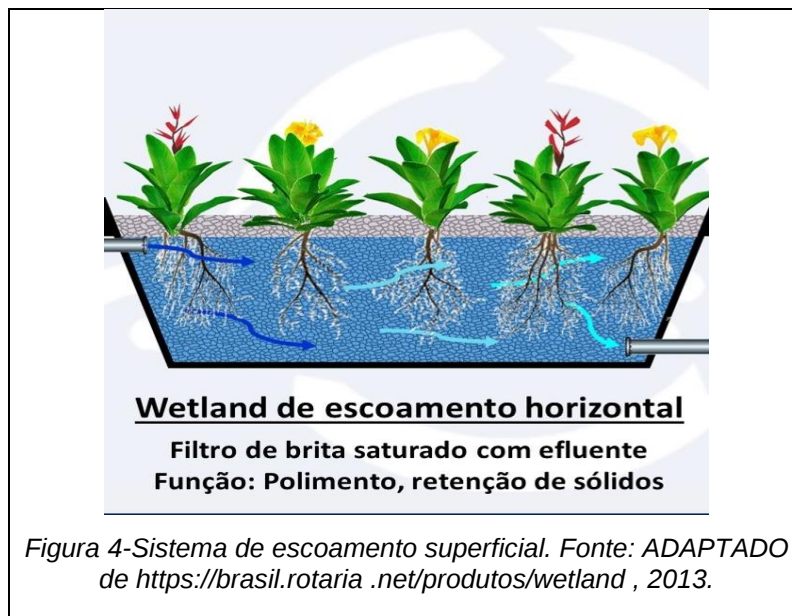


Figura 3-Sistema de escoamento superficial. Fonte: SALATI,2009.

Já o sistema de escoamento sub-superficial consiste em uma espécie de filtros plantados que irão fixar as plantas. Nos sistemas sub-superficial, o processo de depuração e transformação dos componentes físicos, químicos e biológicos dos efluentes ocorre por meio da combinação de elementos e mecanismos, e o princípio básico é a formação de biofilme aderido ao material filtrante e às raízes das plantas (PIO; ANTONY; SANTANA, 2013).

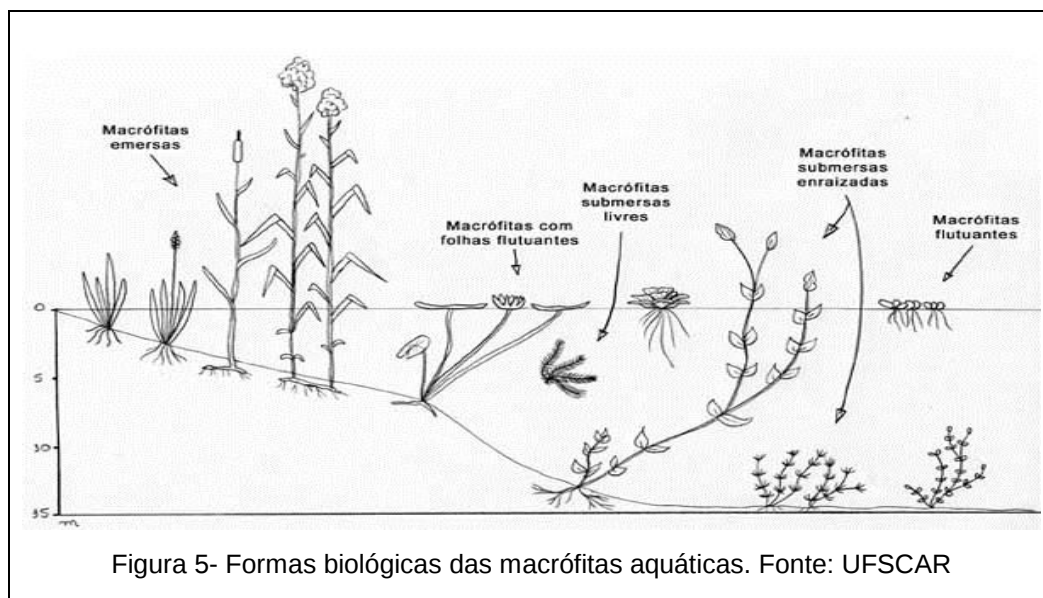
Nestes sistemas, a depuração da matéria orgânica, nitrificação e desnitrificação são realizadas por microrganismos aeróbios e anaeróbios, e o oxigênio exigido no sistema é suprido pelas macrófitas e pela troca gasosa de ar com a atmosfera (VYMAZAL e ŠVEHLA, 2013).



4.4 Macrófitas aquáticas

São várias as terminologias utilizadas para descrever os vegetais observados no ambiente aquático, tais como hidrófitas, helófitas, euhidrófitas, limnófitos, plantas aquáticas, macrófitas, macrófitos aquáticos, entre outros (ESTEVES, 1998; THOMAZ; ESTEVES, 2011).

De acordo com ESTEVES (2011), as macrófitas aquáticas podem ser classificadas em: macrófitas aquáticas emersas; macrófitas aquáticas com folhas flutuantes; macrófitas aquáticas submersas enraizadas; macrófitas aquáticas submersas livres; e macrófitas aquáticas flutuantes.



4.4.1. Macrófitas e tratamento de efluentes

Atualmente, existem diversas tecnologias para melhor remoção de nutrientes em sistemas de tratamento de esgoto, no entanto, as técnicas normalmente aplicadas podem representar altos custos de implantação, operação e manutenção. Diante dessas restrições, destaca-se a necessidade da procura por alternativas que resultem na maior remoção de nutrientes e que apresentem maior custo-benefício em sua concepção. Pode-se destacar a fitorremediação que utiliza macrófitas aquáticas para a redução das cargas de potenciais poluentes inorgânicos, metais pesados, substâncias tóxicas, além de microrganismos patogênicos (ALMEIDA e ALMEIDA, 2005).

Segundo Silvestre e Pedro de Jesus (2002), as macrófitas exercem papel fundamental, pois, proporcionam superfície para a ligação de filmes microbianos responsáveis por boa parte do tratamento, auxiliam na filtração e adsorção de constituintes das águas residuárias, transferem oxigênio para água por meio das raízes e rizomas, promovem o isolamento térmico, além de serem responsáveis pela ciclagem de nutrientes da água (POMPÊO e MOSCHINI-CARLOS, 2003).

Para Almeida (2007), a utilização de plantas aquáticas no tratamento de esgotos constitui-se em alternativa eficiente e de baixo custo aos sistemas convencionais.

4.4.2. Alface (*Pistia stratiotes*)

A espécie *Pistia stratiotes* (figura 6), popularmente conhecida como alface d'água, erva de santa Luzia, lentilha d'água, flor-d'água, golfo entre outras denominações que variam para cada região do Brasil, é uma planta aquática flutuante, pertencente à família Araceae, de porte herbáceo (CARDOSO et al., 2005). Esta espécie possui folhas sésseis, esponjosas, espatuladas, obtusas e densamente pubescentes, dispostas em rosetas, de coloração verde aveludada na face superior e verde pálida esbranquiçada na face inferior. (LORENZI, 1982; COELHO; DEBONI; LOPES, 2005)

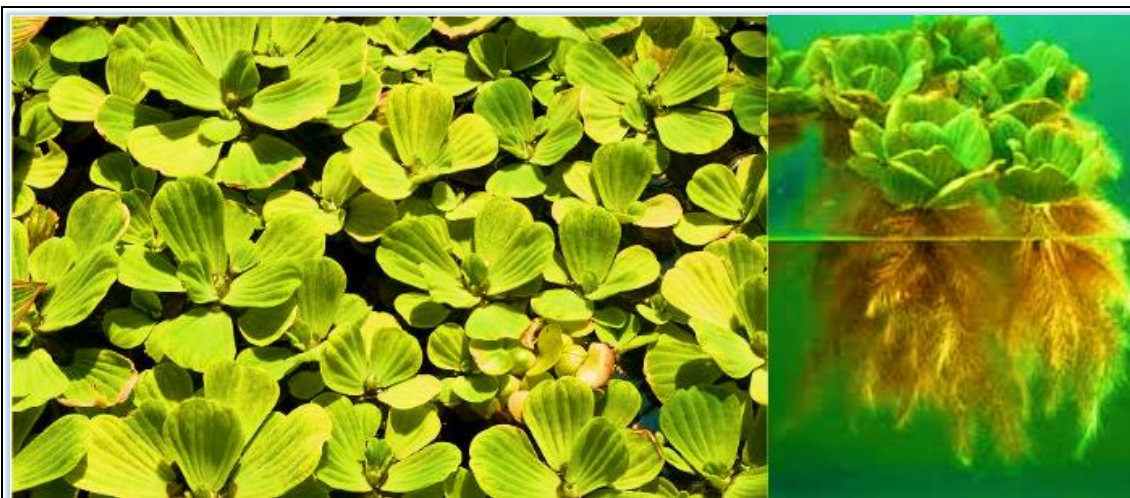


Figura 6- Imagem da macrófita *Pistia stratiotes*. Fonte: MATTOSO FERNANDO, 2014.

4.4.3 Lentilha d'água (*Lemna Gibba*)

As lemnáceas (figura 7), são pequenas hidrófitas dulçaquícolas flutuantes livres (Cheng et. al., 2002). Estas monocotiledôneas de reduzidas dimensões, são constituídas por uma ou várias superfícies lisas de coloração verde, semelhantes a folhas, designadas por frondes, podendo possuir uma ou mais raízes (Yilmaz e Akbulut, 2011).

As espécies de lentilhas possuem a capacidade de se adaptar em variadas zonas geográficas e climáticas, explorando condições ecológicas favoráveis de crescimento extremamente rápido. Sua ampla distribuição geográfica (desertos áridos à regiões polares) indica uma alta probabilidade de

diversidade genética. O habitat natural das lentilhas são estar flutuando livremente na superfície da água doce ou salobra, abrigada do vento por vegetação circundante. A condição mais favorável é a água contendo detritos em decomposição para fornecer nutrientes para o desenvolvimento das lentilhas. A reprodução da lentilha-d'água é principalmente vegetativa. Frondes-filhas brotam dos bolsos reprodutivos no lado de uma fronde maduro. Uma fronde pode produzir até 10 gerações de progenitores ao longo de um período de 10 dias a várias semanas antes de morrer. Frondes de lentilhas podem dobrar sua massa em apenas dois dias em condições ideais de disponibilidade de nutrientes, luz solar e temperatura (LEWIS, 1995; VENU, 2012 apud Gimenes. L . 2015).



Figura 7- Imagem da macrófita *Lemna gibba*. Fonte: https://jb.utad.pt/especie/Lemna_gibba

4.4.4 Remoção de metais presente em efluentes com o auxílio de macrófitas aquáticas (fitorremediação)

A fitorremediação (Fito = planta e remediar = dar remédio, corrigir) é uma tecnologia emergente que utiliza várias plantas (vegetais) para degradar, extrair, conter ou imobilizar contaminantes em solos e águas. Esta tecnologia tem sido considerada como uma alternativa inovadora e de baixo custo à maioria das técnicas de tratamento já estabelecidas para áreas contaminadas (USEPA, 2000).

Segundo BAIRD (2002) certas plantas são hipermaculadoras de metais, ou seja, são capazes de absorver através de suas raízes, níveis muito mais altos

desses contaminantes do que a média e de concentrá-los muito mais do que as plantas normais, porém uma dificuldade dos hipermaculadores é que são em geral, plantas de crescimento vagaroso, o que indica o acúmulo lento dos metais.

Recentemente, um novo campo de estudo referente à remoção de metais de efluentes baseia-se no uso de espécies de plantas, as quais possui habilidade natural para biorremediação do ambiente. Alguns estudos têm demonstrado que plantas vivas podem sim serem utilizadas para remoção de metais em efluentes (SEKI et al.,1998, SARIN e PANT, 2006; SINGH et al.,2006; HANSHEM et al.,2007; KAHRAMAN et al., 2008 apud OLIVEIRA. J. 2018).

4.5. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, A. R. et al. **Eficiência de Espécies Vegetais na Purificação de Esgoto Sanitário**. Revista Pesq. Agro. Trop. Vol. 37. n1. Goiania, 2007, 12p

ALMEIDA, R. de A.; ALMEIDA, N. A. M. **Remoção de coliformes do esgoto por meio de espécies vegetais**. Revista Eletrônica de Enfermagem, v. 07, n. 03, p. 308 - 318, 2005.

ALVES, RODRIGUES, BRASILEIRA. **A regulamentação sobre o tratamento e a disposição final de efluentes industriais**. Revista Direito Ambiental e Sociedade 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-9800: critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1987. 6 p.

BAIRD, C., 2002. **Química Ambiental**. 2 ed. São Paulo, Bookman. 622pp. BARCELÓ J. & POSCHENRIEDER, C., 1992. Plant water relations as effected by heavy metalstress: A review. J. Plant Nutr. Vol. 13. pp. 1-37.

Barros, F. G. N.; Amin, M.(2008). Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, Taubaté, v. 4, n. 1, p. 75-108.

CARDOSO, L. R.; MARTINS, D.; MORI, E. S.; TERRA, M. A. **Variabilidade genética entre populações de Pistia stratiotes**. Planta Daninha, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 181-185, abr. 2005.

Cheng, J., Landesman, L., Bergmann, B.A., Classen, J.J., Howard, J.W., Yamamoto, Y.T., 2002. **Nutrient Removal from Swine Lagoon Liquid by Lemna minor 8627**. Transactions American Society of Agricultural Engineers, 45: (4), 1003–1010.

COELHO, F. F.; DEBONI, L.; LOPES, F. S. **Density-dependent reproductive and vegetative allocation in the aquatic plant Pistia stratiotes (Araceae)**. Revista de Biologia Tropical, v. 53, n. 3-4, p. 369–376, 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA (Brasil). **Resolução nº 430 de 2011**. Brasília, 2011.

CRISTINA, Sílvia. **Adsorção de corantes têxteis em materiais naturais e residuais de matriz inorgânica**. 2009. (dissertação) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.

ESTEVES, F. A. (Org.) **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciencia, 2011. 826 p.

FIDELIS, R. S. L. **POTENCIALIDADES DOS WETLANDS CONSTRUÍDOS EMPREGADOS NO PÓS-TRATAMENTO DE ESGOTOS: EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS**. 2016. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 2016.

GIMENES, L. L. S. **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REMOÇÃO DE ARSÊNIO UTILIZANDO Lemna minor L. (1753)**. 2015. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, MG 2015.

GAYLARDE, C. C.; BELLINASSO, M. D. L.; MANFIO, G. P. **Biorremediação: Aspectos biológicos e técnicos da biorremediação de xenobióticos**. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento, n. 34, 2005.

GIORDANO, G. **Tratamento e Controle de Efluentes Industriais**. Apostila da ABES. Mato Grosso, 2004.

GRANT, C.A.; BUCKLEY, W.T.; BAILEY, L.D. & SELLES, F. **Cadmium accumulation in crops**. Canadian Journal of Plant Science, 78:1-17, 1998.

GUARATINI, C. C. T.; ZANONI, M. V. B. **Corantes Têxteis**. Química Nova, v. 23, n. 1, 2000.

HART, J.J.; WELCH, R.M.; NORVELL, W.A.; SULLIVAN, L.A. & KOCHIAN, L.V. **Characterization of cadmium binding, uptake, and translocation in intact seedlings of bread and durum wheat cultivars**. Plant Physiology, 116:1413-1420. 1998.

HENRY-SILVA, G.G. e CAMARGO, A.F.M. **Interações ecológicas entre as macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes***. Hoehnea 32 (3) 445– 452. 2005.

LOHMANN, Gabriele. **Caracterização de uma estação de tratamento de esgoto por zona de raízes utilizando variáveis abióticas e microbiológicas**. 2011. 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestre, aquáticas, Parasitas, tóxicas e medicinais**. Nova Odessa, 1982.

OLIVEIRA, J.A.S (2018) – **USO DE MACRÓFITAS PARA A REMOÇÃO DE METAIS EM EFLUENTES LÍQUIDOS** 2018. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia Associada a Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

OZERIDE, Paulo. **Métodos de Tratamento de Efluentes da Indústria Têxtil**. 2013. (monografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, 2013.

PHILIPPI, Luiz. S.; SEZERINO, Pablo. H. **Aplicação de sistemas tipo wetlands no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas**. Florianópolis: 144f. Editora do autor, 2004.

PIO, Mauro C. da Silveira; ANTONY, Lucas P.; SANTANA, Genilson P. **Wetlands construídas (terras alagada): conceitos, tipos e perspectiva para remoção de metais potencialmente tóxicos de água contaminada: Uma revisão**. Scientia Amazonia, v. 2, n. 1. p. 28-40, 2013.

POÇAS, C.D. **UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA DE WETLANDS PARA TRATAMENTO TERCIÁRIO: CONTROLE DE NUTRIENTES**. 2015. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perifiton: aspectos ecológicos e metodológicos**. São Carlos: RiMa. 2003. 134 p.

SALATI et al. **Utilização de Sistemas de Wetlands Construídas para Tratamento de Águas** - Instituto Terramax – Piracicaba, São Paulo, 2009.

SEZERINO, Pablo H.; BENTO, Alessandra P.; DECEZARO, Samara T.; Magri, Maria E.; PHILIPPI, Luiz S. **Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.20, n.1, jan-mar 2015.

SILVESTRE, A. e PEDRO-DE-JESUS, M. (2002). **Tratamento de Águas Residuais Domésticas em Zonas Húmidas Artificiais**. Monografia de Final de Curso, Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Biológica e Química.

TUNDISI, J. G. & TUNDISI, T. M. 2008. **Limnologia**. Oficina de textos: São Paulo, 631 p.

USEPA, United States Environmental Protection Agency. **Introduction to Phytoremediation**. Cincinnati: 2000. 72 p.

VALENTIM, M.A.A. **Desempenho de leitos cultivados para o tratamento para o tratamento de esgoto: contribuição para concepção e operação**. Tese de doutorado. Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 208p. 2003.

VYMAZAL, Jan., ŠVEHLA, Jaroslav. **Iron and manganese in sediments of constructed wetlands with horizontal subsurface flow treating municipal sewage**. Ecological Engineering, v.50, p.69-75, 2013.

Yilmaz, D.D., Akbulut, H., 2011. **Effect of circulation on wastewater treatment by Lemna gibba and Lemna minor (Floating aquatic macrophytes)**. International journal of Phytoremediation, 13: 970-984

5. CAPÍTULO I

COMPORTAMENTO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS DA ESPÉCIE *LEMNA GIBBA* E *PISTIA STRATIOTES* SOB EFLUENTE INDUSTRIAL TÊXTIL

5.1 RESUMO

A procura por métodos eficazes, sustentáveis e de baixo custo para o tratamento de efluente, vem tornando-se algo cada vez mais estudado. Assim, diante dessa necessidade de tratamentos alternativos, as macrófitas aquáticas *Pistia stratiotes* (alface d'água) e *Lemna gibba* (lentilha), as quais possuem o papel de purificação dos corpos hídricos, foram utilizadas para este fim; nesse caso, testou-se experimentalmente o desempenho das referidas macrófitas assim como sua adaptação sob a concentração do efluente oriundo de uma indústria têxtil, sem que houvesse o tratamento prévio do mesmo. As plantas foram coletadas em ecossistema na região norte de Teresina, Piauí. O procedimento experimental durou cerca de 33 dias. Para avaliação do desempenho, foram realizadas análises visuais as quais demonstraram que a utilização desses organismos diretamente sobre o efluente mostrou evolução e boa adaptação.

Palavras – chave: Efluente, macrófitas, tratamento.

5.2 ABSTRACT

The search for effective, sustainable and low cost methods for effluent treatment is becoming increasingly studied. Thus, given this need for alternative treatments, the aquatic macrophytes *Pistia stratiotes* (lettuce) and *Lemna gibba* (lentil), which have the role of purification of water bodies, were used for this purpose; In this case, the performance of these macrophytes was tested experimentally, as well as their adaptation under the concentration of effluent from a textile industry, without previous treatment. The plants were collected in an ecosystem in the northern region of Teresina, Piauí. The experimental procedure lasted about 33 days. For performance evaluation, visual analyzes were performed which showed that the use of these organisms directly on the effluent showed evolution and good adaptation.

Key words: Effluent, macrophytes, treatment.

5.3 INTRODUÇÃO

O termo macrófitas aquáticas ou simplesmente macrófitas pode ser considerado de uso mais corrente (POMPÊO; MOSCHINI- CARLOS,2003), principalmente no contexto ecológico (THOMAZ, ESTEVES, 2011). De acordo com ESTEVES (2011), as macrófitas aquáticas podem ser classificadas em: macrófitas aquáticas emersas; macrófitas aquáticas com folhas flutuantes; macrófitas aquáticas submersas enraizadas; macrófitas aquáticas submersas livres; e macrófitas aquáticas flutuantes.

Uma das formas de tratamento de esgoto é a utilização de filtros biológicos, com brejos construídos, ou de lagoas com plantas aquáticas. Tanques com plantas aquáticas assim como brejos agem com filtros de poluentes, ajudando a devolver a água limpa aos mananciais. Algumas plantas despoluidoras são sugeridas pela sua capacidade de retirar da água nutrientes e substâncias tóxicas, dando condições favoráveis para a base alimentar nos ecossistemas aquáticos. Lemnaceas ou lentilhas d'água são muito usadas no caso das águas servidas (esgoto), pela capacidade de se propagarem rapidamente e de retirarem substâncias tóxicas da água. Outras plantas eficientes são o aguapé (*Eichhornia crassipes*), a alface-d'água (*Pistia stratiotes*), a orelha-de-onça (*Salvinia auriculata*) e a taboa (*Typha domingensis*) (EMBRAPA, 2002).

Segundo Silvestre e Pedro de Jesus (2002), as macrófitas exercem papel fundamental, pois, proporcionam superfície para a ligação de filmes microbianos responsáveis por boa parte do tratamento, auxiliam na filtração e adsorção de constituintes das águas residuárias, transferem oxigênio para água por meio das raízes e rizomas, promovem o isolamento térmico, além de serem responsáveis pela ciclagem de nutrientes da água (POMPÊO e MOSCHINI-CARLOS, 2003).

Para Almeida (2010), a utilização de plantas aquáticas no tratamento de esgotos constitui-se em alternativa eficiente e de baixo custo aos sistemas convencionais. Nesse sentido, esse trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de duas espécies de macrófitas aquáticas (*Pistia stratiotes* e *Lemna giba*) sob o manejo de efluente industrial.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal do Piauí (IFPI), campus Teresina central. O efluente utilizado no estudo, foi oriundo de uma indústria têxtil da cidade de Teresina. Essa indústria produz uma grande quantidade de efluentes por dia, devido aos vários processos de fabricação. As amostras foram coletadas antes de darem entrada na estação de tratamento de efluente da empresa. O experimento foi desenvolvido, na forma de ensaio, com aplicação do sistema wetlands que consiste em qualquer ecossistema alagado ou em transição entre o terrestre e o aquático (SALATI, 2003).

A montagem do sistema ocorreu em 9 recipientes retangulares de plástico como mostra a figura 9 com capacidade para 12 litros cada, foram coletados 10 litros de efluente na data do dia 24 de outubro de 2019, para cada um deles que mediam 22 cm x 32 cm que fizeram o papel dos tanques (figura 9). Em três tanques continha efluente in natura denominado de controle (figura 10), nos outros três havia amostra de efluente com a inserção da macrófita da espécie alface onde foi inserido 10 indivíduos da mesma em cada um deles (*pistia stratiotes*) (figura 11) e nos três últimos havia efluente com a inserção da macrófita da espécie lentilha (*lemna gibba*) onde as mesmas foram inseridas ocupando cerca de um terço da área do tanque (figura 12). As macrófitas utilizadas no experimento, foram coletadas em ecossistema da região de Teresina.



Figura 8- Local de Instalação do experimento. Fonte: Google maps, 2019.



Figura 9- Experimento montado contendo apenas o efluente coletado. Fonte: Autor,2019.

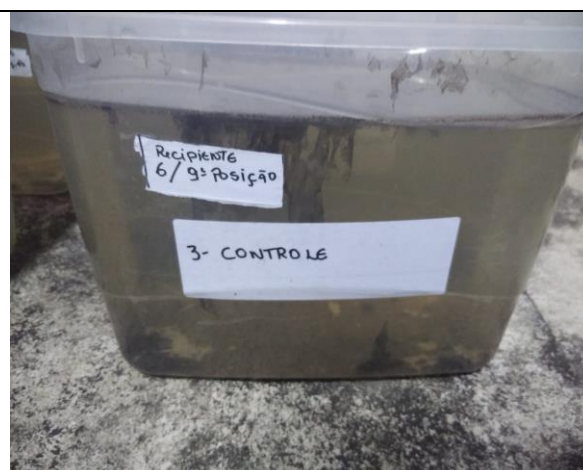


Figura 10- Repetição controle. Fonte: Autor,2019.



Figura 11- Repetição Pistia stratiotes. Fonte: Autor 2019.



Figura 12- Repetição Lemna gibba. Fonte: Autor,2019.



Figura 13- Sistema montado com todas as repetições. Fonte: Autor,2019.

As macrófitas ficaram em detenção durante 33 dias, no 24º dia (18/11/2019) foram adicionados 4 litros de água destilada para compensar o volume do efluente evapotranspirado em cada um dos tanques, no 33º dia (27/11/2019) foi realizado a contagem das macrófitas.

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após uma semana de instalação foi observado que houve uma boa adaptação das duas espécies, ou seja, houve o aumento da floração das macrófitas escolhidas no experimento, como mostra a figura 14.



*Figura 14- Sistema após uma semana de implantação.
Fonte: Autor, 2019.*

Com 15 dias de instalação, foi realizada uma nova observação onde foi possível visualizar uma maior floração das macrófitas quanto ao efluente em que foram submetidas.



Figura 15- Sistema após 15 dias de implantação.
Fonte: Autor, 2019.

No último dia, ou seja, ao passar dos 33 dias de observação foi realizada a contagem das macrófitas através de uma estimativa, como mostra a tabela 1.

Tabela 1- Contagem das macrófitas por meio de estimativa.

Espécie	Contagem no 1º dia	Contagem no 33º dia
<i>Pistia Stratiotes</i>	10 indivíduos em cada tanque	Tanque 1 > 60 indivíduos; Tanque 2 e 3 > 300 indivíduos.
<i>Lemna Gibba</i>	1 terço da superfície do tanque	Superfície completa com floração de macrófita

Fonte: Autor, 2019



Figura 16 A- Repetição *Pistia stratiotes* no início da implantação. Fonte: Autor:2019.



Figura 17 A- Repetição *Pistia stratiotes* no fim implantação. Fonte: Autor:2019.

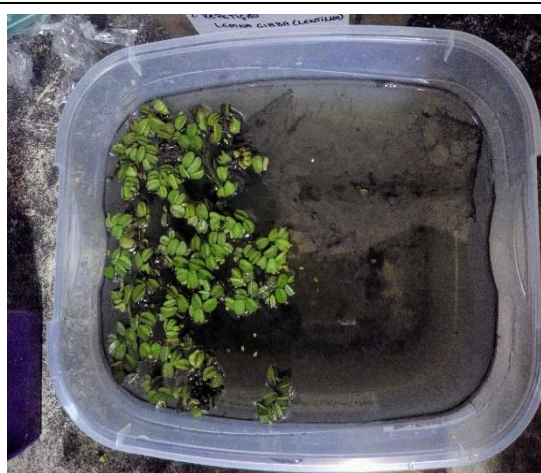


Figura 18 A- *Lemna gibba* no início da implantação. Fonte: Autor,2019.



Figura 19 A- *Lemna gibba* no final da implantação. Fonte: Autor,2019.

Em trinta e três dias de desenvolvimento a *Pistia stratiotes* sob o efluente e em alta radiação solar praticamente triplicou sua biomassa, em comparação ao início do experimento.

Segundo Camargo et al. (2006) a espécie é de classificação ecológica, como flutuante, emersa, enraizada, livres, etc., as interações competitivas, as condições abióticas como o clima, que inclui luminosidade, temperatura, turbidez da água, disponibilidade de nutrientes, entre outros, regem os diferentes comportamentos de desenvolvimento de macrófitas relacionados principalmente à produção de biomassa e taxas de crescimento.

A espécie *Lemna gibba* também houve o aumento da sua biomassa mostrando uma boa adaptação às condições em que foi submetida. Brix e Shierup (1989, apud Ribeiro. J.,2016) relatam que, a família Lemnaceae possui grande capacidade de assimilação de nutrientes como nitrogênio. Essas macrófitas conseguem promover a remoção dos nutrientes através de processos bioquímicos, por meio da incorporação direta desses nutrientes em sua biomassa.

Além disso, a qualidade nutricional do efluente também pode influenciar no desempenho das macrófitas, como altos teores de P e N proporcionam o aumento de biomassa em um pouco espaço de tempo (FINLAYSON, 1984; SESHAVATHARAM, 1990; HENRY-SILVA; CAMARGO, 2005, apud CARLOS.J,2017).

5.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As espécies de macrófitas aquáticas utilizadas podem ser consideradas bioindicadores de poluição, pois respondem por diversas alterações ambientais e com isso, podem ser utilizadas como parâmetro de monitoramento da qualidade da água. Além disso o tipo de efluente e a quantidade de nutrientes disponível no mesmo, contribui para o aumento da biomassa das macrófitas.

5.7. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, R.A; PITALUGA, D. P. S; REIS, R. P; **Tratamento de esgoto doméstico por zona de raízes precedida de tanque séptico**. Revista Biociências, UNITAU. Volume 16, número 1, 2010.

CANCIAN, L. F. **Crescimento das macrófitas aquáticas flutuantes *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta* em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo**. 2007. p. 66. Dissertação (mestrado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

COELHO, J.C. **MACRÓFITAS AQUÁTICAS FLUTUANTES NA REMOÇÃO DE ELEMENTOS QUÍMICOS DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS**. 2017. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Potencial do uso de plantas aquáticas na despoluição da água**. Campo Grande, MS 2002. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/556127/potencial-do-uso-de-plantas-aquaticas-na-despoluicao-da-agua>. Acesso em: 19 out. 2017

ESTEVES, F. A. (Org.) **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciencia, 2011. 826 p.

POÇAS, C. D. 2015. **UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA DE WETLANDS PARA TRATAMENTO TERCIÁRIO: CONTROLE DE NUTRIENTES**. 2015. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perifiton: aspectos ecológicos e metodológicos**. São Carlos: RiMa. 2003. 134 p.

RIBEIRO, J. P. M. (2015). **Uso De Macrófitas Lemnáceas para a Remoção de Nitrogênio do Esgoto Sanitário de uma Lagoa de Estabilização**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina 2016.

SALATI, ENEAS. **Utilização de Sistemas de Wetlands Construídas para Tratamento de Águas**. 2000. 36 f. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola Estadual de São Carlos, São Carlos, SP, 2000. SALATI, Eneas. Utilização de sistemas de Wetlands construídas para tratamento de águas. *Biológico*, v. 65, n. 1/2, p. 113-116, 2003.

SILVESTRE, A. e PEDRO DE JESUS, M. (2002). **Tratamento de Águas Residuais Domésticas em Zonas Húmidas Artificiais**. Monografia de Final de Curso, Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Biológica e Química.

6. CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE EFLUENTE TÊXTIL COM MÉTODO DE BIORREMEDIAÇÃO POR MACRÓFITAS AQUÁTICAS

6.1 RESUMO

A capacidade das plantas em tolerar e absorver quantidades elevadas de metais pesados é usada como uma tecnologia promissora para limpeza de resíduos perigosos em ambientes altamente contaminados. O objetivo do presente estudo foi caracterizar quimicamente o efluente de indústria têxtil a partir de biorremediação por diferentes espécies de macrófitas aquáticas assim como avaliar a capacidade de bioacumulação de metais pesados nas mesmas. As plantas foram coletadas em ecossistema na região norte de Teresina, Piauí e o procedimento experimental durou cerca de 33 dias. A espécie *Spp 1* (*Pistia stratiotes*) foi a que melhor se adaptou e obteve os melhores percentuais em relação a espécie *Spp 2* (*Lemna gibba*), entretanto de forma geral não houve uma diferença significativa nos resultados obtidos nas análises.

Palavras – chave: Biorremediação, Macrófitas, Metais.

6.2 ABSTRACT

The ability of plants to tolerate and absorb high amounts of heavy metals is used as a promising technology for cleaning hazardous waste in highly contaminated environments. The aim of the present study was to chemically characterize the textile industry effluent from bioremediation by different species of aquatic macrophytes as well as to evaluate the capacity of bioaccumulation of heavy metals in them. The plants were collected from an ecosystem in the northern region of Teresina, Piauí and the experimental procedure lasted about 33 days. The species *Spp 1* (*Pistia stratiotes*) was the best adapted and obtained the best percentages in relation to the species *Spp 2* (*Lemna gibba*), however in general there was no significant difference in the results obtained in the analyzes.

Key words: Bioremediation, macrophytes, metals.

6.3 INTRODUÇÃO

De acordo com a Norma Brasileira — NBR 9800/1987, efluente industrial é todo despejo líquido produzido no processo fabril de um determinado produto. Há alguns anos não existia a preocupação com a caracterização e um tratamento adequado para esse tipo de efluente, o que culminou em uma série de impactos ambientais principalmente nos recursos hídricos. Nos dias atuais existem legislações que obrigam as indústrias a caracterizarem e tratarem todo efluente produzido afim de que o mesmo seja despejado de forma ambientalmente correta.

Os processos industriais de produção têxtil utilizam grandes quantidades de água e geram diferentes resíduos com compostos tóxicos. O elevado consumo de água durante as etapas de lavagem e tingimento geram efluentes líquidos com enorme diversidade e complexidade química, dentre os quais se destacam os corantes e outros compostos orgânicos e inorgânicos. A resistência desses compostos frente aos tratamentos convencionais e os produtos originados da degradação incompleta resultam em novas moléculas com efeitos nocivos ou mutagênicos aos organismos vivos (GAYLARDE; BELLINASSO; MANFIO, 2005 apud PIZATO et al., 2013). Dessa forma, então é de suma importância tratar esses efluentes industriais de forma adequada.

Os corantes são identificados como os compostos mais problemáticos nos efluentes têxteis, devido à sua alta solubilidade na água e baixa degradabilidade (Niebisch et al., 2014 Queiroz, M. T. A. et al. 2019). Dentre esses, os corantes reativos, principalmente da família dos azos-corantes, são os mais utilizados na atualidade, por apresentarem vantagens, como a estabilidade frente às condições de luz, pH e temperatura. Além disso, garantem maior espectro de cores e viabilidade econômica (Gusmão et al., 2014 apud Queiroz, M. T. A. et al. 2019). Nesse sentido, esse trabalho teve como objetivo avaliar o tratamento de efluente industrial têxtil através de biorremediação com auxílio de macrófitas aquáticas.

6.4 MATERIAL E MÉTODOS

O efluente utilizado no estudo, foi oriundo de uma indústria têxtil da cidade de Teresina. Essa indústria produz uma grande quantidade de efluentes por dia, devido aos vários processos de fabricação. As amostras foram coletadas antes de darem entrada na estação de tratamento de efluente da empresa. O experimento foi desenvolvido, na forma de ensaio, com aplicação do sistema wetlands que consiste em qualquer ecossistema alagado ou em transição entre o terrestre e o aquático (SALATI, 2003).

A montagem do sistema ocorreu em 9 recipientes retangulares de plástico como mostra a figura 1 com capacidade para 12 litros cada, foram coletados 10 litros de efluente na data do dia 24 de outubro de 2019, para cada um deles que mediam 22 cm x 32 cm que fizeram o papel dos tanques. Em três tanques continha efluente in natura denominado de controle (figura 19), nos outros três havia amostra de efluente com a inserção da macrófita da espécie alface onde foi inserido 10 indivíduos da mesma em cada um deles (*pistia stratiotes*) (figura 20) e nos três últimos havia efluente com a inserção da macrófita da espécie lentilha (*lemna gibba*) onde as mesmas foram inseridas ocupando cerca de um terço da área do tanque (figura 21). As macrófitas utilizadas no experimento, foram coletadas em ecossistema da região de Teresina.



Figura 20-Sistema montado com todas as repetições. Fonte: Autor, 2019

O efluente ficou em detenção durante 33 dias, no 24º dia (18/11/2019) foram adicionados 4 litros de água destilada em cada um dos tanques para compensar o volume evapotranspirado, no 32º dia (26/11/2019) foi realizado a coleta das amostragens. A coleta foi realizada em tubos de vidro devidamente identificadas e refrigeradas até que fossem enviadas ao laboratório.

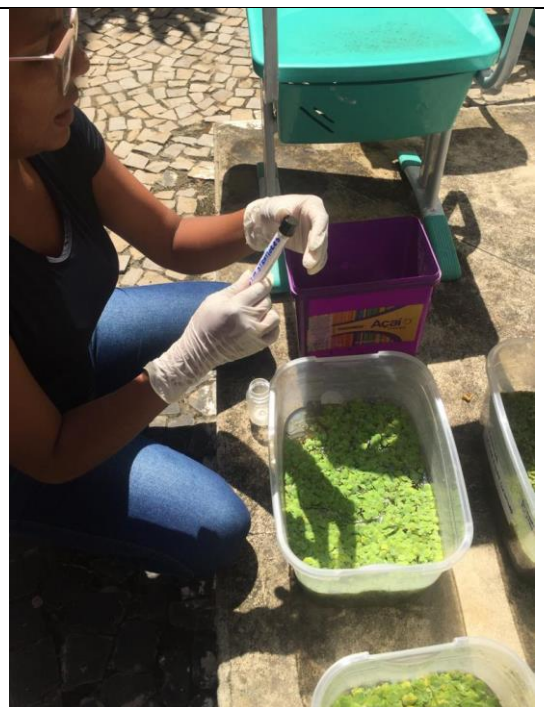


Figura 21- Coleta das amostras. Fonte: Autor,2019.



Figura 22- Coleta das amostras. Fonte: Autor,2019.

6.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido ao experimento ser um sistema de tratamento parado, com aproximadamente 20 dias de observação, constatou-se a proliferação de larvas de *Aedes aegypti* nos tanques controle e como medida de segurança foram adicionados 100ml de NaClO (hipoclorito de sódio) em cada, a fim de desfazer o foco de mosquito.

O NaClO tem sido utilizado comumente por indivíduos que residem em áreas de surto/epidêmicas para dengue, e dessa forma, utilizam esse composto em soluções distintas para minimizar o desenvolvimento larvário em reservatórios quaisquer (MENDES, M. P.; JUNIOR, E. O. C.; COCCO, D. D. A., 2016).



Figura 23- Repetição Controle com NACIO. Fonte: Autor, 2019.

Já os tanques que continham macrófitas, não houve o surgimento de larvas, pois segundo (CONSOLI, R. A. G. B. 1994) as plantas aquáticas podem interferir negativamente nos criadouros de mosquitos, quando essas plantas cobrem a superfície elas acabam limitando a área o que irá dificultar a respiração e a oviposição. Dessa forma as macrófitas continuaram apresentando evolução na sua floração.



Tabela 2. Nível de decaimento de metais sob manejo de macrófitas em efluente industrial (T. 33 dias)

Elementos	Concentração (mg L ⁻¹)	<i>Spp 1</i> (%)	<i>Spp 2</i> (%)	Controle (%)
Zn	1,1x10⁻¹	32,2	28.7	0,0
Co	1,0x10⁻⁴	37,3	30.1	0,0
Cr	5,0x10⁻⁴	28,1	27.2	0,0
Pb	1,0x10⁻⁴	39,7	39.1	0,0
Cd	1,0x10⁻⁵	21.1	20.1	0,0

Nos teores de Zn, Co, Cr, Pb e Cd as espécies mostraram comportamento parecido e boa adaptação, os maiores percentuais de remoção desses metais foi apresentado pela espécie *Spp 1*, diferindo um pouco da espécie *Spp 2*. Em relação ao experimento controle os resultados obtidos foi o esperado, já que o mesmo não sofreu nenhum interferente a não ser o acréscimo de NaClO, como forma de controlar o foco de *Aedes Aegypti*. Segundo COELHO, J. (2017) as macrófitas aquáticas e flutuantes de maior massa, no caso a alface alcançou melhores resultados nas avaliações realizadas em um experimento similar.

Entretanto, a *Lemna gibba* após algum tempo de exposição a altos teores de metais pesados passam a ter tolerância, adaptam-se e começam a acumular grandes quantidades destes contaminantes por rizofiltração (Kara et al. 2003 apud PIO et al., 2012), ou seja, devido essa tolerância que a espécie *Spp 2* não apresentou uma diferença significativa em comparação com a *Spp 1*.

6.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A variação das concentrações de metais entre as espécies de macrófitas estudadas mostrou a capacidade que essas plantas possuem em remover de seu habitat os metais presentes. Destaca-se o Pb como o metal com o maior percentual de remoção por todas as espécies analisadas.

Vale ressaltar que esses vegetais podem ter um limite de absorção, em que ao invés de realizarem a fitorremediação acabam por liberar os elementos já absorvidos para a água novamente.

6.7. Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-9800: critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1987. 6 p.

CONSOLI, R. A. G. B. & LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R., 1994. **Principais Mosquitos de Importância Sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz.

MENDES, M. P.; JUNIOR, E. O. C.; COCCO, D. D. A. **A UTILIZAÇÃO DA ÁGUA SANITÁRIA PARA ELIMINAÇÃO DE LARVAS DE MOSQUITOS *Aedes aegypti***. 2016. Disponível em: <file:///C:/Users/Claudia/Downloads/1144-4207-1-PB.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2020.

PIO, M; SOUZA, K; SANTANA, G. **Capacidade da *Lemna aequinoctialis* para acumular metais pesados de água contaminada**. 2012. Act amazônica. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aa/v43n2/v43n2a11.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2020.

PIZATO, E. et al. **Caracterização de Efluente Têxtil e Avaliação da Capacidade de Remoção de Cor Utilizando o Fungo *Lasiodiplodia Theobromae* MMPI**. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/2017nahead/1809-4457-esa-s1413-41522017121743.pdf>. Acesso em: 17 set. 2019.

Queiroz, M. T. A. et al. (2019). **Reestruturação na forma do tratamento de efluentes têxteis: uma proposta embasada em fundamentos teóricos**. Gestão & Produção, 26(1), e1149. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0104-530X1149-19>. Acesso em : 02 out. 2019.

SALATI, ENEAS. **Utilização de Sistemas de Wetlands Construídas para Tratamento de Águas**. 2000. 36 f. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola Estadual de São Carlos, São Carlos, SP, 2000.

SALATI, Eneas. **Utilização de sistemas de Wetlands construídas para tratamento de águas**. Biológico, v. 65, n. 1/2, p. 113-116, 2003.