



Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"

MARIA VITÓRIA PAMPLONA

**USO DO AGUAPÉ (*Eichhornia crassipes*) NO TRATAMENTO DE
EFLUENTES**

**Assis/SP
2021**



Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"

MARIA VITÓRIA PAMPLONA

**USO DO AGUAPÉ (*Eichhornia crassipes*) NO TRATAMENTO DE
EFLUENTES**

Projeto de pesquisa apresentado ao curso de Química Industrial do Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA e a Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA, como requisito parcial à obtenção do Certificado de Conclusão.

Orientando(a): Maria Vitória Pamplona
Orientador(a): Me. Marcelo Silva Ferreira

Assis/SP
2021

FICHA CATALOGRÁFICA

P186u PAMPLONA, Maria Vitória
Uso do aguapé (eichhornia crassipes) no tratamento de
efluentes / Maria Vitória Pamplona. – Assis, 2021.
33p.

Trabalho de conclusão do curso (Química Industrial) -
Fundação Educacional do Município de Assis-FEMA.

Orientador: Ms. Marcelo Silva Ferreira

1.Aguapé 2. Efluentes-aguapé

CDD574.5263

USO DO AGUAPÉ (*Eichhornia crassipes*) NO TRATAMENTO DE EFLUENTES

MARIA VITÓRIA PAMPLONA

Trabalho de Conclusão de Química Industrial Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação, avaliado pela seguinte comissão examinadora:

Orientador: _____
Prof^o. Me. Marcelo Silva Ferreira.

Examinador: _____
Prof^a. Dra. Mary Leiva de Faria

AGRADECIMENTOS

Aos amigos/familiares, por todo o apoio e pela ajuda, que muito contribuíram para a realização deste trabalho. Aos meus professores, por todos os conselhos, pela ajuda e pela paciência com a qual guiaram o meu aprendizado.

RESUMO

A água é um insumo finito, com isso é necessário a busca de meios aos quais seja possível reduzir o consumo abusivo, evitando consequências em um breve futuro. Muitos estudos procuram uma forma de reutilizar as águas contaminadas nas indústrias, uma vez que o meio facilita a recuperação. Existem também algumas leis que exigem que os efluentes sejam descartados sobre a água residuária com o propósito de passar por um tratamento, para alcançar os parâmetros exigidos pela A.N.A (Agência Nacional de Águas), demonstrados nas leis nº 357 e nº 430, tendo em vista que podem sofrer variações de acordo com o tipo de indústria e o seu resíduo. Para que a indústria consiga manter esse tratamento, existem constantes estudos de meios alternativos e baratos. Um desses métodos pesquisados é o uso de plantas para o tratamento *in natura* ou em forma de adsorventes. Em relação a essas pesquisas, é observado com frequência a interferência de plantas aquáticas em diversos tipos de ambientes, causando estresse ou sendo favorável as elas em seu crescimento. Uma planta bastante mencionada é a *Eichhornia Crassipes* também conhecida como Aguapé, que se destaca por um crescimento rápido em águas com altos níveis de nutrientes e pela melhora do ambiente em que é inserida. Este estudo trata-se de uma revisão bibliográfica, cujo objetivo é apresentar o aguapé como um instrumento auxiliar aplicado no tratamento de efluentes, assim como verificar sua eficiência nas ações de limpeza de vários tipos de resíduos industriais. As análises realizadas sobre artigos científicos relacionados com a planta, sugeriram que ela é uma boa forma para alcançar os parâmetros exigidos para determinados ambientes, utilizando o insumo de forma natural ou como adsorvente. Em alguns estudos foram feitas também comparações com outros tipos de plantas aquáticas e observou-se que o aguapé se sobressaiu, obtendo melhores resultados, quando colocada como um auxílio no processo de limpeza já utilizado pela indústria ou em junção com outras plantas.

Palavras-chave: Tratamento, Efluentes, Aguapé.

ABSTRACT

Water is a finite input, so it is necessary to look for ways in which it is possible to reduce abusive consumption, avoiding consequences in the near future. Many studies are looking for a way to reuse contaminated water in industries, since the medium facilitates recovery. There are also some laws that require the effluents to be discharged over wastewater with the purpose of undergoing treatment, to reach the parameters required by the A.N.A (National Water Agency), shown in laws no. 357 and no. 430, bearing in mind that they may vary according to the type of industry and its waste. For the industry to be able to maintain this treatment, there are constant studies of alternative and inexpensive means. One of these researched methods is the use of plants for the treatment in natura or as adsorbents. In relation to these researches, it is often observed the interference of aquatic plants in various types of environments, causing stress or being favorable to them in their growth. One plant that is often mentioned is Eichhornia Crassipes, also known as Water Hyacinth, which stands out for its rapid growth in waters with high levels of nutrients and for improving the environment in which it is inserted. This study is a literature review, whose objective is to present the water hyacinth as an auxiliary tool applied in the treatment of effluents, as well as to verify its efficiency in the cleaning of various types of industrial waste. The analyses carried out on scientific articles related to the plant, suggested that it is a good way to achieve the parameters required for certain environments, using the input naturally or as an adsorbent. In some studies comparisons were also made with other types of aquatic plants, and it was observed that the water hyacinth stood out, obtaining better results, when placed as an aid in the cleaning process already used by the industry or in conjunction with other plants.

Keywords: Treatment, Wastewater, Water Hyacinth.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Aguapé (<i>Eichhornia crassipes</i>)	18
Figura 2 -	Ordem de tratamento da água	24

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. LEGISLAÇÃO DA ÁGUA.....	11
2.1 SITUAÇÃO DE CONSUMO E DESPERDÍCIO NO BRASIL.....	12
2.1.1 Agricultura x Regiões Urbanas x Indústrias.....	12
2.2 REUSO DA ÁGUA NA INDUSTRIA	13
2.3 QUALIDADE DE RESÍDUOS PARA DESCARTE	14
3. EFLUENTES INDUSTRIAIS.....	16
4. PLANTA AQUÁTICA EICHHORNIA CRASSIPES (AGUAPÉ)	17
5. SISTEMAS DE TRATAMENTO	20
5.1 SISTEMAS DE TRATAMENTO TERCIÁRIO PARA REMOÇÃO DE NUTRIENTES	20
5.2 SISTEMAS INTEGRANDO O TRATAMENTO SECUNDÁRIO E TERCIÁRIO.....	20
6. SIMULAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM SALA DE AULA.....	21
7. AGUAPÉ (Eichhornia crassipes) NO TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	23
8. CONCLUSÃO.....	26
REFERÊNCIAS.....	27

1. INTRODUÇÃO

A água é uma substância muito importante para os processos naturais e industriais (POTT, 2002). Segundo estudos da Organização das Nações Unidas (ONU), por volta do ano de 2030 as pessoas enfrentarão a falta de água se a população continuar a tratá-la como um bem inesgotável (ONU, 2015).

É de grande importância que a população tenha informações sobre o meio ambiente, para que mude seu comportamento e com isso não falte água, pois atualmente os rios, nascentes e mares estão comprometidos em virtude do uso intensivo e, às vezes, indevido, pelo crescimento da população e a poluição. A falta de saneamento básico ocasiona ainda mais problemas, tanto para a saúde das pessoas, quanto das águas (GOUVEIA et.al, 2015).

Nos processos industriais, a água pode ser usada para a lavagem de grãos, vegetais, frutas, em testes feitos no produto, na lavagem de equipamentos dos processos, limpeza da fábrica etc. Após esta utilização, a água deve passar por testes para garantir sua qualidade de uso para que, caso retorne ao meio ambiente, não cause danos (BALDASSIN, 2018).

A utilização de plantas para tratamento de diversas águas vem sendo estudada há algum tempo, principalmente a *Eichornia crassipes* (aguapé) da família das pontederiáceas, pelas suas características de robustez associada a uma grande capacidade de crescimento vegetativo, por sua alta capacidade de sobreviver em águas poluídas (SALATI, 2009).

O objetivo do trabalho é apresentar o aguapé como um instrumento auxiliar aplicado no tratamento de efluentes, assim como verificar sua eficiência nas ações de limpeza de vários tipos de resíduos industriais. A escolha do tema se justifica porque essa planta vem sendo amplamente utilizada na limpeza de água contaminada com materiais orgânicos e inorgânicos.

2. LEGISLAÇÃO DO USO DE ÁGUA

Em janeiro de 1997, entrou em vigor a Lei nº. 9.433/1997, também conhecida como Lei das Águas, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de gerenciamento de recursos Hídricos. Araujo (s.d., p.1) mostra o artigo segundo, o qual deixa claro o seu objetivo:

“assegurar a disponibilidade de água de qualidade às gerações presentes e futuras, promover uma utilização racional e integrada dos recursos hídricos e a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos (chuvas, secas, enchentes), sejam eles naturais sejam decorrentes do mau uso dos recursos naturais”

Entretanto, apesar de a lei ter quase 25 anos, ainda hoje mais da metade da população vive em situações precárias em relação a saneamento básico, sendo Norte e Nordeste as regiões com pior índice de saneamento básico no Brasil (MARTINS, 2017). A poluição hídrica, resultante do processo de contaminação ou deposição de rejeitos na água dos rios, lagos, córregos, nascentes, além de mares e oceanos, contribui para esse problema socioambiental, e sem as mudanças necessárias, a oferta de água irá se tornar cada vez mais escassa (PENA, s.d.).

Para que haja uma garantia da qualidade da água, foram estabelecidos parâmetros de qualidade, levando em consideração as características físicas sendo elas temperatura, cor, turbidez, sólidos suspensos, sabor, odor e condutividade elétrica; e também químicas tais como PH, alcalinidade, acidez, dureza, oxigênio dissolvido, salinidade, demandas química e bioquímica de oxigênio, carbono orgânico total, compostos orgânicos, fármacos e desreguladores endócrinos, ferro e manganês, nitrogênio, fosforo, fluoretos, metais-traço, arsênio, agrotóxicos, alumínio, lítio e características radioativas; e as características biológicas sendo bactérias, protozoários, vírus, algas, cianobactérias e comunidades hidrobiológicas (LIBÂNIO, 2016).

O planeta Terra tem cerca de 71% da superfície ocupada por água, sendo 97% salgada e apenas 3% doce. A situação fica ainda mais grave porque desse percentual, 2% formam

as geleiras e somente 1% é acessível ao uso da população, sendo ainda a maior utilização em atividades de irrigação (PENA, s.d.).

Apesar de o Brasil possuir a maior reserva de água do planeta, 81% dos recursos hídricos disponíveis estão localizados na Amazônia, onde se concentram apenas 5% da população, enquanto regiões próximas ao Oceano Atlântico, que reúnem mais de 45% da população, concentram-se menos de 3% dos recursos hídricos do país, de acordo com a Agência Nacional de Águas (s.d.).

Além da baixa oferta de água doce, outros problemas são: falta de saneamento básico e o destino inadequado do lixo e a falta de conscientização da população, que joga lixo nos cursos d'água. Para reverter essa realidade, é preciso intensificar a conscientização ambiental, promover medidas de controle e fiscalização, além de se realizar o correto manejo de resíduos sólidos e tratamento da água (CUNHA; SAVERIANO, 2018).

2.1. A SITUAÇÃO DO CONSUMO E DESPERDÍCIO DE ÁGUA NO BRASIL

De acordo com a ONU, recomenda-se o consumo de 110 litros/habitante/dia, sendo que no Brasil a média é de 166,3 litros/habitante/dia, ou seja, 51% acima do recomendado. Os maiores consumidores de água potável são: agricultura (71%), consumo animal (11%), consumo urbano (9%), indústria (7%) e consumo rural, com 1% (EOS, 2019).

Nos últimos anos, vem aumentando cada vez mais o consumo, com perda de quase 40%, segundo o Instituto Trata Brasil. Países mais desenvolvidos tem níveis inferiores a 20%, sendo que no Brasil, em 2015, 36,7% da água potável produzida foi perdida durante a distribuição; em 2018 o índice atingiu 38,5%. Isso significa que a cada 100 litros de água tirada da natureza e tratada para se tornar potável, quase 40 litros se perdem por vazamento nas redes, fraudes, “gatos”, erros de leitura dos hidrômetros e outros problemas. A perda chegou a 6,5 bilhões de metros cúbicos de água desperdiçadas por dia (VELASCO, s.d.).

2.1.1. Agricultura x Regiões Urbanas x Indústria

Segundo o relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, apresentado pela Agência Nacional de Águas, as atividades agrícola e pecuária são responsáveis pelo uso de 72% dos recursos hídricos do Brasil; grande parte na irrigação (ANA, 2017). Para agravar ainda mais a situação, de acordo com Balbino (2016, p.1):

“parte da água utilizada para a irrigação não retorna ao seu curso original, havendo redução efetiva da disponibilidade do manancial. Além disso, a água que retorna aos mananciais tem qualidade inferior à da que foi captada, por causa da aplicação de defensivos agrícolas, fertilizantes e transporte de sedimentos”

De acordo com Bastos (2014), a porcentagem de água que retorna aos mananciais é desconhecida, mas observa-se que existem técnicas para diminuir o desperdício, ressaltando os cinco métodos mais utilizados: armazenamento da água de chuva, gotejamento, irrigação responsável, evitar a erosão e o uso de telas. Em áreas urbanas, são utilizados 9% da água potável em práticas habituais e rotineiras como tomar banho, lavar roupa e limpar a casa. Em cidades atendidas por sistemas de tratamento de água e esgoto, passa por um sistema de limpeza para que seja devolvida para a natureza (geralmente lagos e rios próximos à zona urbana).

O tratamento da água industrial consiste em filtração, decantação/flotação, coagulação e floculação química, tratamento aeróbio biológico, troca iônica, ultrafiltração, osmose reversa e esterilização de água por ultravioleta. Existem outros métodos de tratamento, como evaporação, incineração de líquidos e imobilização, podendo ser incluída nesse processo a floculação mecanizada, filtração, dosagem de produtos químicos e desinfecção, abrandamento, desmineralização e polimento de condensado. Dentro do sistema de troca iônica, é possível fazer o pré-tratamento, abrandamento, desmineralização, osmose reversa e ultrafiltração (TRATAMENTO, 2018).

Alguns outros processos que estão sendo muito utilizados e bem-vistos são filtração em membrana, desinfecção, fluoretação e a adsorção que se trata de materiais sólidos de alta área superficial onde ocorrerá a afinidade com o elemento a ser retirado do local (LIBÂNIO, 2016), o agupapé em um dos trabalhos se tornou o adsorvente para a pesquisa.

2.2. REUSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA

Dá-se o nome de “reuso” para transformação das águas utilizadas nos diversos processos industriais (efluentes industriais) em nova fonte, com certo grau de qualidade, para posterior reaproveitamento. Brandimarte (1999 apud MACEDO, 2001, p.17) destaca a importância do reaproveitamento:

“Além da necessidade de economia, a reciclagem e a reutilização aparecem como alternativas para o uso racional da água. A reciclagem pode ser definida como o reaproveitamento de uma água utilizada para determinada função, apesar da alteração de suas qualidades físico-químicas e microbiológicas em função do uso. O reaproveitamento pode ser feito em alguns casos, antes que a água atinja a rede de esgotos, como por exemplo, no uso residencial, a água do banho poderia ser utilizada sem qualquer tratamento, para descarga do vaso sanitário ou para lavagem do quintal.”

Macedo (2001, p.505) ressalta os benefícios que o reaproveitamento traz para as indústrias: “a nível industrial, a reciclagem é uma realidade, pois é economicamente viável em função da redução dos custos envolvidos com a própria água e, atualmente, por reduzir o volume de efluentes lançados em um recurso hídrico”. Para tanto, são necessários tratamentos avançados que variam conforme a finalidade do reuso.

2.3. QUALIDADE DE RESÍDUOS PARA DESCARTE

Em 1970, os Estados Unidos da América, criou o Índice de Qualidade das Águas pela National Sanitation Foundation. Em 1975, a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) passou a utilizá-lo. Após isso, outros estados brasileiros começaram a seguir o IQA, que atualmente é o principal índice de qualidade da água utilizado no país. É usado para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento (ANA, s.d.)

Outra legislação importante para a qualidade da água é a adequação para o descarte. A resolução nº 357/2005 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), “Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem

como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências”.

A resolução estabelece os testes a serem feitos e os parâmetros de comparação, pois há uma grande importância de eliminar ou neutralizar substâncias que possam alterar as características dos corpos de água onde esses efluentes podem ser despejados ANA (s.d.).

3. EFLUENTES INDÚSTRIAIS

Cada efluente descartado de modo incorreto, sem tratamento, pode gerar impacto ambiental, alterando as características dos solos e águas onde entrarem em contato causando, assim, um desequilíbrio do ecossistema, até a poluição da atmosfera por gases tóxicos, que se refletem no meio ambiente e na população (EFLUENTES, 2019). Em dados revelados pela Fundação Getúlio Vargas, na região de São Paulo são despejados por hora cerca de 10 milhões de litros de esgoto industrial em rios e córregos sem tratamento. Esse volume representa 28% do total produzido por indústrias em 39 municípios (PORTAL, 2014).

Cada resíduo é único, e por conta disso não existe um processo único para tratar todas as variações de todas as indústrias. Cada uma tem a forma mais eficiente de limpeza, pois independente do que ela produz, irá produzir resíduo durante o seu processo e as características do produto, podendo ser físico, químico e biológico (DUARTE, s.d.).

O efluente pode ter características oleosas, com alto teor orgânico, ter presença de metais pesados e contaminantes emergentes. Por isso, o tratamento, as vezes passa por várias etapas, como tratamento preliminar para tirar sólidos grosseiros; primário, para retirar matéria-orgânica suspensa, óleos e graxas; secundário, para remoção de matéria orgânica; de iodo, para reduzir o volume e estabilizar a matéria orgânica, e terciário, para eliminar poluentes que sobraram dentro do efluentes (EFLUENTE, s.d.; TRATAMENTO, s.d.).

4. PLANTA AQUÁTICA EICHHORNIA CRASSIPES (AGUAPÉ)

O aguapé (*Eichhornia crassipes*) (figura 1) é uma herbácea nativa da América do Sul, aquática flutuante, pertencente à família Pontederiaceae. Apresenta um caule ereto de até 50 cm de altura e as raízes são filamentosas, atingindo 1 m de comprimento. As folhas do aguapé são suculentas, totalmente flutuantes, suas flores têm coloração azul-violeta ou lavanda para rosada, são muito vistosas e nascem em pontos verticais. Cada flor tem seis pétalas com o mais alto tendo uma mancha amarela. É considerada uma espécie-praga, quando se alastra sem controle, pois em perfeitas condições, uma colônia de aguapé pode dobrar de tamanho a cada 8 a 12 dias (BRAGA, s.d.). Mas, por outro lado, ela é reconhecida como faxineira das águas, capaz de remover poluentes orgânicos, podendo depois de realizar a faxina ser transformado em adubo (após a compostagem), em ração animal, ou como matéria prima para indústria de papel e celulose e artesanatos (JOHN, 2017).



Figura 1: Aguapé (*Eichhornia crassipes*) (In: BRAGA, s.d).

O aguapé faz parte de um grupo conhecido como macrófitas aquáticas, de variados tipos: emersas, com folhas flutuantes, submersas livres, submersas enraizadas e flutuantes. Esse grupo era composto por vegetais terrestres, que se tornaram aquáticos depois do processo evolutivo; e uma característica é a grande capacidade de adaptação a diferentes ambientes (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, s.d.).

Se desenvolve em locais com características específicas: por exemplo o aguapé, a alface-d'água e a orelha de rato indicam um grau maior de eutrofização (deterioração da qualidade da água por conta do excesso de matéria orgânica), pois cresce com facilidade em ambientes com altas concentrações de nutrientes. Já as presenças de lírio-d'água e da elódea, indicam ambientes menos poluídos (PET, 2020).

De acordo com Mees (2006), a planta aguapé, além de remover os poluentes orgânicos e reduzir sua turbidez, chega a absorver 77% dos nutrientes associados à eutrofização, como nitrogênio, nitrogênio amoniacal e fósforo. Maffei (1988), no artigo "A poluição é o seu alimento", destaca também a importância da planta aguapé no papel de filtrante, pelo baixo custo e sua eficiência.

O aguapé necessita de um ambiente rico em nutrientes, que, no meio hídrico são poluentes orgânicos (esgotos residenciais, resíduos vegetais e animais) ou inorgânicos (esgotos industriais, produtos de limpeza, metais e resíduos petroquímicos). O aguapé absorve esses nutrientes por um processo que envolve três etapas: física, metabólica, tem-se também a etapa bioquímica, porém ainda não foi caracterizada (MAFEI, 1988; FLORES, 2016).

A etapa física acontece quando suas raízes, que são longas e finas, agem como filtro biológico, pois nelas existe uma grande quantidade de bactérias e fungos que atuam sobre as moléculas tóxicas, quebrando sua estrutura e transformando-as em elementos simples, como o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, ferro, manganês e alumínio. Esse processo permite que a planta absorva os componentes tóxicos e, assim, filtre a água. A etapa metabólica, ou fisiológica, cumpre-se quando o aguapé absorve esses elementos da água e os transforma, através da fotossíntese, em biomassa ou matéria verde. Nesse processo, a planta revela uma de suas melhores características: os metais pesados não chegam a ser metabolizados pelo aguapé em níveis que coloquem em risco a utilização de sua parte aérea. Do total da matéria tóxica retida, de 95 a 98% acumulam-se no sistema radicular, preservando as folhas da contaminação. Ao filtrar e metabolizar a matéria orgânica, o aguapé acaba com o ambiente favorável à proliferação de bactérias e vírus patogênicos e de outros microrganismos que se reproduzem, consumindo oxigênio do meio aquático, sendo responsáveis pela alteração da Demanda Bioquímica de Oxigênio (D.B.O.), fenômeno típico das águas de esgoto e não favorável à vida dos organismos superiores (MAFEI, 1988; FLORES, 2016).

Ainda em relação ao aguapé, este se mostra também eficiente na remoção de sólidos em suspensão, realizada por sedimentação ou por adsorção no sistema radicular das plantas. A cobertura densa dessas plantas flutuantes reduz os efeitos da mistura pelo vento, bem como minimiza as misturas térmicas. O sombreamento produzido restringe o crescimento de outras algas e o sistema radicular impede o movimento horizontal de material particulado (DINGES, 1982 apud SALATI, 2001). Além disso, cargas elétricas associadas ao sistema radicular do aguapé reagem com partículas coloidais, causando a adsorção delas. Desta forma, estas partículas são removidas do líquido e posteriormente decompostas lentamente por microrganismos associados à rizosfera das plantas (WOLVERTON, 1989 apud SALATI, 2009). A eficiência do aguapé na redução da DBO e para produzir condições para nitrificação microbológica está associada com a sua capacidade de oxigênio do sistema foliar para a rizosfera (REDDY et al.; JEDICKE et al., 1989 apud SALATI, 2009).

O aguapé pode ser utilizado também em forma de biomassa, tendo a capacidade de adsorver e/ou absorver íons metálicos dissolvidos, óleos e corantes. Ele age da mesma forma que o carvão ativado e a resina de troca iônica (TAVARES, 2013). Adsorção é um processo de transferência de um ou vários componentes (adsorvato) de uma fase corrente para superfície de uma fase sólida (adsorvente). Um é atraído pelo outro por forças atrativas não compensadas na superfície do adsorvente (ATKINS, 2008 apud MARTINS FILHO, 2012).

Sendo assim, o aguapé é bastante utilizado nos sistemas de purificação de corpos hídricos, pois ao atender diversas finalidades, pode ser aplicado em diferentes sistemas, tais como o de tratamento terciário para remoção de nutrientes, ou integrando os tratamentos secundário e terciário (SALATI, 2001).

5. SISTEMAS DE TRATAMENTO

5.1. SISTEMAS DE TRATAMENTO TERCIARIO PARA REMOÇÃO DE NUTRIENTES

Esse procedimento trata especialmente o fósforo e nitrogênio, eles são incorporados à biomassa das plantas, a qual é removida frequentemente de tal maneira a se manter o máximo de produtividade primária para remoção dos nutrientes incorporados (TRIVEDY; GUDEKAR, 1985 apud SALATI, 2001). O nitrogênio também pode ser removido como consequência da desnitrificação microbológica.

5.2. SISTEMAS INTEGRANDO O TRATAMENTO SECUNDARIO E TERCIARIO

Neste caso, além da remoção dos nutrientes, existe também redução da Demanda Bioquímica de Oxigênio (D.B.O) e da Demanda Química de Oxigênio (D.Q.O.). Neste processo, existe degradação da matéria orgânica e transformações das formas nitrogenadas no canal de aguapé (SALATI, 1987 apud SALATI, 2001). A colheita das plantas é feita para manter a produtividade e a eficiência do sistema, projetado com tecnologia que inclui aeradores e em que o tempo médio de retenção da água depende das características do afluente, bem como dos parâmetros pretendidos para o efluente final. Os tempos de residência variam de 5 a 15 dias (DEBUSK, 1984 apud SALATI, 2001).

Os parâmetros D.B.O. (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e D.Q.O. (Demanda Química de Oxigênio) determinam, respectivamente, a quantidade de oxigênio dissolvido, consumida por microrganismos para decompor a matéria orgânica presente em uma amostra durante um período e temperatura específicos, e a outra, determina a quantidade de oxigênio dissolvido necessária para oxidação da matéria orgânica de uma amostra por meio de um agente químico (SOUZA, s.d.).

6. SIMULAÇÃO DO TRATAMENTO DE ÁGUA EM SALA DE AULA

A utilização de um tema que promove o uso de materiais teóricos junto com aulas práticas é necessário para que o aluno possa ter uma maior facilidade na compreensão de cada assunto, sendo este fato já comprovado das através de pesquisas feita por Andrade; Massabni (2010).

As aulas práticas auxiliam os alunos a resolver problemas complexos e servem como estratégia auxiliando o professor com os alunos a ter uma nova visão sobre o mesmo tema. As atividades práticas proporcionam espaço para que o aluno seja agente de seu próprio aprendizado, chegando a conclusões e à aplicação dos conhecimentos por ele obtido (CARVALHO et al., 2010).

Sabe-se que a maioria das escolas de ensino fundamental e médio não possuem laboratórios, mas existem outras técnicas que podem ser utilizadas na sala de aula, por isso vários professores buscam maneiras diferentes de aplicar uma aula prática, muitas vezes com materiais do cotidiano (RIBEIRO, s.d.).

O experimento proposto seria a realização de algumas das etapas do processo de limpeza da água (figura 2). Materiais a serem utilizados seriam: béquer de 50 mL, pipeta de Pasteur, papel filtro, tubos de ensaio, estante para tubos de ensaio, espátula, fita de pH, água, terra, solução de hipoclorito de sódio (água sanitária), solução de sulfato de alumínio $7,5 \text{ g.L}^{-1}$, suspensão de hidróxido de cálcio 3 g.L^{-1} , solução de ácido acético (vinagre), solução de iodeto de potássio 2% e amido de milho (FOLEIS et al., 2015)



Figura 2: Ordem de tratamento da água (FOLEIS et al., 2015, p.71).

Neste experimento, a água bruta passa inicialmente por um processo de pré-filtração, para reter partículas grosseiras. Esta etapa corresponde ao gradeamento em uma ETA. Em seguida, será adicionado hipoclorito de sódio, visando promover uma ação bactericida. Depois é adicionado hidróxido de cálcio e o coagulante, consistindo em uma solução de sulfato de alumínio, simulando a etapa de coagulação/floculação de uma ETA. Além disso, precisa ser discutido com os alunos a necessidade de adicionar o hidróxido de cálcio para garantir a obtenção de um pH adequado e a eficiência deste processo. Com a adição do coagulante, observa-se a formação de flocos, que se depositaram no fundo do béquer, resultando na redução de partículas em suspensão na água. Em seguida, a mistura é filtrada, resultando em água tratada. Além desse procedimento podem ser utilizados outros experimentos como a determinação do pH e a análise qualitativa para indicar a presença de cloro residual (FOLEIS et al., 2015).

O conteúdo da matéria de química tem uma grande relação com outras matérias como física, biologia no ensino médio, e ciências naturais e as vezes matemática no ensino fundamental. Assim, a utilização de plantas para redução de íons metálicos e substâncias prejudiciais ao homem (fitorremediação) nos solos e rios, poderia ser abordada como um método alternativo, ao apresentado no experimento, para o tratamento de água. Além de química esse conteúdo poderá ser abordado em biologia nos temas de bioquímica e fotossíntese. Já no ensino fundamental pode ser abordado estrutura de plantas, fotossíntese, interferência da água e luz em um sistema, tipos de solo, clima, ecossistema, germinação, entre outros, baseando-se na grade curricular do estado e em escolas particulares (SÃO PAULO, 2011).

Pode-se explorar também assuntos como a história da água, seus problemas com a escassez, poluição, formas de economia, a importância de um pH de acordo com a Portaria do Ministério da Saúde, e as quantidades de cada elemento permitido, tais como metais e cloro (GARCIA, s.d.).

7. AGUAPÉ (*Eichhornia crassipes*) NO TRATAMENTO DE EFLUENTES

Cada indústria tem seus parâmetros e meios específicos no tratamento para que assim atinjam o melhor parâmetro de acordo com a especificação dada para eles pelos órgãos de fiscalização, mas pensando em meios novos que atinjam a limpeza necessária e que não sejam de alto custo, o aguapé por ser uma planta de fácil manutenção por não precisar de cuidados específicos, ter rápida proliferação e a possibilidade de reutilizar a biomassa da planta. As pesquisas indicam que o aguapé pode ser uma ótima escolha para um tratamento alternativo (POMPÊO, 1996).

Bavaresco (1998), testou a planta em casos de tratamento terciário de dejetos suínos. A lagoa de aguapés apresentou uma remoção de 50% na primavera/verão, e 60% no outono/inverno.

Borba et al. (2018), avaliaram a eficiência da planta para o tratamento de efluentes de uma indústria de laticínios. O aguapé foi uma das plantas utilizadas e os resultados foram satisfatórios, pois houve redução da turbidez, dos sólidos totais, de cloretos, e da condutividade elétrica. Além disso, houve uma diminuição no número de bactérias patogênicas. Já o pH e a temperatura tiveram pouca variação, ficando dentro da legislação.

Teixeira e Silva (2021), observaram a ação da planta na absorção de coliformes e metais pesados. Os resultados dos estudos realizados indicaram a eficiência da planta neste tipo de efluente.

Vasconcelos (2018), auxiliou no Reino Unido na realização de um estudo sobre a absorção dos metais pelo aguapé. No laboratório, usou-se água sintética com adição do metal zinco em concentração de 4,5 miligramas por litro. Depois de sete horas, o aguapé removeu 50% do zinco e absorveu 90% do metal em três semanas. Ainda em testes no laboratório, outro experimento foi feito com a água de um rio contaminado. Neste experimento, observou-se que em sete horas a planta removeu 20% e 30% do zinco, chegando a quase 100% três semanas depois. Para um último teste, os pesquisadores colocaram o aguapé direto no rio, e em apenas alguns segundos foram removidos 10% do zinco e 15% do cádmio.

Mees (2006), constatou a eficácia em efluentes de matadouros e frigoríficos, que contêm resíduos de sangue, carne, gordura e vísceras. Medições realizadas durante 11 meses provaram que o aguapé, além de remover os poluentes orgânicos e reduzir sua turbidez,

chegou a absorver 77% dos nutrientes associados à eutrofização, como nitrogênio, nitrogênio amoniacal e fósforo.

De acordo com Domingos et al. (2013), pode ser utilizada a biomassa do aguapé para descontaminação de soluções aquosas contendo nitrato e zinco. Os resultados indicam a capacidade de remoção, que pode ser potencializada com o aumento do tempo de contato da biomassa com a solução, podendo ser utilizada em estratégias de descontaminação de água.

Lied (2012), comprovou a utilização da biomassa do aguapé em outro efluente, conhecido como manipueira, derivado da secagem para produção de farinha/fécula de mandioca, altamente poluente pela carga de glicose, frutose e ácido cianídrico. Esse estudo apresentou resultados bastante consistentes, alcançando uma diminuição na turbidez de 89,19%, na cor aparente de 54,84%, no íon cianeto de 13,04%, e na Demanda Química Oxigênio de 70,98%.

No estudo de Coelho (2017), foram utilizadas diferentes macrófitas aquáticas na remoção de elementos químicos de água residuária, sendo constatado que o melhor desempenho, na maioria dos parâmetros avaliados, foi do aguapé e da alface d'água.

Barbosa et al. (2014), pesquisaram a remoção de compostos fenólicos de soluções aquosas, com a utilização de carvão ativado preparado a partir do aguapé. O processo demonstrou-se depende do pH, nos parâmetros termodinâmicos, indicando que a adsorção é um processo espontâneo, endotérmico e tem tendência de desordem. Os resultados experimentais apresentam como uma alternativa possível para o tratamento de efluentes contendo fenóis.

Lucena (2014), utilizou a técnica da adsorção de corantes têxteis por carvão ativado preparado a partir do aguapé, concluindo ser uma boa alternativa na adsorção dos corantes estudados, por seu baixo custo de produção e índice de remoção alto.

Spósito (2013), analisou os parâmetros físico-químicos do efluente de ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) do distrito urbano de Montalvão - SP manejado com aguapé. Foi verificada a ação em concentrações do efluente de 100%, 75%, 50%, 25%; e os resultados apontaram que houve uma absorção de todos os elementos presentes no efluente, de acordo com a concentração.

Manfrinato (1989), demonstrou a avaliação do método edafo-fitodepuração feito com o aguapé, para tratamento preliminar de águas, e seus resultados indicam que a utilização

desses sistemas permite uma descontaminação da água, especialmente DBO5, coliformes fecais e totais, turbidez, cor e substâncias químicas inorgânicas.

8. CONCLUSÃO

As análises realizadas sobre artigos científicos relacionados com a planta *Eichhornia Crassipes* também conhecida como Aguapé, sugeriram que ela é uma boa forma para alcançar os parâmetros exigidos para determinados ambientes, utilizando o insumo de forma natural ou como adsorvente. Em alguns estudos foram feitas também comparações com outros tipos de plantas aquáticas e observou-se que o aguapé se sobressaiu, obtendo melhores resultados, quando colocada como um auxílio no processo de limpeza já utilizado pela indústria ou em junção com outras plantas.

Em virtude da planta ser um meio fácil, rápido e de baixo custo para um tratamento, é uma ótima escolha para lugares implementarem o tratamento, obtendo assim melhores resultados, abaixo até das especificações pedidas pelos parâmetros governamentais.

REFERENCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Água na Indústria: uso e coeficientes técnicos.** Brasília: s. ed., 2017. Disponível em: <file:///C:/Users/windows/Downloads/%C3%81gua%20na%20ind%C3%BAstria.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Indicadores de qualidade: Índice de qualidade das águas (IQA).** Brasília: ANA, s.d. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 28 jun. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA), s.d.. **Regiões Hidrográficas Brasileiras.** Disponível em <https://www.ana.gov.br/as-12-regioes-hidrograficas-brasileiras/amazonica>. Acesso em: 17 nov. 2019.

ANDRADE, M. L. F. de; MASSABNI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas nas escolas: um desafio para os professores de ciências. **Ciência e Educação**, v.17, n.4, p.835-854, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/vYTLzSk4LJFt9gvDQqztQvw/?lang=pt >. Acessado em: 28 jun. 2021.

ARAÚJO, P. de. **ÁGUA.** Brasília: MMA. p.1. Disponível em: <www.antigo.mma.gov.br/agua.html >. Acesso em: 26 ago. 2019.

BALBINO, A. **A cobrança pelo uso da água na agricultura já começou.** 2016. p.1. Disponível em: < https://agrosmart.com.br/blog/cobranca-pelo-uso-da-agua-agricultura/ >. Acesso em: 30 jun. 2021.

BALDASSIN, P. **Uso da água nas indústrias.** Disponível em: <https://www.iguiecologia.com/uso-da-agua-na-industria/>. Acesso em: 11 maio 2018.

BARBOSA, Charles S.; SANTANA, Sirlene Aparecida Abreu; BEZERRA, Cícero Wellington Brito; SILVA, Hildo Antônio dos Santos. Remoção de compostos fenólicos de soluções aquosas utilizando carvão ativado preparado a partir do aguapé (Eichhornia crassipes): estudo cinético e de equilíbrio termodinâmico. **Química Nova**, v. 37, n.3, jun. 2014, p. 447-453. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/ch4DBfqPxVcxwMVDFBWxKfb/?lang=pt >. Acesso em: 30 jun. 2021.

BASTOS, T. R. **5 medidas simples para economizar água na agricultura**. Rio de Janeiro: Globo, 2014. Disponível em: <<https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Agricultura/noticia/2014/12/5-medidas-simples-para-economizar-agua-na-agricultura.html>>. Acesso em: 30 jun. 2021.

BAVARESCO, A. S. do L. **Lagoas de aguapés no tratamento terciário de dejetos de suínos**. 1998. 78p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis, 1998. Disponível em: <<file:///C:/Users/mavip/Downloads/139690.pdf>>. Acesso em: 19 jul.2021.

BORBA J.; LESTE, Alexsander Novais; XAVIER, Elitânia Gomes; SILVA, Fânia Bailona; MELO, Anielly Monteiro de. Tratamento de efluentes industriais através da utilização de plantas na despoluição da água, associado à decantação e filtração lenta. **Científic@-Multidisciplinary Journal**, v.5, n. 2, 2018, p.132-137, 2018. Disponível em: <<file:///C:/Users/mavip/Downloads/2568-Texto%20do%20artigo-8611-3-10-20180516.pdf>>. Acesso em: 19 jul.2021.

BRAGA, C. **Aguapé – *Eichhornia crassipes***. Disponível em: <<https://www.floresefolhagens.com.br/aguape-eichhornia-crassipes/>>. Acesso em: 02 jul. 2021.

CARVALHO, U. L. R.; PEREIRA, Danielle Dutra; MACEDO, Emily; SILVA, Karine da; CIBELI, Mônica; FOLEN, Monica. A importância das aulas práticas de biologia no ensino médio. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 10, 2010, Recife. **Anais...** Recife, out. 2010, p 1-3.

COELHO, José Carlos. **Macrófitas aquáticas flutuantes na remoção de elementos químicos de água residuária**. 2017. 78p. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/151881/coelho_jc_me_bot.pdf?sequence=3>. Acesso em: 25 set. 2021.

CUNHA, D. de O.; SEVERIANO JR, E. O uso do tratamento de esgoto sustentável: o estado da arte das wetlands. **Revista de Tecnologia Aplicada**, v.7, n.3, set./dez. 2018, p.20-35

DOMINGOS, Bárbara S. Bustamante; COSTA, Laíz Marques da; SANTOS, Fabiana Soares dos; PEREIRA, Ana Carolina Callegario; SANTOS, André Marques dos. Avaliação do Potencial de Uso da Biomassa Seca de Aguapé (*Eichornia crassipes*) na Descontaminação de Soluções Aquosas Contendo Nitrato e Zinco. **Cadernos UniFOA**, v.8, n.23, 2013, p. 9-14. Disponível em: <<https://moodlead.unifoa.edu.br/revistas/index.php/cadernos/article/view/104>>. Acesso em: 14 ago. 2021.

DUARTE, L. **Caracterização de resíduos: quais os impactos no meu negócio?** Disponível em: <https://emejr.com.br/caracterizacao-residuos/?gclid=CjwKCAjw2bmLBhBREiwAZ6ugo7dT18MYHxOnvO_q5Z1rN5aesQK8SFd1X0n1Yw8HSZkphJNsZtxKBxoC5CgQAvD_BwE>. Acesso em: 14 ago. 2021.

EFLUENTES industriais: entenda o impacto de descarte sem o tratamento correto, 2019. Disponível em: <<https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/efluentes-industriais-o-impacto-do-descarte-sem-tratamento-correto>>. Acesso em: 14 jul. 2021.
EOS.A situação do consumo e desperdício de água no Brasil. [s.l. s.ed.], 2019. Disponível em: <<https://www.ecoconsultores.com.br/consumo-e-desperdicio-de-agua/>>. Acesso em: 30 jun. 2021.

FLORES, Giuliana. **Plantas que filtram água:** saiba quais são. S.l.: s.ed., 2016. Disponível em: <<https://blog.giulianaflores.com.br/dicas-da-giu/plantas-que-filtram-agua/>>. Acesso em: 14 jul. 2021.

FOLEIS, B. L. de; ISHIBA, Lerissa Ferreira Lima; LIU, Andrea Santos; JUNIOR, Pedro Miranda. **O tratamento de água no contexto do ensino de química.** [s.l. s.ed.], 2015. Disponível em: <<file:///C:/Users/Mavi/Downloads/80-Texto%20do%20artigo-4590-1-10-20190122.pdf>> Acesso em: 30 mar. 2021.

GARCIA, J. H. Fitorremediação. **InfoEscola.** Disponível em: <<https://www.infoescola.com/meio-ambiente/fitorremediacao/>>. Acesso em: 17 ago. 2021.

GOUVEIA, H. A. C.; SANTOS, L. A. dos; CARDOSO, F. H.; SOUZA, R. D. A relevância do tema água no ensino de ciências. **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas, UFSM**, v.14, p.157-171, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/20451>>. Acesso em: 05 jul.2021.

JOHN, L. **Aguapé remove poluentes pesados da água e ainda tem múltiplas utilidades.** [s.l.: s.ed.], 2017. Disponível em: <<https://conexaoplaneta.com.br/blog/aguape-remove-poluente-pesados-da-agua-e-ainda-tem-multiplas-utilidades/>>. Acesso em: 05 jul. 2021.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 4ª.ed. Campinas: Átomo, 2016.

LIED, E. B. **Tratamento de efluente industrial de fecularia utilizando macrófita aquática *Eichhornia Crassipe* e coagulante natural**. 2012. 116p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Toledo - Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Paraná, Toledo, 2012. Disponível em: <http://131.255.84.103/bitstream/tede/1904/1/Eduardo_Lied_2012.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2021.

LUCENA, Júlio Evangelista de. **Adsorção de corantes têxteis por carvão ativado preparado a partir do aguapé (*Eichhornia crassipes*)**. 2014. 100p. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2014. Disponível em: <<http://tedebc.ufma.br:8080/jspui/handle/tede/984> >. Acesso em: 17 ago. 2021.

MACÊDO, J. A. B. de. **Águas & Águas**. São Paulo: Varela, 2001. 505p.

MAFEI, M. O Bombril das águas. **Globo Rural**, Rio de Janeiro, jul. p.40-51, 1988.

MANFRINATO, Eneida Salati. **Avaliação do método edafo-fitodepuração para tratamento preliminar de águas**. 1989. p.98. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1989. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/111133/tde-20190821-115816/pt-br.php> >. Acesso em: 11 out. 2021.

MARTINS FILHO, R. T. **Biossorventes – biomassa de aguapé e esferas de alginato/goma do cajueiro – para adsorção de azul de metileno**. 2012. 113 p. Dissertação (Mestrado em Química) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012. Disponível em: < <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/14904> >. Acesso em: 11 out. 2021.

MARTINS, R. Os piores estados quando o assunto é água e esgoto. **Revista: Exame**, 2017. Disponível em: < <https://exame.com/brasil/os-piores-estados-quando-o-assunto-e-saneamento/> >. Acesso em: 14 set. 2021.

MEDEIROS, R. M. L.; SABAA SRUR, A. U. O.; PINTO, C. L. R. Estudo da biomassa de aguapé, para a produção do seu concentrado proteico. **Food Sci. Technol**, v.19, n.2, maio p.1-3. 1999. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cta/a/y3X5xmb8VRmmGRL8zqWjCCr/?lang=pt>>. Acesso em: 05 jul. 2021.

MEES, J. B. R. **Uso de aguapé (Eichhornia crassipes) em sistema de tratamento de efluente de matadouro e frigorífico e avaliação de sua compostagem.** 2006. 70p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) -Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.

OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. **Avaliação da degradação e toxicidade de formaldeído em reator anaeróbico horizontal de leito fixo.** 2001. 112p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2001. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-29032007-104904/publico/SONIAVALLE_M2001.pdf>. Acesso em: 13 set. 2021.

ONU. **Até 2030 planeta pode enfrentar déficit de água de até 40%.** [s.l.; s.ed.], 2015. Disponível em:<<https://nacoesunidas.org/ate-2030-planeta-pode-enfrentar-deficit-de-agua-de-ate-40-alerta-relatorio-da-onu/>>. Acesso em: 11 maio 2019.

PENA, R. F. A. **Distribuição de água no mundo.** Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/a-distribuicao-agua-no-mundo.htm>>. Acesso em: 30 jun. 2021.

PET. Engenharia Sanitária e Ambiental. **Importancia das macrófitas aquáticas na engenharia sanitária e ambiental.** 2020. Disponível em: <<http://www.petesa.eng.ufba.br/blog/importancia-das-macrofitas-aquaticas-na-engenharia-sanitaria-e-ambiental>>. Acesso em: 25 set. 2021.

POMPÊO, M; MOSCHINI-CARLOS, V. **Concentração de fosforo nas frações de macrófita aquática flutuante Eichhornia crassipes.** São Paulo: USP, s.d. Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=117&Itemid=379>. Acesso em: 29 set. 2021.

POMPÊO, M.L.M. **Culturas hidropônicas, uma alternativa não uma solução.** Anais Sem. Reg. Ecol., São Carlos, SP, 8: 73-80, 1996. Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=29&>. Acesso em: 25 set. 2021.

PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA. Empresa de Engenharia Ambiental. **Indústrias descartam seus efluentes de forma incorreta na natureza,** 2014. Disponível em: <<https://tratamentodeagua.com.br/artigo/industrias-descartam-seus-efluentes-de-forma-incorreta-na-natureza/>>. Acesso em: 29 set. 2021.

POTT, V.J.; POTT, A. **Potencial de uso de plantas aquáticas na despoluição da água.** Campo Grande: Embrapa, 2002. 29p. Disponível em: <<https://core.acuk/download/pdf/33884086.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2019.

RIBEIRO, J. O. A relação teórica e a prática da aplicação dos métodos de ensino. **Brasil Escola.** Disponível em: < <https://monografias.brasilecola.uol.com.br/pedagogia/a-relacao-teorica-pratica-aplicacao-dos-metodos-ensino.htm> >. Acesso em: 29 set. 2021.

SALATI, E. **Controle de qualidade de águas através de sistemas wetlands construídas.** Santo Amaro: CEA/UNESP, 2001, 16p. Disponível em: < <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Controle-de-qualidade-de-%C3%A1gua-atrav%C3%A9s-de-sistemas-Wetlands-constru%C3%ADdos.pdf> >. Acesso em: 14 ago. 2021.

SALATI, E., SALATI FILHO, E. **Utilização de sistemas de wetlands contraídas para tratamento de água.** Piracicaba/SP: Instituto Terra Max, 2009. Disponível em: <<http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/pactodasaguas/2011/12/sistema-wetlands.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

SANTOS, D. B. dos; SOUZA, C. R. de; MOREIRA, L. M. Da educação ambiental à transformação social: reflexões sobre a interdisciplinaridade como estratégia desse processo. **REMEA**, v.34, nº.2, maio/ago. 2017, p. 156-172. Disponível em: < <https://www.seer.furg.br/remea/article/view/7014> >. Acesso em: 26 ago. 2021.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. **Ciências da natureza e suas tecnologias.** São Paulo, 2011. Disponível em: < <https://www.educacao.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/235.pdf> >. Acesso em: 16 jul. 2021.

SOUZA, L. A. de. **Demanda de química de oxigênio.** Disponível em: < <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/demanda-quimica-oxigenio.htm>>. Acesso em: 29 jun. 2021.

SPÓSITO, Thadeu Henrique Novais. **Parâmetros físico-químicos do efluente de ETE do distrito urbano de Montalvão/SP manejado com aguapé.** 2013. 94p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade do Oeste paulista, Presidente Prudente, 2013. Disponível em: <http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UOES_f2f8c714948ccaab9c74a94a3e4b7cc5 >. Acesso em: 25 ago. 2021.

TAVARES, S. R. de L. Uso de wetlands e tecnologias associadas. In: _____. **Remediação de solos e águas contaminadas por metais pesados: conceitos básicos e fundamentos**. Joinville: Clube de Autores, 2013. p. 94-138. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/983652> >. Acesso em: 16 set. 2021.

TEIXEIRA, A. N. C. da S.; SILVA, G. F. da. Uso de aguapé, para absorção de coliformes e metais pesados presentes na água do rio Paraíba do Sul. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.3, mar. 2021, p.27937-27945. Disponível em: <<file:///C:/Users/mavip/Downloads/26620-68395-1-PB.pdf> >. Acesso em: 19 jul.2021.

TRATAMENTO de águas industriais. S.l.:s.ed., 2018. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/tratamento_de_aguas_industriais>. Acesso em: 20 ago. 2019.

VASCONCELOS, M. **Aguapé, a 'praga verde' brasileira que é promessa de solução para rios poluídos**. Londres: BBC News, 2018. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-45659221>>. Acesso em: 19 jul.2021.

VELASCO, C. **Desperdício de água aumenta pelo terceiro ano seguido no Brasil: prejuízo chega a R\$ 12 bilhões, aponta estudo**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2020/06/04/desperdicio-de-agua-aumenta-pelo-terceiro-ano-seguido-no-brasil-prejuizo-chega-a-r-12-bilhoes-aponta-estudo.ghtml> >. Acesso em: 30 jun. 2021.