



UNIVERSIDADE
DO BRASIL
UFRJ

INSTITUTO DE BIOLOGIA–CEDERJ



REMEDIÇÃO DA ÁGUA CONTAMINADA A PARTIR DO USO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO BRASIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Ana Paula Angelina da Rocha

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
POLO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA/RJ

2019



UNIVERSIDADE
DO BRASIL
UFRJ

INSTITUTO DE BIOLOGIA–CEDERJ



REMEDIÇÃO DA ÁGUA CONTAMINADA A PARTIR DO USO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO BRASIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Ana Paula Angelina da Rocha

Monografia apresentada como atividade obrigatória à integralização de créditos para conclusão do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas - Modalidade EAD.

Orientador (a): Msc. Luciana Cristina do Carmo Silva Carvalho.

ORIENTADOR: Profa. MSc. Luciana Cristina do Carmo Silva Carvalho

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
POLO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA/RJ

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

ROCHA, Ana Paula Angelina da

Remediação da água contaminada a partir do uso de macrófitas aquáticas no Brasil: uma Revisão Sistemática. Volta Redonda, 2019. 50 f. il: 31 cm

Orientadora: Msc. Luciana Cristina do Carmo Silva Carvalho.

Monografia apresentada à Universidade Federal do Rio de Janeiro para obtenção do grau de Licenciado (a) no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas – Modalidade EAD. 2019.

Referencias bibliográfica: f.46-50

1. Fitorremediação; Plantas Aquáticas; Degradação; Contaminantes; Biótipo.

I. CARVALHO, Luciana Cristina do Carmo Silva.

II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Licenciatura em Ciências Biológicas – Modalidade - EAD

III. Remediação da água contaminada a partir do uso de macrófitas aquáticas no Brasil: uma Revisão Sistemática.



UNIVERSIDADE
DO BRASIL
UFRJ



instituto de **biologia**
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

ATA - DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO		
NOME DO GRADUANDO (A)		MATRÍCULA
Ana Paula Angelina da Rocha		13114020401
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – IB – UFRJ – EAD – POLO VOLTA REDONDA		
TÍTULO DA MONOGRAFIA		
Remediação da água contaminada a partir do uso de macrófitas aquáticas no Brasil: uma revisão sistemática		
NOME DOS MEMBROS DA BANCA	TÍTULO	ASSINATURA
Orientador Luciana Cristina do Carmo Silva Carvalho	Mestre	
André Luiz Vasconcellos Vargas	Mestre	
Lundoi Tobias Lee	Mestre	
		Data: 28/06/2019
<input checked="" type="checkbox"/> APROVADO (A)		<input type="checkbox"/> REPROVADO (A)
HAVENDO SUGESTÕES NA DEFESA, COLOCAR TÍTULO MODIFICADO DA MONOGRAFIA		
Sr.(a) Coordenador (a): encaminho, em anexo, a versão <u>revisada</u> do Trabalho Final de Curso nos formatos <u>impresso</u> e <u>digital</u> . Atesto que tal versão contempla as sugestões e/ou observações feitas pela banca durante a defesa.		
ASSINATURA DO ORIENTADOR		
LOCAL E DATA Volta Redonda, 28/06/19		
ASSINATURA DO COORDENADOR DO CURSO		
LOCAL E DATA		

Dedico este trabalho ao meu esposo Pablo, pela paciência e compreensão. Foi essencial para a conclusão da minha graduação.

AGRADECIMENTOS

Neste momento tão importante da minha vida eu não poderia deixar de agradecer primeiramente a Deus, pois foi Ele que ao longo desses cinco anos me deu forças mesmo depois de dias exaustivos de trabalho para concluir este trabalho.

A minha orientadora, Luciana Carvalho, que aceitou o desafio e me forneceu meios para chegar até aqui, respondendo meus áudios mesmo à noite e em fins de semana. Muito obrigada pela dedicação.

Ao meu filho Breno, por compreender que por muitas vezes eu estava muito ocupada e não pude dar-lhe atenção como eu gostaria.

A minha sogra Fátima, por fazer muitas vezes o meu papel de mãe, enquanto eu estava tentando conciliar o dia a dia de funcionária, estudante e esposa.

A minha mãe, Irene e também aos meus amigos, obrigada por compreenderem que eu nem sempre estava disponível quando necessário.

Aos meus colegas de CEDERJ em especial a Juliana, Mariane, Carine, Cristiano e Daniela. Obrigada por todo o suporte nos momentos difíceis e pela troca incessante de conhecimento, quando repassávamos as matérias até tarde através de troca de áudios em aplicativos de mensagens. Foram momentos muito importantes e que levarei para sempre em minha memória.

Ao meu pai, José Paulo, que não está carnalmente entre nós, mas sempre me acompanha em espírito.

Pai, formei!

RESUMO

O objetivo do estudo centra-se em apresentar acerca do tratamento das águas contaminadas, apontando o uso de macrófitas aquáticas como estratégia eficiente. As macrófitas aquáticas são organismos presentes nas águas, sendo que sua permanência é de extrema importância no metabolismo do ecossistema por ter um ciclo de nutriente que tem o poder de manter o equilíbrio ambiental. O campo metodológico desta pesquisa direciona-se a um levantamento sistemático que trata sobre o monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas, analisando de forma detalhada os efeitos na qualidade da água, mostrando que sua contribuição tem grande valia na remediação da água contaminada. Como os estudos tratam de classificações, a relevância do tema alinha-se a uma pesquisa de revisão teórica das principais espécies, listando as principais técnicas de fitorremediação utilizadas no Brasil, os efeitos e resultados observados na literatura científica, mencionando espécies utilizadas e os principais poluentes que as macrófitas são capazes de absorver. Os principais resultados apresentados, demonstraram que as macrófitas são capazes de absorver diferentes poluentes e sua eficácia em absorver metais pesados é positiva na maioria dos biótipos deste vegetal, variando de acordo com o poluente utilizado e sua concentração no meio aquático.

Palavras-chave: Fitorremediação; Plantas Aquáticas; Degradação; Contaminantes; Biótipo.

ABSTRACT

The objective of the study is to present about the treatment of contaminated water, pointing out the use of aquatic macrophytes as an efficient strategy. The aquatic macrophytes are organisms present in the waters, and their permanence is of extreme importance in the metabolism of the ecosystem by having a nutrient cycle that has the power to maintain the environmental balance. The methodological field of this research is directed to a systematic survey that deals with the monitoring and management of aquatic macrophytes, analyzing in detail the effects on water quality, showing that its contribution has great value in the remediation of contaminated water. As the studies deal with classifications, the relevance of the theme is aligned with a theoretical review of the main species, listing the main phytoremediation techniques used in Brazil, the effects and results observed in the scientific literature, mentioning the species used and the main pollutants which macrophytes are capable of absorbing. The main results showed that the macrophytes are able to absorb different pollutants and their effectiveness in absorbing heavy metals is positive in most of the biotypes of this plant, varying according to the pollutant used and its concentration in the aquatic environment.

Keywords: Phytoremediation; Aquatic plants; Degradation; Contaminants; Biotype.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Biótipos e zonação de macrófitas aquáticas em um lago.....	15
Figura 2: Método de revisão sistemática	26
Figura 3: Principais campos de busca.....	30
Figura 4: Artigos analisados.....	31

Tabela 1: Biótipos de macrófitas aquáticas	14
Tabela 2: Características.....	14
Tabela 3: Macrófitas Aquáticas	16
Tabela 4: Vantagens e desvantagens do uso de macrófitas	20
Tabela 5: Aquáticas	27
Tabela 6: Tipos Biológicos por exemplos	32
Tabela 7: Flutuantes	33
Tabela 8: Submersas enraizadas	36
Tabela 9: Folhas Flutuantes.....	38
Tabela 10: Emersas.....	39
Tabela 11: Submersas livres	41

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
1.1	CONCEITO E CLASSIFICAÇÃO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS	12
1.2	A IMPORTÂNCIA DAS MACRÓFITAS AQUÁTICAS	15
1.3	MÉTODOS DA FITORREMEDIAÇÃO	18
2.	OBJETIVOS	24
2.2	OBJETIVO GERAL	24
2.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
3.	METODOLOGIA.....	25
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.	CONCLUSÃO.....	45
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

1. INTRODUÇÃO

O consumo de água contaminada pode culminar em diversos impactos negativos à saúde animal e ambiental. Levando, inclusive, no que tange à espécie humana, às doenças como a cólera, hepatite A, giardíase, amebíase e leptospirose. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2017) 63,5% dos brasileiros são atendidos com abastecimento de água tratada, portanto, são quase 35 milhões de brasileiros sem o acesso a este serviço básico. Sabendo que há áreas desprovidas de saneamento básico, pontuando riscos à parcela da população que é consumidora de água imprópria, faz-se necessário ter o conhecimento das técnicas de fitorremediação como meio sustentável, para que se possa lançar mão de um serviço natural e adequado da remediação dos corpos hídricos.

Vários reservatórios foram construídos no século passado. Com a modernização o homem foi buscando controlar a natureza ampliando esses reservatórios nos anos 30 e 70 a principal prioridade era reservar recursos de energias elétricas, sendo que o objetivo está em acumular água para abastecimento público e projeto de irrigação (RODRIGUES, 2014).

Vale ressaltar que, ecologicamente os reservatórios geralmente são usados para transição de rios e lagos com mecanismos de funcionamentos específicos dependentes da bacia e dos usos do sistema, a transição morfométrica e a posição na bacia hidrográfica fazem com que funcionem como um acumulador de informações processadas ao longo de sua bacia hidrográfica essas informações são decodificadas pela comunidade que trata da biologia e reflete que as alterações na composição fitoplanctônica e zooplanctônica tem grande influência no excessivo crescimento de algas tóxicas causando problemas tantos aos animais quanto aos seres humanos (AZEVEDO, 1998). É importante aqui acrescentar que o crescimento das plantas aquáticas pode alterar a qualidade da água que acabam interferindo nos usos múltiplos do sistema, daí a relevância de pesquisas acerca de seu manejo e controle.

Atualmente, as macrófitas aquáticas vêm levantando uma discussão referente à qualidade da água, alguns tipos cientificamente como *Salvinia auriculata* e a *Pistia estratiotes*, causam certa preocupação, pois geralmente são encontradas vegetando as margens de rios e reservatórios empregando tipos de mecanismos para sua sobrevivência. Como são plantas daninhas aquáticas apresentam uma multiplicação independente, tem a capacidade de ocupar lugares disponíveis no qual incida luz (MARCHI, MARTINS, *et al.*, 2009). Cabe salientar que os profissionais envolvidos, precisam atentar-se as formas de controle e monitoramento ao

crescimento dessas plantas aquáticas. Alguns estudos recentes tem apresentado uma nova visão sobre as macrófitas aquáticas, sendo que por muito tempo foram vistas como pragas (POMPÊO, SILVA e MOSCHINI-CARLOS, 2005).

Em uma ótica positiva e cautelosa, pode-se dizer que as macrófitas aquáticas tem importante função para o ecossistema e para a própria comunidade. No estudo teórico iniciado por Pompêo (1999), o autor frisa em sua pesquisa que, além de apresentar algumas experiências brasileiras no controle do crescimento de macrófitas aquáticas, há também a preocupação de apresentar proposta para a criação de um centro de monitoramento e manejo da qualidade da água, com ênfase no estudo das macrófitas aquáticas, particularmente em reservatórios empregados no abastecimento público.

Os estudos com plantas fitorremediadoras podem levar a utilização de espécies que apresentem eficácia para remover os contaminantes de um corpo d'água. O uso de plantas para o tratamento de água contaminada designa-se fitorremediação. Plantas com potencial fitorremediador são capazes de extrair o contaminante in situ e armazená-lo para posterior tratamento ou podem também metabolizá-lo e transformá-lo em substâncias menos tóxicas ou até mesmo inofensivas.

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. Lemnáceas 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*) (POTT e POTT, 2000).

1.1 Conceito e Classificação de Macrófitas Aquáticas

No campo histórico as principais características biológicas das macrófitas são: tendência para acumular biomassa, a aceleração do ciclo de nutrientes, influência marcante na química da água, atuam como substrato para outras algas, detritos e cadeias alimentares de suporte de herbívoros. São importantes componentes estruturais do metabolismo nos ecossistemas aquáticos, onde estão presentes ao longo do ano, por serem favoráveis às condições luminosas

e térmicas (POMPÊO, 1999). Esclarecendo sobre as seleções mais adequadas, Pott e Pott (2000) mencionaram que ao:

Se tratar sobre a escolha de espécies despoluidoras, deve-se sempre utilizar plantas aquáticas nativas, para evitar a introdução de espécies exóticas de plantas e da fauna associada, que poderiam ser invasoras em ecossistemas aquáticos e eliminar as nativas, reduzindo a biodiversidade. [...] propágulos podem ser carregados pela água (por exemplo, “tanner-grass” ou braquiária-d’água (*Brachiaria subquadripara*), no Pantanal, em solos argilosos).

As macrófitas aquáticas são, em sua grande maioria, vegetais terrestres que ao longo de seu processo evolutivo, se adaptaram ao ambiente aquático, por isso apresentam algumas características de vegetais terrestres e uma grande capacidade de adaptação a diferentes tipos de ambientes (o que torna sua ocorrência muito ampla). Plantas aquáticas são denominadas como macrófitas aquáticas (POTT e POTT, 2000).

De acordo com Esteves (1998) as macrófitas aquáticas são adaptáveis e são encontradas em áreas rasas de rios, lagos e reservatórios e ainda podem ser encontradas em cachoeiras e fitotelmos, nas regiões costeiras e água doce, salgada e ainda salobra. Geralmente em ambientes alterados como a cava de exploração de carvão ou em barragem são encontradas essas espécies. As macrófitas enraizadas, por exemplo, têm habilidades de assimilar nutrientes diretamente do sedimento. Vale refletir que, as que estão enraizadas são diferentes das flutuantes, pois as características das flutuantes retiram nutrientes diretamente da massa d’água (ESTEVES, 1998).

Todas as macrófitas exercem um papel importante na remoção de substâncias dissolvidas, assimilando-as e incorporando-as na biomassa. Contudo, a espécie *Eichhornia crassipes*, comumente designada por jacinto-aquático, tem sido a hidrófita mais estudada para o tratamento de água. Mas ressalta-se que o jacinto-aquático é frequentemente considerado uma infestante aquática (MACÁRIO, SARAIVA, *et al.*, 2018).

Existem também plantas enraizadas no solo onde apenas o solo está saturado, não existindo assim água à superfície. As plantas estão adaptadas morfológicamente para crescer em substratos encharcados ou submersos por possuírem aerênquima que possibilitam o transporte de oxigênio para a rizosfera, criando condições aeróbias em ambiente anóxico e estimulando a decomposição de matéria orgânica e o crescimento de bactérias nitrificantes (MACÁRIO, SARAIVA, *et al.*, 2018).

Tabela 1: Biótipos de macrófitas aquáticas

TIPOS BIOLÓGICOS	DEFINIÇÃO
Submersa fixa	Enraizada no fundo, com caule e folhas submersos, geralmente saindo somente a flor para fora da água
Submersa livre	Não enraizada no fundo, totalmente submersa, geralmente emergindo somente as flores
Flutuante fixa	Enraizada no fundo, com caule e/ou ramos e/ou folhas flutuantes
Flutuante livre	Não enraizada no fundo, podendo ser levada pela correnteza, pelo vento ou até por animais
Emergente	Enraizada no fundo, com caules e folhas parcialmente submersos e parcialmente fora d'água
Anfíbia ou semiaquática	Capaz de viver bem tanto em área alagada como fora da água, geralmente modificando a morfologia da fase aquática para o terrestre quando baixam as águas
Epífita	Que se instala sobre outras plantas aquáticas

Fonte: Adaptado de Pompêo (2017).

Tabela 2: Características

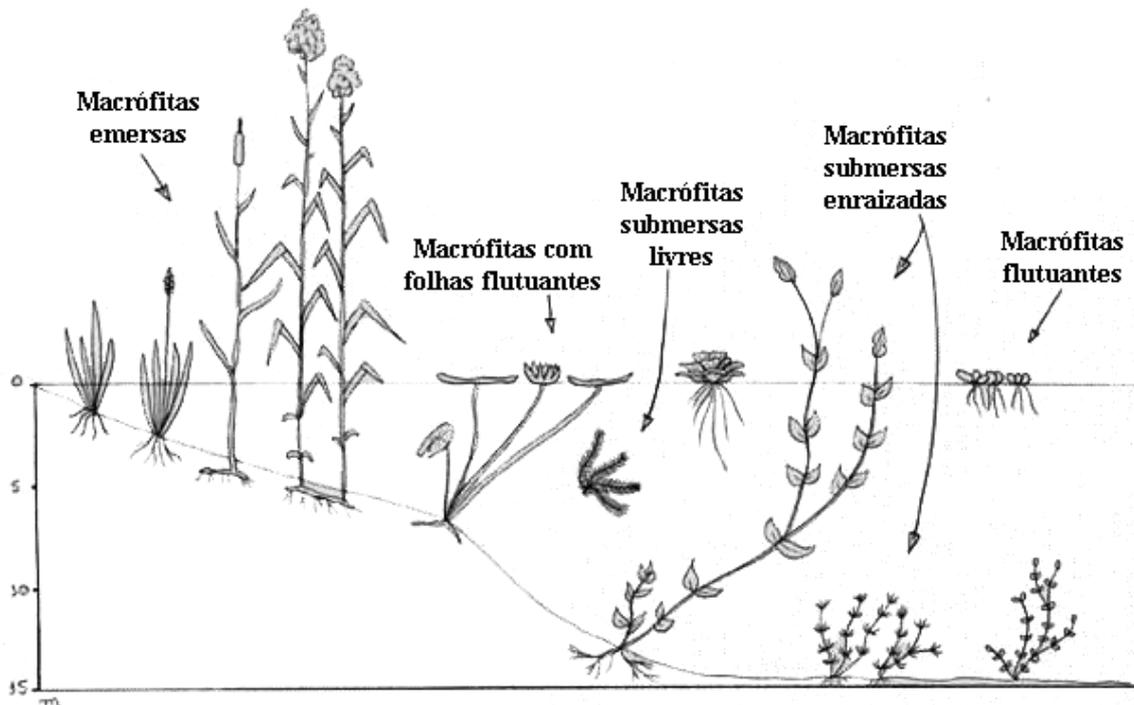
<ul style="list-style-type: none"> • São pobremente lignificadas;
<ul style="list-style-type: none"> • a água 700 vezes mais densa que o ar protege a planta do estresse gravitacional;
<ul style="list-style-type: none"> • a presença de aerênquima aumenta o fluxo de oxigênio em direção à raiz;
<ul style="list-style-type: none"> • apresentam folhas largas e finas, aumentando a superfície de contato para a fixação do CO₂;
<ul style="list-style-type: none"> • muitas espécies se desenvolvem por meio de propagação vegetativa; - inundações são um dos principais meios de dispersão de plantas aquáticas. A eficiência de dispersão depende da flutuação das sementes e da capacidade das plantas de voltarem a crescer a partir de fragmentos;
<ul style="list-style-type: none"> • a concentração de nutrientes afeta a riqueza de espécies, pois maior diversidade é observada para níveis intermediários de concentração de nutrientes; - podem produzir substâncias alelopáticas.

Fonte: Adaptado de Pompêo et al., 1999

Acerca de sua classificação quanto aos tipos biológicos seguem na tabela 1 as respectivas características do desenvolvimento e instalação dos biótipos, conforme Pompêo (2017).

A tabela 2 destaca as principais características demonstradas no grupo e a figura 1, apresenta o gradiente de distribuição da margem até a parte interior do lago que passa pelas macrófitas aquáticas retirando nutrientes presentes no sedimento e ainda as macrófitas flutuantes que retiram os nutrientes da massa d'água.

Figura 1: Biótipos e zonação de macrófitas aquáticas em um lago



Fonte: Adaptado de Esteves, 1998.

1.2 A Importância das Macrófitas Aquáticas

As macrófitas constituem-se em um importante conjunto de ecossistemas aquáticos continentais, entretanto, seu crescimento excessivo pode provocar danos aos usos múltiplos de alguns ambientes. Durante o processo de sucessão ecológica, a maioria dos ecossistemas aquáticos é colonizada, em diferentes graus, pela vegetação aquática. No entanto, explosões populacionais são usualmente decorrentes de ações antrópicas, como introduções de espécies exóticas e alterações de habitats. O conhecimento da ecologia e biologia das espécies de macrófitas que colonizam ecossistemas tropicais ainda é escasso (THOMAZ, 2002).

Esse conhecimento é fundamental para a predição do desenvolvimento da vegetação aquática e para subsidiar as medidas de manejo, quando estas forem necessárias. Os métodos

de controle e manejo são eficazes em pequenos ambientes e sua aplicação pode ser acompanhada por uma série de impactos ecológicos, nem sempre avaliados apropriadamente. O desenvolvimento de métodos com reduzidos impactos ambientais e que sejam eficientes em grandes ecossistemas é um desafio. Deve-se ainda considerar que, embora em algumas situações o manejo seja necessário no sentido de reduzir uma parcela das populações de macrófitas, em outras ele deveria ser utilizado para estimular a colonização e o incremento desta vegetação (THOMAZ, 2002).

É importante apontar que os conjuntos de organismos no ecossistema aquático deixam claro que as plantas aquáticas, por sua vez, têm o ciclo das funções biogeoquímicas e produção de carbono orgânico além da mobilização de fósforo, influenciando diretamente a hidrologia e a dinâmica dos sedimentos através de seus efeitos sobre o fluxo de água dos ecossistemas de água doce (POMPÊO, 2017).

Vale aqui destacar algumas características da macrófitas aquáticas relacionadas ao seu potencial de remoção para Demanda Química de Oxigênio, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Nitrogênio Total e Fósforo, apresentado na tabela 3 conforme levantamento de Mendes (2018).

Do ponto chave do estudo sobre os fatores ambientais, verifica-se que a produção das macrófitas aquáticas é maior em região tropical devido à temperatura mais elevada. Vale observar que a temperatura para o crescimento dessas espécies está entre 20°C e 27°C e máxima de 30°C (POMPÊO, 2017).

As macrófitas também são acumuladoras de metais e podem ser empregadas para avaliar a saúde do corpo d'água como remediadores dos ecossistemas, bem como, podem tratar de efluentes domésticos (POMPÊO, 2017).

Sabendo que os estudos contribuem na viabilidade do uso das macrófitas aquáticas, os métodos serão apresentados verificando como papel em destaque o ecossistema aquático e como vem influenciando a química da água, atuando assim, no substrato para algas, sustentando a cadeia de detritos e de herbivoria, funcionando como compartimento estocador de nutrientes (POMPÊO, 2017).

Tabela 3: Macrófitas Aquáticas

Sistema	Macrófita		Substrato	Porcentagem de Remoção (%)			
	Nome Científico	Nome Popular		DQO	DBO	NTK	P
1	<i>Cyperus papirus nanus</i>	Papiro anão	Brita+areia	75,0%	88,0%		
2	<i>Cyperus papirus nanus</i>	Papiro anão	Brita+areia	93,0%	97,0%		
3	<i>Hemerocallis flava</i>	Lírio amarelo	Brita	72,1%			
4	<i>Hemerocallis flava</i>	Lírio amarelo	Brita	63,7%			
5	<i>Hemerocallis flava</i>	Lírio amarelo	Brita	72,2%			
6	<i>Hemerocallis flava</i>	Lírio amarelo	Brita	70,0%			
7	<i>Typha latifolia</i>	Taboa	Brita	79,0%	83,0%	37,0%	74,0%
8	<i>Oryza sativa L.</i>	Arroz	Solo+areia		98,0%		
9	<i>Typha angustifolia</i>	Taboa	Rachão+solo	41,0%	57,0%		
10	Gramíneas	-	Argila+rachão	86,0%			
11	<i>Lolium multiflorum</i>	Azevém-italiano	Brita			34,3%	57,6%
12	<i>Avena strigosa</i>	Aveia	Brita			26,2%	50,5%
13	<i>Juncus sp</i>	Junco	Cascalho+areia	76,0%		86,0%	100,0%
14	<i>Typha dominguensis</i>	Taboa	Brita+areia		90,4%		
15	<i>Hedychium coronarium</i>	Lírio-do-Brejo	Brita+areia		89,4%		
16	<i>Mentha aquática</i>	Hortelã-da-água	Brita			13,6%	6,3%
17	<i>Vetiveria zizanioides L. Nash</i>	Vertiver	Brita+areia				90,5%
18	<i>Hemerocallis flava</i>	Lírio amarelo	Brita	72,2%	90,8%	52,4%	42,3%
19	<i>Heliconia spp</i>	Caeté	Brita+areia	89,0%	96,0%	33,0%	86,0%
20	<i>Eleocharis sp</i>	-		70,0%			100,0%
21	<i>Eleocharis sp</i>	-		50,0%			100,0%
22	<i>Lemnas</i>	Lentilha-d'água				92,0%	90,0%
23	<i>Canna indica</i>	Beri	Brita				54,0%
24	<i>Vetiveria zizanioides L. Nash</i>	Vertiver	Brita				61,0%
25	<i>Typha latifolia</i>	Taboa	Escória	77,0%	76,0%	17,0%	38,0%
26	<i>Cynodon spp</i>	Grama-bermudas	Brita			15,0%	
27	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	Erva-de-jacaré	Brita			15,0%	
28	<i>Cyperus alternifolius</i>	Papiro chinês	Brita+areia	99,0%	99,0%		
29	<i>Hymenachne grumosa</i>	Carnivão	Brita+areia	81,6%	89,0%	29,6%	51,6%
30	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	Pinheirinha d'água		85,5%	89,0%	32,4%	51,6%
31	<i>Eichhornia crassipes</i>	Aguapé		55,0%	51,0%	64,0%	57,0%
32	<i>Typha dominguensis</i>	Taboa	Areia grossa	70,0%	52,0%	73,0%	16,0%

Fonte: Adaptado de Mendes, 2018, p. 87.

1.3 Métodos da Fitorremediação

A fitorremediação compreende uma série de técnicas de descontaminação de grande relevância, já que, os lançamentos de resíduos contaminantes na água levam ao desequilíbrio ambiental. O Brasil está entre os países mais poluidores do mundo devido à contaminação de resíduos industriais que acabam saturando as redes de saneamento básico e ainda contaminam solo e água (LAMEGO e VIDAL, 2007).

Vale frisar que a fitorremediação cresceu nos Estados Unidos e na Europa, e atualmente, no Brasil também ganha destaque, através da consultoria ambiental que já inclui a fitorremediação na tecnologia. A consultoria ambiental pode indicar qual a melhor planta a ser utilizada de acordo com o contaminante e sua concentração local (LAMEGO e VIDAL, 2007).

Ainda tratando da técnica da fitorremediação os organismos vivos que são utilizados na detecção de poluentes em certas áreas geralmente são submetidos por modificações nos ciclos fenológicos que são acúmulos de elementos nos tecidos ou modificações fisiomorfológicas, são denominados bioindicadores (COELHO, 2017).

Assim a parte que compõem acumulação - sendo que um, o indivíduo é suscetível ao poluente que apresenta mudanças morfológicas e citológicas entre outras e os chamados fitorremediadores que estão no processo de acumulação são espécies capazes de concentrar de forma relativa, elevados dados de poluentes, mas sem danificar o meio ambiente (COELHO, 2017).

Macrófitas aquáticas de características flutuantes tem o poder de responder com a maior eficácia a remoção de nutrientes do que às enraizadas (MARONEZE, ZEPKA, *et al.*, 2014).

É importante mencionar que o tratamento de efluente vem sendo comprovado principalmente, no ato de remoção de elementos, o desempenho da espécie *Lemna valdivianana* para remoção de nutrientes, através da água residuária proveniente de aquicultura tem por eficiência o ato de remover de P de 94%, o potencial de *Spirodela oligorrhiza*, constatou remoções na ordem de 89,4% de P a partir de efluentes de dejetos de suínos (COELHO, 2017).

Esse diferencial consiste que o subproduto através da biomassa pós-colheita determina uma composição centesimal da biomassa seca de *Lemna Gibba* tendo teores de proteínas, carboidratos, minerais e lipídeos em valores de aproximadamente 42, 18, 16 e 4%,

respectivamente, comprovando o potencial de reutilização da biomassa para a ração animal e até produção de bioetanol (COELHO, 2017).

Dessa forma, os metais pesados, e as plantas de forma geral, apresentam uma variação tanto na absorção, que geralmente é realizado pelas raízes como também o órgão vegetal que está envolvido nesse processo lembrando que os metais pesados são encontrados nesta parte da planta (COELHO, 2017).

Alguns tipos de poluentes carcinogênicos são liberados de forma devastadora, pois são os derramamentos de combustíveis e solventes (tricloroetileno), explosivos como armas químicas e usos de inseticidas, fungicidas, herbicidas, fertilizantes ou resíduos industriais. Os poluentes inorgânicos são caracterizados como elementos naturais na crosta terrestre ou atividade na atmosfera. Esses tipos de poluentes não podem ser degradados e sim fitorremediados devido às atividades humanas, industrialização e agricultura que acabam liberando estes contaminantes para o meio ambiente (LAMEGO e VIDAL, 2007).

Esses tipos de poluentes inorgânicos que são fitorremediados são importantes para as plantas, pois se incluem macro e micronutrientes (nitratos, fosfato, cobre e zinco) importantes na constituição e processos vitais para as plantas. O cromo, também fitorremediado por algumas espécies, não possui essencialidade comprovada na nutrição das plantas, porém é requerido pelos microrganismos em alguns processos metabólicos específicos (CASTILHOS et al., 2001).

Das técnicas da fitorremediação, a capacidade de assimilação de contaminantes por macrófitas aquáticas enseja o desenvolvimento de uma biotecnologia que pode reunir tanto a sustentabilidade quanto a economia. Isso mostra que adsorção dos micronutrientes através do sistema radicular, pode ajudar a autodepuração de lagos, rios e o resultado estão na alteração dinâmica e do grau de trofia do ecossistema límnic, essa técnica torna-se interessante, pois recupera os corpos hídricos (OLIVEIRA, 2017). Apresentam-se na Tabela 4, algumas das vantagens e desvantagens que envolvem a fitorremediação no caso nos parâmetros de qualidade da água.

Sobre os tipos de fitorremediação, existem vários métodos diferentes e a técnica dependerá de variáveis como as propriedades do poluente a ser degenerado/removido e de alguns outros fatores, como por exemplo, se a água poluída irá ser reutilizada ou não após o tratamento. Dentre os métodos de remediação, existe a fitoextração, caracterizando os contaminantes e a absorção, como íons metálicos, pelas raízes, sendo então transportados e

acumulados nas partes aéreas (folha, flor, fruto e caule). Não ocorre nenhum tipo de degradação neste método (SANTANA, SOARES, *et al.*, 2016).

Tabela 4: Vantagens e desvantagens do uso de macrófitas

	DESCRIÇÃO
VANTAGENS	Aplicabilidade simples
	Não necessita de operadores com qualificação profunda
	Custo baixo
	Manutenção simples
	Muito eficaz para remoção de matéria orgânica dissolvida
DESVANTAGENS	Requer uma área de uso extensa
	Probabilidade de maus odores
	Processo relativamente lento

Fonte: Adaptado de Santana, Soares, *et al.*, p. 111, 2016.

A técnica fitodegradação utiliza o metabolismo da planta e microrganismos da rizosfera para obter a quebra dos contaminantes. Estes processos podem ocorrer por metabolização interna ou externa através de enzimas fabricadas pela planta. Além disso, estas plantas liberam substâncias que colaboram no transporte, armazenamento e metabolismo dos agentes contaminantes (MEJÍA, ANDREOLI, *et al.*, 2014).

A técnica fitoestabilização é utilizável em solos, sedimentos e efluentes poluídos com metais pesados, mas esta técnica é efetiva somente sob baixa concentração de poluentes no meio. Pode-se deduzir que planta não incorpora a substância em seus tecidos e sim, apenas os estabiliza no meio (MEJÍA, ANDREOLI, *et al.*, 2014).

Na fitovolatilização, os poluentes são sugados pela raiz transformando-se em formas não tóxicas e depois liberados na atmosfera. Na rizodegradação, através de estímulos como otimização dos nutrientes, ocorre um maior desenvolvimento da planta e crescimento da raiz, esse crescimento estimulado promove uma maior atividade biológica em torno das raízes e aumento a proliferação de microrganismos degradativos na rizosfera, que aceleram a digestão dos poluentes no ambiente. As raízes emitem compostos gerados pela própria planta com

potencial fitorremediador pela atividade biológica existente na rizosfera. Esta técnica destrói contaminantes com baixo custo de instalação e manutenção (MEJÍA, ANDREOLI, *et al.*, 2014).

A técnica rizofiltração trabalha com plantas aquáticas, e estas usam seu sistema radicular retendo poluentes resistentes como os íons metálicos e substâncias radiativas. Por fim, no processo fitoestabilização as plantas servem para limitar a mobilidade e a biodisponibilidade de poluentes em ambientes como solo e aquáticos (MEJÍA, ANDREOLI, *et al.*, 2014).

Os estudos vêm comprovando sobre as espécies que, apresentam capacidades de assimilação de poluentes e ainda ajudam na remoção de fósforo em sistemas lóticos do clima tropical, ainda há a capacidade de restauração, pois atuam como ciclagem e estocagem de nutrientes em ambientes eutrofizados principalmente na presença de compostos fosfatados (SILVÉRIO, 2017).

Tratando sobre a parte eficiente que define o melhor planejamento e manejo adequados envolvendo ainda o custo benefício e o aproveitamento de cada material gerado, destinado à biomassa das macrófitas aquáticas, tem-se que depois do processo de fitorremediação, essas podem ainda ser submetidas a um processo biológico aeróbico . Esse processo se trata da decomposição microbiana de oxidação e oxigenação de uma massa não homogênea, transformando resíduos orgânicos e ainda os estabilizados com propriedades e características completamente diferentes do material que lhe deu origem (COELHO, 2017). Ressalta-se que esses materiais passam por três etapas:

A primeira descrita pelo desprendimento de calor, vapor d'água e gás carbônico, desenvolvendo ácidos minerais, com efeito danoso sobre as plantas, em que a temperatura necessária é de 25 a 40°C; a segunda etapa abrange a fase de semicura, em que depois de 10 a 20 dias o material entra no estado de estabilização, e o composto atinge temperaturas de 50 a 55°C; a terceira é a fase de maturação, em que ocorre a degradação da matéria orgânica, onde o composto adquire propriedades físicas, químicas e biológicas de húmus, sendo que as alterações essenciais que ocorrem no composto durante o processo de compostagem referem-se à temperatura, umidade, pH e relação carbono/nitrogênio.

O equilíbrio entre água e o ar é essencial para que o processo ocorra idealmente, obtido mantendo-se umidade em torno de 55%. No processo de aeração das leiras é importante como garantia de um ambiente aeróbio evitar certos cheiros e também moscas isso é feito pelo manual ou de forma mecânica na compostagem de aguapés em leiras de 6 a 8 pés de altura, ou seja,

leiras de 1,8 a 2,4 metros recomendam que as pilhas formadas sejam revolvidas pelo menos uma vez por mês para garantir a aeração e para atingir a compostagem completa sejam mantidas por um período de 3 a 6 meses, dependendo da temperatura e da frequência de revolvimento das leiras (COELHO, 2017).

Alguns estudos apontam acerca da compostagem feita dos aguapés em leiras, durante um período de 3 meses, os quais efetuaram o revolvimento das leiras quinzenalmente nos dois primeiros meses e mensalmente no terceiro mês, com umidade controlada a 60% (COELHO, 2017).

Há o aguapé empilhado que é entreposto geralmente com esterco suíno e também terras ricas e húmus e as leiras reviradas em períodos de 10 a 15 dias, com a fermentação completa do composto ocorrendo num período de 60 a 70 dias, e nesse período, caso o composto não apresente uma coloração marrom escura, típica de terra vegetal, deverá permanecer mais tempo nas leiras de compostagem. Alguns autores recomendam o aproveitamento dos aguapés como adubo por meio da mistura com produtos químicos ou estrume (COELHO, 2017).

Esses métodos podem beneficiar por meios de vários métodos sejam químicos do efluente, por massa da planta, acúmulos de elementos químicos, química vegetal e a massa de matéria fresca e seca da planta, no delineamento experimental e tratamentos.

Sem esgotar suas vantagens, há as técnicas de catalisadores de purificação com várias reações químicas e bioquímicas na rizosfera. Isso mostra que a fitorremediação tem como destaque o processo de despoluição de sistemas aquáticos.

Coelho (2017) definiu sobre as plantas herbáceas que crescem na água em solos cobertos por água ou em solo saturados com água tem sido definido atualmente, como plantas de origem macroscópicas de vegetais superiores, enraizadas em ambiente aquático, visíveis a olho nu, cujas partes fotossintetizantes ativas estão permanentemente, ou por diversos meses, todos os anos, total ou parcialmente submersas em água doce ou salobra, ou ainda flutuantes na mesma com grande capacidade de adaptação a diferentes tipos de ambientes.

Esses vegetais podem funcionar como indicadores da qualidade da água, pois são responsáveis por importantes funções nos ecossistemas aquáticos isso significa que sua estrutura espacial dos habitats, influenciam na sedimentação e na retenção de nutrientes. É importante mencionar que as macrófitas compreendem espécies, na quais incluem: macroalgas,

musgos, pteridófitas, angiospermas, de origem terrestre adaptada para viverem em ambiente aquático que ocorrem tanto em ambiente mais seco como também na submersas na água (COELHO, 2017).

Vale lembrar que os rios e riachos, influenciam na retenção de nutrientes tanto nas características químicas e físicas e que pode influenciar na velocidade do fluxo de água. Destaca-se também que as macrófitas aquáticas tem um grande potencial no aproveitamento da biomassa com produção de adubação orgânica, compostagem e ainda alimentação animal (COELHO, 2017)

Pode aqui apresentar que o desenvolvimento das macrófitas em reservatório implica que, com relação ao grau de desenvolvimento são associados aos fatores de profundidades, com o índice de desenvolvimento de margem, o grau de exposição ao vento, declividade das margens além da contribuição de nutrientes e dos padrões de flutuação dos níveis de água. Dessa forma, é esperado que o maior desenvolvimento de macrófitas em reservatório possa ser de menor profundidade pois isso leva maior disponibilidade de nutrientes e elevados valores do índice de desenvolvimento de margens (AGEVAP, 2012).

Ainda no contexto que envolvem as macrófitas aquáticas que estão nos reservatórios, precisam de certo controle, pois podem acarretar prejuízos como no caso redução de fluxo de água, obstrução e ainda proliferação de insetos, caramujos transmissores de doenças (AGEVAP, 2012).

Para Pompêo (1999) vale apresentar que a atividade de manejo só pode ser aplicada após a avaliação da importância das macrófitas para o ecossistema. O manejo das macrófitas aquáticas implica num certo grau de impacto ao ecossistema em questão, o que pode impedir o método utilizado.

Insta-se a importância do planejamento analisando os pontos como: Avaliação dos riscos ambientais, monitoramento dos impactos, adoção de políticas conjuntas de manejo, as principais necessidades técnicas para tais aplicabilidades, ou seja, um método menos impactante.

2. OBJETIVOS

2.2 Objetivo Geral

Realizar um levantamento bibliográfico, a partir da metodologia de revisão sistemática, sobre a fitorremediação de águas contaminadas no Brasil, apresentando os métodos de ação e a atuação de macrófitas aquáticas capazes de reduzir ou eliminar resíduos e contaminantes dos corpos hídricos.

2.3 Objetivos Específicos

- Pontuar resultados relevantes da pesquisa científica acerca da fitorremediação a fim de contribuir para a sua discussão;
- Apresentar a atuação das principais espécies de plantas aquáticas utilizadas na fitorremediação agrupadas por seus respectivos biótipos.

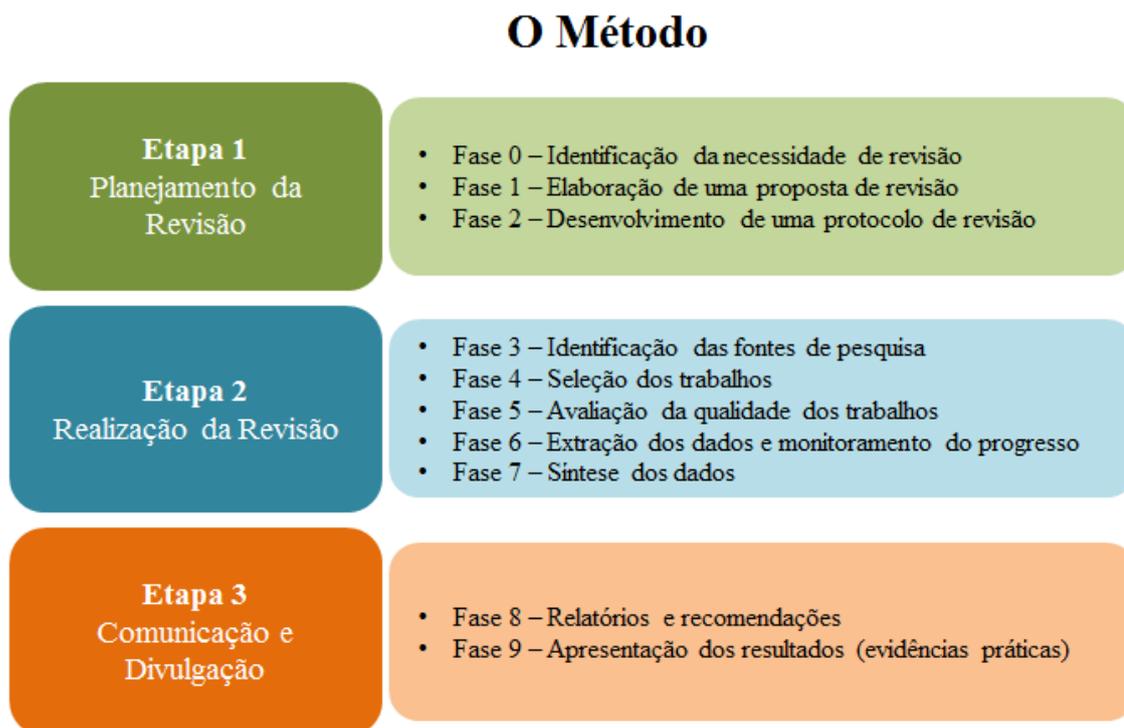
3. METODOLOGIA

Essa pesquisa segue o formato de uma revisão sistemática, a qual desenvolve uma busca de artigos nas bases de dados do CAPES, na biblioteca Scielo, em Revistas de Periódicos e Repositórios Online de Artigos. A revisão sistemática caracteriza pesquisas a serem coletadas para uma discussão teórica utilizando autores, literatura, artigos publicados, mas buscando filtrar, analisar e descrever sobre o tema por meios de pontos importantes a serem discutidos.

Ramos, Faria e Faria (2014) vem defendendo e incentivando a importância da reflexão sobre área de conhecimento científico de forma criteriosa através das fontes bibliográficas.

São apresentadas três etapas que envolvem a revisão sistemática em um estudo conciso e efetivo, descritas por Loureiro (2012):

Figura 2: Método de revisão sistemática



Fonte: Loureiro (2012)

Segundo Loureiro (2012) o estudo precisa ser amplo para facilitar a dissertação, buscando fontes importantes que estão relacionados com o tema, os principais pontos, palavras-chave, estudos identificados e os que serão excluídos da pesquisa.

Essa pesquisa se sucedeu pela busca dos seguintes termos: fitorremediação, macrófitas aquáticas, plantas aquáticas, descontaminação de corpos hídricos, bioindicadoras da qualidade das águas e biótipos – nesse último a busca foi de uma palavra por tipo, ou seja, uma pesquisa para submersas, outra para emersas e etc. Com esses termos foram encontrados aproximadamente 958 resultados. Entre esses, foram selecionados os estudos que atendessem os seguintes critérios de inclusão: 1981 a 2019 os últimos 38 anos.

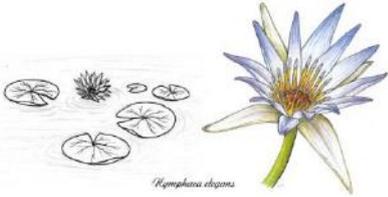
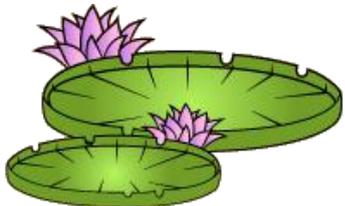
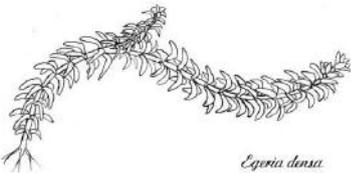
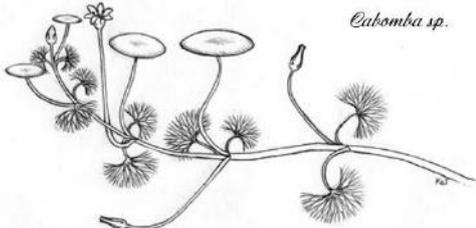
Seguindo esse princípio, dessa amostra, 45 artigos de relevância foram selecionados para serem analisados. Os artigos selecionados foram submetidos a uma primeira leitura, para que houvesse uma compreensão ampla dos estudos, sendo que o último acesso ocorreu em Junho de 2019. Posteriormente, a análise qualitativa foi registrada para discussão através de um quadro comparativo organizado por tipos biológicos, contendo: o nome do autor, o ano de publicação, método utilizado, espécies de macrófitas empregadas e os resultados do estudo.

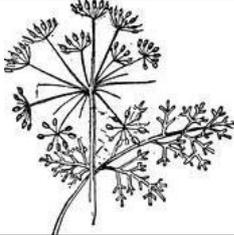
Subsequente ao levantamento bibliográfico, as informações foram distribuídas e ordenadas em tabelas do software Microsoft Office Excel®, com estabelecimento da análise percentual e, por conseguinte, construção dos gráficos e tabelas, para discussão dos resultados.

Assim, na tabela 6, será tratada a classificação de macrófitas aquáticas e suas principais características, algumas das quais foram estruturados os resultados.

Tabela 5: Aquáticas

CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS	EXEMPLOS (Nome popular)
<p>Macrófitas aquáticas emersas</p>	<p>Enraizadas no sedimento, porém as folhas crescem para fora da água</p>	<p>Junco</p>  <p><i>Eleocharis sp.</i></p>

		<p>Taboa</p>  <p><i>Typha domingensis</i></p>
Macrófitas aquáticas com folhas flutuantes	Enraizadas no sedimento e com folhas flutuando na superfície da água	<p>Lírio d'água</p>  <p><i>Nymphaea elzevirii</i></p>
		<p>Vitória-régia</p> 
Macrófitas aquáticas submersas enraizadas	Enraizadas, crescendo totalmente debaixo d'água.	<p>Elódea</p>  <p><i>Egeria densa</i></p>
		<p>Cabomba</p>  <p><i>Cabomba sp.</i></p>
Macrófitas aquáticas submersas livres	Permanecem flutuando debaixo d'água. Podem se prender a pecíolos e	<p>Utriculária</p>

	caules de outras macrófitas	
Macrófitas aquáticas flutuantes	Flutuam livremente na superfície da água	Alface D'água  <i>Pistia stratiotes</i>
		Aguapé  <i>Eichhornia crassipes</i>
		Orelha-de-rato  <i>Salvinia sp.</i>

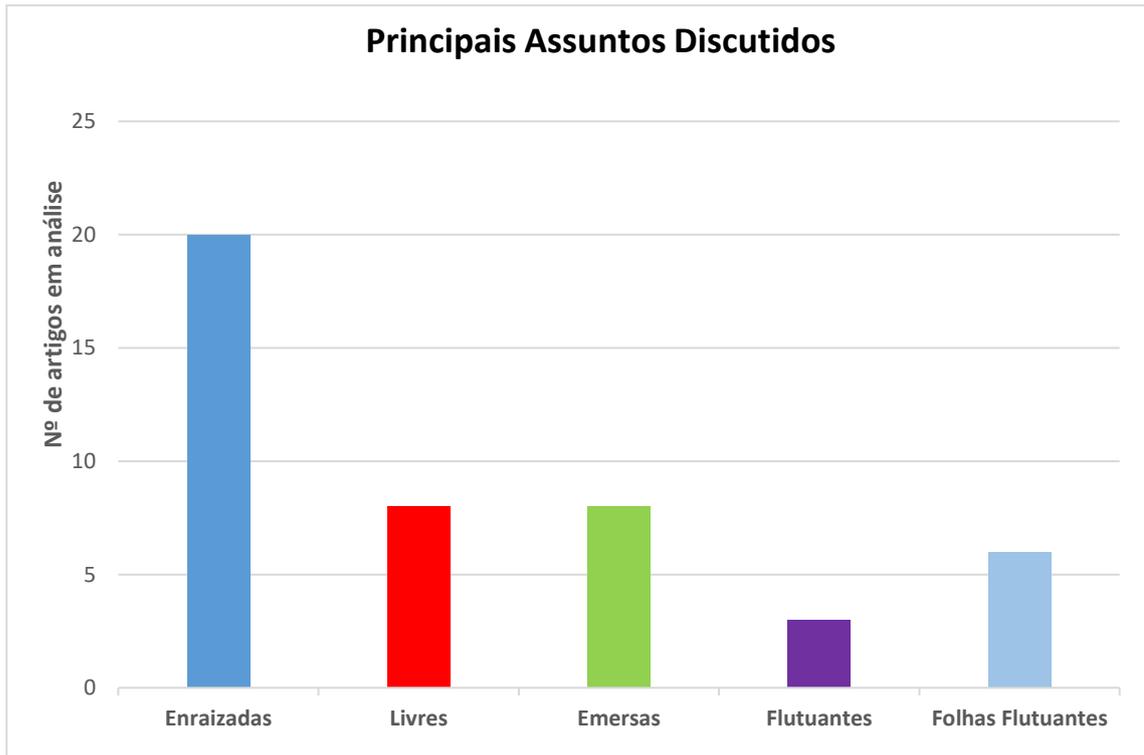
Fonte: UFSCAR, 2019.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Trata-se sobre as plantas aquáticas e a fitorremediação, no qual foram coletados estudos sobre o controle, as macrófitas aquáticas, biótipos e o tratamento propriamente dito. A figura 3 apresenta a distribuição acerca dos 45 artigos selecionados com os devidos valores absolutos por biótipo.

A pesquisa não se trata dos biótipos e nem do controle, apenas será apresentada a classificação que envolve a importância das macrófitas dos tipos emersas, flutuante, submersas, enraizadas, submersas livres e com folhas flutuantes (THOMAZ, 2002).

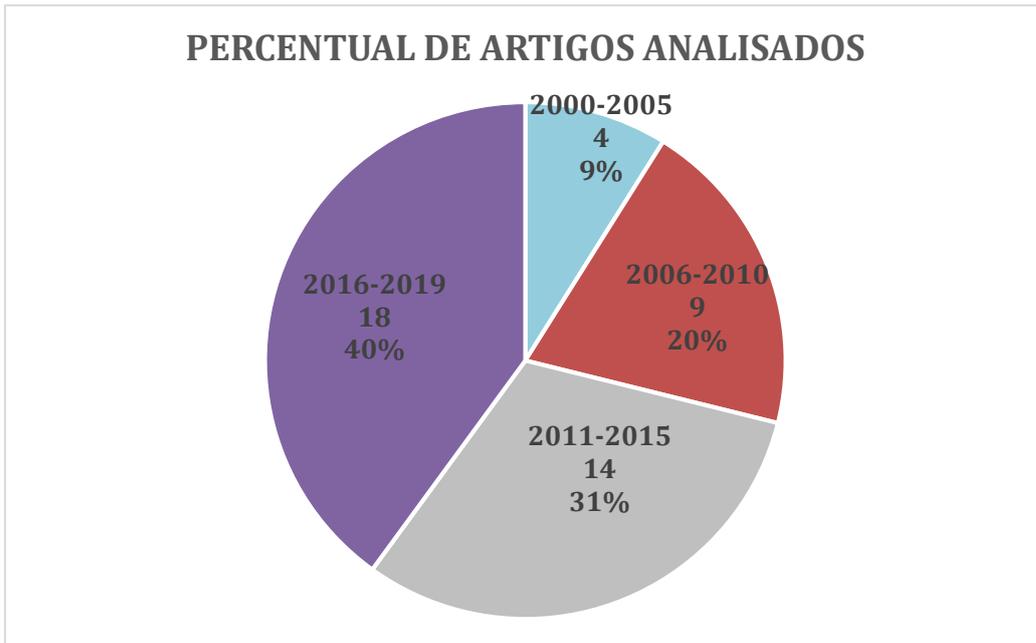
Figura 3: Principais campos de busca.



Fonte: Autora, 2019

Na figura 4 consta a distribuição percentual dos artigos selecionados sob seus respectivos anos de publicação.

Figura 4: Artigos analisados.



Fonte: Autora, 2019

O estudo foi feito por uma coleta de dados sobre os tipos de macrófitas aquáticas de forma separadas, lembrando que essas espécies vivem em brejos e até mesmo em ambientes verdadeiros aquáticos.

Na tabela 6, serão relacionados alguns tipos biológicos e o nome científico de algumas espécies. Em seguida, na tabela 7, que relaciona as espécies flutuantes; na tabela 8, submersas enraizadas; na tabela 9, folhas flutuantes; na tabela 10, emersas e na tabela 11, submersas livres; serão apresentados alguns resultados de estudos de diferentes autores, de acordo com seus objetivos e métodos.

:

Tabela 6: Tipos Biológicos por exemplos

TIPOS BIOLÓGICOS	DEFINIÇÃO	EXEMPLOS (Nome científico)
Emersas	Plantas enraizadas no sedimento apresentando as folhas acima da lâmina de água	<i>Echinochloa</i> <i>Scirpus lacustres</i> <i>Phragmites australis</i> <i>Thypha domingensis</i> <i>Thypha latifolia</i> <i>Thypha orientalis</i> <i>Canana flaccida</i> <i>Gyneria máxima</i> <i>Eleocharis sphacelata</i> <i>Iris pseudocorus</i> <i>Colocasia esculenta</i>
Submersas	<p>Pode ser Flutuante e Enraizada Sendo que a enraizada fica no fundo, com caule e folhas submersos, geralmente saindo somente à flor para fora da água.</p> <p>Plantas que apresentam raízes pouco desenvolvidas, flutuando submersas em águas tranquilas, presas as estruturas de outras plantas aquáticas.</p>	<i>Vallisneria</i> <i>Nitella</i> <i>Utricularia</i> <i>Egeria densa</i> <i>Ceratophyllum demersum</i> <i>Elodea nuttallii</i> <i>Myriophyllum aquaticum</i>
Flutuantes	<p>Tipos de flutuantes</p> <p>Enraizada no fundo, com caule e/ou ramos e/ou folhas flutuantes</p> <p>Plantas que se desenvolvem flutuando livremente no espelho de água</p>	<i>Enydra anagallis</i> <i>Gardner</i> <i>Eichhornia crassipes</i> <i>Limnobium</i> <i>Lemna minor</i> <i>Azolla caroliniana</i> <i>Pistia stratiotes</i> <i>Lagrosiphon major</i> <i>Salvinia rotundifolia</i> <i>Spirodela polyrhiza</i> <i>Wolffia arrhiza</i> <i>Hydrocolyle umbellata</i> <i>Lemna gibba</i>
Semiaquáticas ou Anfíbias	Capaz de viver bem tanto em área alagada como fora da água, geralmente modificando a morfologia da fase aquática para a terrestre quando baixam as águas.	<i>Ludwigia multinervia</i> <i>Ramamoorthy</i>

Fonte: adaptado de Pompêo (2017).

Tabela 7: Flutuantes

AUTOR DO ESTUDO	CONTEXTO Objetivos / Métodos	RESULTADOS DO ESTUDO
<i>Pistia stratiotes</i>		
Miretzky et al., 2004	Avaliar o uso de <i>Pistia stratiotes</i> na remoção de Ferro, cobre, zinco, manganês, cromo e chumbo.	A fitorremediação envolve rizofiltração, fitoestabilização e fitotransformação / fitodegradação. A macrófita <i>Pistia stratiotes</i> L., tem sido amplamente utilizada para fitorremediação. <i>Pistia stratiotes</i> foi usada em experimentos de laboratório para a remoção de vários metais pesados (Fe, Cu, Zn, Mn, Cr e Pb) resultantes da atividade antrópica e os resultados obtidos foram eficientes e satisfatórios.
Zhenli 2011	Verificar o potencial de <i>Pistia stratiotes</i> na remoção de Alumínio, Cálcio, cádmio, Cobalto, Cromo, Cobre, Ferro, Potássio, Níquel, Chumbo e Zinco.	Análises laboratoriais e de campo foram realizadas para avaliar a absorção de metais (Al, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb e Zn) por uma planta aquática, alface-d'água (<i>Pistia stratiotes</i> L.) e distribuição de metal na planta. Resultados demonstraram que <i>Pistia stratiotes</i> é capaz de remover com eficiência contaminantes metálicos.
Mufarrege et al., 2010	Os efeitos da exposição ao Cr, Ni, Zn e P na estrutura anatômica da raiz, crescimento e concentração de clorofila a de <i>Pistia stratiotes</i> L. foram estudados. Aquários de plástico contendo 50 g de plantas	Condições de contaminação foram feitas sete vezes. Em cada adição, foram adicionadas concentrações de 1 mg de metais ou 5 mg de P por litro de água. A clorofila a

	<p>húmidas e 5 L de água da lagoa adicionados com o (s) contaminante (s) foram eliminados. Os tratamentos foram: (1) Cr, (2) Ni, (3) Zn, (4) P, (5) Cr + Ni + Zn, (6) Cr + Ni + Zn + P, e (7) controle</p>	<p>foi um indicador mais sensível à toxicidade de Zn e Cr do que a taxa de crescimento relativo. Os tratamentos Ni e Cr + Ni + Zn foram os mais tóxicos, nos quais a biomassa e os parâmetros anatômicos radiculares (comprimento da raiz, área de secção transversal [CSAs] dos vasos da raiz, estela e metaxilema) diminuíram significativamente. A adição de P ao tratamento com metais combinados atenuou a diminuição no crescimento das plantas e no comprimento das raízes, e causou um aumento significativo nas CSAs dos vasos totais de metaxylem, sugerindo que P aumentou a tolerância de <i>P. stratiotes</i> a metais. Este fato tem importantes implicações para o uso desta macrófita em áreas úmidas construídas para o tratamento de efluentes industriais.</p>
<p>Miretzky et al.,2006</p>	<p>O objetivo de avaliar a bioacumulação em <i>Pistia stratiotes</i> do metal cromo, visando analisar seu potencial como organismo teste em bioensaios e a recomendação de sua utilização em biorremediação perante os sérios problemas ambientais que estes podem causar.</p>	<p>Foi verificado neste experimento a diminuição das plantas em relação o controle, sendo que o cromo interfere de forma significativa no crescimento das plantas. Em se tratando da concentração de solução observou que 1,7 a 6,0 mg Cr L⁻¹ na solução nutritiva que diminuiu os conteúdos da clorofila a, b total de <i>P. stratiotes</i> a variação da clorofila mostrou um bom indicador da contaminação por cromo podendo ser utilizado com parâmetro de bioacumulação.</p>

<i>Eichhornia crassipes</i>		
Palmas – Silva et al., 2012	Despoluir através do uso da <i>Eichhornia crassipes</i> , a poluição do Lago dos Biguás, que possui aproximadamente 1½ hectare, eutrofizado pela entrada de fezes de aves, com ocorrência de crescimento excessivo de microalgas e grande mortalidade de peixes.	Os resultados mostram que a absorção de nutrientes por <i>Eichhornia crassipes</i> aumentou conforme o tempo de permanência das plantas no lago. O conteúdo de nitrogênio (Nt) nos tecidos aumentou 2,6 vezes o seu valor inicial, passando de 10,87 g.kg ⁻¹ para 28,50 g.kg ⁻¹ . O conteúdo de fósforo (Pt) aumentou 1,8 o seu valor inicial, passou de 3,29 g.kg ⁻¹ para 5,87 g.kg ⁻¹ . Portanto, ambos os valores de Nt e Pt não atingiram o valor médio encontrado nas plantas presentes nos canais pluviais, indicando que a planta ainda tem condições de acumular maior concentração destes nutrientes em seu crescimento.
Oliveira, 2014	Analisar a influência do macronutriente fósforo na bioacumulação do chumbo através do uso da macrófita <i>Eichhornia crassipes</i> .	A absorção de íons de chumbo pela macrófita nas partes de raízes e folhas foi facilitada por altas concentrações de fósforo nas soluções de cultivos.
Gonçalves, Schawarszbold & Jasper, 2009	Utilizar a macrófita aquática <i>Eichhornia crassipes</i> na remediação de elementos químicos encontrados presentes em estações de tratamento do couro, sendo para isso utilizados tanques com e sem plantas aquáticas.	Os resultados obtidos neste estudo comprovam que a presença de <i>Eichhornia crassipes</i> é eficiente na remoção do cromo. Para os demais parâmetros, o tempo de permanência de 05 dias em tanque, demonstrou redução dos outros poluentes.

Fonte: Autora (2019)

Tabela 8: Submersas enraizadas

AUTOR DO ESTUDO	CONTEXTO	RESULTADOS DO ESTUDO
<i>Elodea canadensis</i>		
Thiébaud et al., 2016	O objetivo desse estudo é analisar o teor dos metais em plantas, sedimentos, água de alguns locais poluídos e também analisar o impacto da contaminação por metais no consumo de plantas macroinvertebrados na concentração de Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn e Fe além do S.	Os resultados mostraram o acúmulo de metal que variou de acordo com o local e a temperatura sendo assim, foi observado a capacidade de captar metal foi semelhante em <i>E.canadensis</i> e em <i>E nuttalli</i> , nenhum acúmulo significativo de metais sazonais foi estabelecido para plantas ou sedimentos.
<i>Cabomba piauhyensis</i>		
Kalssemann, 2003	Foram utilizados o potencial de três espécies de plantas aquáticas submersas (<i>Cabomba piauhyensis</i> , <i>Egeria densa</i> e <i>Hydrilla verticillata</i>) para a fitorremediação de As, Al e Zn. As plantas foram expostas por 14 dias em condições hidropônicas para minerar efluentes de águas residuais, a fim de avaliar a adequação das plantas aquáticas para remediar concentrações elevadas de metais na água residual de minas.	A capacidade dessas plantas para acumular os metais estudados e sobreviver ao longo do experimento demonstra o potencial dessas plantas para remediar a água enriquecida com metais, especialmente para o efluente de drenagem de minas. Entre as três plantas aquáticas testadas, <i>H. verticillata</i> foi a espécie de planta mais aplicável (84,5%) e adequada para fitorremediar metais elevados e metalóide em águas residuais relacionadas com minas.
<i>Cabomba caroliniana</i>		
Feres et al., 2003	O objetivo deste estudo foi explorar o potencial de três plantas aquáticas, jacinto de água, cabomba e salvinia, como substratos para a digestão anaeróbica. Um conjunto de quatro digestões em lote em	Os resultados das digestões em escala piloto mostram que ambos os aguapés e cabomba são prontamente degradáveis, produzindo 267 L de biogás kg ⁻¹ VS e 221 L de biogás kg ⁻¹ VS, respectivamente, com um teor de metano de

<p>escala piloto foi realizado para avaliar o rendimento e a qualidade (% metano) do biogás de cada espécie de planta e a taxa de degradação. Um conjunto de 56 testes de potencial biológico de metano (BMP) de pequena escala (100 mL) foi desenvolvido para testar a repetibilidade das digestões e o impacto da secagem e adição de nutrientes.</p>	<p>aproximadamente 50%. Há evidências de que o reator alimentado por cabomba vazou no meio da digestão, portanto, o rendimento do biogás é potencialmente maior do que o medido neste caso. <i>Salvília</i> provou ser menos facilmente degradável com um rendimento de 155 L biogás kg⁻¹ VS a uma qualidade de 50% de metano. Os BMPs mostraram que a variabilidade era baixa para aguapé e cabaça, mas alta para salvília. Eles também mostraram que a adição de solução nutritiva e estrume não aumentou significativamente os rendimentos de biogás e que a secagem foi prejudicial à degradabilidade anaeróbia de todos os três substratos. Com base nesses resultados, o tratamento do jacinto e da cabomba por digestão anaeróbica pode ser recomendado.</p>
---	--

Fonte: Autora (2019)

Tabela 9: Folhas Flutuantes

AUTOR DO ESTUDO	CONTEXTO	RESULTADOS DO ESTUDO
<i>Nymphaea alba</i>		
Barreto, 2011	Este estudo teve como objetivo selecionar macrófitas com potencial para remediação de metais-traço em fitorremediação. Foram utilizadas espécies como <i>Sagittaria rhombifolia</i> , <i>Nymphoides</i> , <i>Eichhornia crassipes</i> , <i>Typha</i> (sp) e <i>myriophyllum aquáticum</i> , testadas nos materiais chumbo, zinco e cobre.	O resultado foi apresentado de forma comparativa, sendo que no materiais Zinco e Cobre, foram encontrados acúmulos de materiais nas folhas de <i>Nymphaea violacea</i> que levou a compreender a baixa acumulação comparada com a espécie <i>myriophyllum aquáticum</i> .. Já com relação ao material chumbo, <i>Nymphaea Violacea</i> obteve resultados superiores de absorção do que <i>myriophyllum aquáticum</i> e <i>Typha Dominguensis</i> em suas folhas.
<i>Victoria amazonica</i>		
-	-	-

Fonte: Autora (2019)

Tabela 10: Emersas

AUTOR DO ESTUDO	OBJETIVO	RESULTADOS DO ESTUDO
<i>Typha domingensis</i>		
Silva et al., 2005	A principal contribuição deste trabalho é descobrir espécies vegetais regionais que cresçam às margens dos igarapés do Polo Industrial de Manaus (PIM), em áreas contaminadas pelo descarte de efluentes provenientes de indústrias, esgotos, etc., e que sejam capazes de tolerar, acumular ou hiperacumular metais pesados - Zn, Fe, Mn, Cu, Co, Cd, Pb e Ni – em suas partes aéreas, visando à seleção de novas espécies com potencial para serem usadas em processos de fitorremediação ambiental.	Das plantas estudadas foi observado que as nove são capazes de absorverem metais pesados em sua parte aérea, em quantidade muito superior aos níveis permitidos, o que enriquece o número de espécies regionais capazes de fitorremediar locais contaminados. Como foram encontradas concentrações elevadas nas folhas acredita-se que o processo de absorção e translocação dos metais pesados das raízes para a parte aérea é suficiente para afirmar que as plantas estudadas absorvem altas concentrações de metais podendo ser, portanto, classificadas de hiperacumuladoras, acumuladoras e tolerantes, com potencial de fitorremediação de áreas contaminadas.
<i>Typha sp.</i>		
Hussar et al., 2001	O objetivo deste estudo é analisar a empregabilidade da macrófita taboa (<i>Typha sp.</i>) e a retirada de nutrientes pela mesma, cultivada em quatro sistemas alagados construídos (SAC), usados no tratamento de efluentes domésticos, oriundos de tanque séptico., Os órgãos vegetais foram avaliados e quantificadas os seguintes	De acordo com os dados obtidos, pode-se concluir que <i>Typha sp</i> demonstrou um bom desenvolvimento agrônomico na e seu sistema radicular alcançou 0,27m de profundidade e não chegou a atingir 0,30m, dando o entendimento que essa provavelmente é a profundidade máxima do meio suporte em SAC,s. Além disso, 226 dias depois

	<p>elementos na água residuária e no tecido da macrófita nitrogênio total (N-Total), fósforo total (P-Total), sódio (Na) e potássio (K).</p>	<p>de ocorrido o plantio, a <i>Typha</i> gerou 7.059 kg ha⁻¹ de matéria seca e o acúmulo de nutrientes na parte aérea indicou que a planta possui ótimas condições nutricionais das plantas se cultivada para remediação de efluentes de tanque séptico. A retirada da biomassa aérea promoveu remoção de 1,69 %, 1,64 %, 4,94 % e 0,74 % do aporte de N-Total, P-Total, potássio e sódio, respectivamente, no período de avaliação.</p>
--	--	---

Typha latifolia

<p>Pires et al., 2003</p>	<p>O objetivo do presente estudo é citar técnicas de fitorremediação, seus mecanismos e aplicações, bem como, exemplificar o uso de <i>Typha latifolia</i> na remediação áreas contaminadas com herbicidas.</p>	<p>Constatou-se com o estudo que a espécie <i>Typha latifolia</i> foi capaz de diminuir significadamente entre 34 e 64% da ação do fungicida metalaxyl e do herbicida simazine, mantidos em solução aquosa após sete dias, mesmo com a notória redução na geração de matéria fresca, proporcionada pela simazine. Os estudos obtidos permitem a possibilidade de agregar essa espécie de macrófita em sistema de fitorremediação de metalaxyl e simazine</p>
---------------------------	---	--

Fonte: Autora (2019)

Tabela 11: Submersas livres

AUTOR DO ESTUDO	OBJETIVO	RESULTADOS DO ESTUDO
<i>Utriculária</i>		
<p style="text-align: center;">-</p> <p><i>C.Demersum</i> Aravind e Prasad, 2005</p>	<p style="text-align: center;">-</p> <p>Promover interação como do cádmio-zinco em um sistema hidropônico como <i>Ceratophyllum demersum</i> L., apresentando a ecofisiologia adaptativa, bioquímica e toxicologia molecular</p>	<p style="text-align: center;">-</p> <p>Foi observado que diante o estudo de <i>C. Demersum</i>, o mesmo afetou de forma drástica os níveis de clorofila e também carotenoides. Por outro lado, quando as plantas tratadas com Cd foram suplementadas com Zn, houve proteção total e restauração dos níveis de clorofila. O zinco provavelmente mantém a síntese da clorofila através da proteção do grupo - SH da desidratase do ácido α - aminolevulínico (ALA desidratase) e da protoclórofilida redutase, uma vez que a ALA desidratase catalisa a conversão de ALA em porfobilinogênio requer Mg^{2+} ou Zn^{2+} para o seu funcionamento eficiente; o Zn desempenha possivelmente um papel na ativação desta enzima.</p>

Fonte: Autora (2019)

Sobre o gênero *Utricularia*, não foi possível encontrar dados recentes, devido à ausência de informações. A pesquisa sobre este gênero ocorreu inclusive em literatura internacional, porém, sem sucesso. O mesmo ocorreu com o gênero *Victoria* (*Victoria amazonica*).

Sobre o gênero *Nymphaea* (Lírio d'água), foram encontrados dados relevantes em pesquisas com resultados internacionais, no presente trabalho será mencionado sobre dois destes resultados de literatura internacional, começando com um estudo proveniente da Malásia. O objetivo deste estudo é promover uma investigação usando o Lírio d'água (*Nymphaea spontanea*) para retirar cromo hexavalente de soluções aquosas contendo resíduos

de galvanização. Lírios d'água são capazes de acumular uma quantidade significativa de Cr (VI), até 2,119 mg a partir de uma solução de 10 mg. As raízes da planta absorveram uma quantidade substancial de Cr, também as folhas e pecíolos apresentaram absorção de Cromo, indicando um importante resultado no processo de biorremediação. A idade da planta também foi um ponto chave para a determinação na quantidade de absorção, indicando que plantas mais maduras de 09 semanas de idade promovem mais acumulação e retenção de Cr do que plantas de 03 e 06 semanas de vida. Os resultados apontam ainda, que a absorção de cromo é mais eficiente quando este material pode ser encontrado isoladamente na solução de resíduos do que na presença de Cobre. Tal fato pode ser correlacionado a um efeito de fitotoxicidade na macrófita e promove alterações bioquímicas na planta. A toxicidade na planta foi clara, já que houve redução dos níveis de clorofila, além de proteína e açúcar nos Lírios d'água que entraram em contato com o Cromo.

O segundo estudo da literatura internacional fala sobre a avaliação e valores isso mostrando as *Nymphaea tetrágona Georgi* na remediação da água contaminada. Em experimentos de acumulação, *Nymphaea tetrágona Georgi* foi exposta (21 d) a diferentes concentrações de urânio (0-55 mg L⁻¹) e o teor de urânio foi determinado em água e tecidos vegetais (folhas, posição submersa e planta) para determinar a fator de translocação (TF) e fator de bioconcentração (BCF). O conteúdo de urânio nos tecidos vegetais e vegetais mostrou captação dependente de concentração, folhas foram o tecido predominante para o acúmulo de urânio, e os valores do valor de translocação e bioconcentração foram afetados pela concentração de urânio na água. Nesta pesquisa, o conteúdo de urânio e o valor de BCF nas folhas de *N. tetragona* foram de 3446 ± 155 mg kg⁻¹ e 73 ± 3 , respectivamente. Em experimentos fisiológicos, o tratamento com urânio aumentou a atividade da peroxidase, da superóxido dismutase, da catalase e do malondialdeído nas folhas, e aumentou as concentrações de urânio para ampliar o sistema de membrana celular. A contaminação por urânio inibiu significativamente o conteúdo de proteína solúvel, assim como clorofila-a, clorofila-b e caroteno nas folhas, indicando que a estrutura e a função do cloroplasto foram destruídas, reduzindo o desempenho fotossintético das plantas. Estes resultados indicam que a macrófita *Nymphaea tetrágona Georgi* pode acumular urânio enquanto mostra uma resposta ao estresse (LI, WANG, *et al.*, 2018).

Sobre o estudo realizado, foi observado que onde, foi que do ponto negativo, as plantas aquáticas podem desequilibrar a natureza, devido sua rápida infestação, sendo necessário retirá-las periodicamente, pois, sob certas circunstâncias, estas podem crescer desordenadamente.

Condições moderadas de presença de nitrogênio e fósforo presentes na água promovem a eutrofização e causam explosões populacionais de macrófitas aquáticas, assim como de outras comunidades límnicas, sendo algumas indesejáveis. Espécies como *Egeria najas* (*Hydrocharitaceae* – lodinho branco), *Egeria densa* (*Hydrocharitaceae* - elódea brasileira) e *Ceratophyllum demersum* (*Ceratophyllaceae* – lodo, rabo-de-raposa), são modelos de espécies de macrófitas submersas que promovem prejuízos à geração de energia. No entanto, tendo em vista o importante papel ecológico dessa e de outras plantas aquáticas, uma parcela de suas populações deve sempre ser mantida no sentido de preservar os “benefícios ecológicos” decorrentes de sua presença. Dessa forma, muito embora em algumas situações o manejo seja realmente necessário, no sentido de reduzir uma parcela de suas populações, em outras, este deveria ser utilizado para estimular a colonização e o incremento desta vegetação. Isso mostra que a manutenção da qualidade da água é essencial para as atividades de cultivo de organismos aquáticos (SILVA, MARQUES e LOLIS, 2012).

5. CONCLUSÃO

As principais características significativas desse estudo foram apresentar sobre as classificações das macrófitas aquáticas, e assim, foi estabelecido um plano de estudo com revisão sistemática, buscando esclarecer as funções das principais macrófitas enraizadas, flutuantes, livres, emersa aquática e folhas flutuantes no qual o autor veio buscar dados que pudessem deixar claro suas significativas funções.

De acordo com o estudo de Kasselmann (2003), a macrófita *Cabomba* mostrou-se menos satisfatória na remoção de Arsênio, Zinco e Alumínio, do que os gêneros *Egeria Densa* e *Hidrila Vercillata*. De acordo com Francisco e Barreto (2007), não há muitas informações para o gênero *Cabomba* no Brasil, dessa forma, não é possível fazer qualquer assertiva para *Cabomba*, já que são raras as informações disponíveis. O que se tornou notório são os estudos feitos para *Eichhornia*, já que, as informações encontradas também positivas pelas variedades que esta pode remediar. Todas absorvem metais pesados com eficiência (exceto *Cabomba*, conforme mencionado, já que não promove a fitorremediação com tanta eficiência como ocorre em outras macrófitas).

Percebe-se que elevadas concentrações de nutrientes, pode afetar a riqueza da espécie, isso significa que o sistema biológico é unânime, pois, as características desses biótipos são marcadas para diferenciar a qualidade da água e sedimento em composição.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGEVAP, A. D. B. H. D. R. P. D. S. – **Estudos para identificação, localização e quantificação das causas da proliferação de plantas aquáticas, principalmente macrófitas, ao longo da calha do rio paraíba do sul, inclusive braços mortos, reservatórios e afluentes.** AGEVAP. São José dos Campos – SP. 2012.

ARAVIND, P.; PRASAD, M. N. V. **Cadmium-Zinc interactions in a hydroponic system using Ceratophyllum demersum L.: adaptive ecophysiology, biochemistry and molecular toxicology.** Toxic Metals In Plants, p. 3-20, 2005.

AZEVEDO, S. M. F. O. **Toxinas de Cianobactérias : Causas e conseqüências para a Saúde Pública.** MED On Line, v. 1, p. 1-16, Jul/Ago/Set 1998.

BARRETO , A. B. **A seleção de macrófitas aquáticas com potencial para remoção de metais-traço em fitorremediação.** Universidade federal de minas gerais. Belo Horizonte , p. 113. 2011.

CASTILHO, D. D. et al. **Acúmulo de cromo e seus efeitos na fixação biológica de nitrogênio e absorção de nutrientes em soja.** Rev. Bras. de AGROCIÊNCIA, v.7 n. 2, p. 121-124, mai-ago, 2001.

COELHO, J. C. **Macrófitas aquáticas flutuantes na remoção de elementos químicos de água residuária.** Universidade Estadual Paulista. Botucatu, p. 78. 2017.

ESTEVES, F. D. A. **Fundamentos da limnologia.** 2ª edição. Rio de Janeiro: Interciência, 602p, 1998.

FERES, F. & AMARAL, M. do C.E. do. Cabombaceae. In: M.G.L., WANDERLEY; G.J., SHEPHERD; A.M., GIULIETTI & T.S., MELHEN (Eds.) **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo.** Vol. 3. FAPESP/ RiMa, São Paulo, p. 9–11, 2003.

FRANCISCO, L. V.; BARRETO, R. C. Cabomba Aubl. (Cabombaceae): **caracterização morfoecológica e delimitação entre as espécies ocorrentes no Brasil.** Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 5, p. 1077-1079, jul. 2007.

GONÇALVES, C. V.; SCHWARZBOLD, A.; JASPER, A. **Fitoacumulação de cromo em Eichhornia crassipes (Mart.) Solms disposta em sistema de tratamento de efluentes de**

indústria de couro. VI Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, Porto Alegre - RS, p. 9, maio 2008.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. **Composição química de quatro espécies de macrófitas aquáticas e possibilidade de uso de suas biomassas.** *Naturalia*, São Paulo, v. 25, p. 111-125, 2000.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. **Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aqüicultura.** *Acta Sci.*, v. 24, n. 2, p. 519-526, 2002.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. **Interações ecológicas entre as macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*.** *Hoehnea*, p. 445-452, 2005.

HUSSAR, G. J. **Avaliação do desempenho de leitos cultivados no tratamento de águas residuárias de suinocultura,** Campinas: FEAGRI, UNICAMP, 1998, dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas, p. 118, 2001.

KASSELMANN, C. **Plantas de aquário.** Melbourne: krieger publishing company, 2003.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas: Tomo III.** 2.ed. São Paulo: BASF. Tomo III. 722 p 609, 2000.

LAMENGO, F. P.; VIDAL, R.A. **Fitorremediação: Plantas como agentes de despoluição?** *Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente.* Curitiba/Brasil, v.17, p.9-18,2007.

LOUREIRO, S. A. **Revisão Sistemática da Literatura.** Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes – LALT. UNICAMP, 2012.

MACÁRIO, M. et al. **Leitos húmidos construídos como alternativa aos sistemas de tratamento de águas residuais convencionais – revisão.** *Unidade de Investigação do Instituto Politécnico de Santarém*, v. VI, p. 83-97, 2018.

MARCHI, S. R. et al. **Efeito de pontas de pulverização e de arranjos populacionais de plantas de *eichhornia crassipes* e *salvinia auriculata* na deposição de calda de pulverização sobre plantas de *pistia stratiotes*.** *Planta Daninha*, Viçosa- MG, v. 27, p. 389-396, 2009.

MARONEZE, M. M. et al. **A tecnologia de remoção de fósforo: gerenciamento do elemento em resíduos industriais.** Rev. Ambient. Água, Taubaté, p. 445-458, Jul. / Sep 2014.

MARTINS, D., COSTA, N.V., TERRA, M.A., MARCHI, S.R. e VELINI, E.D. **Caracterização química das plantas coletadas no reservatório de Salto Grande** (Americana – SP). Planta Daninha, v.21, p.21-25, 2003.

MÉJIA, P.V. L. et al. **Metodologia para Seleção de Técnica de Fitorremediação em áreas contaminadas.** Revista Brasileira de Ciências Ambientais, p.97 -104, 2014.

MENDES, D.; PITELLI, R. A.; COELHO, L. **Efeito de concentrações de herbicidas sobre aspectos biológicos de Fusarium sp.** (isolado FCAV#940). Planta Daninha, v. 22, n. 1, p. 85-93, 2004.

MIRETZKY, P.; SARALEGUI, A.; CIRELLI, A. F. **Aquatic macrophytes potential for the simultaneous removal of heavy metals (Buenos Aires, Argentina).** Chemosphere, v. 57, n. 8, p. 997–1005, 2004.

MIRETZKY, P., SARALEGUI, A., & CIRELLI, A. F. **Simultaneous heavy metal removal mechanism by dead macrophytes.** Chemosphere, 62(2): 247-254, 2006.

MUFARREGE, M. M.; HADAD, H. R.; MAINE, M. A. **Response of Pistia stratiotes to heavy metals (Cr, Ni, and Zn) and phosphorous.** Archives of environmental contamination and toxicology, v. 58, n. 1, p. 53–61, jan. 2010.

OLIVEIRA, J. M. D. **O papel da macrófita aquática emersa Montrichardia linifera (Araceae) na ciclagem de fósforo e na bioacumulação de metais pesado em um sistema fluvial sob efeitos da urbanização.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN. 2017.

OLIVEIRA, J. D. A. S. **Uso de macrófitas para a remoção de metais em efluentes líquidos.** Instituto de pesquisas energéticas e nucleares. São Paulo, p. 76. 2018.

PALMA-SILVA, C. et al. **Uso de eichhornia crassipes (mart.) Solms para fitorremediação de ambientes eutrofizados subtropicais no sul do brasil.** PERSPECTIVA, p. 73-81, março 2012.

PIRES, O. B. **Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso no reservatório de Salto Grande (Americana, SP)**. São Carlos:USP. 199p. Tese Doutorado, 2003.

PIRES, J.C.A.; FERREIRA, J.A.; RITTER, E.; CAMPOS, J.C. & MANNARINO, C.F. **Projeto experimental de tratamento do chorume produzido no aterro metropolitano de Gramacho através de wetland**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22., Rio de Janeiro, 2003. Anais. Joinville, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003. v.2, Tomo III, p.342-354.

POMPÊO, M. L. M. **As macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais: aspectos ecológicos e propostas de monitoramento e manejo**. Perspectivas da Limnologia no Brasil, São Luís: Gráfica e Editora União, São Luís, Brasil, p. 105-119. 1999.

POMPÊO, M. L. M.; SILVA, S. C. D.; MOSCHINI-CARLOS, V. **A deterioração da qualidade das águas continentais brasileiras: o processo de eutrofização**. Saneas, p. 24-28, agosto 2005.

POMPÊO, M. **Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios**. São Paulo: Instituto de Biociências – IB/USP, 2017.

POTT, V. J.; POTT, A. **Plantas Aquáticas do Pantanal**. Corumbá, MS: Embrapa, p. 404, 2000.

RAMOS, A.; FARIA, P. ; FARIA, Á. **Revisão Sistemática de Literatura: contributo para a inovação na investigação em Ciências da Educação**. Rev. Diálogo Educ., Curitiba, v. 14, p. 17-36, jan./abr. 2014.

RODRIGUES, E. **Agência multa CESP por vazão menor de rio**. Estadão, São Paulo, outubro, 2014. Disponível em: <http://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,agencia-multa-cesp-por-vazao-menor-de-rio,1570546>. Acesso em: 15 abril. 2019.

SILVA, W.W. et al. **Ação do extrato alcoólico do Capim Santo [*Cytopogon cytratus* (DC) Stapf] sobre nematóides gastrintestinais de ovinos**. Agropecuária Científica no Semi-Árido, v.1, p.46-9, 2005.

SILVA, D. S.; MARQUES, E. E.; LOLIS, S. F. **Macrófitas aquáticas: “vilãs ou mocinhas”?** Interface, n. 4, p. 17-27, maio 2012.

SILVÉRIO, J. M. D. O. **O papel da macrófita aquática emersa *Montrichardia linifera* (Araceae) na ciclagem de fósforo e na bioacumulação de metais pesado em um sistema fluvial sob efeitos da urbanização.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN, p. 113. 2017.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Água. Trata Brasil.** 2017. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/agua>. Acesso em: jun. 2019.

THIÉBAUT, G., GILLARD, M., DELEU, C. **Growth, regeneration and colonisation of *Egeriadsa* fragments: the effect of autumn temperature increases.** *Aquat Ecol.* 2016.

THOMAZ, S. M. **Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo.** *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 20, n. Especial, p. 21-33, 2002.

THOMAZ, S.M & BINI, L.M. **Análise crítica dos estudos sobre macrófitas aquáticas desenvolvidos no Brasil. In: S.M. Thomaz & L.M. Bini (eds.). *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas.*** Editora da Univ. 2011.

UFSCAR. **O que são macrófitas aquáticas.** Disponível em: http://www.ufscar.br/~probio/info_macrof.html. Acesso em: mai. 2019.

ZHOU, X. et al. **Biomass decaying and elemental release of aquatic macrophyte detritus in waterways of the Indian River Lagoon basin, South Florida, USA.** *Science of the Total Environment*, p. 878–891, 2018.