



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS CORRENTE
CURSO DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

RICHARDSSON MENDES DIAS

**EFICIÊNCIA DA FITODEPURAÇÃO COMO ALTERNATIVA DE TRATAMENTO
DE ÁGUAS RESIDUARIAS: UM ESTUDO DE CASO**

CORRENTE (PI)

2019

RICHARDSSON MENDES DIAS

EFICIÊNCIA DA FITODEPURAÇÃO COMO ALTERNATIVA DE TRATAMENTO DE
ÁGUAS RESIDUARIAS: UM ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – Campus Corrente.

Orientador: Prof. Me. Israel Lobato Rocha.

CORRENTE (PI)

2019

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

Dias, Richardsson Mendes

D541e Eficiência da fitodepuração como alternativa de tratamento de águas residuárias: um estudo de caso / Richardsson Mendes Dias - 2019.
33 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) -
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus
Corrente, 2019.

Orientador: Prof. Me. Israel Lobato Rocha

1. Gestão Ambiental – estudo e ensino. 2. Águas residuárias. 3.
Tratamento de Efluentes 4. Dias, Richardsson Mendes. I. Título.

CDD - 577

Elaborado por Tefischer Huanderson Soares e Sousa CRB3/1251

RICHARDSSON MENDES DIAS

EFICIÊNCIA DA FITODEPURAÇÃO COMO ALTERNATIVA DE TRATAMENTO DE
ÁGUAS RESIDUARIAS: UM ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo)
apresentado como exigência parcial para
obtenção do diploma do Curso de Tecnologia
em Gestão Ambiental do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí –
Campus Corrente.

Aprovada em: 25/04/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Israel Lobato Rocha (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI) – Campus Corrente

Prof. Me. Lizandro Pereira de Abreu
Instituto Federal do Piauí (IFPI) – Campus Corrente

Prof^a Me. Fernanda de Lima Camilo
Instituto Federal do Piauí (IFPI) – Campus Corrente

Prof. Me. Aurino Azevedo de Souza
Instituto Federal do Piauí (IFPI) – Campus Corrente

Dedico este, assim como todas as minhas conquistas, a minha família, em especial a minha mãe Eliene e a meu pai Walmir.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, sendo ele o mais importante nessa conquista, pois foi quem se fez presente em todos os momentos da minha vida. Foi ele que sempre me transmitiu forças e luz para que eu pudesse encarar todas as dificuldades e conseguisse chegar até aqui.

Agradeço ao Instituto Federal do Piauí, por me proporcionar um ensino de qualidade, com ambiente agradável e com ótimos profissionais. Foi por intermédio dessa instituição que conheci um mundo totalmente diferente e cheio de oportunidades, que me fizeram abrir os olhos e querer sempre mais.

Agradeço a todos os meus professores de curso que compartilharam um pouco de seus conhecimentos tanto em sala de aula quanto fora dela, pessoas importantes e incríveis que me acompanharam em quase toda a minha jornada acadêmica, me fazendo crescer a cada período e me tornar quem sou hoje.

Em especial agradeço a minhas professoras exemplares, Marcília Martins e Bruna Iwata. Pessoas incríveis, exemplos de profissionais, que me espelho muito hoje em dia. Elas foram donas dos melhores conselhos, melhores conversas motivacionais, as vezes davam um puxão de orelha quando necessário, mas que me fizeram acreditar em meu potencial, a vocês meus sinceros agradecimentos.

Não poderia esquecer do meu orientador. Obrigado Mestre Israel Lobato Rocha, grande professor, orientador e amigo. Talvez seja a pessoa que mais convivi nesses 3 anos de curso. Agradeço a você por sua imensurável confiança e incansável dedicação. Obrigado mestre, por sempre exigir de mim muito mais do que eu imaginava que seria capaz de fazer. Manifesto aqui a enorme gratidão que tenho, por compartilhar sua sabedoria, o seu tempo e sua experiência, a ti meus sinceros agradecimento e respeito.

Agradeço a meu pai, meu irmão, minha cunhada, mas em especial a minha mãe Eliene Louzeiro, que independente das dificuldades diárias nunca deixou que eu desistisse ou abaixasse a cabeça. Sempre me guiou pelo caminho certo e me apoiou em todas as minhas escolhas. Me fazendo tornar a pessoa que sou hoje.

Ao meu irmão Diêgo Dias, a pessoa que mais esteve presente em minha vida acadêmica durante todo esse período. Pessoa incrível que sempre esteve disposto e disponível a me ajudar. Encarou sol, chuva, frio e muita lama, mais sempre esteve com sorriso no rosto e jamais reclamou. Meu braço direito, que confio mais que tudo, que eu poderia contar sempre

que precisava que ele estaria ali disposto a me ajudar. Digamos que boa parte desse TCC também é seu. Muito obrigado.

Por último, porém não menos importante, meus agradecimentos são destinados aos meus amigos. Agradeço cada um em particular, pois foram eles que fizeram do meu período de curso uma aventura inexplicável. Cada momento vivido ao lado de vocês será sempre lembrado com muito carinho.

Porem tenho um agradecimento mais que especial que não poderia deixar de citá-los. Luana, Raiane, Eugénice, Ianca, Jarbas, Leiliane, Lília, Patrine, Cecilia, Estefany, Luzirany, Eliana, foram pessoas pra lá de especiais. Com essas pessoas aprendi um mundo diferente, me deram puxão de orelha quando foi preciso, me fizeram sorrir até nos momentos difíceis, me fizeram passar raiva e o mais importante, me ensinaram que até na dificuldade devemos ser fortes, erguer a cabeça, respirar profundamente e seguir em frente. A eles me orgulho bastante de chamar de amigos. A vocês dedico todo meu agradecimento.

RESUMO

A água é essencial para o ser humano, pois além de garantir a sua sobrevivência possibilita também a existência de uma série de atividades, entre elas a geração de energia, irrigação de agricultura, dessedentação de animais e entre outros. Porém, após ser utilizada pelo ser humano a água se transforma em efluente. Para o seu tratamento, saindo das técnicas convencionais, surge uma de baixo custo e fácil manutenção, conhecida como fitodepuração, que utilizam plantas como agentes despoluidores de efluentes residuais. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência do processo de fitodepuração de efluente doméstico, utilizando-se espécies de macrófitas aquáticas como bioadsorventes. O estudo foi realizado no Instituto Federal do Piauí-Campus Corrente. Utilizou-se duas espécies de vegetais a aguapé (*Eichhornia crassipes*) e a taioba (*Xanthosoma sagittifolium*). Para o estudo foram escolhidas as espécies mais saudáveis, adultas. O tratamento ocorreu em um período de 20 dias, sendo monitorado durante todo o período. Para comparação da eficiência do tratamento efetivou-se duas análises, sendo elas antes e após a ocorrência do tratamento. Os parâmetros analisados foram: pH, nitrato, condutividade elétrica, fósforo total, turbidez, coliformes termotolerantes e totais. Após esse período de 20 dias o efluente submetido ao tratamento biológico utilizando plantas, percebeu-se que houve a ocorrência de minimização dos valores de alguns parâmetros, sendo eles nitrato e turbidez utilizando a espécie vegetal taioba e pH, coliformes termotolerantes e totais utilizando a espécie vegetal aguapé. Porém 1 dos 6 parâmetros analisados houve o aumento bastante expressivo dos seus valores, sendo eles o de fósforo total onde o valor encontrado no efluente bruto foi de 1,4 mg/L e utilizando as plantas teve o aumento para 8,66 mg/L utilizando a espécie de taioba e 9 mg/L utilizando a espécie de aguapé. Assim foi possível perceber que o tratamento utilizando apenas plantas ainda possui seus pontos de falhas e que necessitam de outro tipo de tratamento seja ele físico ou químico para possibilitar a geração de um efluente menos contaminado, sem causar problemas ao meio ambiente.

Palavras-chave: Bioadsorventes. Efluente. Tratamento.

ABSTRACT

Water is essential for the human being, since in addition to guaranteeing their survival it also allows the existence of a series of activities, among them the generation of energy, irrigation of agriculture, watering of animals and others. However, after being used by humans, water becomes effluent. For their treatment, emerging from conventional techniques, a low cost and easy maintenance, known as phytodepuration, appears that uses plants as cleaners for residual effluents. Therefore, the objective of this work was to evaluate the efficiency of the domestic effluent phytodepuration process, using aquatic macrophyte species as bioadsorbents. The study was carried out at the Federal Institute of Piauí-Campus Corrente. Two species of vegetable were used (*Eichhornia crassipes*) and taioba (*Xanthosoma sagittifolium*). For the study were chosen the healthier, adult species. The treatment took place over a period of 20 days, being monitored throughout the period. In order to compare the efficiency of the treatment, two analyzes were performed, before and after the treatment. The analyzed parameters were: pH, nitrate, electrical conductivity, total phosphorus, turbidity, thermotolerant and total coliforms. After this period of 20 days the effluent submitted to the biological treatment using plants, it was noticed that there was a minimization of the values of some parameters, being nitrate and turbidity using the plant species taioba and pH, thermotolerant and total coliforms using the species vegetable water. However, 1 of the 6 parameters analyzed showed a very significant increase in their values, being that of total phosphorus where the value found in the crude effluent was 1.4 mg / L and using the plants the increase was heard to 8.66 mg / L using the taioba species and 9 mg / L using the aguapé species. Thus it was possible to perceive that the treatment using only plants still has its points of failure and that they need another type of treatment, be it physical or chemical to enable the generation of a less contaminated effluent, without causing problems to the environment.

Keywords: Bioadsorbents, Effluent, Treatment

LISTA DE ILSTRAÇÕES

Mapa 1. Mapa de localização da área de estudo.....	16
Figura 1. Processo de aclimação das espécies de Taioba (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>) (A) e Aguapé (<i>Eichhornia crassipes</i>) (B).....	18
Figura 2. Processo de tratamento durante período de 20 dias, utilizando as espécies de Taioba (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>) (A) e Aguapé (<i>Eichhornia crassipes</i>) (B).....	19
Figura 3. Compartimento utilizado para tratamento	20
Gráfico 1. Comparação de resultados de nitrato nos pós tratamento do efluente.....	23
Gráfico 2. Variação de turbidez utilizando duas espécies aquáticas	24
Gráfico 3. Comportamento no teor de fósforo total após tratamento biológico	26
Gráfico 4. Variação de resultados de pH nos pós tratamento do efluente	27
Gráfico 5. Resultado microbiológico de coliformes termotolerantes do efluente tratado.....	28
Gráfico 6. Resultado microbiológico de coliformes totais do efluente tratado	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Informações sobre as metodologias das análises laboratoriais, equipamentos adotados e unidades de medida das análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos	20
Tabela 2. Análise físico-química do efluente bruto.....	22
Tabela 3. Análise microbiológica do efluente bruto.....	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agencia Nacional de Água
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
mg/L N	Miligramas por Litro de Nitrato
mg/L P	Miligramas por Litro de Fosforo
VMP	Valor Máximo Permitido
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
pH	Potencial Hidrogeniônico
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez
UFC	Unidade Formadora de Colônia

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
2.1. ÁREA DE ESTUDO	16
2.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	17
2.2.1. Material vegetal.....	17
2.2.2. Efluente	19
2.2.3. Análise físico-química e microbiológica do efluente antes e pós tratamento	19
2.2.4. Compartimento de Tratamento.....	20
2.2.5. Corpo hídrico e legislação de referência para comparação de resultado	21
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
3.1. Tratamento de efluente residual período de 20 dias	22
4. CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a partir da revolução industrial tem-se notado um crescimento acelerado e desordenado dos centros urbanos. Esse crescimento associado a uma falha no planejamento e no controle da ocupação humana, vem produzindo uma série de impactos negativos em um ambiente considerado antes como sendo natural.

Dentre os problemas ambientais estão a produção de efluentes industriais, domiciliares e comerciais, onde muitas das vezes é despejada nos recursos hídricos, causando danos ao meio ambiente, podendo atingir a saúde humana, contaminar espécies ou alterar vegetações (BORBA et al., 2018).

Dessa forma, para que ocorra a remoção parcial ou total dos contaminantes dos efluentes produzidos por esses setores, muitos dos centros urbanos podem contar com uma ETE (estação de tratamento de esgotos).

Segundo a ABNT NBR 12.290 de 1992, define estação de tratamento de esgoto como sendo um conjunto de unidades de tratamento, equipamentos, órgãos auxiliares, acessórios e sistemas de utilidade cuja a finalidade é a redução da carga poluidora de esgoto sanitário e condicionantes de matéria residual resultante do tratamento. O sistema de tratamento de efluente pode ser composto de vários níveis, podendo ser classificado da seguinte maneira: preliminar, primário, secundário e eventualmente terciário (NEUHAUS, 2016).

Em uma estação de tratamento de esgoto, conta-se com tratamento que normalmente envolve processos físicos, químicos e biológicos, onde ocorrem em locais que contam com uma excelente infraestrutura e complexos processos de tratamento e manutenção especializada sendo que muitas das vezes tornam-se caros e impossíveis de ser introduzidos em algumas comunidades.

Em razão desse problema, torna-se essencial a busca por tecnologias alternativas para o tratamento de água poluída, dando ênfase em particular aquelas de baixo custo, de fácil manutenção e operação, e que não depende de energia elétrica (BORGES, 2005). Surgindo assim como alternativa a esse processo a Fitodepuração.

Fitodepuração refere-se a sistemas de tratamentos de efluentes que utilizam o conjunto planta para tratamento. Pode ser definido também como sistemas concebidos para tratamento de águas residuárias em zonas úmidas artificiais com o objetivo de reproduzir os processos de autodepuração natural em um ambiente controlável (GRANATO, 1995).

Para isso são utilizadas plantas conhecidas como macrófitas aquáticas, onde as mesmas possuem a capacidade de absorverem poluentes de água contaminada por meio de suas raízes ou folhas. Uma das plantas mais citada em estudos como que visa o tratamento de efluentes é o aguapé. O aguapé é uma planta com raízes longas (até um metro), rizomas, estolões, pecíolos, folhas e inflorescências, podendo atingir uma altura variando desde alguns centímetros fora d'água, até um metro (LIMA, et al; 2002).

Uma característica que deve ser notada no caso do aguapé é que, em seu processo metabólico, esta espécie pode absorver alguns elementos poluidores da água, e os transforma em biomassa fresca, através da fotossíntese; a matéria tóxica que é retirada por ele, cerca de 95 a 98%, acumula-se no sistema radicular, preservando as folhas da contaminação ((MANFRINATO, 1991)

As plantas aquáticas aparecem como alternativa viável a problemática dos recursos hídricos, desempenham uma função importante dentro dos ecossistemas, elas afetam a química da água por meio da absorção de substâncias que podem ser nutrientes ou elementos tóxicos presentes na composição do fluido o que proporciona circunstâncias favoráveis para a sobrevivência de vários espécimes aquáticos, e serve como componente alimentar para esses seres (BORBA et al., 2018).

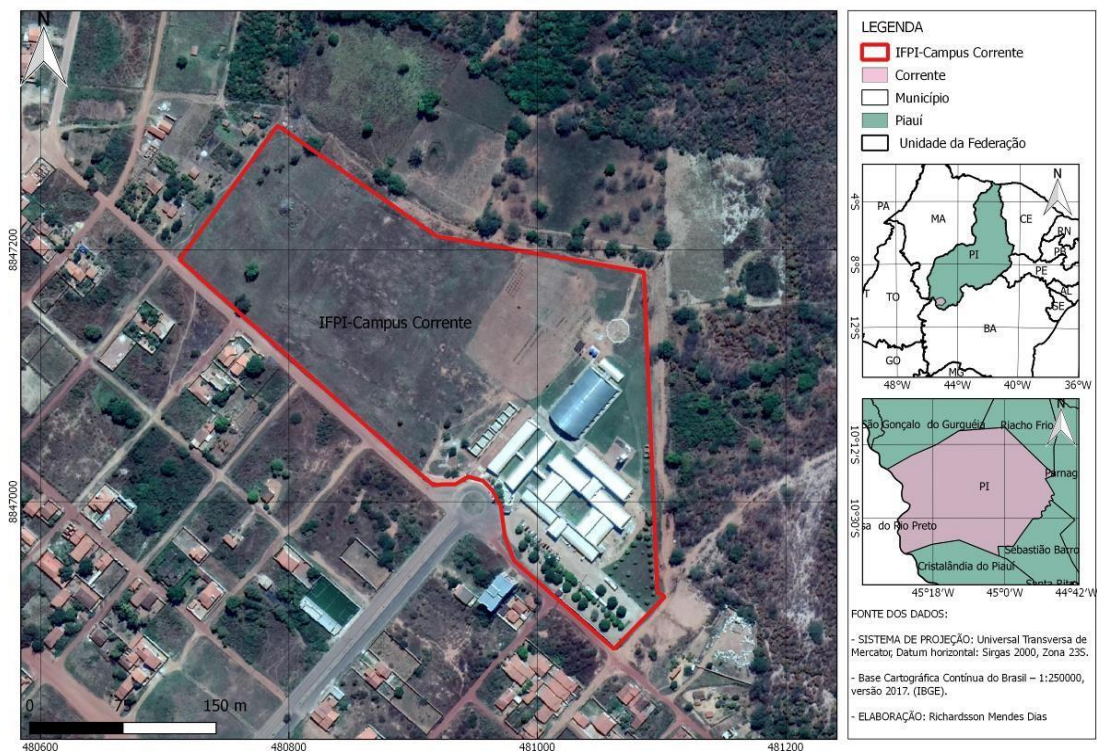
Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência do processo de fitodepuração de água residuária, utilizando-se espécies de macrófitas aquáticas como bioadsorventes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no Instituto Federal do Piauí - Campus Corrente. O município de Corrente Piauí está localizado na faixa do extremo sul do estado do Piauí, localizado a uma latitude de 10° 26' 36" S e a uma longitude de 45° 09' 44" O (IBGE, 2010). O município está a uma elevação de 443.00 metros acima do nível do mar, possuindo um território de aproximadamente em quilômetros quadrados de 3.048, 447 km², estando localizado a uma distância de 836,3 km da Capital Teresina. A cidade de Corrente possui uma população estimada de 26.407 habitantes (IBGE, 2010). Segundo Nascimento (2016), o clima da cidade de Corrente Piauí é caracterizado como tropical subúmido quente, com duração do período seco de cinco meses e a vegetação nesta região é majoritariamente composta por campo cerrado e caatinga arbórea e arbustiva.

Mapa 1. Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Autor, 2019.

2.2. POCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.2.1. Material vegetal

Para a realização da pesquisa foram utilizadas duas espécies de plantas aquáticas, sendo elas: aguapé e a taioba.

Eichhornia crassipes, popularmente conhecida como aguapé ou jacinto d'água, se caracteriza por ser uma macrófita aquática flutuante livre, nativa da América do Sul, pertencente à família Pontederidaceae. Se reproduz de duas formas: sexuadamente por sementes, e também de forma assexuada, por estolões (SOUZA, 2016).

A espécie tem provado possuir elevado potencial econômico e ecológico para muitas regiões subtropicais e tropicais do mundo. O aguapé é listado como uma das plantas mais produtivas na terra, sendo sua logística de crescimento verificada em águas doces de mais de 50 países, nos cinco continentes. É especialmente difundida na América do Sul e Central, sudeste asiático, sudeste dos Estados Unidos, África central e ocidental (SOUZA, 2016).

Para a pesquisa a espécie de *Eichhornia crassipes* (aguapé), foi coletada nas margens de um corpo hídrico, localizado na comunidade Calumbi, cerca de 10 km do perímetro urbano do município de Corrente Piauí. Para escolha da espécie apropriada para o experimento, foi selecionada as amostras mais saudáveis, adultas e com uma raiz, caule e folhas mais volumosas e desenvolvidas.

Xanthosoma sagittifolium, é uma monocotiledônea herbácea, tropical, perene, rizomatosa, que pode atingir até dois metros de altura. Possui como características grandes folhas cordiformes encontradas em tons de verde e roxo escuro, com enormes limbos cerosos e carnosos e, com nervuras marcantes (MARTINEZ, 2018)

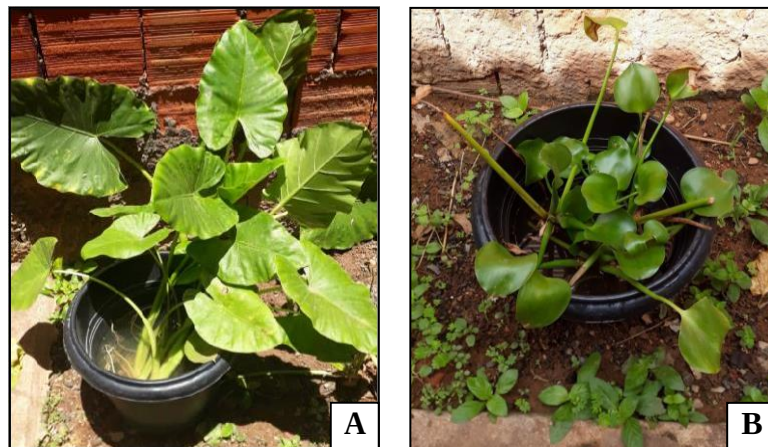
A planta é cultivada em praticamente todas as regiões do Brasil e por ser uma espécie tropical, necessita de temperaturas quentes, em torno de 25 a 28 graus Celsius. A taioba não tolera geada e em condições climáticas onde as temperaturas sejam inferiores a 15 graus Celsius, o crescimento da planta é muito comprometido. Para que se desenvolva bem, necessita de solos bem drenados, enriquecidos com matéria orgânica e cujo pH esteja entre 6 e 7 (MARTINEZ, 2018).

A espécie de *Xanthosoma sagittifolium* (taioba) foram coletadas em um terreno baldio localizado na cidade de Corrente Piauí. Da mesma forma que se deu a escolha da espécie de aguapé, também foi adotado para a escolha da espécie da taioba, ou seja, deu-se prioridade na escolha por espécies adultas, bem desenvolvidas, saudáveis e com folhagem, raiz e caule bem desenvolvido.

A escolha e seleção das espécies vegetais utilizadas no estudo se deu a partir de pesquisas bibliográficas em torno de outros trabalhos realizados com a utilização de macrófitas aquáticas para a despoluição de efluentes residuais, industriais e comerciais. O aguapé foi um dos selecionados, pois é bastante conhecido em linhas de pesquisas envolvendo esse tipo de procedimento. A escolha da taioba se baseou em uma pesquisa realizada, onde a mesma foi utilizada e obteve resultados positivos no devido tratamento.

Após a coleta das duas espécies, as mesmas foram transportadas, mantendo sempre o máximo de cuidado para que não fosse possível a ocorrência de danificação das plantas. As espécies foram acondicionadas em um recipiente contendo água corrente. Essa aclimação se faz necessário para que partículas e microrganismos sejam eliminados e que não interfiram no processo de tratamento do efluente (figura 01).

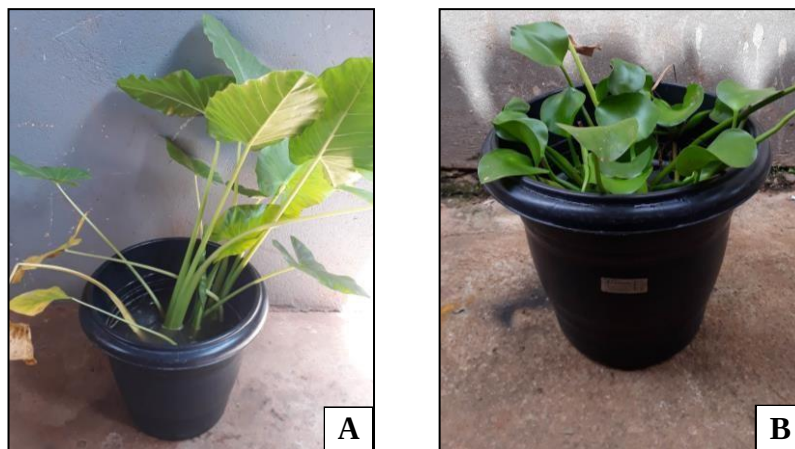
Figura 1. Processo de aclimação das espécies de Taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) (A) e Aguapé (*Eichhornia crassipes*) (B).



Fonte: Autor, 2019

O período de aclimação ocorreu durante 7 dias, sendo que após esse período as plantas foram introduzidas em outro compartimento contendo o efluente a ser tratado pelas macrófitas. Neste compartimento as mesmas passaram por um processo de tratamento de 20 dias. Ao decorrer desse período de tratamento, houve o monitoramento diário dos compartimentos, sendo necessário essa vistoria para que fosse evitada a proliferação de insetos e para observar se as plantas se mantinham saudáveis e vivas durante o período de tratamento (figura 2).

Figura 2. Processo de tratamento durante período de 20 dias, utilizando as espécies de Taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) (A) e Aguapé (*Eichhornia crassipes*) (B).



2.2.2. Efluente

O efluente utilizado na pesquisa foi captado no refeitório do Instituto Federal do Piauí – Campus Corrente. Esse efluente é provido da lavagem de louças e talheres usados pelos alunos. O efluente foi coletado na sua forma bruta, ou seja, sem conter nenhum tipo de tratamento prévio ou adição de componentes químicos que possibilite sua limpeza previa antes de ser descartada nas caixas coletoras.

2.2.3. Análise físico-química e microbiológica do efluente antes e pós tratamento

O processo de análise do efluente se deu em duas etapas, sendo elas anterior (efluente bruto) e posterior (efluente tratado). Para o processo de análise antes do tratamento, a amostra foi coletada em garrafas devidamente higienizadas sendo passível de uso individual do coletor máscara e luva para que não ocorresse interferência na amostra no momento de coleta.

Após esse procedimento, as amostras foram armazenadas em um compartimento contendo gelo, como é determinado pelo Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água (CETESB; ANA, 2016). As amostras foram encaminhadas posteriormente para análise no Laboratório de Água e Solo do Instituto Federal do Piauí – Campus Corrente.

Para a determinação de valores analíticos do efluente antes e pós tratamento foi definido os parâmetros a serem analisados. Dentre os parâmetros físico-químico deu-se a mensuração de Potencial hidrogeniônico (pH), Nitrito, Condutividade elétrica, Temperatura e Fósforos totais. E para a determinação de análise microbiológica foi selecionado o parâmetro

de coliformes totais e termotolerantes.

Os parâmetros analisados seguiram os procedimentos específicos para cada um, exigido e determinado pelo manual de cada parâmetro. Isso fez com que fosse possível a suas mensurações seguindo as determinações específicas e equipamentos adequados de cada um. Abaixo descreve os parâmetros, equipamentos e matérias utilizados na análise.

Tabela 1. Informações sobre as metodologias das análises laboratoriais, equipamentos adotados e unidades de medida das análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

Parâmetro	Método/Equipamento*	Unidade de medida
Temperatura	Termômetro digital - TE07	°C
C. termotolerantes e totais	Meio cromogênio em DIP em papel - Colipaper	NPM/100 mL
Ph	Papel indicador universal	UpH
Nitrato	Fotocolorímetro (Alfakit)	mg/L
Fosforo total	Fotocolorímetro (Alfakit)	mg/L
Turbidez	Turbidímetro microprocessado (Alfakit)	UNT
Condutividade elétrica	Contutivímetro digital de bolso (Waterprof)	mg/L

*Em conformidade com Standard Methods 21^a ed. (2012) e ABNT NBR 12614 (1992).

2.2.4. Compartimento de Tratamento

O compartimento de tratamento foi montado no Instituto Federal do Piauí-Campus Corrente. Para isso foi utilizado 2 vasos pote de plástico. O vaso possui as medidas de altura de 31 cm, diâmetro (boca) de 94 cm, diâmetro (fundo) de 84 cm e capacidade para 5 l (litros), (Figura 3).

Figura 3. Compartimento utilizado para tratamento



Fonte: Autor, 2019

2.2.5. Corpo hídrico e legislação de referência para comparação de resultado

Após a realização das análises do efluente bruto e do efluente tratado com as espécies vegetais, os resultados foram comparados com os valores exigidos por legislações vigentes, levando em consideração o tipo de corpo hídrico que o efluente estaria sujeito a ser lançado.

A legislação utilizada para comparação de resultados foram as Resoluções CONAMA nº 430/2011 e a nº 357/2005. A Resolução CONAMA nº 430/2011 dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão de lançamento de efluentes em corpos de água receptora (BRASIL, 2011).

Já a Resolução CONAMA nº 357/2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e da outras providências (BRASIL, 2005).

O corpo hídrico utilizado como referência de padrões de lançamento de efluente tratado foi o da cidade de Corrente Piauí, onde o estudo foi realizado. Esse rio é caracterizado como sendo corpo hídrico de Classe 2, pelo fato de o mesmo não possuir classificação específica pelo Comitê de Bacias Hidrográficas. Esse tipo de rio é utilizado para o abastecimento humano, assim como também para o uso na agricultura e dessedentação de animais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Tratamento de efluente residual período de 20 dias

Após um período de 20 dias de tratamento, usando as espécies vegetais, observou-se que as mesmas possuem capacidade de absorção de poluentes, demonstrando a diminuição dos valores correlacionados a alguns tipos de parâmetros físico-químicos e microbiológico presentes em um efluente. Entretanto, assim como ocorreu a diminuição dos teores de poluentes de parâmetros do efluente, pode-se questionar que o devido procedimento de tratamento utilizado na pesquisa para outros parâmetros as espécies não conseguem ter um resultado satisfatório deixando assim a desejar no processo de tratamento total do efluente.

Na tabela 2 e 3 é demonstrado os valores encontrados na análise físico-química e microbiológica do efluente em seu estágio bruto, ou seja, sem conter nenhum tipo de tratamento prévio.

Tabela 2. Análise físico-química do efluente bruto

Parâmetro	Mensuração	Unidade de medida	VMP*
Nitrato	0,36	mg/L	10,0
Turbidez	110,3	UNT	Menor que 100
Fosforo total	1,4	mg/L	0,020
Condutividade elétrica	559	σ	-
Potencial hidrogeniônico (pH)	5	UpH	5 á 9

Fonte: Autor, 2019. **VMP** – Valor Máximo Permitido.

Em relação as análises microbiológicas do efluente bruto, pode-se constatar um valor bastante elevado tanto de coliformes totais quanto de coliformes termotolerante. Isso só nos mostra que não seria possível o seu despejo sem algum tipo de tratamento em um corpo hídrico onde se utiliza a água para abastecimento humano ou para outras atividades onde o homem possui contato de forma direta ou indireta.

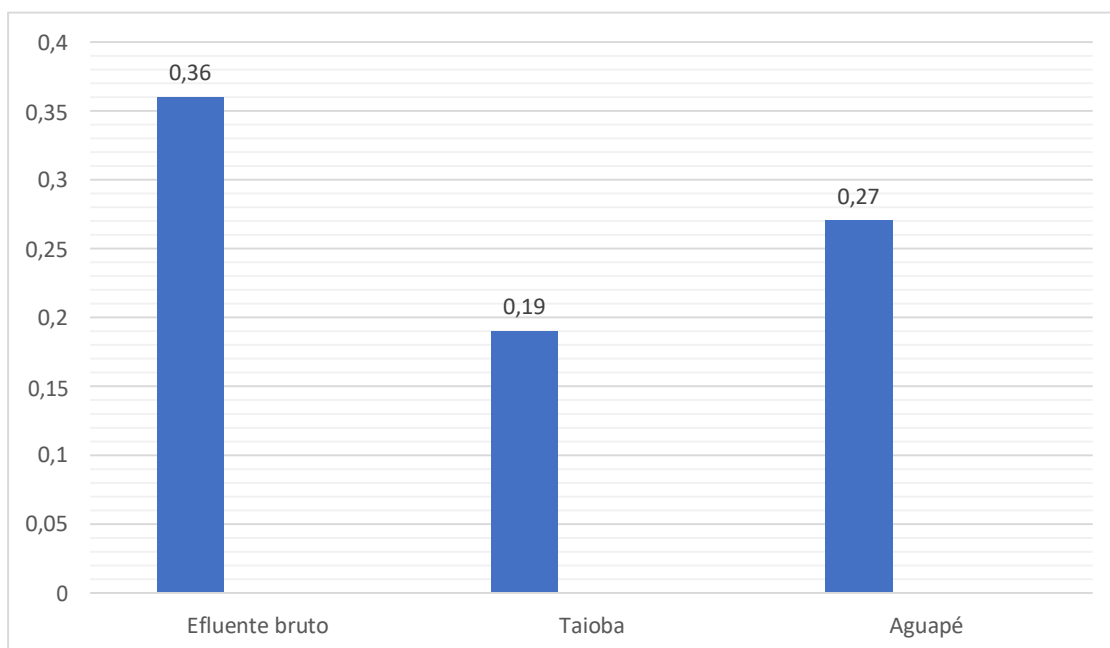
Tabela 3. Analise microbiológica do efluente bruto

Parâmetro	Mensuração	Unidade de medida	VMP*
Coliformes termotolerantes	2.880	UFC	< 1000
Coliformes totais	4.480	UFC	< 1000

Fonte: Autor, 2019. **VMP** – Valor Máximo Permitido.

Após o processo de tratamento de 20 dia utilizando plantas aquáticas, pôde-se obter resultados positivos e outros negativos encontrado em alguns parâmetros. Por meio de graficos, estão demonstrados os valores encontrados para cada tipo de parâmetro analisado em laboratórios, assim como qual espécie de planta se sobressaiu em cada processo de tratamento. O (gráfico 1) representa os valores obtidos antes e após esse processo de tratamento. Apresentando de forma concisa como foi o comportamento de cada planta nesse procedimento, apresentando assim também se houve a ocorrência de minimização dos valores do parâmetro analisado.

Gráfico 1. Comparação de resultados de nitrato nos pós tratamento do efluente



Fonte: Autor, 2019

Em relação ao parâmetro de nitrato, as plantas aquáticas também fizeram seu papel de despoluição de efluente residual. Essa redução não ocorreu de forma muito expressiva, porem houve um decréscimo. Por sua vez, a planta que se sobressaiu foi a espécie de taioba obtendo como resultado 0,19 mg/L N.

Em um estudo realizado por Borges (2005), após o tempo de 10 dias as melhores eficiências foram para turbidez 70,9%, alcalinidade total 53,5 %, fósforo total 70,8%, nitrito 99,8%, nitrato 93,7%, amônia 90,5%, coliformes totais 93,5% e 90,0% para Escherichia coli.

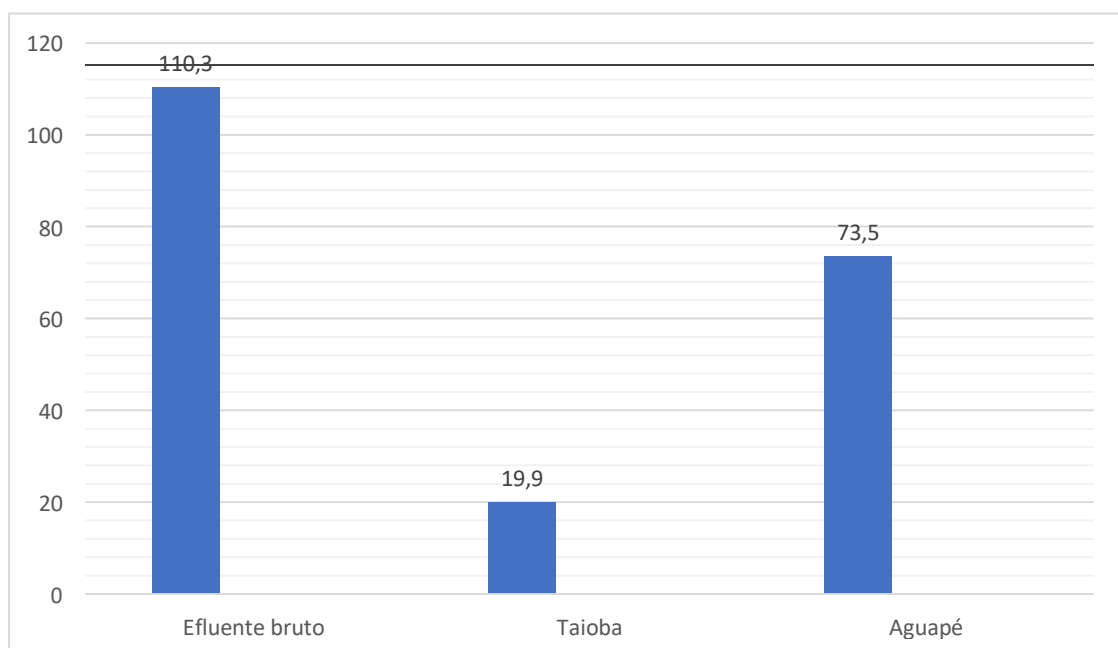
Segundo a Resolução CONAMA nº 357/05, o efluente só pode ser lançado em um

corpo hídrico se o mesmo obedecer aos níveis estabelecidos de cada classificação de rio. Neste caso o efluente poderia ser despejado em um rio, pois o valor máximo permitido é de 10,0 mg/L N, onde ao se observar os resultados, as duas amostras tratadas pelas diferentes espécies obtiveram valores abaixo do exigido e assim ela ao ser despejada não provocaria problemas ao meio ambiente.

A concentração desse composto pode ser representada através de duas fórmulas: N-NO₃ ou NO₃. O Ministério da Saúde utiliza N-NO₃ e limita a sua concentração em 10 mg/L (de N-NO₃), (XAVIER, C. K. S; MEDEIROS, J. D., 2017).

O nitrato tem um alto teor de contaminação, isso mostra que o mesmo com elevado teor de poluição não pode ser lançado de forma alguma em corpos hídricos. O nitrato ao ser consumido é prejudicial à saúde humana, uma vez que a sua ingestão é associada ao risco de doenças como o câncer gástrico e a metemoglobina (XAVIER, C. K. S; MEDEIROS, J. D., 2017).

Gráfico 2. Variação de turbidez utilizando duas espécies aquáticas



Fonte: Autor, 2019

No processo de tratamento de fitodepuração pode-se observar que os resultados obtidos para turbidez houve uma diferença de redução significativa, sendo positiva para ambas as plantas utilizadas. Dessa forma percebe-se que o tratamento biológico utilizando plantas pode sim ser bastante satisfatório para o parâmetro de turbidez. Analisando os dados

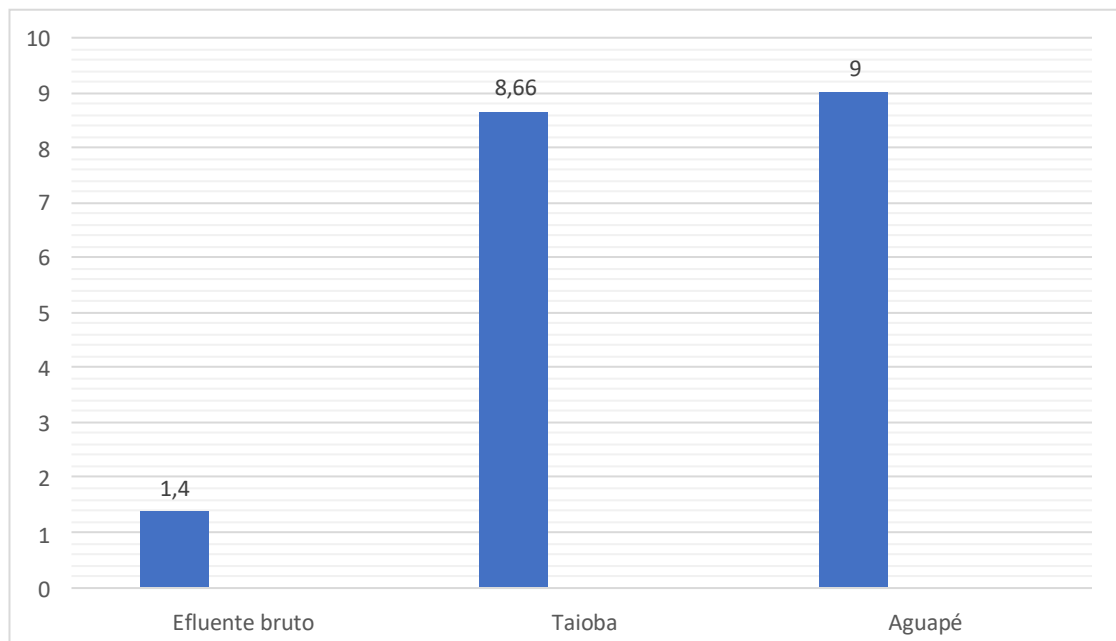
obtidos, o efluente bruto tem uma carga de partículas em suspensão muito elevada, já ao utilizar as plantas como fitodepuradoras a quantidade dessas partículas reduz possibilitando um efluente de melhor qualidade e com teor de turbidez bem menor.

Para esse procedimento a espécie que realizou o processo de tratamento com resultados mais positivos foi a Taioba (19,9 UNT), mostrando assim que uma planta utilizada poucas vezes para a realização desse procedimento é melhor que outras espécies de plantas convencionais utilizadas, como é o caso do aguapé.

Segundo resolução CONAMA nº 357/05, não determina padrão de turbidez para efluentes, entretanto afirma que todo efluente a ser lançado em corpos d'água de classe 2, não poderá elevar o valor de turbidez dos corpos receptores o valor superior a 100 UNT, já que a turbidez é a presença de matéria em suspensão, presente no efluente desde uma fina dispersão coloidal até a mais grosseira (FRANÇA et al; 2014). Dessa forma, após o processo de tratamento biológico realizado por plantas, o efluente poderia ser despejado em um corpo hídrico sem causar problemas, pois os valores obtidos foram menores que o valor exigido pela resolução em vigência.

Segundo um estudo realizado por Borges et al (2008), ao analisar um sistema de área alagada com macrófitas, em escala laboratorial, na intenção de reduzir nutrientes e microrganismos da água do rio Corumbataí em Rio Claro (SP) obtiveram uma taxa de remoção de turbidez de 96,8% para um período de determinação do esgoto em 20 dias.

Resultados parecidos foram encontrados em um estudo realizado por Leste et al, (2018), onde foi possível constatar a expressiva diminuição da turbidez, o efluente bruto apresentou valores acima de 250 NTU, a redução para 46,98 NTU.

Gráfico 3. Comportamento no teor de fósforo total após tratamento biológico

Fonte: Autor, 2019

Ao analisar os resultados apresentados no gráfico, pode-se perceber que o teor do parâmetro fosforo se elevou ao realizar o tratamento biológico utilizando as macrófitas. Isso ocorreu em ambas as plantas, porem o resultado encontrado no tratamento utilizando a espécie de aguapé foi superior ao tratamento utilizando a espécie taioba.

Esse resultado apresentado é um fator negativo para esse processo de tratamento, pois o parâmetro fósforo contendo altas concentrações pode provocar vários problemas ambientais, tais como eutrofização de corpos hídricos e isso pode estar ligado a mortandade de organismos de vida aquática.

Fosforo é o principal responsável pela eutrofização artificial. A liberação de fosfato na coluna d'água ocorre mais facilmente em baixas quantidades de oxigênio. O fosfato é indispensável para o crescimento de algas, pois faz parte da composição dos compostos celulares (MÁS, B. A; BARRELLA, W., 2008).

Esse aumento do valor de fosforo ocorrido de forma bastante expressiva, pode ser explicado pelo fato de estar sendo realizado apenas um tipo de tratamento e esse o biológico, ou seja, o tratamento que mais provem matéria orgânica.

O fósforo é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. Usualmente os esgotos domésticos possuem um teor suficiente de fósforo (SPERLING, 2014).

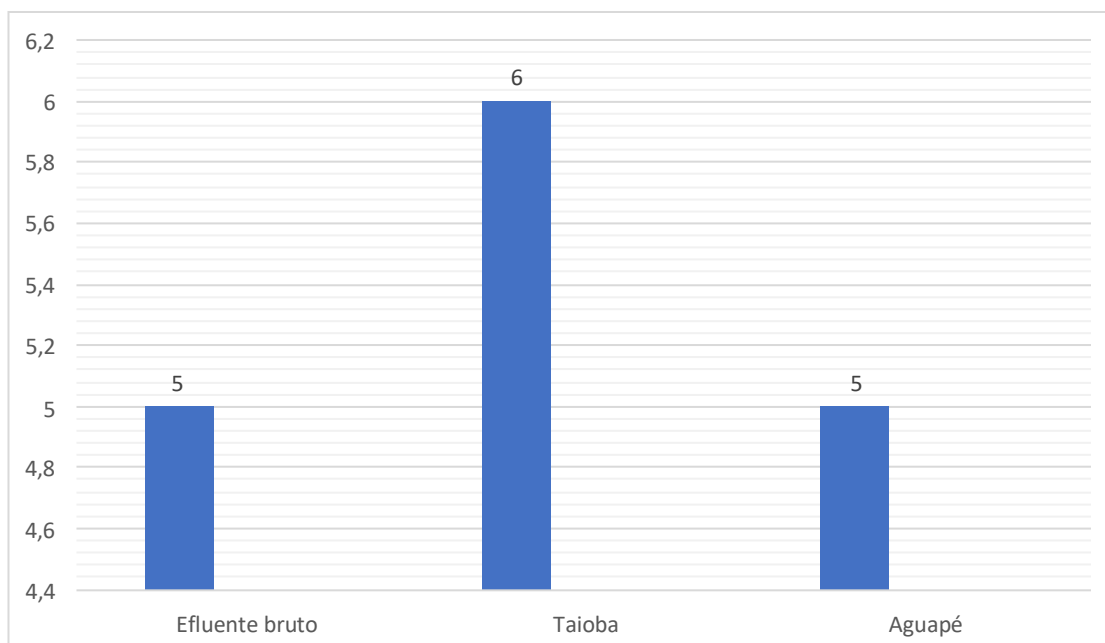
Os fosfatos, como o nitrogênio, são muito importantes para os seres vivos, entrando

da composição de muitas moléculas orgânicas essenciais. Podem provir de adubos, da decomposição de matérias orgânicas, de detergentes, de material particulado presente na atmosfera ou da solubilização de rochas (MÁS, B. A; BARRELLA, W., 2008).

De acordo a Resolução CONAMA nº 357/05, a taxa do parâmetro fósforo de efluente tratado para que possa ser lançado em corpos hídricos sem provocar problemas ambientais, não pode exceder o valor máximo permitido de 0,020 mg/L P. Esse valor é exigido para corpo hídrico que seja de classe 2, ou seja, rio onde sua água é destinada para a pesca amadora, a recreação de contato secundário e além disso para abastecimento do ser humano.

Analizando esses dados, pode-se questionar que esse efluente não seria possível seu lançamento em um rio, pois seu valor se encontra muito acima do que é exigido pela legislação. Caso um efluente, utilizando apenas um tratamento, neste caso o biológico, seria impossível a ocorrência de seu lançamento, sem que ocorresse um tratamento prévio utilizando outra técnica, pois no tratamento biológico gera muita matéria orgânica, provocador do aumento de fósforo.

Gráfico 4. Variação de resultados de pH nos pós tratamento do efluente



Fonte: Autor, 2019

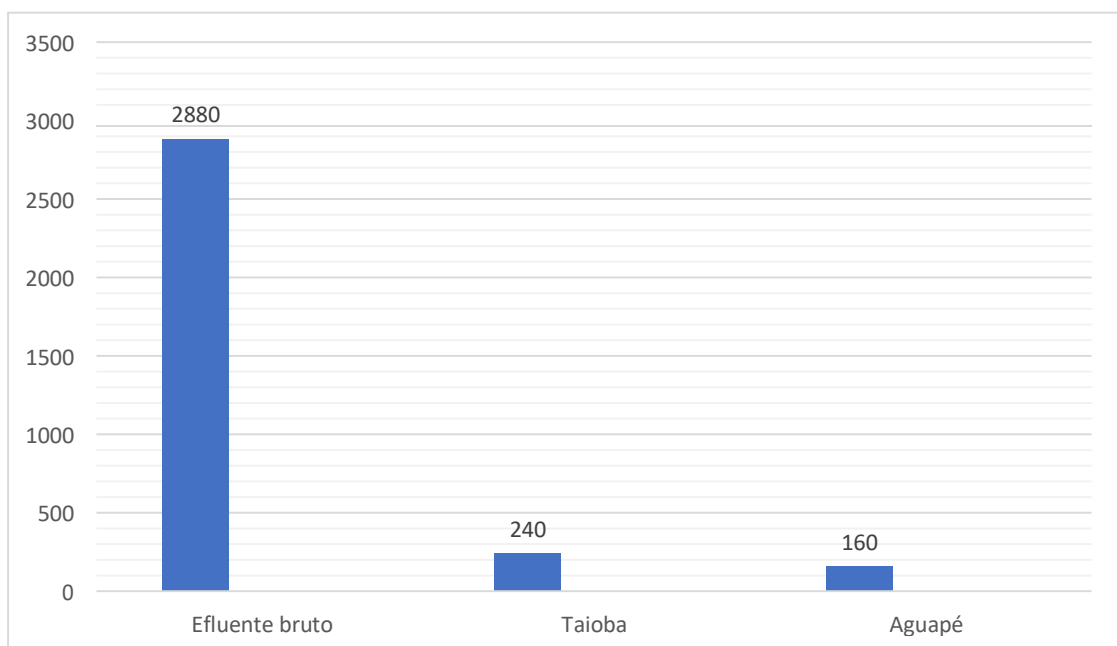
O potencial hidrogeniônico (pH) medido, mostrou que os valores se mantiveram estável após o tratamento utilizando as espécies de plantas depuradoras. Sendo que o valor obtido no efluente bruto foi de 5 e no tratamento a espécie de taioba resultou o valor de pH

em 6 e a espécie de aguapé obteve resultado de pH 5, comprovando assim que não se houve muita alteração nos resultados e que os valores se mantiveram.

Esse valor de pH também pode ser comparado com os valores encontrados em um estudo realizado por Dias et al. (2016), antes e após o tratamento o pH manteve-se neutro apresentando valores entre 6 e 7, a macrófita que apresentou melhor resultado foi a que estava no tanque 3 (aguapé) com pH 7.

Segundo a Resolução CONAMA nº 430/11 um efluente só pode ser despejado em um corpo hídrico, caso seu valor de pH esteja dentro da norma vigente. Ambas as amostras tratadas tanto pela taioba quanto pelo aguapé se mantiveram estáveis, com variação de resultado pouco alterado.

Gráfico 5. Resultado microbiológico de coliformes termotolerantes do efluente tratado



Fonte: Autor, 2019

Em vista do que foi apresentado dos resultados em relação ao parâmetro de coliformes termotolerantes, pode-se considerar que houve um decréscimo do valor encontrado no efluente em seu estágio bruto através do tratamento utilizando as plantas remediadoras. O efluente bruto foi encontrado um valor muito elevado de coliformes

chegando a um valor de 2880 UFC.

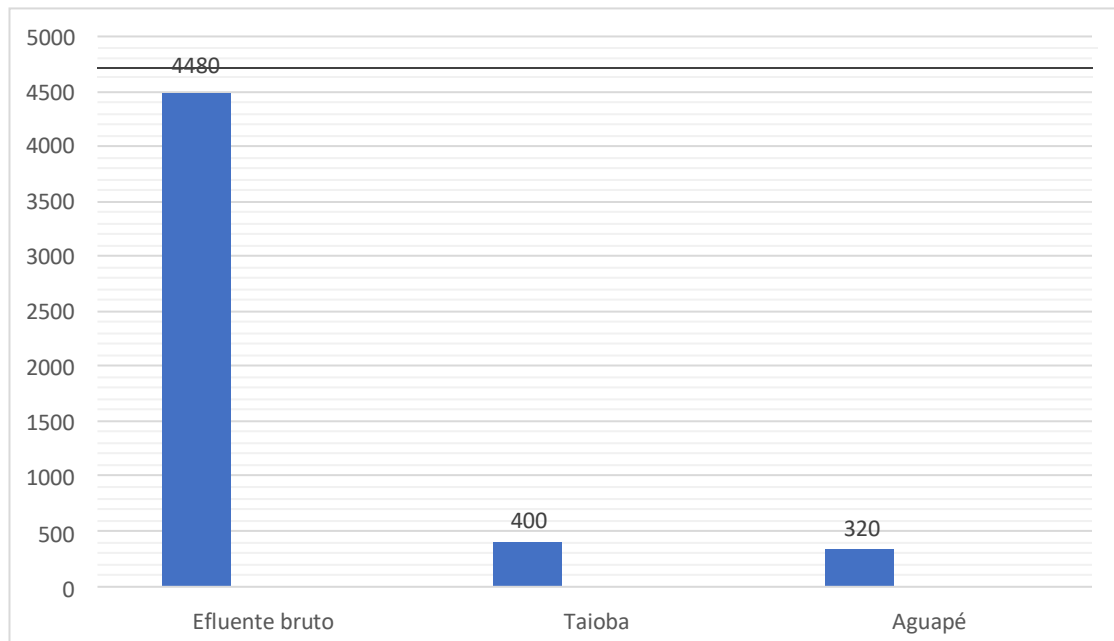
Após esse mesmo efluente ter passado por um tratamento, as plantas tiveram a capacidade de reduzir esse valor de forma positiva, sendo eles 240 UFC encontrado pela espécie da taioba e 160 UFC atrelado ao tratamento da espécie de aguapé, podendo assim constatar que a espécie de aguapé se sobressaiu no tratamento desse parâmetro.

As macrófitas exerceram efeito filtrante significativo sobre bactérias indicadoras de poluição fecal devido suas raízes ficarem cobertas com material orgânico e mucilaginoso permitindo a formação da comunidade periférica conforme o observado nas raízes das macrófitas utilizadas neste trabalho (DIAS et al., 2016).

Resultados parecidos com este foram encontrados em um estudo realizado por Borba et al; (2018), os resultados microbiológicos atenderam ao regulamento, o uso de aguapés plantas aquáticas com potencial redutor de bactérias patogênicas ocasionou a redução dos coliformes já no tanque de tratamento dos valores de 3254 UFC/ml 240 NMP/100 ml para 654 UFC/ml 220 NMP/100 m.

A legislação brasileira, que realiza o monitoramento de água e efluentes, não estabelece um valor máximo ou mínimo que um efluente tratado tenha que atingir para ser considerado de boa qualidade. Porém deve-se atentar que esse efluente para desaguar em um corpo hídrico deve estar dentro da legislação, atentando aos valores exigidos dos corpos receptores, isso se faz necessário para que não ocorra uma degradação do meio ambiente.

A Resolução CONAMA nº 357/05 determina que o valor do efluente tratado não pode exceder o valor máximo de 1000 UFC de coliformes por 100 ml de amostra analisada (BRASIL, 2005). Dessa maneira em relação ao efluente não tratado pode-se aferir que não seria possível o seu despejo em um corpo hídrico, pois o valor encontrado está muito acima do permitido pela legislação, caso ocorresse o despejo em um rio, poderia provocar sérios danos ao meio ambiente e também a população e seres vivos de vida aquática que necessitam dessa água para sobreviver.

Gráfico 6. Resultado microbiológico de coliformes totais do efluente tratado

Fonte: Autor, 2019

Ao analisar a variação presente o gráfico, pode-se observar o presente tipo de tratamento obteve um resultado satisfatório para a remoção de organismos e microrganismos presentes no efluente. Esse resultado pode ser constatado, quando se percebe que o valor encontrado na análise do efluente bruto obteve uma quantidade alta de coliformes e ocorreu que houve uma reduzida considerada utilizando as plantas. Os resultados encontrados pelo tratamento feito pela taioba e pelo aguapé mostrou que se mantiveram em valores parecidos havendo pouca variação de uma planta para a outra. Todavia mais uma vez a planta que obteve resultado mais satisfatório foi a espécie de taioba.

Ao analisar o valor máximo permitido de emissão de coliformes totais em corpos hídricos de classe 2, pode-se questionar que antes da ocorrência de tratamento não seria possível a emissão desse efluente no rio pois seu valor encontrado se encontra fora do que é exigido pela legislação. Segundo a Resolução CONAMA nº 357/05, só é possível o despejo de efluente em corpos hídricos quando o valor encontrado em uma análise de amostra se encontra menor que 1000 UFC. Porém após o tratamento usando as plantas os resultados encontrados foram bem menores que a do efluente bruto, assim seria possível a ocorrência de despejo de efluente em um corpo hídrico sem causar problemas graves ao meio ambiente.

4. CONCLUSÕES

Essa técnica é bastante inovadora, porem a mesma por si só não consegue obter um resultado totalmente satisfatório apresentando algumas limitações em relação a minimização dos valores de alguns parâmetros essenciais para não provocar impactos ambientais em corpos hídricos, caso não ocorra a remoção total dos agentes poluidores do efluente a ser tratado.

Como se trata de um tratamento totalmente biológico, sem envolver nenhuma utilização de produtos químicos ou mecanismos físicos, o teor de carga orgânica gerado é bastante elevado e isso faz com que um parâmetro apresente valores elevados, como foi o caso apresentado de fósforo total. O valor encontrado acima do que é permitido pelas resoluções vigentes, pode provocar a eutrofização de um manancial, que nada mais é do que o crescimento de algas, grande provocador de redução de oxigênio dissolvido, essencial para a sobrevivência de organismos de vida aquática.

Porém, para outros parâmetros o tratamento unicamente biológico, pôde garantir a redução expressiva em alguns parâmetros analisados, como foi o caso de pH, nitrato, turbidez e coliformes tanto totais quanto termotolerante. Ponto positivo para o tratamento usando apenas plantas fitorremediadoras.

Ao fim da pesquisa, pode-se aferir com relação a obtenção de resultado, que a espécie de aguapé (*Xanthosoma sagittifolium*), possui maior capacidade de redução dos poluentes do efluente utilizado.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.209: **Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1992.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 st Ed. Washington, DC, 2012.

BORGES, Ana Kleiber Pessoa. **Despoluição de águas superficiais e efluentes de piscicultura através de sistemas construídos de áreas alagadas (Constructed Wetland)**. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde**. – Brasília : Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2019.

BRASIL. Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em:
http://www.suape.pe.gov.br/images/publicacoes/CONAMA_n.430.2011.pdf. Acesso em: 15 de fevereiro de 2019.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

DE ARAÚJO ALMEIDA, Rogério; OLIVEIRA, Luiz Fernando Coutinho; KLIEMANN, Huberto José. EFICIÊNCIA DE ESPÉCIES VEGETAIS NA PURIFICAÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, p. 1-9, 2007.

DIAS, Fernando Silva; DO NASCIMENTO, João Paulo Alves; DE MENESES, Janaína Moreira. Aplicação de macrófitas aquáticas para tratamento de efluente doméstico. **Revista Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 106-115, 2016.

DINIZ, Célia R. et al. Uso de macrófitas aquáticas como solução ecológica para melhoria da qualidade de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. Suplemento, 2005.

FRANÇA, J. B. A. et al. Tratamento de efluente doméstico com macrófitas aquáticas para reuso na fertirrigação. **Brazilian Journal of Irrigation and Drainage**, v. 1, p. 85-93, 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **IBGE**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/corrente/panorama>> Acesso em 22/02/2019.

DE LIMA, Marcelo Ricardo; REISSMANN, Carlos Bruno; TAFFAREL, Angela Daniela. **CAPÍTULO 10 FITORREMEDIAÇÃO COM MACRÓFITAS AQUÁTICAS FLUTUANTES.**

MANFRINATO, E.S.O. Aguapé. In: *Problemas ambientais brasileiros*. São Paulo: Fundação Salim Farah Maluf, 1991. p. 109-112.

MÁS, Bruna Antunes; BARRELLA, Walter. Ocorrência de Macrófitas na Estação de Tratamento do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), Sorocaba-SP. **Revista Eletrônica de Biologia (REB)**. ISSN 1983-7682, v. 1, n. 4, p. 1-16, 2008.

SPERLING, M. V. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, UFMG, 2014.

SOUSA XAVIER, Camilla Karla; MEDEIROS, Joana Darc F. **DEGRADAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: ÁGUA FATOR DE SAÚDE PÚBLICA**. **REVISTA UNI-RN**, v. 17, n. 1/2, p. 65, 2018.