

# A UTILIZAÇÃO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS VISANDO A MELHORIA DO TRATAMENTO DO ESGOTO OPERANDO COM SISTEMA DO TIPO WETLAND COM FOCO NA REMOÇÃO DE NITROGÊNIO

Data de aceite: 26/01/2024

### **Deysiane Mayara da Silva França**

Graduando em Engenharia Química, UNIFAVIP I Wyden Rua Adjar da Silva Casé, 800 - Indianópolis, Caruaru – PE.

### **Larissa Camilly Bezerra Melo**

Graduando em Engenharia Química, UNIFAVIP I Wyden Rua Adjar da Silva Casé, 800 - Indianópolis, Caruaru – PE.

### **Lucicleitor Oliveira Santos**

Graduando em Engenharia Química, UNIFAVIP I Wyden Rua Adjar da Silva Casé, 800 - Indianópolis, Caruaru – PE.

### **Shirlei de Vasconcelos Torres**

Graduada em Engenharia Química, UNIFAVIP I Wyden Rua Adjar da Silva Casé, 800 - Indianópolis, Caruaru – PE.

### **Evandro de Souza Queiroz**

Professor de Engenharia Química e coordenador dos cursos de engenharias – UNIFAVIP I Wyden; Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco -UFPE

lançamento com a legislação para isso é preciso encontrar meios ecológicos e de baixo custo como alternativa de melhoria. As macrófitas aquáticas se mostram bastante eficiente no que diz respeito à remoção de poluente. A presente pesquisa foi realizada na estação de tratamento de esgoto da cidade de Caruaru e utilizou-se o efluente tratado da ETE operando com o sistema *wetland* feito em aquário com a macrófita da espécie *eichhornia crassipes* conhecida popularmente como baronesa e pode-se observar a remoção de nitrogênio no esgoto tratado, além da remoção de turbidez. O sistema operou por 45 dias com a macrófita baronesa, onde nos últimos 15 dias foram utilizados uma bomba de aquário a fim de ajudar na oxigenação do efluente. Análises de monitoramento foram realizadas e obteve uma eficiência de remoção de nitrogênio de 99,81% e de 90,81% de remoção de turbidez.

**PALAVRAS-CHAVE:** Macrófitas. Wetland. Nitrogênio. Turbidez.

**RESUMO:** Apesar dos sistemas de tratamento de esgoto possuir grandes tecnologias na remoção de poluentes nem sempre é possível enquadrar o padrão de

# THE USE OF AQUATIC MACROPHYTES AIMING TO IMPROVE SEWAGE TREATMENT OPERATING WITH A WETLAND-TYPE SYSTEM FOCUSING ON NITROGEN REMOVAL

**ABSTRACT:** Despite the sewage treatment systems have great technologies in the removal of pollutants, it is not always possible to fit the discharge standard with the legislation, for this is necessary to find ecological and low-cost ways as an alternative to improvement. Aquatic macrophytes are quite efficient in terms of pollutant removal. The present research was carried out in the sewage treatment station of the city of Caruaru and the treated effluent of the ETE was used operating with the wetland system that was made in an aquarium with the macrophyte of the species *Eichhornia crassipes* popularly known as baronesa and it was noted the removal of nitrogen in the treated sewage in addition to the removal of turbidity. The system operated for 45 days with the baroness macrophyte, where in the last 15 days an aquarium pump was used in order to help with the oxygenation of the effluent. Monitoring analyzes were carried out and obtained a nitrogen removal efficiency of 99.81% and 90.81% of turbidity removal.

**KEYWORDS:** Macrophytes. Wetland. Nitrogen. Turbidity.

## 1 | INTRODUÇÃO

A água residuária ou como é mais conhecido: o esgoto; refere-se ao efluente proveniente de atividades industriais, domésticas agrícolas entre outras que podem gerar um potencial para causa de poluição (NBR 9896, 1993).

Visto que a falta de saneamento adequado está diretamente relacionada com a poluição dos recursos hídricos, pois muitos são lançados diretamente nos corpos hídricos provocando problemas ambientais e na saúde pública. (ESTEVES, 2011).

Desse modo, os sistemas de tratamento de esgoto são condições básicas de infraestrutura de uma sociedade, visto que proporcionam o controle e prevenção de inúmeras doenças, possibilitando, assim, uma melhoria da saúde pública. (OLIVEIRA, 2006).

Apesar dos sistemas de tratamento de esgoto possuir grandes tecnologias na remoção de poluentes nem sempre é possível enquadrar o padrão de lançamento com a legislação para isso é preciso encontrar meios ecológicos como alternativa de melhoria.

O acúmulo de nutrientes dissolvidos no efluente, sobretudo de nitrogênio (N) e fósforo (P) pode causar a eutrofização que é a proliferação de algas e plantas aquáticas causando assim o processo de poluição de corpos d'água, como lagos e rios, que acabam adquirindo uma coloração turva ficando com níveis baixíssimos de oxigênio dissolvido. Isso tem um altíssimo impacto para os ecossistemas aquáticos como perda da biodiversidade. (ESTEVES, 2011).

A fim de atender os requisitos legais, para o lançamento de efluentes em corpos d'água, é necessário buscar de alternativas de tratamento de menores custos, ecológicos e que sejam capazes de respeitar aos limites padrões. A utilização de macrófitas aquáticas

já foi realizada em muitos estudos no tratamento de esgoto e apresentaram excelentes resultados, quanto à redução dos níveis de poluição do efluente. (SILVA, 2018).

As macrófitas aquáticas têm sido bastante utilizadas, pois elas atuam como biofiltros auxiliando assim, na remoção de nutrientes como, por exemplo, o nitrogênio dessa forma é possível tratar o efluente e libera-lo com menores níveis de contaminantes em corpos receptores.

Isso acontece, pois, as plantas absorvem o nitrogênio de na sua forma inorgânica amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) ou de nitrato ( $\text{NH}_3$ ) ou até mesmo na forma orgânica presente na ureia [ $(\text{NH}_4)_2\text{CO}$ ] sendo assim o nitrogênio o nutriente mais importante e essencial para as plantas. (NUVOLARI; TELLES; RIBEIRO; MIYASHITA; RODRIGUES; ARAUJO, 2003).

Para DIAS *et al.* (2016) os *wetlands* construídos por plantas em local artificial tem o objetivo de maximizar o processo de despoluição das águas por tempo e de maneira controlada.

Nesse contexto, objetivo do vigente trabalho é monitorar e avaliar a eficiência da macrófita aquática baronesa na remoção de nitrogênio com o sistema do tipo *wetland* construído em escala laboratorial executando assim análises do efluente de saída da ETE e do efluente após o tratamento com as macrófitas.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização dos materiais

Neste trabalho foram utilizados os seguintes equipamentos: Turbidímetro da marca Digimed do modelo DM- TU para análise de turbidez e o destilador Kjeldahl automático PRO- NITRO A da marca SELECTA para a análise de nitrogênio.

### 2.2 Metodologia

#### 2.2.1 Local de estudo

O estudo foi desenvolvido no município de Caruaru-PE, na Estação de Tratamento de Esgoto localizada entre a latitude  $8^{\circ}17'2.09''\text{S}$  e a longitude  $35^{\circ}56'12.77''\text{O}$  no bairro das Rendeiras na qual depois de ser tratado o efluente é lançado no Rio Ipojuca.

Na figura 1 encontra-se a localização da região do estudo.

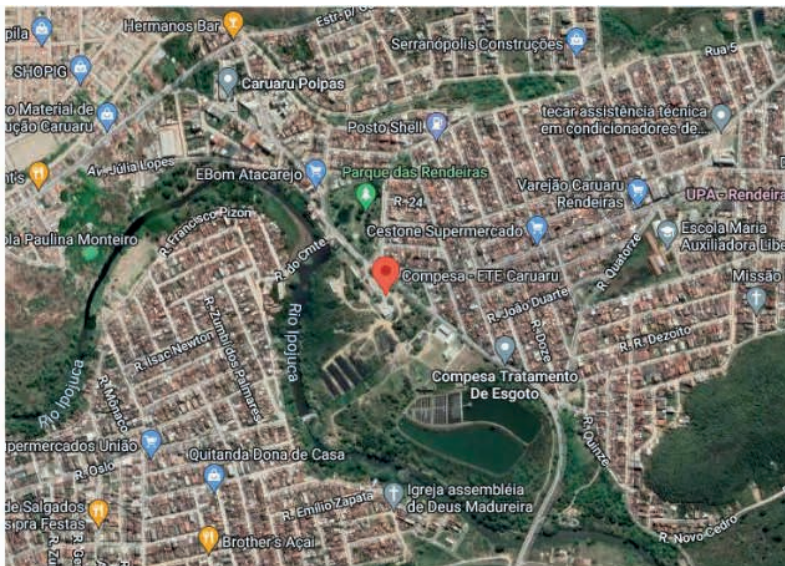


Figura 1- Local de estudo (Fonte: Google Maps, 2023).

Todas as análises foram executadas no Laboratório Regional de Esgoto em Caruaru localizado na estação de tratamento de esgoto.

### 2.2.2 Ponto de Coleta

A coleta para o experimento foi realizada no mês de junho de 2023 no ponto de saída do efluente tratado da estação de tratamento de esgoto.



Figura 2- Local da coleta (Fonte: Autora, 2023).

### 2.2.3 Etapas metodológicas do tratamento

No estudo foram utilizados dois aquários de vidro dimensão 25 cm X 15cm X 17cm, com capacidade de 6 L, porém, foi colocado o volume de aproximadamente 5 L de efluente. Em um dos aquários foi empregado o sistema de tratamento do tipo *Wetlands* com macrófitas aquática da espécie *eichhornia crassipes* conhecida popularmente como baronesa. No segundo aquário foi empregado apenas o efluente tratado sem macrófita a fim de avaliar os resultados obtidos no tanque com a baronesa.

A coleta foi realizada no ponto de saída do efluente tratado da estação de tratamento sendo realizada com equipamentos de proteção individual.

Após a coleta os aquários foram lavados com efluente e em ambos foi inserida a mesma quantidade de efluente tratado. Os aquários foram colocados em um local onde havia incidência solar e protegido da chuva.

O estudo foi operado pelo sistema de batelada que durou 45 dias onde os 30 primeiros dias o aquário permaneceu apenas com a macrófita baronesa e as análises eram realizadas a cada 15 dias logo após os 30 dias foi acrescentado uma bomba de aquário para oxigenação do efluente e as análises foram realizadas a cada 7 dias.

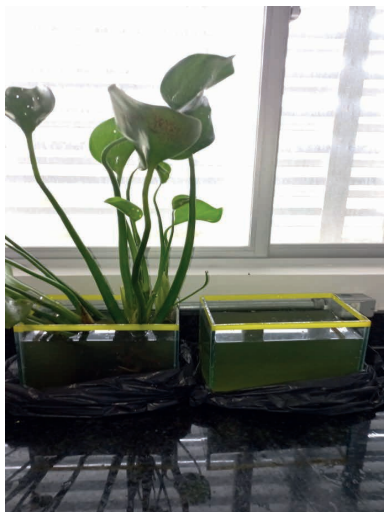


Figura 3 – Sistema *Wetland* com a macrófita baronesa. (Fonte: Autora, 2023).

## 2.3 Preparação das Amostras

### 2.3.1 Parâmetros Analisados

Os Parâmetros analisados foram: Nitrogênio e Turbidez.

### 2.3.2 Análise das amostras do efluente

Para obtenção de resultados iniciais foi realizada uma análise no dia da coleta antes de serem inseridas as macrófitas no aquário.

#### 2.3.2.1. Nitrogênio

Para a análise de nitrogênio foi utilizado o destilador kjeldahl automático PRO-NITRO A da marca SELECTA e os reagentes utilizados no equipamento foram: Hidróxido de Sódio (NaOH), Ácido clorídrico (HCl) e Ácido Bórico com Indicador misto.

Os reagentes foram preparados no Laboratório de Engenharia Química da Universidade UNIFAVIP WYDEN segundo as instruções do manual do equipamento e da ISO 5663.

Para realização da análise foi coletada uma amostra de 25 ml do efluente do aquário com a macrófita de forma que a amostra não obtivesse folhas. Após serem colocados os reagentes no destilador kjeldahl automático a amostra era compactada no equipamento realizando assim a análise de leitura de forma automática.

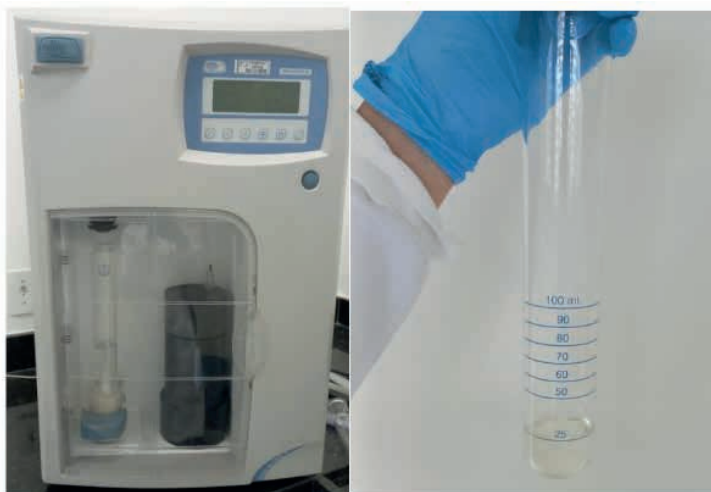


Figura 4 – Análise de nitrogênio. (Fonte: Autora, 2023).

#### 2.3.2.2. Turbidez

A Turbidez foi determinada através da leitura da amostra em um Turbidímetro Digital da marca Digimed modelo DM-TU. A análise foi realizada em triplicata obtendo, assim, a média aritmética como resultado final.



Figura 5 – Turbidímetro utilizado no estudo (Fonte: Autora, 2023).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com o artigo 12 da resolução CONAMA 430/11 o efluente não pode exceder as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos de acordo com as condições estabelecidas no artigo.

O sistema de tratamento *wetland* começou a ser operado no dia 15/06/2023 e foram realizadas 11 análises de monitoramento. O efluente de saída da ETE possuía um valor de nitrogênio muito acima do que é permitido pela Resolução CONAMA 430/11 e após o tratamento com a macrófita baronesa foi possível enquadrar o mesmo nos padrões de lançamento melhorando assim a qualidade do efluente.

Na tabela 1 estão representados os resultados obtidos no início do estudo e no final assim com o percentual de remoção dos parâmetros analisados.

PARÂMETRO	Análise do Efluente inicial	Análise do Efluente final após utilização da macrófita	Percentual de remoção (%)
Nitrogênio	301,9844 mg/l N	0,56044 mg/l N	99,81
Turbidez	20,57 UT	1,89 UT	90,81

Tabela 1- Representação dos resultados obtidos nas análises junto com o percentual de remoção. Fonte: autora (2023).

Na imagem abaixo é possível observar a mudança na coloração o efluente após o tratamento.

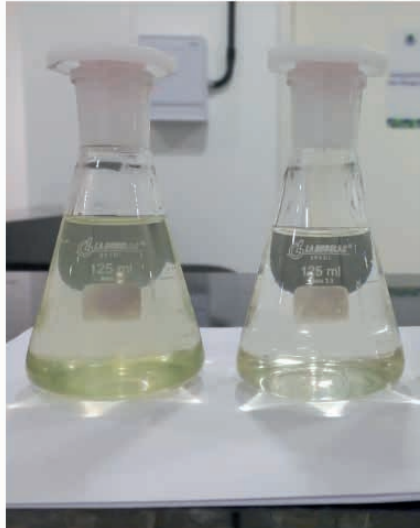


Figura 6 – Comparação das amostras (Fonte: Autora, 2023).  
Amostra da esquerda da imagem = Efluente da saída da ETE.  
Amostra da direita = Efluente tratado com a macrófita.

### 3.1 Turbidez

O valor inicial de turbidez foi de 20 UT o que pode indicar altos índices de matéria orgânica, presença de algas, plâncton e nutrientes no efluente. Após o tratamento com as macrófitas e em seguida utilizar a bomba para oxigenação, o efluente final obteve valor de turbidez de 1,89 UT com uma remoção de 90,81% de turbidez.

No gráfico abaixo estão representadas as médias para turbidez.

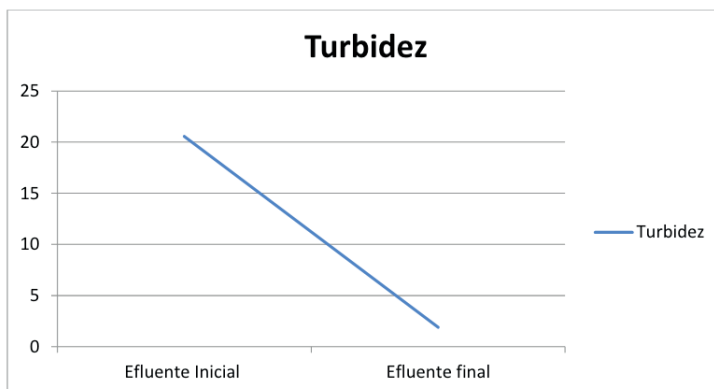


Gráfico 1- Gráfico referente à turbidez, dado em unidades de turbidez (UT) (Fonte: autora, 2023).

O efluente inicial = Efluente da saída da ETE.

O efluente final = Efluente tratado com a macrófita.



## 3.2 Nitrogênio

De acordo com a Resolução CONAMA 430/11 o valor máximo permitido de nitrogênio amoniacal total é de 20,0 mg/L N.

Na análise realizada o nitrogênio foi obtido por meio do método Kjeldahl onde nitrogênio total é lido através da transformação de nitrogênio disponível da amostra em sal amoniacal.

O efluente inicial estava com 301,98 mg/l N um valor 15 vezes acima do permitido pela Resolução CONAMA 430/11. Apesar do valor de nitrogênio alto, com o sistema *wetland* com a macrófita baronesa conseguiu-se uma remoção de 99,81% chegando ao valor final de 0,56044 mg/l N.

Na tabela abaixo, se encontra os valores obtidos nas análises com uma amostra de 25 ml do efluente ao longo da pesquisa.

Tipo de amostra	Amostra de 25 mL
Amostra Inicial	7,54961 mg N
Após 15 dias	2,38114 mg N
Após 30 dias	1,62478 mg N
Após 37 dias	0,37818 mg N
Amostra Final	0,01401 mg N

Tabela 2- Representação dos resultados obtidos nas amostras de 25 ml. Fonte: autora (2023).

No gráfico abaixo podemos analisar os resultados obtidos da análise de nitrogênio em miligramas por litro de nitrogênio (mg/l N).

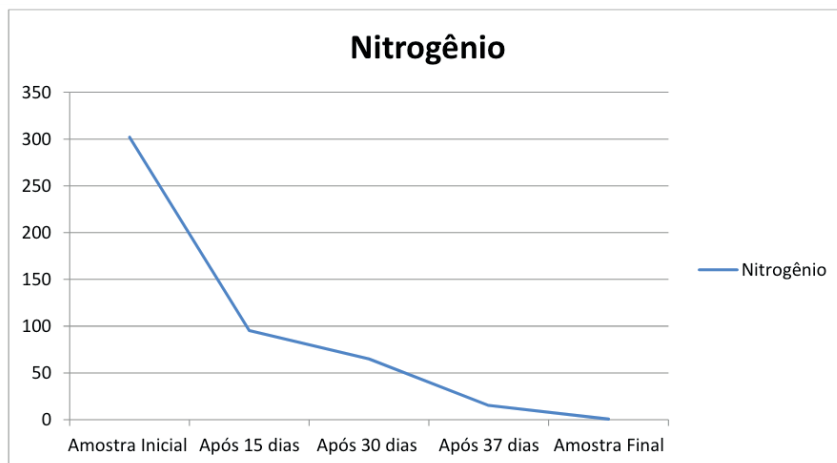


Gráfico 2- Gráfico referente ao Nitrogênio, dado em miligrama de nitrogênio (mg/l N) em amostra. (Fonte: autora, 2023).

Com 7 dias após ser colocado a bomba no aquário o efluente já se enquadrava no padrão de lançamento com 15,13 mg/L N.

A utilização da bomba ajudou a baronesa na remoção de nitrogênio, pois sua função foi de movimentar o efluente no aquário, permitindo dessa forma uma troca de gases maior entre a água do aquário e a atmosfera promovendo assim, a entrada de mais oxigênio no aquário.

Com o auxílio da bomba de aquário para oxigenação pode-se notar uma remoção de nitrogênio de 99,14% em 15 dias.

Estudos realizados Ribeiro *et al.* (2019), conseguiu obter 100% de remoção de emoção de N-amoniacal utilizado também a macrófita do tipo *eichhornia crassipes* dispostas em vasos contendo 6 L de efluente sanitário.

### 3.3 Adaptação da macrófitas

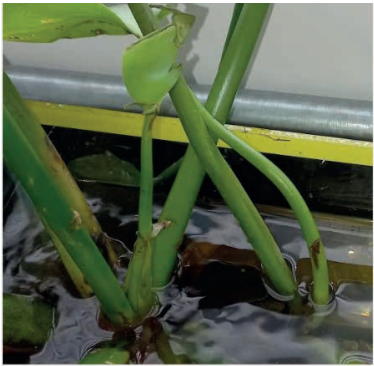
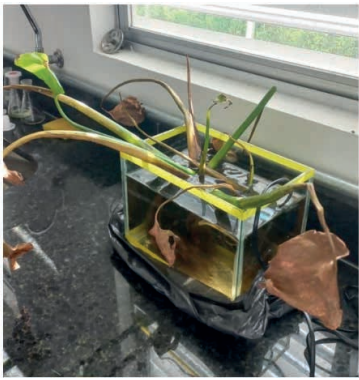
Descrição	Imagem
<p>nos 15 primeiros dias foi possível observar pequenos galhos em desenvolvimento, porém com folhas um pouco amareladas.</p>	
<p>Apesar de ter um excelente desempenho no fim de 45 dias de estudo a baronesa apresentou quase todas as folhas secas e de tom marrom isso pode ter sido ocasionado pela pouca quantidade de nutrientes no efluente tratado sendo comprovado na última análise realizada ou até mesmo por uma possível variação de pH no efluente, além disso o elevado nível de N no efluente pode favorecido a formação de sais o que desfavorece a absorção de água na planta levando assim, a uma desidratação.</p>	

Tabela 3- Referente à adaptação da baronesa durante o estudo. (Fonte: autora, 2023).

As *E. crassipes* utilizadas por Ribeiro *et al.* (2019) apresentaram após 14 dias mais folhas com coloração amarelada, além de folhas com necroses e ao termino da pesquisa com 21 dias maioria das plantas apresentavam folhas murchas, enroladas, com presença

de clorose, necroses e fungos, no entanto, ainda estavam vivas.

Na pesquisa realizada por Leitão Júnior *et al.* (2007), houve a morte de todas as amostras utilizadas de *E. crassipes* após 20 dias do início da pesquisa que visava tratar o efluente bruto de um frigorífico.

Assim, um dos fatores predispostos para a morte das *eichhornia crassipes* são os elevados teores de N que nas formas amoniacal e nítrica, aumentam a concentração de sais, promovendo um acréscimo de potencial osmótico nos leitos cultivados, o que desfavorece a absorção de água, podendo promover uma desidratação da planta. Tal fato deve ter contribuído para a observação de folhas murchas, enroladas e necrosadas nos espécimes de *E. crassipes*. (HUSSAR, 2001, apud RIBEIRO *et al.*, 2019).

## 4 | CONCLUSÃO

O trabalho consistiu em avaliações qualitativamente, no que se refere à qualidade do efluente após passar pelo tratamento com *wetland* obtendo resultados satisfatórios nos quesitos remoção de nitrogênio com 99,81% e 90,81% de remoção de turbidez.

Além do mais foi possível observar que depois de colocar a bomba no aquário para oxigenação do efluente a macrófita conseguiu um desempenho ainda maior mostrando que em uma estação de tratamento o auxílio de sopradores com a macrófita aquática pode resultar em ótimos resultados de remoção de nitrogênio.

Assim, podemos concluir que o sistema de tratamento *wetland* com macrófita baronesa é uma excelente alternativa ecológica e de baixo custo para auxiliar no tratamento de efluente.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9896**: Glossário de poluição das águas. Rio de Janeiro, 1993. 94 p.

Brasil. **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Publicada no Diário Oficial nº 53 em 18 de março de 2005.

Brasil. **Resolução CONAMA nº 430**, de 13 de maio de 2011. Publicada no Diário Oficial nº 92 em 16 de maio de 2011.

DIAS, Fernando Silva *et al.* Aplicação de macrófitas aquáticas para tratamento de efluente doméstico. **Revista Ambiental da Faculdade Internacional da Paraíba**, Paraíba, v. 2, p. 106-115, 05 de março de 2016.

ESTEVES, F. de A. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 826 p, 2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 5663**: Water quality - Determination of Kjeldahl nitrogen - Method after mineralization with selenium. 1984.

LEITÃO JÚNIOR, A. M. L. et al. Sistema de tratamento alternativo de efluentes utilizando macrófitas aquáticas: um estudo de caso do tratamento de efluentes frigoríficos por *Pistia stratiotes* e *Eichhornia crassipes*. *Caminhos de Geografia*, v. 8, n. 23, Edição Especial, p. 8-19, 2007. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15659>>. Acesso em: 24 nov. 2023.

NUVOLARI, Ariovaldo; TELLES, Dirceu D'Alkimin; RIBEIRO, José Tarcísio; MIYASHITA, Nelson Junzo; RODRIGUES, Roberta Baptista; ARAUJO, Roberto de. **ESGOTO SANITÁRIO**: coleta transporte tratamento e reúso agrícola. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2003. 520 p.

OLIVEIRA, Aline da Silva. **TRATAMENTO DE ESGOTO PELO SISTEMA DE LODOS ATIVADOS NO MUNICÍPIO DE RIBEIRÃO PRETO, SP**: Avaliação da remoção de metais pesados. p 162 (Dissertação) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006.

RIBEIRO, André Luis Vilanova; SANTOS, Fabiana Soares dos; SANTOS, André Marques dos; BRANCO, Ricardo de Freitas. CONTRIBUIÇÃO DA MACRÓFITA AQUÁTICA *Eichhornia crassipes* NA REMOÇÃO DE NITROGÊNIO AMONIACAL DE EFLUENTES SANITÁRIOS. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S.L.], v. 8, n. 3, p. 215, 3 out. 2019. *Anima Educação*. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v8e32019215-234>.

SILVA, Larissa Albuquerque Marques. **REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE O USO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES**. 2018. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Engenharia Civil, Centro Acadêmico do Agreste Núcleo de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2018.