

## II-376 - FITORREMEDIAÇÃO UTILIZANDO MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE ESGOTO DOMÉSTICO

### Israel Nunes Henrique <sup>(1)</sup>

Químico Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Mestre em desenvolvimento e meio ambiente pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Doutor em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

### Nathalia Costa Scherer

Engenheira sanitária e ambiental pela Universidade federal do Oeste do Pará (UFOPA).

### Lucieta Guerreiro Martorano

Meteorologista (UFPA) e Agronomia (UFRA). Mestre em Agrometeorologia (ESALQ/USP). Doutora em Fitotecnia/Agrometeorologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Pesquisadora Embrapa Amazônia Oriental.

### José Reinaldo Pacheco Peleja

Biólogo pela Universidade Federal do Pará (UFPA), mestre e Doutor em Biologia de Água Doce e Pesca Interior pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

### Timóteo Silva Ferreira

Engenheiro sanitário e ambiental pela Universidade federal do Oeste do Pará (UFOPA).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Mendonça Furtado, 2946 - Fátima - Santarém - PA - CEP: 68040-470 - Brasil - Tel: (93) 991492137 - e-mail: [israel.henrique@ufopa.edu.br](mailto:israel.henrique@ufopa.edu.br)

### RESUMO

As tecnologias para a remoção dos constituintes nutricionais do esgoto sanitário representam normalmente altos custos de implementação e operação, provocando a busca por alternativas que apresentem melhor custo-benefício, como a aplicação da fitorremediação utilizando macrófitas aquáticas, sendo esta investigação o objetivo do presente estudo. Para o desenvolvimento da pesquisa foram dispostas macrófitas da espécie *Eichhornia crassipes*, em um sistema hidropônico contendo dois tipos de tratamento, sendo eles, efluente tratado de uma estação de tratamento de esgoto doméstico e água de abastecimento usada como prova branca, onde foram mensurados o crescimento da espécie no sistema, por testes estatísticos de Regressão e ANOVA além da influência das condições ambientais de temperatura do ar, umidade relativa do ar e temperatura superficial foliar, termográficas. Assim como, as análises em laboratório das remoções dos seguintes nutrientes: fósforo total, fosfato, Nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito e DQO, e suas respectivas eficiências de remoção. Os resultados obtidos no experimento de remoção de nutrientes em duas amostragens foram de: Fósforo Total 88 e 85%; Fosfato 81 e 86%, Nitrogênio amoniacal total 91 e 97%, houve aumento de Nitrato e Nitrito e DQO nas concentrações. A fitorremediação experimental com macrófitas aquáticas da Amazônia apresentou-se como uma eficiente alternativa para a implementação de unidades complementares em sistemas de tratamento de efluentes para as condições ambientais climáticas da região e alternativa de baixo custo na remoção de potenciais poluentes de corpos hídricos.

**PALAVRAS-CHAVES:** Recursos Hídricos, *Eichhornia crassipes*, Remoção de nutrientes.

### INTRODUÇÃO

Os inconvenientes no lançamento de esgoto sanitário em corpos d'água estão relacionados a presença de vários tipos de poluentes orgânicos e inorgânicos. A presença de nitrogênio e fósforo em águas residuárias é mais comum, afetando a disponibilidade e qualidade, com a poluição das águas superficiais e subterrâneas devido ao lançamento de esgoto in natura ou tratados, que estejam fora dos padrões de lançamento estabelecidos pela legislação ambiental vigente (NUVOLARI et al., 2011).

O nitrogênio e o fósforo, são macronutrientes normalmente encontrados em ecossistemas aquáticos, com tudo em excesso, podem provocar problemas ambientais. Entre esses a eutrofização antrópica, a redução de oxigênio dissolvido no meio e a mortandade da vida aquática, são os mais frequentes, todos ocasionados por

fontes de poluição difusas e pontuais, sendo a última facilmente identificada pelo lançamento de águas residuárias em corpos hídricos (MOTA; VON SPERLING, 2009).

Na busca por solucionar tais potenciais impactos, as estações de tratamento de esgoto passaram a ser planejadas não apenas para a remoção de matéria orgânica, mas também para outros constituintes do esgoto sanitário. Assim melhorando a configuração das estações de tratamento de esgoto, aumentando a complexidade e número de processos físicos, químicos e biológicos, sendo estendida à remoção principalmente de formas nitrogenada e fosfatadas (ROCHA, 2009).

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

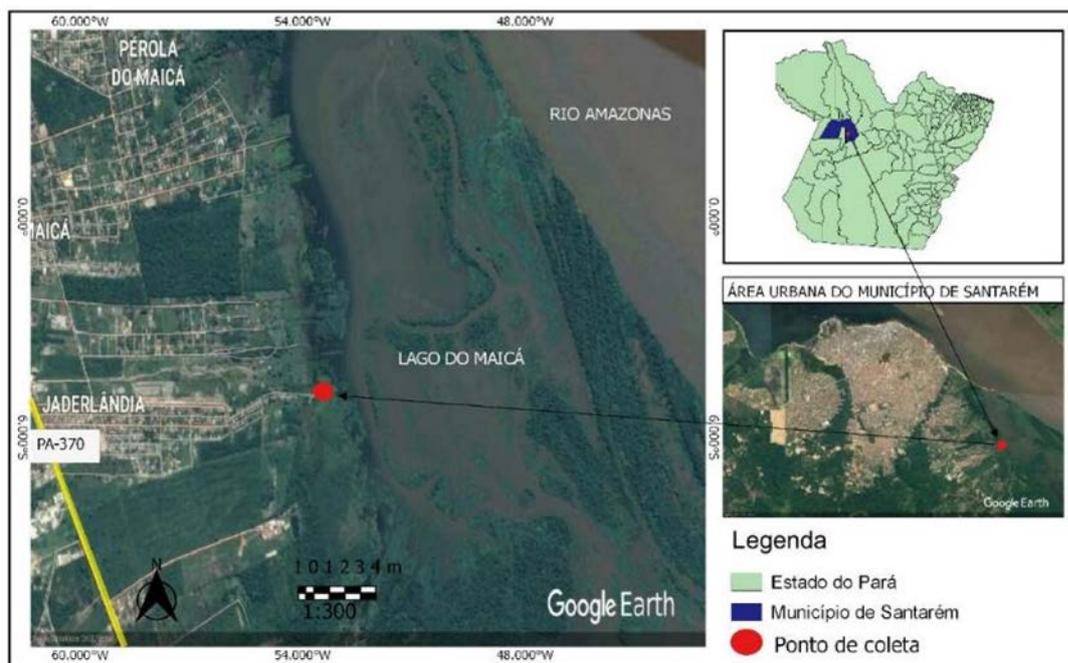
Dentre as plantas aquáticas com alto potencial na produção de biomassa e incorporação de nutrientes e agentes tóxicos, a mais utilizada e que apresenta maior desempenho no tratamento de efluentes é o Aguapé (*Eichhornia crassipes*). Entretanto, tais métodos de remoção de constituintes do esgoto sanitário são dependentes das condições ambientais para o seu desenvolvimento e conseqüentemente eficiência na aplicação, podendo apresentar diferentes comportamentos. Sendo necessário a avaliação de tais variáveis, como temperatura, umidade do ar e incidência solar, esses importantes fatores para a garantia das atividades metabólicas da planta (MEDEIROS ET AL., 1999; WEIRICH, 2009).

## **OBJETIVO**

Avaliar a capacidade e condições ambientais para a aplicação da fitorremediação por macrófitas aquáticas (*Eichhornia crassipes*) para a remoção de nutrientes em efluentes domésticos tratados na estação de tratamento de esgotos domésticos.

## **METODOLOGIA UTILIZADA**

O experimento foi conduzido durante os meses de março e abril de 2018, na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), localizada na área urbana do Município de Santarém-PA, Bairro da Cohab, próximo à Rodovia Curuá-Una (PA-370).



**Figura 1: Mapa de localização do ponto de coleta das macrófitas aquáticas**

A coleta das macrófitas foi realizada no dia 12 de março, no Lago do Maicá, localizado no perímetro urbano da cidade de Santarém, Estado do Pará, as proximidades do bairro Jaderlândia, as margens da Rodovia Curuá-Una (PA-370), Km 07 (Figura 1). O mesmo abrange uma área aquática de 161Km<sup>2</sup> e está inserido em uma região de várzea, composta por áreas periodicamente inundáveis, optou-se por esse ambiente por apresentar menor influência de poluição antrópica no local da coleta e abundância da espécie.

Durante o procedimento de coleta foram selecionadas as plantas mais jovens no ambiente, devido sua maior capacidade de absorção de nutrientes e contaminantes, bem como, o desenvolvimento da planta no experimento. O efluente utilizado foi da estação de tratamento de esgoto doméstico, da Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus Santarém, Unidade Rondon, localizada Município de Santarém-PA.

#### SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

O pré-tratamento é constituído por uma caixa com gradeamento, tipo manual, com barras de seção retangular, barras de 6,0mm x 40,00 mm, com inclinação de 45° a 60° com a horizontal. Empregado para remoção de partículas sólidas, restos de embalagens e material considerado grosseiro proveniente de bacias sanitárias.

O tratamento primário consiste na passagem do efluente por uma unidade de sedimentação para remover os sólidos sedimentáveis, digestão anaeróbia e remoção de óleos e graxas.

O tratamento secundário aplicado é o filtro aerado tipo lodos ativados. Trata - se da remoção de matéria orgânica biodegradável contida nos sólidos dissolvidos, ou finamente particulados e, eventualmente, de nutrientes (nitrogênio e fósforo), através de processos biológicos aeróbios.

#### DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi constituído em blocos, com três repetições distribuídos em dois tratamentos casualizados com duas repetições por bloco, sorteadas ao acaso quanto a localização em cada bloco, totalizando 6 repetições por tratamento, sendo estes, efluente e água de abastecimento, como prova branca, dispostos em um sistema hidropônico em 4 unidades de tubos de PVC de 75 mm de diâmetro, 1,20 m de comprimento e capacidade de aproximadamente 5 L cada, com 10 perfurações para alocação das macrófitas da espécie *Eichhornia crassipes*.

#### ANÁLISES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICO DOS EFLUENTES

Para o desenvolvimento do experimento foram realizadas análises físico-químicas de: pH, temperatura, DQO (Demanda Química de Oxigênio), fósforo total, fosfato, amônia, nitrito e nitrato em duas amostragens com

período de detenção hidráulica de sete dias. Os parâmetros foram analisados antes e após o processo de fitorremediação, de acordo com a metodologia do Standard Methods (ALPHA, 2005), (Tabela 1).

**Tabela 1: Parâmetros físico-químicos avaliados durante o experimento.**

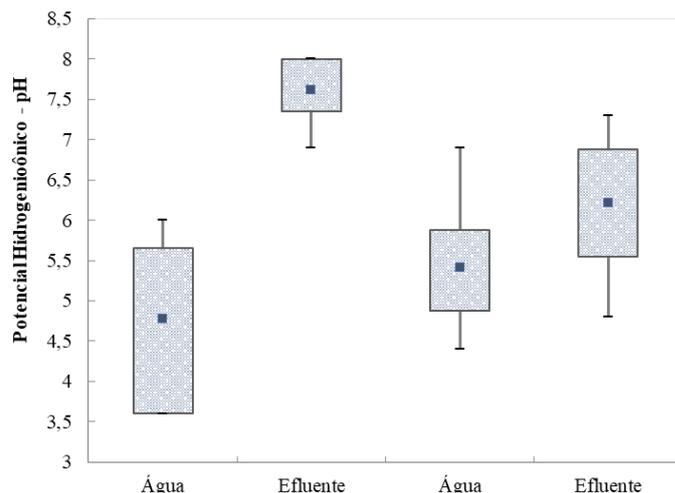
PARÂMETROS	UNIDADE	MÉTODO/CÓDIGO STANDARD METHODS (2012)	Equipamento
pH	-	in situ potenciometria (Cód.: 4500-H B)	pHmetro digital
Temperatura	°C	-	Termômetro digital
DQO	mg.L <sup>-1</sup>	Oxidação (Cód. 5220 D)	Espectrofotômetro
Fosforo total	mg.L <sup>-1</sup>	Redução com Ácido Ascórbico (Cód. 4500 – P A)	Espectrofotômetro
Fosfato	mg.L <sup>-1</sup>	Ácido Vanadomolibdofosfórico (Cód. 4500 – P C)	Espectrofotômetro
Amônia	mg.L <sup>-1</sup>	N- (1- naftyl) etilenodiâmina (Cód.: 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Espectrofotômetro
Nitrato	mg.L <sup>-1</sup>	N- (1- naftyl) etilenodiâmina (Cód.: 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Espectrofotômetro
Nitrito	mg.L <sup>-1</sup>	N- (1-naftyl) etilenodiâmina (Cód.: 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Espectrofotômetro

As amostragens dos tratamentos foram realizadas semanalmente após a instalação do experimento, sendo coletadas durante duas semanas, uma amostra composta de efluente por bloco, totalizando 3 amostras semanais para análises em laboratório. Também foram coletadas amostras do efluente da estação de tratamento de esgoto da UFOPA para a análise do afluente do sistema constituído por macrófitas.

O procedimento usado na coleta das amostras compostas foi realizado, com o auxílio de uma seringa de 100 mL com adaptação de uma mangueira no bico, em cinco pontos diferentes ao longo de cada tubo e após armazenadas em garrafas plásticas para o transporte até o laboratório.

## RESULTADOS

Na figura 2 estão apresentados os resultados obtidos do pH da água e do efluente durante as duas amostragens de monitoramento do experimento.



**Figura 2: Comportamento do pH da água e do efluente no sistema nas duas semanas de amostragem**

Observa-se que os valores da água de abastecimento disposto no sistema, durante a primeira amostragem, variam 3,6 a 6 unidade de pH, a qual é considerada inicialmente ácida. Já as concentrações no efluente variaram de 8 a 6,9 apresentando-se numa faixa de pH mais próxima do básico. Na segunda semana de amostragem os valores na água variaram de 4,4 a 6,9 unidades de pH, apresentando menor dispersão se comparado com a primeira semana de amostragem. Os valores de efluente variaram entre 8 e 6,9 e na segunda semana 7,3 e 4,8 unidades de pH. O blox plot apresentado indica assimetria negativa prevalecendo a concentração dos pH ácido no primeiro quartil (Q1), por outro lado na segunda semana de amostragem com maior tempo de permanência das macrófitas no sistema experimental tal parâmetro apresentou distribuição semelhante tanto no Q1 e Q2 nas análises para a água.

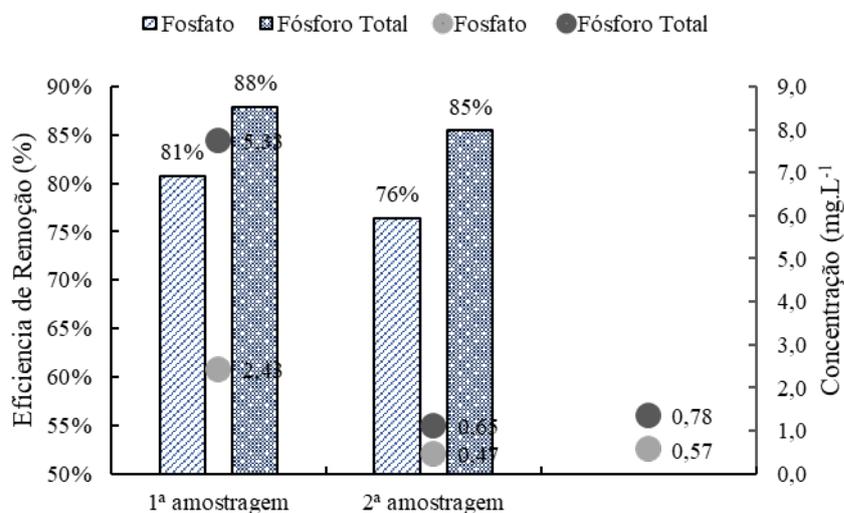
Para DQO no efluente inicial de entrada no sistema, não foi possível a detecção da concentração pelo equipamento utilizado nas análises de laboratório, assim como nos blocos de repetição 2 e 3, apresentando apenas um leve aumento no bloco 1 da primeira amostragem, já na segunda amostragem em todos os blocos houve aumento (Tabela 2).

**Tabela 2: Concentrações de DQO durante o experimento**

Parâmetro	Inicial (Efluente Bruto)	1ª amostragem			2ª amostragem		
		Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	≤ 0*	2,6	≤ 0*	≤ 0*	1,34	3,85	5,1

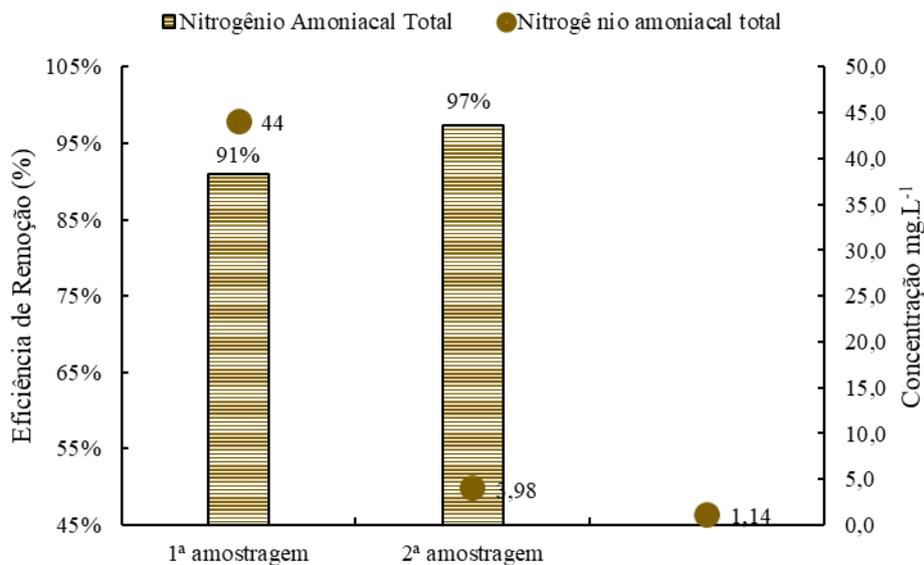
Esse aumento de acordo com Souza et al., (2004), se deve a concentração de matéria orgânica no efluente. Na segunda semana de amostragem percebeu-se que devido ao crescimento acelerado da *E. crassipes*, por brotamento lateral de estolões, a mesma se desenvolveu na parte interna do tubo de PVC onde estava disposto o efluente, devido à ausência de incidência solar no interior do tubo, provavelmente essas estruturas não conseguiram realizar as atividades fotossintetizantes como as que estavam expostas as variáveis ambientais, provocando assim a decomposição do tecido vegetal e por vez aumentando a concentração de matéria orgânica no sistema e consequentemente a DQO.

A eficiência média de remoção do Fósforo Total (PT) e fosfato do efluente nos três blocos casualizados, das duas amostragens durante o período do experimento no sistema constituído por macrófitas (Figura 3).



**Figura 3: Eficiência média na remoção de fósforo total e fosfato**

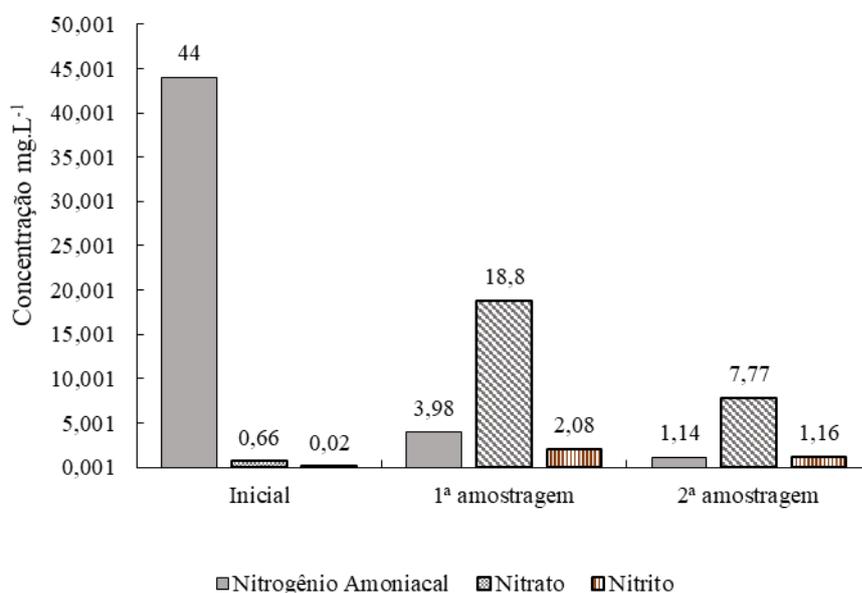
A concentração inicial do nitrogênio amoniacal total foi de 44 mg.L<sup>-1</sup> que encontrava-se fora do padrão de qualidade para lançamento de efluente segundo a Resolução CONAMA nº 430/11 que estabelece 20 mg.L<sup>-1</sup>. No entanto, o uso de macrófitas na remoção apresentou eficiência na remoção significativa nas duas amostragens durante o experimento (Figura 4).



**Figura 4: Eficiência média da remoção de nitrogênio amoniacal total**

Ao analisar os resultados obtidos nos experimentos com a *E. crassipes*, observou-se uma alta eficiência na remoção de Nitrogênio Amoniacal Total, nos efluentes provenientes da ETE UFOPA. Segundo Henry-Silva e Camargo (2008), ao analisar efluentes de carcinoculturas, a *Eichhornia crassipes* havia também apresentado excelentes resultados tratamentos deste efluentes. Corroborando com Mees et al., (2009) que analisaram seu uso em sistema de tratamento de abatedouro e frigorífico, obtendo dentro deste sistema uma eficiência máxima de remoção de até 47,5% e Greco (2010) que obteve a remoção de nitrogênio amoniacal total de 87% ao fazer o uso desta como fitorremediadora, em efluentes de uma estação de tratamento de esgoto.

As relações entre nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito são específicas, e sob condições aeróbias, o nitrogênio amoniacal é oxidado a nitrito e a nitrato pela ação de decompositores aeróbios (MIRANDA-SANTOS et. al., 2009), portanto, observa-se a redução das concentrações de N-NH<sub>3</sub> e o aumento do nitrato e nitrito (Figura 5).



**Figura 5: Concentração de nutrientes nitrogenados durante o experimento**

Pode-se observar no gráfico que conforme a redução do nitrogênio amoniacal total, houve aumento de nitrito e principalmente nitrato, corroborando como o abordado por Miranda-Santos (2012), que tal sistema, constituído por macrófitas, está proporcionando a nitrificação da matéria nitrogenada e sugere o efluente adequado para utilização em fertirrigação.

## **CONCLUSÕES**

A macrófita aquática da espécie *Eichhornia crassipes* é eficiente na fitorremediação de nutrientes constituintes em efluente doméstico;

A maior eficiência de remoção está para compostos nitrogenados e fosfatados;

As condições ambientais na unidade experimental foram favoráveis na expressão do potencial de fitorremediação do Aguapé.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ALMEIDA, R. de A.; ALMEIDA, N. A. M. Remoção de coliformes do esgoto por meio de espécies vegetais. *Revista Eletrônica de Enfermagem*, v. 07, n. 03, p. 308 - 318, 2005.
2. APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 22th. Washington: Public Health Association, 2012.
3. MEDEIROS, R. M. L.; SABAA SRUR, A. U. O.; ROQUETTE PINTO, Carmen. L. Estudo da biomassa de aguapé, para a produção do seu concentrado proteico. *Ciênc. Technol. Aliment.*, Campinas, v. 19, n. 2, p. 226-230, 1999.
4. MOTA, F. S. B. VON SPERLING, M. (Coordenadores) et. al. *Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção*. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 428 p.
5. NUVOLARI, A. *Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola*. 2ª ed. rev. Atual. e ampl. São Paulo: Blucher, 2011. 565 p.
6. ROCHA, F. A. *Reuso de águas residuárias na agricultura: a experiência israelense e brasileira*. *Enciclopédia Biosfera*, v. 6, p 1-9, 2010.