

---

## **NOTA TÉCNICA:**

### **EFICIÊNCIA DAS MACRÓFITAS *EICHHORNIA CRASSIPES* (MART.) SOLMS. (AGUAPÉ) E *PISTIA STRATIOTES* L. (ALFACE D'ÁGUA), CULTIVADAS EM DIFERENTES MATERIAIS NO TRATAMENTO DE EFLUENTE SANITÁRIO BRUTO**

Janaína Borges de Azevedo França<sup>1</sup>, Itamar Rosa Teixeira<sup>2</sup>, Anamaria Achtschin Ferreira<sup>3</sup>, Sebastião Avelino Neto<sup>4</sup>

#### **RESUMO**

Neste trabalho visou-se avaliar a eficiência das macrófitas aquáticas *Eichhornia crassipes* (aguapé) e *Pistia stratiotes* (alface d' água) no tratamento de efluente doméstico bruto, em tempos de detenção hidráulico (TDH) variados (0, 7, 14, 21 e 28 dias), cultivadas em caixas de amianto e polietileno. Foram testados quatro tratamentos EA (*E. crassipes* e caixa de amianto), EP (*E. crassipes* e caixa de polietileno), PA (*P. stratiotes* e caixa de amianto) e PP (*P. stratiotes* e caixa de polietileno), com seis repetições. Dentre os tratamentos testados foi possível verificar que *E. crassipes* é mais eficiente na remoção de DBO e DQO: houve remoção de 28,45% de DQO (EA), 53,37% de remoção de DBO (EP). Para a remoção de SDT não houve diferença significativa entre as macrófitas e o material das caixas em estudo.

**Palavras-chave:** contaminação, tratamento alternativo, polietileno, amianto

#### **ABSTRACT**

### **EFFICIENCY OF MACROPHYTES *EICHHORNIA CRASSIPES* (MART.) SOLMS. (WATER HYACINTH) AND *PISTIA STRATIOTES* L. (WATER LETTUCE), GROWN IN DIFFERENT MATERIALS IN THE WASTEWATER TREATMENT SANITARY**

The human activities can accelerate the rate which the nutrients enter in the ecosystems. As a result, the volume and quality of drinking water living in the nature have been decreasing gradually, with consequent intensification of the environmental degradation. These changes result in water shortages in several regions of the world, difficulting the care for multiple uses to which it is intended. The treatments of macrophytes have low construction costs, it consumes little or none amount of electrical energy, it can be operated by people without high technical level. The objective of this study is to evaluate the effectiveness of aquatic macrophytes *Eichhornia crassipes* (water hyacinth) and *Pistia stratiotes* (water lettuce) in gross domestic wastewater treatment, in hydraulic retention time (HRT) varied (0, 7, 14, 21 and 28 days), and cultivated in asbestos boxes and polyethylene. It was tested four treatments EA (*E. crassipes* and asbestos boxes), EP (*E. crassipes* and polyethylene box), PA (*P. stratiotes* and asbestos box) and PP (*P. stratiotes* and polyethylene box), with six replicates. Among treatments tested were able to verify that *E. crassipes* is more efficient to remove BOD and COD. It was removed 28.4% of COD (EA) and 53.37% of BOD (EP). For removal of STD there was no significant difference between macrophytes and the material of boxes under study.

**Keywords:** contamination, alternative treatment, polyethylene, asbestos

---

**Recebido para publicação em 13/08/2012. Aprovado em 03/10/2012.**

1- Engenheiro Agrônomo, UEG – GO, janaina\_baf@hotmail.com

2- Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto UEG – UnUCET - GO

3- Biólogo, Professor Adjunto UEG - GO

4- Engenheiro Agrícola, Professor UEG – UnUCET - GO

## INTRODUÇÃO

As atividades humanas podem acelerar a taxa na qual os nutrientes entram nos ecossistemas. Escoamento de solo sob atividade agrícola e indústrias e outras atividades humanas como urbanização excessiva e aumento da população, aumentam o fluxo de nutrientes orgânicos e substâncias inorgânicas para ecossistemas aquáticos e terrestres (KUTTY *et al.*, 2009; RAHMAN & RASEGAWA, 2011). Como consequência, a qualidade da água existente na natureza vem diminuindo gradativamente, assim os tratamentos para se adquirir água potável, em sua maioria, se tornam mais caros, insuficientes e de difícil acesso a comunidade mais carente (HESPANHOL, 2003; KUTTY *et al.*, 2009).

Estas mudanças resultam na escassez de água em várias regiões do mundo, dificultando o atendimento aos múltiplos usos a que se destina e, consequentemente aumentando o risco de poluição do solo, de contaminação dos ecossistemas aquáticos e de danos à saúde pública. Além disso, o aumento do consumo de água nos centros urbanos implica em um volume maior de efluentes sanitários que exigem tratamento e destinações adequados que atendam às demandas da legislação e à pressão de entidades ambientalistas (HENRY-SILVA & CAMARGO, 2006). Esse cenário indica a necessidade urgente de se desenvolver e/ou adaptar tecnologias eficientes (GONÇALVES, 2009), economicamente viáveis (SOUSA *et al.*, 2000) e descentralizadoras (SEZERINO & PHILIPPI, 2000) para o tratamento de efluentes. Os sistemas alagados construídos apresentam várias vantagens quando comparados aos sistemas convencionais, pois como tratamento secundário apresentam baixos custos de construção e manutenção (MEES *et al.*, 2009), consomem pouca ou nenhuma energia elétrica e podem ser operados por pessoas sem nível técnico elevado (BRIX, 2003; HENRY-SILVA & CAMARGO, 2006). Além destas vantagens, são efetivos na redução da matéria orgânica (DELLAROSSA *et al.*, 2001) e sólidos (ZIMMELS *et al.*, 2006), na retenção ou eliminação de substâncias tóxicas (LAGOS *et al.*, 2009), agindo como catalisadores para a purificação por aumentar a diversidade de ambientes na rizosfera,

promovendo uma variedade de reações químicas e bioquímicas que aumentam a purificação (SOUSA *et al.*, 2000).

*Pistia stratiotes* L. (alface d' água) e *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (aguapé), por exemplo, apresentam bom potencial na despoluição da água (POTT & POTT, 2002) e minimizam os impactos sobre os ecossistemas aquáticos. O aguapé é capaz de absorver nutrientes acima da sua necessidade biológica assim como elementos químicos que não participam de seu metabolismo (MESS *et al.*, 2009).

As vantagens das plantas aquáticas no tratamento de efluentes, em comparação a um filtro convencional (de solo ou de pedras), são a estética e o apelo ecológico; o controle de mau odor, agindo como um biofiltro, possibilitando instalação próxima à comunidade; o tratamento aeróbio e anaeróbio do efluente, retirando sólidos suspensos e microrganismos patogênicos; e o controle de insetos, por ação de plantas superficiais (VALENTIM, 1999).

A implantação de sistemas de tratamento de efluentes industriais e de efluentes domésticos, mediante adoção de técnicas convencionais, além de cara, depende de tecnologia avançada de forma a atenderem à legislação atual. Assim é importante estudar novas técnicas de tratamento que permitam a sua implantação a um custo mais reduzido que os atuais, e com a mesma ou maior eficiência. Por isso, uma série de estudos vem sendo feitos abordando a renovação e o aproveitamento de águas residuárias em todo o mundo face à escassez de água (OZTURG *et al.*, 2005).

Em face do contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o potencial de uso das macrófitas aquáticas *Pistia stratiotes* L. e *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms no tratamento secundário de águas residuárias provenientes de efluente sanitário.

## MATERIAL E MÉTODOS

O efluente sanitário, objeto de estudo deste trabalho, foi oriundo da Universidade Estadual de Goiás (UEG), Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas no Câmpus Henrique Santillo, sediada na cidade de Anápolis – GO (16°19'36" Sul e longitude de 48°57'10").

O efluente estudado em questão é composto por uma mistura de (resíduos de limpeza doméstica, lavagem de vidrarias e materiais dos trinta e dois laboratórios existentes, área administrativa, resíduos provenientes da limpeza e da manipulação da cozinha e da cantina e dos trinta banheiros em uso).

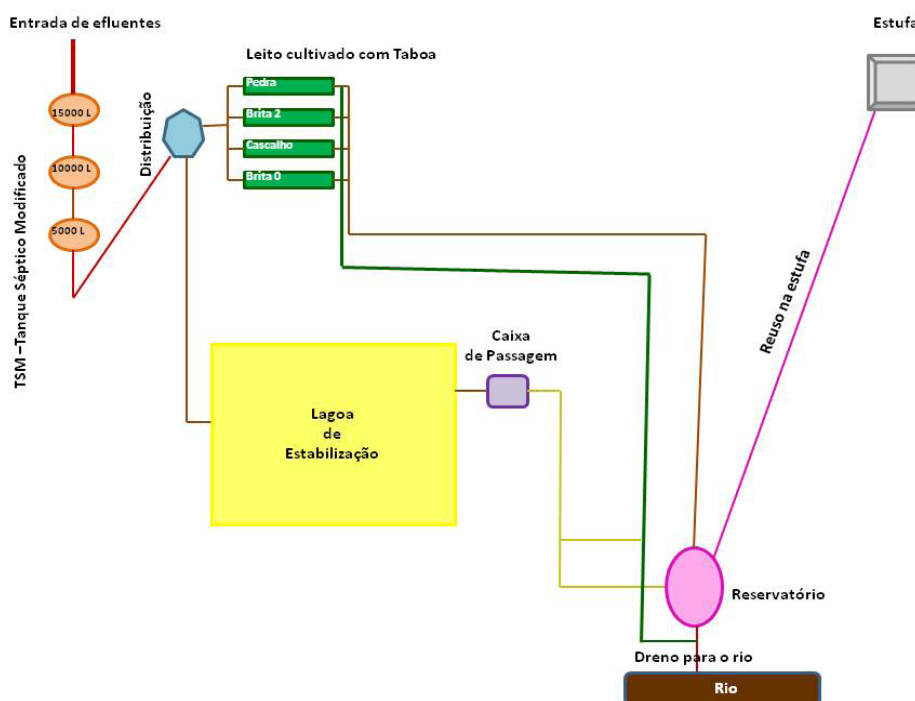
Todo o efluente coletado é direcionado para a ETE (estação de tratamento de efluente). No tratamento do efluente prevaleceu o sistema por batelada, sendo que o sistema por fluxo contínuo é realizado no sistema de leitos cultivados na ETE.

A ETE foi implantada na UnUCET em meados de 2009, construída a aproximadamente 200 metros das edificações da Universidade ((Figura 1). O sistema da ETE é formado por: um conjunto de três Tanques Sépticos Modificados (TSM) em série com a capacidade para 15 m<sup>3</sup>, 10 m<sup>3</sup> e 5 m<sup>3</sup>; uma caixa de distribuição de cimento amianto com a capacidade para 500 L; um conjunto de três unidades de leitos de fluxo subsuperficial, construído em alvenaria (6 m<sup>2</sup> x 2 m<sup>2</sup> x 1 m<sup>2</sup>) com capacidade de 12 m<sup>3</sup>, que são cultivados com macrófitas (*Typha* sp.) e compostos com três meios suporte (Leito 1: cascalho natural; Leito 2: brita 0; Leito 3: cascalho lavado). Possui ainda, uma lagoa de estabilização facultativa

que possui capacidade para receber 530 m<sup>3</sup> de efluente, porém a vazão de efluente do campus é aproximadamente 20 m<sup>3</sup>/dia. Todo o efluente gerado na UnUCET é conduzido para a ETE, o qual passa por tratamentos primários no conjunto de TSM, sendo conduzido para a caixa de distribuição, onde é distribuído, para o conjunto de leitos cultivados e para lagoa facultativa (os mesmos são caracterizados como unidades de tratamento secundário).

Após tratamento secundário o efluente é conduzido para o reservatório com capacidade de 2000 L (2 m<sup>3</sup>) sendo então bombeado para a caixa de vegetação e redistribuído para o experimento que é constituído por caixas de cimento amianto e polietileno.

Para condução do experimento foram utilizadas 24 caixas de dois tipos de materiais, para verificar como o material influencia na vida útil das plantas e no comportamento do efluente. A primeira unidade experimental foi composta por 12 caixas de fibrocimento (cimento amianto), material que resulta da união do cimento comum com fibras de amianto, da marca Eternit®, o reservatório apresenta capacidade para 250 litros, com peso de 27,2 kg (vazia), com 826 mm de diâmetro da parte superior



**Figura 1.** Desenho esquemático da ETE-UEG-UnUCET - Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas (sem escalas).

da caixa x 737 mm de diâmetro da base x 554 mm de altura da caixa. A segunda unidade experimental foi composta por 12 caixas de polietileno da marca Fortlev® com capacidade para 250 litros, com peso de 6,00 kg (vazia), com 530 mm de altura x 980 mm de diâmetro x 740 mm de diâmetro na base. Para o tratamento de depuração do efluente foram utilizadas as macrófitas *Eichhornia crassipes* (aguapé) e *Pistia stratiotes* (alface d'água), ambas sorteadas dentro dos tratamentos. Acrescenta-se que o presente estudo equivale a sistemas de tratamento em lagoa contendo plantas flutuantes.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições. Os tratamentos foram constituídos por quatro unidades (EA – *E. crassipes* e caixa de amianto; EP – *E. crassipes* e caixa de polietileno; PA – *P. stratiotes* e caixa de amianto; PP – *P. stratiotes* e caixa de polietileno).

As macrófitas utilizadas foram obtidas em uma lagoa natural onde se procurou coletar manualmente as plantas adultas e saudáveis, no período da manhã, entre 08:00 às 11:00 h. As macrófitas foram aclimatadas no efluente para reprodução na casa-de-vegetação.

O efluente utilizado foi captado na caixa de distribuição da ETE, após o tratamento por um conjunto de três Tanques Sépticos Modificados (TSM), sendo conduzido destes para a casa-de-vegetação por uma bomba de 3 cv, e tubulação de 40 mm. Com o auxílio de uma mangueira de 1", foram distribuídos 200 litros do efluente nas caixas, com laminais d'água de ±45 cm de profundidade, as quais continham quatro plantas de uma mesma espécie (*E. crassipes* ou *P. stratiotes*).

As amostras do efluente em cada uma das caixas foram coletadas individualmente à ±30 cm de profundidade dentro das caixas, durante 35 dias compreendido entre 04/04/2011 à 02/05/2011, no horário de 8:00-11:00, com um período de Detenção Hidráulica (TDH) de 0, 7, 14, 21 e 28 dias, em garrafas de vidro previamente autoclavadas

e identificadas. As amostras foram coletadas de acordo com a Norma NBR 9898/1987, que dispõe sobre a preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.

A caracterização das amostras individuais de efluente foi realizada por meio de análises físicas e químicas, fundamentadas nas metodologias prescritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20ª edição (AWWA, APHA, WPCI, 1998).

Para a avaliação da eficiência dos tratamentos, verificou-se a remoção dos seguintes parâmetros: Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO).

Os resultados das análises de caracterizações das amostras dos efluentes foram dispostos em gráfico em função do tempo de coleta em relação ao TDH, com a finalidade de se observar a variação temporal dos parâmetros analisados e suas possíveis tendências. Os parâmetros analisados foram baseados na Resolução nº 357/2005 e nº 430/2011 do CONAMA, no Decreto nº 1.745 de 1979 e nos padrões permitidos pela SANEAGO para o lançamento de efluentes em águas goianas (SANEAGO, 2010).

Foi utilizada a metodologia estatística paramétrica para análise dos dados obtidos no experimento, sendo escolhido o método de diagrama de blocos inteiramente casualizados. Abaixo são descritos os fatores e os níveis utilizados para a avaliação (Quadro 1).

A análise estatística foi realizada a partir das eficiências de remoção para os seguintes parâmetros: STD, DBO e DQO obtidas através de dados coletados no efluente e afluente dos sistemas de tratamento. Foram utilizados testes de F e t a 5% de probabilidade. Para o processamento dos dados empregou-se o programa estatístico Sisvar® (Free - versão 5.1 (Build 72) - Registro de Software de 28/04/2006 sob o número: 828459851) (FERREIRA, 2011).

**Quadro 1.** Fatores e níveis adotados para a análise estatística

Fator	Nível
Tempo de Detenção Hidráulico (TDH)	05 níveis (0, 7, 14, 21 e 28 dias)
Planta Cultivada	02 níveis ( <i>Eichhornia crassipes</i> e <i>Pistia stratiotes</i> )
Tipo de Caixa	02 níveis (fibrocimento e polietileno)

**RESULTADOS E DISCUSSÃO****Sólidos Totais Dissolvidos (STD)**

Houve redução entre a média das concentrações de sólidos totais dissolvidos dos valores do efluente bruto (684,00 mg L<sup>-1</sup>) e as médias dos tratamentos: EA (518,16 mg L<sup>-1</sup>), EP (509,76 mg L<sup>-1</sup>), PA (516,86 mg L<sup>-1</sup>) e PP (531,72 mg L<sup>-1</sup>). Embora não tenha atingido o valor recomendado pela legislação (inferior a 500 mgL-1) (CONAMA, 2005), houve eficiência de remoção de STD entre de 22 e 25%. Não houve diferença significativa entre as médias de STD entre as duas espécies de plantas acondicionadas em cada um dos tipos de caixas (amianto e polietileno) ( $p_{\text{amianto}} = 0,9646$  e  $p_{\text{polietileno}} = 0,4060$ ). *P. stratiotes* em caixa de polietileno apresentou variância com valor mais baixo que as demais, indicando maior homogeneidade neste processo.

Pode-se inferir que as duas espécies de plantas e/ou o microambiente criado por elas é semelhante com relação a estas características, já que as diferenças entre as médias (Quadro 2) podem ser consideradas ao acaso, segundo os valores de p obtidos (Quadro 3).

O material utilizado na construção das caixas não interferiu na eficiência de remoção de STD ( $p = 0,4732$ ), indicando que o processo de tratamento

deste tipo de efluente (dejetos domésticos e sanitários) pode ser feito utilizando recipientes tanto de amianto quanto de polietileno.

Houve diferença significativa na remoção de STD segundo a espécie de planta ( $p = 0,0238$ ), se não for considerado o tipo de material em sua fabricação. Houve diferença significativa entre as médias e em relação aos vários TDHs ( $p = 0,0000$ ), sendo que a quantidade de STD apresentou uma tendência de contínuo decréscimo (Figura 2).

**Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

Não houve diferença significativa entre as médias de DBO em relação à espécie de macrófita utilizada, quer seja nas caixas de amianto ( $p_{\text{amianto}} = 0,9133$ ), quer seja nas caixas de polietileno ( $p_{\text{polietileno}} = 0,1974$ ) (Quadro 4). Observou-se redução entre o DBO do efluente bruto (254,66 mg L<sup>-1</sup>) e os tratamentos EA (138,56 mg L<sup>-1</sup>); EP (140,47 mg L<sup>-1</sup>); PA (118,74 mg L<sup>-1</sup>) e PP (142,15 mg L<sup>-1</sup>).

Houve diferença entre as médias dos tratamentos nos vários TDHs (Quadro 5), assim como um decréscimo mais acentuado do DBO nos três primeiros períodos de tempo (Figura 3). Nos dois últimos TDHs, a redução de DBO acontece de forma menos acentuada, porém indicando a não estabilização até o final do experimento.

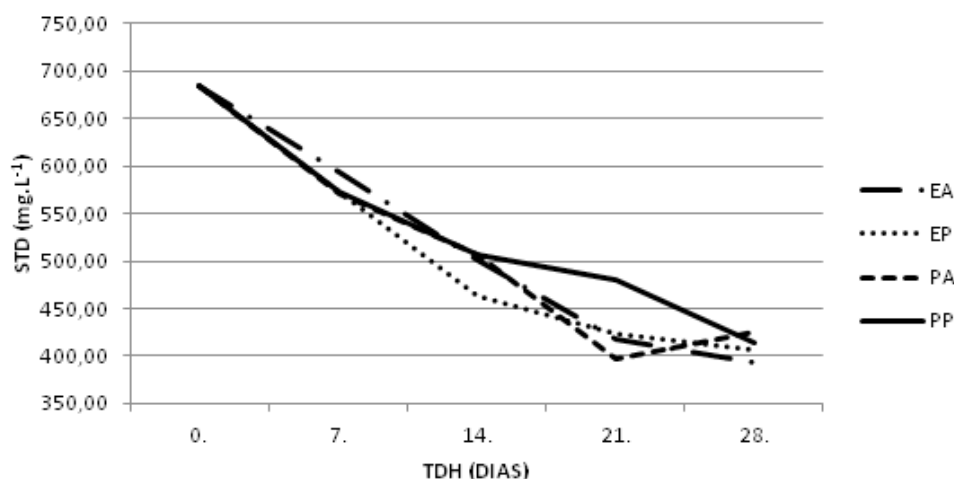
**Quadro 2.** Sólidos Totais Dissolvidos (STD) no efluente bruto e nos quatro tratamentos com 28 dias de tempo de detenção hidráulica (TDH). EA – *E. crassipes* e caixa de amianto; EP – *E. crassipes* e caixa de polietileno; PA – *P. stratiotes* e caixa de amianto; PP – *P. stratiotes* e caixa de polietileno

Tratamento	TDH (mg L <sup>-1</sup> )	Média	Variância	Eficiência de remoção (%)
Efluente bruto	0	684,00	-	-
EA	28	518,16	13702,83	24,00
PA	28	516,86	11817,98	24,00
EP	28	509,76	11629,63	25,00
PP	28	531,72	531,72	22,00

**Quadro 3.** Análise de variância para os dados oriundos dos tratamentos para a remoção de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) EA – *E. crassipes* e caixa de amianto; EP – *E. crassipes* e caixa de polietileno; PA – *P. stratiotes* e caixa de amianto; PP – *P. stratiotes* e caixa de polietileno

FV	P
Planta	0,0238 <sup>ns</sup>
Caixa	0,4732 <sup>ns</sup>
TDH	0,0000 <sup>ns</sup>

ns - não significativo.



**Figura 2.** Sólidos Totais Dissolvidos (STD) para os tratamentos: EA (*Eichhornia crassipes* + caixa de amianto); EP (*Eichhornia crassipes* + caixa de polietileno); PA (*Pistia stratiotes* + caixa de amianto); PP (*Pistia stratiotes* + caixa de polietileno) em função do tempo de detenção hidráulico.

**Quadro 4.** Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) no efluente bruto e nos quatro tratamentos com 28 dias de tempo de detenção hidráulica (TDH). EA – *E. crassipes* e caixa de amianto; EP – *E. crassipes* e caixa de polietileno; PA – *P. stratiotes* e caixa de amianto; PP – *P. stratiotes* e caixa de polietileno

Tratamento	TDH (mg L <sup>-1</sup> )	Média	Variância	Eficiência de remoção (%)
Efluente bruto	0	254,66	-	-
EA	28	138,56	5095,13	45,59
PA	28	140,47	4059,36	44,84
EP	28	118,74	5262,22	53,37
PP	28	142,15	4404,69	44,18

**Quadro 5.** Análise de variância para os dados oriundos dos tratamentos para a remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). EA – *E. crassipes* e caixa de amianto; EP – *E. crassipes* e caixa de polietileno; PA – *P. stratiotes* e caixa de amianto; PP – *P. stratiotes* e caixa de polietileno

FV	P
Planta	0,0000 <sup>ns</sup>
Caixa	0,0000 <sup>ns</sup>
TDH	0,0000 <sup>ns</sup>

ns - não significativo.

O Decreto nº 1.745 estabelece o limite máximo de 60,0mgL<sup>-1</sup> para DBO, no caso de lançamentos. Porém esse valor poderá ser ultrapassado para o tratamento de efluente que reduza a carga poluidora do despejo em termos de DBO, em no mínimo, 80% (GOIÁS, 1979). Embora os tratamentos não tenham atingido o limite de remoção determinado na legislação, as eficiências dos tratamentos foram bastante elevadas: EA (45,6%); EP (53,4%); PA (44,8%) e PP (44,2%).

Os resultados obtidos em outros experimentos

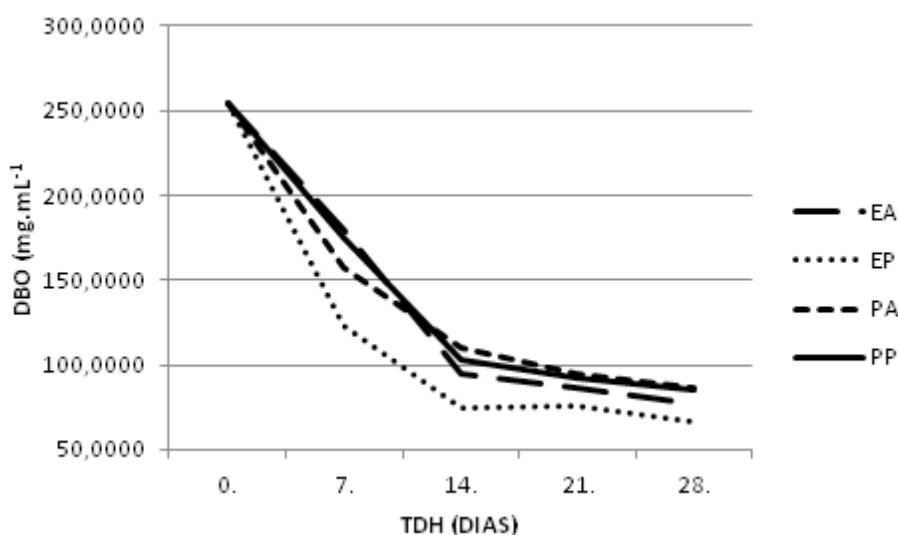
foram bastante variados. Em estudo utilizando lagoas de aguapé no tratamento terciário de efluente de suinocultura, foi obtida eficiência na remoção de DBO em torno de 51% (BAVARESCO *et al.*, 1999). A análise do desempenho de sistemas com aguapé no tratamento de águas diluídas residuárias de suinocultura, apresentaram eficiência máxima de remoção de DBO na faixa de 69 a 79%, para o sistema estático e de 83 a 91%, para o sistema dinâmico (BAVARESCO *et al.*, 1996).

## Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Ocorreu redução nos valores médios entre o efluente bruto ( $725,24 \text{ mg L}^{-1}$ ) e os quatro tratamentos (EA =  $518,89 \text{ mg L}^{-1}$ ; PA =  $698,71 \text{ mg L}^{-1}$ ; EP =  $665,72 \text{ mg L}^{-1}$ ; PP =  $698,71 \text{ mg L}^{-1}$ ), embora a eficiência de remoção tenha variado entre 28,45% (*E. crassipes* em caixa de amianto) a 3,65% (*P. stratiotes* em caixa de polietileno) (Quadro 6). A empresa de saneamento de Goiás - SANEAGO limita atualmente o padrão de DQO em  $450,0 \text{ mg L}^{-1}$  (SANEAGO, 2010). Desta forma, pode-se dizer que as médias obtidas com os tratamentos foram inferiores à média do efluente bruto citado acima, porém superiores ao limite aceito pela SANEAGO. *E. crassipes* em caixa de amianto apresentou maior eficiência de remoção, mas este tratamento teve elevada variância, indicando a necessidade de melhor padronização do sistema.

A espécie de macrófita utilizada levou a resultados diferentes, em cada tipo de material utilizado na fabricação das caixas ( $p_{\text{amianto}} = 1,5 \times 10^{-5}$ ;  $p_{\text{polietileno}} = 0,0142$ ), onde os valores médios obtidos para *E. crassipes* foram menores.

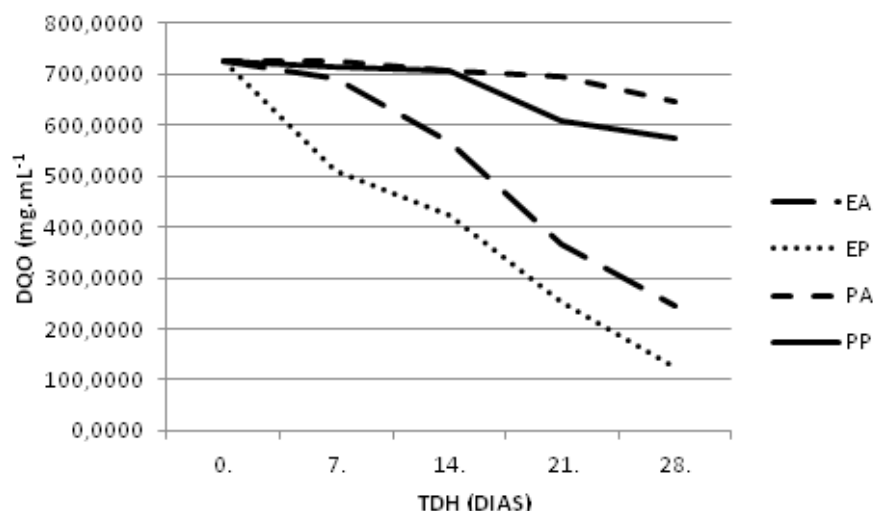
Pode-se dizer que é importante para a espécie de planta utilizada ( $p = 0,0000$ ), o tipo de caixa (amianto e polietileno) ( $p = 0,0000$ ) usado no cultivo, em função da detecção de diferença entre os TDHs ( $p = 0,0000$ ) (Quadro 7). Nos tratamentos envolvendo *E. crassipes* não houve estabilização na remoção de DQO. Naqueles envolvendo *P. stratiotes*, a remoção de DQO só iniciou após 14 dias de TDH (Figura 4). Estes resultados distintos provavelmente podem ser atribuídos a existência de variabilidade genotípica entre os materiais em estudo quanto demanda de oxigênio durante a fase de crescimento/desenvolvimento.



**Figura 3.** Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) para os tratamentos: EA (*Eichhornia crassipes* + caixa de amianto); EP (*Eichhornia crassipes* + caixa de polietileno); PA (*Pistia stratiotes* + caixa de amianto); PP (*Pistia stratiotes* + caixa de polietileno) em função do tempo de detenção hidráulico.

**Quadro 6.** Demanda Química de Oxigênio (DQO). EA – *E. crassipes* e caixa de amianto; EP – *E. crassipes* e caixa de polietileno; PA – *P. stratiotes* e caixa de amianto; PP – *P. stratiotes* e caixa de polietileno

Tratamento	TDH (mg L <sup>-1</sup> )	Média	Variância	Eficiência de remoção (%)
Efluente bruto	0	725,24	-	-
EA	28	518,89	35846,71	28,45
PA	28	698,71	897,26	3,65
EP	28	665,72	4085,46	8,20
PP	28	698,71	897,26	3,65



**Figura 4.** Demanda Química de Oxigênio para os tratamentos: EA (*Eichhornia crassipes* + caixa de amianto); EP (*Eichhornia crassipes* + caixa de polietileno); PA (*Pistia stratiotes* + caixa de amianto); PP (*Pistia stratiotes* + caixa de polietileno) em função do tempo de detenção hidráulico

**Quadro 7.** Análise de variância para os dados oriundos dos tratamentos para a remoção de Demanda Química de Oxigênio (DQO). EA – *E. crassipes* e caixa de amianto; EP – *E. crassipes* e caixa de polietileno; PA – *P. stratiotes* e caixa de amianto; PP – *P. stratiotes* e caixa de polietileno

FV	P
Planta	0,0000 <sup>ns</sup>
Caixa	0,0000 <sup>ns</sup>
TDH	0,0000 <sup>ns</sup>

ns - não significativo.

Os resultados obtidos para DQO, neste estudo foram bastante variados. O uso do aguapé no pós-tratamento de água residuária de suinocultura em um experimento em caixas de cimento amianto durante 56 dias, propiciou média de eficiência de remoção de 61,9% para DQO (JONAS & HUSSAR, 2010). A avaliação da eficiência da macrófita aquática aguapé e de escamas de tilápia no tratamento de efluentes de curtume de peles de tilápias, em diferentes TDHs (4, 6 e 8 dias), indicou que a eficiência de remoção de DQO foi semelhante entre os tratamentos (67,75% para AG (aguapé) e 59,31% para EA (escamas e aguapé). Os dois tratamentos não diferiram entre si, mas foram eficientes na remoção de nutrientes do efluente (CHAGURI, 2010). Foi obtido um valor de 53% de eficiência para a remoção de DQO, com lagoas de aguapé em tratamento terciário de efluente de suinocultura (BAVARESCO *et al.*,

1999). PERDOMO *et al.*, (1996), em trabalho realizado utilizando dejetos de suínos contendo elevadas concentrações de nitrogênio total variando entre 50 e 300 mg L<sup>-1</sup>, em tratamento com lagoas de aguapés, demonstraram que a remoção de DQO ocorreu entre 0,87 a 2,20 mg DQO (dia<sup>-1</sup> g aguapé<sup>-1</sup>), evidenciando, assim, que a lagoa de aguapés apresentou resultados satisfatórios após vinte dias.

## CONCLUSÃO

- Os parâmetros STD, DBO e DQO não alcançaram os valores determinados pela legislação, indicando que podem ser utilizados, porém em associação com outras técnicas para aumentar a sua eficiência;
- Os materiais (amianto e polietileno) não interferiram na eficiência de remoção de SDT; e



- Para os parâmetros DBO e DQO, a macrófita *Eichhornia crassipes* apresentou maior eficiência, com taxas de remoção de 53,37 e 28,45%, cultivada em caixas de polietileno e amianto, respectivamente.

## AGRADECIMENTOS

A Eternit® pela doação das caixas de fibrocimento, que foram indispensáveis para a realização deste estudo, e a Capes pelo financiamento parcial da pesquisa por meio dos programas Especial e Procad.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AWWA. APHA. WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19<sup>th</sup> Edition, Washington. EUA. 1998.

BAVARESCO, A.S.L.; COSTA, R.H.R.; PERDOMO, C.C. Lagoas de aguapés em sistemas de tratamento de dejetos de suínos. XXV CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL: Tratamiento de Aguas Residuales, (1996: México, D.F.). **Anais...** México: AIDIS, Tomo I, p.41-47, 1996.

BAVARESCO, A.S.L.; MEDRI, W.; COSTA, R.H.R. Lagoas de aguapés no tratamento terciário de dejetos de suínos. In: 20<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, 1999. **Anais...** ABES, Rio de Janeiro, Trabalho I-148, 1999. CD ROOM. s/p (sem paginação)

BRIX, H. Danish experiences with wastewater treatment in constructed wetlands. In: 1st INTERNATIONAL SEMINAR ON THE USE OF AQUATIC MACROPHYTES FOR WASTEWATER TREATMENT IN CONSTRUCTED WETLANDS, 2003, Lisboa. **Anais...** Lisboa, 2003. p.37.

CHAGURI, M.P. **Utilização de escamas e *Eichhornia crassipes* no tratamento de efluente de curtume de peles de tilápias**. Jaboticabal, 2010. 65f. Dissertação (mestrado em Aquicultura - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de

Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, ano 142, n.53, 18 mar. 2005. Seção 1, p.58-63.

DELLAROSSA, V.; CÉSPEDES, J.; ZAROR, C. *Eichhornia crassipes*-based tertiary treatment of Kraft pulp mill effluents in Chilean central region. **Hydrobiologia**, Rio Claro- SP, v.443, n.1/3, p.187-191, 2001.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

GOIÁS. **Decreto nº 1.745, de 06 de dezembro de 1979**. Aprova o regulamento da lei nº 8.544, de 17 de outubro de 1978, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Goiânia, GO, 06 dez, 1979. Disponível em: <<http://www.agenciaambiental.go.gov.br/legislacao>> . Acesso em: 1º abr. 2011.

GONÇALVES, C.V. **Fitoacumulação de cromo em *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms disposta em sistema de tratamento de efluentes de indústria de couro**. Porto Alegre, 2009. 72f. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Programa de Pós-Graduação em Ecologia. UFRS. 2009.

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. Efficiency of aquatic macrophytes to treat Nile tilapia pond effluents. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.63, n.5, p.433-438, 2006.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. **Reuso de água**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. São Paulo: Manole, p.37-95, 2003.

JONAS, T.C.; HUSSAR, G.J. Utilização do Aguapé no Pós Tratamento de Efluente de Reator Anaeróbio Compartimentado. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.7, n.4, 2010, p.020-032.

KUTTY, S.R.M.; NGATENAH, S.N.I.; ISA, M.H.; MALAKAHMAD, A. Nutrients removal from municipal wastewater treatment plant effluent using *Eichhornia crassipes*. **World Academy of Science, Engineering and Technology**, Ambala, v.60, n.7, p.826-831, 2009.

LAGOS, C.; URRUTIA, R.; DECAP, J.; MARTINEZ, M; VIDAL, G. *Eichhornia crassipes* used as tertiary color removal treatment for Kraft mill effluent. **Desalination**, Swansea, v.246, n.1, p.45-54, 2009.

MEES, J.B.R.; GOMES, S.D.; VILAS-BOAS, M.A.; FAZOLO, A.; SAMPAIO, S.C. Removal of organic matter and nutrients from slaughterhouse wastewater by using *Eichhornia crassipes* and evaluation of the generated biomass composting. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal-SP, v.29, n.3, p.466-473, 2009.

OZTURG, M.; ALYANAK, I.; SAKCALI, S.; GUVENSEN, A. Multipurpose plants systems for renovation of waste waters. **The Arabian Journal for Science and Engineering**, Dhahran, v.30, n.2, p.17-28, 2005.

PERDOMO, C.C.; LIMA, G.J.M.M.; SCOLARI, T.M.G. **Tratamento dos dejetos de suinocultura: visando a sua correta utilização, evitando problemas de poluição, tratamento deve atender às exigências e as características específicas de cada criador. Ambiente agropecuário**. 1996. Disponível em: <[http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agropecuário/dejetos\\_de\\_suinocultura/tratamento\\_dos\\_dejetos\\_de\\_suinocultura.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agropecuário/dejetos_de_suinocultura/tratamento_dos_dejetos_de_suinocultura.html)> . Acesso em: 14 mar. 2011.

POTT, V.J.; POTT, A. **Potencial de uso de plantas aquáticas na despoluição da água**. Campo Grande : Embrapa Gado de Corte, 2002. 25p.

RAHMAN, M.A.; HASEGAWA, H. Aquatic arsenic: phytoremediation using floating macrophytes. **Cnemosphere**, Exeter, v.6, n.83, p.633-646, 2011.

SANEAGO – Saneamento de Goiás S/A. **O que é o efluente**. Disponível em: <<http://www.saneago.com.br/wwwsan/quali/oqueefluente.htm>>. Acesso em: 20 fev. 2010.

SEZERINO, P.H.; PHILIPPI, L.S. Utilização de um sistema experimental por meio de “wetland” construído no tratamento de efluentes domésticos pós tanque septic. IX SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2000. **Anais...** Porto Seguro –BA. CD ROM. s/p (sem paginação)

SOUSA, J.T.; VANN HAANDEL, A.C.; CABRAL, R.P.B. Desempenho de sistemas wetlands no pós-tratamento de efluentes sanitários pré-tratados em reatores Uasb. IX SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2000. **Anais...**, Porto Seguro. CD ROOM. s/p (sem paginação)

VALENTIM, M.A.A. **Uso de leitos cultivados no tratamento de efluente de tanque séptico modificado**. Campinas, 1999. 199f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Departamento de Água e Solo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

ZIMMELS, Y.; KIRZHNER, F.; MALKOVSKAJA, A. Application of *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes* for treatment of urban sewage in Israel. **Journal of Environmental Management**, Berkeley, v.81, n.4, p.420-428, 2006.