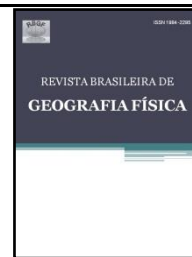




Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Tolerância da *Typha domingensis* a Efluente de Alta Carga Orgânica

Ivanildo Sales Filho¹, Hélio Cabral Lima², Simone Machado Santos¹

¹Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Rodovia BR 104, km 59, s/n, Caruaru/PE, Brasil, 55014-900; ²Universidade Federal Rural de Pernambuco, Dept. de Química, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Recife/PE, Brasil, 52171-900. E-mail para correspondência: smachados@hotmail.com (Machados-Santos, S.).

Artigo recebido em 07/12/2015 e aceito em 28/12/2015

RESUMO

As macrófitas aquáticas são muito utilizadas como autodepuradoras no tratamento de efluentes com alta carga orgânica em sistemas de *wetlands*. Porém, se faz necessário um estudo prévio da tolerância destas plantas ao tipo de efluente utilizado. Diante desse contexto, este trabalho teve como objetivo principal avaliar a tolerância de uma macrófita ao efluente de um digestor anaeróbico de resíduos sólidos orgânicos. Para tanto, foram montadas *wetlands* em escala de bancada, vegetadas com a macrófita taboa (*Typha domingensis*) e irrigadas com o efluente de um biodigestor de resíduos sólidos orgânicos, diluído com água, tendo como substrato areia lavada. O efluente não diluído e diluído em água a 50% provocou a morte de todas as plantas em apenas duas semanas de irrigação. As plantas irrigadas com o efluente a 25% sobreviveram às 06 semanas de tratamento, apresentando diminuição do crescimento. O efluente na concentração de 12,5% promoveu o crescimento das plantas nas 06 semanas de irrigação. Ao final do experimento, concluiu-se que, apesar do efeito tóxico do efluente na planta, evidenciou-se também sua riqueza em nutrientes essenciais.

Palavras-chave: toxicidade; *Typha domingensis*; efluente de alta carga orgânica.

Tolerance of *Typha domingensis* to Effluent with a High Organic Load

ABSTRACT

Aquatic macrophytes are often used as self-purifiers in the treatment of effluent with a high organic load in wetland systems. However, a study of the tolerance of these plants to the type of effluent used should be conducted in advance. The main aim of the present study was to assess the tolerance of a macrophyte to effluent from an anaerobic digester of solid organic waste. In order to do so, wetlands were created on a bench scale and vegetated with the macrophyte Taboa (*Typha domingensis*). The plants were then irrigated with effluent from a biodigester of solid organic waste, diluted with water, using washed sand as substrate. The non-diluted effluent and the effluent diluted with 50% water caused the death of all of the plants in just two weeks of irrigation. The plants irrigated with effluent at 25% survived the six weeks of treatment, exhibiting a decrease in growth. Effluent at a concentration of 12.5% promoted the growth of the plants in the six weeks of irrigation. At the end of the experiment, it was concluded that, despite the toxic effect of the effluent on the plants, there was evidence of its richness in essential nutrients.

Keywords: Toxicity, *Typha domingensis*, High organic load effluent.

Introdução

A digestão anaeróbia tem sido bastante difundida como forma de tratamento da parcela orgânica dos resíduos sólidos, tanto em escala comercial quanto em piloto, com grandes vantagens frente ao aterro sanitário. A digestão anaeróbia de resíduos sólidos, também conhecida como biometanização, é um processo natural de decomposição bioquímica de matéria orgânica realizado por microrganismos, na ausência de oxigênio, que se caracteriza pela formação de subprodutos importantes: o biogás, uma importante

fonte de energia e um efluente rico em nutrientes e com alta carga orgânica, que pode ser utilizado como fertilizante. O uso de efluentes de digestores anaeróbios de resíduos sólidos de escala doméstica (que utilizam até 5 kg de resíduos sólidos por dia) é bastante comum em comunidades africanas e asiáticas que, habitualmente, o tem utilizado como fertilizante em hortas, nas próprias comunidades. No entanto, devido às altas cargas orgânica e de nutrientes, esses efluentes de digestores anaeróbios de resíduos sólidos não atendem aos padrões de lançamento estabelecidos pela legislação da maioria dos países desenvolvidos e em

desenvolvimento. Para Braber (1995), a necessidade de pós-tratamento de efluentes de digestores anaeróbios é uma das poucas desvantagens apresentadas pela tecnologia; sendo o pós-tratamento necessário para remoção da carga orgânica e de nutrientes remanescentes, para poderem ser utilizados como fertilizantes dentro dos padrões permitidos por lei.

Os sistemas convencionais com tecnologias mais avançadas para o tratamento de efluentes de elevada carga orgânica, geralmente, apresentam altos custos de implantação e operação. Por outro lado, os sistemas naturais de terras alagadas, do tipo *wetlands*, podem ser considerados como importante alternativa por terem baixa relação custo benefício e simplicidade de operação (Kantawanichkul et al., 2009). Nos filtros plantados com macrófitas, denominados zona de raízes, *constructed wetlands* ou alagados construídos, o material filtrante, plantas e microorganismos interagem e promovem o tratamento do efluente (Furtado et al., 2012).

O termo *wetland* é normalmente utilizado para descrever ecossistemas naturais que se apresentam parcial ou totalmente inundados durante o ano; as *wetlands* construídas são ecossistemas artificiais com diferentes tecnologias, que utilizam os princípios básicos da modificação da qualidade das águas das *wetlands* naturais (Metcalf e Eddy, 1991). A utilização de *wetlands* construídas com sistema de macrófitas aquáticas mais substrato (areia, solo ou cascalho) tem sido empregada sobretudo na remoção de nutrientes, incluindo metais pesados de efluentes de diversas origens. Segundo Sousa et al. (2000), a deposição de efluentes no solo, juntamente com a presença de micro-organismos, macrófitas aquáticas e energia solar, resultam na produção de biomassa e energia química e, por sua vez, removem a carga poluidora e contribui com a conservação dos ecossistemas aquáticos e terrestres. Na região de contato, entre o substrato e as raízes das plantas, ocorre a proliferação de biofilmes onde se desenvolvem populações variadas de microrganismos que, através de processos biológicos, químicos e físicos, tratam o efluente.

Segundo Lewis (1995), as macrófitas aquáticas são plantas representadas por uma variedade de espécies de vegetais desde macroalgas até angiospermas como a *Typha* que ocorrem em muitos tipos de habitats, desde brejos até ambientes totalmente submersos. As plantas aquáticas são, em sua grande maioria, vegetais terrestres que ao longo de seu processo evolutivo, se adaptaram ao ambiente aquático e desempenham papel importante na produção de oxigênio, no ciclo dos nutrientes, no controle da qualidade das águas, na

estabilização dos sedimentos, dentre outros. Segundo Lima (2008), as macrófitas aquáticas podem ser classificadas quanto ao biótipo em: (i) semiaquáticas (capazes de viver tanto em áreas alagada como fora da água); (ii) emergentes (vivem enraizadas no fundo, parcialmente submersas e parcialmente fora d'água); (iii) flutuantes fixas ou livres (enraizada ou não no fundo, com o caule e/ou ramos e/ou folhas flutuantes); (iv) submersas fixa ou livre (enraizada ou não no fundo, totalmente submersa, geralmente emergindo somente as flores); e (v) epífita (que se instalam sobre outras plantas) (Figura 1).

As espécies de macrófitas mais utilizadas em sistemas de tratamento de efluentes são: *Typha* spp., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Juncus ingens* N.A. Wakef., *Schoenoplectus validus* (Vahl) Á. Löve e D. Löve, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, *Spirodela* e *Salvinia molesta* D.S. Mitch. (Sousa et al., 2000). Sendo a *Typha angustifolia* L. muito conhecida pela alta tolerância a diversos tipos de efluentes (Kantawanichkul et al., 2009; Koottatep et al., 2005).

Além da capacidade de purificação de águas, as plantas aquáticas também têm sido comumente utilizadas como espécies sentinelas ou bioindicadoras, na avaliação da qualidade da água, pela capacidade de absorverem e manterem níveis elevados de metais pesados como chumbo e cádmio, em seus tecidos (Freitas, 2007).

Apesar da grande capacidade de sobrevida em ambientes alagados e poluídos, as macrófitas aquáticas apresentam limites de tolerância a ambientes com elevadas concentrações de amônio, fósforo, metais pesados, sais e ácidos orgânicos presentes em efluentes industriais, agrícolas e domésticos. Estudos sobre a tolerância de várias espécies de macrófitas a esses efluentes têm sido realizados.

Finlayson e Mitchell (1982) realizaram experimentos sobre a tolerância da *Typha domingensis* L., *Typha orientalis* C. Presl e *S. validus* à efluentes de suinocultura, matadouro público e vinícola, diluídos em água de irrigação. Nestes experimentos, as plantas não cresceram em concentrações do efluente de vinícola maiores ou iguais a 30% ($487 \pm 86 \text{ mg.L}^{-1}$ de NTK), tendo todas morrido após uma semana de irrigação. Na irrigação com efluente de suinocultura ($2014 \pm 135 \text{ mg.L}^{-1}$ de NTK), nas concentrações de 60% e 100%, as folhas foram severamente afetadas, embora novos brotos e raízes fossem produzidos. Nas concentrações de 30% e 60% do efluente de matadouro público ($139 \pm 29 \text{ mg.L}^{-1}$ de NTK) ocorreu o crescimento de ambas as espécies de

Typha, sendo menor o crescimento observado para o efluente sem diluição.

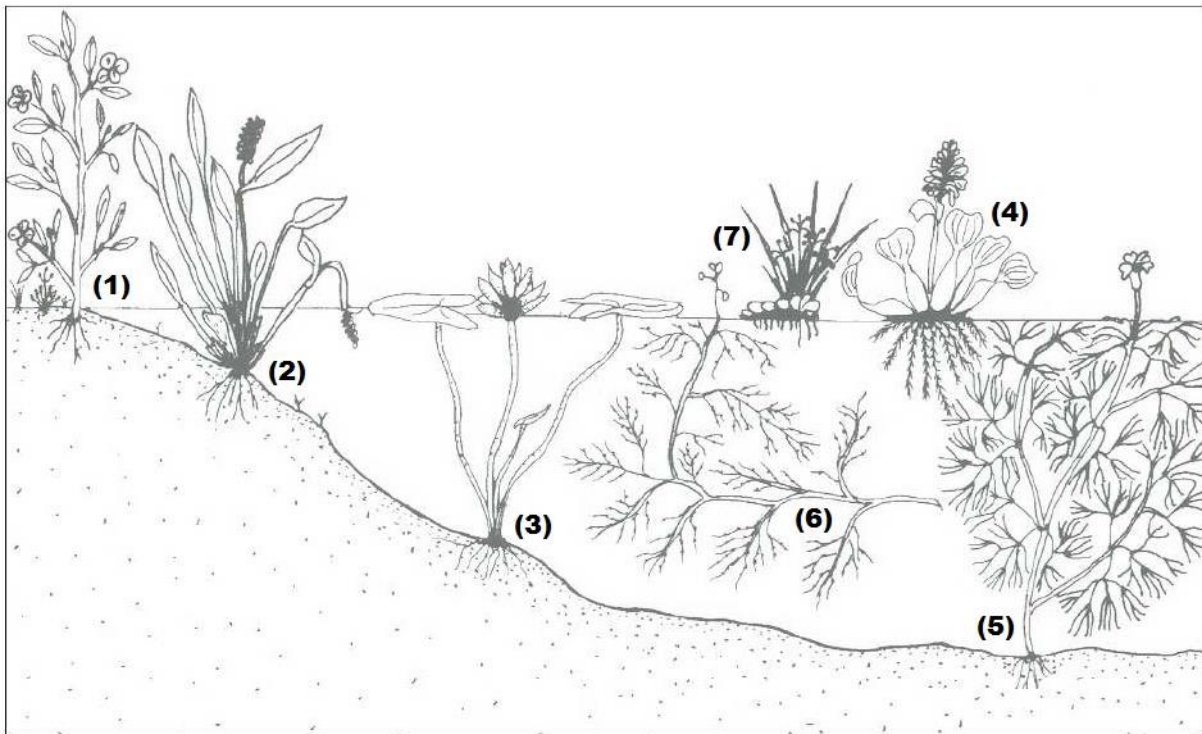


Figura 1. Biótipo das macrófitas aquáticas. (1) Anfíbia (2) Emergente, (3) Flutuante fixa, (4) Flutuante livre, (5) Submersa fixa, (6) Submersa livre e (7) Epífita. Fonte: Lima (2008).

O nitrogênio na forma amoniacal e em concentrações elevadas é extremamente tóxico às plantas. Segundo Britto e Kronzucker (2002), os sintomas da toxicidade do amônio às plantas, normalmente aparece em concentrações acima de 0,1 a 0,5 mmol.L⁻¹ de NH₄⁺ (Schenk e Wehrmann, 1979; Peckol e Rivers, 1995). Britto e Kronzucker (2002), em experimento de cultivo hidropônico com cevada (*Hordeum vulgare*), em soluções com concentrações de NH₄⁺, variando entre 0,1 e 10 mmol.L⁻¹, observou a clorose (ausência total da pigmentação verde) das folhas e a severa supressão do crescimento das raízes e, principalmente, dos caules.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito do efluente de elevada carga orgânica sobre o crescimento e desenvolvimento da *Typha domingensis*, cultivada em *wetlands* construídas.

Material e métodos

Para a realização do experimento, foram utilizadas 25 *wetlands*, instaladas em vasos plásticos de 12 L, contendo areia lavada como substrato e uma planta por vaso; sendo todas irrigadas, diariamente, com efluente diluído em várias proporções.

A planta utilizada foi a *Typha domingensis*, uma macrófita facilmente encontrada no agreste de

Pernambuco e bastante utilizada em sistemas de tratamento de efluentes de elevada carga orgânica.

As mudas de *Typha domingensis* foram preparadas a partir do rizoma de plantas coletadas em um pequeno charco, localizado na cidade de Caruaru (PE). Uma vez retiradas do charco, suas raízes e rizomas foram lavados com água, para a retirada do substrato natural, e acondicionadas em jornal umedecido com água, para que fossem mantidas úmidas, durante o transporte para a casa de vegetação.

Na estufa, as raízes/rizomas foram plantadas em vasos de plástico de com capacidade para 12 L, contendo areia lavada como substrato e irrigadas diariamente com água destilada. Após as brotações, as plantas passaram a ser irrigadas com a solução nutritiva 2 de Hoagland e Arnon (1950), diluída a 50%, até atingirem altura aproximada de 50 cm, quando foram transplantadas para as *wetlands* construídas, que continham, aproximadamente, 12,5 kg de areia lavada. A Tabela 1 mostra a composição e os volumes das soluções estoques contendo os macronutrientes e os micronutrientes essenciais da solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950).

As mudas foram padronizadas de acordo com a altura e a espessura do pseudocaulo (região de encontro das folhas acima do substrato) e foram transplantadas para as *wetlands* construídas,

dispostas de forma aleatória e casualizada, na bancada da casa de vegetação (Figura 2).

Após o transplante, as plantas foram irrigadas com a solução nutritiva 2 de Hoagland e Arnon, diluída a 50%, por uma semana, sendo depois iniciados os tratamentos com o efluente do biodigestor.

O efluente utilizado na irrigação foi procedente do biodigestor anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos, mostrado na Figura 3, diluído em água.

Para o experimento, foram empregados cinco tratamentos: I- Irrigação com solução nutritiva 2,

de Hoagland e Arnon (1950) (E 0%); II - Efluente diluído em água a 88,5% (E 12,5%), III - Efluente diluído em água a 75% (E 25%), IV - Efluente diluído em água a 50% (E 50%) e V- Efluente sem diluição (E 100%).

Para cada tratamento, foram realizadas cinco repetições, conforme metodologia de Bialowiec e Randerson (2010), totalizando 25 parcelas (*wetlands* construídas).

Tabela 1. Volumes das soluções estoques empregados no preparo de um litro de cada uma das duas soluções nutritivas de Hoagland e Arnon (1950).

Solução estoque	Concentração	Solução 1	Solução 2
Manofosfato de Amônio (NH ₄ H ₂ PO ₄)	(1,0M) 115 g.L ⁻¹	-	1 mL
Fosfato manobásico de potássio (KH ₂ PO ₄)	(1,0M) 136 g.L ⁻¹	1 mL	-
Nitrato de potássio (KNO ₃)	(1,0M) 101 g.L ⁻¹	5 mL	6 mL
Nitrato de cálcio [Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O]	(1,0M) 236 g.L ⁻¹	5 mL	4 mL
Sulfato de magnésio (MgSO ₄ .7H ₂ O)	(1,0M) 246 g.L ⁻¹	2 mL	2 mL
Fe-EDTA (*)	-	1 mL	1 mL
Micronutrientes (**)	-	1 mL	1 mL

Fonte: Adaptado de Hoagland e Arnon (1950). (*) Solução de Fe-EDTA. Pesar 38,5 g de Fe-EDTA (13% de Fe), dissolver em água destilada e completar o volume para um litro. (**) Solução de Micronutrientes sem Ferro. Dissolver para um litro, em água destilada: 2,86 g de H₃BO₃; 1,81 g de MnCl₂.4H₂O; 0,22 g de ZnSO₄.7H₂O; 0,08 g de CuSO₄.5H₂O e 0,02 g de H₂MoO₄.H₂O. Alternativamente, pode se preparar esta solução, pesando 67g do fertilizante “Quelatec A-Z” ® e dissolvendo para 1 litro (solução estoque), em seguida procede-se a diluição de 1 mL desta para preparo de 1 L de solução diluída.

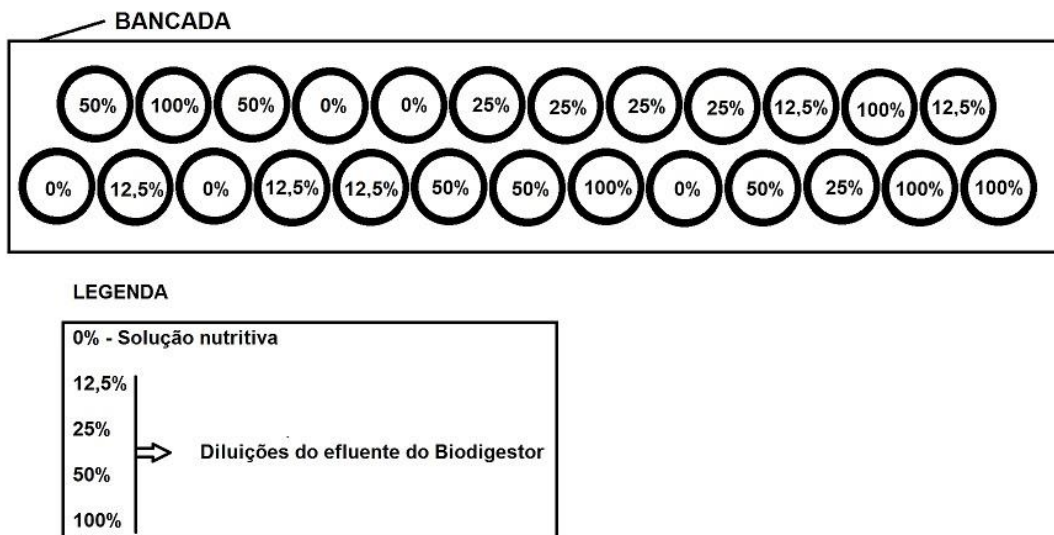


Figura 2. Layout da disposição das *wetlands* na casa de vegetação.

A Tabela 2 apresenta a caracterização inicial do efluente nas várias diluições. A irrigação foi feita diariamente aplicando-se, aproximadamente, 400 mL de solução em cada parcela, em todos os tratamentos, durante o período de 6 semanas.

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Engenharia Ambiental da UFPE, Centro Acadêmico do Agreste, de acordo com as

metodologias contidas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

Para a avaliação do efeito do efluente de biodigestor sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas, foram feitas mensurações semanais da altura e da espessura do pseudocaule das plantas (Figura 4).

Após seis semanas de experimento, as plantas foram cortadas na altura do colo e colocadas para secar em estufa com aeração forçada, a uma temperatura de $65 \pm 5^\circ \text{C}$, por um período de aproximadamente de 72 horas, e depois foram

pesadas, para a obtenção do peso da matéria seca da parte aérea.



Figura 3. Biodigestor de escala doméstica, instalado na Universidade Federal de Pernambuco (Campus Caruaru). Fonte: o autor.

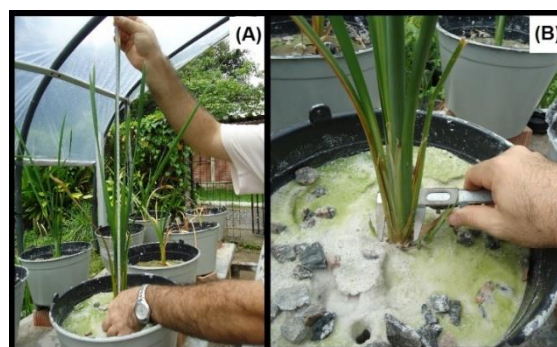


Figura 4. (A) Medição da altura da maior folha e (B) Medição do pseudocaule.

A análise de variância (ANOVA - Analysis of variance) dos parâmetros verificados (altura e espessura do pseudocaule das plantas), nos 5 tratamentos, com 5 repetições cada, foram realizados com o uso da ferramenta de análise de dados do programa Excel.

Tabela 2. Propriedades do efluente usado no experimento.

Parâmetros	Unid.	Solução 2 de Hoagland e Arnon (1950)	Concentrações			
			E12,5%	E25%	E50%	E100%
DQO (Demanda química de oxigênio)	mg de $\text{O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$	36 ± 24	1600 ± 800	3074 ± 585	10.740	19.565
Nitrogênio total Kjeldahl (NTK)	mg.L ⁻¹	21 ± 14	347 ± 59	633 ± 52	1274	2237
Nitrogênio amoniacal (N-NH ₄)	mg.L ⁻¹	6 ± 4	193 ± 33	412 ± 18	723	1407
pH		$5,80 \pm 0,60$	$7,46 \pm 0,96$	$7,85 \pm 0,08$	7,83	$7,91 \pm 0,06$

Resultados e Discussão

Taxa de mortalidade das plantas

A aplicação do efluente não diluído (E 100%) provocou a morte de todas as plantas, na primeira semana de tratamento. Na segunda semana, as plantas irrigadas com o efluente a 50% (E 50%) também não resistiram e morreram. O efluente diluído a 75% (E 25%) também promoveu danos às plantas, embora 80% delas tenham resistido

durante seis semanas do experimento. Por outro lado, o uso do efluente diluído a 88,5% (E 25%) não promoveu a morte de nenhuma planta durante as 06 semanas de tratamento. A taxa de mortalidade global pode ser vista na Tabela 3.

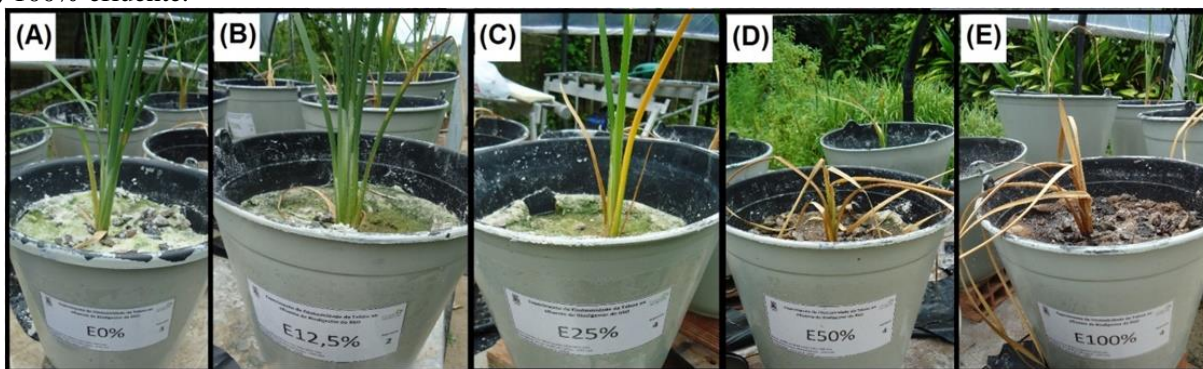
O efeito nocivo do efluente sobre as plantas pode ser verificado, visualmente, logo nos primeiros dias de iniciados os tratamentos através da murcha das plantas e a da clorose das folhas,

devido à redução da síntese de clorofila (Figura 5-E).

Tabela 3. Taxa de mortalidade das plantas ao longo das semanas

Grupo de Plantas	Taxa de mortalidade das plantas ao longo das semanas					
	1	2	3	4	5	6
TA (E 0%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
T12,5% (E 12,5%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
T25% (E 25%)	0%	0%	0%	0%	20%	0%
T50% (E 50%)	0%	100%	-	-	-	-
T100% (E 100%)	100%	-	-	-	-	-

Figura 5. Resposta das plantas à irrigação das diversas concentrações de efluente após uma semana de irrigação: (A) 0% Solução 2 de Hoagland e Arnon, (B) 12,5% efluente, (C) 25% efluente, (D) 50% efluente e (E) 100% efluente.



Fonte: O autor.

As altas concentrações de Nitrogênio total e na forma Arnoniacal (NH_4^+), bem como a elevada DQO (Tabela 2), presentes no efluente, provavelmente contribuíram para a letalidade das plantas. No experimento de Bialowiec e Randerson (2010) com a *Salix amygdalina*, mostrou que o uso de efluentes com elevada carga de nitrogênio Arnoniacal (576 mg.L^{-1}) e matéria orgânica ($997 \text{ mg de O}_2.\text{L}^{-1}$) causaram a necrose das raízes das plantas, dificultando o crescimento e desenvolvimento.

Finlayson e Michell (1982) avaliaram a toxicidade de plantas de duas espécies de *Typha* e a da espécie *S. validus* tratadas com efluente de vinícola ($487 \pm 86 \text{ mg.L}^{-1}$ de NTK), de matadouro ($139 \pm 29 \text{ mg.L}^{-1}$ de NTK) e de suinocultura ($2014 \pm 135 \text{ mg.L}^{-1}$ de NTK). As plantas tratadas com efluente de vinícola em concentrações iguais e superiores a 30%, não resistiram à primeira semana de irrigação. Por outro lado, nas plantas tratadas com efluente de suinocultura, nas concentrações de 60% e 100%, as folhas foram severamente afetadas, mesmo havendo novas brotações. Já as plantas tratadas com efluente de matadouro sobreviveram ao período de irrigação, com maior crescimento em concentrações de 30 e 60%.

Crescimento das plantas

Não houve variação significativa da altura das plantas, após as seis semanas de irrigação com o

efluente, conforme resultados da análise de variância (ANOVA). Hussar et al. (2004) também não constataram nenhuma variação significativa da altura de plantas de couve irrigada com diferentes concentrações de efluente de reator anaeróbico.

Na Tabela 4, estão apresentados os valores de espessura média do pseudocaule das plantas irrigadas ao longo de 06 semanas de experimento. A análise de variância e o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, mostraram que a espessura do pseudocaule das plantas diminuiu a partir da primeira semana de irrigação, com o uso de efluente com concentrações superiores a 25%. Por outro lado, as plantas irrigadas com o efluente 12,5% tiveram aumento no diâmetro do pseudocaule, ao longo do experimento e não diferiram, estatisticamente, do diâmetro do pseudocaule das plantas irrigadas com a solução nutritiva 2, de Hoagland e Arnon (1950) (E0%).

A Figura 5 apresenta a variação da espessura do pseudocaule, ao longo das 6 semanas de irrigação com a Solução 2 de Hoagland (0% de efluente) e com efluente nas concentrações de 12,5% e 25%.

A produção de matéria seca da parte aérea das plantas variou significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, conforme análise de variância (ANOVA). As plantas irrigadas com a Solução 2 de Hoagland e Arnon (1950) e com o efluente a 12,5% produziram mais matéria seca do que as

plantas irrigadas com o efluente diluído a 25%, evidenciando o efeito nocivo do efluente em concentrações iguais ou superiores a 25%.

O efluente a 12,5% beneficiou o crescimento das plantas com a produção de matéria seca

semelhante, estatisticamente, à produção de matéria seca das plantas irrigadas com a Solução 2 de Hoagland e Arnon (1950), conforme Tabela 5, indicando a presença de nutrientes minerais essenciais às plantas no efluente.

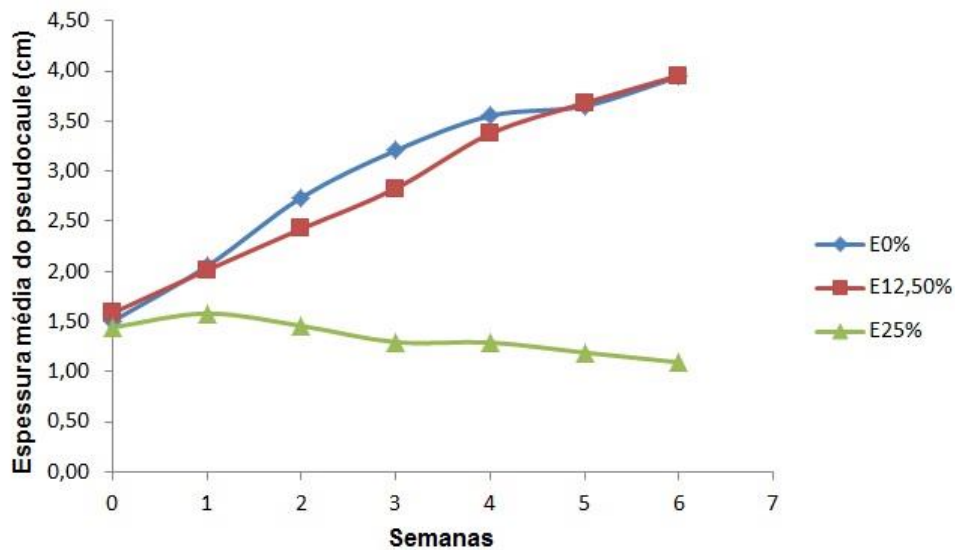
Tabela 1. Espessura média do pseudocaule das plantas irrigadas, durante seis semanas.

Diluições do efluente	Espessura média do pseudocaule (cm)					
	Sem1	Sem2	Sem3	Sem4	Sem5	Sem6
E0%	2,02 A	2,74A	3,21A	3,55A	3,65 ^a	3,94A
E12,5%	2,01 A	2,42A	2,83A	3,37A	3,68 ^a	3,95A
E25%	1,58AB	1,46B	1,29B	1,29B	1,19B	1,09B
E50%	1,32B	1,24B	-	-	-	-
E100%	1,24B	1,20B	-	-	-	-
DMS **	0,527289	0,545857	0,727020	1,059230	1,005175	0,922384

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Tukey a 5% de probabilidade.

** Diferença mínima significativa.

Figura 1. Variação da espessura do pseudocaule de plantas de *Typha*, ao longo de seis semanas.



Contudo, mesmo não diferindo estatisticamente, a produção de matéria seca das plantas irrigadas com o efluente a 12,5% foi 32,5% menor que do que a matéria seca das plantas irrigadas com a Solução 2 de Hoagland e Arnon (1950) (0% de efluente), sugerindo que novos testes sejam feitos com o efluente mais diluído para se determinar qual a melhor resposta das plantas.

Nas plantas que foram irrigadas com Solução 2 de Hoagland e Arnon (1950) (com 0% de efluente) e com o efluente na concentração de 12,5%, houve uma brotação significativa, quando comparada as plantas que receberam o efluente a 25%.

Finlayson e Michell (1982) verificaram que o uso de efluente de matadouro público (139±29 mg.L⁻¹ de NTK) nas concentrações de 30 e 60% promoveu o crescimento das plantas e o uso do efluente de suinocultura (2014±135 mg.L⁻¹ de NTK) nas concentrações de 60% e até mesmo a 100%, as folhas de *Typha* apresentaram sintomas

de toxidez, embora novas brotações tenham sido produzidas tanto na parte aérea, como nas raízes das plantas.

Tabela 2. Valores médios da matéria seca da parte aérea das plantas irrigadas com a Solução 2 de Hoagland e Arnon (1950) (E0%) e com o efluente nas concentrações de 12,5% e 25%.

Tratamentos	Matéria seca média (g)
E0%	14,3927 a
E12,5%	9,7068 a
E25%	1,4753 b
DMS**	6,0331

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, Tukey a 5% de probabilidade.

** Diferença mínima significativa.

Considerações Finais

O efluente de biodigestor mostrou-se extremamente tóxico às plantas de *Typha domingensis* (taboa) em concentrações iguais ou superiores a 25%.

Por outro lado, o efluente a 12,5% promoveu o crescimento e o aumento da matéria seca das plantas de Taboa, no período de seis semanas. Ficou evidenciado que, apesar da riqueza em nutrientes essenciais, o efluente do biodigestor deverá sofrer um tratamento, antes de ser utilizado como fertilizante, e/ou antes da disposição no meio ambiente.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão de bolsa de mestrado e ao Departamento de Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (campus Recife) e seu corpo técnico, pelo empréstimo de casa de vegetação, para realização dessa pesquisa.

Referências

- APHA. American Public Health Association, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21 ed. Washington.
- Bialowiec, A., Randerson, P.F., 2010. Phytotoxicity of landfill leachate on willow – *Salix amygdalina* L. Waste Management 30, 1587-1593.
- Braber, K., 1995. Anaerobic digestion of municipal solid waste: a modern waste disposal option on the verge of breakthrough. Biomass and Bioenergy 9, 365-376.
- Britto, D.T., Kronzucker, H.J., 2002. NH₄⁺ toxicity in higher plants: a critical review. Journal of Plant Physiology 159, 567-584.
- Finlayson, C. M.; Mitchell, D. S., 1982 Treatment of rural wastewaters in Australia with aquatic plants: a summary. Der Tropenlandwirt 83, 55-165.
- Freitas, M., 2007. Efeitos da concentração de Zn e Mn nos efluentes da exploração de carvão na anatomia de *Typha domingensis* Pres. (*Typhaceae*). Dissertação (Mestrado). Criciúma, UNESC.
- Furtado, D.F.C., Philippi, L.S., Suntti, C., Haiml, C., Regi, R., 2012. Utilização de Filtros Plantados com Macrófitas para o Desaguamento e Mineralização de Lodo de Tanque Séptico. Revista Brasileira de Geografia Física 6, 1271-1283.
- Hoagland, D.R., Arnon, D.I., 1950. The Water-cultured method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station Circular 347, 1-32.
- Hussar, G.J., Paradela, A.L., Serra, W., Jonas, C., Gomes, J.P.R., 2004. Efeito do uso de efluente de reator anaeróbio compartimentado na fertirrigação da couve, Revista Ecosistema 29, 65-71
- Kantawanichkul, S., Kladprasert, S., Brix, H., 2009. Treatment of high-strength wastewater in tropical vertical flow constructed wetlands plants with *Typha angustifolia* and *Cyperos involucratus*, Ecological Engineering 35, 238-247.
- Koottatep, T., Surinkul, N., Polprasert, C., Kamal, A.S.M., Kone, D., Montangero, A., Heins, U., Strauss, M., 2005. Treatment of septage in constructed wetlands in tropical climate: lessons learnt from seven years of operation. Water Science and Technology 51, 119-126.
- Lewis, M.A., 1995. Use of freshwater plants for phytotoxicity testing: a review. Environmental Pollution 87, 319-336.
- Lima, S.B. de, 2008. Pós-tratamento de chorume com *wetlands* construídos utilizando macrófitas aquáticas emergentes da região de Campo Mourão – PR, Tese (Doutorado). Maringá, UEM.
- Metcalf E., Eddy, M., 1991. Wastewater Engineering: treatment, disposal, reuse, 3 ed. McGraw-Hill, Nova York.
- Peckol, P.; Rivers, J. S., 1995. Physiological responses of the opportunistic macroalgae *Cladophora vagabunda* (L). van den Hoek and *Gracilaria tikvahiae* (McLachlan) to environmental disturbances associated with eutrophication. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 190, 1-16.
- Schenk, M.; Werhmann, J., 1979. The influence of ammonia in nutrient solution on growth and metabolism of cucumber plants. Plants and Soil 52, 403-414.
- Sousa, J. T., Haandel, A. C.; Cosentino, P. R. S.; Guimarães, A. V. A., 2000. Pós-tratamento de efluente de reator UASB utilizando sistemas *wetlands* construídos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 4, 87-91.