



Polimento de Esgoto Doméstico, em uma Lagoa de *Landoltia punctata*, com Recirculação do Efluente e Reaproveitamento da Biomassa para Compostagem

Lígia Maria Trolezi⁽¹⁾

Mestranda em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos- PROFAGUA – UNESP/FEIS. Docente ETEC – Centro Paula Souza.

José Antônio Zanetoni Filho⁽²⁾

Estudante de Mestrado em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais – UNESP/FEIS.

Rogê Tolentino Fernandes⁽³⁾

Estudante de Graduação em Engenharia Civil – UNESP/FEIS.

Liliane Lazzari Albertin⁽⁴⁾

Professora Assistente Doutora do Departamento de Engenharia Civil – UNESP/FEIS.

Tsunao Matsumoto⁽⁵⁾

Professor Adjunto Doutor do Departamento de Engenharia Civil – UNESP/FEIS.

Endereço⁽¹⁾: Alameda Bahia, 550 – Ilha Solteira – São Paulo - CEP: 15385-000 - Brasil - Tel: +55 (18) 3743-1137 - e-mail: ligia_mt@hotmail.com.

RESUMO

A degradação da qualidade da água é principalmente resultado de contaminantes de fonte difusa e da variabilidade espaço-temporal associada a essas fontes, como a falta de sistema de coleta de esgoto e plantas de tratamento de águas residuais. Esses problemas podem ser resolvidos em estações de tratamento de esgoto através da implementação de tecnologias novas e eficientes em energia ou modificação do convencional em direção ao conceito de sustentabilidade. Neste contexto, o uso de macrófitas é uma alternativa de tecnologia de complexidade baixa, eficiente e econômica. As macrófitas têm uma alta taxa de reprodução e alta produção de biomassa, resultando em uma grande capacidade de remover compostos contaminantes dos esgotos. Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficiência da macrófita, *Landoltia punctata*, em remover nutrientes e melhorar o tratamento de esgoto, bem como avaliar a quantidade de biomassa produzida e o uso dessa biomassa como composto, verificando seu destino final. As lemnas foram cultivadas em um tanque com capacidade de 3000 l, com fluxo contínuo e tempo de detenção de 7 d. As colheitas foram realizadas em períodos que variavam de 3 a 24 dias. A caracterização do esgoto foi realizada mediante coletas de amostras na entrada e saída do tanque. A compostagem da matéria orgânica ocorreu segundo o método de aeração natural. O cultivo das lemnas, no sistema proposto de polimento de efluente doméstico, atingiu uma produção de biomassa que ficou entre 1,91 g.m⁻².d⁻¹ e 3,38 g.m⁻².d⁻¹ (Matéria Seca). As eficiências de remoção para os parâmetros DBO, DQO, NT, PO₃⁻⁴, NO₃ e ST foram, respectivamente, 61,30%, 45,40%, 23,80%, 41,50%, 30,90% e 48,50%. Os resultados obtidos, na compostagem da biomassa produzida indicaram uma relação carbono/nitrogênio dos compostos integral e parcial de 27,2 e 20,1, respectivamente. Os resultados apontam uma possibilidade de produção de biomassa e seu reaproveitamento, em um sistema de polimento de esgoto doméstico.

PALAVRAS-CHAVE: lemnas, polimento, compostagem.

INTRODUÇÃO

O setor de saneamento, no país, é marcado por problemas de planejamento e falhas na avaliação correta da aplicação dos investimentos disponibilizados. A falta de investimentos, a escassez de recursos, a falta de avaliação dos custos ambientais, econômicos e operacionais contribuíram para a atual situação dos serviços de coleta e tratamento de esgoto, ou seja, as políticas de planejamento aplicadas não levaram em consideração a sustentabilidade de seus projetos (LEONETI et al. 2011).

Na busca por melhores padrões dos esgotos lançados, as tecnologias “end-of-pipe” surgem como alternativas que visam amenizar os danos ambientais. Uma dessas tecnologias utilizadas é a fitorremediação, que é um processo onde os compostos contaminantes são removidos através do uso de macrófitas aquáticas.



Considerando sua capacidade de remoção de nutrientes e a possibilidade de aproveitamento de biomassa, o uso de macrófitas aquáticas torna-se interessante (VERMA E SUTHAR, 2014; MOHEDANO et al. 2012).

As lemnas são bastante utilizadas em ensaios de remediação de águas contaminadas, uma vez que apresentam capacidade notória na remoção de nutrientes, como nitrogênio e fósforo em meio aquático, além de removerem micropoluentes, como metais ou fármacos, geralmente presentes em efluentes domésticos (GATIDOU, 2017; VERMA E SUTHAR, 2015). Entre elas, destaca-se a *Landoltia punctata*, uma espécie de lemna que se desenvolve durante todo o período do ano (ZHAO et al. 2014). Apesar de possuírem grande capacidade de produção de biomassa, as lemnas armazenam em sua biomassa muitos dos contaminantes que podem ser removidos do meio (ALLAM, 2015; UYSAL, 2013).

A disposição final da biomassa deve passar por estudos aprofundados, recomenda-se a adequação de um sistema sustentável do ponto de vista operacional e econômico em relação à reutilização da biomassa, pertinente ao uso da compostagem como processo que atendem essas necessidades (BARÃO e PENA, 2014).

As plantas aquáticas podem ser compostadas devido à liberação de macro e micronutrientes, em especial o nitrogênio (KIEHL, 2004). MALAVOLTA (1989) aponta a destinação como adubo verde, considerando a sua viabilidade para tal fim, devido às altas concentrações de matéria orgânica e minerais. Os componentes presentes na biomassa têm despertado grande interesse nas diversas aplicações pela biomassa. Rica em proteína, fonte de nitrogênio, o emprego na compostagem, para fabricação de adubos verdes já é estudado também por (SOUTO, 2016).

A biomassa também pode ser usada como fertilizante, por cobertura orgânica morta, ou substrato, por aplicação direta no solo ou por compostagem de forma econômica e de fácil operação (IQBAL, 1999; MEDEIROS ET AL., 1999).

OBJETIVOS

Este trabalho visa avaliar o polimento do efluente doméstico e a produção de biomassa de *Landoltia punctata*, além de sua utilização para compostagem.

METODOLOGIA UTILIZADA

SISTEMA PILOTO DE TRATAMENTO

O sistema conta com um tanque de 3000 l, onde foi cultivada a *Landoltia punctata*, conforme FIGURAS 1 e 2. Os tanques possuem uma coluna de 0,60 m. O tempo de detenção adotado foi de 7 dias, o que fez com que o esgoto armazenadas nas caixas fosse bombeado a uma vazão de 428,6 l.d⁻¹. No tanque de cultivo, foi realizada a recirculação do efluente com uma bomba ligada nos drenos inferiores do tanque. A vazão de recirculação foi de 9000 l.d⁻¹, considerando 3 ciclos diários de recirculação. O tanque possuía divisões com isopor para avaliação da produção da biomassa em diferentes tempos de cultivos.

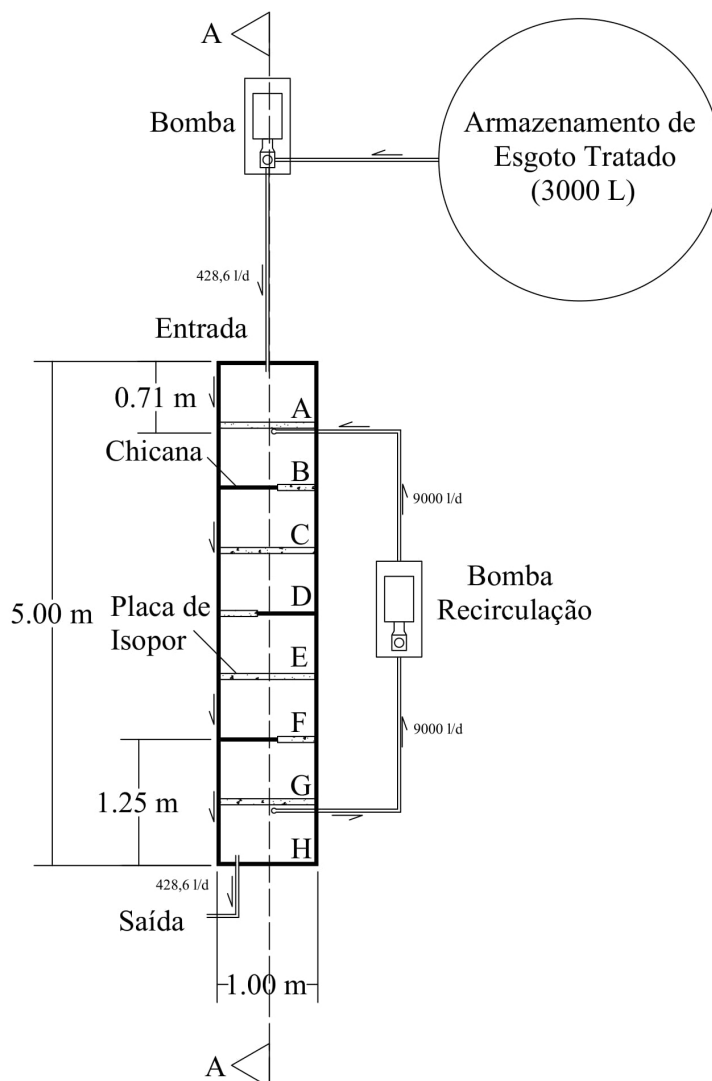


Figura 1: Tanque de Cultivo das Lemnas

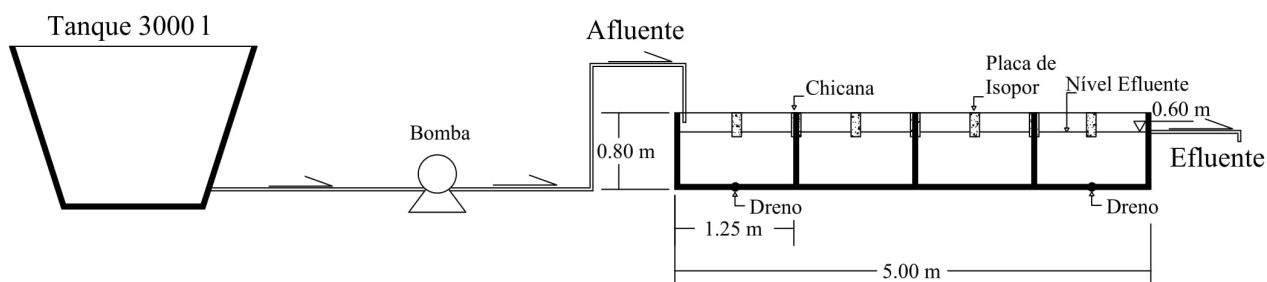


Figura 2: Corte 'AA' do Tanque de Cultivo

TAXA DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BIOMASSA

O tanque foi dividido em 8 câmaras, conforme mostrado na Figura 1, variando o período de cultivo em 3 dias. Dessa forma, os valores obtidos de taxa de crescimento serão para 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 e 24 dias de cultivo. Esse período de cultivo abrange o tempo de experimento realizado por Cheng et al. 2002, para espécie *Lemna minor*. Para cada tempo de cultivo realizado nas câmaras do tanque, uma massa úmida de 220 g de *Landoltia punctata* foi inoculada inicialmente. Esse valor de densidade inicial de 350 g.m⁻² foi realizado para fazer com que as macrófitas ocupem toda a superfície do tanque, de maneira satisfatória (ZHAO et al. 2014), para evitar



o aparecimento de algas periféricas, concorrentes naturais das lemnas por nutrientes. A Figura 3, a seguir, mostra o tanque utilizado para cultivo e crescimento das lemnas.



Figura 3: Tanque de Crescimento

Após cada período de cultivo, as lemnas foram colhidas e sua massa úmida excedente pesada. A secagem das lemnas foi realizada em estufa a 50° C, durante 48 horas.

A Taxa de Produção de Biomassa ($\text{g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$) foi calculada segundo a Equação 1:

$$\text{TB} = (\text{MS}/\text{N})/\text{A} \quad \text{Equação 1}$$

Onde, MS matéria seca no período de cultivo, N dias de cultivo, A área superficial da seção de cultivo.

A Taxa de Crescimento Específico (d^{-1}) foi calculada segundo Equação 2:

$$\text{TCE} = (\text{MF}/\text{N})/\text{D.A} \quad \text{Equação 2}$$

Onde, MF matéria fresca no período de cultivo, N dias de cultivo, D densidade superficial inicial das seções (350 g.m^{-2}), A área superficial da seção de cultivo.

MONITORAMENTO DO ESGOTO DOMÉSTICO

A eficiência do processo de tratamento de esgoto foi avaliada através de dados de monitoramento. Cada variável, a frequência de amostragem e o método de análise estão relacionados na Tabela 1.



Tabela 1: Parâmetros Analisados no Monitoramento do Esgoto Doméstico

VARIÁVEIS ANALISADAS	FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM	METODOLOGIA
pH	Semanal	Sonda multiparâmetros
Temperatura (°C)	Semanal	Sonda multiparâmetros
Nitrato (mg/L)	Semanal	Conjunto de reagentes para análise de Nitrato pelo método de redução por cádmio da HACH
Ortofosfato Total (mg/L)	Semanal	Conjunto de reagentes para análise de Ortofosfato pelo método 10127 da HACH
Nitrogênio Total (mg/L)	Semanal	Conjuntos de reagentes TNT Test N Tube, para análise de Nitrogênio Total da HACH
DBO (mg/L)	Semanal	Método 5210 B. 5-Day BOD Test (APHA, 1998)
DQO (mg/l)	Semanal	Método 5220 B. Open Reflux Method (APHA, 1998)
Sólidos Totais (mg/L)	Semanal	Método 2540 B. Total Solids Dried at 103-105 °C (APHA, 1998)

COMPOSTAGEM DA BIOMASSA

A produção do composto orgânico se caracterizou em diferentes e concomitantes etapas, nos municípios de Ilha Solteira e Votuporanga. O cultivo, coleta, determinação do peso e caracterização da biomassa das macrófitas da espécie *Landoltia Punctata* e caracterização do efluente onde as plantas se devolveram, na Estação Experimental da UNESP, Campus Ilha Solteira, conforme descrito. Os resíduos carbonáceos necessários para a compostagem oriundos da coleta de resíduos de arborização, Ecotudo Norte – SAEV Ambiental, município de Votuporanga. O processo de compostagem com os resíduos das podas de árvores e a biomassa de macrófitas da espécie *Landoltia Punctata* ocorreu na Unidade Rural da Escola Técnica ETEC “Frei Arnaldo Maria de Itaporanga”, município de Votuporanga.

Para a compostagem é necessário adicionar materiais ricos em carbono (relação C/N), uma vez que as lemnas apresentam alto teor de nitrogênio. Os materiais para a compostagem são de demanda constante, o que significa que a escolha desses materiais deve-se considerar a disponibilidade destes em quantidade e períodos do ano. Considerando estes fatores optou-se pelos resíduos de arborização oriunda da limpeza urbana, uma vez que estes são gerados em grande quantidade e com frequência no município de Votuporanga.

A Ecotudo Norte disponibilizou os resíduos de podas de arborização. Várias subamostras foram coletadas em diversas partes da pilha de resíduos triturados e acondicionadas em saco plástico, homogeneizando as coletas. A amostra composta totalizou-se em 40 kg de resíduos. O material foi acondicionado e transportado em sacos plásticos limpos e secos. A extração da alíquota para compor a amostra para análise de caracterização foi por quarteamento obtendo-se 10 kg de amostra composta.

A obtenção da biomassa ocorreu durante a metodologia de verificação de crescimento de lemnas: o excesso da biomassa produzida nos tanques na estação experimental foi transferido para dois tanques com água limpa para servir de material para compostagem. A coleta foi realizada utilizando o quadro de PVC com área de 160 cm², acondicionada em sacos plásticos e transportada até o município de Votuporanga (Figura 05).



Figura 05: Tanque de transferência de lemnas e coleta.

Dessa amostragem foi obtida uma massa úmida de 5.542g de lemnas. A massa úmida foi disposta em caixa plástica vazada com tela sintética por período de 4 horas para eliminar o excesso de água e proteger de insetos. O peso obtido após esta etapa foi de 2.050g de lemnas, úmidas, mas não encharcadas. O material foi misturado com os resíduos de podas de árvores coletados na Ecotudo- Votuporanga. Separou-se materiais indesejáveis como pedras, madeiras de construção, plásticos entre outros. Pesou-se 6.150g de podas.

Para garantir a relação Carbono/ Nitrogênio necessária para a compostagem na proporção de 3:1 (três partes de carbono para uma parte de nitrogênio) como indica a literatura. As massas de *Landoltia punctata* e podas de árvores foram misturadas na proporção de 3:1, três partes de podas (6.150g) e uma parte de lemnas (2.050g) e homogeneizadas.

O processo de compostagem ocorreu seguindo o método de aeração natural (Windrow), onde os resíduos são dispostos em leiras, com reviras periódicas (para ocorrer a convecção do ar na massa do composto), acrescida de umidificação até o término do processo (PEIXE; HACK, 2014).

A mistura foi disposta em solo com declive e canaletas para coleta de possível chorume e proteção em caso de chuvas (Figura 06).



Figura 06: Mistura de Lemnas e Podas e Preparo das canaletas para deposição da mistura.

A mistura foi disposta em pilha com 21 cm de altura, 27 cm de base menor, 38 cm de base maior, 49 cm de comprimento no formato trapezoidal que favorece a umidificação e aeração. A mistura foi coberta com tela sintética para proteção de insetos e mosquitos. Colocou-se proteção para o controle da umidade da mistura, para que as chuvas frequentes deste período (dez-fev/2018) não interferissem na umidade da mistura, aumentando-a excessivamente, o que poderia favorecer o processo anaeróbico, uma vez que a água ocupa lugar para aeração, tornando o processo mais lento e com maus odores (Figura 07).

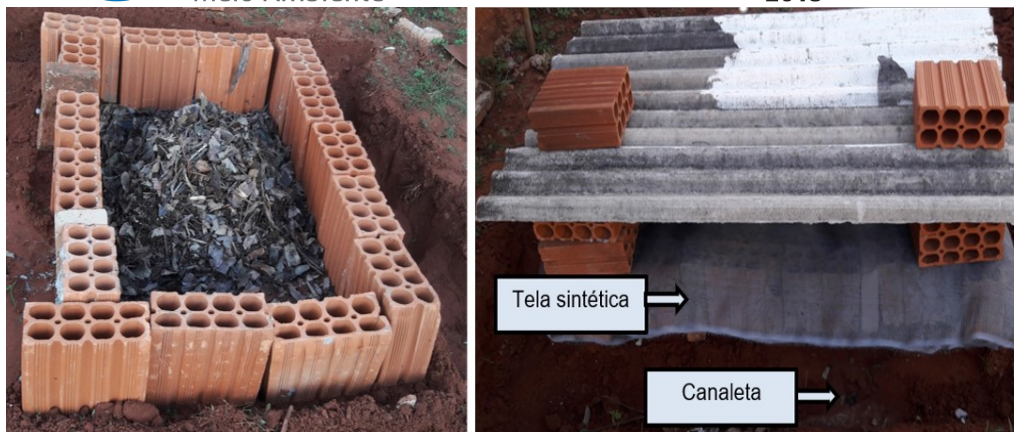


Figura 07: Pilha de Lemnias e Podas de Árvores para compostagem com proteção

Durante todo o processo a temperatura do composto foi aferida com termômetro Digital Minipa, modelo MT 525, a aferição foi realizada no topo, no meio e na base da pilha. A umidade foi controlada e aferida por teste sensorial (Figura 08), retirando-se uma porção com a mão e apertando verificando-se a presença de água sem escorrer (Manual Compostagem- Embrapa, Circular Técnica 59, 2009).



Figura 08: Teste sensorial de umidade na compostagem.

O material foi revolvido periodicamente o mesmo procedimento de aferição da temperatura, umidade da pilha. Este procedimento será repetido uma ou duas vezes por semana sempre observando temperatura, estado de umidade da mistura. Podendo estender por um intervalo de 5 a 15 dias dependendo das características do processo.

RESULTADOS OBTIDOS

TAXA DE CRESCIMENTO

As Taxas de Crescimento relacionadas com os diferentes tempos de cultivo estão no gráfico da Figura 4. Os valores encontrados para as taxas de produção de biomassa e as densidades superficiais alcançadas nos tempos de cultivo analisados estão relacionados na Tabela 2.

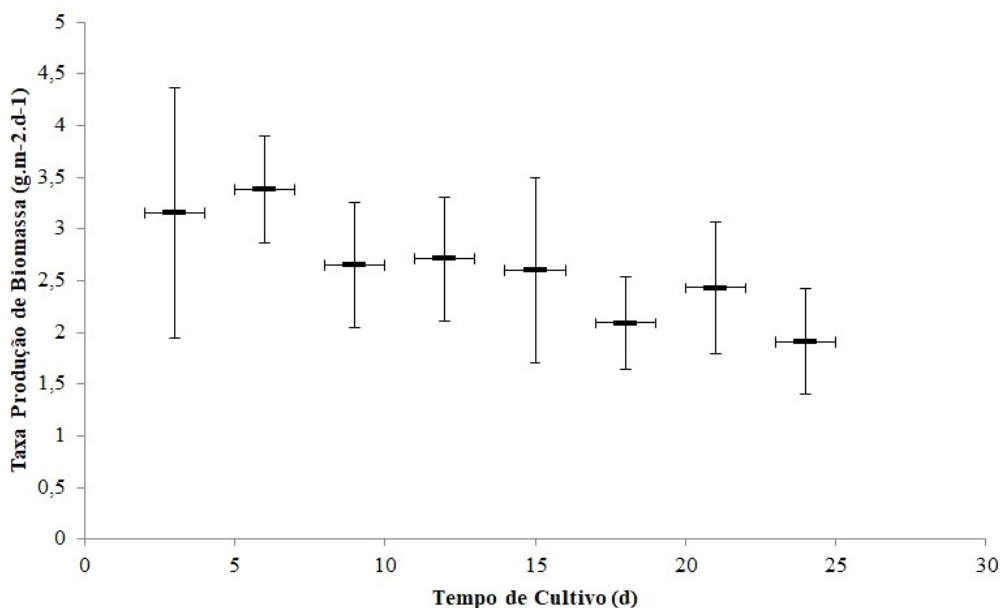


Figura 4: Taxas de Produção de Biomassa para os Diferentes Tempos de Cultivos

Tabela 2: Taxa de Produção de Biomassa (Matéria Seca) e Densidade Superficial nos Períodos de Cultivo

Tempo de Cultivo (d)	3	6	9	12
Densidade Superficial Máx. (g.m-2)	461,51 ± 63,74	681,13 ± 66,22	754,29 ± 134,33	946,21 ± 166,31
Produção de Biomassa (g.m-2.d-1)	3,15 ± 1,21	3,38 ± 0,52	2,65 ± 0,60	2,71 ± 0,60
Tempo de Cultivo (d)	15	18	21	24
Densidade Superficial Máx. (g.m-2)	1070,27 ± 187,53	1033,54 ± 140,26	1153,97 ± 225,98	1336,88 ± 135,01
Produção de Biomassa (g.m-2.d-1)	2,60 ± 0,90	2,09 ± 0,45	2,43 ± 0,64	1,91 ± 0,51

Tabela 3: Taxa de Crescimento Específica

Tempo de Cultivo (d)	3	6	9	12
Taxa de Crescimento Específica (d-1)	0,16 ± 0,07	0,20 ± 0,04	0,16 ± 0,05	0,17 ± 0,04
Tempo de Cultivo (d)	15	18	21	24
Taxa de Crescimento Específica (d-1)	0,16 ± 0,04	0,13 ± 0,02	0,13 ± 0,03	0,14 ± 0,02

MONITORAMENTO DO ESGOTO DOMÉSTICO

Os valores de caracterização do afluente e efluente do sistema de tratamento, além das eficiências de remoção encontram-se na Tabela 3.



Tabela 3: Caracterização do Esgoto Afluente e Efluente

	<i>Início</i>	<i>Final</i>	<i>Remoção %</i>
<i>Temp. (°C)</i>	27,04 ± 5,32	27,92 ± 5,29	-
<i>pH (mg.l-1)</i>	7,60 ± 0,21	7,56 ± 0,28	-
<i>DBO (mg.l-1)</i>	51,36 ± 18,01	19,87 ± 9,33	61,30
<i>DQO (mg.l-1)</i>	196,50 ± 90,16	107,19 ± 36,87	45,40
<i>NT (mg.l-1)</i>	17,33 ± 5,28	13,20 ± 4,87	23,80
<i>NO3(mg.l-1)</i>	1,10 ± 0,27	0,76 ± 0,25	30,90
<i>PO3(mg.l-1)</i>	3,87 ± 0,55	2,26 ± 0,23	41,50
<i>ST(mg.l-1)</i>	127,25 ± 67,65	65,5 ± 24,85	48,50

COMPOSTAGEM DA BIOMASSA

Os resultados dos testes e aferições foram anotados em planilha, conforme modelo descrito na Tabela 04.

Tabela 04. Ficha de Acompanhamento da Compostagem.

FICHA DE ACOMPANHAMENTO - COMPOSTAGEM													
DATA DE MONTAGEM DA LEIRA 18/12/2017				Quantidade de Materiais: LEMNAS: 2050gPodas: 6.150g									
Data	Hora da leitura	Chuva		Temp. Ambiente (°C)	Temperatura da Sonda (°C)			Leira Revirada		Umidade		Rega	
		Sim	Não		Topo	Meio	Base	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
19/12	16h	X		33,4	29,2	29,3	29,3	X			X	X	
25/12	17h	X		36,4	41.5	41.8	41,8	X		X		X	
29/12	14.30h	X		39,1	44.6	44.7	44,7	X		X		X	
02/01	17 h		X	34,6	47,1	47,4	46,8	X			X	X	
06/01	16.30h	X		36,2	49,2	49,1	49,1	X		X		X	
10/01	10h		X	34,6	49,6	49,8	49,8	X		X		X	
15/01	15h		X	39,8	52,4	54,5	52,1	X		X		X	
22/01	15h	X		40,1	55,2	56,2	53,4	X		X		X	
30/01	10h	X		38,7	42,8	43,1	42,5	X		X		X	
05/02	17.30h		X	30,1	36,1	36,4	35,8	X		X		X	
11/02	9h		X	32.7	29.4	29.7	29.8	X			X		X

Após a compostagem o composto apresentou mudança de odor característico de terra úmida, coloração escura, textura de solo granuloso. Do composto obteve-se duas amostras, uma integral com a presença de galhos e folhas ainda íntegros e outra amostra parcial onde os mesmos foram removidos. As amostras (integral e parcial) foram analisadas no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) referência em análise de solo e substrato no país (Tabela 05). As análises de pH seguiram a metodologia da IN SDA Nº 28 de 27/07/2008, nitrogênio total por Kjeldahl, o carbono orgânico por Walkley-Black, e a relação C/N por cálculo.



Tabela 05. Análise do Composto Orgânico

Amostra	pH	pH CaCl ₂	N	Carbono Orgânico	Relação C/N
Composto Orgânico Integral	8,5	6,8	11,7	318,5	27,2
Composto Orgânico Parcial	8,5	6,9	13,6	273,3	20,1

ANÁLISE DOS RESULTADOS

EFLUENTE E BIOMASSA

Os dados contidos na Figura 4 mostram que a máxima taxa de crescimento encontrada foi de $3,38 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ (Matéria Seca) para 6 dias de cultivo. Este valor se aproxima da taxa de $3,50 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ encontrada por Ge et al. 2012, utilizando *Lemna minor*, cultivada em esgoto suíno e coletadas em intervalos de 3 dias. Verma e Suthar, 2015 em um estudo de revisão indicaram que a taxa de produção de biomassa pode variar com a espécie da *lemna* utilizada, sendo de $3,50 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ para *Lemna minor*, chegando a $8,50 \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ para *Lemna gibba*. A *Landoltia punctata* cultivada em esgoto doméstico, no sistema de tratamento proposto, conseguiu chegar a uma taxa de crescimento considerável, analisando os resultados citados anteriormente.

Xu e Shen, 2011 chegaram a resultados que indicaram que um aumento da densidade inicial superficial diminui a taxa de crescimento específico. Considerando que foram utilizados, neste trabalho, densidades superficiais iguais para todas as seções, o tempo de cultivo iria possuir influência na taxa de crescimento relativo, uma vez que as densidades iriam ficar cada vez maiores, conforme mostra a Tabela 2. Para densidades maiores, alcançadas em períodos de cultivos maiores, as taxas de crescimento específico ficaram com valores menores, conforme mostra a Tabela 3. Esses resultados mostram que o efeito da superposição das plantas em uma seção limitada sempre existe e influencia na taxa de crescimento específica e, além disso, pode influenciar nas taxas de produção de biomassa (Matéria Seca), conforme mostrado na Tabela 2.

Um estudo realizado por Tavares et al. 2014, utilizando tanques de *Lemna valdiviana*, obteve eficiências de 39,4 % para DQO, 44,4 % para sólidos totais e 4,05 % para nitrato, em um tempo de detenção de 4 dias. Os valores citados de DQO e sólidos totais se aproximam dos resultados encontrados neste trabalho, porém a diferença maior encontra-se no nitrato, considerando que os resultados da Tabela 3 indicam uma remoção de 30,90 %.

Selvarani et al. 2015 em um sistema de tratamento que utilizava recipientes de 50 l, com períodos de detenção de 7 dias, conseguiu uma eficiência de 79% para DBO, utilizando *Lemna minor*. Um sistema proposto por Pryia et al. 2012 atingiu uma eficiência de 38 % para remoção do ortofosfato, também utilizando *Lemna minor* em um recipiente de 20 l, para oito dias de detenção. Os valores apresentados estão próximos daqueles mostrados na Tabela 3 deste trabalho.

COMPOSTAGEM DAS LEMNAS

Os valores da variação de temperatura mostram que ocorreu a mudança de fases, as temperaturas de 41,8 a 56,2 °C registradas, demonstram que foi atingindo a fase termófila, e a queda da temperatura para faixa abaixo de 40 °C, valor obtido de 36,4 indica a fase mesófila, e as temperaturas próximas da temperatura ambiente na faixa de 29,8 revelam que o composto está na fase de resfriamento de acordo com KIEHL, 2004.

KIEHL, (2002) destaca que a fase de cura ou maturação do composto ocorre a relação C/N está entre 8/1 e 12/1. Valores de relação C/N entre 18/1 ou um pouco menor, indicam que o composto está semicurado ou bioestabilizado, e sua utilização não oferece risco de prejuízos para aplicação nas culturas e para as plantas.

KIEHL (1985) ressalta que o pH para composto em fase de estabilização ou maturação deve ser acima de 6, o pH obtido para o composto foi de 8,5 e 6,8-6,9 pelo método com CaCl₂ (0,01mol).

Conforme a Instrução Normativa SDA/MAPA 25/2009, que classifica os fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos e organominerais de acordo com as matérias-primas utilizadas na sua produção, o fertilizante orgânico de Classe “D”, cujo aquele utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda do tratamento de despejos sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura deve respeitar os



parâmetros de Nitrogênio total (% em massa) mínimo de 0,5% e carbono orgânico total (% massa) mínimo de 15%, relação C/N, mínimo 20. Os valores obtidos de nitrogênio e carbono convertidos em porcentagem mássica foram de 1,17% para Nitrogênio Total no composto integral e 1,36% no composto parcial. Para Carbono Total, a porcentagem mássica foi de 31,85% e 27,33% respectivamente. A relação carbono/nitrogênio dos compostos integral e parcial foram de 27,2 e 20,1.

CONCLUSÃO

Os valores encontrados para taxa de crescimento em matéria seca mostraram se razoáveis quando comparados com outras espécies, ou outros sistemas de tratamento utilizados. Além disso, as eficiências das remoções apresentadas no trabalho representam a possibilidade da utilização de lagoas de lemnas no polimento do efluente doméstico. Os resultados da análise preliminares para caracterização dos compostos orgânicos produzidos apresentaram composição satisfatória em conformidade com a Instrução Normativa vigente e com a literatura recomendada, demonstrando potencial para aplicação como condicionador de solo ou fertilizante orgânico. O processo de compostagem deve atingir a relação carbono entre 18/1 e 8/1 para estágio de maturação completa do composto orgânico por cerca de 90 a 120 dias de processo. Os dados apresentados indicam um potencial de aproveitamento da biomassa vegetal produzida, em um sistema barato de polimento de esgoto doméstico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAM, Ayman et al. *Treatment of Drainage Water Containing Pharmaceuticals Using Duckweed (Lemna gibba)*. *Energy Procedia*, [s.l.], v. 74, p.973-980, ago. 2015. Elsevier BV.

APHA (1998) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th Edition, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation, Washington DC.

BARÃO, L. Z. Avaliação Inicial de Lagoas de Lemnas com Chicanas na Remoção de DQO e Fósforo de Efluentes Domésticos e na Fixação de CO₂. 2014. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA. Instrução Normativa Nº 25, de 23 de julho de 2009. Normas sobre especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis>> Acesso em: 10 jan.2018.

CHENG, J.; LANDESMAN, L.; BERGMANN, B. A.. *NUTRIENT REMOVAL FROM SWINE LAGOON LIQUID BY LEMNA MINOR* 8627. *Transactions Of The Asae*, [s.l.], v. 45, n. 4, p.1003-1010, 2002. *American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE)*.

GATIDOU, Georgia et al. *Removal mechanisms of benzotriazoles in duckweed Lemna minor wastewater treatment systems*. *Science Of The Total Environment*, [s.l.], v. 596-597, p.12-17, out. 2017. Elsevier BV.

GE, Xumeng et al. *Growing Lemna minor in agricultural wastewater and converting the duckweed biomass to ethanol*. *Bioresource Technology*, [s.l.], v. 124, p.485-488, nov. 2012. Elsevier BV.

IKEHATA, Keisuke; NAGHASHKAR, Naeimeh Jodeiri; EL-DIN, Mohamed Gamal. *Degradation of Aqueous Pharmaceuticals by Ozonation and Advanced Oxidation Processes: A Review*. *Ozone: Science & Engineering*, [s.l.], v. 28, n. 6, p.353-414, dez. 2006. Informa UK Limited.

IQBAL, S. *Duckweed aquaculture. Potentials, possibilities and limitations, for combined wastewater treatment and animal feed production in developing countries*. Switzerland. SANDEC report n.6 .91p. mar. 1999.

KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda., 1985. 492 p.



KIEHL, E.J. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: [s. n.], 2002. 171p

KIEHL, J.E. Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: E.J Kiehl, 4 ed. p.173.2004.

LEONETI, Alexandre Bevilacqua; PRADO, Eliana Leão do; OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro, v. 2, n. 45, p.331-348, abr. 2011.

MEDEIROS, R.M.L., S.R.U.R., A.U.O.S., PINTO, C.L.S.R. Estudo da biomassa de aguapé, para produção do seu concentrado proteico. Revista da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 2, n. 19, p. 226-230, 1999.

MOHEDANO, Rodrigo A. et al. *High nutrient removal rate from swine wastes and protein biomass production by full-scale duckweed ponds. Bioresource Technology*, [s.l.], v. 112, p.98-104, maio 2012. Elsevier BV.

NUNES, M. U. Circular Técnica 59/2009. ISSN 1678-1945. Embrapa. Aracaju, SE. 2009.

PEIXE, M.; HACK, M. B. Compostagem como método adequado ao tratamento dos resíduos sólidos orgânicos urbano: Experiência do município de Florianópolis/SC. 2014. 13 f. Dissertação (Especialização em Engenharia do Ambiente) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

Pryia A.; Kirti A.; Pathak G.; *Assessing the potentials of Lemna minor in the treatment of domestic wastewater at pilot scale. Environmental monitoring and assessment*, 2012.

SELVARANI, A. Juliet et al. *Performance of Duckweed (Lemna minor) on different types of wastewater treatment. International Journal Of Fisheries And Aquatic Studies, Thoothukudi - India*, v. 2, n. 4, p.208-2012, fev. 2015.

Tavares de matos,F, T; Lapolli, F.R. Mohedano, R.A; Fracalossi, D.M.; Bueno, G.W. & Roubach, R. *Duckweed Bioconversion and Fish Production in Treated Domestic Wastewater, Journal of Applied Aquaculture*, 26:1, 49-59, 2014.

UYSAL, Y.. *Removal of chromium ions from wastewater by duckweed, Lemna minor L. by using a pilot system with continuous flow. Journal Of Hazardous Materials*, [s.l.], v. 263, p.486-492, dez. 2013. Elsevier BV.

Verma, R.; Suthar, S. *Utility of Duckweeds as Source of Biomass Energy: a Review. Springer Science, New York*, p. 1-9, 2015.

VERMA, Rashmi; SUTHAR, Surindra. *Lead and cadmium removal from water using duckweed – Lemna gibba L.: Impact of pH and initial metal load. Alexandria Engineering Journal*, [s.l.], v. 54, n. 4, p.1297-1304, dez. 2015.

VERMA, Rashmi; SUTHAR, Surindra. *Synchronized urban wastewater treatment and biomass production using duckweed Lemna gibba L. Ecological Engineering*, [s.l.], v. 64, p.337-343, mar. 2014. Elsevier BV.

XU, Jiele; SHEN, Genxiang. *Effects of Harvest Regime and Water Depth on Nutrient Recovery from Swine Wastewater by Growing Spirodela oligorrhiza. Water Environment Research*, [s.l.], v. 83, n. 11, p.2049-2056, 1 nov. 2011. *Water Environment Federation*.

ZHAO Y.; FANG Y.; JIN Y. et al; HUANG J. *Pilot-scale comparison of four duckweed strains from different genera for potential application in nutrient recovery from wastewater and valuable biomass production. Plant Biology*, june 2014.