

II-398 - QUANTIFICAÇÃO DE AMIDO DE BIOMASSA DE *LANDOLTIA PUNCTATA*, NO POLIMENTO DE EFLUENTE DOMÉSTICO

José Antônio Zanetoni Filho⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS UNESP. Mestrando em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais pela Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS UNESP.

Liliane Lazzari Albertin⁽²⁾

Engenheira Química pela Universidade Federal de São Carlos. Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos – EESC USP. Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos – EESC USP. Professora Assistente Doutora da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS UNESP

Liliane Santos de Camargos⁽³⁾

Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS. Mestre Fisiologia e Bioquímica de Plantas pela Universidade de São Paulo – USP. Doutora em Biologia Vegetal pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Professora Assistente Doutora da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS UNESP

Flaviane Smaniotto⁽⁴⁾

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Mato Grosso – UFMT. Mestre em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais pela Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS UNESP. Doutorado em andamento em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambientais pela Universidade Federal do Paraná – UFPR.

Marcia Maria de Souza Moretti⁽⁵⁾

Licenciada em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário de Jales – UNIJALES. Mestre em Microbiologia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP. Doutora em Microbiologia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP.

Endereço⁽¹⁾: Rua Nazaré, 92, Ap.: 11 – Ilha Solteira - SP - CEP: 15385-000 - Brasil - Tel: (18) 99605 9898 - e-mail: j.zanetoni@yahoo.com.br

RESUMO

Na tentativa de minimização dos impactos gerados por efluentes domésticos, em centros urbanos, as lagoas de estabilização vêm sendo utilizadas como um dos principais meios de tratamento de efluentes. Em uma etapa posterior de polimento, a aplicação de lagoas com macrófitas flutuantes, conhecidas como lemnas, torna possível melhorar a qualidade do efluente tratado, além da possibilidade de se produzir uma valiosa biomassa vegetal rica em amido, podendo ser utilizada na produção de biocombustíveis.

Este trabalho consistiu em monitorar a carga de matéria orgânica do efluente, antes e após, o processo de polimento com *Landoltia punctata* e, simultaneamente, avaliar a taxa de crescimento para diferentes períodos de cultivo, além de avaliar diferentes métodos de enriquecimento de amido presente na biomassa da *Landoltia punctata*.

Foram montados dois tanques de cultivo para as lemnas, contendo efluente doméstico. Um deles foi destinado à avaliação da produção de biomassa, chamado de tanque de crescimento, e o outro, para testes de enriquecimento do teor de amido presente na biomassa, chamado de tanque de enriquecimento. No tanque de crescimento, foram feitas divisões para diferentes tempos de cultivos, permitindo avaliar a biomassa obtida para cada um deles. No tanque de enriquecimento, foram realizados pré testes para avaliação de qual método de estresse apresentaria melhor resultado, dentre eles, alteração do fotoperíodo, alteração de pH, alteração de temperatura e escassez nutricional.

A taxa de crescimento alcançou um valor de 19,31 ton/ha.ano. Tomando o resultado de 38,4% de amido presente em biomassa de lemna, em escassez nutricional, e, pela taxa de crescimento apresentada, chegou-se a um valor de 7,42 ton/ha.ano de produção de amido. No processo de polimento de esgoto foi possível observar uma melhora considerável nos parâmetros analisados, apresentando as eficiências de remoção para DBO, DQO, ST, NT, PT e NO₃ de 33,5%, 56,9%, 22,5%, 47,5%, 27,8% e 24,7, respectivamente. Os resultados do teste de enriquecimento de amido por estresse nutricional indicam a possibilidade de se obter uma valiosa biomassa vegetal, podendo ser utilizada para obtenção de etanol. A capacidade de melhora na qualidade do tratamento do efluente doméstico e a possibilidade de obtenção de biocombustível a partir de uma biomassa rica em amido mostram a grande importância das lemnas no desenvolvimento sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Esgoto, Lagoas de Lemnas, Produção de Biomassa, Biocombustíveis.

INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado das áreas urbanas exige uma infraestrutura sanitária urbana cada vez mais eficiente em suprir todas as necessidades de redução dos impactos gerados pelos efluentes lançados nos corpos d'água. No Brasil, uma das técnicas mais utilizadas no tratamento de efluentes são as lagoas de estabilização, uma vez que possuem baixos custos de implantação e operação (Von Sperling 1996). Na tentativa de melhorar a qualidade do efluente tratado e preservar a qualidade dos corpos d'água receptores, uma etapa adicional e posterior a esse processo poderia ser executada, visando uma maior eficácia na remoção dos sólidos em suspensão e nutrientes.

Na busca de alternativas simples e eficientes, o uso de lagoas de lemnas tem chamado à atenção de pesquisadores, uma vez que as lagoas de lemnas possuem grande capacidade de remoção de sólidos dissolvidos e em suspensão (Prya et al 2010). As lemnas têm sido amplamente utilizadas na remediação de águas contaminadas há aproximadamente 30 anos, devido, dentre outros fatores, à sua possível capacidade de se adaptar em uma ampla faixa de pH, temperatura e concentração de nutrientes (Zhao et al. 2014). As lemnas possuem uma grande capacidade de absorção de nutrientes e remoção de sólidos suspensos, sendo bastante eficaz no processo de polimento de esgoto, envolvendo parâmetros como nitrogênio, fósforo, DBO e DQO, conforme exemplificado na Tabela 1 (Mohedano, 2010) (Cheng et al. 2009).

	Espécie	TDH (dias)	Indicador	Eficiência (%)
Brugnago, N., 2014	Landoltia punctata	17,5	DBO	92
			DQO	97
			PT	80
			NTK	86
Pryia et al, 2011	Lemna minor	22	DBO	94,45
Tavares de Matos et al, 2014	Lemna gibba	10	DQO	39,9
			NTK	19,9
Cheng et al, 2002	Lemna minor	14	PT	88,6
			NTK	90

Tabela 01 – Remoção de Cargas e Nutrientes em Lagoas de Lemnas

A conversão de nutrientes presentes no efluente em uma valiosa biomassa vegetal tem atraído à atenção de muitos pesquisadores não só porque reduz a poluição dos corpos d'água, principalmente no que diz respeito à eutrofização, mas também porque é uma maneira lucrativa de reciclar nutrientes após a colheita da biomassa. Na literatura, são encontradas diversas aplicações como matéria-prima para produção de ração animal, fertilizantes, bioenergia (biogás, biodiesel e etanol) e para reaproveitamento de nutrientes, como o nitrogênio e o fósforo. (Mohedano, 2010) (Cheng et al. 2009) (Zhao et al.2014).

Além disso, (Cheng et al 2009) (Cui et al 2014) mostraram a possibilidade de enriquecer o amido presente na biomassa das lemnas, mediante processos de estresse, o que torna a mesma atrativa para a produção de etanol. A quantidade de amido presente na biomassa da lemna está ligada a fatores que alteram as condições naturais de crescimento natural das lemnas, tais como, alteração da intensidade luminosa, variação de nitrogênio e fósforo, variações de temperatura, variação de pH e, principalmente, escassez nutricional, no caso da *Landoltia punctata*. (Zhao et al.2014). A Tabela 2 relaciona as espécies utilizadas com os valores de amido presente na biomassa das mesmas.

	Espécie	Período de Estresse Nutricional(d)	Amido(%)
Cheng et al, 2009	<i>S. polyrrhiza</i>	5	45,8
Costa, 2014	<i>Landoltia punctata</i>	5	20
Zhao et al, 2014	<i>Landoltia punctata</i>	8	45,84
Zhao et al, 2014	<i>L. japonica</i>	8	39,96

Tabela 02 – Relação de Acúmulo de Amido sobre Estresse Nutricional

O interesse em utilizar a biomassa de lemnas para geração do etanol foi despertado devido ao fato dessa biomassa celulósica não possuir as características recalcitrantes, uma vez que, em sua composição, há pouca quantidade de hemicelulose e nenhuma lignina (Ge et al. 2012). As principais vantagens para utilização das lemnas como nova fonte para a produção de biocombustíveis são: taxa de crescimento rápido, sua possível capacidade de crescer diretamente sobre os efluentes domésticos e agrícolas e a relativa simplicidade de colheita da biomassa produzida (Mohedano 2010) (Zhao et al. 2014) (Verma et al. 2015). Este trabalho consistiu em monitorar a carga de matéria orgânica do efluente, antes e após, o processo de polimento com *Landoltia punctata* e, simultaneamente, avaliar a taxa de crescimento para diferentes períodos de cultivo, além de avaliar diferentes métodos de enriquecimento de amido presente na biomassa da *Landoltia punctata*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Cultivo

As lemnas foram cultivadas em dois tanques de, aproximadamente, 3000 l. Cada tanque estava ligado a uma caixa que armazenava o efluente doméstico tratado utilizado. As caixas foram abastecidas semanalmente. O efluente tratado foi bombeado a uma vazão de, aproximadamente, 375 l/d. Um dos tanques foi destinado à avaliação da produção de biomassa, chamado de Tanque de Crescimento, e o outro para testes de enriquecimento do teor de amido presente na biomassa, chamado de Tanque de Enriquecimento, conforme FIGURAS 1 e 2.

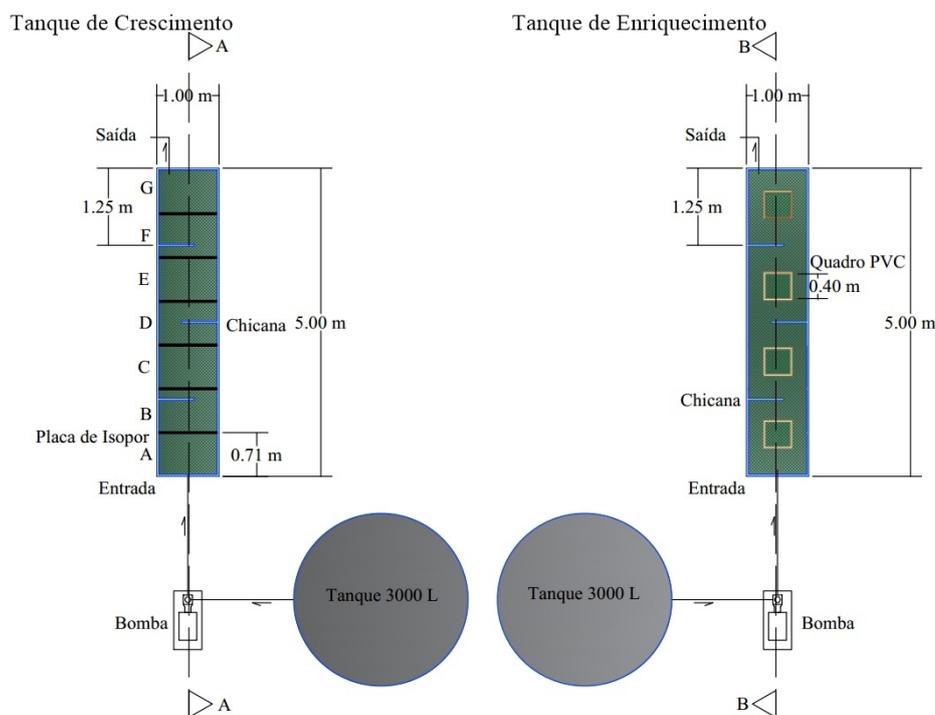
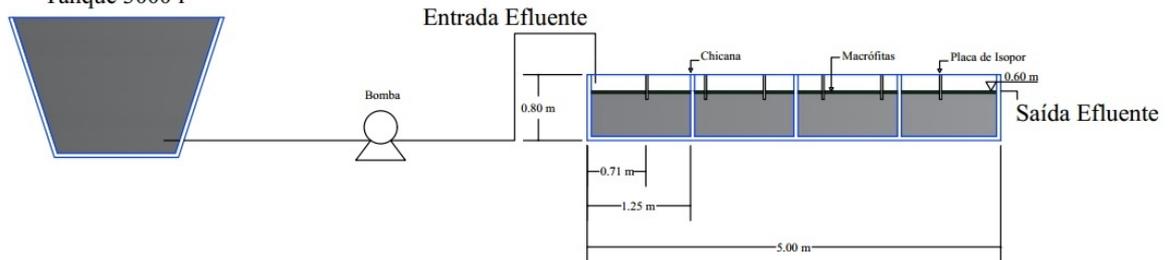


Figura 1: Vista Superior dos Tanques de Lemnas

Tanque de Crescimento - Corte AA
Tanque 3000 l



Tanque de Enriquecimento - Corte BB
Tanque 3000 l

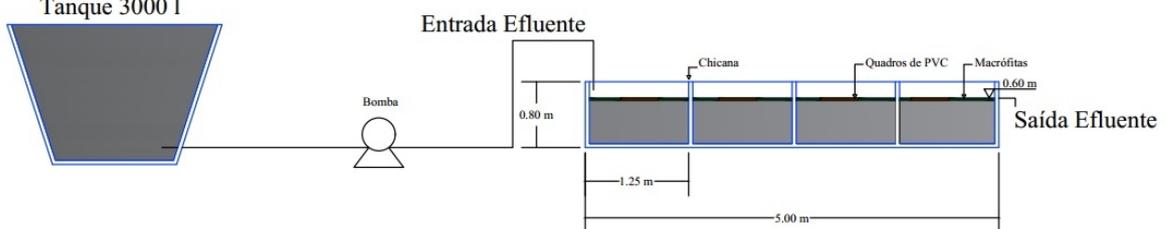


Figura 2: Vista Lateral dos Tanques de Lemnas

Taxa de Crescimento

O tanque de crescimento foi organizado em sete seções para facilitar a avaliação do crescimento das lemnas. As placas de isopor, na parte superior, foram utilizadas para auxiliar na divisão do tanque, Conforme FIGURA 3. Para cada seção de 0,7 m², foi colocada uma massa úmida inicial de 250 g de lemnas. Após cada período de cultivo, toda a massa de lemnas era colhida da seção e, novamente, introduzia-se 250 g para nova avaliação. Os tempos de cultivo foram variados para cada seção, de modo que, ao final do experimento, todas as seções possuíam valores de cultivo para 3, 6, 9, 12, 15, 18 e 21 dias.

As sete seções foram divididas em A, B, C, D, E, F e G. Desta maneira, a primeira seção, chamada de A, por exemplo, teve seu tempo de cultivo variando de 3 dias até 21 dias. A segunda seção, chamada de B, teve seu tempo de cultivo variando de 6 dias até 3 dias, e assim por diante. Esse procedimento permitiu avaliar o crescimento da planta e, após a secagem, a biomassa produzida. Após a colheita, as lemnas ficaram na estufa a 50° C, em média.

Para obter o valor do crescimento médio da planta, foi feita a média de crescimento em massa(g) que cada seção forneceu para um mesmo tempo de cultivo. O valor de crescimento diário foi obtido dividindo o valor de biomassa de cada período pelo tempo de cultivo. Depois de realizada a média das taxas de crescimentos diários para cada tempo de cultivo, o valor foi extrapolado para que se pudesse comparar com valores que outros autores sugerem.



Figura 3: Tanque de Crescimento

Testes de Enriquecimento de Amido

No tanque de enriquecimento, foram inseridos quatro quadros de canos de PVC de 0,16 m² feitos para evitar que as plantas submetidas ao estresse se misturassem com as demais no tanque, conforme FIGURA 4. Para cada seção com o quadro de PVC, as plantas confinadas passaram por um tipo diferente de estresse, em um período de 6 h, durante 5 dias. Os processos de enriquecimento testados nesse tanque foram para, inicialmente, definir qual método disponível na bibliografia traria melhores resultados, considerando sua aplicação e viabilidade de execução.



Figura 4: Tanque de Enriquecimento

Os processos de estresse adotados foram: alteração de pH, estresse nutricional, diminuição do fotoperíodo, alteração da temperatura. As plantas confinadas foram submetidas às condições de estresse por 6 h diárias, durante 5 dias. Após o período de 5 dias, as plantas confinadas foram colhidas e colocadas para secagem em estufa, a 50° C. Após a secagem foi feita a análise da composição de amido da biomassa obtida, visando avaliar qual método forneceria os melhores resultados.

Com os resultados obtidos das análises de enriquecimento, optou-se como estratégia de enriquecimento a escassez nutricional da lemna, considerando os resultados das outras tentativas, estudos analisados e sua facilidade de manuseio.

Para melhor avaliação do período de estresse nutricional da lemna, as lemnas foram inoculadas em um tanque contendo água livre de impurezas, por um período de 40 dias. Durante esse período, em intervalos de 5 dias, era feita a colheita de amostras para análise da biomassa. A FIGURA 5 ilustra o tanque de estresse nutricional em funcionamento.



Figura 5: Tanque de Estresse Nutricional

Monitoramento do Efluente

Para o monitoramento da qualidade do esgoto, foram retiradas amostras na entrada e saída do tanque de cultivo (Tanque de Crescimento).

No processo de tratamento do esgoto, foram avaliados os seguintes indicadores de qualidade: Nitrogênio total (NT), Nitrato (NO_3^-), Fósforo total (PT), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Totais (ST) e pH. Os métodos e as frequências de análise de cada parâmetro estão discriminados na TABELA 03.

Indicador	Frequência de Amostragem	Método de Análise
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)
Fósforo Total (mg/l)	A cada 3 dias	Método Oficial AOAC 973.55. Photometric Method.(APHA, 1998)
Nitrato (mg/l)	A cada 3 dias	Método Oficial AOAC 973.50. Brucine Colorimetric Method. (APHA, 1998)
Nitrogênio Total (mg/l)	A cada 3 dias	Método Oficial AOAC 973.48. Kjeldhal Method. (APHA, 1998)
pH	Diária	Método Oficial AOAC 973.41. pH meter. (APHA, 1998)
Sólidos Totais (mg/l)	Semanal	Método 2540 B. Total Solids Dried at 103-105 °C (APHA, 1998)

Tabela 03 – Indicador e Método de Análise

Quantificação de Amido

Inicialmente, 0,1 g de cada amostra de biomassa de lemna foi pulverizada com a ajuda de um cadinho e pistilo. Os compostos solúveis foram extraídos segundo Bielecki & Turner (1966), utilizando-se MCW a uma relação 1:10 (p:v), e o extrato descartado. Do precipitado restante, o amido foi extraído por duas vezes, a uma relação 1:40 (p:v), com ácido perclórico a 30%, e, após centrifugação, os sobrenadantes juntos compõem o extrato, segundo Yemm & Willis (1954).

O extrato resultante, de amido hidrolisado, foi utilizado para dosagem seguindo o método descrito por Umbreit et al. (1957) para açúcares solúveis totais. Para 1 mL de amostra foram adicionados 2 mL de reagente antrona (100 mg de antrona em 2,5 mL de água + 50 mL de ácido sulfúrico concentrado). Após agitados, os tubos

foram vedados e aquecidos em banho-maria a 100°C por 3 minutos, em seguida foram resfriados a temperatura ambiente e a absorvância foi lida em espectrofotômetro a 660 nm, tendo a concentração calculada a partir da Curva Padrão obtida com glicose.

ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Taxa de Crescimento

Os dados de crescimento obtidos estão na FIGURA 6. Os valores de crescimento de biomassa diário foram extrapolados para 1 m², uma vez que a seção do tanque possuía 0,7 m². Considerando o período de 18 dias, a taxa de crescimento chega a um valor de 5,29 g/m².dia, ou ainda, 19,31 ton/ha.ano.

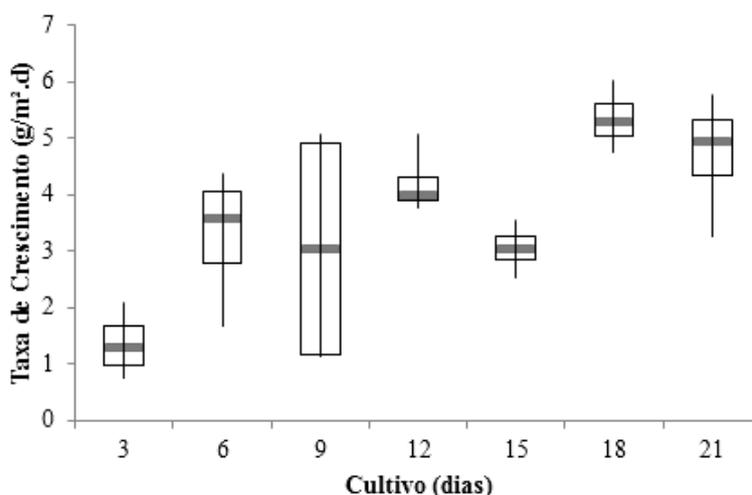


FIGURA 6: Taxas de Crescimento da Biomassa

Os dados mostrados para as taxas de crescimento de biomassa indicam que um período de colheita adequado poderia ser feito a partir de 6 dias de cultivo, com as taxas variando de 3,03 g/m².dia a 5,29 g/m².dia, ou ainda, de 11,06 ton/ha.ano a 19,31 ton/ha.ano. Esse valor confirma os resultados de alguns trabalhos que sugerem o valor do crescimento, em matéria seca, da ordem de 10 até 50 ton/ha, variando, principalmente, de acordo com a espécie estudada, condições nutritivas e climáticas que as lemnas estão submetidas. (Zhao et al. 2014) (Cheng et al. 2009)(Cheng et al. 2002).

Um estudo realizado por Ge et al. 2012 sugere que o ciclo de crescimento das lemnas ocorra entre 15 a 18 dias. A maior taxa de crescimento registrada nesse trabalho ocorreu com um período de cultivo de 18 dias, sendo de 5,29 g/m².dia. Esse estudo ainda sugere que entre os períodos de 6 a 15 dias a taxa média ocorra por volta de 3,5 g/m².dia, valor próximo a média registrada de 3,41 g/m².dia.

Testes de Enriquecimento de Amido

A FIGURA 7 mostra os resultados obtidos da quantificação de amido presente na biomassa das lemnas, confinadas no tanque de enriquecimento.

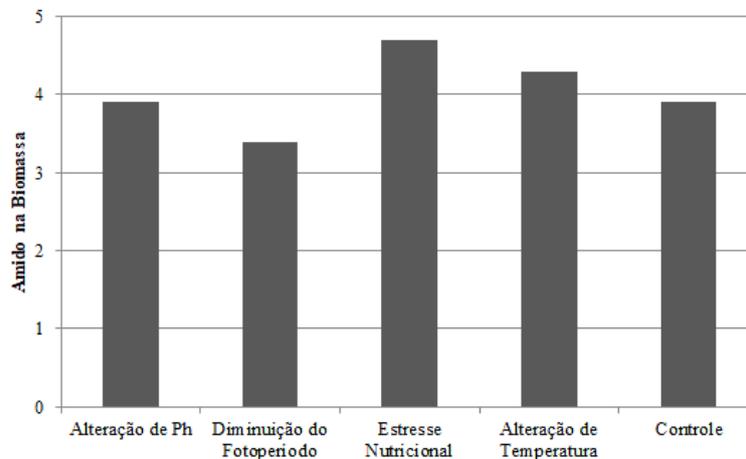


FIGURA 7: Amido na Biomassa das Lemnas em Diferentes Condições de Estresse

Nos testes do tanque de enriquecimento, o melhor resultado encontrado foi de 4,7% no processo de estresse nutricional. Alguns estudos (Cheng et al. 2009) (Zhao et al. 2014), mostraram que as lemnas em cultivo com efluente de suinocultura, após um período de dez dias em estresse nutricional, aumentaram o valor de amido contido em sua biomassa de 30 a 45%, para a mesma espécie estudada. Este resultado levou a uma nova tentativa de enriquecimento por estresse nutricional, dessa vez, com um período maior.

A FIGURA 8, a seguir, ilustra os resultados encontrados para o processo de estresse nutricional em 40 dias, realizado no tanque com água livre de impurezas.

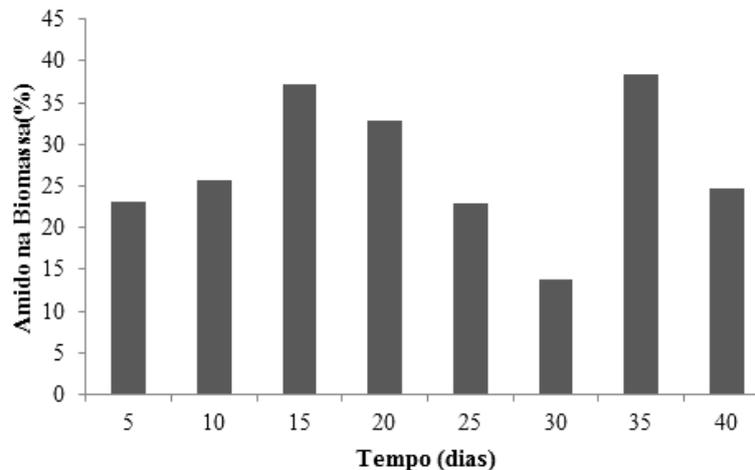


FIGURA 8: Amido na Biomassa das Lemnas em Condição de Estresse Nutricional por 40 dias

No período de estresse nutricional, os picos de amido na biomassa foram encontrados nos períodos de 15 e 35 dias. Os resultados em porcentagem de amido presente na biomassa possuem certa semelhança aos apresentados pela bibliografia consultada. As variações de amido, em relação à bibliografia, podem ocorrer devido a diferenças, por exemplo, de temperatura (em relação à localização do experimento) – fato que está diretamente ligado ao crescimento e reprodução da planta (SKILLICORN et al. 1993).

Além disso, fatores como o Ph e as cargas de DBO e DQO podem estar ligados a essas variações, uma vez que os estudos analisados sobre enriquecimento de amido utilizam efluente de origem animal, como o suíno (Cheng et al. 2009) (Cheng et al. 2002) (Zhao et al. 2014) ou, ainda, soluções nutricionais (Cheng et al. 2014). Nesses estudos, a variação da carga nutricional presente no efluente pode trazer consequências em relação ao acúmulo de amido como, por exemplo, uma solução pobre em fósforo pode aumentar a quantidade de amido presente na biomassa das lemnas (Cheng et al. 2014). Um estudo realizado por Cheng et al. 2012 mostrou que a variação de amido encontrado na biomassa das lemnas pode variar de 3 até 75%, dependendo da espécie, condições nutritivas e climáticas.

A temperatura exerce influência nos resultados de amido de biomassa obtidos, uma vez que, embora as menores temperaturas possam afetar negativamente a produção de biomassa, devido a reduzir a taxa de reprodução, ela favorece o acúmulo de amido por reduzir a respiração das plantas, no período noturno, quando o consumo de amido é substancial (XU et al., 2011).

Tomando o valor de 38,4% de amido presente em biomassa de lemna, para 35 dias, e, considerando uma taxa de crescimento para o período de cultivo de 18 dias, chega se a um valor de 7,42 ton/ha.ano de produção de amido de biomassa. Novamente, consultando a bibliografia utilizada (Cui et al. 2015) (Cheng et al. 2009) (Zhao et al. 2014), esse valor girou em torno de 5,5 ton/ha.ano. O valor obtido encontra-se próximo ao consultado na literatura, o que sugere êxito no processo de tentativa de enriquecimento por escassez nutricional.

Monitoramento do Efluente

O sistema utilizado apresenta fluxo contínuo de efluente doméstico, além de possuir tempo de retenção hidráulica diferente dos utilizados por, por exemplo, Pryia et al, 2011 e Cheng et al. 2002, o que trazer divergências nos resultados encontrados. Pryia et al, 2011 utilizando efluente doméstico tratado com uma carga de DBO inicial de 227 mg/l, obteve, em um período de 22 dias, uma eficiência de 94,45%, enquanto que, para o controle contendo apenas efluente, o resultado foi de, aproximadamente, 60%. A diferença entre os valores, segundo os autores, é devido a ação combinada de organismos anaeróbios e aeróbios, em conjunto com o crescimento das lemnas em contato com o efluente. O sistema utilizado estava em regime estático e, além de possuir um grande período de retenção hidráulica, a carga aplicada de DBO foi muito maior que a registrada neste trabalho. Neste estudo, para um período de sete dias, no regime aplicado, o sistema mostrou uma eficiência de 33%, segundo a FIGURA 9, para DBO e, embora os experimentos tenham condições diferentes de funcionamentos, o valor encontrado se assemelha obtido neste trabalho. A TABELA 4 mostra os resultados obtidos.

Tabela 4: Padrões Obtidos da Análise do Efluente Doméstico Utilizados

	Entrada	Saída	Eficiência remoção (%)
DBO (mg/L)	68,3 ± 34,8	45,4 ± 32,11	33,53
DQO (mg/L)	228,79 ± 96,52	98,69 ± 67,11	56,86
ST (mg/L)	232,33 ± 81,66	229,67 ± 98,43	22,47
NT(mg/L)	50,77 ± 20,01	26,63 ± 7,05	47,54
PT(mg/L)	14,61 ± 4,5	10,55 ± 4,15	27,75
NO3 (mg/L)	14,60 ± 4,66	10,55 ± 4,29	24,74

Cheng et al. 2002 relata que as variações da quantidade de nutrientes presentes no meio pode afetar tanto a remoção desses parâmetros, como a absorção dos mesmos pelas lemnas. Em seu estudo, conforme a diluição do efluente de suinocultura aumentou, as eficiências de remoção para N e P, também cresceram, assim como a taxa de absorção dos mesmos pelas plantas. Para a DQO, os autores mostraram que houve uma redução de, aproximadamente, 50% a 70% da carga, variando de acordo com a concentração inicial da mesma. U. Adhikari et al, 2014 obteve uma eficiência de 51,5%, para uma carga de 260 mg/l de DQO, em um sistema primário de wetlands, com um período de retenção hidráulica de 9 dias.

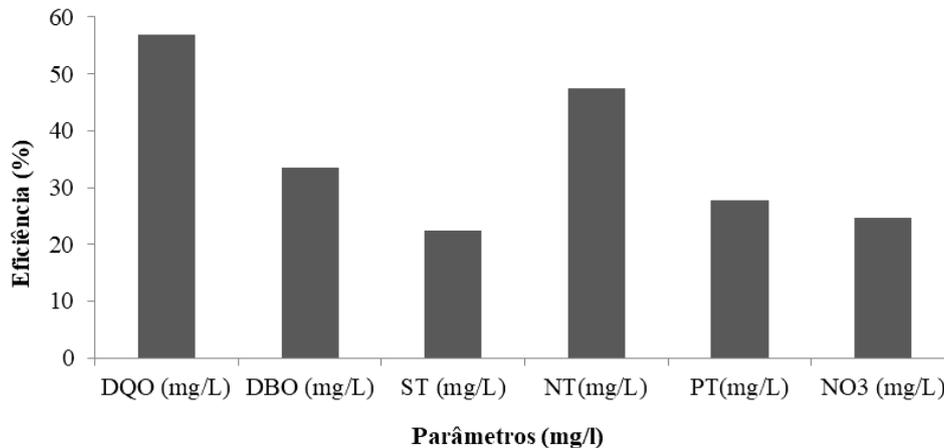


Figura 9: Eficiência de Remoção dos Parâmetros Analisados

Um sistema de tratamento de efluente oriundo de piscicultura realizado por Tavares et al. 2014 apresentou uma eficiência de 44,4 % na remoção de ST. A carga inicial era de 50,4 mg/l, um valor bem inferior ao de 232,33 mg/l, registrado neste trabalho. Tavares et al. 2008, utilizando um sistema de tratamento com a espécie *Lemna valdiviana*, obteve maiores resultados de eficiência para menores concentrações de entrada de ST, o que pode ser um fator que influenciou a eficiência encontrada de 22,47% para remoção de ST.

O sistema apresentou uma eficiência de 47,54 % para remoção de NT, considerando uma carga média de entrada de 50,77 mg/l. Em um tempo de detenção de 4 dias, Tavares et al, 2014 obteve, utilizando *Lemna valdiviana*, uma eficiência de 19,9% para uma carga média de 34,6 mg/l. XU et al, 2010 usando *Spirodela oligorrhiza* obtiveram uma eficiência de 41,6%, em um meio com efluente de suinocultura diluído (6%), com uma carga inicial de 58,4 mg/l em um período de detenção de duas semanas. Os resultados apresentados podem sugerir que existem diferenças significativas na remoção de nutrientes no que se diz respeito a espécie utilizada para cultivo.

A remoção de nitrato apresentou uma eficiência de 24,74%. Ge et al, 2012 utilizando um sistema de tratamento com *Lemna minor*, obteve uma eficiência de 75%, para um período de detenção de 18 dias e uma carga média inicial de 0,80 mg/l. Os dados de Tavares et al, 2008 utilizando a espécie *Lemna valdiviana* com diferentes concentrações de efluente, oriundo de suinocultura, mostram que podem existir variações significativas na eficiência da remoção, considerando a variação da carga de entrada e o tempo de detenção utilizado.

Para o PT, o sistema obteve um eficiência de 27,75%, para uma carga inicial média de 14,61 mg/l. Cheng et al, 2002 utilizando *Lemna minor* e um período de detenção de 22 dias, encontrou valores de eficiência de remoção que variavam de 60,8 % a 88,6%, considerando cargas iniciais de PT semelhantes a encontrada nesse estudo. O trabalho ainda mostra uma relação entre a capacidade de remoção das lemnas estar relacionada às condições climáticas de quando foram realizados os experimentos, a carga inicial dos nutrientes e o período de detenção aplicado no tratamento.

A diferença entre o pH colhido na entrada e saída do tanque não foi expressiva. De acordo com os dados obtidos, as médias calculadas nas entradas e saídas dos tanques foram de, aproximadamente, de 7,60. A Resolução CONAMA 430/2011, prevê que, para lançamento de efluentes, considera-se aceitável o pH na faixa entre 5,0 e 9,0. Todas as amostras colhidas respeitaram esses limites.

Os resultados de outros autores sugerem que existem grandes variações nas remoções dos parâmetros considerados no tratamento de efluente doméstico, essas podem estar relacionadas, principalmente, às condições climáticas, espécie utilizada, cargas de entrada e tempo de detenção aplicado.

CONCLUSÕES

Os valores da taxa de crescimento obtidos, quando comparados a outros trabalhos, apresentam grande validade, ainda mais se consideradas as condições que, segundo alguns autores, exercem influência na taxa de crescimento das lemnas, tais como, parâmetros de nutrientes do meio de cultivo, condições climáticas e espécie utilizada. Esses resultados indicam uma forte possibilidade de cultivo da *Landoltia punctata* em efluente doméstico.

Na análise dos parâmetros de remoção de nutrientes do efluente, as variações ocorrem de acordo com espécie, condições climáticas, cargas de entrada e, principalmente, tempo de detenção hidráulica utilizado. As eficiências mostradas no monitoramento do efluente utilizado indicaram grande capacidade de melhora na qualidade do efluente, o que mostra a possibilidade de se utilizar essas plantas em uma lagoa de polimento do esgoto doméstico.

Além disso, os resultados do teste de enriquecimento de amido por estresse nutricional indicam a possibilidade de se obter uma valiosa biomassa vegetal, podendo ser utilizada para obtenção de etanol. A capacidade de melhora na qualidade do tratamento do efluente doméstico e a possibilidade de obtenção de biocombustível a partir de uma biomassa rica em amido mostram a grande importância das lemnas no desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Adhikari, U; Harrigan, T. & Reinhold D.M; Use of duckweed-based constructed wetlands for nutrient recovery and pollutant reduction from dairy wastewater. Ecol. Eng. (2014).
2. 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.
3. Bielecki, R.L.& Turner, N.A. Separation and estimation of amino acids in crude plant extracts by thin-layer electrophoresis and chromatography. Analytical Biochemistry. 17: 278-293. 1966.
4. Brugnago, N. Avaliação de Lagoas de Lemnas (*Landoltia punctata*) para o polimento de Esgoto Sanitário e Fixação de Gás Carbônico. 2014. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
5. Cheng J. J.; Stomp A.M.; Growing Duckweed to Recover Nutrients from Wastewaters and for Production of Fuel Ethanol and Animal Feed. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2009.
6. Cheng J.; Cui W. Growing duckweed for biofuel production: a review. Plant Biology, abril 2014.
7. Cheng, J.; Landesman, L.; Bergmann, B. A.. Nutrient Removal from Swine Lagoon liquid by Lemna minor. Transactions Of The Asae, [s.l.], v. 45, n. 4, p.1003-1010, 2002. American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE).
8. Costa, F. N. Valorização de *Landoltia punctata* proveniente de tratamento de esgoto doméstico através da hidrólise enzimática, visando a produção de etanol. Dissertação de Mestrado, UFSC. Programa de pós-graduação em Engenharia de alimentos. Florianópolis, SC, 2014. 103 p.
9. Cui, W. & Cheng, J. J; Growing duckweed for biofuel production: a review. Plant Biology 17 (Suppl. 1) (2015) 16–23. German Botanical Society and The Royal Botanical Society of the Netherlands.
10. Ge, X; Zhang, N.; Phillips, G. C.; XU, J. Growing Lemna minor in agricultural wastewater and converting the duckweed biomass to ethanol. Bioresource Technology, v. 124,p. 485-488, 2012.
11. Mohedano, R.A. Uso de Macrófitas Lemnáceas (*Landoltia punctata*) no Polimento e Valorização do Efluente de Suinocultura e na Fixação de Carbono. 2010. 270 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.
12. 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 - august 2011.
13. Skillicorn, P.; Spira, W.; Journey, W.; Duckweed Aquaculture. Washington - USA, The World Bank, 1993. 92 p.
14. Tavares de matos,F, T; Lapolli, F.R. Mohedano, R.A; Fracalossi, D.M.; Bueno, G.W. & Roubach, R. (2014) Duckweed Bioconversion and Fish Production in Treated Domestic Wastewater, Journal of Applied Aquaculture, 26:1, 49-59

15. Tavares, F.A. Reúso de água e polimento de efluentes de lagoas de estabilização por meio de cultivo consorciado de plantas da família Lemnaceae e tilápias.– Florianópolis, 2008. 237p.
16. Umbreit, W.W.; Kingsley, G.R. & Schaffert, R.R. A colorimetric method for transaminase in serum or plasma. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 49: 454-459. 1957.
17. Verma, R.; Suthar, S. *Utility of Duckweeds as Source of Biomass Energy: a Review*. Springer Science, New York, p. 1-9, 2015.
18. Von Sperling, M. *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. Belo Horizonte - MG, Escola de Engenharia DESA-UFMG, 1996
19. Xu J.; Zhao H.; Stomp A.M.; Cheng J.J. The production of duckweed as a source of biofuels. *Biofuels* (2012) 3(5), 589–601.
20. Yemm, C.W. & Willis, A.J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. *Biochemistry Journal*, 57: 508-514. 1954.
21. 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.
22. Zhao, Hai et al. Duckweed rising at Chengdu: summary of the 1st International Conference on Duckweed Application and Research. *Plant Molecular Biology*, [s.l.], v. 78, n. 6, p.627-632, 9 fev. 2012. Springer Nature.