



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS -
PPGCA

**MACRÓFITAS AQUÁTICAS E EFLUENTE DE CERVEJARIA:
DINÂMICA E PERSPECTIVAS**

Aline Costa Gonzalez

Toledo – Paraná – Brasil

2015



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS -
PPGCA

**MACRÓFITAS AQUÁTICAS E EFLUENTE DE CERVEJARIA:
DINÂMICA E PERSPECTIVAS**

Aline Costa Gonzalez

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Unioeste/Campus Toledo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais.

**Orientador: Dr. Nyamien Yahaut
Sebastien**

**Julho / 2015
Toledo – PR**

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca Universitária UNIOESTE/Campus de Toledo.

Bibliotecária: Marilene de Fátima Donadel - CRB – 9/924

G643m Gonzalez, Aline Costa
Macrófitas aquáticas e efluente de cervejaria : dinâmica e perspectivas /
Aline Costa Gonzalez. -- Toledo, PR : [s. n.], 2015.
27 f. : il., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Nyamien Yahaut Sebastien
Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual
do Oeste do Paraná. Campus de Toledo. Centro de Engenharias e Ciências
Exatas.

1. Ciências ambientais - Dissertações 2. Macrófitas aquáticas
flutuantes (*Salvinia molesta* (Mitchell) e *Limnobium laevigatum*(Hum. &
Bompl. ex. Willd)) - Tratamento de efluentes 3. Efluentes - Tratamento - Uso
de macrófitas aquáticas 4. Ecologia vegetal 5. Fitorremediação I. Sebastien,
Nyamien Yahaut, Orient. II. T

CDD 20. ed. 581.92
628.3

FOLHA DE APROVAÇÃO

ALINE COSTA GONZALEZ

“Macrófitas aquáticas e efluentes de cervejaria: dinâmica e perspectivas.”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Ambientais – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, pela Comissão Examinadora composta pelos membros:

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Nyamien Yahaut Sebastien
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

Prof. Dr. Reinaldo Aparecido Bariccatti
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof^a. Dr^a. Eliane Hermes
Universidade Federal do Paraná

Aprovada em: 03 de julho de 2015.

Local de defesa: miniauditório do GERPEL – UNIOESTE/*campus* de Toledo.

SUMÁRIO

Lista de Abreviaturas.....	1
Lista de Figuras.....	3
Lista de Tabelas.....	4
Resumo.....	5
Palavras-chave.....	5
Abstract.....	6
Key words.....	6
Artigo.....	7
Resumo.....	7
Palavras-chave.....	7
Abstract.....	7
Key words.....	7
Introdução.....	8
Metodologia.....	9
Protocolo experimental.....	9
Análise de dados.....	10
Resultados.....	10
Discussão.....	16
Conclusão.....	20
Referências.....	21
Anexo.....	27
Normas da Revista Engenharia Sanitária e Ambiental.....	28

LISTA DE ABREVIATURAS

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

InPAA – Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental

R – Porcentagem de remoção

Cetrat – Concentração de nutriente no efluente tratado

Ce – Concentração de nutriente no efluente de cervejaria

ACP – Análise de Componentes Principais

RM_ANOVA - Análise de Variância de Medidas Repetidas

CEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente

IAP – Instituto Ambiental do Paraná

X – Média

DP – Desvio Padrão

mg.L⁻¹ – Miligramas por Litro

NTU – Unidades Nefelométricas de Turbidez

µS.cm⁻¹ – Microsiemens por centímetro

g – Gramas

cm² – Centímetro Quadrado

DQO – Demanda Química de Oxigênio

Turb – Turbidez

P_{total} – Fósforo Total

P_{Orto} – Ortofosfato

pH – Potencial Hidrogeniônico

pKa – Constante de equilíbrio

CE – Condutividade Elétrica

O₂ – Oxigênio

g.Kg⁻¹ – Gramas por Quilo

ATP – Adenosina Trifosfato

DNA – Ácido Desoxirribonucleico

RNA – Ácido Ribonucleico

$^{\circ}\text{C}$ – Grau Celsius

TUR – Turbidez

NH_4 – Amônia

NO_2 – Nitrito

PTO – Fósforo Total

NO_3 – Nitrato

BIO – Biomassa

A_Fol – Área Foliar

CP – Componentes Principais

CP1 – Primeiro Componente Principal

CP2 – Segundo Componente Principal

CP3 – Terceiro Componente Principal

L. laevigatum – *Limnobium laevigatum*

S. molesta – *Salvinia molesta*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Médias e intervalo de 95% de confiança para os componentes principais ao longo do período experimental, categorizados pelas espécies de macrófitas. Características associadas aos componentes foram apresentadas próximas aos eixos, com a seta indicando o sentido da correlação. A) Primeiro componente principal (CP1). B) Segundo componente principal (CP2). C) Concentração de nitrogênio (único associado ao (CP3)).....15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características físicas e químicas do efluente bruto de cervejaria em comparação à legislação ambiental.....	11
Tabela 2 – Média (\bar{x}) e desvio padrão (DP) para <i>L. laevigatum</i> (L) e <i>S. molesta</i> (S) em relação ao tempo de tratamento, onde o tempo zero é o efluente bruto e os tempos de 1 a 4, as semanas.....	13
Tabela 3 – Correlações entre as características mensuradas ao longo do experimento com os componentes principais (CP) gerados a partir da análise de componentes principais. Características consideradas associadas aos CP são apresentadas em negrito. Autovalor e percentagem de explicação de cada componente também são apresentados.....	15

RESUMO

GONZALEZ, A.C. Macrófitas aquáticas e efluente de cervejaria: dinâmica e perspectivas. 03 de julho de 2015. 28p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Paraná - UNIOESTE. Campus Toledo – PR 03/07/2015.

Nas últimas décadas os problemas ambientais têm se tornado cada vez mais críticos e frequentes, principalmente devido à expansão das atividades industriais. Estas ocupam a segunda posição no consumo total de água e geram alterações em sua qualidade, pela liberação de poluentes, causando eutrofização e poluição dos recursos hídricos. Assim, é necessário promover tecnologias sustentáveis que preconizem a conservação ambiental e o uso dos recursos naturais, possibilitando utilizar a água de maneira mais eficiente, reduzindo os custos e poupando-a para outros setores. Dessa forma, tendo em vista os vários benefícios, como a melhoria da qualidade da água, melhor distribuição e racionalização desta, aliadas a exigência do tratamento de efluente pelos órgãos de controle ambiental, a pesquisa teve como objetivo avaliar e comparar a eficiência de duas espécies de macrófitas, na remoção de substâncias poluidoras de efluente de cervejaria, no intuito de proporcionar uma alternativa tecnológica limpa, eficiente, estética e de baixos custos energéticos. Foi montado um sistema experimental em mesocosmos com dois tratamentos compostos pelas espécies *Salvinia molesta* e *Limnobium laevigatum* em quatro réplicas. Em cada mesocosmo foi acondicionado 80 litros de efluente bruto diluído a 25% e 40g de macrófitas. O experimento foi conduzido por 28 dias, com coletas semanais do efluente para mensuração das variáveis limnológicas em laboratório. Além disso, as macrófitas foram pesadas semanalmente e a área foliar foi mensurada a fim de monitorar o desenvolvimento da biomassa. Foi possível observar que ambas as espécies de macrófitas utilizadas no tratamento biológico, clarificaram a água, praticamente eliminaram o odor e reduziram significativamente as cargas poluentes, cujos parâmetros, em algum momento do experimento ficaram dentro dos valores permitidos pela legislação brasileira vigente, exceto o fósforo. Foi possível observar também que na primeira semana a porcentagem de remoção foi rápida, porém entre a segunda e terceira semana, as concentrações das variáveis analisadas no efluente, praticamente não alteraram ou começaram a se elevar, mostrando que as macrófitas chegaram em seu limite de tolerância. Portanto, buscando diminuir ainda mais as concentrações dos parâmetros analisados, em especial do fósforo, sugere-se que faça a troca das plantas neste período. Concluiu-se que estas macrófitas possuem grande potencial na remoção de poluentes, além de obterem boa produção de biomassa, sendo recomendável a utilização das mesmas em tecnologias biológicas para tratamento de efluente, possibilitando a reutilização da água tratada e a biomassa.

PALAVRAS-CHAVE: fitorremediação; macrófitas; poluentes.

ABSTRACT

GONZALEZ, A.C. Aquatic macrophytes and brewery wastewater: dynamics and perspectives. 03 de julho de 2015. 28p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Paraná - UNIOESTE. Campus Toledo – PR 03/07/2015.

In the last decades, environmental problems have become more serious and frequent, especially due to the expansion of industrial activities. Those occupy the second position on total water consumption and generate alteration in its quality because of pollutant release, causing eutrophication and pollution of water resources. Therefore, it is necessary to raise sustainable technologies that praise environmental conservation and the use of natural resources, making possible a more efficient use of water, reducing costs and saving it to different sectors. Thus, having in mind the several benefits as the improvement of water quality, better distribution and rationing of it, allied to water waste treatment required by environmental control agencies, this research aimed to evaluate and to compare the efficiency of two aquatic macrophyte species on the removal of polluting substances from brewery wastewater, in order to provide an alternative technology, which is also clean, efficient, aesthetic and with low energetic costs. An experimental system was carried out in mesocosms with two treatments composed by the species *Salvinia molesta* and *Limnobium laevigatum*, with four replicates each one. Each mesocosm was filled with 80 liters of brewery wastewater 25% diluted and 40g of macrophytes. The experiment was conducted during 28 days and the wastewater was weekly sampled to measure limnological characterizes in laboratory. Moreover, macrophytes were weekly weighed, and leaf area was measured to monitor the biomass development. It was possible to observe that both macrophytes species used in this biological treatment were able to clarify wastewater, to eliminate great portion of smell and to significantly reduce the pollutant charge, which parameters, at some point, were in conformity with Brazilian legislation, except for phosphorus. It was also possible to notice that in the first week the removal percentage was quick, but in the second and the third week the variable concentrations analyzed practically were not altered e and started to raise, demonstrating that the macrophytes reached their tolerance limit. Hence, trying to reduce even more the analyzed parameters concentrations, especially for phosphorus, it is suggested that the plants should be replaced in that period. It could be concluded that these macrophytes species have a great potential on pollutant removal and biomass production. So, they are recommendable in biological technologies for the treatment of wastewater, making possible the reuse of the treated water and the biomass.

KEY WORDS: Phytoremediation; macrophytes; pollutant.

Macrófitas aquáticas e efluente de cervejaria: dinâmica e perspectivas

Aquatic macrophytes and brewery wastewater: dynamics and perspectives

Aline Costa Gonzalez⁽¹⁾; Nyamien Yahaut Sebastien⁽²⁾

- (1) Mestranda em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) – Toledo (PR), Brasil.
- (2) Doutor em ciências da engenharia ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) – São Carlos (SP), Brasil. Professor no programa de pós-graduação *strictu sensu* em Ciências Ambientais pela UNIOESTE – Toledo (PR), Brasil.

Preparado de acordo com as normas da revista Engenharia Sanitária e Ambiental

Resumo: Esta pesquisa buscou avaliar e comparar a eficiência de duas espécies de macrófitas na remoção de substâncias poluidoras de efluente de cervejaria, visando proporcionar uma alternativa tecnológica sustentável, utilizando recursos naturais. Foi montado um sistema experimental em mesocosmos com dois tratamentos compostos pelas espécies *Salvinia molesta* e *Limnobium laevigatum* em quatro réplicas. Em cada mesocosmo foi acondicionado 80 litros de efluente bruto diluído a 25% e 40g de macrófitas. O experimento foi conduzido por 28 dias, com coletas semanais do efluente para mensuração das variáveis limnológicas em laboratório. Foi possível observar também que ambas as espécies de macrófitas utilizadas no tratamento biológico clarificaram a água, praticamente eliminaram o odor e reduziram significativamente as cargas poluentes, cujos parâmetros, exceto o fósforo, em algum momento do experimento ficaram dentro dos valores permitidos pela legislação brasileira vigente. Concluiu-se que estas macrófitas possuem grande potencial na remoção de poluentes, além de obterem boa produção de biomassa, sendo recomendável a utilização das mesmas em tecnologias biológicas para tratamento de efluente, possibilitando a reutilização da água tratada e a biomassa.

Palavras-Chave: fitorremediação; macrófitas; poluentes.

Abstract: Abstract: The aim of this study was to evaluate and to compare the efficiency of two aquatic macrophyte species on the removal of polluting substances from brewery wastewater, in order to provide a sustainable technological using natural resources. It was carried out an experiment in mesocosms with two treatments, compost of *Salvinia molesta* and *Limnobium laevigatum* macrophytes species, with four replicates each one. Each mesocosm was filled with 80 l of brewery wastewater 25% diluted and 40g of macrophytes. The experiment was conducted by 28 days with weekly samples of wastewater to measures of limnological characterizes in lab. Both macrophytes species used were able to clarify wastewater, eliminated great portion of smell and reduced significantly the pollutant charge. All evaluated parameters, except phosphorus, at same time were in conformity with Brazilian legislation. Therefore, it can be concluded that these macrophytes species have a great potential on pollutant removal and biomass production. So, they are recommendable in biological technologies for the treatment of wastewater and reuse of water and biomass production.

Key words: Phytoremediation; macrophytes; pollutant.

Macrófitas aquáticas e efluente de cervejaria

Introdução

Nas últimas décadas os problemas ambientais têm se tornado cada vez mais críticos e frequentes, principalmente devido à expansão das atividades industriais (KUNZ, 2002). Estas ocupam a segunda posição no consumo total de água (MEES *et al.*, 2009) e geram alterações em sua qualidade pela liberação de poluentes, impactando os recursos hídricos (COTTA *et al.*, 2006).

Além de água doce ser um recurso que já se encontra em escassez em várias regiões do planeta (BOYD *et al.*, 2007), o lançamento de efluentes industriais e domésticos nos corpos hídricos torna-os cada vez mais eutrofizados e poluídos (MACEDO e SIPAÚBA-TAVARES, 2010). Isto leva à redução na disponibilidade deste recurso natural, que, para ser utilizado, necessita de tratamento prévio, normalmente complexo e dispendioso (TUNDISI, 2008). Assim, é necessário então, promover tecnologias sustentáveis que preconizem a conservação ambiental e o uso dos recursos naturais (HASAN *et al.*, 2014), possibilitando utilizar a água de maneira mais eficiente, reduzindo os custos e poupando-a para outros setores (BOYD *et al.*, 2007).

Em relação ao consumo de recursos hídricos, por exemplo, as cervejarias são caracterizadas como consumidoras de grandes quantidades de água, que em geral, devem ser de excelente qualidade (SANTOS, 2005). Além disso, segundo este autor, muitas atividades realizadas nessas indústrias, como as etapas de filtração e fermentação da cerveja e as diversas etapas de limpeza do local, geram grande vazão de efluentes, com valores moderados ou elevados de carga orgânica e sólidos em suspensão.

Diante disso, para a conservação dos recursos naturais, o tratamento de efluentes nas cervejarias é fundamental, pois utilizam a água como matéria-prima e os impactos ambientais, como a degradação, a proliferação de organismos patogênicos e vetores de doenças, além da redução dos usos múltiplos das águas, são significativos (CANCIAN, 2007). Lembrando que atualmente, qualquer unidade produtora de água residuária necessita instalar um sistema de tratamento, a fim de resguardar o meio ambiente, e assim, se enquadrar nos parâmetros estabelecidos pela Resolução 357, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2005).

Buscando alternativas para o tratamento de efluentes, alguns estudos realizados com macrófitas aquáticas flutuantes mostraram que essas plantas podem ser utilizadas, devido à sua capacidade de absorver e armazenar grandes quantidades de nutrientes, além de possuírem uma elevada taxa de crescimento (BENÍTEZ, *et al.*, 2008; MARTÍNEZ *et al.*, 2010; MARTELO e BORRERO, 2012; APONTE e PACHERRES, 2013). Tais características se fazem presentes nas espécies do gênero *Salvinia* (HENRY-SILVA e CAMARGO, 2006; FREITAS *et al.*, 2009; PISTORI *et al.*, 2010). Por outro lado, há poucos estudos realizados com *Limnobium laevigatum*, porém Murillo-Castillo *et al.* (2012) sugerem sua eficácia.

Por conseguinte, tendo em vista os vários benefícios, como a melhoria da qualidade da água, melhor distribuição e racionalização desta, aliadas a exigência do tratamento de efluente pelos órgãos de controle ambiental, a pesquisa teve como objetivo avaliar e comparar a eficiência das macrófitas *Salvinia molesta* e *Limnobium laevigatum* na remoção de substâncias poluidoras de efluente de cervejaria. Isto visa proporcionar uma alternativa de tecnologia biológica e limpa, eficiente, estética e de baixos custos energéticos.

Metodologia

Protocolo experimental

O experimento foi realizado no Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental – InPAA e as análises no Laboratório de limnologia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, *campus* de Toledo.

O sistema foi instalado em uma casa vegetal aberta e protegida contra a chuva. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, cujos tratamentos foram compostos pelas espécies *Salvinia molesta* e *Limnobium laevigatum*, acondicionadas em mesocosmos de polietileno com 0,73 m de diâmetro e 0,41 m de altura. Os mesocosmos foram abastecidos com 80 litros de efluente bruto de cervejaria, em diluição de 25% com 4 réplicas para cada espécie, no período de 28 dias, entre os dias 03 de junho a 01 de julho.

As macrófitas aquáticas flutuantes foram coletadas em sistemas naturais, no InPAA. O material vegetal foi lavado por diversas vezes para retirada do perifíton, detritos orgânicos e partículas inorgânicas associadas (HENRY-SILVA e CAMARGO, 2006). O efluente industrial foi coletado em cervejaria localizada no município de Toledo-PR.

Inicialmente foi feita a caracterização do efluente bruto e semanalmente, foram coletadas alíquotas do efluente de cada mesocosmo para análise dos parâmetros em laboratório, no intuito de determinar as concentrações da carga poluente ao longo do tratamento.

A turbidez foi mensurada com turbidímetro da marca Quimi, modelo Q-279PiR – TURB, o pH através do aparelho da marca Digimed, modelo DM2P – V1.1 e a condutividade com condutivímetro da marca Digimed, modelo DM3P – V1.2. A demanda química de oxigênio (DQO), fósforo total, ortofosfato, nitrato, nitrito, amônia e nitrogênio total foram analisados segundo método proposto por APHA (2005).

Em relação às macrófitas, foram acondicionadas 40 g em cada reservatório para início do experimento, sendo estas, pesadas semanalmente durante 28 dias. A cada mensuração do peso, o excesso de água retido nas raízes foi retirado com auxílio de peneira, deixando escorrer por 5 minutos (*sensu* CANCIAN, 2007). Foi medida também, a cada 7 dias, a área foliar, afim de

monitorar o desenvolvimento das plantas. Para tanto se utilizou um quadrado de 25x25 cm, no qual as plantas foram unidas junto a uma das extremidades para mensuração da área ocupada. Ao final do experimento, nitrogênio e fósforo total foram analisados nas macrófitas, conforme método de Association of official analytical chemists (AOAC, 1990), no intuito de inferir a concentração destes nutrientes na biomassa.

A eficiência de tratamento proporcionada pelas espécies foi avaliada através da porcentagem de remoção, de acordo com a determinação de parâmetros observados no início e ao longo do experimento. A equação utilizada foi: $R = 100 - [(100 \times C_{\text{trat}}) / C_e]$, no qual R = porcentagem de remoção; C_{trat} = concentração de nutriente no efluente tratado e C_e = concentração de nutriente no efluente de cervejaria (HENRY-SILVA e CAMARGO, 2008).

Análise de dados

As características mensuradas no efluente e nas macrófitas ao longo do período experimental foram inicialmente descritas individualmente por meio da média e desvio padrão observadas em cada semana e tratamento. Na sequência, esse conjunto de variáveis foi sumarizado por meio da análise de componentes principais (ACP), aplicada sobre a matriz de correlações bivariadas, adotando-se o critério de Kaizer-Guttman para retenção e interpretação de eixos (GOTELLI e ELLISON, 2011). Esse procedimento tem a vantagem de reduzir o número de variáveis que serão submetidas aos testes de hipóteses, visto que as variáveis originais são combinadas em novas variáveis compostas ortogonais que mantêm grande proporção da variabilidade total dos dados (MCCUNE e GRACE, 2002). Os eixos retidos, foram, então submetidos à análise de variância de medidas repetidas (RM_ANOVA, SCHEINER e GUREVITCH, 1993) considerando como fator as espécies (*L. laevigatum* e *S. molesta*) e como medidas repetidas as 4 mensurações semanais realizadas. Transformações nas variáveis originais não foram necessárias, visto que as mesmas apresentaram distribuição aproximadamente normal pelo teste de Shapiro-Wilk, variâncias homogêneas pelo teste de Levene e pelo teste de esfericidade. A análise de componentes principais foi realizada no software Pc_Ord 5.0 (MCCUNE e MEFFORD, 2006), enquanto a análise de variância de medidas repetidas foi conduzida no software Statistica 7.1 (STAFSOFT, 2005).

Resultados

Em comparação com a resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA e a resolução nº 70/2009 do Conselho Estadual do Meio Ambiente – CEMA do Instituto Ambiental do Paraná – IAP, que estabelecem condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos, pode-se observar que, dos parâmetros analisados no extrato bruto, a turbidez, a

DQO, o fósforo total e o nitrogênio total, ficaram acima dos valores estipulados pelas legislações, levando em conta que a resolução do IAP segue as mesmas indicações do CONAMA, porém acresce um valor limite para DQO (Tabelas 1).

Tabela 1. Características físicas e químicas do efluente bruto de cervejaria em comparação à legislação ambiental.

Parâmetro	Efluente Bruto	CONAMA	IAP
pH	6,18	6 a 9	-
Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	580	-	-
Turbidez (NTU)	228	100	-
DQO ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	3635	-	200
Fósforo T ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	5,65	0,05	-
Ortofosfato ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	2,05	-	-
Nitrogênio T ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	21,98	3,07	-
Amônia ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	1,81	2	-
Nitrito ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0,14	1	-
Nitrato ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	5,59	10	-

As características do efluente bruto variaram ao longo do período de tratamento, sendo que algumas decresceram continuamente, outras decresceram até certo tempo e se estabilizaram e, outras ainda decresceram até certo ponto e retornaram e crescer até o fim do tratamento. Destas, o pH do efluente bruto estava levemente ácido e durante o tratamento com as macrófitas *L. laevigatum* e *S. molesta* foi gradativamente tornando-se alcalino até estabilizar em 8,3 e 8,4, respectivamente, entre a segunda e terceira semana de tratamento. A condutividade elétrica em ambos os tratamentos apresentou grande queda até a terceira semana, aumentando levemente até o final do período experimental. Ainda assim, ao término do experimento, as macrófitas desempenharam papel importante na diminuição da carga poluente, na qual *L. laevigatum* removeu 54% dos íons e *S. molesta* 51%. Para turbidez houve redução contínua até o final do período, chegando a 96% no tratamento com *L. laevigatum* e 95% com *S. molesta* (Tabela 2).

A DQO no efluente bruto era de $3635 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e decaiu até algum momento entre a segunda e terceira semana de tratamento em ambas as espécies. Após este período um processo caracterizado como retroalimentação, fez com que as concentrações apresentassem pequena elevação, alcançando a margem de $223,8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ com *L. laevigatum* (93,8%) e $226,9 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ com *S. molesta* (93,6%) (Tabela 2).

Das formas fosfatadas, tanto para o fósforo total quanto para o ortofosfato observou-se uma rápida remoção das concentrações já na primeira semana de tratamento com ambas as espécies, sem alterações relevantes após a segunda semana (Tabela 2).

Em relação aos compostos nitrogenados, pode-se perceber que amônia e nitrito apresentaram queda até o final do período de tratamento, enquanto que o nitrato diminuiu até a segunda semana e posteriormente se manteve relativamente constante e, o nitrogênio total que foi removido até a segunda semana, posteriormente teve leve elevação (Tabela 2).

Em relação à biomassa fresca e área foliar, *L. laevigatum* e *S. molesta* praticamente triplicaram em biomassa, enquanto que em área foliar *L. laevigatum* aumentou 24% e *S. molesta* aumentou 86% (Tabela 2). É importante ressaltar que a análise de fósforo e nitrogênio total também foram realizadas nas biomassas, no início e término do experimento. O resultado foi uma diminuição de 10,7% de fósforo na biomassa de *L. laevigatum*, apresentando uma perda de $0,70\text{g.Kg}^{-1}$, enquanto a biomassa de *S. molesta* apresentou pequeno aumento de 2,7% e $0,12\text{g.Kg}^{-1}$. Em relação ao nitrogênio, os resultados foram um aumento de $7,43\text{ g.kg}^{-1}$ na biomassa de *L. laevigatum* e $10,9\text{ g.kg}^{-1}$ na de *S. molesta*, apresentando respectivamente 71% e 113% de ganho na produção das biomassas.

Tabela 2. Média (x) e desvio padrão (DP) para *L. laevigatum* (L) e *S. molesta* (S) em relação ao tempo de tratamento, onde o tempo zero é o efluente bruto e os tempos de 1 a 4, as semanas.

Tempo (semana)	Espécie	1		2		3		4	
		L	S	L	S	L	S	L	S
Amônia (mg.L ⁻¹)	X	1,09	0,97	0,94	0,78	0,51	0,60	0,35	0,38
	DP	0,07	0,10	0,04	0,06	0,10	0,10	0,06	0,06
DQO (mg.L ⁻¹)	X	980	805	364	376	195	180	223	226
	DP	122,90	51,03	71,72	85,01	21,35	32,27	16,14	31,25
P_total (mg.L ⁻¹)	X	0,74	0,75	0,49	0,59	0,49	0,59	0,33	0,59
	DP	0,21	0,08	0,12	0,04	0,09	0,04	0,08	0,15
Nitrito (mg.L ⁻¹)	x	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
	DP	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitrogênio (mg.L ⁻¹)	x	3,74	3,19	2,14	1,47	1,26	1,26	3,61	3,64
	DP	0,31	0,31	0,21	0,35	0,16	0,16	0,37	0,46
P_Orto (mg.L ⁻¹)	x	0,31	0,34	0,18	0,23	0,21	0,28	0,16	0,38
	DP	0,10	0,09	0,06	0,03	0,04	0,03	0,03	0,07
Turb (NTU)	x	38,40	39,10	23,40	22,93	15,95	17,90	8,84	10,86
	DP	6,30	3,12	1,02	1,69	0,66	1,20	0,66	1,18
CE (μS.cm ⁻¹)	x	313,00	330,25	297,00	307,00	212,75	228,00	267,75	282,50
	DP	16,83	24,32	15,64	25,38	9,18	8,83	10,91	16,84
pH	x	6,80	6,79	7,56	7,71	8,57	8,53	8,29	8,43
	DP	0,07	0,05	0,17	0,13	0,04	0,11	0,03	0,14
Nitrato (mg.L ⁻¹)	x	1,23	1,08	0,25	0,22	0,26	0,26	0,35	0,37
	DP	0,54	0,42	0,02	0,12	0,03	0,09	0,04	0,03
Biomassa (g)	x	89,59	84,36	109,44	110,82	104,36	114,10	125,80	134,74
	DP	11,98	8,81	16,17	22,30	17,13	15,76	24,35	6,16
Área foliar (cm ²)	x	239,37	231,25	282,50	273,75	251,87	308,12	296,87	429,87
	DP	46,48	16,14	22,27	34,25	56,03	59,46	83,15	47,63

Na abordagem multivariada, os parâmetros mencionados acima, que foram apresentados de maneira isolada, são agora sumarizados em 3 componentes principais (resultantes da ACP) e testados com a análise de variância de medidas repetidas (MR_ANOVA).

Os três componentes principais juntos representaram 81,17% da variabilidade total das características do efluente ao longo do tratamento. O primeiro componente, com 52,76% computada, foi associado positivamente com Demanda Química de Oxigênio (DQO), Turbidez (TUR), Amônia (NH₄), Nitrito (NO₂), Condutividade (CE), Fósforo total (PTO) e Nitrato (NO₃) (grupo 1) e negativamente com Potencial Hidrogeniônico (pH) e Biomassa (BIO) (grupo 2). Este conjunto de características decaiu ao longo do tempo, mas apresentou comportamento diferenciado em relação às espécies de macrófitas, sendo que o efluente contendo *L. laevigatum* apresentou valores ligeiramente superiores em relação a *S. molesta* para o grupo 1 de características, porém

inferior para o grupo 2, até o tempo entre a segunda e terceira semana experimental, invertendo o comportamento deste período em diante até o final do experimento (RM_ANOVA, Espécie*Tempo: $F_{(3, 18)} = 4,38$, $p = 0,017$; Tabela 3; Figura 1a).

O segundo componente principal, com 16,41% de variabilidade, teve unicamente associações negativas com Ortofosfato (P_Orto) e Área Foliar (A_Fol). Comportamento diferenciado para as espécies ao longo do período experimental foi observado já entre a primeira e segunda semana experimental. Na primeira semana ambas as espécies apresentaram valores similares de P-Orto e A_Fol, porém a partir da segunda semana *S. molesta* já começou a apresentar maiores concentrações de P_Orto no efluente e A_Fol, intensificando tal diferença até o final do período experimental (RM_ANOVA, Espécie*Tempo: $F_{(3, 18)} = 20,46$, $p < 0,0001$; Tabela 3; Figura 1b).

O terceiro componente explicou 12% de variabilidade e esteve unicamente associado de forma positiva com o nitrogênio. Desta forma, optou-se por avaliar diretamente a concentração deste elemento nas amostras. Sua concentração decaiu até a terceira semana e posteriormente voltou a ficar elevado (RM_ANOVA, Tempo: $F_{(3, 18)} = 102,4$, $p < 0,0001$), porém, em média, a *S. molesta* foi superior a *L. laevigatum* na remoção de nitrogênio até 14 dias, igualando as remoções no 21º dia e liberando novamente à água, concentração similar àquela da primeira semana. No entanto, tais diferenças não se mostraram estatisticamente significativas (RM_ANOVA, Espécie*Tempo, $F_{(3, 18)} = 2,45$, $p = 0,09$), embora o efeito principal para espécie tenha sido significativo (RM_ANOVA, Espécie: $F_{(1, 6)} = 14,1$, $p < 0,009$; Tabela 3; Figura 1c).

Tabela 3. Correlações entre as características mensuradas ao longo do experimento com os componentes principais (CP) gerados a partir da análise de componentes principais. Características consideradas associadas aos CP são apresentadas em negrito. Autovalor e percentagem de explicação de cada componente também são apresentados.

Variável	CP1	CP2	CP3
DQO	0,96	0,03	0,14
Turbidez	0,96	0,15	-0,07
Amônia	0,85	0,24	-0,07
Nitrato	0,79	0,00	0,31
CE	0,71	-0,30	0,34
P_total	0,70	-0,43	-0,42
Nitrito	0,60	-0,21	-0,59
pH	-0,94	-0,10	-0,20
Biomassa	-0,64	-0,48	0,18
P_Orto	0,40	-0,78	-0,31
Ar_Fol	-0,46	-0,73	0,06
Nitrogênio	0,36	-0,44	0,71
Autovalor	6,33	1,97	1,44
% de explicação	52,76	16,41	12

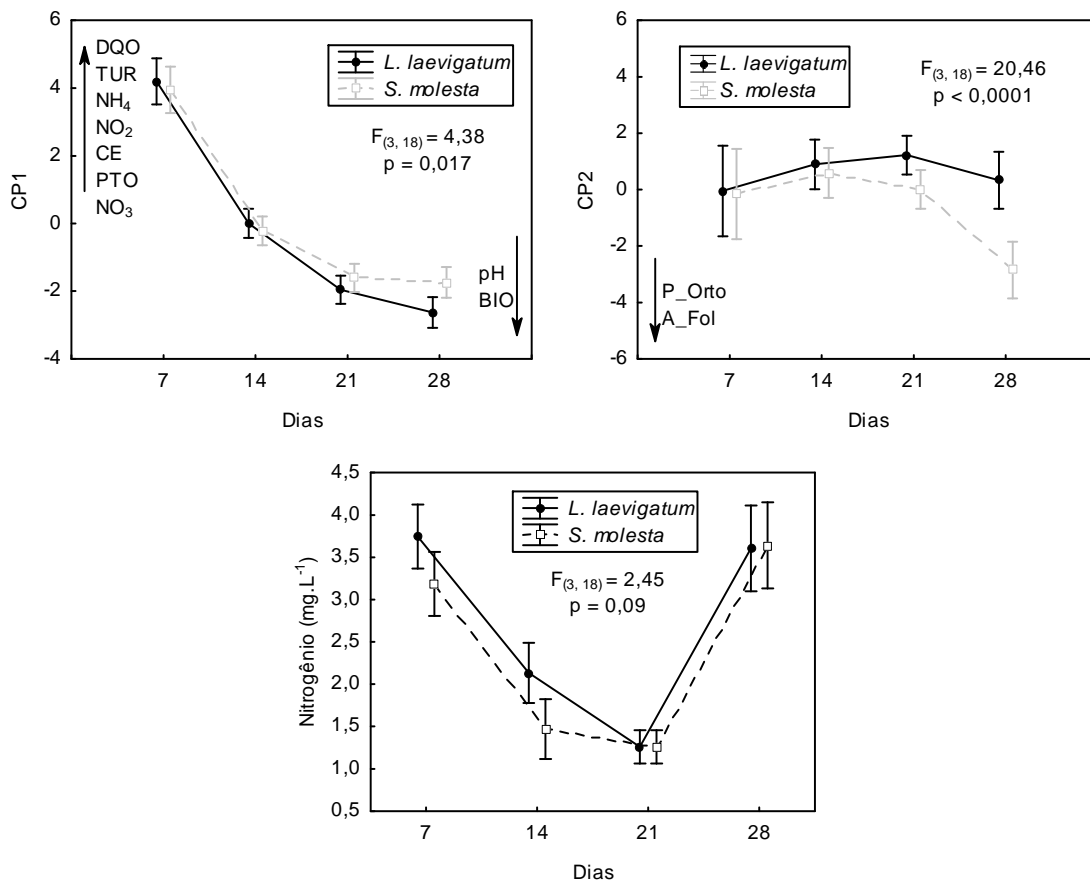


Figura 1. Médias e intervalo de 95% de confiança para os componentes principais ao longo do período experimental, categorizados pelas espécies de macrófitas. Características associadas aos

componentes foram apresentadas próximas aos eixos, com a seta indicando o sentido da correlação.

A) Primeiro componente principal (CP1). B) Segundo componente principal (CP2). C)

Concentração de nitrogênio (único associado ao (CP3). DQO = Demanda Química de Oxigênio, TUR = Turbidez, NH₄ = Amônia, NO₂ = Nitrito, CE = Condutividade, PTO = Fósforo total, NO₃ = Nitrato, pH = Potencial hidrogeniônico, BIO = Biomassa, P_Orto = Ortofosfato e A_Fol = Área foliar

Discussão

Os valores iniciais e finais de pH observados no tratamento do efluente da cervejaria foram próximos aos observados por Limons (2008) no uso de *Salvinia* sp. para o tratamento de efluente de fecularia. Segundo o autor e Henry-Silva (2005), este aumento ocorre devido à degradação biológica da matéria orgânica e da oxigenação do meio pela fotossíntese. No efluente bruto, a elevada concentração de carbonato faz o pH estabilizar próximo a 6,35, a medida que o CO₂ é consumido através da fotossíntese, deixa de influenciar o pH. Como no meio há amônia, esta, forma o hidróxido de amônio alterando o pH para alcalinidade em torno de 9,26 que é o pka do hidróxido de amônio (CAMPOS *et al.*, 2013). Segundo Von Sperling (2005), valores finais de pH próximos a 8 favorecem a dissociação do íon amônio e, conseqüentemente, sua difusão para a atmosfera, ou seja, auxilia na remoção de nitrogênio pela volatilização de amônia e incremento da precipitação dos fosfatos insolúveis.

Junto com a elevação do pH ocorreu a redução da condutividade elétrica. No entanto, o pequeno aumento observado nos últimos dias de tratamento, provavelmente foi decorrente da disponibilização de sais minerais solúveis à água (ESTEVEZ, 2011) advindos da decomposição de parte das plantas, conforme observado por Martins e Pitelli (2005).

A turbidez também reduziu significativamente, chegando a até 96%, similar ao observado por Ferreira *et al.* (2012) ao pesquisarem a eficiência de depuração da macrófita flutuante *Lemna gibor* no tratamento de efluentes urbanos. A boa remoção da turbidez em ambas as espécies estudadas pode ser atribuída à adsorção dos sólidos em suspensão, através do sistema radicular das plantas, tendo em vista que as raízes formam uma densa rede, capaz de reter as mais finas partículas em suspensão (GENTELINI *et al.*, 2008). Esta rede cria um ambiente rico em atividades de microrganismos, passando a ser um agente de despoluição (ANDRADE *et al.*, 2007) e também à precipitação do material particulado, devido à baixa profundidade dos mesocosmos utilizados (HENRY-SILVA e CAMARGO, 2008).

A diminuição da turbidez foi acompanhada pela remoção da DQO, visto que esta é uma medida que indica a quantidade de oxigênio requerido para oxidação da matéria orgânica. Ressalta-se que a DQO decaiu para as duas espécies utilizadas, alcançando valores permitidos pela legislação do IAP (200 mg.L⁻¹) até os 21 dias de tratamento, porém os valores foram levemente superiores ao

limite no final do experimento. Tais resultados são corroborados por Hidalgo *et al.* (2005), os quais conseguiram redução de 67 a 97% utilizando *Eleocharis* sp no tratamento de esgoto e por Martelo e Borrero (2012) que encontraram que *E. crassipes* reduz 90% a DQO de águas residuárias. É possível também observar que este trabalho apresentou remoção superior ao de Murillo-Castillo *et al.* (2012) que obtiveram redução de 80% utilizando a macrófita *Limnobium laevigatum* na fitorremediação de esgotos. A boa porcentagem alcançada por estas espécies sugere a eficácia destas plantas ao utilizar o tratamento biológico em águas residuárias para retirada da matéria orgânica.

Das formas fosfatadas, embora o fósforo não tenha ficado dentro dos padrões estabelecidos pela legislação ambiental ($0,05\text{mg.L}^{-1}$), ocorreu remoção de 94% para *L. laevigatum* e de 89,5% para *S. molesta*. Biudes e Camargo (2010) ao tratarem efluente de aquicultura com *E. crassipes* e *P. stratiotes* encontraram remoção de fósforo de mais de 80% em ambas as espécies. Já utilizando *S. molesta*, conseguiram remoção de pouco mais de 70%. No entanto, Campos *et al.* (2006) ao estudar a eficiência de *Salvinia* sp. na purificação de efluente de fecularia, encontrou remoção de 93,5%.

Em relação ao ortofosfato, as remoções foram de 92,1 e 81,6% para *L. laevigatum* e *S. molesta*. Houve um declínio significativo nas concentrações de fósforo e ortofosfato até o 14º dia em ambos os tratamentos. Macagnan (2011) também encontrou maiores taxas de remoção de fósforo até 17 dias de tratamento de efluente de cervejaria, utilizando microalgas. Após este período, a concentração de fósforo no tratamento com *S. molesta* praticamente não alterou e de ortofosfato se elevou, mostrando que há diminuição na eficiência de remoção após certo período, processo que ocorre quando a capacidade de suporte da planta é atingida (BIUDES e CAMARGO, 2010).

Na presença de *L. laevigatum*, houve pequena melhora de remoção dos parâmetros fosfatados nos últimos 7 dias. Essa melhora pode ser atribuída à presença de material mucilaginoso encontrado em torno das longas raízes a partir de 21 dias, formando um biofilme microbiano capaz de converter nutriente em material celular (DINIZ *et al.*, 2005).

Observando que houve grande remoção no efluente e praticamente nenhuma alteração na concentração de fósforo adquirida pelas biomassas, pode-se perceber que embora as macrófitas tenham assimilado este nutriente, ele praticamente não foi detectado nas análises. Isso ocorre devido ao fato da análise do fósforo total em tecido vegetal constatar predominantemente o fósforo em sua forma mineral (MALAVOLTA, 2006). Sendo assim, pode-se observar que as macrófitas já estariam utilizando o nutriente na forma orgânica, pois segundo Jackson e Hagen (1960), o fosfato absorvido pelas plantas envolve-se rapidamente em processos metabólicos, sendo incorporado a compostos orgânicos.

Assim, à medida que a planta necessita, o fósforo total que ocorre praticamente como ortofosfato é convertido a fósforo orgânico (FOYER e SPENCER, 1986) e passa a atuar em grupos como ésteres fosfóricos, fosfolipídeos, nucleotídeos e ácido fítico (PRADO, 2008). Dessa forma, é um elemento diretamente relacionado ao fornecimento de energia (MARSCHNER, 1995), sendo basicamente armazenada na forma de ATP e utilizada em diversos processos vitais, desde transporte de solutos pelas membranas da célula, absorção ativa de nutrientes, divisão e alongamento celular (PRADO, 2008), síntese de DNA e RNA, incluindo intermediários da respiração e fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2008).

Outra possibilidade para este resultado é o efeito bombeamento, que é quando a macrófita ao absorver os fosfatos, excreta uma parte na água e antes mesmo destes nutrientes alcançarem a água, bactérias e algas perifíticas os utilizam (ESTEVES, 2011). Segundo o mesmo autor, os fosfatos também são decompostos por microrganismos antes de serem assimilados pelas macrófitas e a parte que não é prontamente liberada na água, deposita-se nos sedimentos, sugerindo assim, que possa também ter ocorrido de os fosfatos terem se ligado aos sedimentos presentes no efluente ou não estarem ainda liberados para absorção das plantas. Diniz *et al.* (2005) também afirma que parte do fósforo se precipita e Maurer e Boller (1999) em estudo com águas residuárias, comentam sobre a remoção por bactérias.

Em relação aos compostos nitrogenados, pode-se perceber que para o nitrogênio, os valores também ficaram dentro dos padrões estabelecidos pela resolução 357 do CONAMA entre os 14 e 21 dias de tratamento com ambas as espécies. Porém, nos últimos 7 dias, houve devolução do nutriente para o efluente, apresentando ao final do experimento remoção de 83,6% na presença de *L. laevigatum* e 83,4% com *S. molesta*. Sales (2011), ao pesquisar a eficiência de *E. crassipes* e *P. stratiotes* no tratamento de efluente de cervejaria, observou remoção de nitrogênio em 88,2% e 93,1% respectivamente e Li *et al.* (2015) ao avaliarem as macrófitas *Iris pseudacorus*, *Canna lily*, *Potamogeton crispus* e *Oenanthe javanica*, na remoção de nitrogênio em águas eutrofizadas, encontraram remoções entre 74% e 92%.

Ao observar os resultados do presente estudo, nota-se que pode ter ocorrido absorção direta de nitrogênio pelas macrófitas (*sensu* SOOKNAH e WILKIE, 2004), havendo uma relação positiva entre produção primária e a alta concentração deste nutriente (BIUDES e CAMARGO, 2008), uma vez que, ao analisar também a concentração de nitrogênio total presente nas biomassas, antes e ao final do experimento, os resultados foram um aumento relevante na produção das biomassas.

Embora amônia, nitrato e nitrito já estivessem dentro dos padrões estipulados pela resolução 357 do CONAMA, a amônia foi removida pela *L. laevigatum* em 80,8% e em 79% pela *S. molesta*. Esses resultados são similares aos encontrados por Greco (2010), que ao estudar a remoção de

amônia do efluente de uma Universidade utilizando *Salvinia herzogii*, obteve remoção de 78,8%. O nitrito obteve remoção de 98,4% e 93,2% e o nitrato de 93,7% e 93,4% ao passarem pelo tratamento com *L. laevigatum* e *S. molesta*, respectivamente. Reidel *et al.* (2005) encontraram reduções de 90% para nitrito e 100% para nitrato ao utilizarem macrófitas aquáticas no tratamento de efluente de frigorífico e Hussar e Bastos (2008) ao utilizarem um sistema de tratamento contendo aguapé e efluente de piscicultura, observaram remoção de 79,5% de nitrato.

Os resultados dos compostos nitrogenados apresentam uma distribuição compatível com os processos de nitrificação durante a primeira semana, cujas concentrações de nitrato são mais altas que as de nitrito e amônia. Após este período, a amônia apresenta maior concentração do que nitrato, mostrando que ocorreu amonificação do nitrato (*sensu* ESTEVES, 2011). Provavelmente ocorreram zonas aneróbicas em meio às raízes das plantas, nas quais a diminuição de oxigênio fez com que bactérias anaeróbicas realizassem este processo, que também é significativo, já que libera o nitrogênio, podendo este, ser eliminado do sistema (ANDRADE *et al.*, 1998; ESTEVES, 2011).

Em relação à biomassa fresca, pode-se perceber que embora *L. laevigatum* tenha apresentado bom aumento de peso, quase não aumentou em área foliar. Isso se deve ao fato de ser uma espécie que cresce mais na vertical, uma vez que suas raízes dobraram de tamanho entre o início e término da pesquisa, diferentemente do crescimento da *S. molesta* que cresce horizontalmente, tomando maior espaço na superfície da água. Percebe-se também que embora a primeira espécie citada tenha sido levemente superior na eficiência de remoção dos nutrientes e carga orgânica, a segunda espécie avaliada apresentou maior ganho de biomassa, diferindo de Biudes e Camargo (2010) que sugeriram que a eficiência de um sistema é maior na remoção de nutrientes, quando a produção de biomassa é maior.

A alta produtividade por parte das plantas pode ter sido influenciada pela temperatura, que se manteve entre 10 e 26 °C. Esta variação de temperatura é considerada boa para estas espécies, por serem de região tropical, apresentando ampla tolerância à diferentes temperaturas (BIUDES e CAMARGO, 2008; WHITEMAN e ROOM, 1991). *L. laevigatum* possui melhor crescimento em torno de 25 °C (Biudes e Camargo, 2008) e *S. molesta*, de acordo com Whiteman e Room (1991) morre em temperaturas abaixo de 3 °C e acima de 43 °C. Cancian (2007) ao estudar o crescimento de *P. estratiotes* constatou maior desempenho também em 25 °C, obtendo diminuição da biomassa em temperaturas acima de 30 °C e abaixo de 15 °C.

Além disso, a disponibilidade de nutrientes no efluente também propicia o desenvolvimento da macrófita (SESHAVATHARAM, 1990; HENRY-SILVA e CAMARGO, 2005). Visto que Pistori (2005) verificou maior produção primária de *S. molesta* em uma represa impactada pelo lançamento de efluentes de aquicultura, quando comparada com as taxas de crescimento desta

mesma espécie em uma represa não impactada. Finlayson (1984) observou a duplicação de tamanho da *S. molesta* em 2,7 dias e atribuiu o rápido crescimento às concentrações elevadas de nitrogênio e fósforo, sendo elas 24 mg/L e 9 mg/L respectivamente. Valores próximos aos encontrados no efluente bruto de cervejaria, sendo eles, 21,98 mg/L de nitrogênio e 5,65 mg/L de fósforo.

Ambas as espécies de macrófitas utilizadas no tratamento biológico clarificaram a água, praticamente eliminaram o odor e reduziram significativamente as cargas poluentes. Todos os parâmetros, exceto o fósforo, em algum momento do experimento ficaram dentro dos valores permitidos pela legislação brasileira vigente. De acordo com a resolução 20/1986 do CONAMA, a água resultante destes tratamentos pode ser reutilizada para fins de irrigação de áreas paisagísticas, navegação e usos menos exigentes. Também é possível a utilização na irrigação de plantações, na lavagem de parques, pavimentações e indústrias (HESPANHOL, 2002). Segundo Hespanhol (2002) e a Lei nº 9.433/97 da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), o estímulo ao uso de água reutilizável para fins menos nobres, faz reduzir os gastos aos órgãos públicos, oferecendo vantagens ambientais, sociais e econômicas.

Segundo Silva (2004), é necessário haver integração das políticas públicas setoriais – de habitação, saneamento, transporte e a própria política ambiental – além de parcerias entre setor público e privado, para construção de uma gestão sustentável no meio ambiente urbano. Para isso, julga necessário fazer escolhas que fundamentarão as ações e os programas governamentais. Giovanini (2015) complementa afirmando que é preciso adotar políticas públicas que priorizem a modernização dos recursos tecnológicos, diminuindo assim, a pressão sobre os recursos naturais.

Ainda considerando como perspectiva sustentável, o bom desenvolvimento da biomassa das macrófitas, sugere que possa ser utilizada para alimentação de aves e peixes, fertilizante para tanques de piscicultura, adubo de solos (ESTEVEES, 1998), fabricação de papel e extração de proteínas para uso em reações (DINARDI *et al.*; 2003).

Pode-se perceber então, que para estudos futuros, buscando reduzir ainda mais as concentrações dos parâmetros analisados, em especial do fósforo, sugere-se que faça a troca das plantas entre a segunda e terceira semana, visto que, após este período as concentrações se mantiveram ou começaram a aumentar. Isso nos leva a perceber que as macrófitas chegam ao seu limite de tolerância neste período e começam a devolver os nutrientes ao efluente.

Conclusão

O uso das macrófitas *Salvinia molesta* e *Limnobium laevigatum* como alternativa biológica para tratamento de efluente de cervejaria é recomendável, uma vez que foram eficientes na remoção

dos poluentes e da matéria orgânica do efluente estudado. Além disso, foi possível constatar que a água tratada pode ser reaproveitada para outros fins, minimizando a escassez deste recurso.

Concluiu-se também que, como as duas espécies de macrófitas apresentaram alto potencial de remoção dos nutrientes, a escolha em utilizar uma espécie ou outra, vai depender da finalidade do uso da biomassa, ou seja, se houver interesse na reutilização da biomassa, o melhor seria utilizar *S. molesta*, já que esta espécie apresentou maior ganho de peso. Porém se não houver como reutilizar a biomassa após a fitorremediação, a melhor opção é a *L. laevigatum*, por ter apresentado menor ganho de peso, evitando o acúmulo de matéria orgânica no ambiente.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, R.A.; POSCH, S.; PEREIRA, L.S.; GODINHO, C.A.; OLIVEIRA, L.F.C. e KLIEMANN, H.J. 2005. Tratamento de esgoto com plantas: sistema zona de raízes. p. 115-134.. In: *Prêmio CREA-Goiás de Meio Ambiente 2004: compêndio dos trabalhos premiados*. Conselho Regional de Engenharia Arquitetura e Agronomia do Estado de Goiás, Goiânia. p. 244.

ANDRADE, R.C.B.; SOUZA, M.F.L.; COUTO, E.C.G. 1998. Influência de efluentes têxteis e alimentícios sobre o metabolismo e propriedades físicas e químicas do rio Piauitinga (Sergipe). *Química Nova*, v.21, n.4, p.424-427.

ANDRADE, J.C.M.; TAVARES, S.R.L.; MAHLER, C.F. *Fitorremediação: o uso de plantas na melhoria e qualidade ambiental*. 2007. 1 ed., São Paulo, Oficina de Textos, p. 176.

AOAC. 1990. *Association of official analytical chemistis. Official methods of analysis*. v.1, 15 ed., p. 11-22.

APHA. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington, USA: American Public Health Association, 1134p.

APONTE, H.; PACHERRES, C.O. 2013. Growth and propagation of *limnobium laevigatum* (hydrocharitaceae) under different nutrient concentrations. *The Biologist (Lima)*, v.11, n.1, p. 69-78.

BENÍTEZ, S.V.B.; ZAPATA, J.C.C.; RAMÍREZ, N.J.A. 2008. Análisis comparativo de la remoción de um sustrato orgânico por las macrófitas *Pistia estratiotes* y *Egeria densa* en un sistema Batch. *Gestión y Ambiente*. v.11. n.2, p. 39-48.

BIUDES, J.F.V.; CAMARGO, A.F.M. 2008. Estudos dos fatores limitantes à produção primária por macrófitas aquáticas no Brasil. *Oecol. Bras.*, v.12, n.1, p.7-19.

BIUDES, J.F.V.; CAMARGO, A.F.M. 2010. Uso de macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes de aquicultura. *Boletim ABLimno*, v. 38, n. 2, Disponível em: [http://www.ablimno.org.br/boletins/pdf/bol_38\(2-1\).pdf](http://www.ablimno.org.br/boletins/pdf/bol_38(2-1).pdf). Acesso em: 20 mar. 2015.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.; MCNEVIN, A.; BOSTICK, K.; CLAY, J. Indicators of Resource Use Efficiency and Environmental Performance in Fish and Crustacean Aquaculture. 2007. *Reviews in Fisheries Science*, v.15, p.327-360.

- CAMPOS, A.T.; DAGA, J.; RODRIGUES, E.E.; FRANZENER, G.I; SUGUIY, M.M.T.; SYPPERRECK, V.L.G. 2006. Residuary water treatment of fecularia by means of stabilization lagoons. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 26, n. 1,
- CAMPOS, J.C.; MOURA, D.; COSTA, A.P.; YOKOYAMA, L.; ARAUJO, F.V. da F.; CAMMAROTA, M.C.; CARDILLO, L. 2013. Evaluation of pH, alkalinity and temperature during air stripping process for ammonia removal from landfill leachate. *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*. v. 48 p. 1105-1113.
- CANCIAN, L. F.. 2007. *Crescimento das macrófitas aquáticas flutuantes Pistia stratiotes e Salvinia molesta em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo*. Dissertação de mestrado em Aquicultura. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP. p. 66.
- CEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente. Instituto Ambiental do Paraná – IAP. Resolução n.º 70, de 11 de agosto de 2009. Disponível em: http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/resolucao_cema_70_2009.pdf. Acesso em: 15 abr. 2015.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005. Brasília: DOU de 18/03/2005.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.º 20, de 18 de junho de 1986. Brasília: DOU de 30/07/1986.
- COTTA, J. A.; REZENDE, M. O. O.; PIOVANI, M. R. 2006. Avaliação do teor de metais em sedimento do Rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – PETAR . *Química Nova*. v. 29, n. 1, p. 40-45.
- DINARDI A. L.; FORMAGI V. M.; CONEGLIAN C. M. R.; de BRITO N.N.; SOBRINHO, G. D.; TONSO, S.; PELEGRINI R. Fitorremediação. 2003. In: *III Fórum de Estudos Contábeis*. Faculdades Integradas Claretianas – Rio Claro, SP.
- DINIZ, C.R.; CEBALLOS, B.S.O.; BARBOSA, J.E. DE.L.; KONIG, A. 2005. Uso de macrófitas aquáticas como solução ecológica para melhoria da qualidade de água. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, Campina Grande, v.9, (Suplemento), p. 226-230.
- ESTEVES, F.A. 2011. *Fundamentos de limnologia*. 3 ed., Rio de Janeiro, Interciência, p. 790.
- FERREIRA, C.J.; PEREIRA, M.S.S.; LUÍS, P.F.M. 2012. Análise da aplicação do tratamento de efluentes de águas residuais por leito de macrófitas. *Ecologia III*. Disponível em: <https://cvcarlosjorgeferreira.files.wordpress.com/2012/04/fito-etar-final2.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2015.
- FINLAYSON, C. M. 1984. Growth of *Salvinia molesta* in lake Moondarra, Mount Isa, Australia. *Aquatic Botany*, Amsterdam, v.18, p.257-262.
- FREITAS, J.M.A.; WEIRICH, C.E.; BUENO, G.W.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W.R. 2009. Produção de biomassa de macrófitas aquáticas no tratamento de efluente da suinocultura. *Anais do I Seminário Internacional de Ciência, Tecnologia e Ambiente*, 28 a 30 de abril de 2009. UNIOESTE, Cascavel – Paraná – Brasil. Disponível em: http://cac-php.unioeste.br/eventos/ctsa/tr_completo/104.pdf Acesso em: 22/12/2014.

- FOYER, C.; SPENCER, C. 1986. The relationship between phosphate status and photosynthesis in leaves and assimilate partitioning. *Planta*, v.167, p.369-375.
- GENTELINI A. L.; GOMES, S. D.; FEIDEN A.; ZENATTI, D.; SAMPAIO, S.C.; COLDEBELLA, A. 2008. Produção de biomassa das macrófitas aquáticas *Eichhornia crassipes* (aguapé) e *Egeria densa* (egeria) em sistema de tratamento de efluente de piscicultura orgânica. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.29, n.2, p.441-448.
- GIOVANINI, D. 2015. Um colapso irreversível: a crítica falta de água. In: *Memorian*. n.47. v.8. p13-15.
- GOTELLI, N.J.; ELLISON, A.M. 2011. *Princípios de estatística em ecologia*; tradução: Fabrício Beggiano Baccaro; Rev. Técnica: Vitor Lemes Landeiro. Porto Alegre: Artmed, 528p.
- GRECO, M.F.P.S. 2010. Estudo exploratório de macrófitas aquáticas: potencial de fitorremediação (N-NH₃) e de aproveitamento de biomassa. Dissertação de mestrado em Tecnologia Ambiental da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC, Santa Cruz do Sul, RS. 101p.
- HASAN, S.D.M.; LIMONS, R.S.; SILVA, F.M.; KLEN, M.R.F. 2014. Nonliving macrophyte sp. application for nutrient removal in starchy wastewater treatment of cassava industry. *Desalination and Water Treatment (Print)*, v. 52, p. 1-8.
- HENRY-SILVA, G.G. 2005. Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas (*Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*) e aproveitamento da biomassa vegetal em rações para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Tese de Doutorado em Aqüicultura da Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP. p.132.
- HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. 2005. Interações ecológicas entre as macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*. *Hoehnea*. v.32, n.3, p.445– 452.
- HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. 2006. Efficiency of aquatic macrophytes to treat Nile tilapia pond effluents. *Scientia Agricola*, v.63, n.5, p.417-513.
- HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. 2008. Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas flutuantes. *R. Bras. Zootec.*, v.37, n.2, p.181-188,
- HESPANHOL, I. 2002. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. São Paulo. *RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v.7 n.4, p.75-95.
- HIDALGO, J.C.; MONTANO, J.J.; ESTRADA, M.S. 2005. Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. *Theoria*, v.14, n.1, p. 17-25.
- HUSSAR, G. J.; BASTOS, M.C. 2008. Tratamento de efluente de piscicultura com macrófitas aquáticas flutuantes. *Engenharia Ambiental*, Espírito Santo do Pinhal, v.5, n.3, p.274-285.
- JACKSON, P.C ; HAGEN, C. E. 1960. Products of orthophosphate absorption by barley roots. *Plant Physiology*, v.35, p.326-332.
- KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S.G. e DURÁN, N. 2002. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. *Quim. Nova*, v. 25, n. 1, 78-82.

- LI, J.; YANG, X.; WANG, Z.; SHAN, Y.; ZHENG, Z. 2015. Comparison of four aquatic plant treatment systems for nutrient. *Bioresource Technology*. 179, p.1–7.
- LIMONS, R.S. 2008. Avaliação do potencial de utilização da macrófita aquática seca *Salvinia sp.* no tratamento de efluentes de fecularia. Dissertação de mestrado em Engenharia Química da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Toledo-PR, 101p.
- MACAGNAN, D.C. 2011. Tecnologia no tratamento de águas residuais. Dissertação de mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca. Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Toledo, PR, 28p.
- MACEDO, C.F. e SIPAÚBA-TAVARES, L.H. 2010. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. *Bol. Inst. Pesca*, São Paulo, v.36, n.2, p. 149 – 163.
- MALAVOLTA, E. 2006. *Manual de Nutrição Mineral de Plantas*. 1ed., São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 638 p.
- MARSCHNER, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2ed. London, Academic Press, 889p.
- MARTELO, J.; BORRERO, J.A.L. 2012. Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte.. *Ingeniería y Ciencia, ing. cienc.* v.8, n. 15, p. 221–243.
- MARTÍNEZ, S.A.A.; TORO, F.M.B.; ROJAS, G.G.; GIRALDO, J.P.S.; ÁNGEL, M.L.H. 2010. Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. *Informador Técnico (Colombia)*. v.74, p. 12 – 22.
- MAURER, M.; BOLLER, M. 1999. Modelling of Phosphorus precipitation in wastewater treatment plants with enhanced biological phosphorus removal. In: *Water Science Technology*. v.9, n.1, p. 147-163.
- MARTINS, A. T; PITELLI, R. A. 2005. Efeitos do manejo de *Eichhornia crassipes* sobre a qualidade da água em condições de mesocosmos. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 233-242.
- MARTINS, D.; VELINI, E.D.; NEGRISOLI, E.; TOFOLI, G.R.. 2002. Controle químico de *Pistia stratiotes*, *Eichhornia crassipes* e *Salvinia molesta* em caixas d'água. *Planta daninha*. v.20, n.spe, p. 83-88.
- MCCUNE, B. & GRACE, J.B. 2002. *Analysis of Ecological Communities*. MJM, Software, Oregon. 304 p.
- MCCUNE, B.; MEFFORD, M.J. PC-ORD. 2006. *Multivariate Analysis of Ecological Data*. Version 5.31 MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- MEES, J.B.R.; DAMASCENO, S.; BOAS, M.A.V.; FAZOLO, A.; SAMPAIO, S.C. 2009. Estabilização da biomassa de aguapé através da compostagem com águas residuárias de suínos e resíduos de frigorífico. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 30, n. 3, p. 709-716.
- MURILLO-CASTILLO, P.A.; NOVOA-ACUNA, L.G.; RODRÍGUEZ-MIRANDA, J.P. 2012. Evaluación de un humedal artificial de flujo superficial con *Limnobium laevigatum* para el tratamiento de aguas residuales combinadas (domésticas y pecuarias) en Bogotá D.C., Colombia, *TechnoAmbiente*, v.22, n. 232, p. 9–15.

- PISTORI, R. E. T. 2005. Crescimento da macrófita aquática flutuante *Salvinia molesta* em viveiros de aquíicultura com distintos estados tróficos. Dissertação mestrado em Aquíicultura da Unesp (CAUNESP), Jaboticabal, SP. 32 p.
- PISTORI, R.E.T.; HENRY-SILVA, G.G.; BIUDES, J.F.V.; CAMARGO, A.F.M. 2010. Influence of aquaculture effluents on the growth of *Salvinia molesta*. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v.22, n.2, 179-186.
- POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Lei 9433 de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm. Acesso em: 20 abr. 2015.
- PRADO, R.M. 2008. Manual de nutrição de plantas forrageiras. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, v.1. 500p.
- REIDEL, A.; DAMASCENO, S.; ZENATTI, D.C.; SAMPAIO, S. C.; FEIDEN, A.; QUEIROZ, M. M. F. 2005. Utilização de efluentes de frigorífico, tratado com macrófita aquática, no cultivo de tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, Campina Grande-PB, v.9, (Suplemento), p.181-185.
- SALES, C.V. 2011. Uso de duas espécies de macrófitas aquáticas, *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes* em tratamento de resíduos de cervejaria na cidade de Toledo/PR. Dissertação de mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Toledo-Pr. 43p.
- SANTOS, M.S.dos. 2005. *Cervejas e refrigerantes*. São Paulo: CETESB, 58 p. (1 CD) : il. ; 30 cm. (Série P + L) Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 28 jul. 2013.
- SCHEINER, S. M.; GUREVITCH, J. 1993. *Design and analysis of ecological experiments*. New York: Chapman & Hall Press, 445 p.
- SESHAVATHARAM, V. 1990. Traditional uses and problem of noxious growth. In: Gopal, B. (Ed.). *Ecology and management of aquatic vegetation in the Indian subcontinent*. Dordrecht: Kluwer Academic, cap. 9, p. 201-218. (Geobotany, 16).
- SILVA, S.T. 2004. Políticas públicas e estratégias de sustentabilidade. In: *Série Grandes Eventos – Meio Ambiente*. Escola Superior do Ministério Público da União. Brasília, v.1.
- SOOKNAH, R.D.; WILKIE, A.C. 2004. Nutrient removal by floating aquatic macrophytes cultured in anaerobically digested flushed dairy manure wastewater. *Ecol. Eng.*, v. 22, n.1, p. 27-42.
- STATSOFT, INC. 2005. STATISTICA (data analysis software system), version 7.1. www.statsoft.com.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. 2008. *Fisiologia vegetal*. 4ª ed., Porto Alegre, Artmed, 820p.
- TUNDISI, J.G. 2008. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. *Estudos Avançados*. v.22, n. 63, p. 7-16.
- VON SPERLING, M. 2005. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto*. 30 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, v.1, 452p.

WHITEMAN, J.B.; ROOM, P.M. 1991. Temperatures lethal to *Salvinia molesta* Mitchell. *Aquat. Bot.* n.1 v.40 p. 27-35.

ANEXO

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Órgão oficial de informação técnica da ABES - Rio de Janeiro – Brasil

Regulamento para apresentação de contribuições

1. Objetivo

O presente regulamento objetiva uniformizar a apresentação das contribuições a serem encaminhadas para publicação na Revista Engenharia Sanitária e Ambiental.

2. Formas de contribuição

2.1. As formas de contribuição são:

- Artigo Técnico
- Nota Técnica
- Revisão da Literatura
- Discussão de Nota Técnica, Artigo Técnico ou Revisão da Literatura

2.2. Artigo Técnico é uma exposição completa e original, totalmente documentada e interpretada, de um trabalho de relevância.

2.3. Nota Técnica é um trabalho sumário podendo corresponder a:

- artigo com resultados ainda parciais
- considerações sobre aspectos pouco abrangentes da área
 - desenvolvimento de considerações técnicas relativas a algum aspecto da Engenharia Sanitária e Ambiental
- alguma outra abordagem sumária pertinente, a juízo dos Editores.

2.4. Revisão da Literatura corresponde a um artigo, no qual é levantado o estado da arte de algum tema relevante e inovador, na área de Engenharia Sanitária e Ambiental, cuja abordagem deve ser suficientemente crítica e capaz de identificar avanços, lacunas e desafios científicos, à luz da literatura nacional e internacional. Trabalhos de revisão sistemática e meta-análise podem ser incluídos nessa categoria de artigo.

2.5. Discussão é uma avaliação crítica ou ampliação do conteúdo de uma Nota Técnica, Artigo Técnico ou Revisão da Literatura publicado na Revista. As discussões serão publicadas, sempre que possível, conjuntamente com a resposta do(s) autor(es). A Revista tem como linha editorial o incentivo à publicação de artigos de discussão.

2.6. Não serão aceitos relatórios, traduções e nem artigos já publicados ou submetidos à publicação em outros veículos, ou que impliquem em promoção comercial de determinada marca, produto ou empresa.

3. Encaminhamento das contribuições

3.1. A inscrição das contribuições será feita pelo sistema da SCielo, através do link <http://submission.scielo.br/index.php/esa/index>. Não serão aceitas inscrições de artigos por fax, e-mail ou correio.

3.2. O primeiro passo para o acesso ao sistema é o Cadastro, bastando clicar em “Cadastrar-se” no link no canto superior direito. A partir daí, clicar em “Engenharia Sanitária e Ambiental”, que fará a vinculação do cadastro junto à Revista.

3.3. Feito isso, o próprio sistema mostrará, passo a passo, como submeter a sua contribuição.

3.4. Realizada a submissão, o autor receberá um e-mail acusando o recebimento da mesma. E a partir do código dado pelo próprio sistema que o autor poderá acompanhar o processo de avaliação do seu trabalho.

3.5. Qualquer dúvida, favor enviar e-mail para resa@abes-dn.org.br ou pelo telefone (21) 2277-3918.

4. Formato das contribuições

4.1. As contribuições devem ser preparadas pelos autores no formato “.doc” aberto para edição usando o recurso de numeração de linhas do Microsoft Word (Arquivo – Configurar página – Layout – Números de linha – Numerar linhas – Contínua – OK – OK).

4.2. As contribuições devem ser enviadas no formato “.doc” pelo Sistema de Envio de Artigos. Todos os demais formatos de arquivos, inclusive os compactados, serão bloqueados. 4.3. Após o processo avaliativo, as contribuições aprovadas para publicação deverão sofrer correções e ser enviadas em sua versão final para diagramação.

4.3 Os trabalhos submetidos devem estar de acordo com as normas da ABNT/NBR 14724:2011– Trabalhos Acadêmicos

4.4. Poderão ser incluídos figuras, gráficos e ilustrações, desde que o tamanho do arquivo não ultrapasse 10MB.

4.5. O texto integral do artigo não poderá exceder 20 (vinte) páginas para Artigo Técnico e Revisão da Literatura e 8 (oito) páginas para Nota Técnica e Discussão, atendendo ao formato estabelecido nos itens a seguir.

4.6. O Artigo Técnico e a Nota Técnica deverão seguir a seguinte sequência de apresentação: • Título do artigo em português (até 200 caracteres) e em inglês:

- Resumo em português e em inglês, de 100 a 250 palavras (conforme NBR 14724).
- Palavras-chave em português e em inglês
- Título resumido do artigo em português (até 60 caracteres) para o cabeçalho
- Texto do artigo (sem divisão em colunas)
- Referências
- Anexos (se houver)

i. Agradecimentos, se houver, deverão ser incluídos somente na versão final do artigo aprovado para publicação.

ii. O Nome do(s) autor(es), Currículo resumido(s) do(s) autor(es), endereço para correspondência (profissional) devem constar somente nos metadados do Sistema Scielo, preenchidos no momento de cadastro. **IMPORTANTE:** não colocar estas informações no envio da contribuição original.

4.7. Não serão aceitas contribuições escritas integralmente em língua que não seja o português.

4.8. O texto deverá ser formatado para um tamanho de página A-4, margens 3 cm para esquerda e superior, e 2 cm inferior e direita (conforme NBR 14724). As páginas deverão ser devidamente numeradas. Deve ser empregada fonte Times New Roman, corpo 12, exceto no título que deverá ter corpo 16. O espaçamento entre as linhas deverá ser 1,5.

4.9. O corpo do artigo deve ser organizado segundo um encadeamento lógico, contendo subtítulos “Introdução”, “Metodologia”, “Resultados”, “Discussão”, (ou “Resultados e Discussão”), “Conclusões” e “Referências”. Na redação não deve ser empregada a primeira pessoa e o estilo a ser adotado deve ser objetivo e sóbrio, compatível com o recomendável para um texto científico.

4.10. Deverá ser evitada a subdivisão do texto em um grande número de subtítulos ou itens, admitindo-se um máximo de cabeçalhos de terceira ordem.

4.11. O conteúdo do trabalho deve ser submetido a criteriosa revisão ortográfica.

4.12. Termos grafados em itálico ou negrito poderão ser utilizados no corpo do artigo.

4.13. As discussões deverão ser submetidas no máximo até 6 (seis) meses após a publicação do Artigo, NotaTécnica ou Revisão da Literatura.

5. Figuras e ilustrações As figuras e ilustrações devem observar os seguintes critérios:

5.1. Os arquivos das figuras e ilustrações, sem bordas ao redor, devem ser inseridas no arquivo do texto, de maneira que possam ser editados por meio do MS Word for Windows.

5.2. Os textos e legendas não devem ficar muito pequenos ou muito grandes em relação à figura.

5.3. As figuras devem ser intercaladas nos locais apropriados e apresentar um título.

5.4. A inclusão de fotografias não é aconselhável; porém, se os autores julgarem que são importantes para esclarecer aspectos relevantes do artigo, deverão ser inseridas em resolução mínima de 300 dpi.

5.5. Todos os gráficos, desenhos, figuras e fotografias devem ser denominados “Figura”, e numerados sequencialmente em algarismos arábicos. Toda figura deve ser mencionada no texto.

5.6 O número e título da Figura devem ser colocados centralizados, imediatamente abaixo da figura. O título deve ser claro e autoexplicativo.

5.7. As páginas internas da Revista são impressas em uma só cor, não sendo permitida, portanto, a adoção de cores na diferenciação das variáveis nos gráficos e diagramas.

6. Quadros e tabelas

Os quadros e tabelas deverão atender os seguintes critérios:

6.1. Os quadros e tabelas devem ser claros e objetivos, sem linhas de grade. As unidades correspondentes a todos os termos usados devem ser claramente identificadas.

6.2. Todos os quadros ou tabelas devem ser denominados “Quadro” ou “Tabela”, numerados sequencialmente em algarismos arábicos e mencionados no texto.

6.3. Cada quadro e tabela, além da numeração, deve possuir um título. O número e o título devem ser colocados centralizados, imediatamente acima do quadro ou tabela. O título deve ser claro e autoexplicativo. 6.4. Um quadro e uma tabela não poderão ser maiores do que uma folha A-4.

6.5. Quadros e tabelas devem aparecer, preferencialmente, intercalados nos locais apropriados do texto, a critério do autor.

6.6. As páginas internas da Revista são impressas em uma só cor, não sendo permitida, portanto, a adoção de cores na diferenciação das variáveis nos quadros e tabelas.

7. Equações

As equações podem ser editadas pela equipe responsável pela diagramação. Portanto, os seguintes critérios devem ser satisfeitos:

7.1. As equações devem ser claras e legíveis, e escritas com a mesma fonte do corpo do texto, sem a utilização de itálico ou negrito.

7.2. As equações e fórmulas devem ser denominadas “Equação” e numeradas sequencialmente em algarismos arábicos. A numeração à direita da equação deve ser entre parênteses. Todas as equações devem ser mencionadas no texto.

7.3. Todos os símbolos usados devem ser definidos imediatamente após a equação (caso não tenham sido definidos anteriormente), incluindo as suas unidades ou dimensões.

8. Unidades

8.1. Todas as unidades mencionadas no texto, tabelas, quadros e figuras devem ser expressas de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI).

8.2. Deve-se evitar o uso da barra de fração na expressão das unidades. Exemplo: Ao invés de mg/L ou m³/s, deve-se utilizar mg.L⁻¹ e m³.s⁻¹.

9. Referências

As referências citadas no texto e listadas ao final do artigo deverão estar de acordo com a norma NBR 6023/2002. A título de esclarecimento são apresentadas algumas diretrizes:

9.1. As referências citadas no texto devem conter o sobrenome do(s) autor(es), em caixa alta, seguidos pelo ano da publicação, observando-se os seguintes critérios:

9.1.1. Quando houver mais de um trabalho, as citações devem ser em ordem alfabética.

9.1.2. Trabalhos com mais de três autores devem ser referenciados ao primeiro autor, seguido por “et al.” (em itálico e com ponto).

9.1.3. Quando houver mais de uma publicação do mesmo autor, no mesmo ano, o ano da publicação deve ser seguido dos componentes “a, b, c...”, em ordem alfabética. Exemplos: ... estudos efetuados por Silva (1994a, 1994b) e por Machado et al. (1995a) revelaram...; ... estudos recentes (SOUZA,1993; SILVA, WILSON e OLIVEIRA, 1994; MACHADO et al., 1995b) revelaram...

9.2. Ao final do trabalho deverá ser apresentada uma lista de todas as referências citadas no texto, de acordo com os seguintes critérios, entre outros:

9.2.1. As referências devem ser relacionadas em ordem alfabética, de acordo com o sobrenome do primeiro autor.

9.2.2. Devem ser referenciados todos os autores (independentemente do número de autores) pelo sobrenome seguido pelas iniciais de cada autor, separados por vírgulas. Exemplo: SMITH, P.J.; WATSON, L.R.M.; GREEN, C.M...

9.2.3. O título do periódico referenciado deverá ser apresentado em itálico. As indicações de volume, número e página deverão ser identificados pela letra inicial (“v”, “n” ou “p”), seguida de ponto. Não devem ser utilizadas aspas antes e depois do título do trabalho. Exemplo: JEWELL, W.J.; NELSON, Y.M.; WILSON, M.S. Methanotrophic bacteria for nutrient removal from wastewater: attached film systems. *Water Environment Research*, v. 64, n. 6, 1992, p. 756-65.

9.2.4. O título do livro deve ser apresentado em itálico. Devem ser incluídos a edição, o local, a editora, o número de páginas e a data. Exemplo: FRANÇA, J.L.; VASCONCELOS A.C. Manual para Normalização de Publicações Técnico-Científicas. 8 ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2007, 255 p.

9.2.5. Em capítulos de livros e trabalhos de congressos, a obra principal (título do livro ou denominação do congresso) é referenciada em itálico e vem precedida da expressão “In”. Exemplos: Anais - CAIXINHAS, R.D. Avaliação do impacto ambiental de empreendimentos hidro-agrícolas. In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 5 Anais... Lisboa: APRH, 1992, p. 203-11. Capítulo de Livro - KUKOR, J.J.; OLSEN, R.H.; IVES, K. Diversity of toluene degradation following exposure to BTEX in situ. In: KAMELY, D.; CHAKABARTY, A.; OLSEN, R.H. (Eds.) *Biotechnology and Biodegradation*. Portfolio Publishing Company, The Woodlands, E.U.A.,1989, p. 405-421.

10. Julgamento

10.1. Após avaliação prévia realizada pelos Editores da Revista, se considerado pertinente, cópias da contribuição, sem identificação dos autores, serão enviadas a pelo menos dois avaliadores, especialistas da área, indicados pelos Editores.

10.2. Em qualquer etapa de julgamento do trabalho, serão levados em consideração a obediência às disposições regulamentares, o relacionamento do tema à Engenharia Sanitária e Ambiental, adequação do título, do resumo e das palavras-chave, existência de encadeamento lógico, ineditismo e qualidade da contribuição.

10.3. Na análise dos editores e dos avaliadores a contribuição será classificada segundo uma das seguintes categorias:

- Aceito, sem modificações;
- Aceito, com sugestão de revisões;

- Recusado.

11. Comunicação aos autores

O autor principal será comunicado do resultado da avaliação e no caso de artigos recusados, receberão as devidas justificativas.

12. Responsabilidades e direitos

O conteúdo dos artigos é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es), que declaram se responsabilizar por qualquer reclamação de terceiros quanto a conflitos envolvendo direitos autorais, assumindo e isentando a ESA/ABES de qualquer pendência envolvendo suas publicações. Os autores que encaminharem seus artigos cedem à ESA/ABES os respectivos direitos de reprodução e/ou publicação. Os casos omissos serão resolvidos pelos editores do periódico.