

II-062 - PÓS-TRATAMENTO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES TÊXTEIS COM USO DE MACRÓFITAS

Raquel Ferreira do Nascimento ⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Ana Paula Alves Feitosa ⁽²⁾

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Elizabeth Amaral Pastich Gonçalves ⁽³⁾

Professora adjunta da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), doutora em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (UFPE)

Marileide Lira Araujo Tavares ⁽⁴⁾

Pós-doutoranda (UFPE), mestre em Química pela Universidade Federal da Paraíba e doutora em Ciências (Físico-Química) pela Universidade Federal da Paraíba.

Alanna Maria do Nascimento Bezerra ⁽⁵⁾

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Endereço ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾: Rodovia BR-104, Km 59, s/n - Nova Caruaru, Caruaru - PE, 55002-970- e-mail: raquelferreiran@gmail.com

RESUMO

O polo de confecções do Agreste pernambucano traz benefícios para região, como geração de empregos e desenvolvimento econômico, mas, em contrapartida, ocorre a produção de efluentes enriquecidos com compostos químicos e corantes. Os efluentes têxteis oriundos de lavanderias de jeans apresentam elevada concentração de poluentes, devendo ser enquadrados antes do lançamento. O uso de macrófitas aquáticas para o tratamento pode se configurar como alternativa de baixo custo. O mecanismo de remoção se dá pela capacidade de algumas espécies em absorver poluentes do meio e nutrientes e, ainda, pelo biofilme que se estabelece no sistema radicular. No presente estudo, foi avaliado o pós-tratamento do efluente têxtil com o uso da macrófita *Lemna*. O estudo foi conduzido em escala de bancada, em béqueres de 2 L e em triplicata, onde foram avaliados três tratamentos: T1- efluente têxtil sem macrófitas, T2- efluente têxtil com um alumínio na superfície para bloquear a radiação de Luz, e T3- experimento com macrófita. O experimento foi conduzido em estufa a 30°C, com fotoperíodo de 12 h e durou 7 dias. A Turbidez apresentou redução significativa em todas as amostras estudadas e ocorreu pela sedimentação dos sólidos. A DQO sofreu redução, no entanto, a presença das macrófitas não interferiu nessa redução. O oxigênio dissolvido foi aumentando ao longo do experimento, decorrente da fotossíntese das algas presentes na coluna de água. Durante esse processo, o ácido carbônico é retirado da massa líquida, o que ocasiona o aumento do pH do meio e a consequente produção do oxigênio dissolvido como subproduto do processo fotossintético. Houve reduções insignificantes de Fósforo Total e Nitrogênio Amoniacal para as três amostras em estudo, o que leva à conclusão de que a via de remoção por absorção pelas macrófitas e a ação de biofilme aderido nas raízes não foram vias preponderantes. A falta de manejo dos espécimes também pode ter influenciado na eficiência de remoção de nitrogênio, pois as algas passam a ficar empilhadas e competem por luz, de forma que algumas espécies começam a morrer e contribuir para o incremento de nitrogênio amoniacal no meio.

PALAVRAS-CHAVE: Efluente têxtil, macrófitas, pós-tratamento.

INTRODUÇÃO

O setor industrial, assim como todos os outros, gera riquezas e desenvolvimento econômico e social para uma região, mas, em contrapartida, provoca um grande impacto ambiental. A indústria têxtil consome grandes quantidades de água e produz grandes volumes de efluente através de várias etapas nos processos de tingimento e acabamento. O efluente têxtil é uma mistura complexa e variável de substâncias poluentes como produtos inorgânicos, orgânicos, elementares e poliméricos (BROWN e LABOUREUR, 1983).

O polo de confecções do Agreste pernambucano, composto por Caruaru, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama, forma o segundo maior polo têxtil do Brasil. Diante deste problema ambiental enfrentado pela região, no tocante a emissão de efluentes têxteis nos rios, a poluição causada por essas indústrias é o resultado do descarte dos corantes e de outros compostos químicos no meio ambiente. Por causa da presença de misturas complexas de corantes, ácidos, bases, fixadores etc., os efluentes têxteis geralmente apresentam elevada concentração de Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), sólidos dissolvidos, sólidos suspensos e outros metais pesados (CHANDANSHIVE ET AL., 2017).

Portanto, o lançamento de efluentes sem tratamento em ambientes aquáticos pode resultar em uma acumulação crônica de nutrientes, principalmente de fósforo e nitrogênio, levando ao processo de eutrofização artificial. Este processo provoca mudanças nas condições físicas e químicas dos ambientes aquáticos, alterações qualitativas e quantitativas em comunidades aquáticas e propiciam incremento do nível de produção do ambiente aquático (ESTEVES E MEIRELLE-PEREIRA, 2011).

Para o tratamento eficiente desse efluente, existem vários métodos, tais como oxidação química, coagulação, floculação, filtração por membranas, troca iônica e adsorção. Atualmente, um método muito discutido é a absorção direta de macrófitas, que ocorre, principalmente, pelo sistema radicular das macrófitas e algumas espécies de macrófitas também absorvem nutrientes por meio das folhas (ESTEVES E MEIRELLE-PEREIRA, 2011).

Determinadas espécies, por requererem elevadas concentrações de nutrientes, vêm sendo utilizadas com sucesso na recuperação de rios e lagos eutrofizados, pois suas raízes formam uma densa rede capaz de reter até as mais finas partículas em suspensão, além de absorverem substâncias tóxicas provenientes do despejo industrial e doméstico (NOTARE, 1992).

As macrófitas necessitam de um conjunto de características para contribuírem positivamente no desempenho do tratamento de efluentes: rápido estabelecimento e alta taxa de crescimento, elevada capacidade de assimilação de nutrientes, boa capacidade de estocar nutrientes na biomassa, tolerância às características físicas e químicas do efluente e tolerâncias às condições climáticas locais (TANNER, 1996). Diante dessa problemática ambiental, o presente projeto teve como objetivo avaliar a eficiência da macrófita *Lemna* sp. na remoção da cor, turbidez e nutrientes (Nitrogênio, fósforo e DQO) do efluente têxtil pós-tratado coletado em uma lavanderia em Caruaru.

OBJETIVOS

Avaliar a eficiência de remoção de matéria orgânica e nutrientes remanescentes, em efluente têxtil tratado por processo físico-químico, utilizando macrófitas do gênero *Lemna*.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi montado em escala de laboratório, com béqueres de 2L em triplicata. As macrófitas da espécie *Lemna* sp. foram coletadas do Açude de Apipucos, localizado na cidade de Recife-PE, após lavagem em água corrente cerca de 3 g de biomassa foi adicionada em cada béquer. O efluente têxtil tratado (tratamento físico-químico) utilizado no experimento foi coletado em uma lavanderia de jeans de médio porte situada em Caruaru-PE. O experimento foi conduzido no Laboratório de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco-Campus Agreste.

A Figura 1 apresenta o esquema de montagem do experimento, sob três condições diferentes:

- T1: sem macrófitas e com efluente têxtil em béquer sem cobertura, para efeito de comparação, para avaliar a interferência das macrófitas no tratamento (controle).
- T2: sem macrófitas e com efluente têxtil em béquer coberto por papel alumínio, para avaliar o efeito do sombreamento que as macrófitas proporcionam na coluna de água (controle)
- T3: com macrófitas e com efluente têxtil em béquer sem cobertura (tratamento)



Figura 1. Esquema de montagem do experimento.

Os béqueres ficaram dispostos por sete dias em uma incubadora de agitação orbital adaptada com lâmpadas de LED e com temporizador programado para ficar aceso por 12 horas diárias, simulando a luz solar para as macrófitas. As análises feitas durante o experimento estão demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros avaliados e frequência das aferições.

Parâmetro	Frequência da análise
Fósforo	4 vezes durante o experimento
DQO	4 vezes durante o experimento
Nitrogênio Amoniacal	4 vezes durante o experimento
OD	Diariamente
Turbidez	Diariamente
pH	Diariamente

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Independente da presença ou não de macrófitas, com ou sem luz na parte superior do béquer, a turbidez é reduzida significativamente a partir do dia 2 de experimento, como demonstrado na Figura 2.

Sikilcorn et al. (1993) e Iqbal (1999) comentam que os mecanismos preponderantes para a remoção de sólidos em lagoas de *Lemnas* são a filtração física pelas raízes das macrófitas, tendo auxílio da camada superficial de macrófitas, que barra o vento, criando um local favorável para sedimentação e, ainda, reduzindo a quantidade de algas, pelo sombreamento que causa.

Como o experimento foi executado dentro de uma estufa, o efeito do vento foi descartado. Já a questão da luz, mesmo no béquer com o alumínio na parte superior, ocorreu radiação de luz nas laterais dos béqueres, desta forma, o desenvolvimento de microalgas na massa líquida foi possível, de forma que outros fenômenos puderam ser elucidados pela presença de microalgas. Desta forma, para as condições estudadas, o mecanismo preponderante na remoção de turbidez nas três amostras se deu pela sedimentação dos sólidos, visto que, devido à incubadora, as amostras estavam livres da interferência do vento, o que propiciou a sedimentação em todas as condições analisadas.



Figura 2. Remoção de turbidez ao longo do experimento. a) T1: sem macrófitas e com efluente têxtil em béquer sem cobertura; b) T2: sem macrófitas e com efluente têxtil em béquer coberto por papel alumínio; c) T3: com macrófitas e com efluente têxtil em béquer sem cobertura

As vias de remoção de matéria orgânica em lagoas de *Lemnas* são pouco conhecidas. No entanto, alguns trabalhos sugerem que grande parte da matéria orgânica é removida por microrganismos aeróbios aderidos às plantas e pelos anaeróbios presentes na massa líquida. Hillman (1961) e Landolt e Kandler (1987), afirmaram que as *Lemnas* contribuem pouco para a remoção de compostos orgânicos simples por remoção direta. Já Körner et al. (1998) sugerem que a fração de remoção nas lagoas ocorre devido ao biofilme aderido às raízes das *Lemnas*. Portanto, lagoas com uma densa camada de *Lemnas* atuam semelhantemente aos reatores de biomassa fixa (STOWELL et al., 1981; TCHOBANAGLOUS, 1987).

A DQO foi reduzida ao longo dos dias de experimento, conforme indica a Figura 3. No entanto, nos experimentos sem macrófitas (Figura 3 a e b) ocorreu remoção similar de DQO. Isto reforça a ideia que as macrófitas contribuíram pouco para a remoção de matéria orgânica, como era esperado.

O manejo das *Lemnas* para uma produção ótima e remoção de nutrientes é importante para manter o sistema em equilíbrio. Uma ótima densidade de *Lemma*, segundo Landesman et al., (2005), ocorre quando as lagoas estão completamente cobertas, evitando a entrada de luz, mas ainda assim possua espaços para novas plantas que estão crescendo. Com as elevadas densidades populacionais ocorre a sobreposição de biomassa ocasionando competição por luz, nutrientes e CO₂ (CROSS, 2006; MOHEDANO, 2010).

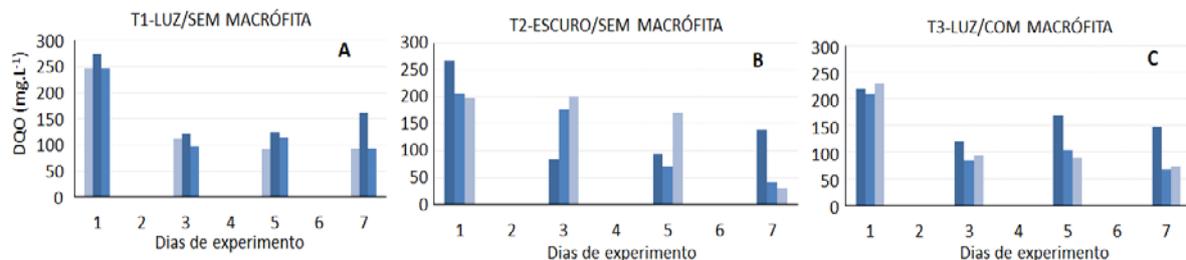


Figura 3. Remoção de DQO ao longo do experimento. a) T1: sem macrófitas e com efluente têxtil em béquer sem cobertura; b) T2: sem macrófitas e com efluente têxtil em béquer coberto por papel alumínio; c) T3: com macrófitas e com efluente têxtil em béquer sem cobertura.

O oxigênio dissolvido foi aumentando ao longo do experimento, conforme mostra a Figura 4. A explicação para esse aumento de oxigênio na massa líquida, pode ser explicado por duas hipóteses: difusão de oxigênio do ar para coluna de água, ou pela presença de microalgas realizando a fotossíntese. Durante a fotossíntese, o ácido carbônico é retirado da massa líquida, o que aumenta o pH do meio, que pode ser visualizado nos gráficos do pH (Figura 5) e o oxigênio dissolvido é produzido como subproduto do processo fotossintético.

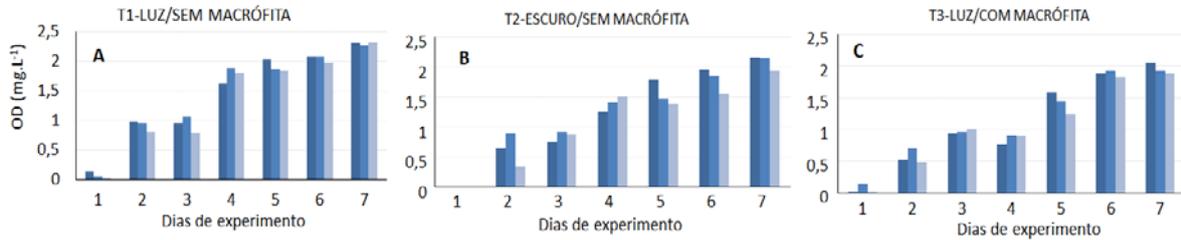


Figura 4. Concentração de oxigênio dissolvido (OD) ao longo do experimento. a) T1: sem macrófitas e com efluente têxtil em béquer sem cobertura; b) T2: sem macrófitas e com efluente têxtil em béquer coberto por papel alumínio; c) T3: com macrófitas e com efluente têxtil em béquer sem cobertura.

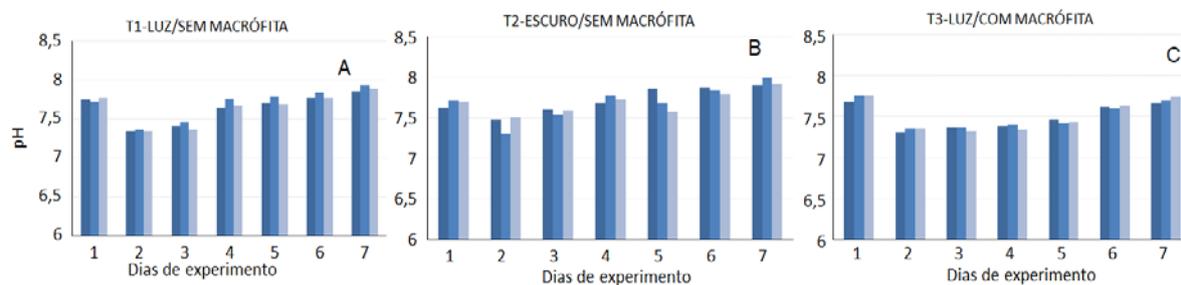


Figura 5. Concentração de oxigênio dissolvido (OD) ao longo do experimento. a) T1: sem macrófitas e com efluente têxtil em béquer sem cobertura; b) T2: sem macrófitas e com efluente têxtil em béquer coberto por papel alumínio; c) T3: com macrófitas e com efluente têxtil em béquer sem cobertura.

A Figura 6 demonstra a remoção de fósforo durante o experimento. Foram observadas reduções insignificantes para as três amostras em estudo, o que leva à conclusão de que a via de remoção por absorção pelas macrófitas e a ação de biofilme aderido nas raízes não foram vias preponderantes de remoção de fósforo para as condições estudadas.

Em lagoas de *Lemnas*, a remoção de fósforo ocorre por quatro vias: remoção direta pela planta, adsorção em partículas de argila e matéria orgânica, precipitação química e remoção pelos microrganismos presentes (IQBAL, 1999). As duas principais vias de remoção são a precipitação e a fração absorvida pela planta, sendo que a única via de saída do fósforo do sistema é pelas plantas através do manejo.

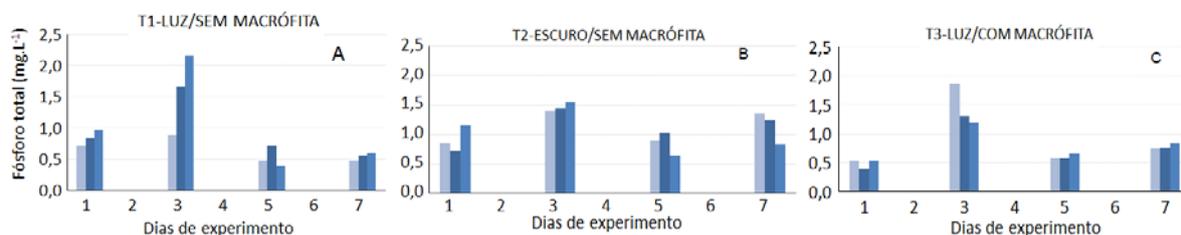


Figura 6. Concentração de fósforo total ao longo do experimento. a) T1: sem macrófitas e com efluente têxtil em béquer sem cobertura; b) T2: sem macrófitas e com efluente têxtil em béquer coberto por papel alumínio; c) T3: com macrófitas e com efluente têxtil em béquer sem cobertura.

As *Lemnas* possuem mais fósforo em seu tecido que as outras plantas aquáticas flutuantes, o que favorece a utilização do fósforo disponível no meio onde se encontram. Em contrapartida, existem fatores que influenciam na taxa de remoção como a taxa de crescimento, a frequência, manejo e a disponibilidade de $P-PO_4^{3-}$, forma mais assimilável pela planta (Farrel, 2012). No presente estudo, não houve manejo das

macrófitas, ou seja, a densidade inicial foi mantida do começo ao fim, o que pode ter influenciado a dinâmica do fósforo.

A Figura 7 mostra a concentração de Nitrogênio amoniacal ao longo do experimento. Segundo Caicedo (2005), a forma preferencial de absorção de nitrogênio pelas *Lemnas* é em forma de nitrogênio amoniacal, porém, nota-se que não houve redução significativa nas amostras analisadas. A concentração inicial de nitrogênio amoniacal foi bastante elevada (até 23,41 mg.L⁻¹), no entanto, a falta de manejo dos espécimes, já mencionada para fósforo, pode ter influenciado também a eficiência de remoção de nitrogênio, pois as algas passam a ficar empilhadas e competem por luz, de forma que algumas espécies começam a morrer e contribuir para o incremento de nitrogênio amoniacal no meio.

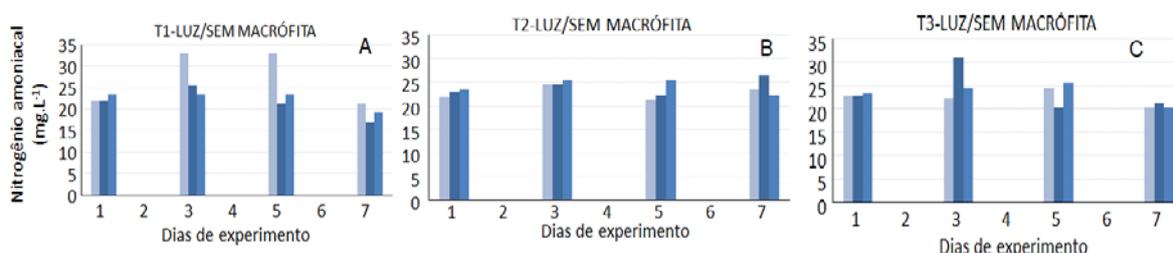


Figura 7. Concentração de nitrogênio amoniacal ao longo do experimento. a) T1: sem macrófitas e com efluente têxtil em béquer sem cobertura; b) T2: sem macrófitas e com efluente têxtil em béquer coberto por papel alumínio; c) T3: com macrófitas e com efluente têxtil em béquer sem cobertura.

CONCLUSÕES

A significativa remoção da turbidez em todas as condições analisadas aconteceu pela sedimentação dos sólidos. Portanto, a macrófita pouco interferiu na remoção da turbidez.

A DQO reduziu no decorrer do experimento, no entanto, a presença das macrófitas não alterou significativamente a remoção de DQO, concluindo que as macrófitas contribuíram pouco para a remoção de matéria orgânica no ambiente. Isso pode ter ocorrido devido à falta de manejo das *Lemnas* durante o experimento.

O oxigênio dissolvido foi aumentando ao longo do experimento, decorrente da fotossíntese das algas presentes na coluna de água. Durante esse processo, o ácido carbônico é retirado da massa líquida, o que ocasiona o aumento do pH do meio e a consequente produção do oxigênio dissolvido como subproduto do processo fotossintético.

Houve reduções insignificantes de Fósforo Total para as três amostras em estudo, o que leva à conclusão de que a via de remoção por absorção pelas macrófitas e a ação de biofilme aderido nas raízes não foram vias preponderantes de remoção de fósforo para as condições estudadas.

A concentração de Nitrogênio Amoniacal não teve redução significativa nas três amostras estudadas. A falta de manejo dos espécimes também pode ter influenciado na eficiência de remoção de nitrogênio, pois as algas passam a ficar empilhadas e competem por luz, de forma que algumas espécies começam a morrer e contribuir para o incremento de nitrogênio amoniacal no meio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROWN, D.; LABOUREUR, P. The aerobic biodegradability of primary aromatic amines. *Chemosphere*, v. 12, n. 3, p. 405-414, 1983.
- CAICEDO, J.R. Effect of Operational Variables on Nitrogen Transformations in Duckweed Stabilization Ponds. Tese. Delft, The Netherlands. 163pp, 2005.

3. CHANDANSHIVE, Vishal V. et al. Co-plantation of aquatic macrophytes *Typha angustifolia* and *Paspalum scrobiculatum* for effective treatment of textile industry effluent. *Journal of Hazardous Materials*, v. 338, p. 47-56, 2017.
4. CROSS, J. W. *The charms of duckweed: An introduction to the smallest flowering plant*. 2006.
5. ESTEVES, F. de A.; MEIRELLES-PEREIRA, F. *Eutrofização artificial. Fundamentos de limnologia*. 3ª ed., Rio de Janeiro, Editora Interciência, p. 625-656, 2011.
6. FARRELL, J. B. *Duckweed Uptake of Phosphorus and Five Pharmaceuticals: Microcosm and Wastewater Lagoon Studies*. All Graduate Theses and Dissertations, Utah State University Merrill-Cazier Library, Logan, Utah. 2012.
7. HILLMAN, W. S. *The Lemnaceae, or duckweeds: A review of the descriptive and experimental literature*. *Botanical Review* 27:221-87, 1961.
8. IQBAL, S. *Duckweed aquaculture. Potentials, possibilities and limitations, for combined wastewater treatment and animal feed production in developing countries*. Switzerland. SANDEC report n.6 91pp. mar.1999.
9. KÖRNER, S.; VERMAAT, J.E. *The relative importance of Lemna gibba, bacteria and algae for the nitrogen and phosphorus removal in duckweed – covered domestic wastewater*. *Water Research*. 32: (12) 3651- 366, 1998.
10. LANDESMAN, L., PARKER, N.C., FEDLER, C.B., KONIKOFF, M. *Modeling duckweed growth in wastewater treatment systems*. *Livest. Res. Rural. Devel.* 17 (6), 1–8, 2005.
11. LANDOLT, E.; KANDELER. *The family of lemnaceae – a monographic study: Phytochemistry, physiology, application and bibliography*. In *Biosystematic Investigations in the Family of Duckweeds (Lemnaceae)*. Veröffentlichungen des geobotanischen Institutes der ETH. Zürich. Stiftung Ruebel, Vol 4, n.95: 638pp, 1987.
12. MOHEDANO, Rodrigo de Almeida et al. *Uso de macrófitas lemnáceas (Landoltia punctata) no polimento e valorização do efluente de suinocultura e na fixação de carbono*. 2010.
13. NOTARE, Marcelo. *Plantas hidrófilas e seu cultivo em aquário*. Sulamérica, Rio de Janeiro, 1992.
14. SKILICORN, P. W.; SPIRA, W.; JOURNEY, W. *Duckweed aquaculture, a new aquatic farming system for developing countries*. The World Bank, Washington, D.C.1993.
15. STOWELL, R.; LUDWIG, R.; COLT, J.; TCHOBANOGLIOUS, G. *Concepts in aquatic treatment system design*. *J. Environ. Eng. Div., Am. Soc. Civil Eng.*, 919-940, Vol. 107, No. EE5, Proc. Paper 16555, 1981.
16. TANNER, C. C. 1996. *Plants for constructed wetland treatment systems – A comparison of the growth and nutrient uptake of eight emergent species*. *Ecological Engineering*. 7: 59-83.