

## TAXAS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO E CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO E PH EM LEITOS CULTIVADOS COM AGUAPÉ

JULYENNE MENEGHETTI CAMPOS<sup>1</sup>, JOSÉ TEIXEIRA FILHO<sup>2</sup>, THIAGO T. B. BAMPA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Doutoranda em Eng. Agrícola, Mestra em Eng. Agrícola, Tecnóloga em Saneamento Ambiental, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, (0XX19) 3521-1019, [julyenne.mc@hotmail.com](mailto:julyenne.mc@hotmail.com)

<sup>2</sup>Engenheiro Civil, Professor livre-docente, Depto. de Água e Solos, FEAGRI/UNICAMP, Campinas – SP.

<sup>3</sup>Engenheiro Ambiental, Tecnólogo em Saneamento Ambiental, Faculdade de Tecnologia/UNICAMP, Limeira – SP.

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

**RESUMO:** Apesar da macrófita flutuante *Eichhornia crassipes*, mais conhecida como aguapé, ser uma planta invasiva causadora de problemas em rios e lagos eutrofizados, seu uso pode ser interessante em leitos cultivados para tratamento de águas superficiais, pois é uma planta ornamental e possui potencial de reutilização no artesanato, na produção de biocombustível e na alimentação animal. Neste contexto, o presente trabalho visou avaliar a influência do aguapé fixado na brita#2 no tratamento de água proveniente de uma lagoa, comparado aos resultados de um leito apenas com meio suporte. No sistema vegetado, a vazão de entrada variou de 37 à 47 L.h<sup>-1</sup>, tempo de detenção hidráulica de 2,3 à 4,0 dias, e o volume evapotranspirado variou de 5,9 – 25,3 mm.dia<sup>-1</sup>. O pH de entrada variou de 6,8 à 7,8 e o de saída ficou entre 7,0 e 7,6 – evidenciando que o aguapé mantém o pH da água neutro, o oxigênio dissolvido (OD) médio na entrada ficou entre 2,0 e 12,2 mg.L<sup>-1</sup> e na saída de 1,8 à 9,2 mg.L<sup>-1</sup>, de acordo com a temperatura. Os dados obtidos neste estudo mostram o potencial de utilização do aguapé para tratamento de águas superficiais em comunidades rurais, com potencial de reaproveitamento de sua biomassa.

**PALAVRAS-CHAVE:** aguapé, alagados construídos, escala horária.

## EVAPOTRANSPIRATION RATES AND CONCENTRATIONS OF DISSOLVED OXYGEN AND PH IN CONSTRUCTED WETLANDS CULTIVATED WITH EICHHORNIA CRASSIPES

**ABSTRACT:** Despite the floating macrophyte *Eichhornia crassipes*, popular known as water hyacinth, be an invasive plant causing problems in rivers and eutrophic lakes, its use may be interesting in wetlands for surface water treatment, because it is an ornamental plant and has potential for reuse with handcraft, in biofuel production and animal feed. In this context, the present study aimed to evaluate the influence of water hyacinth fixed in gravel size 2 in the treatment of pond water, compared to the results of a constructed wetland only with gravel. In vegetated system, the inlet flow ranged from 37 to 47 L.h<sup>-1</sup>, the hydraulic retention time ranged from 2.3 to 4.0 days, and the evapotranspired volume ranged between 5.9 – 25.3 mm.dia<sup>-1</sup>. The inlet pH ranged from 6.8 to 7.8 and the outlet stayed between 7.0 and 7.6 - showing that the water hyacinth maintains neutral the water pH, the average dissolved oxygen of outlet ranged from 2.0 to 12.2 mg.L<sup>-1</sup> and at the outlet from 1.8 to 9.2 mg.L<sup>-1</sup>, according to temperature. The data obtained in this study shows the potential use of water hyacinth for surface water treatment in rural communities, with the potential for biomass reuse.

**KEYWORDS:** water hyacinth, constructed wetlands, hourly scale.

**INTRODUÇÃO:** Apesar da macrófita flutuante *Eichhornia crassipes*, mais conhecida como aguapé, ser uma planta invasiva causadora de problemas em rios e lagos eutrofizados, seu uso pode ser

interessante em leitos cultivados para tratamento de águas superficiais. De acordo com Lorenzi e Souza (2001) o aguapé é uma planta ornamental, o que aumentará a aceitação do sistema de tratamento de águas residuárias. O aguapé pode ser reutilizado e obter valor comercial, como por exemplo no estado de Mato Grosso do Sul, onde os pecíolos do aguapé são utilizados para artesanato em uma comunidade (BORTOLOTTO e NETO, 2005). Além disso, alguns autores como Buller et al. (2013) têm estudado o uso do aguapé para produção de biogás e biocombustível. Tham (2012) estuda o aguapé na alimentação animal. Neste contexto, o presente trabalho visou avaliar a influência do aguapé fixado na brita#2 no tratamento de água proveniente de uma lagoa, comparado aos resultados de um leito apenas com meio suporte.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi realizado na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (FEAGRI/UNICAMP) localizado à S22°48'57'' e longitude W47°03'33'', a 640 m de altitude. Os leitos cultivados (LC) foram instalados em reservatórios de fibra de vidro com dimensões de 3,13m x 1,61m x 0,52m (profundidade), volume de 2,3 m<sup>3</sup>, com 4,4 m<sup>2</sup> de área, capacidade de 2.100 L e volume útil de 1.050 L. O sistema foi abastecido com água de um reservatório localizado na Faculdade, que armazena água de uma lagoa localizada próxima ao experimento. A água era bombeada da lagoa para o reservatório, e deste para uma caixa de armazenamento de onde a água percorria por gravidade para os leitos cultivados.



FIGURA 1. Caixa de armazenamento, leito controle com brita e leito cultivado com aguapé.

O período de amostragem realizado foi de 20 a 30 de agosto de 2013, com coletas diárias, de segunda à sexta-feira, das 8h às 16h. A cada duas horas as vazões afluente e efluente eram medidas pelo método direto, e coletadas amostras de 300 mL que eram imediatamente levadas ao Laboratório de Saneamento (FEAGRI/UNICAMP) para realização das leituras de pH e OD. Todas as leituras tiveram como base o *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005), o método utilizado para pH foi o 4500-H<sup>+</sup>B (Método Eletrométrico) no pHmetro de mesa *Digimed* (DM 20), a leitura de OD foi realizada em oxímetro *YSI 55* portátil, seguindo o método 4500-O G (Método do Eletrodo com Membrana). O tempo de detenção hidráulica foi calculado pela divisão do volume total de esgoto que entrou no leito, pelo volume útil do leito. A evapotranspiração foi calculada pela diferença do volume total de água que entrou no leito menos o volume total de água que saiu do leito, dividido pela área de cada LC. Os dados de temperatura média do ar da estação meteorológica da FEAGRI foram obtidos no CEPAGRI.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Tabela 1 estão apresentados os dados de vazão diária média afluente, TDH, pH médio diário de entrada e saída, oxigênio dissolvido médio diário de entrada e saída, evapotranspiração calculada e temperatura média do ar do leito controle (LC) e na Tabela 2 estão apresentados os dados do leito cultivado com aguapé (LCA). Observa-se que no dia 20/08/13 ocorreram a maior evapotranspiração (42,5 mm.dia<sup>-1</sup>), maior pH afluente (8,0), menor pH efluente (6,3) e menores OD afluente e efluente; a grande redução no valor de pH e os baixos oxigênios dissolvidos podem ser decorrentes da alta evapotranspiração. No dia em que ocorreu a maior vazão afluente (27/08/13) também ocorreram os maiores OD afluente e efluente, sendo o segundo dia mais frio do período de amostragem (13 °C). No dia 26/08/13 ocorreu a menor vazão efluente, o menor pH (6,8) e foi o dia mais frio do período (11,9 °C). Já no dia 30/08/13 ocorreram a menor evapotranspiração (10,2 mm.dia<sup>-1</sup>) e pH de saída (6,9).

TABELA 1. Valores médios diários de vazão, pH, OD e evapotranspiração, TDH e temperatura média do ar no leito controle.

Período	Q <sub>média</sub> (L.h <sup>-1</sup> )	TDH (dias)	pH <sub>(e)</sub>	pH <sub>(s)</sub>	OD <sub>(e)</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	OD <sub>(s)</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	Evapotp (mm.dia <sup>-1</sup> )	Temperatura média ar (°C)
20/08/13	49,2	2,1	8,0	6,3	2,1	1,9	42,5	19,9
21/08/13	48,4	3,1	7,3	6,5	2,2	2,0	18,2	22,0
22/08/13	47,9	2,3	7,2	6,8	3,5	3,0	28,2	22,9
23/08/13	49,3	2,3	7,0	6,6	4,2	3,7	17,8	22,7
26/08/13	44,8	3,3	6,8	6,6	3,2	2,8	11,1	11,9
27/08/13	54,9	3,5	7,0	6,8	11,0	6,8	31,1	13,0
29/08/13	48,6	2,5	7,1	6,8	6,4	3,3	15,1	20,0
30/08/13	48,8	2,4	7,2	6,9	6,7	2,0	10,2	21,2
<b>Média</b>	<b>49,0</b>	<b>2,7</b>	<b>7,2</b>	<b>6,7</b>	<b>4,9</b>	<b>3,2</b>	<b>21,8</b>	<b>18,7</b>

Q<sub>média</sub> = vazão média afluente diária, (e) = entrada, (s) = saída, evapotp = evapotranspiração.

Como no LC, no dia 20/08/13 ocorreram os menores OD afluente e efluente e o maior pH de entrada, no entanto observou-se o maior pH de saída (7,6) e não o menor como no LC. A maior evapotranspiração aconteceu no dia 27/08/13 (25,3 mm.dia<sup>-1</sup>) e menor pH efluente (7,0), como no LC ocorreram os maiores OD de entrada e saída e maior vazão afluente. A menor vazão média de entrada (36,9 L.h<sup>-1</sup>) foi no dia 22/08/13, o menor pH de entrada (6,8) em 26/08/13 e a menor evapotranspiração (5,9 mm.dia<sup>-1</sup>) calculada no dia 21/08/13. É interessante notar que as médias de oxigênio dissolvido afluente e efluente são iguais para LC e LCA. A vazão média afluente foi menor no LCA e por isso este leito apresentou TDH maior, enquanto que em média não houve redução de pH para este leito, o LC apresentou redução média de 0,5 no pH. A evapotranspiração foi maior no LC por apresentar lâmina d'água exposta, enquanto que no LCA a cobertura da vegetação reduziu sua evapotranspiração.

TABELA 2. Valores médios diários de vazão, pH, OD e evapotranspiração, TDH e temperatura média do ar no leito cultivado com aguapé.

Período	Q <sub>média</sub> (L.h <sup>-1</sup> )	TDH (dias)	pH <sub>(e)</sub>	pH <sub>(s)</sub>	OD <sub>(e)</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	OD <sub>(s)</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	Evapotp (mm.dia <sup>-1</sup> )	Temperatura média ar (°C)
20/08/13	41,6	2,4	7,8	7,6	2,0	1,8	8,9	19,9
21/08/13	45,5	3,3	7,3	7,4	2,1	1,9	5,9	22,0
22/08/13	36,9	2,5	7,2	7,2	3,3	2,7	9,4	22,9
23/08/13	42,0	2,3	7,0	7,2	3,8	3,2	17,5	22,7
26/08/13	40,5	3,6	6,8	7,1	3,1	2,5	9,1	11,9
27/08/13	46,8	4,0	7,0	7,0	12,2	9,2	25,3	13,0
29/08/13	44,9	2,3	7,1	7,1	6,2	2,2	17,1	16,9
30/08/13	39,8	2,5	7,3	7,2	6,8	1,9	10,2	20,0
<b>Média</b>	<b>42,2</b>	<b>2,9</b>	<b>7,2</b>	<b>7,2</b>	<b>4,9</b>	<b>3,2</b>	<b>12,9</b>	<b>18,7</b>

Q<sub>média</sub> = vazão média afluente diária, (e) = entrada, (s) = saída, evapotp = evapotranspiração.

Chunkao et al. (2012) relatou um aumento 8,0 (afluente) para 8,3 (efluente) no pH de uma lagoa com aguapé, enquanto que Chavan e Dhulap (2012) relataram um aumento de 6,7 para 7,2 em um sistema de aguapés tratando águas residuárias. Levando em consideração apenas os valores de OD apresentados neste estudo, mesmo depois do tratamento este corpo d'água seria classificado como classe 4 de acordo com a Resolução CONAMA 430/2011, evidenciando que seria necessário um pré ou pós-tratamento além dos leitos cultivados. O pH de ambos os leitos permaneceu dentro dos valores estabelecidos pela CONAMA 430/2011 e pela Portaria 2914/2011. Na Figura 2 estão apresentados os gráficos de entrada e saída de pH e oxigênio dissolvido no LC (2 - a) e no LCA (2 - b). Observa-se uma similaridade entre as linhas de oxigênio dissolvido para os dois leitos, e que o pH de entrada e saída manteve-se na neutralidade em ambos.

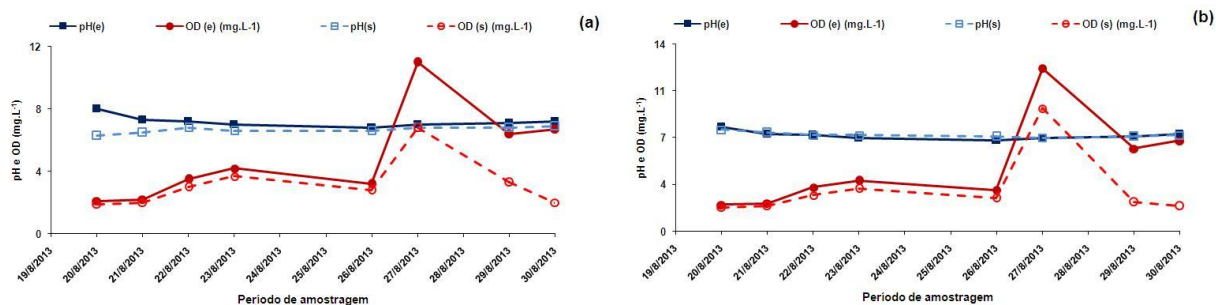


FIGURA 2. Gráficos de entrada e saída de pH e oxigênio dissolvido no LC (a) e no LCA (b).

**CONCLUSÕES:** É possível concluir que leitos cultivados são uma alternativa viável para tratamento de águas superficiais desde que acompanhados de outro tipo de tratamento, como pré-filtro dinâmico, ou filtros de areia, por exemplo. Conclui-se que os leitos mantiveram o pH dentro da neutralidade, e apesar de não reduzir significativamente os valores de oxigênio dissolvido, os valores de OD efluente ao leito ainda não foram satisfatórios.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem a CAPES e ao CNPq pelas bolsas de estudo concedidas, à CPG e ao LABSAN da Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP.

## REFERÊNCIAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION; EATON, A. D.; et al. “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”. 21 ed. Washington: APHA/AWWA/WEF, 2005.
- BORTOLOTO, I. M.; NETO, G. G. O uso do camalote, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, Pontederiaceae, para confecção de artesanato no Distrito de Albuquerque, Corumbá, MS, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. v. 19, n. 2, p. 331 – 337, 2005.
- BULLER, L. S.; BERGIER, I.; ORTEGA, E.; SALIS, S. M. Dynamic emergy valuation of water hyacinth biomass in wetlands: an ecological approach. *Journal of Cleaner Production*. v. 54, p. 177 – 187, 2013.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário da União*, Brasília, dez/2011.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. *Diário da União*, Brasília, maio/2011.
- CHAVAN, B. L.; DHULAP, V. P. Treatment of Sewage through Phytotechnological Studies with Constructed Wetland Using *Eichhornia crassipes*. *Journal of Environmental Research And Development*. v. 7, n. 2, p. 660 – 667, oct./dec. 2012.
- CHUNKAO, K.; NIMPEE, C.; DUANGMAL, K. The King’s initiatives using water hyacinth to remove heavy metals and plant nutrients from wastewater through Bueng Makkasan in Bangkok, Thailand. *Ecological Engineering*. v. 39, p. 40 – 52, 2012.
- LORENZI, H.; SOUZA, H. M. *Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras*. 1.088p. 3.<sup>a</sup> ed. Editora Plantarum. Nova Odessa, 2001.
- THAM, H. T. *Water Hyacinth (Eichhornia crassipes) – Biomass Production, Ensilability and Feeding Value to Growing Cattle*. 64f. Thesis (Doctoral in Animal Nutrition and Management) – Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 2012.