

AERAÇÃO NATURAL DE ALAGADOS CONSTRUÍDOS DE FLUXO DESCENDENTE

OLIVEIRA, Eduardo L.* – PEREIRA, Ricardo M.** – CONCEIÇÃO, Augusto de A. – GALHARDO, Emílio C.***

* Dep. de Engenharia Civil – Fac. de Engenharia -Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/n - Cx. Postal 473 - Cep. 17033-360 - Bauru – SP - Fone: 55 14 3103-6112 – eduoliv@feb.unesp.br

** Dep. de Engenharia Civil – Fac. de Engenharia -Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/n - Cx. Postal 473 - Cep. 17033-360 - Bauru – SP - Fone: 55 14 3103-6112 – molto@feb.unesp.br

*** Departamento de Água e Esgoto de Bauru – DAE –Rua Padre João 11-25 - Cep. 17043-120 - Bauru – SP - Fone: 55 14 3235-6100 – egalhardo@hotmail.com

Resumo: Desde outubro de 2004, com apoio da FAPESP e CAPES, tem se estudado em pesquisas desenvolvidas no LAR (Laboratório de Águas Residuárias) da UNESP, campus de Bauru – SP – Brasil, a eficiência da técnica de aeração natural em alagados construídos.

Durante os testes usaram-se diferentes meios-suportes cada um com suas características hidráulicas, físicas e econômicas, de forma a se obter uma comparação entre o sistema de alagados construídos com fluxo descendente, para os diversos tipos de meios-suportes utilizando-se da técnica de aeração forçada por difusores de ar e aeração natural.

No processo de aeração natural, a incorporação do oxigênio ao líquido percolante ocorre devido à passagem do efluente através do meio-suporte não saturado. Sendo assim as características físicas e hidráulicas tais como área superficial, índice de vazios e velocidade de percolação do meio-suporte influenciaram diretamente no processo, portanto o estudo baseou-se no equacionamento da melhor composição dos elementos envolvidos para se obter um volume de efluente armazenado no reator compatível com o tempo de detenção necessário ao bom funcionamento do sistema, utilizando-se uma vazão compatível de recirculação, permitindo assim a renovação de ar na parte não saturada do meio suporte.

O sistema mostrou-se viável pela redução do consumo energético, comparado ao sistema aerado artificialmente, porém com uma diminuição da taxa de aplicação superficial.

Palavras-chave: Alagados construídos; aeração natural; fluxo descendente; respirometria

Abstract: Since October 2004, with the support of FAPESP and CAPES, a research study about the efficiency of the natural aeration technique in built wetlands has been done in the Laboratory of Residuary Waters located at UNESP, campus of Bauru – SP – Brasil,

During the test different ways of standing were used, each one with its hydraulics, physics and economical characteristics in order to obtain a comparison between the built wetlands' system with the descending flow to many kinds of standing through the forced aeration technique using air diffusers and natural aeration.

In the natural aeration process the incorporation of the oxygen to the percolating liquid happens due to the passage of the effluent trough the non saturated standing. Thus, the physic and hydraulic characteristics such as the superficial area, the empty rates and percolation speed of the standing influenced directly in the process so the study was based on the equations of the best elements' composition to obtain an effluent volume stored in the reactor compatible with the detention time necessary to the good functioning of the system using a compatible recirculation output allowing the air renovation for the non saturated part of the standing.

The system showed itself viable due to the reduction of the energetic consumption compared to the artificially aerated system. However, there was a decrease of the superficial application rate.

Keywords: wetland, aeration natural; flow descending

Introdução

Sistemas de aeração têm sido bastante criticados devido à demanda de energia necessária para se realizar a oxigenação. Processos aeróbios têm importância fundamental na oxidação de amônia a nitrito e posteriormente a nitrato, processo de nitrificação. Em ambiente anóxico a amônia é removida principalmente por volatilização, em taxas muito pequenas demandando elevadas áreas.

Atualmente, existem algumas tipificações de aeração natural, ou seja, que não demanda energia elétrica, porém, não são eficientes quanto à transferência de oxigênio para o efluente. Sistemas que apresentam elevada eficiência na transferência de oxigênio ao efluente, são todos dependentes de energia elétrica.

Para sistemas artificiais de oxigenação, existem diversos equipamentos com suas vantagens e desvantagens, como por exemplo, aeradores mecânicos, tipo “cachoeira”, ar-difuso, dentre outros. No entanto, para processos de aeração natural a tecnologia não tem sido aperfeiçoada. O presente trabalho, propôs aproveitar a energia hidráulica, desnível geométrico ou força da própria bomba de reciclo do efluente, para aerar sistemas de Alagados Construídos.

Materiais e Métodos

O reator onde foram realizados os testes foi desenvolvido pelo Grupo de Pesquisas em Alagados Construídos (GEAC), figura 1. Este foi projetado de forma a se garantir temperatura interna uniforme igual a 20,0°C, para este controle, foi elaborado uma parede oca, na qual circula água resfriada ou aquecida por banhos termostáticos. O reator desenvolvido conta com 3 locais de controle de temperatura, um na parte superior, outro na parte inferior e outro localizado entre estas duas sondas.



Figura 1: Elevação e vista em planta do reator vazio.

O reator foi concebido para trabalhar com fluxo vertical descendente, munido de recirculação do efluente em sistemas de batelada, com meio suporte para fixação da biomassa ativa. O meio suporte utilizado foi alterado, sendo que, a primeira montagem consistiu em um sistema misto formado por uma camada superior de 14 cm de areia, seguida por outra camada localizada sob esta de 18 cm de pedrisco, abaixo do pedrisco foi lançada uma camada de 20 cm de brita 01, e na parte inferior do reator uma ultima camada de 11 cm de brita 02. A segunda montagem foi concebida de forma a se ter uma única camada de 63 cm de areia. A terceira e a quarta montagem testou-se a também a configuração de uma única camada de 63 cm, porém com pedrisco e brita 01 respectivamente. A planta utilizada foi o *Cyperus Papyrus* localizado em uma área de 201,1 cm². Colocou-se água no reator de forma a garantir uma região saturada e outra não saturada, na proporção de 50% de região, como ilustrado na figura 2.

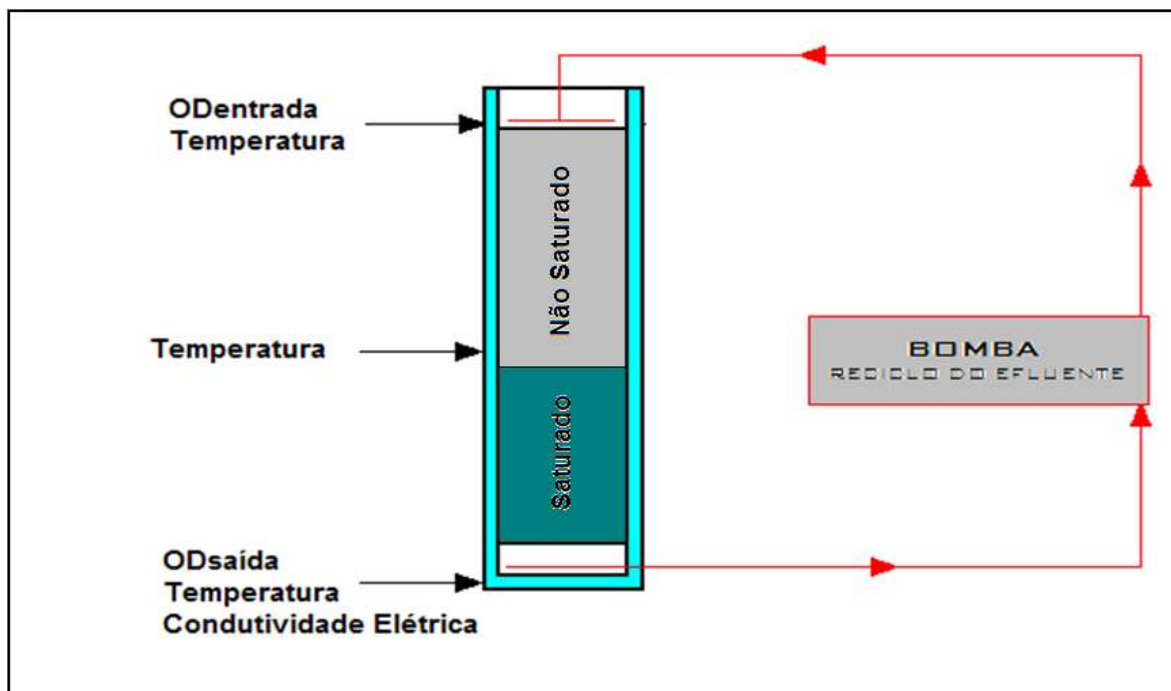


Figura 02: Sistema de aeração natural.

A aeração natural pode ser explicada pela percolação da água em meio-suporte, não saturado, onde a partícula de água passa pelos vazios do meio suporte, que contém nos seus interstícios. O oxigênio presente no ar é incorporado à água passando para uma forma dissolvida, como o meio suporte não está saturado, existe a reposição natural do vazio pelo ar novamente.

Para avaliação do processo, aplicou-se o método respirométrico, o qual consiste em uma técnica de determinação de parâmetros cinéticos, de monitoramento e dimensionamento, que tem como base dos cálculos, o consumo de oxigênio para a degradação da matéria orgânica.

No entanto para aplicação de tal método em reator de batelada de fluxo descendente, é necessário mensurar a concentração de oxigênio dissolvido na entrada e na saída do filtro, porém, como na entrada não há saturação, torna-se impraticável a colocação de uma sonda na parte superior do reator.

Este problema foi resolvido fazendo um teste anteriormente ao experimento, no qual adicionou-se, água destilada, com DBO igual a $0,00 \text{ mg.L}^{-1}$, no reator antes de ter sido desenvolvida a biomassa ativa. Esta esquematização pôde nos garantir que o consumo de oxigênio no filtro seria nulo. Aplicou-se a vazão de recirculação, na qual se optou trabalhar e verificou qual o nível de oxigenação máxima atingido, para determinada vazão de reciclo e determinando meio suporte. Com isso, obteve-se o valor teórico da sonda de entrada do sistema, bastando apenas medir na saída para que obtivesse consumo de oxigênio no biofiltro.

Resultados e Discussões

Nos testes preliminares, para a determinação da aeração máxima possível, de maneira natural no reator, com vazão de reciclo de 15 L.h^{-1} e determinando tipificação do meio suporte, resultou valores de 7 mgOD.L^{-1} para os meios suportes misto, pedrisco e brita 01; e de 6 mgOD.L^{-1} para o meio suporte de areia. Obtiveram-se valores menores de aeração máxima na areia, pois a areia retém uma maior quantidade de água adsorvida em seus grãos, o que diminui a quantidade de ar disponível.

O teste respirométrico aplicado ao reator com aeração natural, chegou aos resultados de parâmetros cinéticos demonstrados pela tabela 1

Tabela 1: Parâmetros cinéticos para a degradação da matéria orgânica biodegradável com aeração natural.

	Misto	Areia	Pedrisco	Brita 01
Concentração Adicionada [mgDBO.L ⁻¹]	909.09	131.58	243.90	476.19
Relação RDBO por DBO [mgRDBO.mgDBO ⁻¹]	0.2685	0.2923	0.2856	0.2285
Oxigênio Consumido [mgOD.L ⁻¹]	244.12	38.46	69.67	108.81
Coefficiente de Decaimento Endógeno [h ⁻¹]	-0.0018	-0.0013	-0.0079	-0.0098
Biomassa Heterótrofa Ativa [mgSSV.L ⁻¹]	2994.28	1655.23	636.01	923.21
Velocidade Máxima de Remoção [mgDBO.L-1.h ⁻¹]	147.83	12.89	95.48	85.33
Constante de Meia Velocidade [mgDBO.L-1.h ⁻¹]	73.91	6.44	47.74	42.66
Velocidade Máxima de Remoção [mgDBO.h ⁻¹]	591.31	32.22	381.90	341.30
Constante de Meia Velocidade [mgDBO.h ⁻¹]	295.66	16.11	190.95	170.65
Vazão de Recirculação [L.h ⁻¹]	15.00	15.00	15.00	15.00
Área do Reator [m ²]	0.0201	0.0201	0.0201	0.0201
Volume do Reator [L]	15.4818	15.4818	15.4818	15.4818
Volume de Efluente [L]	4.0000	2.5000	4.0000	4.0000
Capacidade Hidráulica [m ³ efluente.m ⁻³ filtro]	0.2584	0.1615	0.2584	0.2584
Tempo de Detenção de Cada Ciclo [min]	3.87	6.19	3.87	3.87
Tempo de Detenção Degradação [h]	59.700	23.4830	31.5500	22.7500
Velocidade Média de Remoção [mgDBO.h ⁻¹]	15.228	5.603	7.731	20.931
Taxa de Aplicação Volumétrica [gDBO.m ⁻³ .dia ⁻¹]	94.424	21.715	47.937	129.793
Taxa de Aplicação Superficial [gDBO.m ⁻² .dia ⁻¹]	72.707	16.721	36.911	99.940
Taxa de Aplicação Superficial [m ² .hab ⁻¹]	0.743	3.230	1.463	0.540
Aeração Máxima [mgOD.L ⁻¹]	7.000	6.000	7.000	7.000

Observa-se, nos resultados, que a taxa de aplicação volumétrica para os diversos tipos de meio suporte foram maiores para o sistema misto, pedrisco e brita 02, enquanto, para areia, a taxa foi a menor de todos os meios suportes testados. Este fato deve-se a baixa aeração conseguida por sistema

de aeração natural em areia, como mencionado no parágrafo anterior, e também a menor capacidade hidráulica do reator, quando preenchido apenas com areia, como ilustrado no gráfico 1.

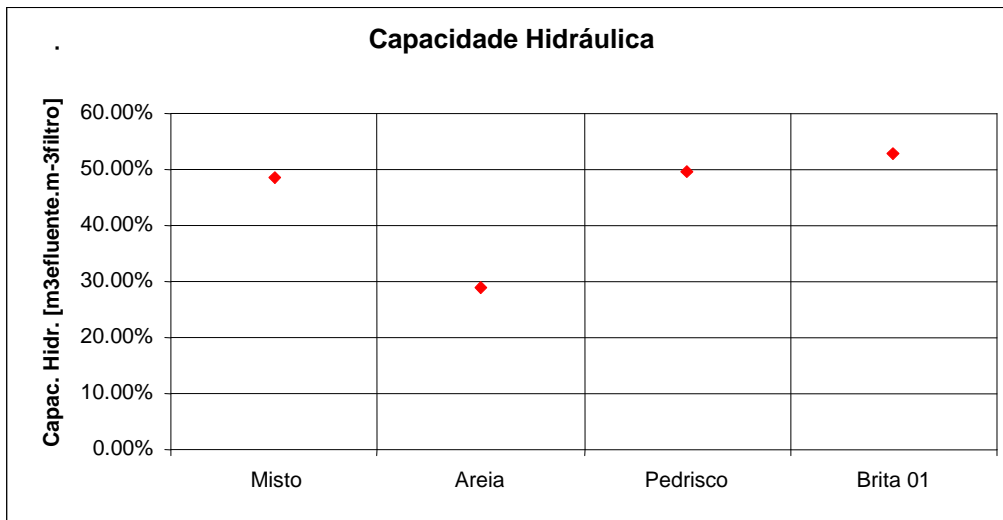


Gráfico 01: Capacidade Hidráulica.

Quando comparou estes resultados aos obtidos com a aeração artificial, através de sopradores de aquário com pedra difusora semi-esférica, obteve-se, praticamente, a mesma taxa de aplicação volumétrica que quando aerado artificialmente. Este fato pode ser explicado pela aeração artificial ter sido controlada pela sonda de entrada para os valores entre 5,5 a 6,0 mgOD.L⁻¹, enquanto a aeração natural atingiu valores de 6,0 mgOD.L⁻¹ para a areia e 7,0 mgOD.L⁻¹ para os demais meios suportes. Porém, a capacidade hidráulica do filtro com aeração natural, foi de 50 % da capacidade hidráulica do reator aerado artificialmente.

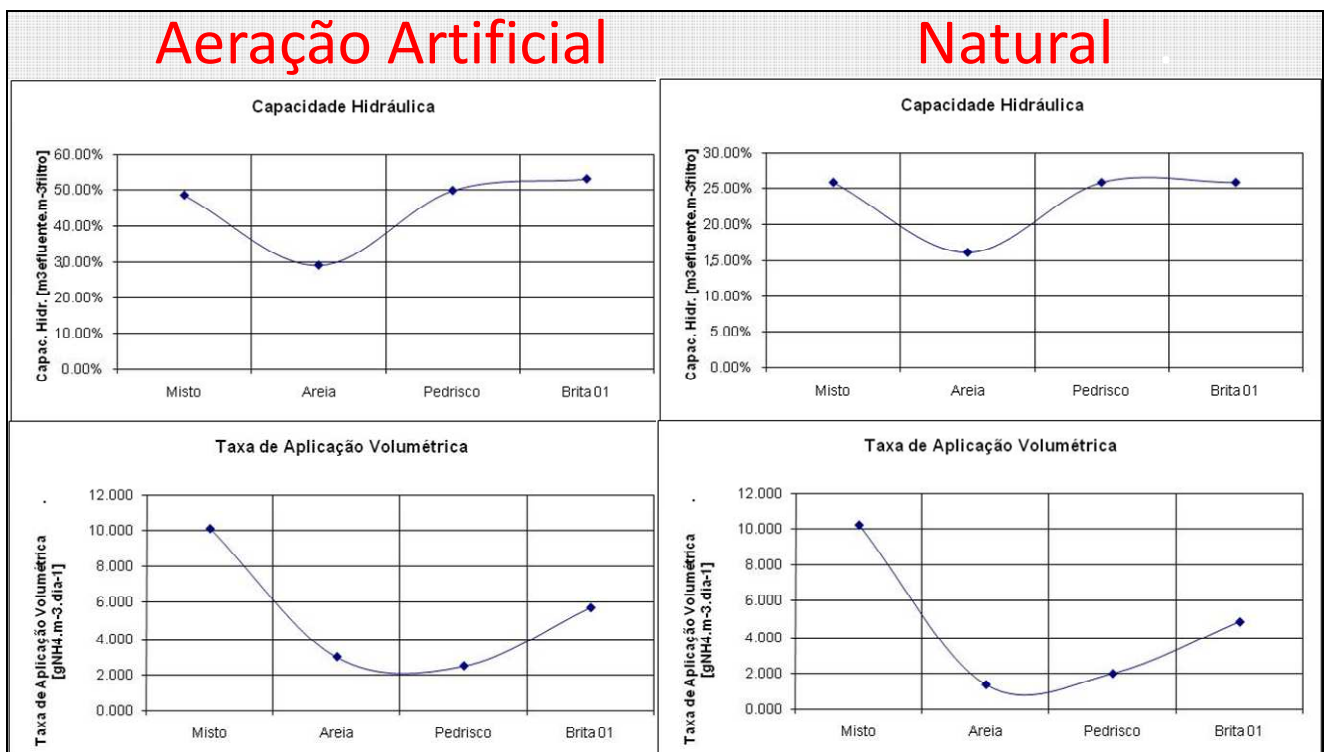


Gráfico 02: Comparação entre aeração artificial e natural.

Observa-se também, que o meio-suporte de areia foi o único a ter uma diminuição significativa na taxa de aplicação volumétrica, fato devido à aeração natural ter sido praticamente a mesma da aeração artificial, $6,0 \text{ mgOD.L}^{-1}$, sendo assim, influenciada a queda pela menor capacidade hidráulica do filtro.

Conclusões

O estudo realizado apresentou taxas de aplicações volumétricas relativamente altas para sistemas de aeração natural, porém, houve perda de 50 % da capacidade hidráulica devido à existência de região não saturada do filtro. Portanto, a utilização de aeração natural em sistemas com regiões saturadas e não saturadas, mostra-se bastante vantajosa, com excessão da areia como meio suporte, pois não se têm gasto adicional de energia elétrica para aerar um sistema aeróbio de tratamento de efluente.

Novas pesquisas devem ser desenvolvidas, variando a altura da camada saturada e não saturada; e variando também a vazão de reciclo, compatibilizando-as com a eficiência energética e de tratamento do efluente.

Bibliografia

ANDREOTTOLA G., FOLADORI P., FERRAI M., ZIGLIO G. Respirimetria applicata alla depurazione delle acque: principi e metodi. Collana scientifico-divulgativa Monographia, n. 3. Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, Università degli Studi di Trento. 2002.

ALEM SOBRINHO, P. ; FERREIRA FILHO, S. S. . Considerações sobre o tratamento de despejos líquidos gerados em estações de tratamento de água. Engenharia Sanitária e Ambiental, São Paulo, v. 3, n. 3/4, p. 128-136, 1998.

BARBAGALLOS, S. et al. La fitodepurazione di acque reflue urbane per il riuso a scopo irriguo: un caso studio Siciliano, Ingegneria Ambientale, Milano, IT, v. XXXIX, n° 1 p. 34-40; 2003.

BAYLEY, S.E. The effect of natural hydroperiodic fluctuations on freshwater receiving added nutrients. In: Godfrey, P.J. et al (eds.) Ecological Considerations in Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters. New York: Van Nostrand Reinhold, 1985. p.180.

BRASIL, M. S., MATOS, A. T. Avaliação de aspectos hidráulicos e hidrológicos de sistemas de alagados construídos de fluxo subsuperficial, Eng. Sanit. Ambiental, pag 323-328 vol. 13 n° 3, 2008

BREEN, P.F. A mass balance method for assessing the potential of artificial wetlands for wastewater treatment. Water Res., v.24, p.689, 1990.

BRIX, H. Wasterwater treatment in Constructed Wetlands: System Design, Removal Processes, and Treatment Performance. In: Moshiri, G.^a (ed.) Constructed Wetlands for Water Quality Improvement. Boca Raton: Lewis Publishers, 1993

BRIX, H., SCHIERUP, H.H. The use of aquatic macrophytes in water pollution control. Ambio, v.18, p.100, 1989.

COOPER, P.F., JOB, G.D., GREEN, M.B., SHUTES, R.B.E. Reed beds and constructed Wetlands for Wastewater Treatment WRc Publications, p.206,1996.

EIGHMY, T.T., BISHOP, P.L. Distribution and rate of bacterial nitrifying populations in nitrogen removal in aquatic treatment systems. *Water Res.*, v.23, p.947, 1989.

GREEN, M.B. Experience with establishment and operation of reed bed treatment for small communities in the Uk. *Wetlands Ecology and Management*. V.4, p.147-158, 1997.

JEDICKE, A, FURCH, B., SAINT-PAUL, U., SCHLUTER, U.B. Increase in the oxygen concentration in Amazon waters resulting from the root exudation of two notorious water plants, *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae) and *Pistia stratiotes* (Araceae). *Amazonia*, v.11, p.53, 1989.

KELLY, J.R., HARWELL, M.A. Comparisons of the processing of elements by ecosystems. I. Nutrients in: Godfrey, P.J. et al (eds.) *Ecological Considerations in Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1985. p.137.

METCALF & EDDY, Inc., "Wastewater Engineering", Tata McGraw-Hill, New York, 4^a ed., 2003.

REDDY, K.R., DEBUSK, W.F. Nutrient removal potential of selected aquatic macrophytes. *NJ. Environ. Qual.*, v.14, p.459, 1985.

REED, S.C., MIDDLEBROOKS, E.J., CRITES, R.W. *Natural Systems for Waste Management and Treatment*. New York: McGraw-Hill, 1988.

ZIGLIO G., ANDREOTTOLA G., FOLADORI P., RAGAZZI M. Experimental validation of a single-OUR method for wastewater RBCOD characterisation. *Water Science and Technology*, 43 (11), 119-126. 2001.