

II-436 - A CONTRIBUIÇÃO DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS POR ZONAS DE RAÍZES PARA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

Altair Rosa⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela PUCPR, mestre em Gestão Urbana pela PUCPR, especialista em Engenharia de Segurança no Trabalho – UTFPR. Atualmente é professor do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental da PUCPR, pesquisador do grupo de pesquisa do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental da PUCPR doutorando em Engenharia Hidráulica e Saneamento USP São Carlos Contato: altair.rosa@pucpr.br

Daniele Campanharo Bizetto⁽²⁾

Cursando Engenharia Ambiental pela PUCPR, foi bolsista de iniciação científica atualmente intercambista no programa universidades sem fronteiras.

Contato: daniele.bizetto@pucpr.br

Lohanna Zadureski de Carvalho⁽³⁾

Cursando Engenharia Ambiental pela PUCPR, foi estagiaria na PUCPR, no curso de Engenharia Ambiental e atualmente é bolsista de iniciação científica.

Ana Paula Coelho Schimaleski⁽⁴⁾

Cursando Engenharia Ambiental pela PUCPR e bolsista de iniciação científica.

Contato: ana.schimaleski@pucpr.br

Endereço⁽¹⁾: Rua Comendador Araújo Número 560 APTO 07 - Centro – Curitiba – Paraná - CEP: 80420-000 – Brasil - Tel: +55 (41) 3271-1599 - e-mail: altair.rosa@pucpr.br

RESUMO

Zonas de raízes podem ser descritas como um sistema de tratamento de águas e efluentes, simulando ambientes naturais, como pântanos e banhados, também podem ser considerados como sistemas alternativos de tratamento. Sua construção pode ser basicamente composta por algumas etapas (camadas), plantas (macrófitas), filtros (pedras ou areia) e substrato (depende do projeto). Apresentam propriedades de retirar poluentes diversos presentes em ambientes naturais e efluentes, necessitando de poucos recursos e nenhuma energia externa. A pesquisa relata o monitoramento e avaliação da eficiência de uma zona de raízes construída há cerca de dois anos no Patronato Santo Antônio, localizado em São José dos Pinhais, região metropolitana de Curitiba. Objetivando divulgar o sistema como um eficiente método de tratamento de esgoto alternativo. O sistema foi projetado para receber a contribuição de aproximadamente seiscentas pessoas. O sistema é composto por um reator anaeróbico e a zona de raízes, formada por dois tanques, compostos por pedra brita, areia, substrato e macrófitas das espécies *Typha domingensis* e *Hedychium coronariu*. O monitoramento da zona de raízes foi realizado de março até julho de 2012, sendo coletadas amostras mensalmente. Os parâmetros analisados foram: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), pH, demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal, fósforo, nitrato, nitrito e coliformes totais. Através de análises dos parâmetros foi possível fazer um diagnóstico da eficiência do tratamento, envolvendo comparativos com outros estudos e com a legislação pertinente. Os resultados mais significativos foram de coliformes totais com até 99,97% de eficiência de remoção, DBO com 98,90% e DQO com 98,04%. Desse modo, a zona de raízes se mostra como uma alternativa eficaz e viável ao tratamento de esgoto, principalmente em comunidades sem acesso a rede de esgoto.

PALAVRAS-CHAVE: Zona de raízes, Tratamento alternativo, Esgoto.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso vital aos seres vivos, ao equilíbrio dos ciclos biogeoquímicos e dos ecossistemas do planeta. Apesar da sua importância, está suscetível às condições do meio ambiente e a contaminação causada, principalmente, pela atividade antrópica. Podendo agregar características positivas ou negativas ao seu estado original, alterando-a tanto em termos qualitativos quanto quantitativos, trazendo prejuízos ao meio ambiente e comprometendo as águas de abastecimento (KACZALA, 2005).

Um dos maiores fatores de contaminação do meio ambiente é o esgoto, gerado pelas residências e indústrias. Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, do IBGE (2010), apenas 55,4% dos domicílios brasileiros estão ligados à rede geral de esgoto e 11,6% ainda fazem uso da fossa séptica. Além disso, sabe-se da problemática de tratamentos deficientes e de sua ausência em diversas regiões. Esse quadro acarreta no lançamento de efluentes fora dos padrões requeridos em corpos d'água, restringindo seu uso para outros fins (SILVA, 2007).

Analisando essa temática, estudos vêm propondo tratamentos alternativos, como as zonas de raízes. Utilizadas na Europa e na América desde o século XX, as zonas de raízes, capazes de tratar esgoto e água, superam os pontos fracos dos sistemas naturais de várzeas através de um maior controle hidráulico e da seleção das espécies de vegetação que a compõe. Envolvem vegetação, substrato sólido e microrganismos associados, que atuam na remoção de poluentes (LAUTENSCHLAGER, 2001).

Em sistemas aquáticos, o efluente é tratado principalmente por meio de metabolismo bacteriano e sedimentação física. Sendo assim, há uma grande importância nos critérios de seleção das plantas que devem se estabelecer e crescer rapidamente, além de assimilar e estocar nutrientes na biomassa (TANNER, 1996). As plantas que reúnem essas características são as macrófitas que adquiriram ao longo dos anos propriedades de aproveitamento de luz, água e nutrientes e alta produção de sementes (ESTEVES, 1998). Suas raízes são capazes de formar um meio filtrante de absorção de sólidos e de fixação de microrganismos e os seus caules previnem o crescimento de algas e os efeitos do vento sobre o sistema (EPA, 1999). Dentre as plantas mais utilizadas em zonas de raízes estão a: *Typha spp*, *Juncos spp.*, *Carex spp*. Outros fatores importantes a serem considerados são a seleção do substrato (solo, areia, brita, cascalho) e a vazão do efluente, que pode sofrer variações diárias e sazonais influenciando na eficiência do sistema.

No presente estudo, as zonas de raízes surgiram como a solução para a falta de acesso à rede de esgoto, situação encontrada na região metropolitana de Curitiba, no município de São José dos Pinhais, onde está localizado o Patronato Santo Antônio, que optou por construir esse sistema há cerca de dois anos para substituir o destino anterior de seus efluentes, somente a fossa séptica. Com intuito de avaliar a eficiência do sistema, sucederam-se coletas mensais, durante o período de março a julho, analisando diversos parâmetros considerados relevantes para a análise do sistema.

MATERIAIS E MÉTODO

A metodologia de pesquisa empregada se caracterizou pelo seu caráter exploratório, pois se pretendeu uma maior aproximação e familiaridade com a realidade pesquisada, integrando conhecimento empírico e literatura como instrumento de promoção do desenvolvimento sustentável. O procedimento de coleta de informações necessárias à construção do raciocínio exposto foi o estudo de caso. As informações levantadas foram confrontadas com referências da bibliografia visando compreender a relevância e as dificuldades em praticar um monitoramento eficiente da zona de raízes construída. O estudo de caso obteve como análise o monitorando da entrada e da saída do efluente no sistema, através de análises laboratoriais mensais, durante 5 meses. Os parâmetros de monitoramento foram demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), pH, demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal, fósforo, nitrato, nitrito e coliformes totais.

LOCALIZAÇÃO

O sistema foi construído no Patronato São Antônio, instituição filantrópica pertencente ao grupo Marista, localizado no município de São José dos Pinhais, região metropolitana de Curitiba, estado do Paraná, Brasil (Figura 01). O patronato funciona em dois sistemas de atendimento: lar – onde residem vinte (20) crianças e socioeducativo – no qual cerca de seiscentas (600) participam diariamente de atividades educativas.



Figura 01: Localização da Área de Estudo

Fonte: Autores

SISTEMA DE ZONA DE RAÍZES

Concluído no ano de 2010, o sistema de tratamento foi construído para atender uma vazão sanitária de 0,85 L/s, correspondendo à contribuição de 600 habitantes por dia. O sistema é composto por uma fossa séptica, um reator anaeróbio e a zona de raízes.

O reator anaeróbio possui três metros de diâmetro e é formado por três estágios de fossa séptica que funcionam como uma espécie de decantador. O quarto estágio funciona como um filtro prévio e possui um volume de 14,13m³ de pedra brita.

Em seguida, o efluente passa pela zona de raízes constituída por dois tanques de 64 m² cada, composto por 12,80 m³ de terra, 38,40m³ de pedra brita e as macrófitas das espécies *Taboa* e *Hedychium coronariu*.

A *Taboa* é da família monotípica (*Typhaceae*), que contém o único gênero *Typha* (*Typha spp.*), onipresente em distribuição, forte, capaz de prosperar em condições ambientais diversas e de fácil propagação, representando, assim, uma espécie ideal de planta para zonas de raízes. Seu pH ideal está entre 4 e 10, e temperatura desejável entre 10 e 30 (EPA, 1999).

A *Hedychium coronariu* está distribuída ao longo do mundo inteiro. No Brasil, a espécie pode ser encontrada na costa e outras regiões. Tem por nome comum, lírio-do-brejo e pertence à família *Zingiberaceae*, recomenda-se sua poda nos meses de verão e antes da sua floração (SANTOS, 2005).

O efluente do tratamento é encaminhado a um pequeno córrego paralelo ao sistema e que não possui denominação, contudo, sabe-se que suas águas desembocam no Rio Miringuava, que, por sua vez, deságua no Rio Iguaçu.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do monitoramento do sistema e análise do sistema foram obtidos resultados pertinentes aos parâmetros analisados (Tabela 01) e também a eficiência em porcentagem (Tabela 02).

Tabela 01: Dados das coletas realizadas

	COLETA 1		COLETA 2		COLETA 3		COLETA 4		COLETA 5	
	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
T	23,8	19,5	19,5	16,5	19,5	16,9	16,8	15,1	16,9	14,4
pH	6,08	6,48	5,72	6,5	6,4	6,3	4,26	6,58	7,26	6,9
DBO	5320	74	1810	20	260	54	1110	34	970	446
DQO	12238,8	1645,16	1886	186	967,2	181,9	1369,53	28,89	76,8	22,28
OD	0,5	1,46	1,96	4,34	4,17	2,29	6,15	4,04	5,8	3,98
N	47,24	41,87	83,76	33,75	484,6	63,23	19,03	31,9	19,7	15,73
NO ₂	0,032	54	0,3	0,089	0,13	0,1	0,31	0,048	0,23	0,02
NO ₃	8,4	13	5	1	5,8	2	7	0,7	10,5	1,3
P	0,37	2,35	0,65	0,38	5,68	0,43	1,2615	4,75	1,75	1,22
CT	>241960 000	325500 000	1396000 00	300000 0	613100 00	20980	161600 00	7760	1935000 0	27300
<i>E. coli</i>	5794000 00	315000 00	3000000	100000 0	191800 00	10120	119800 00	2750	3690000	4100

Legenda: T: Temperatura da amostra (°C); pH; DBO : Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L⁻¹); DQO: Demanda Química Oxigênio (mg.L⁻¹); OD: Oxigênio Dissolvido (mg.L⁻¹); N: Nitrogênio Amoniacal (mg.L⁻¹); NO₂ : Nitrito; NO₃: Nitrato; P: Fósforo (mg.L⁻¹); CT: Coliformes Totais (NMP.100 ml⁻¹); E.coli: *Escherichia coli* (NMP.100 ml⁻¹).

Tabela 02: Eficiência das coletas realizadas

Parâmetros	COLETA 1	COLETA 2	COLETA 3	COLETA 4	COLETA 5
DBO	98,61%	98,90%	79,23%	96,94%	45,88%
DQO	86,56%	90,14%	81,19%	98,04%	70,99%
N	11,37%	59,71%	86,95%	-67,63%	20,15%
NO ₂	-168,65%	70,3%	23,08%	84,52%	91,23%
NO ₃	-54,76%	80%	65,52%	90%	87,62%
P	-535,14%	41,34%	92,44%	-193,37%	30,15%
CF	86,55%	97,85%	99,97%	99,95%	99,85%
E. coli	94,56%	66,67%	99,95%	99,98%	99,89%

Ao analisar o parâmetro temperatura, considera-se que a eficiência foi relevante devido à redução da temperatura na saída do sistema em todas as coletas, fator positivo a vida aquática. O pH teve sensíveis mudanças, apresentando aumento nas duas primeiras coletas, o que, segundo Baird (2002), é uma situação benéfica para o desenvolvimento das plantas e retirada de poluentes do meio, além da destruição dos microrganismos prejudiciais ao sistema. Nas outras três coletas houve uma redução do pH devido a alta quantidade de precipitações, sendo que os resultados se assemelharam ao pH da chuva.

Com relação à DBO e a DQO, houve melhoras significativas, principalmente nas primeiras coletas que apresentaram elevadas cargas de matéria orgânica, com uma eficiência média de 83, 91% e 85,39%, respectivamente.

Nas duas primeiras coletas, o OD sofreu um aumento, uma condição importante para o estabelecimento da vida aquática. Contudo, nas coletas seguintes notou-se uma inversão na qual os resultados do OD da entrada estavam maiores que o da saída. A ocorrência dessa diminuição pode ser decorrente da mudança do ponto de coleta, que nas duas coletas iniciais ocorreram na primeira fase do reator anaeróbio e nas três seguintes na

tampa de esgoto que leva o efluente ao sistema. Notou-se que na tampa de esgoto o efluente coletado possuía uma vazão maior com relação à primeira tampa do reator, podendo ter agregado resultados excessivamente positivos a entrada do sistema. O decréscimo de OD também pode ser explicado por um aumento do consumo de oxigênio pelas plantas do sistema.

Em termos de redução da carga de nitrogênio, o sistema mostrou resultados eficientes atingindo 86,95% de eficiência na terceira coleta, apresentando resultados negativos apenas na quarta. A maior taxa de nitrogênio na saída do sistema pode estar relacionada ao baixo tempo de detenção dele com relação à vazão do dia da coleta, que apresentava precipitação acima da média.

Tanto o nitrito quanto o nitrato apresentaram resultados eficientes de remoção em quase todas as coletas exceto na primeira coleta, na qual o tempo de análise havia sido ultrapassado, podendo ter interferido no resultado. O fósforo apresentou eficiência negativa apenas na primeira e na quarta coleta, o que pode estar associado à eventual morte de macrófitas ou a um possível acúmulo de fósforo nas plantas, que causou um retorno do nutriente ao sistema.

Os coliformes totais e a *Escherichia coli* apresentaram resultados de alta eficiência, chegando a 99,97% e 99,98% respectivamente.

A eficiência negativa de alguns parâmetros pode estar relacionada com um aumento das cargas de poluentes da entrada, que, possivelmente, se acumularam no substrato e nas macrófitas, fazendo com que os poluentes filtrados previamente retornassem ao efluente.

CONCLUSÃO

A pesquisa revela o quão promissor está o ramo de tecnologias alternativas para a melhoria da qualidade do meio ambiente. O sistema de zona de raízes do Patronato, de modo geral, apresentou resultados eficientes de remoção de poluentes alcançando 99,98% de remoção de *Escherichia coli*, além de bons resultados na DBO e na DQO alcançando mais de 98% em algumas coletas, apresentando resultados positivos na maior parte das coletas.

Contudo, a eficiência da zona de raízes poderia ser melhorada se houvesse uma melhor manutenção no sistema através da poda freqüente das macrófitas, geralmente recomendada após o surgimento das primeiras flores. Isso evitaria a disseminação de sementes, responsáveis por causar uma dispersão excessiva de taboas, podendo comprometer a remoção de poluentes (DORNELAS, 2008). Outra adaptação seria a eventual instalação de uma lagoa de estabilização que aumentaria o tempo de detenção do sistema, permitindo que o nitrogênio pudesse atingir todos os seus estágios de oxidação.

Através da bibliografia destaca-se que o sucesso ou não do sistema é suscetível a diversas variáveis como o dimensionamento, o clima da região, as plantas utilizadas e a manutenção feita no sistema. O clima também pode ter prejudicado o funcionamento da zona de raízes, pois as variações das temperaturas podem ter afetado as taxas de reações e dos processos envolvidos no funcionamento do sistema. A ocorrência freqüente de precipitações nas últimas coletas pode ter afetado o balanço hídrico da zona de raízes, diluindo excessivamente o poluente, sendo considerada prejudicial à falta de matéria orgânica no sistema (LAUTENSCHLAGER, 2001). Pode ocorrer ainda um aumento da vazão do afluente, na qual parte do esgoto pode ser transferida diretamente ao corpo receptor, não passando por um período de detenção no sistema (VON SPERLING, 1996).

Como proposta para pesquisas futuras, sugere-se uma análise do impacto causado no corpo d'água no qual o efluente é lançado, que apesar do não conhecimento de seu nome e de sua classificação, e da falta de controle de qualidade de suas águas, possui importância para o meio ambiente.

Os resultados e as conclusões adquiridos ao longo da pesquisa apresentaram relevância ao estudo da zona de raízes, ao monitoramento da eficiência do sistema no Patronato e também a expansão do uso de zonas de raízes no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAIRD, C. Química Ambiental. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. p. 498-508.
2. DORNELAS, F. L. Avaliação do desempenho de wetlands horizontais subsuperficiais como pós-tratamento de efluentes de reatores UASB. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
3. EPA. Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters. EPA/625/R/010, Cincinnati, Ohio, U.S.A, 1999.
4. ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
5. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2010: sinopse. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2011.
6. KACZALA, F. Viabilidade do uso de efluentes tratados por zonas de raízes na irrigação: Estudo de Caso na Vila Dois Rios – Ilha Grande – RJ. Rio de Janeiro, 2005. Dissertação de mestrado. Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
7. LAUTENSCHLAGER, S. R. Modelagem do desempenho de “wetlands” construídas. São Paulo, 2001. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2001.
8. SANTOS, R. F. dos. Planejamento Ambiental: teoria e prática. São Paulo: Oficina de textos, 2007.
9. SILVA, S. C. Wetlands Construídos de Fluxo Vertical com Meio de Suporte de Solo Natural Modificado no Tratamento de Esgotos Domésticos. 2007. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2007.
10. TANNER, C. C. Plants for constructed wetland treatment systems – A comparison of the growth and nutrient uptake of eight emergent species. Ecological Engineering, 1996.
11. VON SPERLING, M. Princípios básicos do tratamento de esgotos. Belo Horizonte: DESA; UFMG, 1996. 243 p.