

REÚSO DE ÁGUAS CINZAS EM LOTES URBANOS: USO DE SISTEMAS CONSTRUÍDOS DE ÁREAS ALAGADAS¹

OLIVEIRA, P. C. A. de, Universidade Estadual de Campinas, email: engcivil.pedro@gmail.com; ILHA, M. S. de O., Universidade Estadual de Campinas email: milha@fec.unicamp.br; CRUZ, L. M. de O. Universidade Estadual de Campinas email: luana@fec.unicamp.br;

ABSTRACT

The sustainable use of water in cities implies different measures for mitigating the impact of the need of potable water and the consequent sewage generation in buildings. Thus, strategies for water reuse assume great importance, together with adequate systems for the effluents treatment. Constructed wetlands are increasingly used for sewage treatment. However, these systems usually have large dimensions, since the retention time is determinant for their performance, making their use in urban lots unfeasible. This article presents a compilation of studies of constructed wetlands, verifying the effectiveness of the treatment, comparing the influence of the typology and associated technologies, and if the minimum quality levels for restricted reuse for non-potable activities are reached. The results indicated that the vertical typology, in most cases, reached better levels of the removal of organic load and total suspended solids.

Keywords: Constructed wetlands. wastewater reuse. grey water. low impact development.

1 INTRODUÇÃO

A conservação de água é uma das premissas para tornar o ciclo hidrológico urbano mais sustentável. Além de estratégias que reduzam os desperdícios, o reúso de água assume importância, contribuindo para a diminuição do esgoto sanitário gerado pelo uso da água nos edifícios.

Estratégias tais como a detecção de vazamentos nos sistemas prediais, o uso de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo, a sensibilização dos usuários para o uso racional, a gestão das águas pluviais no lote e o reúso de água podem contribuir para mitigar os impactos da urbanização no ciclo hidrológico da água.

O reúso pressupõe o tratamento, ainda que para usos não potáveis, de modo a assegurar a qualidade da água ofertada. O tratamento das águas cinzas para fins de reúso apresenta um grande potencial nesse sentido, tendo em

¹ OLIVEIRA, P. C. A. de; ILHA, M. S. de O.; CRUZ, L. M. de O. Reúso de águas cinzas em lotes urbanos: uso de sistemas construídos de áreas alagadas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

vista a menor contaminação associada e, portanto, menor risco para os usuários.

Uma das tecnologias que vem sendo estudadas para o tratamento da água cinza é o sistema construído de áreas alagadas (*constructed wetlands*) - SCAA. Além da filtração pela passagem pela areia, as raízes das plantas assimilam facilmente a matéria orgânica (Kabbaj e Saoiabi, 2013).

Algumas das vantagens dos SCAA são a adaptação a diferentes climas e floras, a possibilidade do uso de plantas locais; a baixa demanda de energia e o reduzido custo operacional (MASI et al., 2010). Destaca-se também que os SCAA apresentam um bom desempenho em climas tropicais, devido a maior atividade microbiológica nas temperaturas elevadas (Trang et al, 2009).

Para o uso residencial unifamiliar, podem ser utilizados SCAA compactos (SCAA-c), os quais são classificados, segundo o sentido principal do fluxo de água, em verticais e horizontais. Ademais, quando o nível de saída da água estiver acima do nível da areia onde se encontram as plantas, com uma lâmina de água visível, o SCAA-c é denominado “alagado”.

Este trabalho objetiva evidenciar a relação entre o desempenho das diferentes tipologias de SCAA-c constantes na literatura em termos do tratamento de águas cinzas para fins de reúso em irrigação paisagística em áreas restritas e descarga de bacias sanitárias.

2 MÉTODO

O mapeamento sistemático da literatura efetuado nesse trabalho foi baseado em DRESCH; LACERDA; ANTUNES JR (2015).

As bases de dados selecionadas foram Web of Science (2018), Scopus (2018) e Engineering Village (2018) e a busca foi restrita a artigos de periódicos publicados na língua inglesa e sem restrições às datas de publicação.

Após a seleção final dos artigos, foi realizada a sistemática da “bola de neve”, considerando-se o mesmo critério de seleção inicial, ou seja, apenas artigos de periódicos publicados na língua inglesa.

Para a análise do desempenho dos SCAA-c, foram comparados os parâmetros mais frequentemente empregados na literatura consultada, qual sejam: Demanda química de oxigênio, Demanda Bioquímica de oxigênio, Nitrogênio, Fósforo e sólidos suspensos. Também foi analisada a taxa de coliformes termotolerantes pois, apesar dos SCAA-c apresentarem melhorias desse parâmetro, é necessário associar essa etapa ao tratamento afim de garantir o uso seguro do efluente para reúso, ainda que em atividades específicas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram levantados 67 artigos nas bases de dados selecionadas (busca entre setembro e outubro de 2017). Onze artigos foram considerados aderentes e selecionados para as análises, 3 deles via “bola de neve”. Estes documentos apresentam 15 SCAA-c (Quadro 1), cujo desempenho é apresentado nas Tabelas 1 e 2.

Quadro 1 – Caracterização dos SCAA-c.

Estudo	Fonte	Tipologia	Tecnologia Associada	
			Montante	Jusante
1	Gross et al (2007)	Vertical com recirculação	---	Desinfecção Cloro
2	Gross et al (2008)	Vertical com recirculação	---	Desinfecção Cloro
3	Sklarz et al (2009)	Vertical com recirculação	---	Desinfecção UV
4	Frazer-Williams et al (2008)	Vertical	---	Aeração
5	Munavalli e Pise (2012)	Vertical	Tanque e filtro de areia	Vermicompostor
6	Paulo et al (2006)	Vertical	Caixa de gordura	---
7	Paulo et al (2009)	Horizontal e Vertical	Tanque de sedimentação	---
8	Paulo et al (2013)	Horizontal e Vertical	Caixa de gordura	---
9	Jokerst et al (2011)	Horizontal e Horizontal alagada	---	---
10	Frazer-Williams et al (2008)	Horizontal	---	Aeração
11	Masi et al (2010)	Horizontal	---	Filtro de areia e desinfecção UV
12	Masi et al (2010)	Horizontal e Horizontal alagada	---	---
13	Masi et al (2010)	Horizontal	Caixa de gordura	---
14	Masi et al (2010)	Horizontal	Reator UASB	---
15	Ran, Agami e Oron (2004)	Horizontal Alagado	Tanque de sedimentação	---

Fonte: Os autores

Tabela 1 – Desempenho dos SCAA-c – parte A.

Estudo	DQO			DBO			SST	
	Inicial (mg/l)	Remoção (%)	TAS (g/m ² d)	Inicial (mg/l)	Remoção (%)	TAS (g/m ² d)	Inicial (mg/l)	Remoção (%)
1	839	81	423,7	466	99,0	235,4	158,0	98,0
2	230	80,4	92,9	105	99,0	42,4	158	98,1
3				120	95,0	36,4	90,0	90,0
4	82	80,9		20	93,1	36,4	26,0	88,0
5				115	85,0			
6	571	47,8	41,7				109,1	84,3
7	646	88,0	65,5	435	95,0	44,1	120,0	92,0
8	748	95,2	90,7					
9				86	92,0	1,0	171,0	73,0
10	82	81,7		20	92,0		26,0	87,8
11	120	79,2	105,0	51	80,4	44,6	42,5	58,6
12	190	98,0	110,0	91	90,0	52,7	54	
13	470	98,0	40,0	276		23,5	148,0	
14	748		40,0					
15	298	67,5	32,6	142	70,6	15,5	64,9	77,7

TAS – taxa de aplicação superficial. DQO – demanda química de Oxigênio. DBO – demanda bioquímica de Oxigênio. SST – sólidos suspensos totais

Fonte: Os autores

Tabela 2 – Desempenho dos SCAA-c – parte B.

Estudo	Nitrogênio			Fósforo			Coliformes termotolerantes (CTT/100ml)	
	Inicial (mg/l)	Remoção (%)	TAS (g/m ² d)	Inicial (mg/l)	Remoção (%)	TAS (g/m ² d)	Montante	Jusante
1	34,3	69,0	17,32	22,8	71,0	11,5	5*10 ⁷	2*10 ⁵
2	34,0	67,7	13,74	23,0	69,6	9,3	5*10 ⁷	10 ³
3	37,0	93,0	11,21					
4							1,2*10 ⁶	9,5*10 ⁴
5								
6	9,2	67,1	0,67	39,9	44,1	2,9	1,8*10 ⁸	3,3*10 ⁸
7	8,8	32,0	0,89	5,6	58,0	0,6	5,4*10 ⁸	1,1*10 ⁶
8								
9	13,5	64,0	0,15	4	65,0	0,04		
10							1,2*10 ⁶	1,9*10 ³
11	15,2	40,8	0,13				1,3*10 ⁵	10 ⁴
12	7,6			7,2			1,1*10 ⁴	
13	9,8			7,0				
14								
15	51,0	15,5	5,58	60,5	-1,98	6,6	8,3*10 ⁵	7,6*10 ⁴

CTT – coliformes termotolerantes

Fonte: Os autores

Verifica-se que o desempenho do sistema vertical é superior, sempre com o devido dimensionamento.

A associação de recirculação ou aeração é eficiente para atingir altos índices de remoção de contaminantes. A grande vantagem dessa tecnologia é a sua efetividade em diferentes concentrações de contaminantes, assim como apresentado em GROSS et al (2008). A recirculação potencializa a filtragem, fazendo com uma área reduzida seja mais vezes aproveitada. Todos os sistemas que a utilizaram tiveram índices de remoção iguais ou superiores a 90%.

Quanto à remoção de nitrogênio, percebe-se que o fator determinante é a concentração inicial no efluente, visto que a retirada de nutrientes ocorre de maneira mais lenta do que a degradação da matéria orgânica e, além disso, em pouco tempo de retenção a degradação é limitada. Apesar dos SCAA-c promoverem a diminuição de nutrientes, a remoção será menor no caso de altas taxas de aplicação superficial.

No sistema 15 se tem altas concentrações de nutrientes, mesmo após o tratamento, sendo suscetível facilmente à eutrofização. Essas características, além de apresentarem riscos à saúde aos usuários, impossibilitam o armazenamento.

A remoção de fósforo foi semelhante a de Nitrogênio; percebe-se que sistemas com mais altas porcentagens de remoção se devem às baixas concentrações no efluente.

No caso dos nutrientes, apesar dos índices de remoção serem similares, percebe-se que a concentração inicial e a taxa de aplicação superficial nos SCAA-c horizontal, alagados ou não, é menor em comparação aos SCAA-c vertical. O tratamento para retirada de nutrientes sem a segregação ocuparia sistemas maiores ou demandaria uma grande quantidade de energia, encarecendo o sistema. Para o reúso em irrigação, é benéfica a presença

moderada de nutrientes, apresentado como vantagem a devolução do nitrogênio e do fósforo ao solo.

A remoção de sólidos está diretamente ligada à aparência da água e à aceitação pelos usuários. A tipologia vertical também se mostrou superior nesse quesito.

Somente os sistemas 1 e 2 se enquadram para descarga e lavagem de roupas e carros ficando abaixo de 5 mg/L e todos se enquadram para rega. Mesmo que esteja desinfetada, se a água apresentar cor ou sólidos suspensos, o seu reúso tende a ser rejeitado pelos usuários.

Os sistemas horizontais, alagados ou não, apresentam porcentagens de remoção da matéria orgânica menores em média do que os sistemas verticais, devido a capacidade maior de filtração da tipologia vertical, principalmente quando associada a recirculação.

A remoção de sólidos é, na maioria dos estudos, maior nas tipologias verticais comparadas as horizontais e horizontais alagadas. Fator que influi diretamente na remoção de matéria orgânica. Mesmo a concentração, em média, do efluente inicial na tipologia vertical sendo maior neste parâmetro, o desempenho se mostrou superior, em especial nos casos em que foi utilizada a recirculação.

Quanto as tecnologias associadas, se comprova a maior capacidade de remoção de contaminantes da recirculação e aeração. A passagem pelo material filtrante várias vezes e o contato com o ar ambiente promovem a rápida degradação dos contaminantes e a retenção das partículas dissolvidas. Entretanto, a desvantagem é a demanda de energia que aumenta o custo de instalação e operação relacionada a instalação de bombas.

Observa-se que os sistemas compactos são limitados quanto à retirada de nutrientes, absorvendo uma quantidade pequena, sendo necessária a associação a outra tecnologia ou outra ferramenta para criar soluções acessíveis quando a concentração inserida for elevada.

Uma grande vantagem do reúso para rega de jardins e plantas ornamentais é que apesar da água de reúso conter matéria orgânica e nutrientes, essas substâncias em quantidades baixas são benéficas as plantas e tendem a ter resultados melhores do que adição de produtos artificiais (HOUSE et al., 1999).

4 CONCLUSÃO

Há evidências de redução de matéria orgânica, nutrientes e sólidos suspensos em faixas que, em alguns casos, assemelham os SCAA-c a sistemas com tratamentos com longo período de retenção hidráulica ou outros mais complexos. Sem a etapa complementar de desinfecção, contudo, não é indicado qualquer contato com usuários e nem o armazenamento.

Pelos resultados se percebe um melhor desempenho da tipologia vertical. Contudo, além dos parâmetros de qualidade comparados neste estudo, há a facilidade de construção, o fator estético e vários outros pontos que podem determinar a tipologia a ser escolhida.

Este é um campo novo que deve ser mais explorado, cada país possui uma legislação e requisitos de qualidade para o reúso, no Brasil ainda não se dispõe de normas específicas de reúso, portanto, não se pode afirmar que nenhum dos sistemas não poderia ser utilizado, mas que devem ser tomadas precauções quanto a saúde dos usuários.

Quanto maior a segregação, mais facilitado será o tratamento e, conseqüentemente, melhor o efluente final. Seria interessante a análise desse sistema para diferentes efluentes menos contaminados, como, por exemplo, as águas cinzas provenientes dos chuveiros. Faltam também trabalhos sobre a influência do regime pluvial sobre os SCAA-c e qual a manutenção requerida a longo prazo desses sistemas.

REFERÊNCIAS

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JR, J. A. V. **Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015. 181 p.

FRAZER-WILLIAMS, R.; AVERY, L.; WINWARD, G. ;JEFFREY, P.; SHIRLEY-SMITH, C.; LIU, S.; MEMON, F.; JEFFERSON, B.; **Constructed wetlands for urban grey water recycling. International Journal of Environment and Pollution**, [s. l.], v. 33, n. 1, p. 93–109, 2008.

GROSS A, SHMUELI, O.; RONEN, Z.; RAVEH, E. **Recycled vertical flow constructed wetland (RVFCW)—a novel method of recycling greywater for irrigation in small communities and households**. Chemosphere, [s. l.], v. 66, n. 5, p. 916–923, 2007.

GROSS, A.; SKLARZ, M.Y.; YAKIREVICH, A.; SOARES, M.I.M.;, **Small scale recirculating vertical flow constructed wetland (RVFCW) for the treatment and reuse of wastewater**. Water Science and Technology, [s. l.], v. 58, n. 2, p. 487–494, 2008.

HOUSE, C.H.; BERGMANN, B.A.; STOMP, A.M.; FREDERICK, D.J. **Combining constructed wetlands and aquatic and soil filters for reclamation and reuse of water**. Ecological Engineering, v. 12, n. 1, p. 27-38, 1999.

JOKERST A.; SHARVELLE, S.E.; HOLLOWED, M. E.; ROESNER, L. A.; **Seasonal performance of an outdoor constructed wetland for graywater treatment in a temperate climate**. Water Environment Research, v. 83, n. 12, p. 2187-2198, 2011.

MASI, F.; EL HAMOURI, B.; ABDEL SHAFI, H.; BABAN, A.; GHRABI, A. REGELSBERGER, M.; **Treatment of segregated black/grey domestic wastewater using constructed wetlands in the Mediterranean basin: the zer0-m experience**. Water Science and Technology, v. 61, n. 1, p. 97-105, 2010.

MUNAVALLI, G. R.; PISE, N. S. **Treatment of domestic wastewater by a hybrid natural system.** Journal of Water Reuse and Desalination, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 194–203, 2012.

PAULO, P.L.; BONCZ, M.Á.; ASMUS, A.F.; JÖNSSON, H.; IDE, C.N. **Greywater Treatment in Constructed Wetland at Household Level.** Researchgate. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/267226249_Greywater_Treatment_in_Constructed_Wetland_at_Household_Level> Acessado em 25/09/2017.

PAULO, P. L.; BEGOSSO, L.; PANSONATO, N.; SHRESTHA, R. R.; BONCZ, A. M. **Design and configuration criteria for wetland systems treating greywater.** Water Science & Technology v60, n8, 2009.

PAULO, P. L.; AZEVEDO, C.; BEGOSSO, L.; GALBIATI, A. F.; BONCZ, A.; **Natural systems treating greywater and blackwater on-site: Integrating treatment, reuse and landscaping.** Ecological Engineering, Research and innovation on ecotechnologies applied to improve wastewater treatment efficiency. [s. l.], v. 50, p. 95–100, 2013.

KABBAJ, K.; MAHI, M.; SAOIBI, A. **Influence of environmental parameters on reed beds in wastewater treatment in a small community in Morocco.** Journal of Water Reuse and Desalination, v. 3, n. 2, p. 169-174, 2013.

RAMPRASAD, C.; KUTTY, M. **Recycling of domestic wastewater by subsurface flow constructed wetland for construction purposes.** International Journal of Environment and Sustainable Development, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 286–292, 2016.

RAN, N.; AGAMI, M.; ORON, G.. **A pilot study of constructed wetlands using duckweed (*Lemna gibba* L.) for treatment of domestic primary effluent in Israel.** Water Research, [s. l.], v. 38, n. 9, p. 2241–2248, 2004

SKLARZ, M. Y.; GROSS, A. ; YAKIREVICH, A.; SOARES, M. I. M. **A recirculating vertical flow constructed wetland for the treatment of domestic wastewater.** Desalination, v. 246, n. 1-3, p. 617-624, 2009.

TRANG, N. T. D.; KONNERUP, D.; HANS-HENRIK, S.; CHIEM, N. H.; TUAN, L. A. **Kinetics of pollutant removal from domestic wastewater in a tropical horizontal subsurface flow constructed wetland system: effects of hydraulic loading rate.** Ecological engineering, v. 36, n. 4, p. 527-535, 2010.