

AValiação DA CAPACIDADE DE REMOÇÃO DE POLUENTES DE UM JARDIM DE CHUVA: ANÁLISE DE QUALIDADE DA ÁGUA INFILTRADA

1 INTRODUÇÃO

A ocupação desordenada das áreas urbanas tem levado a uma intensa impermeabilização das superfícies, que associada a obstrução das galerias de drenagem pelo descarte indevido do lixo, vem reduzindo a capacidade natural de drenagem das águas de chuva. Buscando minimizar os impactos resultantes do crescente escoamento superficial, foram adotadas tecnologias de drenagem urbana inicialmente seguindo um modelo higienista e num segundo momento o modelo ambientalista. O modelo higienista faz o uso do sistema de drenagem convencional, utilizando-se de pontos de captação de águas pluviais, conduzindo a água para fora à jusante das áreas urbanas. Esse sistema tem se revelado sobrecarregado, carecendo de um manejo alternativo das águas. O modelo ambientalista se utiliza do sistema de drenagem compensatório, com soluções de baixo impacto ambiental (MELO, 2011; REIS, 2018).

Os jardins de chuva são dispositivos de drenagem na fonte baseados no sistema de biorretenção e se enquadram nos sistemas de drenagem compensatórios, com função de reduzir o volume de escoamento superficial por meio da infiltração da água no solo e evapotranspiração, se mostrando soluções sustentáveis baseadas na natureza (MELO, 2011; REIS, 2018).

Li e Zhao (2008) caracterizam o jardim de chuva como um sistema de escoamento natural de águas pluviais e de purificação, desempenhando um papel significativo na preservação da qualidade da água e conservação das águas subterrâneas. Durante o processo que ocorre no dispositivo, são exercidas três principais aplicabilidades: retenção, filtração e infiltração. Tais etapas possuem a capacidade de reduzir o volume de água escoado, remover poluentes presentes e reduzir o transporte de contaminantes pelo escoamento superficial.

Os poluentes transportados pelas águas pluviais são capturados pela vegetação inserida na superfície do jardim de chuva e pelo solo. Os contaminantes podem incluir diversos materiais, como metais pesados e nutrientes em excesso, assim como matéria orgânica e outros detritos. As partículas são filtradas à medida que transitam pelo solo e pelas raízes das plantas (DUNNETT e CLAYDEN, 2007). Desse modo, o dispositivo protege os corpos d'água e o lençol freático de poluentes que seriam diretamente carregados pela chuva.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência de dois protótipos de jardim de chuva com composições distintas, instalados no IFES - Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Vitória, em relação a remoção de poluentes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 JARDIM DE CHUVA

Dentre as técnicas compensatórias, que buscam reduzir os impactos da urbanização, têm-se o jardim de chuva, que complementa e amplia a capacidade da rede de drenagem, maximizando o volume pluviométrico que pode penetrar no subsolo, permitindo o transpasse de águas superficiais e, posteriormente, recarregando o lençol freático (KUKADIA; LUNDHOLM; RUSSER, 2018), atuando como sistema de biorretenção capturando o escoamento superficial. Melo et al., (2014) realizou um estudo com jardim de chuva avaliando a retenção e capacidade de drenagem, e analisando o comportamento do sistema, tendo obtido resultados satisfatórios no amortecimento de volumes pluviais.

2.2 EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE POLUENTES

A biorretenção deve seu nome à capacidade da biomassa de reter nutrientes e outros poluentes e se baseia nos métodos naturais de purificação que ocorrem na cobertura vegetal (DEP, 2007). Sistemas de biorretenção como o jardim de chuva, são comumente instalados em regiões mais baixas e compostos por camadas de matéria orgânica e solo permeável, com a função de favorecer os processos de retenção, filtração e infiltração (MELO *et al.*, 2014), e com a configuração correta do dispositivo, garantem sustentabilidade ao sistema (DEP, 2007).

Entre os principais poluentes extraídos na biorretenção estão: Nitrogênio Total, Fósforo Total e Sólidos Suspensos Totais. Patógenos como Coliformes Totais e *Escherichia Coli* também vêm sendo eficientemente removidos por sistemas de biorretenção, que são capazes de reter essas bactérias através de suas características físicas (DAVIS A. L. *et al.*, 2009).

O quadro a seguir apresenta algumas pesquisas que realizaram remoção de poluentes através de sistemas de biorretenção.

Quadro 1 - Autores que realizaram remoção de poluentes em sistemas de biorretenção

Parâmetro	Fonte (s)
Cor	Braga, 2017
Turbidez	Braga, 2017
Nitrogênio Amoniacal	Braga, 2017; Davis <i>et al.</i> , 2006; Hunt <i>et al.</i> , 2006
Fósforo Total	Braga, 2017; Davis <i>et al.</i> , 2006; Hunt <i>et al.</i> , 2006; Li e Davis, 2009
Sólidos Suspensos Totais	Braga, 2017; Hunt <i>et al.</i> , 2008; Li e Davis, 2009; Wang, Chua e Shanahan, 2017
Coliformes Totais	Braga, 2017; Hunt <i>et al.</i> , 2008
<i>Escherichia Coli</i>	Braga, 2017; Hunt <i>et al.</i> , 2008; Li e Davis, 2009

Fonte: Adaptado de Braga (2017) e Melo (2011).

Os estudos levantados analisaram sistemas de biorretenção de forma generalizada, sem especificar exclusivamente jardins de chuva. Esses sistemas podem incluir diversas outras configurações, como bacias de infiltração e canteiros de biorretenção.

Os autores citados apresentaram taxas de remoção positivas, e destaca-se o trabalho de Braga (2017), que realizou uma revisão sistemática verificando a possibilidade de êxito na remoção de poluentes e, posteriormente, testes físico-químicos e microbiológicos com taxas de remoção acima de 40% em Nitrogênio Amoniacal, Fósforo Total e *Escherichia Coli*.

3 METODOLOGIA

3.1 ESTRUTURA DO JARDIM DE CHUVA

Para realização da pesquisa, foram construídos dois protótipos de jardim de chuva em caixas de acrílico de 50cmx50cm, com altura de 70cm, contendo a instalação de uma torneira

na parte inferior, para a coleta de água infiltrada. O projeto tomou como base trabalhos anteriormente realizados por Yuan; Dunnet; Stovin (2017), Melo *et al.*, (2014) e Lucas et al., (2015), com preenchimento vertical a partir do fundo com as camadas apresentadas a seguir:

- Camada 1 – Solo arenoso com espessura de 18cm, no Jardim de chuva 1 (JC1) com taxa de infiltração de 42mm/h, e no Jardim de chuva 2 (JC2) com taxa de infiltração de 20mm/h;
- Camada 2 – Manta geotêxtil (GEOFORT GH-07 -130GrG/m²);
- Camada 3 – Brita média 0 com espessura de 30cm;
- Camada 4 – Manta geotêxtil (GEOFORT GH-07 -130GrG/m²);
- Camada 5 – Substrato (terra vegetal) com espessura de 10cm;
- Camada 6 – Vegetação do tipo ixoras plantadas com 12,5 cm de espaçamento.

3.2 SIMULAÇÃO DAS CHUVAS

Os jardins de chuva foram instalados na cidade de Vitória, Espírito Santo e as simulações foram correspondentes a essa localização. Após uma análise histórica das precipitações pluviométricas entre os anos de 2007 e 2021, aferiu-se que em 2013 houve o volume de água mais elevado na região, alcançando um total 2.207mm no ano. Foram simulados então, os meses de chuva de julho, agosto, setembro, outubro e novembro de 2013, com água proveniente da chuva, captada do telhado do Bloco B do Ifes e armazenado em um reservatório de 1000L, tendo sua água direcionada para os dois jardins de chuva.

A cada mês simulado foi identificado o dia com maior precipitação, para ser submetido a análises da qualidade de água, totalizando cinco campanhas laboratoriais.

3.3 ANÁLISES DA ÁGUA

Foram coletadas amostras da água da chuva e da água infiltrada em cada um dos dois protótipos. Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos observados foram: Cor Aparente, Turbidez, Nitrogênio Amoniacal, Fósforo Total, Sólidos Suspensos Totais, Coliformes Fecais e *Escherichia Coli*. As análises foram realizadas de acordo com os métodos apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Práticas e métodos utilizados nas análises

Prática	Método
Análise de Cor	Colorímetro
Análise de Turbidez	Turbidímetro Digital
Determinação de Nitrogênio Amoniacal	Método do Fenato (Indofenol) - (SM - 4500 B/F)
Determinação de Fósforo Total	Método Colorimétrico do Ácido Vanadomolibdofosfórico - (SM - 4500 - P C.)
Determinação de Sólidos Suspensos Totais	Método Gravimétrico (2540 - SM)
Determinação de Coliformes Fecais (presença/ausência)	Aquateste Coli ONPG/MUG
Determinação de <i>Escherichia Coli</i> (presença/ausência)	Aquateste Coli ONPG/MUG

Fonte: Autoria própria.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As análises físico-químicas e microbiológicas foram feitas em triplicata, e os resultados apresentados na Tabela 1 e na Tabela 2 correspondem a uma média simples dos valores. Para nível comparativo, o estudo observou a qualidade da água de chuva e da água infiltrada em cada uma das cinco campanhas.

Tabela 1 - Resultados das análises: Jardim de Chuva 1

Parâmetros	Jardim de Chuva 1									
	Água de chuva					Água infiltrada				
Campanhas	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Cor Aparente (MG/L)	10	20	10	15	15	10	20	10	20	20
Turbidez (UNT)	0,02	0,02	0,3	0,02	0,02	3,12	11,74	0,3	5,52	12,8
Nitrogênio (MG/L)	1,9	2,8	2,2	2	2,6	5	4,9	7,2	6,4	3,9
Fósforo (MG/L)	0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3
Sólidos Suspensos Totais (MG/L)	0	0	0	0,002	0	0	0	0,003	0	0,002
Coliformes Totais (Presença ou Ausência)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Escherichia Coli (Presença ou Ausência)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-

Obs.: Para os parâmetros microbiológicos a presença foi representada pelo sinal “+” e a ausência pelo sinal “-”
Fonte: Autoria própria.

Tabela 2 - Resultados das análises: Jardim de Chuva 2

Parâmetros	Jardim de Chuva 2									
	Água de chuva					Água infiltrada				
Campanhas	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Cor Aparente (MG/L)	10	20	10	20	15	10	30	15	70	20
Turbidez (UNT)	1,45	0,57	0,02	0,17	0,33	9,13	37,7	25,3	64,2	6,87
Nitrogênio (MG/L)	3,3	2,4	2	2,1	2,8	4,6	3,7	4,1	3,9	3,5
Fósforo (MG/L)	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1	0,6	0,5	0,7	0,3
Sólidos Suspensos Totais (MG/L)	0	0	0,003	0,001	0	0	0	0,003	0,002	0
Coliformes Totais (Presença ou Ausência)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Escherichia Coli (Presença ou Ausência)	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-

Obs.: Para os parâmetros microbiológicos a presença foi representada pelo sinal “+” e a ausência pelo sinal “-”
Fonte: Autoria própria.

Nota-se que grande parte dos parâmetros obtiveram valores pouco significativos. Predominantemente houve um aumento nos parâmetros após a água de chuva passar por ambos os jardins de chuva, e um resultado semelhante foi observado no trabalho de Braga (2017).

O aumento das concentrações de Fósforo Total e Nitrogênio Amoniacal pode indicar a presença das substâncias nas camadas de solo e terra vegetal, ou na decomposição da matéria orgânica que caia naturalmente na parte superior dos jardins de chuva. Em seu trabalho, Braga (2017) levanta a hipótese desses nutrientes estarem contidos em solos como a camada de substrato. Os níveis de turbidez elevaram consideravelmente após a filtração dos jardins de chuva, e tal diferença pode ser resultante da passagem da água pelo solo e carreamento de sólidos, como também foi observado por Braga (2017).

É possível verificar uma mudança microbiológica dada pela ausência de *Escherichia Coli* na água infiltrada do Jardim de Chuva 1 na campanha 5, e na água infiltrada do Jardim de Chuva 2 na campanha 4 e 5. O jardim de chuva pode levar algum tempo para que haja o amadurecimento da camada filtrante, e assim a formação de biofilme com o potencial de redução/remoção microbiológica.

Na campanha 4, o JC2 apresentou um nível de cor aparente na água infiltrada muito discrepante em relação aos outros valores. É possível que possa ter ocorrido algum erro de medição na análise.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água oriunda dos eventos pluviométricos simulados não possuía altas cargas de poluentes, o que dificultou a observação da capacidade de remoção de contaminantes pelos Jardins de chuva. Durante o período do estudo observou-se nas últimas campanhas a ausência de *Escherichia Coli* indicando que o meio para ter boa eficiência na remoção microbiológica precisa de um amadurecimento com formação de biofilme.

Recomenda-se a continuidade do estudo com uso de uma fonte que possua maiores concentrações dos parâmetros de interesse e um maior período de estudo, permitindo melhor interpretação da eficiência do sistema quanto a remoção de poluentes.

REFERÊNCIAS

BRAGA, Renata Maria Barros *et al.* **Estudo da remoção de poluentes de águas da drenagem urbana por um dispositivo de biorretenção.** 67 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal do Alagoas, Maceió, 2017.

(DEP) Department of Environmental Resources. **Bioretention manual.** Ed. Department of Environmental Resources – Environmental Services Division. Maryland. 2007.

DAVIS, A. L.; HUNT, W. F.; TRAVER, R. G. & CLAR, M. **Bioretention Technology: overview of current practice and future needs.** Journal of Environmental Engineering, v. 135, n. 3, p. 109-117, 2009.

DUNNETT, N.; CLAYDEN, A. **Rain Gardens: managing water sustainably in the garden and designed landscape.** Portland: Workman, 2007.

KUKADIA, Jamie; LUNDHOLM, Madeleine; RUSSER, Ian. **Designing rain gardens: a practical guide**. Ed. Urban Design London. London. 2018

LI, J. Q.; ZHAO, W. W. **Design and Hydrologic Estimation Method of Multi-Purpose Rain Garden: Beijing case study**. International Low Impact Development Conference, Seattle, 2008.

LUCAS, Alessandro Hirata et al. Avaliação da construção e operação de técnicas compensatórias de drenagem urbana: o transporte de finos, a capacidade de infiltração, a taxa de infiltração real do solo e a permeabilidade da manta geotêxtil. **Engenharia sanitária e ambiental**, v. 20, p. 17-28, 2015.

MELO, Tássia dos Anjos Tenório. **Jardim de chuva: sistema de biorretenção como técnica compensatória no manejo das águas pluviais urbanas**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Recife, 2011.

MELO, T. dos A. T. DE; COUTINHO, A. P.; CABRAL, J. J. da S. P.; ANTONINO, A. C. D.; CIRILO, J. A. Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p.147-165, 2014.

Natural Resources Conservation Service - NRCS. **Rain gardens absorb water, reduce runoff, prevent flooding**. 2005.

REIS, Ricardo Prado Abreu. **Avaliação de desempenho e modelagem numérica de sistemas de infiltração de água de chuva integrado aos sistemas prediais**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

YUAN, Jia; DUNNETT, Nigel; STOVIN, Virginia. The influence of vegetation on rain garden hydrological performance. **Urban Water Journal**, v. 14, n. 10, p. 1083-1089, 2017.