

## **GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS: POTENCIALIDADES DA ADOÇÃO DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS PARA O *FIRST FLUSH***

DOI: 10.19177/rgsa.v9e22020483-497

**Nayara Luciana Jorge<sup>1</sup>**  
**Frederico Yuri Hanai<sup>2</sup>**

### **RESUMO**

O escoamento superficial de águas pluviais urbanas transporta materiais e resíduos para os corpos d'água, comprometendo a qualidade de suas águas pela recepção dos volumes de água no *first flush*, que possuem as maiores concentrações de poluentes. Assim, a retenção e o tratamento das águas pluviais são de extrema importância, proporcionando o lançamento dessas águas no corpo hídrico receptor com menor carga poluidora e melhor qualidade. A presente pesquisa teve como o objetivo identificar e analisar sistemas de tratamento de águas residuárias que possam ser adotados no tratamento de águas do *first flush*, visando contribuir com a gestão de águas pluviais urbanas e a manutenção da qualidade ambiental de córregos urbanos. A pesquisa empregou as seguintes etapas metodológicas: levantamento bibliográfico, caracterizando as águas pluviais urbanas e identificando as principais técnicas existentes de tratamento e disposição de águas residuárias; avaliação das técnicas e métodos identificados, estabelecendo-se critérios, marcos legais e padrões; e análise comparativa dos métodos e técnicas de reservação, atamento e disposição de águas pluviais urbanas por meio do método SWOT. Foram realizadas análises de eficiência para o tratamento com base na literatura e a partir da aplicação da análise SWOT sobre as técnicas identificadas com melhor eficiência no tratamento do *first flush*, foi possível estabelecer seus pontos fortes, fracos, ameaças e oportunidades. Sendo assim, sugere-se a aplicação da combinação de *Wetland* e Semente de Moringa para o tratamento do *first flush*, tendo em vista a possível eficiência de tratamento dos parâmetros observados. Destaca-se sobretudo, a importância da implantação de sistemas que visem o manejo adequado das águas pluviais potencialmente poluidoras, para melhorar a qualidade de vida da população e reduzir os impactos ambientais gerados na bacia hidrográfica.

**Palavras-chave:** Águas pluviais urbanas. Gestão de águas pluviais. Tratamento de águas pluviais. Escoamento de águas pluviais. *First flush*

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo/Mestranda do programa de pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Formado no curso de graduação Bacharelado em Gestão e Análise Ambiental pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). USP. E-mail: nayara.ljorge@usp.br

<sup>2</sup> Pós-doutorado pelo Instituto de Ciências e Tecnologias Ambientais da Universidade Autônoma de Barcelona, Espanha (ICTA/UAB) e pós-doutorado pelo Centro de Recursos Hídricos e Estudos Ambientais (CRHEA) da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP), é Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental, Mestre em Hidráulica e Saneamento. UFSCar. E-mail: fredyuri@ufscar.br

# MANAGEMENT OF URBAN WASTEWATER: POTENTIALITIES OF THE ADOPTION OF WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS FOR FIRST FLUSH

## ABSTRACT

The surface runoff of urban rainwater transports materials and waste to water bodies, compromising the quality of its water by receiving the first flush water volumes, which have the highest concentrations of pollutants. Thus, the retention and treatment of rainwater is of extreme importance, providing the release of rainwater in the receiving water body with lower pollutant load and better quality. The present research had the objective of identifying and analyzing wastewater treatment systems that can be adopted in the first flush water treatment, aiming to contribute to the management of urban rainwater and the maintenance of the environmental quality of urban streams. The research used the following methodological steps: bibliographical survey, characterizing the urban rainwater and identifying the main existing techniques of treatment and disposal of wastewater; evaluation of the techniques and methods identified, establishing criteria, legal frameworks and standards; and comparative analysis of methods and techniques for reserving, treatment and disposal of urban rainwater through the SWOT method. Efficacy analyzes were performed for treatment based on the literature and from the application of the SWOT analysis on the techniques identified with better efficiency in the treatment of first flush, it was possible to establish its strengths, weaknesses, threats and opportunities. Of particular note is the importance of implementing systems for the proper management of potentially polluting rainwater to improve the quality of life of the population and reduce the environmental impacts generated in the river basin.

**Keywords:** Urban rainwater. Rainwater management. Rainwater treatment. Rainwater runoff, First flush.

## 1. INTRODUÇÃO

O escoamento superficial, após a chuva no meio urbano, traz consigo inúmeros poluentes por conta da lavagem das ruas, telhados e outras superfícies impermeáveis; e o transporte de materiais e resíduos. Seu destino final são os corpos d'água, portanto, quando poluído, pode comprometer a qualidade do corpo hídrico receptor (TUCCI, 2008; REIS, 2009).

A crescente urbanização e as atividades humanas interferem no ciclo hidrológico local por meio da impermeabilização do solo nas bacias hidrográficas, causando um aumento no escoamento superficial, já que áreas impermeáveis reduzem a infiltração da água da chuva e conseqüentemente, o carregamento de resíduos presentes na área de drenagem para os corpos hídricos (FENDRICH, 2002; PRODANOFF, 2005).

As atividades humanas desenvolvidas na bacia hidrográfica interferem na composição dos resíduos presentes no local, cuja concentração na água superficialmente escoada é influenciada pelo período de seca antecedente, intensidade e duração da precipitação, sendo que as maiores concentrações dos poluentes são encontradas no *first flush*<sup>1</sup>, ou seja, nos primeiros volumes de água que são escoados (AMARAL, 2011). Os poluentes incorporados no *first flush* acarretam impactos ambientais, sociais e econômicos, já que chegam nos corpos hídricos sem nenhum tipo de controle ou de tratamento.

Os poluentes encontrados no *first flush* em áreas urbanas podem ser: sedimentos; resíduos sólidos; óleos, graxas e produtos químicos tóxicos de veículos; pesticidas e nutrientes de vegetação e jardins; microorganismos de resíduos animais e sistemas sépticos; metais pesados de telhas e coberturas, de veículos automotivos e outras fontes (USEPA, 2015).

Segundo REIS (2009), os sedimentos são os poluentes mais comuns encontrados nas águas pluviais urbanas e são provenientes de obras de construção civil, movimentação e escavação de terras, exaustão dos gases de escape de automóveis, etc. Também são encontrados: matérias oxidáveis, provenientes de resíduos animais, vegetais e domésticos; nutrientes, advindos de resíduo animal, vegetal e substâncias químicas como detergentes; organismos patogênicos; e substâncias tóxicas, como metais pesados (chumbo, zinco, cobre e cádmio), HPA's (Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos) e PCB's (Bifenis Policlorados).

---

<sup>1</sup> O *first flush* é considerado como a primeira água escoada da chuva que carrega os poluentes concentrados na superfície para o corpo hídrico, alterando suas características ao receber a drenagem pluvial de uma área urbanizada, podendo ser mais ou menos expressivo em função do contexto da bacia hidrográfica em que está inserido (DOYLE, 2006). Pode ser definido como o volume inicial de precipitação que varia em função do perfil hidrológico da região, que caracteriza a intensidade e frequência dos eventos chuvosos e o período de seca antecedente, parâmetros que determinam a concentração dos poluentes na bacia hidrográfica. Portanto, as características específicas de cada local influenciam também na determinação do volume de *first flush* (TOMAZ, 2009).

A contaminação dos corpos hídricos que ocorre por meio das águas pluviais urbanas causa diversos impactos, como a perda de mananciais e a redução na disponibilidade da água de boa qualidade para a população, decorrente da deterioração da qualidade das águas (TUCCI, 2012).

Sendo assim, o despejo de águas pluviais é preocupante, sendo é uma das mais importantes fontes de poluição que pode apresentar diversos tipos de contaminantes e resíduos, sendo que as maiores concentrações destes poluentes são encontradas *no first flush* (TUCCI, 2005; BERTOLO, 2006).

Os impactos associados ao *first flush* são diversos, dentre eles a integridade dos ecossistemas aquáticos que recebem a água contaminada; impactos relacionados à saúde pública, devido à ingestão ou contato com esta água; e os impactos sobre a paisagem, já que pode alterar características paisagísticas (REIS, 2009).

Considerando os impactos causados pela água do *first flush* nos corpos hídricos receptores, é importante que ocorra a infiltração da água da chuva, assim como o atraso e a diminuição no volume do escoamento, por meio de um sistema de retenção, detenção, reservação e de tratamento das águas pluviais antes do despejo nos corpos d'água, sendo que estas etapas podem ocorrer em propriedades particulares ou em espaços públicos (FENDRICH, 2002; SILVA, 2010).

O manejo das águas pluviais urbanas se inicia pelo levantamento do estado atual da bacia hidrográfica urbana e visa proporcionar qualidade de vida para seus moradores e diminuir os riscos de contaminação dos corpos hídricos e de inundação advindos da impermeabilização do solo. Podem ser realizados por intermédio de sistemas não convencionais que são divididos em dois tipos: a) sistemas não estruturais ou de controle de escoamento na fonte, que reduzem a geração do escoamento e a carga poluidora por meio de ações de cunho social para modificar padrões de comportamento da população e; b) sistemas estruturais com eventual tratamento da água, que englobam obras destinadas à retenção do escoamento, permitindo o controle qualitativo e quantitativo da vazão gerada na bacia (RIGHETTO, *et al.*, 2009).

A preocupação com a retenção da água da chuva está relacionada, na maioria das vezes, com a reutilização destas águas para fins não potáveis. Segundo RODRIGUES

(2010), esta abordagem apresenta várias vantagens como por exemplo, a redução no consumo de água e a sua conservação. Porém, segundo PRODANOFF (2005), 90% dos poluentes são transportados para os corpos hídricos durante a passagem dos primeiros volumes de água provenientes do escoamento superficial.

Portanto, a retenção e o tratamento das águas pluviais são de extrema importância tendo em vista a diminuição dos impactos que estas águas trazem para a qualidade dos corpos d'água e diz respeito a uma alternativa sanitária, proporcionando seu lançamento no corpo hídrico receptor com menor carga poluidora, além de permitir o uso da água de melhor qualidade (RIGHETTO, *et al.*, 2009).

Sendo assim, este trabalho justifica-se pela necessidade de estudar alternativas para disposição e tratamento do *first flush*, já que este apresenta um potencial poluidor para os corpos hídricos e um problema para a gestão das águas pluviais urbanas, o que gera impactos negativos para a qualidade de vida da sociedade. Portanto, é necessário conhecer as técnicas de reservação, tratamento e disposição destas águas, visando à diminuição de seus potenciais impactos poluidores.

Portanto, esta pesquisa foi concebida para compreender as seguintes questões relacionadas a este tema: Qual é a necessidade de sistemas de tratamento e disposição dessas águas? Quais são os métodos existentes de tratamento de águas residuárias? Quais destes métodos são aplicáveis à realidade de tratamento e disposição de águas pluviais urbanas?

Mediante essas considerações, o objetivo desta pesquisa foi identificar, estudar e analisar sistemas de tratamento de águas residuárias que possam ser adotados no tratamento de águas *do first flush*, visando contribuir com a gestão de águas pluviais urbanas e a manutenção da qualidade ambiental de córregos urbanos.

## **2. METODOLOGIA**

A presente pesquisa apresenta caráter exploratório, que tem como objetivo principal proporcionar maior familiaridade com o problema, torná-lo mais explícito e constituir hipóteses em condições de serem testadas em estudos posteriores. Este

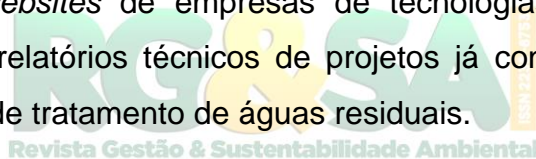
tipo de pesquisa requer um planejamento bem flexível que possibilite a consideração dos mais diversos aspectos de um problema ou situação (CERVO, *et al.*, 1996; GIL, 2002). Sendo assim, foram realizadas as seguintes etapas metodológicas:

### **2.1. Levantamento Bibliográfico**

Primeiramente foi realizado o levantamento bibliográfico, por meio do uso de palavras-chaves relacionadas com o tema abordado, a fim de caracterizar as águas pluviais urbanas e identificar as principais técnicas existentes de tratamento e disposição de águas residuárias.

### **2.2. Levantamento e Identificação de aplicações, técnicas e métodos de reservação, tratamento e disposição de águas residuárias**

Foram identificados os principais métodos adotados para a reservação, tratamento e disposição de águas residuárias bem como sua aplicação, custos, benefícios e resultados. Estas informações foram levantadas por meio de pesquisa digital na *internet*, *websites* de empresas de tecnologias e equipamentos para tratamento de água, relatórios técnicos de projetos já consolidados, bibliografia e projetos de estações de tratamento de águas residuais.



### **2.3. Análise das técnicas e métodos identificados, visando à aplicação em águas pluviais**

Após o levantamento das técnicas e dos métodos de reservação, tratamento e disposição de águas residuárias, estes foram analisados por meio de critérios estabelecidos para a seleção dos possíveis métodos aplicáveis para as águas pluviais urbanas (*first flush*).

Os seguintes critérios preliminares foram adotados como base para identificação e seleção dos métodos aplicáveis às águas pluviais: custo de implementação, que inclui o custo com materiais e equipamentos; custo de operação, que inclui os gastos com energia, materiais, recursos, serviços e custo de manutenção (SILVA SOBRINHO, *et al.*, 2011).

Além disso, os métodos foram analisados quanto aos aspectos referentes à área e espaço necessário para implantação e ocupação, melhoria da qualidade da



água drenada, melhoria da qualidade de vida humana, relações de custo-benefício, eficiência no tratamento, simplicidade de operação e facilidade de aplicação.

Piccoli (2014) apresenta em sua pesquisa os marcos legais e seus limites por parâmetros relacionados às águas pluviais. Portanto, nesta pesquisa, em relação a qualidade da água, foram utilizados os padrões estabelecidos pela:

- Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (MS);
- Resolução CONAMA 357/2005;
- Manual de conservação e reuso da água em edificações da ANA;
- NBR-ABNT 15.527.

Tabela 1. Marcos legais e limites relacionados à qualidade das águas pluviais urbanas

Marcos Regulatórios	Limite por Parâmetro			
	pH	Turbidez (NTU)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Sólidos totais dissolvidos (mg/L)
Portaria 2914/2011 (MS)	6,0 - 9,0	≤ 5,0	-	≤ 1000,0
CONAMA 357/2005 (Classe 2)	6,0 - 9,0	≤ 100,0	≥ 2,0	-
CONAMA 357/2005 (Classe 3)	6,0 - 9,0	≤ 100,0	≥ 4,0	-
NBR-ABNT 15.527:2007	6,0 - 9,0	≤ 5,0	-	-
Manual ANA (Classe 1)	6,0 - 9,0	≤ 2,0	-	≤ 500,0
Manual ANA (Classe 2)	6,0 - 9,0	-	-	-
Manual ANA (Classe 3)	6,0 - 9,0	≤ 5,0	-	450 – 1500
Manual ANA (Classe 4)	5,0 - 8,3	-	-	-

Fonte: Adaptado de PICCOLI, 2014

#### 2.4. Análise comparativa dos métodos e técnicas de reservação, tratamento e disposição de águas pluviais urbanas possíveis de serem adotadas à realidade brasileira

O *first flush* apresenta diferentes composições que variam entre os países, já que este depende de características locais, como as atividades desenvolvidas, clima, etc.

Sendo assim, foi realizada uma análise comparativa de algumas técnicas previamente selecionadas de reservação, tratamento e disposição de águas pluviais urbanas identificadas, para análise de suas forças, fraquezas, oportunidades e ameaças.

Os sistemas de tratamentos de águas pluviais foram analisados por meio do método de análise *SWOT* (Strenghts, Weaknesses, Opportunities e Threats).

A análise *SWOT* é uma ferramenta que tem sido empregada no processo de gestão, planejamento e implementação de políticas públicas e avaliações ambientais, tem a capacidade de prover aos tomadores de decisão os fatores determinantes ou críticos de uma situação em estudo, reduzindo as incertezas e contribuindo para a formulação de estratégias a fim de se alcançar o melhor desempenho (CGEE, 2009).

A aplicação da análise *SWOT* proporcionou a identificação de:

- Vantagens (Forças) dos possíveis sistemas identificados para o tratamento de águas pluviais, bem como suas técnicas e métodos.
- Fragilidades (Fraquezas) dos possíveis sistemas identificados para o tratamento de águas pluviais que não contribuam para a melhoria na qualidade da água;
- Potencialidades (Oportunidades) de melhorias viáveis nos possíveis sistemas identificados para o tratamento de águas pluviais que potencializem novos resultados;
- Limitações (Ameaças) presentes nos possíveis sistemas identificados para o tratamento de águas pluviais que comprometam os resultados esperados.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Considerando a comparação da eficiência nos sistemas de tratamentos analisados por meio da literatura (Tabela 2), pode-se considerar que a técnica *Wetland* demonstrou maior desempenho, já que apresentou os melhores resultados no tratamento de quatro parâmetros: nitrogênio (89% a 90%), DBO (70% a 99%) e patogênicos (99% a 100%). Já para a diminuição da turbidez, o sistema que se apresentou mais eficaz foi o tratamento com sementes de Moringa (70% a 99%); para o fósforo, as maiores eficiências foram encontradas no sistema de infiltração lenta no



solo (75% -99%) e no *Wetland* (67,5% a 100%); para o tratamento da DQO, os melhores foram o *Wetland* (65% a 94%) e o biofiltro (99%); e para os sólidos suspensos totais, os biofiltros se apresentaram mais eficazes.



Tabela 2. Comparação na eficiência de diferentes Sistemas e Técnicas de tratamento de águas residuárias.

Sistema de Tratamento/ Técnica de Tratamento		1.SISTEMA DE INFILTRAÇÃO LENTA NO SOLO (Santos & Brito, 2001)	2.WETLAND/JARDIM FILTRANTES (Sousa, <i>et al.</i> , 2000; Almeida & Almeida, 2005; Colares & Sandri, 2013; Konrad, <i>et al.</i> , 2013; Weber, <i>et al.</i> , 2015; Santos, <i>et al.</i> , 2016)	3.BIOFILTROS (Fontana, 2007; Batista, <i>et al.</i> , 2011; Teixeira, <i>et al.</i> , 2009)	4.CASCA DE LARANJA (Stroher, <i>et al.</i> , 2012)	5.SEMENTES DE MORINGA (Vieira, <i>et al.</i> , 2008; Paterniani, <i>et al.</i> , 2009; Silva, <i>et al.</i> , 2011)	6.REATORES ANAERÓBIOS COM RECHEIO DE BAMBU (Bertocini, 2008; Souza, <i>et al.</i> , 2010)
Eficiência no Tratamento	pH	-	7,7 a 8,2	-	-	-	6,6 a 8
	Turbidez (NTU)	-	82,5% a 92%	-	54%	88% a 97%	75% a 82%
	N	65%-95%	89% a 90%	70% a 89%	-	-	80% a 87,5%
	P	75% -99%	67,5% a 100%	70%	-	-	-
	DQO	-	65% a 94%	62% a 95%	82,6%	57%	75%
	DBO	95%	70% a 99%	46% a 97%	86,8%	-	75%
	Sólidos Suspensos Totais	-	87%	80% a 99%	70,7%	-	-
Patogênicos	99,9%	99% a 100%	-	-	72%	-	
<p><b>Estudos considerados sobre o tratamento de águas residuais</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Santos e Brito (2001) estudaram o tratamento de águas residuais por meio do processo natural de infiltração lenta no solo;</li> <li>Sousa, <i>et al.</i> (2000) avaliaram o desempenho do tratamento de efluente de um reator UASB que tratava esgotos sanitários brutos provenientes da cidade de Campina Grande; Almeida &amp; Almeida (2005) avaliaram a eficiência na remoção de coliformes no esgoto no campus Samambaia da Universidade Federal de Goiás; Colares e Sandri (2013) avaliaram a eficiência do tratamento de esgoto sanitário da Universidade Estadual de Goiás em Anápolis-GO; Konrad, <i>et al.</i> (2014) avaliaram o tratamento de efluente oriundo de uma ETE;</li> <li>Fontana (2007) avaliou a eficiência do tratamento de efluente de um reator UASB que tratava esgoto na USP de São Carlos; Batista, <i>et al.</i> (2011) analisaram a remoção de DBO e de DQO do tratamento de esgoto doméstico; Teixeira <i>et al.</i> (2009) avaliaram o efeito da alteração do tamanho de partículas sobre o desempenho de reatores UASB tratando esgoto doméstico;</li> <li>Stroher (2012) avaliou a eficiência do processo de adsorção em bagaço de laranja de um efluente têxtil, combinado com um pré-tratamento de ultrafiltração;</li> <li>Vieira, <i>et al.</i> (2008) estudaram a ação coagulante da semente de moringa sobre uma água residuária proveniente de um laticínio, sendo que este setor produz efluentes com alta carga orgânica. Paterniani, <i>et al.</i> (2009) avaliaram a influência do uso do coagulante extraído das sementes de Moringa oleifera na eficiência da filtração lenta e da sedimentação na remoção de partículas sólidas em suspensão da água. Silva, <i>et al.</i> (2011) avaliaram uma suspensão à base de sementes de Moringa oleifera para auxiliar a pré-filtração em leito de pedregulho, verificando a inativação de bactérias <i>Escherichia coli</i> e a remoção de cor aparente e de turbidez de amostras de esgoto sanitário bruto que previamente passou por tratamento de leitos cultivados e por unidades de pré-filtro de fluxo ascendente, com taxa de aplicação de 24m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia;</li> <li>Bertocini (2008) avaliou a eficiência do tratamento de águas residuárias no meio rural. Souza, <i>et al.</i> (2010) avaliaram a eficiência de remoção de matéria orgânica e turbidez presentes no esgoto doméstico proveniente de um prédio residencial da cidade de Pelotas, RS. O tempo de detenção foi de 12 horas, sendo a vazão média de saída de 5 mL/min.</li> </ol>							

Deve-se ressaltar que os valores considerados neste trabalho referem-se à eficiência dos processos de tratamento aplicados para as águas residuárias (esgoto doméstico e sanitário) encontrados em alguns estudos identificados na literatura. E desta forma, o presente trabalho adotou como premissa a possibilidade de adoção desses processos de tratamento ao *first flush*, já que a eficiência do tratamento do *first flush* poderá apresentar valores similares ao do tratamento de águas residuárias, considerando que suas características físico químicas são bastante semelhantes, conforme apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Comparação entre as características do *first flush* e do esgoto e a possível eficiência do tratamento combinado.

Parâmetros	Características do <i>first flush</i>	Características do esgoto (média)	Possível eficiência do tratamento combinado (Wetlands/Jardim Filtrante e Semente de Moringa)
pH	5,8 – 7,9	7,3	6 – 9
Turbidez (NTU)	19,16	777 (Pinto, 2013)	88% a 97%
N (mg/L)	1,32 – 2,63 (Ferreira, 2008)	35- 60 (Mota e Sperling, 2009)	89% a 90%
P (mg/L)	2,5 – 3,2 (Ferreira, 2008)	4-12 (Mota e Sperling, 2009)	67,5% a 100%
DQO (mg/L)	964 (Ferreira, 2008)	474 mg/L (Ogera, 1995)	67% a 95,9%
DBO (mg/L)	2,5 (Vasconcelos, 2008)	22 (Ogera, 1995)	70% a 99%
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	30 (Vasconcelos, 2008)	37	80% a 99%
Patogênicos (NMP/100mL)	0 – 104 (Ferreira, 2008)	4,2.10 <sup>7</sup> (Almeida & Almeida, 2005)	99% a 100%

Com a aplicação da análise SWOT sobre as técnicas identificadas na literatura com melhor eficiência no tratamento do *first flush*, foi possível estabelecer seus pontos fortes, fracos, ameaças e oportunidades.

Para as *Wetlands*/Jardins Filtrantes, a utilização de macrófitas para o tratamento traz como pontos fortes a assimilação de poluentes; embelezamento paisagístico; armazenamento de nutrientes e a redução do crescimento fitoplâncton. Seus pontos fracos encontram-se no fato de que é necessário o manejo periódico das plantas; o sistema necessita da presença de água; e precisa ser realizado o gerenciamento da biomassa.

Pode-se destacar como ameaças a estes sistemas: a não adaptação das plantas; a não remoção das plantas que entram em decomposição, visto que os contaminantes podem retornar ao ambiente; a não destinação correta da biomassa, podendo acarretar em poluição; e as secas, que prejudicariam o funcionamento do sistema. Como oportunidades, destaca-se o aproveitamento da biomassa como adubo para o solo, componente de ração animal, geração de energia (biogás), etc.

Ainda para as *Wetlands*/Jardins Filtrantes, o processo de filtração pode apresentar: como ponto forte, a depuração de poluentes; como ponto fraco, a necessidade de manutenção; como ameaça, a contaminação de aquíferos; e como oportunidade, a recarga de aquíferos.

Para o uso das Sementes de Moringa no processo de tratamento, destacam-se: como ponto forte, que tal processo não deixa resíduos na água que prejudicam a saúde humana; como ponto fraco, existem as limitações da ação do agente coagulante da moringa, principalmente em águas com baixa turbidez. A dosagem errada no processo, pode se tornar uma ameaça, levando em consideração que pode diminuir a eficiência do sistema.

Na produção das sementes de moringa, apresenta-se como ponto forte sua ocorrência em qualquer época do ano, e como oportunidades, o fato de que suas folhas são utilizadas como suprimento alimentar.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa foram levantados dados na literatura sobre a eficiência de diferentes sistemas de tratamentos de águas residuárias e a partir da caracterização das águas do *first flush*, estas técnicas foram analisadas a partir de sua aplicabilidade para o tratamento das águas pluviais potencialmente poluidoras, destacando-se sobretudo, a importância da implantação de sistemas que visem seu manejo, a fim de melhorar a qualidade de vida da população, reduzindo impactos ambientais gerados na própria bacia e melhorando a qualidade ambiental da região e dos locais que são influenciados pela mesma.

A aplicação da combinação de *Wetland* e Semente de Moringa apresenta um grande potencial para o tratamento do *first flush*, tendo em vista a possível eficiência de tratamento dos parâmetros observados.

A utilização de técnicas alternativas e a combinação entre elas é de extrema importância, visto que melhoram a eficiência nos sistemas de tratamentos de águas pluviais e podem apresentar menor custo, sendo assim, é importante também que estes sejam implementados em escala piloto.

Considera-se também que os benefícios da aplicação destes sistemas não se limitem à questão ambiental e à qualidade das águas, mas também proporcionar a melhoria da qualidade de vida da população.

No entanto, é importante que haja novos estudos na área de gestão de águas pluviais urbanas (principalmente do tratamento do *first flush*) e no conhecimento sobre as suas técnicas de reservação, tratamento e disposição, visando contribuir para a consolidação do conhecimento científico sobre o tema.

#### REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. A.; ALMEIDA, N. A. M. **Remoção de Coliformes do Esgoto por meio de Espécies Vegetais**. Revista Eletrônica de Enfermagem, v. 07, n. 03, p. 308 - 318, 2005.

AMARAL, R.O.M. **Avaliação de Soluções Naturais para o Tratamento de Excedentes Poluídos de Sistemas de Águas Residuais**. 2011. 92 p. Dissertação (Mestrado em engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

BATISTA, R.O. *et al.* **Potencial da remoção de poluentes bioquímicos em biofiltros operando com esgoto doméstico**. Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 6, n. 3, 2011.

BERTOCINI, E.I. **Tratamento de Efluentes e Reúso da Água no Meio Agrícola**. Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária. Junho de 2008.

BERTOLO, E.J.P. **Aproveitamento da Água da Chuva em edificações**. 2006. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2006.

CERVO, A.L.; BERVIAN, P.A. **Metodologia Científica**. 4ª ed. São Paulo: Makron Books, 1996.

CGEE – CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. (2009). **Bioetanol combustível: uma oportunidade para o Brasil**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). 538 p.

COLARES, C. J. G.; SANDRI, D. **Eficiência do tratamento de esgoto com tanques sépticos seguidos de leitos cultivados com diferentes meios de suporte**. Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 8, n.1, 2013.

DOYLE, K. C. **Sizing the *first flush* and its effects on the storage-reliability-yield behavior of rainwater harvesting in Rwanda**. 151 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Massachusetts Institute of Technology, Villanova University, jun. de 2008.

FENDRICH, R. **Coleta, Armazenamento, utilização e Infiltração das Águas Pluviais na drenagem Urbana**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002.

FERREIRA, F. C. A. **Variação da Qualidade da Água do Escoamento Superficial de duas Bacias de Drenagem de Natal/RN – Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2008.

FONTANA, H. **Pós-tratamento de Esgoto Sanitário com Biofiltro Aerado Submerso Preenchido com Carvão Granular: desempenho Técnico e Estudo de Viabilidade Econômica**. 2007. 151 p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2007.



GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 175 p.

KONRAD, O.; *et al.* **Eficiência no Polimento do Efluente de Vinícola Utilizando o Sistema de “Wetland” Construído**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 10, n. 3, p. 178-187, maio/jun 2013.

MOTA, F. S B.; SPERLING, M. V. **Nutrientes de Esgoto Sanitário: Utilização e Remoção**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

OGERA, R. C. **Remoção de Nitrogênio do Esgoto Sanitário pelo Processo de Lodo Ativado por Batelada**. Dissertação (Mestrado) – UNICAMP. Campinas, 1995.

PATERNIANI, J. E. S.; *et al.* **Uso de sementes de Moringa oleifera para tratamento de águas superficiais**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, n.6, p.765–771, 2009.

PICCOLI, R.A. **Análise físico-química da qualidade das águas pluviais: estudo de caso – Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira, Rio Comprido – RJ**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, p. 137, Rio de Janeiro, 2014.

PINTO, A. H. **Remoção de Turbidez em Esgoto Doméstico utilizando Coagulante Orgânico**. 2013. Monografia- Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2013.

PRODANOFF, A.J.H. **Avaliação da poluição difusa gerada por enxurradas em meio urbano**. 2005. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, p. 266, Rio de Janeiro, 2005.

REIS, I.D.S. **Construção de biobarreiras em zonas urbanas para controle da poluição por águas pluviais**. 2009. 111 p. Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente - Faculdade de engenharia, Universidade do Porto, Porto. 2009.

RIGHETTO, A.M; MOREIRA, L.F.F.; SALES, T.E.A. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. In: RIGHETTO, A.M. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

RODRIGUES, J.C.M.R. **Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais: Dimensionamento e Aspectos Construtivos**. 2010. 112 p. Mestrado integrado em engenharia civil – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto. 2010.

SANTOS, B. S.; *et al.* **Avaliação da Eficiência de Um Sistema de Tratamento por Wetland Construído Aplicado ao Efluente de um Frigorífico de Suínos**. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 37, n. 2, p. 13-22, jul./dez. 2016.

SANTOS, D.; BRITO, C. **Tratamento de efluentes por processos naturais**. Escola Superior de Tecnologia, 2001, p. 29-31.

SILVA, E.A. **Uso de “Ecotécnicas” no Manejo de Águas Pluviais em Meio Urbano: Uma Abordagem Crítica.** 166 p. Dissertação (Mestrado em engenharia Urbana) – Universidade federal de são Carlos, São Carlos, 2010.

SILVA, M. J. M.; *et al.* **Aplicação de Sementes de Moringa Oleifera como Auxiliar de Pré-filtração em Sistemas de Filtração em Múltiplas Etapas.** Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 4, p. 146-154, out./dez. 2011.

SILVA SOBRINHO, M. S.; *et al.* **Seleção de alternativas de tratamento de águas residuárias por auxílio multicritério à decisão.** XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Belo Horizonte, MG, Brasil, 04 a 07 de outubro de 2011.

SOUSA, J.T.; *et al.* **Pós-Tratamento de Efluentes de Reator UASB Utilizando Sistemas “Wetlands” construídos.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.1, p.87-91, 2000, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.

SOUZA, R.C.; *et al.* **Tratamento de Esgoto Doméstico por Filtro Anaeróbico com Recheio de Bambu.** Vetor, Rio Grande, v.20, n.2, p. 5-19, 2010.

STROHER, A. P.; *et al.* **Utilização do Bagaço da Laranja no tratamento de Efluente Proveniente da Lavagem de Jeans.** E-xacta, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 27-37. 2012.

TEIXEIRA, A.R; CHERNICHARO, C. A. DE. L.; SOUTO, T. F. DA S.; DE PAULA, F. S. **Influência da alteração da distribuição do tamanho de partículas no desempenho de reator UASB tratando esgoto doméstico.** Eng. Sanit. Ambient. vol.14 no.2 Rio de Janeiro Apr./June 2009.

TOMAZ, P. **Curso de manejo de águas pluviais: Capítulo 59 – Wetland construída para melhoria da qualidade das águas pluviais.** 2009. Disponível em: < [http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo59\\_Wetland.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo59_Wetland.pdf)>, acesso em novembro de 2016.

TUCCI. C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas.** Ministério das Cidades – Global Water Partnership - Wolrd Bank – Unesco 2005.

TUCCI, C. E. M. **Águas urbanas.** Estudos Avançados, v.22, n.63, p.1-16, 2008.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da drenagem urbana.** 2012. Brasília, DF:Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 48.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Nonpoint source: Urban Areas.** 2015. Disponível em: <<https://www.epa.gov/polluted-runoff-nonpoint-source-pollution/nonpoint-source-urban-areas>>. Acesso em Julho de 2016.

Vasconcelos, A.F. **Análise da Qualidade de Água Pluvial para sistemas de aproveitamento com Separadores Automáticos.** Dissertação (Mestrado) – Escola de engenharia de são Carlos - Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

VIEIRA, A. M. S., *et al.* **Estudo do Potencial da Semente de Moringa Oleífera como coagulante/floculante para o reuso de águas residuárias.** In: XV

Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Natal. Anais do 15º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo: ABAS, 2008.

WEBER, C.F.; *et al.* **Dimensionamento de Wetlands Construídas em Sistemas Individuais de Tratamento de Esgoto Sanitário.** Anais do 2º Simpósio Brasileiro - Wetlands Construídos. Curitiba: 2015.

