

IX-061 - ANÁLISE DE SISTEMAS DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Rayssa Vogeler Berquo Jacob ⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Alfredo Akira Ohnuma Júnior ⁽²⁾

Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente, Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Caroline Moreira de Souza ⁽³⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Letícia Delduque Alves ⁽⁴⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Daniele Maia Bila ⁽⁵⁾

Professora Associada do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente, Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Endereço ⁽¹⁾: R. São Francisco Xavier, 524 – Maracanã – Rio de Janeiro - RJ - CEP: 20550-900 - Brasil - Tel: (21) 97135-5505 - e-mail: rayssajacob@gmail.com

RESUMO

Nos eventos de chuvas, poluentes atmosféricos advindos da urbanização, que estão depositados sobre os telhados de edifícios, tendem a escoar e serem transportados, de modo que afetam a qualidade da água armazenada em sistemas de captação de águas pluviais. Este trabalho visa caracterizar a qualidade das águas pluviais prévias e posteriores a passagem por uma barreira protetora, denominada separador de fluxo inicial (SFI), de dois sistemas de coleta de águas pluviais instalados no Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira (CAp-UERJ) e na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), localizados no Rio de Janeiro. A metodologia consiste na análise in situ dos parâmetros: condutividade, pH, TDS com sonda multiparâmetro e coleta de amostras para análise de parâmetros de turbidez ex situ. Os pontos atribuídos para coleta são: first-flush (FF) e reservatório (RR) de ambos os sistemas. O resultado das análises físico-químicas indicou discordância com os padrões de duas legislações: *National Primary Drinking Water Regulations* e *Secondary Drinking Water Standards: Guidance for Nuisance Chemicals*. Recomenda-se equalizar o pH e realizar desinfecção por cloração.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da água de chuva, *First flush*, Aproveitamento de água de chuva.

INTRODUÇÃO

Segundo Tomaz (2001), ainda que o Brasil detenha cerca de 12,0 % da água doce disponível no planeta sua distribuição interna é desigual, à medida que se observam cerca de 80 % do volume superficial do país na Região Amazônica, que por outro lado, possui baixa densidade demográfica e pouca demanda por uso da água. Enquanto que regiões hidrográficas concentram 45,5% da população do país, apenas 2,7% dos recursos hídricos são considerados disponíveis para consumo humano na forma de água doce. Rios localizados em regiões metropolitanas apresentam um estado crítico devido à alta demanda e grande quantidade de carga orgânica lançada pelos efluentes (ANA, 2017).

O problema da escassez de água no Brasil também ocorre devido às estiagens prolongadas observadas recentemente no país, sobretudo nos anos 2014 e 2015. Em razão de dados observados de estiagens prolongadas, os volumes mínimos armazenados nos reservatórios de abastecimento nos centros urbanos têm sido insuficientes para atender as necessidades básicas humanas, tendo em vista o estresse sob os recursos hídricos. Segundo o relatório da ANA (2017), a demanda por uso de água no Brasil é crescente, com aumento estimado de aproximadamente 80% no total retirado de água nas últimas duas décadas. Até 2030, a previsão é de que a retirada aumente em mais 30%. A publicação informa, ainda, que o histórico da evolução dos usos da água está diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico e ao processo de urbanização do país. Para atender a demanda e com o auxílio de novas tecnologias, cada vez mais novos países estão apoiando a implementação de sistemas de aproveitamento de água de chuva (AMOS *et al.*, 2016).

Arelado ao aspecto quantitativo de baixos níveis nos reservatórios de abastecimento de água, os problemas da escassez desse recurso aumentaram quando relacionados com as cargas de poluição difusa ocasionada pela drenagem urbana. Nesse sentido, os contaminantes de origem urbana são mais difíceis de controlar do que as cargas de regime estacionário devido à natureza intermitente das chuvas e sua sazonalidade interferir nas condições de qualidade da água em parâmetros específicos (LI *et al.*, 2007).

Além disso, às condições climáticas da região na ocorrência de períodos secos e úmidos afetam à concentração da emissão de poluentes, cuja origem ocorre principalmente no primeiro volume de descarga ou *first flush* dos volumes escoados das águas pluviais urbanas (LEE *et al.*, 2004). A amostra coletada pelo sistema *first-flush* atua como uma barreira de proteção essencial como medida de descarte da primeira água de um evento (NUNES DA SILVA *et al.*, 2017). O volume armazenado nesse sistema diminui o acúmulo de partículas e sedimentos dentro dos reservatórios, previne odor, alguns problemas estéticos e melhora a qualidade da água (LEE *et al.*, 2010; ABBASI & ABBASI, 2011).

Dessa forma, para se avaliar o impacto da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial (SAP) em edificação urbana, é fundamental conhecer os aspectos de qualidade da água captada, relacionado aos parâmetros físico-químicos, como pH, condutividade, turbidez e outros (ANA, 2016). Esses aspectos variam de acordo com a diversificação espacial e temporal da chuva (EVANS *et al.*, 2006), o material da superfície de captação (MENDEZ *et al.*, 2011) e o sistema *first-flush* (GIKAS & TSIHRINTZIS, 2012).

A captação e aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas trazem muitos benefícios, sendo um deles a retenção da precipitação elevada, o que retarda efeitos negativos na drenagem urbana, como inundações (VAES & BERLAMONT, 2001; ZAIZEN *et al.*, 1999). Podendo também servir como alternativa à falta de água e degradação ambiental (FLETCHER *et al.*, 2008; VAN ROON, 2007; ZHU *et al.*, 2004).

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo principal analisar os resultados de qualidade dos pontos *first-flush* (FF) e reservatório (RR) de 2 (dois) sistemas de captação e armazenamento de águas pluviais instalados na cidade do Rio de Janeiro-RJ, distintos quanto a tecnologia utilizada no sistema. A eficiência do tratamento foi baseada na legislação norte-americana *National Primary Drinking Water Regulations* e *Secondary Drinking Water Standards: Guidance for Nuisance Chemicals* da *United States Environmental Protection Agency* (USEPA, 2002), na ABNT NBR 15.527/2007 e na Portaria 5/2017, ambas brasileiras.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os sistemas de captação e armazenamento de águas pluviais (SAP) encontram-se localizados em dois pontos na região central da cidade do Rio de Janeiro. O primeiro, denominado CAP1, localiza-se nas dependências do *Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira* (CAP-UERJ) no bairro do Rio Comprido (Figura 1). O CAP1 está inserido em uma região que possui um intenso e frequente tráfego de veículos pela área ser uma das principais zonas de transição entre as zonas norte e sul da cidade através do *Elevado Engenheiro Freyssinet* e da *Avenida Paulo de Frontin*, sentido ao Túnel Urbano *Antônio Rebouças*, uma das principais vias de transição entre as zonas norte e sul da cidade, tendo em média 20.603 veículos circulantes em dias úteis (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2017). Além disso, trata-se de um bairro com elevado adensamento populacional e intensamente urbanizado, próximo aos bairros da Tijuca e Centro.

O sistema CAP1 de captação de águas pluviais instalado no CAP-UERJ possui cerca de 80 m² como área de superfície, correspondente a ¼ do telhado metálico da quadra poliesportiva, composto por calhas metálicas e condutores verticais e horizontais em PVC.

O sistema CAP2 encontra-se instalado na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) – Campus Maracanã, localizado no bairro do Maracanã, ao lado do prédio que comporta a garagem de veículos oficiais da instituição (Figura 1). O CAP2 encontra-se localizado ao lado da Rua R. Waldir Amaral, que serve de passagem para diversos veículos ao longo do dia e de acesso para a Rua São Francisco Xavier, com um fluxo veicular médio em dias úteis de 20.909 veículos trafegantes (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2017). O sistema CAP2 possui área de captação de 30 m², composto por telhado de fibrocimento, calhas e condutores verticais em PVC.

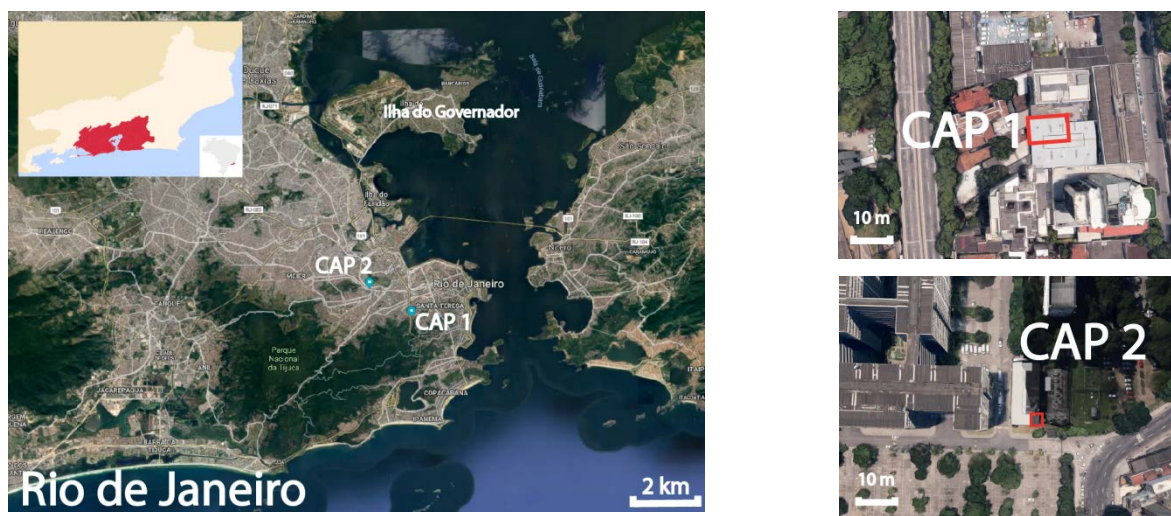


Figura 1: Localização dos sistemas de captação de águas pluviais do CAP1 e CAP2, Rio de Janeiro - RJ.

Ambos os sistemas possuem separador de sólidos, dispositivo de separação do fluxo de descarte inicial (SFI) ou *first flush* (FF), sifão extravasador, medidor de nível, pontos de coleta e reservatório. O sistema do CAP2 apresenta, diferente do CAP1, um sistema de filtragem específico denominado *Chove Chuva*, composto por pedra de calcário e pastilhas de cloro.

O *first flush* (FF) é o volume que corresponde ao separador de fluxo inicial, cujo primeiro volume é separado após passar pela superfície do telhado e antes de chegar ao reservatório principal, sendo responsável pela caracterização dos primeiros minutos de chuva de modo a confrontar a qualidade da água junto aos volumes posteriores, nesse caso, o do reservatório. O volume retido no *first flush* é considerado de lavagem da atmosfera e da superfície de captação, portanto, fundamental para diagnosticar possíveis efeitos da poluição atmosférica de cada evento. A capacidade de armazenamento do *first flush* é a relação do volume armazenado com a área de cobertura das águas pluviais, sendo cerca de 0,2 mm no CAP1 e 1,0 mm no CAP2.

O reservatório armazena o volume principal aproveitável para fins não potáveis. O CAP1 é composto por um reservatório (RR1) de 2460 litros e o CAP2 por um reservatório (RR2) com capacidade de 1000 litros. A Tabela 1 apresenta as características físicas principais do sistema CAP1 e CAP2.

Tabela 1: Características do estudo experimental no CAP1 e CAP2.

Local	Bairro	Telhado	Área do telhado	Volume FF	Volume RR
CAP1	Rio Comprido	Metálico	80 m ²	0,2 mm	2460 L
CAP2	Maracanã	Fibrocimento	30 m ²	1,0 mm	1000 L

Este trabalho consolida resultados de análise de qualidade da água dos pontos do *first flush* (FF) e do reservatório (RR) de cada sistema (Figura 2).



Figura 2: Sistema de Captação e Armazenamento CAP1 e os pontos de coleta FF1 e RR1 (à esquerda) e do sistema CAP2 e os pontos de coleta FF2 e RR2 (à direita).

Os dados de qualidade da água de chuva armazenados em ambos os sistemas CAP1 e CAP2 foram obtidos por tecnologias de monitoramento por meio de coletas e análises mensais para cada amostra de precipitação coletada das águas pluviais, com uso da sonda multiparâmetros *Aquaread AP-700* e com o auxílio de análises no Laboratório de Engenharia Sanitária (LES), da Faculdade de Engenharia (FEN), da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Foram coletadas e analisadas um total de 29 amostras para o CAP1 e de 27 amostras do CAP2 dos pontos *first-flush* (FF) e reservatório (RR), no período de janeiro a dezembro de 2017 e janeiro a dezembro de 2018. Nos meses de março e agosto de 2017, e janeiro e março de 2018 foram feitas duas coletas nos dois sistemas, em outubro e dezembro de 2017 foram feitas duas coletas no sistema CAP1. Nos meses restantes, foram feitas apenas uma coleta por mês.

Os dados de precipitação acumulada mensal, representados na Figura 3, indicam o comportamento pluviométrico próximo às áreas de estudo analisadas, foram retirados do Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro (SAR-RJ) da estação Tijuca, por ser a mais próxima às instalações dos sistemas.

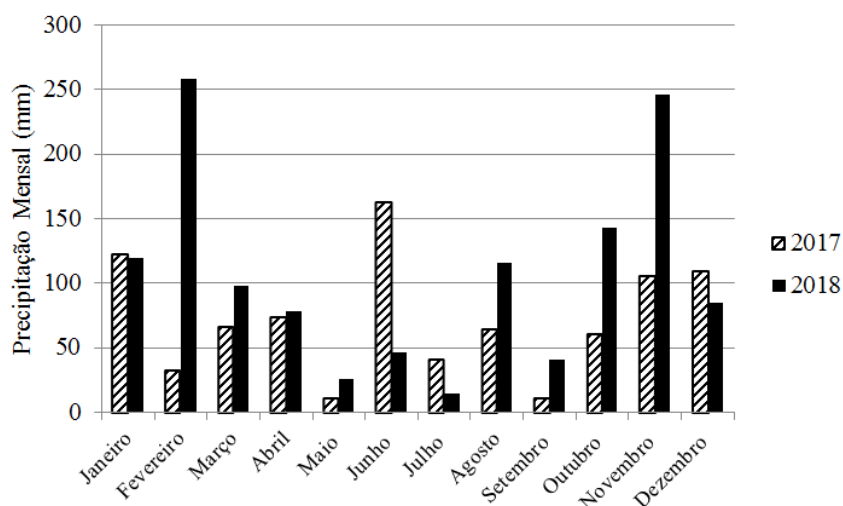


Figura 3. Precipitações mensais no período e na área de estudo

As análises consistem de parâmetros físico-químicos, como: pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (STD), obtidos pela sonda multiparâmetro *Aquaread AP-700*, e análises do parâmetro turbidez, utilizando o turbidímetro modelo *TECNOPON TB-1000*, realizadas no Laboratório de Engenharia Sanitária

(LES). As análises de turbidez foram feitas seguindo o Método 2130 B do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA & WEF, 2012). Os resultados das análises foram comparados com a legislação mais restritiva da USEPA (2002), conforme Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros legais e normativos de água da chuva.

Parâmetros	USEPA 2002	ABNT NBR 15.527/2007	Portaria 5/2017
pH	6,5 – 8,5	6,0 -- 8,0	6,0 -- 9,5
Turbidez	5 UNT	<2,0 UNT (usos mais restritivos) < 5,0 UNT	< 5,0 UNT
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	500 mg/L	-----	1.000 mg/L
Condutividade	-----	-----	-----

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados são apresentados na medida em que são realizadas análises das amostras de volumes coletados nos sistemas do CAP1 e CAP2, respectivamente: *first flush* (FF1) e reservatório (RR1), e *first flush* (FF2) e reservatório (RR2). A série das amostras compõe-se de coletas mensais no período entre janeiro de 2017 e dezembro de 2018.

Os parâmetros analisados consistem de: pH, turbidez, sólidos totais dissolvidos (STD) e condutividade elétrica. Na intermitência dos eventos pluviométricos, determinados meses ficaram sem amostras do volume de chuva precipitado para o procedimento de análises ou os equipamentos utilizados estavam danificados, como em:

- junho, agosto, setembro e outubro de 2017, fevereiro, março, julho e outubro de 2018 para análise de pH, turbidez, sólidos totais dissolvidos (STD) e condutividade do RR2;
- agosto de 2017 para análise de condutividade e de sólidos totais dissolvidos (STD) no FF2;
- novembro de 2017 para análise de sólidos totais dissolvidos (STD) do FF1;
- fevereiro, agosto e dezembro de 2017 para análise de pH, turbidez, sólidos totais dissolvidos (STD) e condutividade do RR1;
- novembro de 2017 para análise de sólidos totais dissolvidos (STD) do RR1 e
- dezembro de 2018 para análise de pH, sólidos totais dissolvidos (STD) e condutividade nos pontos FF1, FF2, RR1 e RR2.

3.1 Potencial hidrogeniônico (PH)

A água da chuva é naturalmente ácida com pH em torno de 5,6. Devido ao dióxido de carbono (CO₂) essa acidez pode ser intensificada na presença de poluentes primários como o dióxido de enxofre (SO₂) e óxidos de nitrogênio (NO_x) (BAIRD, 2002).

A partir da série histórica analisada dos anos 2017 e 2018, os valores obtidos na análise estatística das amostras para o potencial hidrogeniônico (pH) estão na Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros estatísticos do pH nos pontos de coleta.

Pontos	Média	Mediana	Desvio Padrão	Menor	Maior	Coefficiente de Variação	Erro Padrão
FF1	6,09	6,10	0,60	4,50	7,10	0,10	0,12
FF2	6,87	6,69	0,91	5,61	9,29	0,13	0,18
RR1	6,45	6,50	0,50	5,27	7,36	0,08	0,10
RR2	6,80	6,86	0,42	6,07	7,72	0,06	0,10

Os resultados médios obtidos de pH nos quatro pontos estudados apresentaram conformidade com as legislações da USEPA 2002, ABNT NBR 15.527/2007 e Portaria 5/2017 e dentro do limite de 6,0 à 9,5 conforme apresentado no *box-plot* da Figura 4. No entanto, em 29,63% das amostras de FF1, 11,54% de FF2, 12,50% de RR1 deram em desconformidade com as três legislações. Ainda assim, 70,37% do FF1, 38,46% de FF2, 50% de RR1 e 23,53% de RR2 ficaram fora dos limites da USEPA.

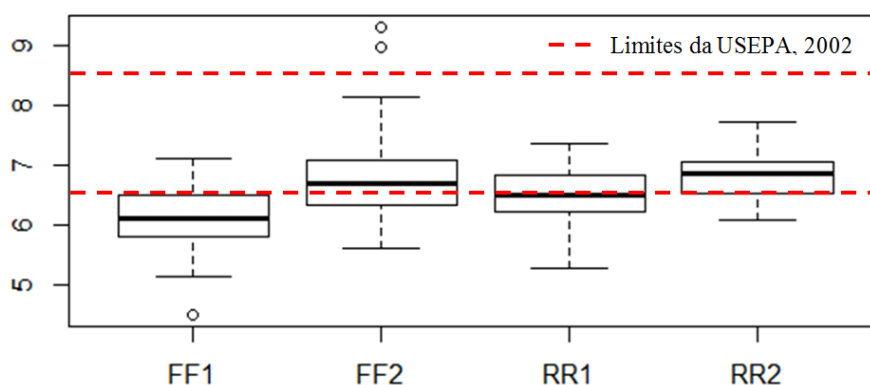


Figura 4. Boxplot de pH da água da chuva referente aos sistemas de captação e armazenamento de águas pluviais instalados na cidade do Rio de Janeiro-RJ.

3.2 Turbidez

A turbidez é uma propriedade ótica da água e representa a atenuação da luz ao atravessar uma determinada amostra de água (CETESB, 2012). Esta atenuação é provocada pelas partículas orgânicas e inorgânicas contidas na água. A turbidez resulta do espalhamento e absorção da luz incidente pelas partículas presentes na água (orgânicas ou inorgânicas), os níveis de turbidez variam normalmente entre 1 e 1.000 UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez), os níveis podem ser acrescidos pela presença de poluição por matéria orgânica (CHAPMAN; KIMSTACH, 1992). Segundo Von Sperling, (2014), águas provenientes de origem natural não trazem inconvenientes diretos, porém é esteticamente desagradável na água potável. Também foi feita a análise estatística para a turbidez, conforme Tabela 4.

Tabela 4: Parâmetros estatísticos da Turbidez nos pontos de coleta.

Pontos	Média	Mediana	Desvio Padrão	Menor	Maior	Coefficiente de Variação	Erro Padrão
FF1	28,36	7,70	40,22	0	140	1,42	7,47
FF2	19,52	1,45	31,78	0	101	1,63	6,23
RR1	0,55	0,38	0,56	0	2,6	1,02	0,11
RR2	0,50	0,46	0,38	0	1,5	0,76	0,09

Cerca de 51,72% e 34,62% das amostras dos pontos de *first-flush* (FF1 e FF2, respectivamente) no CAP1 e CAP2, respectivamente, apresentaram desconformidade com as legislações USEPA 2002, ABNT NBR 15.527/2007 e Portaria 5/2017, estando acima de 5 UNT, sendo necessário tratamento para adequar às condições instaladas. Os pontos de amostras obtidas no reservatório, RR1 e RR2, ambos estavam enquadrados com a legislações acima conforme apresentado na Figura 5.

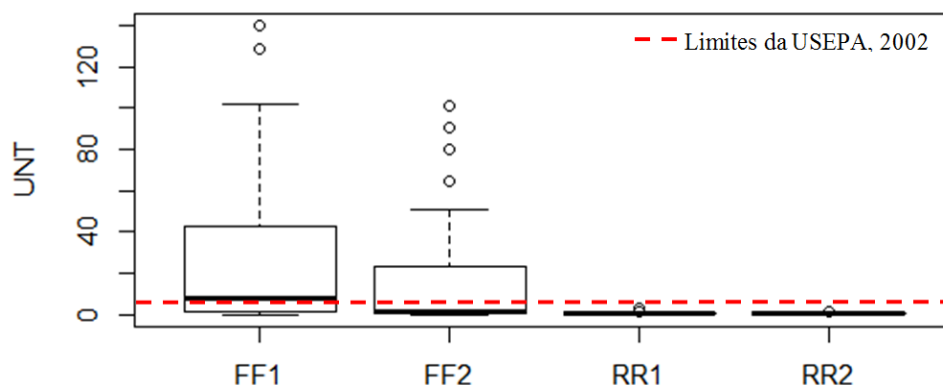


Figura 5. Boxplot de turbidez da água da chuva referente aos sistemas de captação e armazenamento de águas pluviais instalados na cidade do Rio de Janeiro-RJ.

3.3 Sólidos totais dissolvidos (STD)

Os sólidos totais dissolvidos (STD) representam o material filtrante, ou seja, material que passa pelo filtro de porosidade de 0,45 μm após a etapa de filtração (APHA; AWWA & WEF, 1999). A concentração de STD refere-se ao transporte de matéria orgânica e contaminantes entre ambientes e entre a coluna d'água e os sedimentos (GOÑI *et al.*, 2005). Os valores de sólidos totais dissolvidos (STD) tem correlação direta e proporcional com a condutividade elétrica devido à concentração de íons presentes nas amostras. Os resultados encontrados no estudo estatístico para sólidos totais dissolvidos (STD) estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Parâmetros estatísticos dos STD's nos pontos de coleta.

Pontos	Média	Mediana	Desvio Padrão	Menor	Maior	Coefficiente de Variação	Erro Padrão
FF1	67,81	53,00	61,61	14,00	308,00	0,91	11,86
FF2	66,76	58,00	32,11	24,00	154,00	0,48	6,42
RR1	28,48	28,00	14,67	0,44	61,00	0,52	2,99
RR2	48,29	48,00	19,17	3,00	86,00	0,40	4,65

Os resultados encontrados nos quatro pontos deste estudo do *first-flush* (FF1 e FF2) e reservatório (RR1 e RR2) deram inferiores à 500 mg/L, de modo a apresentar conformidade com as três legislações USEPA 2002, ABNT NBR 15.527/2007 e Portaria 5/2017 (Figura 6).

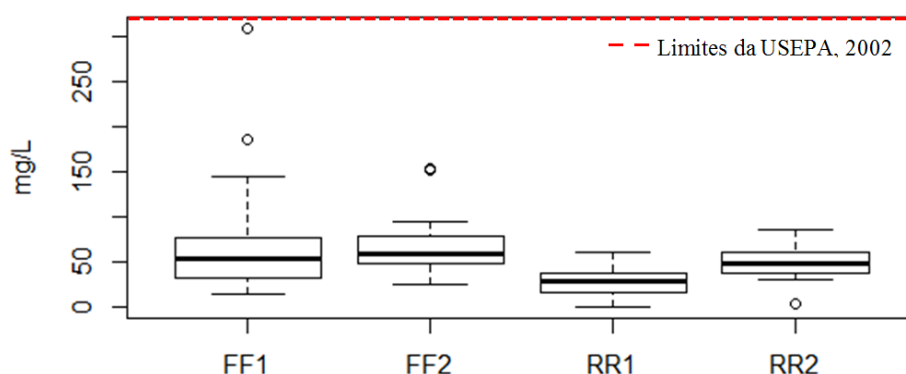


Figura 6. Boxplot de STD da água da chuva referente aos sistemas de captação e armazenamento de águas pluviais instalados na cidade do Rio de Janeiro-RJ.

3.4 Condutividade elétrica (CE)

A condutividade elétrica, ou condutância específica, é um indicador da salinidade resultante da concentração de sais, ácidos e bases nas águas naturais (TUNDISI e MATSUMURA TUNDISI, 2008). A concentração de íons dissolvidos é o fator determinante da condutividade. Os valores obtidos na análise estatística das amostras para condutividade (CE) estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Parâmetros estatísticos da Condutividade Elétrica nos pontos de coleta.

Pontos	Média	Mediana	Desvio Padrão	Menor	Maior	Coefficiente de Variação	Erro Padrão
FF1	109,41	82,00	102,73	23,00	475,00	0,94	19,77
FF2	103,68	91,00	49,14	37,00	237,00	0,47	9,83
RR1	45,88	49,00	21,13	16,00	91,00	0,46	4,31
RR2	74,76	78,00	29,17	6,00	133,00	0,39	7,08

As legislações *National Primary Drinking Water Regulations* e *Secondary Drinking Water Standards: Guidance for Nuisance Chemicals* não citam quaisquer limites em relação à condutividade elétrica. No entanto, os resultados obtidos estão expressos no box-plot da Figura 7.

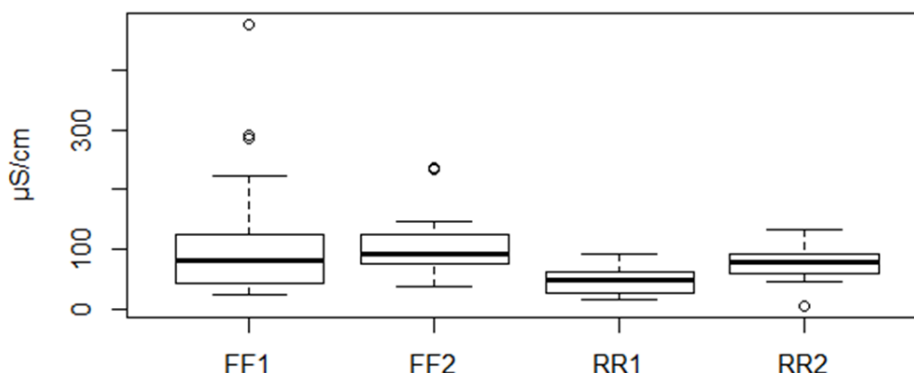


Figura 7. Boxplot de condutividade elétrica da água da chuva referente aos sistemas de captação e armazenamento de águas pluviais instalados na cidade do Rio de Janeiro-RJ

CONCLUSÕES

Após dois anos de monitoramento conclui-se que constituir barreiras de proteção como sistema separador de fluxo inicial (SFI) nas amostras do *first flush* é fundamental como medida de descarte dos primeiros minutos de chuva efetiva devido à elevada concentração de turbidez, em comparação às amostras do reservatório.

A partir disso, constata-se que os valores observados para o sistema CAP1 foram superiores aos do CAP2, em relação à desconformidade de turbidez, provavelmente devido ao volume de descarte do *first flush* ser superior em 0,8 mm no CAP2. Já os resultados de turbidez do reservatório indicam conformidade com a legislação da USEPA (2002), portanto o volume descartado nos dois sistemas do *first flush* estão sendo efetivos.

A partir da comparação entre os resultados dos dois sistemas é possível inferir que não houve grande diferenciação, justificado pelo fato de que ambos os sistemas estão instalados em locais de intensa urbanização e tráfego de veículos.

As amostras de água armazenadas nos reservatórios de ambos os sistemas, RR1 e RR2, apresentaram qualidade satisfatória para o uso não potável, contudo, devido ao caráter ácido torna-se necessário a equalização do pH. Recomenda-se também a realização de cloração para viabilizar a descontaminação da água e viabilizar o uso para fins não potáveis, de modo a observar possíveis restrições à saúde humana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABBASI, T., ABBASI, S.A., 2011. Sources of Pollution in Rooftop Rainwater Harvesting Systems and Their Control. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 41, 2097-2167.
2. AMOS, C.C., RAHMAN, A., GATHENYA, J.M., 2016. Economic Analysis and Feasibility of Rainwater 872 Harvesting Systems in Urban and Peri-Urban Environments: A Review of the Global Situation with 873 a Special Focus on Australia and Kenya. *Water* 8(4), 149.
3. ANA. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (2016). Brasília ANA, 2016.
4. ANA. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (2017). Brasília ANA, 2017.
5. APHA; AWWA & WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th. ed. [s.l: s.n.].
6. BAIRD, C. Química Ambiental. 2ª. ed. Porto Alegre: [s.n.]. 2002.
7. CETESB. Relatório da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo 2011. [s.l: s.n.].
8. CHAPMAN, D.; KIMSTACH, V. The selection of water quality variables. In: CHAPMAN, D. (Ed.). *Water Quality Assessments*. 1a. ed. London: Chapman & Hall, 1992. p. 51–120.
9. EVANS, C., COOMBES, P., DUNSTAN, R., 2006. Wind, rain and bacteria: the effect of weather on the microbial composition of roof-harvested rainwater. *Water Res.* 40, 37e44.
10. FLETCHER, T.D., DELETIC, A., MITCHELL, V.G., HATT, B.E., 2008. Reuse of urban runoff in Australia: a review of recent advances and remaining challenges. *Journal of Environmental Quality* 37, S116eS127.
11. GIKAS, G.D., TSIHRINTZIS, V.A., 2012. Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested rainwater. *J. Hydrol.* 466, 115e126.
12. GOÑI, M. A. et al. Fluxes and sources of suspended organic matter in an estuarine turbidity maximum region during low discharge conditions. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 63, 2005.
13. LEE, H.; LAU, S. L.; KAYHANIAN, M.; STENSTROM, M. K. Seasonal first flush phenomenon of urban stormwater discharges. *Water Research* 38, 4153–4163, 2004.
14. LEE, J.Y., YANG, J.S., HAN, M., CHOI, J., 2010. Comparison of the microbiological and chemical characterization of harvested rainwater and reservoir water as alternative water resources. *1074 Science of The Total Environment* 408, 896-905.
15. MENDEZ, C.B., KLENZENDORF, J.B., AFSHAR, B.R., SIMMONS, M.T., BARRETT, M.E., KINNEY, K.A., KIRISITS, M.J., 2011. The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater. *Water Res.* 45, 2049e2059.
16. NUNES DA SILVA, G.; JACOB, R. V. B.; SOUZA, R.S.; OHNUMA JR.; A.A.; BILA, D.M. Avaliação da qualidade da água de chuva coletada na UERJ no bairro do Maracanã, Rio de Janeiro-RJ. In: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. XXII SBRH-ABRH – Florianópolis-SC. 26/11/2017 à 01/12/2017.
17. PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. Fluxo Veicular Médio em Dias Úteis. Rio de Janeiro, 2017.
18. SOARES, D. A. F. et al.. Considerações a respeito da reutilização das águas residuárias e aproveitamento

- das águas pluviais em edificações. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 12., Vitória, 1999. Anais. Vitória: ABRH, 1999.
19. TOMAZ, Plínio. Economia de Água (disponível em http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_economia_de_agua_170114/economia_de_agua.pdf, consultado em 08/10/2018)
 20. TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 632 p.
 21. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. National Primary Drinking Water Regulations (disponível em https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-06/documents/npwdr_complete_table.pdf, consultado em 26/07/2018).
 22. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Secondary Drinking Water Standards: Guidance for Nuisance Chemicals (disponível em <https://www.epa.gov/dwstandardsregulations/secondary-drinking-water-standards-guidance-nuisance-chemicals>, consultado em 26/07/2018)
 23. VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4 ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFGM, Belo Horizonte, MG, 2014.
 24. VAES, G.; BERLAMONT, J. The effect of rainwater storage tanks on design storms. Urban Water, 3(4), 304-307, 2001.
 25. ZAIZEN, M. et al. The collection of rainwater from dome stadiums in Japan. Urban Water, 1(4), 356-359, 1999.