



A INFLUÊNCIA DA AUTOLIMPEZA NA QUALIDADE DAS ÁGUAS DE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

Marina Scarano Correa¹; Andrelle Soares Dantas Faria²; Ligia Conceição Tavares^{3};
Edilaine Cristina Pamplona Menezes⁴; Ilka Suely Dias Serra⁵; Luiza Carla Girard Mendes
Teixeira⁶*

RESUMO

Com o agravamento dos problemas ambientais a escassez de água no Brasil é um problema cada vez mais frequente. Alguns projetos de aproveitamento de águas pluviais estão sendo implantados para suprir as necessidades e atender o maior número de famílias no interior do Pará que não possuem acesso a sistema de distribuição de água convencional. Assim, esse trabalho visa avaliar a eficiência do aproveitamento da água de chuva utilizando um sistema de autolimpeza de 1 mm/m² (descarte da primeira água do telhado). Foram determinadas as variáveis cor, turbidez, condutividade e pH na água captada na atmosfera, na calha e após o descarte. Analisando os resultados, torna-se claro que a autolimpeza apresenta é muito importante para a melhoria da água captada no telhado, com reduções médias das variáveis cor e turbidez de 15% e 42% respectivamente, além de diminuir a dispersão dos dados.

Palavras-Chave – Água de Chuva, Autolimpeza, Eficiência.

THE INFLUENCE OF FIRST-FLUSHING ON THE WATER QUALITY OF RAINWATER HARVESTING SYSTEMS

ABSTRACT

With the increasing of environmental troubles, water scarcity is a problem ever more frequent in Brazil. Rainwater harvesting projects are being established in order to furnish the demand and reach a higher number of families in countryside of the State of Pará that do not have access to a conventional water supply system. Thus, this paper aims to evaluate the efficiency of rainwater harvesting projects that use first-flush system of 1 mm/m² (discard of roof's first water). It was determined the parameters color, turbidity, conductivity and pH. Analyzing the results, it is clear that the first-flush system is quite important for harvested roof water improvement, with mean reductions of the variables color and turbidity of 15% and 42% respectively, aside from decrease data dispersion.

Keywords – Rainwater, First-flushing, efficiency.

¹Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Pará. Email: marina_scarano@ymail.com

²Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Pará. Email: andrellefaria@gmail.com

³Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Pará. Email: ligiactavares@ymail.com

⁴Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará, Mestranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará. Email: edilainecristina@gmail.com

⁵Engenharia Sanitarista pela Universidade Federal do Pará, Mestre em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo. Email: idiserra@gmail.com

⁶Engenheira Civil pela Universidade Federal do Pará, Mestre em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo, Doutora em Ciências pela Universidade Federal do Pará. Email: luiza.girard@gmail.com



INTRODUÇÃO

Atualmente, o aproveitamento de água de chuva está sendo discutido no Brasil e aplicado em algumas regiões do semiárido. Nestas regiões, há alguns projetos que incentivam a execução de sistemas visando o aproveitamento como o projeto um milhão de cisternas (P1MC) do governo federal, desenvolvido com o objetivo de garantir o fornecimento de água à população nos períodos de seca.

O déficit de cobertura de abastecimento de água de qualidade, sobretudo no interior do estado do Pará, motiva populações a buscarem água em fontes desprotegidas, que podem não atender aos padrões qualitativos estabelecidos na portaria de potabilidade N° 2914 do Ministério da Saúde do Brasil (BRASIL, 2011).

Em grande parte dos locais mais carentes do estado do Pará a captação de águas subterrâneas e/ou superficiais pode ser inviável, sendo esta a realidade da maior parte da população do interior da Amazônia. Outra problemática encontrada é a grande distância entre as casas destas comunidades, o que torna os custos com redes de distribuição elevados. A captação de água de chuva adequada para unidades unifamiliares pode ter baixo custo e alta eficiência, devido aos elevados índices pluviométricos da região, se comparada com o tratamento de águas superficiais, cujas águas são predominantemente e naturalmente turvas e ácidas. A utilização de poços pode apresentar custo elevado de implantação e manutenção, pois em alguns casos a logística é precária no interior dos estados da Amazônia, podendo assim, ampliar o tempo de desabastecimento de água.

Desta forma, torna-se evidente a importância do aproveitamento da água de chuva, por ser uma das soluções mais simples e baratas pela simplicidade operacional e também pela não utilização de energia elétrica, o que propõe aos usuários a responsabilidade de gerenciar o próprio abastecimento de água e desta forma, contribuir para o desenvolvimento sustentável da população.

O presente artigo visa contribuir avaliando a eficiência do descarte das primeiras águas de telhado (autolimpeza) em sistemas de captação de água de chuva voltado para atendimento de pequeno aglomerado familiar, desprovidas de água de qualidade, sobretudo naquelas localizadas em comunidades carentes, cujas habitações são do tipo palafitas, que ficam em planície inundáveis, ou em outra localidade afastada dos centros urbanos e carentes de recursos financeiros.

MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta dos dados ocorreu no período de dezembro de 2014 a fevereiro de 2015 em uma unidade experimental de escala plena, localizada na Latitude 1° 28'26.71"S e na Longitude 48°27'12.23", composta de uma edificação de 6m² com cobertura cerâmica, com calhas de PVC, mecanismo de autolimpeza de telhado que abstraiu primeiro 1 mm de água de chuva e reservatório de PVC (capacidade de 500 l), conforme Figura 1.

No Laboratório Multiusuário de Tratabilidade de Águas (LAMAG) do Grupo de Pesquisas em Gerenciamento de Águas e Reuso de Efluentes (GESA) da Universidade Federal do Pará – UFPA realizaram-se testes de cor, turbidez, pH e condutividade nos pontos de coleta. As amostras

de água foram coletadas em frascos de vidro, sendo transportadas em caixas isotérmicas e preservadas em $\pm 4^\circ\text{C}$. A sistemática de coleta e de preservação das amostras seguiu a metodologia proposta no Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Águas da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2001) e o método analítico foi realizado conforme o recomendado pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).



Figura 1 – Localização da unidade experimental de tratabilidade de água de chuva, Campus Profissional, Universidade Federal do Pará, Belém – PA, Brasil. Fonte: Autores, 2015.

Foram avaliados 3 pontos de amostragem de água: atmosfera, calha e após autolimpeza de 1 mm/m^2 , durante 14 ocorrências de precipitação. Os pontos de coleta e a justificativa para a seleção dos mesmos estão explanados na Tabela 01.

Tabela 01 – Pontos de coleta e justificativa.

Pontos	Etapas	Justificativa
1	Interceptação Atmosférica – Atm.	Analisar a qualidade da água da chuva antes de entrar em contato com o telhado.
2	Telhado - Calha	Verificar a influência do telhado na qualidade da água, o quanto pode contribuir para a deterioração da mesma em comparação com valores qualitativos do ponto a montante (ponto 1).
3	Após autolimpeza – Auto L.	Verificar a influência da utilização da autolimpeza de 1 L/m^2 na qualidade da água captada no telhado.

Fonte: Autores, 2015.

Após a sumarização dos dados (estatística descritiva) foi realizado o teste de normalidade para verificar se as amostragens obedecem à uma distribuição normal ou anormal (Lilliefors).

Para inferir sobre a média amostral das concentrações das variáveis foi calculado o intervalo de confiança com nível de 5%. Para verificar as diferenças entre cada ponto da amostra, foi realizada a análise estatística dos dados utilizando a Análise de Variância (teste Tukey) quando a variável apresentar distribuição normal (VIEIRA, 2006), em caso contrário foi aplicado o teste não



paramétrico de Kruskal-Wallis (teste de Dunn) (AYRES, *et al.* 2007), nos quais os resultados foram considerados significativos quando a probabilidade for inferior a 5% ou $p < 0,05$.

As variáveis referentes a todos os pontos da amostragem foram quantificadas e expressadas em intervalos de confiança com um nível de significância de 95% ($\alpha = 0,05$). Os resultados obtidos pelo tratamento estatístico proposto servirão como indicador de eficiência do sistema e para a verificação da viabilidade técnica do sistema, bem como da melhor configuração do sistema.

Foram utilizados os softwares Excel (pacote Microsoft office 2010) e bioestat 5.0 para a construção do intervalo de confiança, teste de normalidade (Lilliefors).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da aplicação dos métodos descritos, os resultados das variáveis turbidez, pH, cor e condutividade estão apresentados na Tabela 02.

Tabela 02 – Resultado das variáveis turbidez, pH, cor e condutividade nos pontos de coleta

AMOSTRAGEM	Turbidez (uT)			pH			Cor (uC)			Condutividade (µs/cm)		
	Atm	Calha	Auto L	Atm	Calha	Auto L	Atm	Calha	Auto L	Atm	Calha	Auto L
NÚMERO DE AMOSTRAS	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
MINÍMO	0,2	0,5	0,7	4,8	5,8	6,0	1,0	7,0	4	8,6	7,2	7,3
MÁXIMO	5,6	20,8	21,0	10,8	10,2	9,0	15,0	48	32	40,1	68,6	39,3
MÉDIA	2,5	10,2	5,7	5,7	6,3	6,5	5,1	20,9	15,9	17,2	28,7	18,0
MEDIANA	2,1	6,4	3,7	6,2	6,5	6,6	3,5	14,5	12,5	15,4	17,0	16,7
DESVIO PADRÃO	1,5	11,1	5,5	5,4	6,3	6,5	4,3	14,3	8,7	8,4	25,3	10,0

Fonte: LAMAG, 2015.

Os resultados foram organizados em forma de boxplot que estão representados na Figura 02.

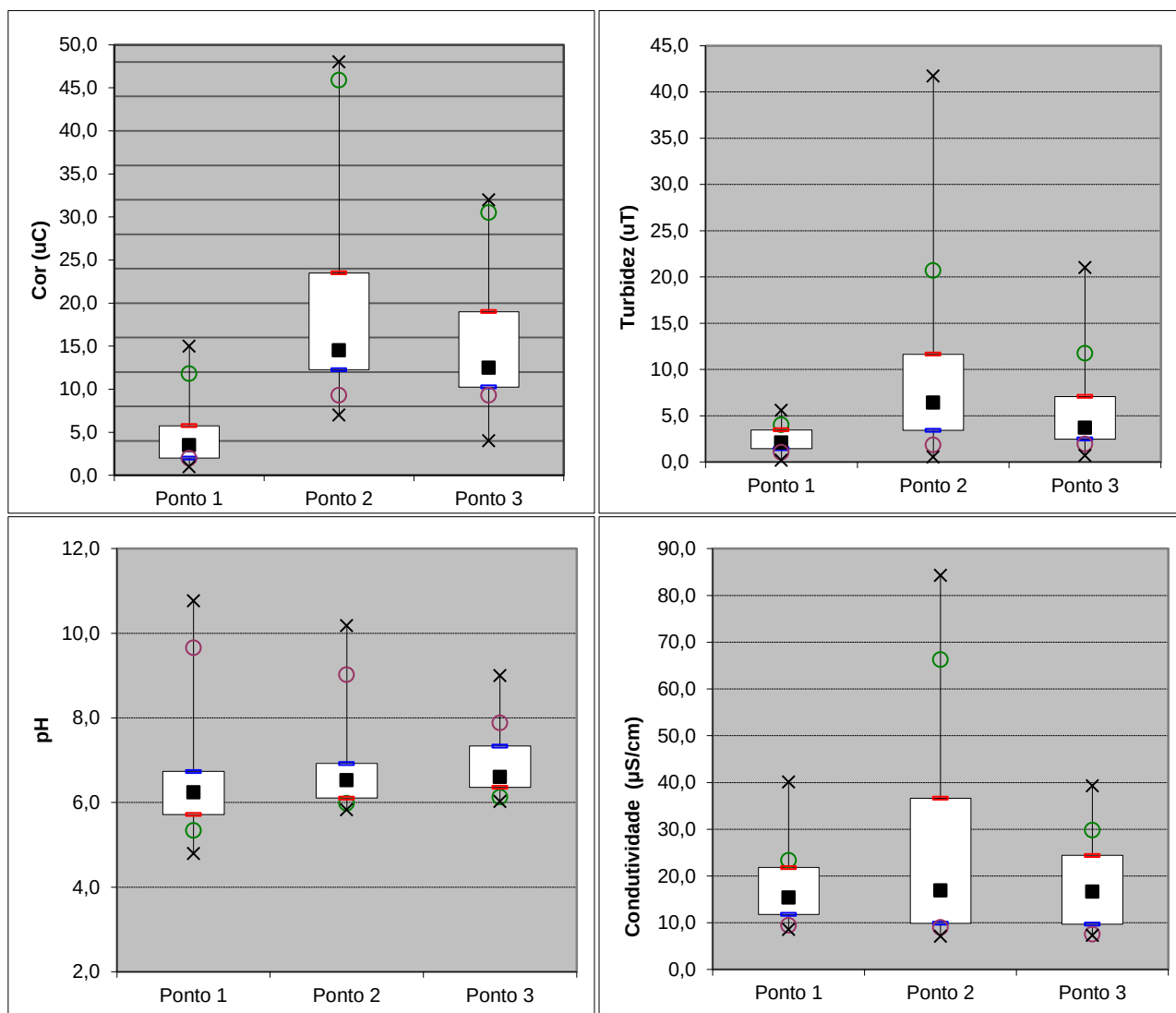


Figura 02 –Representação das variáveis cor, turbidez, pH e condutividade através de dropbox. Fonte: Autores, 2015.

Legenda: — 25% ■ 50% ○ 90% ○ 10% × Mín × Máx — 75%

Através da análise dos boxplots da figura 2 percebe-se que o telhado tem grande influência na qualidade da água em relação àquela que é captada na atmosfera e o mecanismo de autolimpeza tende a reduzir novamente as variáveis. Referente a variável cor, percebe-se que no ponto 1 a maioria dos valores atende o padrão de potabilidade (BRASIL, 2011). No entanto, após passar pelo telhado (ponto 2) a disparidade dos valores torna-se maior, com o valor máximo atingindo 48,0 UC e o mínimo 7,0 UC. Percebe-se também que esses valores estão distantes da mediana a de 14,5 UC que se encontra bem próximo de 15 UC, valor preconizado pela portaria 2914 (BRASIL, 2011), no entanto esta mediana é 4,15 vezes maior a água captada direta da atmosfera (ponto 1). No ponto 3a cor atingiu o valor mínimo de 4,0 UC e o máximo de 32 UC com mediana de 12,3 UC (15% inferior ao ponto 2).

Para a variável turbidez nenhum dos pontos atingiu o valor de 1 UT (BRASIL, 2011), no ponto 1 percebe-se homogeneidade dos dados diferentemente do ponto 2, onde os dados encontram-se mais dispersos. A mediana no ponto 2 foi 3,05 vezes maior do que no ponto 1, evidenciando a



piora na qualidade da água ao passar pelo telhado. O ponto 3 também apresenta valores dispersos, com mínimo de 0,7, máximo de 21,0 e mediana de 3,7 UT, o que representa uma melhoria de 42% em relação ao ponto 2.

No bloxplot da variável condutividade, no ponto 1 o valor máximo atingiu 40,1 μ S/cm e o mínimo 8,6 μ S/cm. O valor da mediana foi de 15,4 μ S/cm. O ponto 2, apresentou um desvio padrão de 25,3 μ S/cm, relatando uma disparidade maior entre o valor máximo e o valor mínimo, no ponto 3 da amostragem houve uma redução da dispersão dos resultados, com mediana de 16,7 μ S/cm.

No boxplot de pH pode-se observar que o parâmetro em relação ao ponto 1, os resultados apresentam-se assimétricos, pois o valor da mediana não é equidistante dos extremos. O percentil de 25% dos dados atingiu um valor máximo de 10,8 com disparidade considerável em relação a mediana, que apresentou um valor de 6,2. Por sua vez, os 75% restantes atingem 4,8, ou seja, inferior e mais próximo da mediana constatada. No ponto 2, pode-se perceber que a não equidistância entre os interquartis manteve-se, o valor mínimo dos 75% apresentou-se com pH igual a 6,0 dentro de 90% dos dados, o qual manteve-se próximo da mediana igual a 6,5. Entretanto, no ponto 3, a equidistância entre os dois quartis aumentou, havendo uma melhor distribuição dos dados, onde 75% da amostragem manteve-se próximo da mediana 6,6, bem como, também os 25% dos valores.

Os intervalos de confiança referentes às variações de qualidade da água de chuva captada no sistema experimental são apresentados na Tabela 03.

Tabela 03 – Variações da qualidade da água de chuva.

Pontos	IC 95%		
	1	2	3
Cor (UC)	4,07 a 7,4	14,41 a 27,48	10,72 a 17,15
Turbidez (UT)	1,86 a 2,87	5,48 a 15,32	3,49 a 7,04
Condutividade (μ S/cm)	13,88 a 14,79	18,21 a 21,05	13,51 a 16,96
pH	6,15 a 7,39	6,31 a 7,74	6,58 a 7,41

Fonte: Autores, 2015.

Para a variável cor aparente, observa-se valores da amostra ambiente (atmosfera) de 4,07 a 7,4 UC, ao interceptar o telhado cerâmico a média amostral da variável ficou entre 14,41 a 27,48 UC. Após a abstração de 1 L/m² ficou entre 10,72 a 17,15 UC. O volume abstraído de 1 L/m² não diminuiu significativamente a variável ($p > 0,05$) o que sugere que o volume foi incipiente para redução significativa da variável.

Para a variável turbidez foi verificada diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre a água de chuva precipitada e a água jusante do telhado, isto é, observou-se déficit qualitativo significativo após a água passar pela cobertura. Após a abstração inicial foi verificada a redução da variável de 5,48 a 15,32 UT na cobertura para 3,49 a 7,04 UT, o que converge com os resultados verificados nos estudos de Xavier (2009) e Andrade (2012).

Para a variável condutividade e pH não foi verificada diferença estatisticamente significativa nas etapas do tratamento, assim os valores das variáveis nas etapas de coleta de precipitação direta da atmosfera (13,88 a 14,79 μ S/cm e 6,15 a 7,39), contato com a cobertura cerâmica (18,21 a 21,05 μ S/cm e 6,31 a 7,74) e abstração inicial (13,51 a 16,96 e 6,58 a 7,41) não foram significativamente



alteradas ao longo do tratamento. Os valores de pH tenderam a neutralidade desde o ponto da captação até a abstração inicial, isto é, as coberturas cerâmicas não influenciaram significativamente no valor o pH e a abstração inicial também não modificaram significativamente a variável, conforme verificado na pesquisa de Gikas e Tsihrintzis (2012) e Mendez *et al.* (2011).

CONCLUSÃO

Os sistemas de aproveitamento de água de chuva devem possuir barreiras sanitárias eficientes para minimizar a contaminação e crescimento microbiano. Desta forma, a autolimpeza é uma importante etapa, se não indispensável para sistemas cuja finalidade é garantir segurança alimentar, consequentemente potável. Ainda que o sistema não possua finalidade de atender ao consumo humano, a autolimpeza não deve ser negligenciada, uma vez que melhora consideravelmente a qualidade da água, por isso há a tendência de propagação das vantagens para sistema de aproveitamento pluvial.

Desta forma, este trabalho verificou as diferenças significativas na qualidade da água para a variável turbidez considerando a interceptação direta da atmosfera e do telhado, importando em um déficit qualitativo, entretanto a autolimpeza, dimensionada para desviar o primeiro milímetro de chuva melhorou significativamente a qualidade da água (42%). Já para os valores de pH, condutividade e cor a autolimpeza não influenciou significativamente os resultados da qualidade da água.

REFERÊNCIAS

- APHA. American Public Health Association. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington, DC: APHA. 1998.
- ANDRADE, Cristiane da Costa Gonçalves de. *Aproveitamento de água da chuva para abastecimento em área rural na Amazônia, estudo de caso: Ilha Grande e Murutucu, Belém-Pará*. 2012, f. 161. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.
- XAVIER, Rogério Pereira. *Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano*. 2010. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.
- AYRES, M., AYRES JÚNIOR, M., AYRES, D.L. & SANTOS, A.A. 2007. *BIOESTAT – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas*. OngMamiraua. Belém, PA.
- CETESB, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, *Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras*, Brasília – DF. 2001.
- GIKAS, Georgios D.; TSIHRINTZIS, Vassilios A. Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested rainwater, *Journal of Hydrology*. Estados Unidos, v. 466, p. 115-126, 2012.



XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

LEE, J. Y.; BAK, G.; HAN, M., Quality of roof-harvested rainwater e comparison of different roofing materials. *Environ Pollut.* Estados Unidos, v. 162, p. 422-429, Dec. 2012.

MENDEZ, Carolina B. *et al.* The effect of roofing material on the quality of harvested Rainwater. *Water Research*, New Zealand, v. 45, n. 5, p. 2049-2059, Feb. 2011.

VIEIRA, Sônia. *Análise de Variância (ANOVA)*. São Paulo: Atlas, 2006.

WATANABE, Eduardo. *Sistema de coleta e armazenamento de água em áreas rurais*. Trabalho de formatura apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a conclusão do curso de Engenharia Mecânica, 2009.