

Sistemas Produtivos e Desenvolvimento Profissional: Desafios e Perspectivas

Avaliação da qualidade de água de chuva para aproveitamento doméstico

ÁLVARO DIOGO SOBRAL TEIXEIRA

Centro Estadual de educação Tecnológica Paula Souza – São Paulo – Brasil
alvarodiogo_st@yahoo.com.br

EDMUNDO PULZ

Faculdade de Tecnologia de São Paulo – São Paulo – Brasil
e.pulz@uol.com.br

BRUNA CAROLINA RODRIGUES SILVA

Faculdade de Tecnologia “José Crespo Gonzales” – São Paulo - Brasil
bruna_carol.ppg@hotmail.com

SILVIA PIERRE IRAZUSTA

Centro Estadual de educação Tecnológica Paula Souza – São Paulo – Brasil
silvia.pierre@hotmail.com

ELISABETH PELOSI TEIXEIRA

Centro Estadual de educação Tecnológica Paula Souza – São Paulo – Brasil
elisabeth.pelosi@gmail.com

Resumo - Este artigo descreve um sistema de captação de água de chuva coletada em telhado domiciliar para aproveitamento na residência em fins menos nobres. O trabalho fez a análise microbiológica e parasitológica da água captada em três pontos do sistema, além de análise ecotoxicológica. Os resultados mostram a necessidade de um tratamento mínimo da água, mesmo para fins menos nobres, se ela for ficar armazenada por algum período.

Palavras-chave: Água de chuva, Aproveitamento, Análise microbiológica, Análise ecotoxicológica.

Abstract - This article describes a rainwater harvesting system collected under house roof to use the residence for less noble purposes. The work made the microbiological and parasitological analysis of collected water in three points of the system, and ecotoxicological analysis. The results show the need for a minimum water treatment, even for less noble purposes, if it is stored for some period.

Keywords: Rainwater, Utilization, Microbiological analysis, Ecotoxicological analysis .

1. Introdução

A questão da falta de água nos grandes centros urbanos, tanto no Brasil como no mundo nos últimos anos, tem levado as pessoas a desenvolver vários dispositivos domésticos para captação de água de chuva, sua reservação e posterior utilização para fins menos nobres, dentro das diversas atividades domésticas. Em 2014, a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e muitas cidades do interior do Estado sofreram fortemente com a escassez de água e a imprensa noticiou profusamente a criatividade da população no desenvolvimento de sistemas de captação da água de chuva do telhado.

Rebouças (2006), utilizar água de chuva para fins urbanos não-potáveis representaria uma economia significativa de até 60% em uma residência, já que diversas atividades como lavagem de piso, descarga, rega de jardim, lavagem de carros, etc. representam mais da metade do consumo de uma casa e são realizadas com água tratada quando poderiam ser feitas com água da chuva.

Tomaz (2003) estima uma economia de 30% da água pública quando se utiliza água de chuva. Dentro da situação crítica de uma metrópole, como a de São Paulo, quaisquer porcentagens de economia são bem vindas, e as faixas de economia sugeridas pelos autores de 30% a 60% são significativas e necessárias. Furghesti (2011) apresenta ainda um estudo em edifícios públicos onde o consumo não potável representa em média 80% do consumo total.

Muitas empresas, aproveitando-se deste momento crítico de disponibilidade do recurso hídrico, vendem também soluções domésticas para a captação da água de chuva, mas sem uma orientação adequada, este sistema pode vir a ser uma fonte importante de contaminação, na dependência dos fatores ambientais do entorno do domicílio, bem como das condições de operação do sistema.

Este trabalho utiliza como modelo de estudo um sistema doméstico, construído pelo próprio morador, para desenvolver análises bacteriológicas, parasitológicas e ecotoxicológicas da água de chuva captada em três pontos diferentes do sistema.

2. Referencial Teórico

A água reservada na Terra consiste em 97,5% do seu volume em oceanos e mares, sendo que apenas 2,5% são de água doce. Dentro destes 2,5% há apenas 0,3% disponíveis em rios e lagos, e o restante se apresenta em forma de calotas polares, geleiras, aquíferos e outros reservatórios de difícil acesso (REBOUÇAS; BRAGA & TUNDISI, 2006).

O Brasil ainda figura em um bom lugar no *ranking* das maiores reservas de água doce do mundo, possuindo 12% da reserva mundial e 53% da reserva latino-americana, mas a situação aparentemente confortável não evita escassez em algumas regiões, já que 70% do volume total das águas encontram-se na

Região Amazônica - a menos habitada do país - enquanto que os 30% restantes estão distribuídos para 93% da população.

Considerando o exposto faz-se necessário intervir de diversas formas para amenizar esta situação e o desenvolvimento de uma nova cultura sobre o uso da água da chuva é uma delas.

O uso de fontes alternativas de água, como a água de chuva, nas edificações é uma ação de conservação de água que contribui tanto em termos de uso eficiente da água como de redução da contribuição às galerias de águas pluviais do escoamento gerado no empreendimento (TOMAZ, 2003).

A qualidade da água da chuva deve ser considerada nos quatro momentos distintos de um sistema de aproveitamento de água da chuva, qual seja: a precipitação na atmosfera, a chuva após passagem pela área de captação, no reservatório de armazenamento e nos pontos de consumo (TOMAZ, 2003).

Para cada nível, a qualidade estará associada a fatores ambientais, tipo e condição da área de captação, material do reservatório e condições de manutenção deste último, minimamente. Já a qualidade da água de chuva no ponto de consumo levará em conta o uso que será dado e qual tratamento será especificado para atingir este fim (TOMAZ, 2003).

Fazer o descarte da água inicial, o *first flush*, é fundamental para tornar a qualidade da água a ser utilizada melhor. A água que escoar de uma superfície impermeabilizada, como um telhado, por exemplo, e que os primeiros instantes da chuva encarregam-se de limpar, contém diferentes contaminantes físicos, químicos e biológicos. Tomaz (2003) e Gavaloti (2011) exemplificam alguns contaminantes encontrados em telhados, como fezes de passarinhos, pombas, ratos e outros animais, bem como poeira, folhas de árvores, revestimentos do telhado, fibrocimento, tintas, microrganismos, hidrocarbonetos provenientes do petróleo, produtos tóxicos como pesticidas e os poluentes do ar depositados sobre as superfícies urbanizadas. LYE (2009) menciona a presença de metais que causam danos à saúde humana, entre eles: Alumínio – provoca danos ao sistema nervoso, decréscimo da formação óssea em criança; Manganês – danos ao sistema nervoso, decréscimo da capacidade de aprendizado em crianças; Cobre – danos ao fígado e rins, decréscimo do desenvolvimento fetal; Zinco – danos ao pâncreas e rim, anemia infantil; Chumbo – danos cerebrovasculares, anemia e danos cerebrais em crianças. Ferro e arsênio também podem ser encontrados.

A ABNT NBR 15.527:2007 estabelece como parâmetro de qualidade da água de chuva para usos restritivos não potáveis a ausência de coliformes totais e termotolerantes em 100 mL. A contaminação da água por microrganismos patogênicos possui como principal veículo de propagação, excretas de origem humana e animal, dentre os principais estão os coliformes totais, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e os estreptococos fecais (AMORIM & PORTO, 2001).

No Brasil, a ABNT NBR 15.527:2007 recomenda descartar 2 mm da precipitação inicial (ABNT, 2007). Porém, esse parâmetro médio foi utilizado baseado em dados estudados na Europa e não considera as características

locais: situação do entorno, limpeza urbana e sua frequência, declividade, idade e material do telhado, a intensidade da precipitação e sua distribuição temporal, espacial e sua sazonalidade. Estes fatores influenciam na quantidade de poluentes presentes no telhado, e que deverão ser descartados antes de destinar a água para o aproveitamento.

Para utilizar a água de chuva como fonte alternativa é necessário conhecer a quantidade substancial de contaminantes, determinar o *first flush* a ser descartado e indicar seus usos potenciais. O armazenamento de água de chuva sem critérios pode causar problemas de saúde, por contato primário e/ou funcionais, como entupimento de encanamentos e multiplicação de microrganismos.

O presente estudo visa analisar a qualidade da água de chuva captada por um sistema doméstico em três pontos distintos: no reservatório de descarte do escoamento inicial "*first flush*", no reservatório de armazenamento (sem cloração) e no ponto de consumo após bombeamento e filtração.

3. Método

A pesquisa foi desenvolvida na forma de um estudo de caso realizado em sistema de captação de água de chuva residencial. O sistema foi desenvolvido pelo proprietário do imóvel, cuja formação permite domínio do assunto, com conhecimento técnico na área de hidráulica e será aqui apresentado e comentado. As amostras de água de chuva foram coletadas, armazenadas e transportadas sob refrigeração até Sorocaba-SP, onde foram desenvolvidas as análises bacteriológicas e ecotoxicológicas.

3.1 Sistema de captação de água de chuva de uso domiciliar

A água da chuva foi coletada de um telhado de aproximadamente 100 m² por meio de uma calha e conduzida por uma tubulação de 75 mm de diâmetro para o sistema de descarte de escoamento inicial (*first flush*), sistema este baseado no método DesviUFPE, da Universidade Federal de Pernambuco (SOUZA et al, 2011). O volume de descarte do escoamento inicial é de aproximadamente 1 mm, considerando que 1mm equivale a 1 litro por m² de área de captação.

Após o descarte do escoamento inicial a água é armazenada em um reservatório de 1.500 litros da Acqualimp e recalçada para o ponto de consumo através de uma bomba Tork, modelo 612/1 de 1/2 cv de potência, altura máxima de 35 mca e vazão máxima de 2.400 litros/hora, passando por um filtro de cartucho da Acqualimp com vazão recomendada de até 3.360 litros/hora e retenção de partículas de 50 a 80 micrômetros.

O reservatório conta com uma válvula de PVC que é utilizada para o descarte do escoamento inicial, podendo ainda ser utilizada para lavagem. O sistema possui ainda um retorno para o reservatório para recircular a água ou, caso seja necessária maior pressão na torneira de consumo, a tubulação de

retorno poderá ser fechada por uma válvula que se localiza após a torneira. A Figura 1 apresenta alguns detalhes do sistema de captação da água de chuva.

Figura 1 – Detalhes do sistema de captação da água de chuva domiciliar: a) tubulação de coleta da água do telhado; b) captação do escoamento inicial (*first flush*); c) reservatório; d) filtro; e) torneira de captação para uso.



3.2 Coleta de água de chuva para as análises laboratoriais

As coletas das amostras para análise foram realizadas: i) no reservatório de descarte do escoamento inicial “*first flush*”; ii) no reservatório de armazenamento (sem cloração) e iii) no ponto de consumo após bombeamento e filtração.

3.3 Análise microbiológica

As amostras de água foram analisadas no Laboratório de Microbiologia da Faculdade de Tecnologia de Sorocaba “José Crespo Gonzales”, realizando-se a contagem de heterotróficos pela técnica do *pour plate* em meio PCA (Difco) em três diluições (10^{-1} a 10^{-3}), testes de Presença/Ausência (P/A) para detecção de coliformes (caldo lactosado acrescido de púrpura de bromocresol), pesquisa de coliformes totais (caldo verde brilhante com tubo de Durham) e confirmação de presença de coliformes termotolerantes (fecais) (meio EC com tubos de Durham). Todas as análises foram realizadas em triplicada e calculadas as médias das contagens, quando cabível. A metodologia seguida foi baseada no manual de métodos de análise microbiológica da água, do ITAL/Campinas (SILVA, CANTÚCIO NETO, JUNQUEIRA, SILVEIRA, 2000).

Foram selecionadas as placas, em todos os experimentos, com contagem entre 30 e 300 colônias e estas foram contadas com o auxílio de uma lupa em um contador de colônias. Foi calculado o número de unidades formadoras de colônias (UFC) por mL da amostra, multiplicando o número de colônias pelo inverso da diluição inoculada. Foi usada notação exponencial e apenas uma casa decimal depois da vírgula na apresentação dos resultados.

As amostras de água de chuva foram submetidas à análise parasitológica por meio do método de Hoffmann, para pesquisa de ovos e larvas de helmintos, e método de Faust para cistos de protozoários (NEVES, 2011).

3.4 Ensaio ecotoxicológico

Os ensaios de fitotoxicidade, genotoxicidade e mutagenicidade foram realizados segundo Leme e Marin-Morales (2008) e Leme, Angelis e Marin-Morales (2008), utilizando sementes de *Allium cepa* não tratadas com pesticidas. As sementes foram germinadas em placas de petri contendo a água dos diferentes pontos de coleta do sistema de captação da água de chuva. As sementes/plântulas foram deixadas crescer a 25 °C durante 5 dias. Os testes de controle foram realizados usando água ultrapura como controle negativo (CN) e 3 mg L⁻¹ de sulfato de cobre, como controle positivo (PC). O sulfato de cobre é um composto com efeitos conhecidos sobre células da raiz de *A. cepa*, apresentando citotoxicidade e genotoxicidade.

Após a exposição, o número de sementes germinadas foi contado, e 10 pontas de raiz foram removidos aleatoriamente e fixadas em 3:1 metanol/ácido acético glacial durante 24 h a 4 °C. Então, as pontas de raiz foram colocadas em etanol a 70 % e armazenadas a 4 °C até à análise.

Lâminas de microscópio foram preparadas por esmagamento das pontas de raiz. Em resumo, pontas de raízes foram lavadas em água destilada e hidrolisada em 1 N de HCl durante 30 min. Em seguida, as regiões meristemáticas foram cortadas e desmontadas em duas gotas de solução de orceína acética 2%. Dez raízes foram analisadas para cada ponto de coleta, junto com NC e PC.

Citotoxicidade (Índice Mitótico - IM) e clastogenicidade/aneugenicidade (micronúcleos - MN) foram avaliadas em 500 células por lâmina, totalizando 5000 células por amostra de água e de cada controle. Em cada lâmina, aberrações cromossômicas (CA), considerada a presença de células C - metáfase, pontes cromossômicas, perdas cromossômicas e quebras cromossômicas foram quantificados em 100 células mitóticas (células em metáfase, anáfase ou telófase). As aberrações foram classificadas como um único ponto de extremidade, seguindo os critérios utilizados por Leme e Marin-Morales (2008). As diferenças entre o controle e cada ponto de coleta foram determinados estatisticamente pelo teste de Mann-Whitney U ($P < 0,05$).

4. Resultados e Discussão

4.1 Análise microbiológica

Foram realizados experimentos em triplicata, em três diluições (10^{-1} a 10^{-3}) da água de chuva de cada ponto de coleta do sistema de captação domiciliar: i) reservatório de descarte do escoamento inicial “*first flush*”; ii) reservatório de armazenamento (sem cloração) e iii) ponto de consumo após bombeamento e filtração.

Foram determinadas as quantidades de heterotróficos, coliformes totais e termotolerantes. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise microbiológica da água de chuva nos diferentes pontos do sistema de captação de uso domiciliar

| Ponto de Coleta Água de Chuva | Contagem de Heterotróficos UFC/mL | P/A ¹ | Coliformes Totais | Coliformes Termotolerantes |
|---------------------------------|-----------------------------------|------------------|-------------------|----------------------------|
| Reservatório <i>first flush</i> | 3,0 x 10 ³ | Ausência | Ausentes | Ausentes |
| Reservatório Armazenamento | 2,8 x 10 ² | Presença | Positivo | Positivo |
| Ponto de consumo | Negativa | Ausência | Ausentes | Ausentes |

Fonte: Do próprio autor. ¹P/A: Teste de Presença /Ausência de coliformes em caldo lactosado.

Os resultados demonstram que a água de chuva diretamente coletada do telhado e armazenada no reservatório de descarte do *first flush* tem uma contagem de heterotróficos mais elevada em relação às demais amostras, mas os microrganismos presentes não são prejudiciais à saúde humana, não tendo sido encontrados microrganismos do grupo coliforme. O aspecto desta água é de maior turbidez em relação às demais, pois carrega sujidades presentes no telhado. A coleta desta análise foi realizada em final de outono, após um período em que houve vários episódios chuvosos, mas fazia 15 dias que não chovia antes da realização desta coleta.

O reservatório de armazenamento apresentou uma contagem total de bactérias heterotróficas menor do que do reservatório de descarte do *first flush*, porém foi detectada a presença de coliformes totais e termotolerantes, o que indica possivelmente, uma contaminação prévia do reservatório por água coletada em outros eventos chuvosos, e que com a presença de material orgânico arrastado pela água, alimenta estes microrganismos, aumentando o nível de contaminação do reservatório.

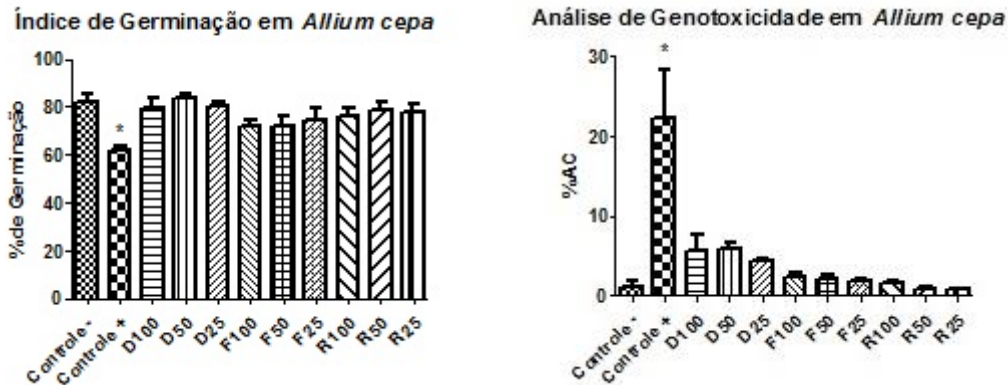
A água no ponto de consumo apresentou qualidade excelente, equiparando-se a água fornecida por sistema de tratamento de água pública, pois não apresentou contagem de microrganismos heterotróficos e ausência de bactérias do grupo coliforme. O sistema de captação domiciliar em estudo utilizou um filtro antes do ponto de consumo, o que explica a retenção dos microrganismos presentes no reservatório.

As análises parasitológicas, tanto para ovos e larvas de helmintos, como para cistos de protozoários mostraram resultados negativos, indicando, a princípio, ausência de parasitos, mas estes dados precisam ser avaliados com cuidado, pois o reservatório de armazenamento oferece condições para a proliferação destes microrganismos.

4.2 Ensaio ecotoxicológico

Os ensaios de fitotoxicidade, genotoxicidade e mutagenicidade não apresentaram resultados positivos. O controle positivo foi significativamente diferente do negativo, o que valida o método. As Figuras 1 e 2 mostram os

resultados obtidos, sendo D, a água do descarte do *first flush*, F, a água filtrada do ponto de coleta e R, a água do reservatório de armazenamento.



5. Considerações finais

O momento crítico de falta de água que atravessa a Região Metropolitana de São Paulo estimula a população a buscar formas alternativas de dispor deste recurso essencial para o dia a dia das pessoas. Este trabalho analisou um sistema domiciliar de captação e uso de água de chuva visando finalidades menos nobres das atividades domésticas, ou seja, que não exigem água potável, como lavagem de quintal, rega de jardim, descarga de vasos sanitários, entre outras. Os resultados das análises microbiológicas e ecotoxicológicas evidenciam que a qualidade da água captada é compatível com a finalidade a que se destina, chegando, com o uso de filtros, a qualidade semelhante à da fornecida pela rede pública, do ponto de vista do conteúdo microbiológico.

Cuidados devem ser tomados em relação ao reservatório de armazenamento da água, pois esta fica parada neste recipiente por alguns dias, em condições que podem favorecer a proliferação de microrganismos, em especial do grupo coliforme. Dependendo da sazonalidade das chuvas, os telhados podem se apresentar mais ou menos contaminados – tanto biológica como quimicamente, carreando ao reservatório microrganismos potencialmente patogênicos e/ou substâncias químicas prejudiciais à saúde.

Assim, o uso de sistemas domésticos de captação de água de chuva deve considerar a frequência das chuvas, a frequência da lavagem dos reservatórios e, com esta contaminação evidenciada, considerar a necessidade da cloração da água para evitar o contato com água contaminada.

Referências

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527. Água de chuva -Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis –Requisitos.** Rio de Janeiro, 2007.
- AMORIM, M. C. C. de; PORTO, E. R. **Avaliação da Qualidade Bacteriológica das Águas de Cisternas: Estudo de Caso no Município de Petrolina - PE.**

Anais do 3º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido. Campina Grande – PB, ABCMAC, 2001.

FURGHESTI, K. **Reaproveitamento da água da chuva para fins não potáveis no centro de ensino bombeiro militar de Santa Catarina.** Centro de Ensino do Bombeiro Militar. CEBM: Santa Catarina, 2011.

GAVALOTI, R. C. **Proposta de um modelo de gestão integrada de águas urbanas em escala de lote residencial: alcances e limitações.** Tese – Doutorado (Programa de Pós-Graduação e Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011.

LEME, D.M.; ANGELIS, D.F; MARIN-MORALES, M.A. **Action mechanisms of petroleum hydrocarbons present in waters impacted by an oil spill on the genetic material of *Allium cepa* cells.** Aquatic Toxicology, v. 88, p. 214-219, 2008.

LEME, D.M.; MARIN-MORALES, M.A. **Chromosome aberration and micronucleus frequencies in *Allium cepa* cells exposed to petroleum polluted water – A case study.** Mutation Research, v. 650, p. 80-86, 2008.

LYE, D. J. **Rooftop runoff as a source of contamination: a review.** Cincinnati – Ohio – USA, 2009. Disponível em:
http://www.rshanthini.com/tmp/CP407/ProjectLiterature_2012/Rainwater.pdf.
Acessado em 30 de março de 2014.

NEVES, D. P., MELO, A. L., LINARDI, P. M., VITOR, R. W. A. **Parasitologia Humana.** 1ª. ed. São Paulo: Atheneu. 2011. 264 p.

REBOUÇAS, A. C., BRAGA, B., TUNDISI, J. G. **Águas doce no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** 3. Ed. – São Paulo: Escrituras Editora. 2006.

SOUZA, S. H. B., MONTENEGRO, S. M.G. L., SANTOS, S. M., PESSOA, S.G.S. **Avaliação da Qualidade da Água e da Eficácia de Barreiras Sanitárias em Sistemas para Aproveitamento de Águas de Chuva.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 16, n. 3, Jul/Set 2011. p. 81-93.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva.** São Paulo: Rubenal Hermano Santos. 2003.