

## **I-151 – TRATAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA ATRAVÉS DE FILTRAÇÃO LENTA**

### **Victor Cantalice de Souza**

Engenheiro civil pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

### **Ticiania Ayres Agra**

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

### **Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira**

Engenheira Civil pela Universidade Federal da Paraíba Campus II. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba Campus II. Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professora Associada do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

### **Marcio Gomes Barboza<sup>(1)</sup>**

Engenheiro civil pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Mestre e Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor Associado e pesquisador do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). [gb.marcio@gmail.com](mailto:gb.marcio@gmail.com)

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Lourival de Melo Mota, s/n, Campus A.C. Simões, CTEC – Cidade Universitária – Maceió-AL - CEP: 57072-970 - Brasil - Tel: (82) 3214-1510 - e-mail: [gb.marcio@gmail.com](mailto:gb.marcio@gmail.com)

## **RESUMO**

O reuso de água de chuva tem sido mundialmente utilizado como alternativa à carência de água de boa qualidade, especialmente em regiões onde a falta de água é mais expressiva. A filtração lenta em areia é uma técnica de tratamento de água ideal para garantir a qualidade microbiológica deste insumo, principalmente em pequenas comunidades e em países em desenvolvimento, devido ao baixo custo e à simplicidade operacional desse sistema. O presente trabalho tem como objetivo potabilizar a água de chuva captada em telhas cerâmicas e armazenada em reservatório de fibra de vidro. Para o enquadramento dos parâmetros microbiológicos nos padrões estabelecidos pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde será utilizada a filtração lenta em areia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Águas de Chuva, Filtração Lenta, Tratamento de Água, Coleta de Águas de Chuva.

## **INTRODUÇÃO**

O aproveitamento de água da chuva vem sendo utilizada em várias localidades do mundo visando minimizar a carência da água em regiões onde há déficit hídrico. Em geral, esta água é utilizada para diversos fins, entre eles, beber e cozinhar, logo, a mesma deve atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde.

Diante dessa necessidade a filtração lenta em areia destaca-se como uma alternativa simples e eficiente para o tratamento dessas águas. Neste tipo de tratamento há a separação da água do material em suspensão através da porosidade superficial da camada de areia e pela aderência das partículas sólidas aos grãos de areia (American Water Works Association, 1964), possibilitando uma melhoria nas características químicas, físicas e bacteriológicas da água.

As principais vantagens no emprego desta técnica são a simplicidade operacional, o baixo custo de construção, implantação e operação e a grande eficiência na remoção de sólidos e organismos patogênicos (MURTHA; HELLER, 1999). A filtração lenta não necessita de coagulantes ou produtos químicos, além de requerer baixas taxas de filtração o que possibilita um maior tempo de detenção da água sobre o meio filtrante, favorecendo uma intensa atividade biológica no filtro lento, garantindo a produção de uma água de boa qualidade (PROSAB, 1999).

Esse processo não exige equipamentos sofisticados possibilitando o uso de material e de mão de obra locais, sendo bastante atraente a sua aplicabilidade em pequenas comunidades e em países que não podem ter acesso às tecnologias mais avançadas (FERRAZ; PATERNIANI, 2000).

O predomínio de temperaturas e insolação elevadas é um fator positivo para a aplicação desta técnica, visto que esses fatores favorecem a cinética das reações químicas e físico-químicas, além de acelerar o metabolismo dos organismos intervenientes no processo, sendo, portanto, bastante vantajosa a sua aplicação no Brasil (MURTHA *et al.*, 1997).

Os mecanismos de transporte e a aderência que se verificam no meio filtrante, a natureza da atividade biológica, a limitação para a aplicabilidade e a eficiência na remoção de diversos componentes presentes na água são fatores internacionalmente conhecidos, porém não há recomendações definitivas sobre os parâmetros de projeto, sendo urgente promover a disseminação dessa tecnologia no meio técnico (MURTHA *et al.*, 1997).

Este trabalho tem como objetivo potabilizar a água de chuva captada em telhas cerâmicas e armazenada em reservatório de fibra de vidro. Para o enquadramento dos parâmetros microbiológicos nos padrões estabelecidos pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde será utilizada a filtração lenta em areia.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Centro de Tecnologia (CTEC) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), onde o sistema experimental de captação, armazenamento e tratamento de água de chuva foi implantado, num modelo de habitação sustentável de interesse social.

A água de chuva foi captada em telhado de material cerâmico, passando por um sistema piloto de filtração lenta em areia e destinada para o armazenamento em cisterna de fibra de vidro.

Os pontos de coleta utilizados para a amostragem das águas analisadas estão localizados na saída do reservatório de armazenamento de água (cisterna), ao longo do leito do filtro e na saída do mesmo.

O sistema de captação de água de chuva é composto por calhas coletoras, condutores verticais, um reservatório de auto-limpeza com volume de aproximadamente 60L e um reservatório de armazenamento com volume de 10.000L. O sistema recebe a água de uma cobertura cerâmica de 65 m<sup>2</sup> de área. A Figura 1 apresenta a estrutura de captação da água de chuva.

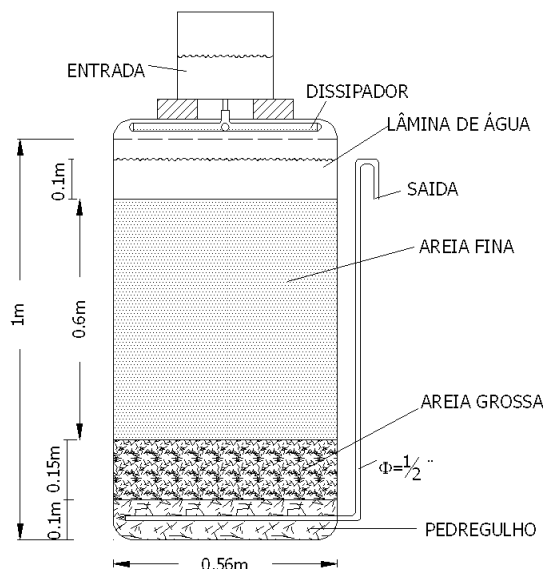


**Figura 1:** Estrutura de captação e transporte da água de chuva (AGRA, 2011).

O sistema de filtração lenta é composto de um filtro lento em areia confeccionado num barril cilíndrico de polipropileno com 90 cm de altura e 56 cm de diâmetro. A taxa de filtração inicial adotada é de 576 L/dia ou 2,34m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·dia).

O fluxo de água é descendente e seu fornecimento ao filtro é feito através de um reservatório intermediário (entre o reservatório de armazenamento e o filtro) situado de maneira a fornecer água por gravidade. A água bruta entra e passa por um dissipador, cujo objetivo é reduzir a perturbação ocasionada pelo vertimento da água na lâmina de água sobre a camada biológica (*schmutzdecke*), evitando assim, uma possível desagregação

desse biofilme. A água bruta passa por três meios: o meio filtrante composto de areia fina; a manta geotêxtil não-tecida, necessária para evitar ao máximo a passagem de partículas do meio filtrante para a camada suporte; o terceiro meio é a camada suporte composta de pedregulhos. Um esquema da instalação do filtro é apresentado na Figura 2.



**Figura 2:** Desenho esquemático do filtro lento em areia (SOUZA, 2011).

As análises e exames da qualidade da água foram executados no Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA) da UFAL. As metodologias utilizadas são aquelas estabelecidas em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999). A seguir apresenta-se a Tabela 1 com a lista de todos os parâmetros que foram analisados, bem como suas respectivas frequências de análise e métodos de execução.

**Tabela 1:** Parâmetros de qualidade da água analisados.

| Parâmetro                                 | Unidade                 | Método                | Frequência |
|-------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|------------|
| pH                                        | -                       | Potenciométrico       | Semanal    |
| Temperatura (T)                           | °C                      | Medição direta        | Semanal    |
| Cor Aparente (C)                          | uC                      | Medição direta        | Semanal    |
| Turbidez (Tb)                             | uT                      | Nefelométrico         | Semanal    |
| Sólidos Dissolvidos Totais (SST)          | mg/L                    | Gravimétrico          | Semanal    |
| Oxigênio dissolvido (OD)                  | mg/L                    | Medição direta        | Semanal    |
| Cloreto (CL <sup>-</sup> )                | mg Cl <sup>-</sup> /L   | Titulométrico         | Semanal    |
| Dureza (D)                                | mg CaCO <sub>3</sub> /L | Titulométrico         | Semanal    |
| <i>Escherichia coli</i> ( <i>E.coli</i> ) | UFC/100ml               | Filtração em membrana | Semanal    |
| Coliformes Totais (CT)                    | UFC/100ml               | Filtração em membrana | Semanal    |

## RESULTADOS

Neste item serão apresentados os resultados das análises físico-químicas e exames microbiológicos da água de chuva bruta e do efluente do filtro lento, apresentados nas tabelas 2 a 5.

**Tabela 2:** Parâmetros Físico-Químicos das análises da água de chuva bruta.

| Parâmetro                  | Unidade                 | Média | Mín  | Máx  | Desvio Padrão | Número de Amostras |
|----------------------------|-------------------------|-------|------|------|---------------|--------------------|
| pH                         | -                       | 6,34  | 5,75 | 7,49 | 0,48          | 14                 |
| Temperatura                | °C                      | 26,61 | 24   | 28   | 1,28          | 14                 |
| Cor Aparente               | uC                      | 6,29  | 2,1  | 9,9  | 2,11          | 14                 |
| Turbidez                   | uT                      | 6,83  | 3,98 | 11,9 | 2,31          | 14                 |
| Sólidos Dissolvidos Totais | mg/L                    | 66,29 | 32   | 86   | 16,98         | 14                 |
| Oxigênio Dissolvido        | mg/L                    | 3,51  | 7,00 | 0,9  | 1,99          | 14                 |
| Cloreto                    | mg Cl/L                 | 4,26  | 2,41 | 7,72 | 1,59          | 14                 |
| Dureza                     | mg CaCO <sub>3</sub> /L | 2,71  | 2    | 4    | 0,96          | 14                 |

**Tabela 3:** Parâmetros Microbiológicos das análises da água de chuva bruta armazenada no reservatório.

| Parâmetro               | Unidade    | Média   | Mín | Máx  | Desvio Padrão | Número de Amostras |
|-------------------------|------------|---------|-----|------|---------------|--------------------|
| Coliformes Totais       | UFC/100 mL | 1122,22 | 230 | 2100 | 636,43        | 9                  |
| <i>Escherichia coli</i> | UFC/100 mL | 34,89   | 2   | 100  | 41,98         | 9                  |

**Tabela 4:** Parâmetros Físico-Químicos das análises da água de chuva tratada por filtração lenta.

| Parâmetro                  | Unidade                | Média  | Mín   | Máx    | Desvio Padrão | Número de Amostras |
|----------------------------|------------------------|--------|-------|--------|---------------|--------------------|
| pH                         | -                      | 8,79   | 7,15  | 9,40   | 0,62          | 14                 |
| Temperatura                | °C                     | 26,82  | 25,00 | 29,00  | 1,41          | 14                 |
| Cor Aparente               | uC                     | 3,86   | 0,60  | 8,50   | 2,33          | 14                 |
| Turbidez                   | uT                     | 3,89   | 0,67  | 7,39   | 2,02          | 14                 |
| Sólidos Dissolvidos Totais | mg/L                   | 137,11 | 97,50 | 174,00 | 21,72         | 14                 |
| Oxigênio Dissolvido        | mg/L                   | 3,80   | 0,90  | 6,00   | 1,95          | 14                 |
| Cloreto                    | mg Cl/L                | 3,73   | 0,97  | 6,76   | 1,36          | 14                 |
| Dureza Total               | mgCaCO <sub>3</sub> /L | 17,43  | 14,00 | 18,00  | 1,18          | 14                 |

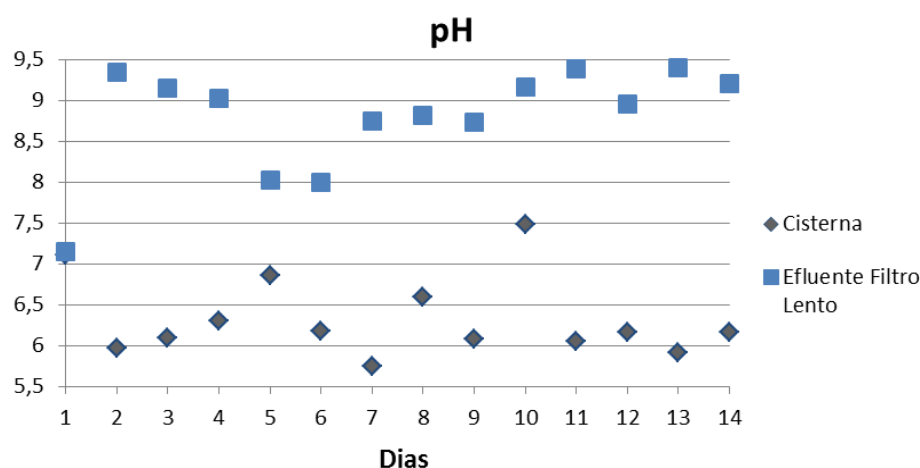
**Tabela 5:** Parâmetros Microbiológicos das análises da água de chuva tratada por filtração lenta.

| Parâmetro               | Unidade    | Média | Mín | Máx | Desvio Padrão | Número de Amostras |
|-------------------------|------------|-------|-----|-----|---------------|--------------------|
| Coliformes Totais       | UFC/100 mL | 41,67 | 1   | 110 | 33,51         | 9                  |
| <i>Escherichia coli</i> | UFC/100 mL | 5,22  | 0   | 30  | 8,99          | 9                  |

## pH

Na figura 3 é apresentada a variação dos valores de pH da água de chuva bruta e do efluente do sistema de filtração lenta. Em 78,57% das análises os valores de pH para a água de chuva bruta se enquadraram dentro do limite da portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde ( $6,0 \leq \text{pH} \leq 9,5$ ). Os demais valores se encontraram um pouco abaixo do estabelecido.

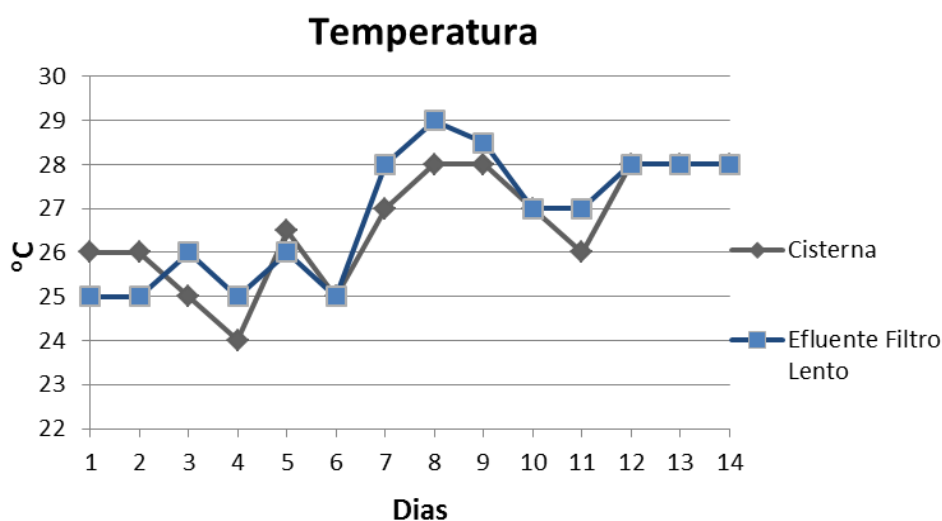
Percebe-se que houve um aumento deste parâmetro após a sua passagem pelo filtro lento, onde todos os valores se enquadraram no estabelecido pela referida portaria.



**Figura 3:** Gráfico da variação do pH na entrada e na saída do filtro lento.

### TEMPERATURA

A variação da temperatura na entrada e na saída do filtro lento é apresentada na figura 4. Percebe-se uma discreta variação deste parâmetro entre a água de chuva bruta e o efluente da filtração lenta na maioria das análises, provavelmente devido à localização diferenciada no reservatório de armazenamento da água de chuva e do filtro lento. Enquanto o primeiro se encontra desabrigado, na parte externa da habitação, o segundo localiza-se no interior, não sofrendo, portanto, tanta influência das condições climáticas. Este parâmetro não é citado na Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.



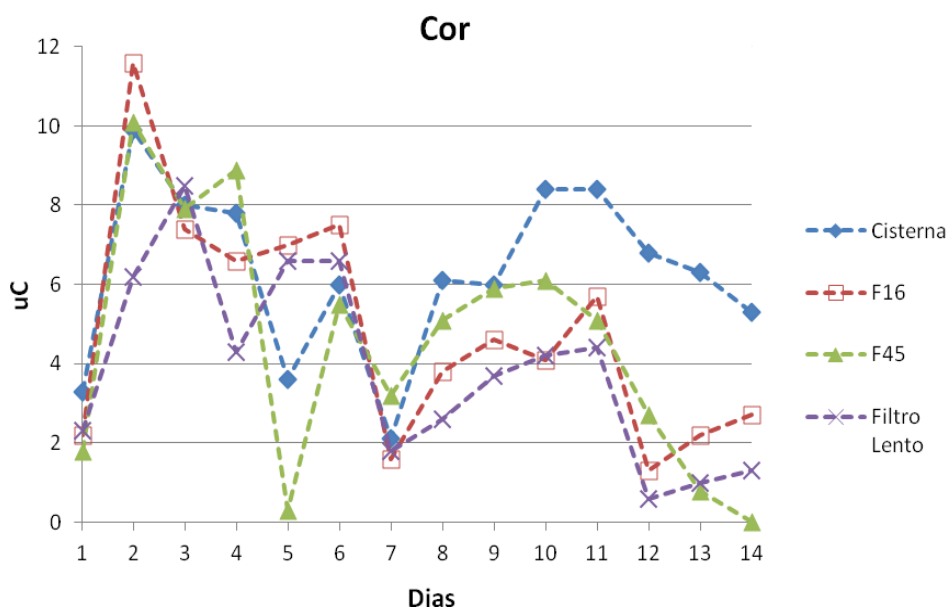
**Figura 4:** Gráfico da variação da temperatura na entrada e na saída do filtro lento.

### COR APARENTE

Além do monitoramento da cor aparente na entrada e na saída do filtro lento também foram analisadas amostras ao longo do sistema de filtração, como exposto anteriormente. A figura 5 apresenta esses resultados, onde se observa que, em geral (78,57% das análises), os valores da cor aparente foram menores na saída do filtro lento, com uma eficiência de remoção média de 38,52%.

Ao longo do leito do filtro percebe-se que quando a água passa pelo ponto F<sub>16</sub>, localizado a 16 cm do topo do leito, há uma redução da cor em 78,57% das análises. Ao passar pelo ponto F<sub>45</sub>, localizado 45 cm abaixo do nível do leito, em 50% dos dias de análise houve uma elevação da cor, provavelmente influenciada pela sua

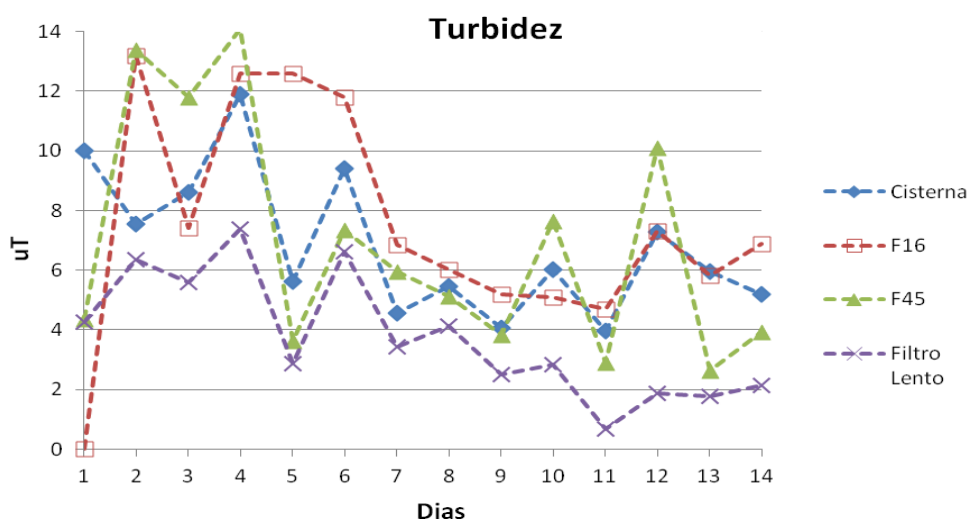
passagem pela camada de areia. Todos os valores encontrados, inclusive os da água de chuva bruta, se enquadraram nos padrões da Portaria nº 2.914/2011 (15 uH).



**Figura 5:** Gráfico da variação do parâmetro cor aparente na entrada, na saída e ao longo do filtro lento.

## TURBIDEZ

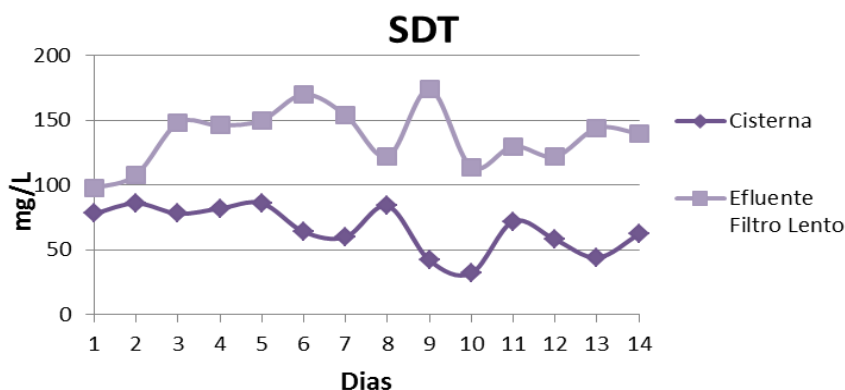
A figura 6 apresenta a variação da turbidez ao longo do sistema de filtração lenta. Pode-se observar que houve uma redução após a passagem da água de chuva pela filtração lenta em todos os dias de análise, com uma remoção média de 45,13%. Ao passar pelo ponto F<sub>45</sub> os valores apresentaram uma elevação em relação ao ponto F<sub>16</sub> em 35,71% dos dias. A Portaria nº 2.914/2011 estabelece como valor máximo permitido de turbidez para filtração lenta 1 uT. Assim, todos os valores encontram-se abaixo do estabelecido pela portaria ministerial.



**Figura 6:** Gráfico da variação do parâmetro turbidez na entrada, na saída e ao longo do filtro lento.

## SÓLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS

A concentração (mg/L) de Sólidos Dissolvidos Totais na água de chuva bruta e no efluente do filtro lento é apresentada na figura 7. Observa-se que a água filtrada apresentou um aumento de 106,83% na concentração de sólidos dissolvidos totais. Todos os valores encontrados, da água de chuva bruta e do efluente do filtro lento estiveram dentro do estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 (1000 mg/L). Esse parâmetro apresentou comportamento proporcional ao da dureza.

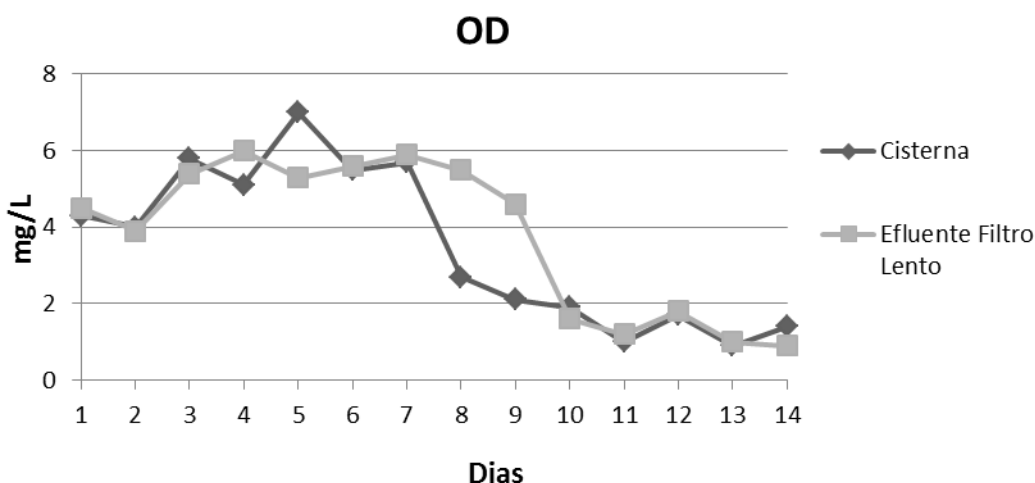


**Figura 7:** Gráfico da variação da concentração de Sólidos Dissolvidos Totais na entrada e na saída filtro lento.

## OXIGÊNIO DISSOLVIDO

A variação da concentração (mg/L) de oxigênio dissolvido é mostrada na figura 8, onde observa-se uma variação mínima entre os dados de entrada e saída do sistema de filtração.

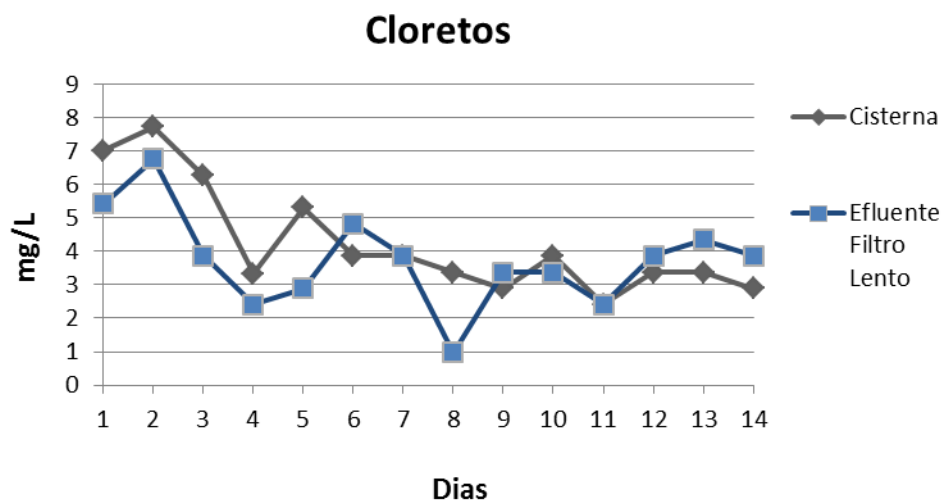
O oxigênio dissolvido é o principal elemento metabólico dos microrganismos aeróbios, logo sua presença é importante para evitar condições de anaerobiose no sistema de filtração. Percebe-se que o nível de oxigênio dissolvido na água de chuva em estudo decresceu consideravelmente nas últimas coletas, o que pode estar relacionado com o aumento da temperatura.



**Figura 8:** Gráfico da variação do oxigênio dissolvido na entrada e na saída do filtro lento.

## CLORETOS

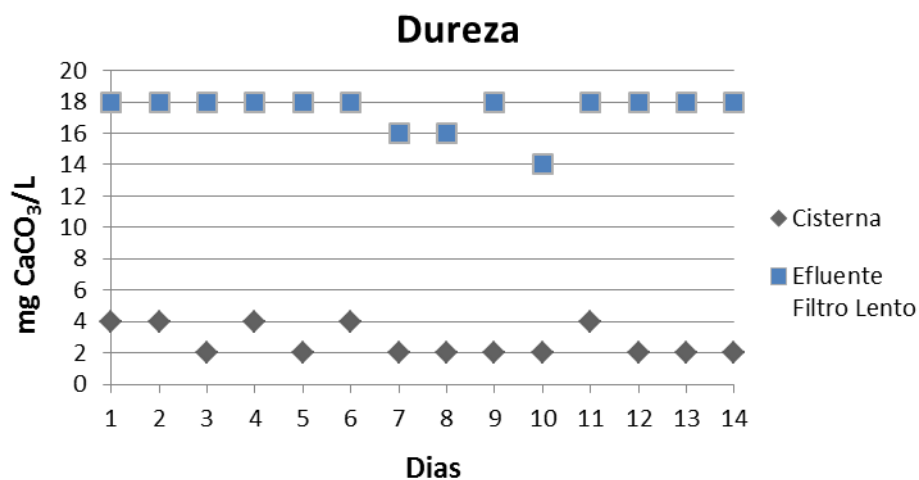
A figura 9 mostra a variação na concentração (mg/L) de cloretos na água de chuva. Observa-se que, em geral, a filtração lenta não influencia significativamente este parâmetro. Todos os valores se encontraram dentro do estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (250 mg/L).



**Figura 9:** Gráfico da variação da concentração de cloretos na entrada e na saída do filtro lento.

## DUREZA

A figura 10 apresenta a concentração (mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ) da dureza na entrada e na saída do filtro lento. Observa-se uma elevação deste parâmetro no efluente do filtro lento, provavelmente devido a sua passagem pela areia. Os valores encontrados da água de chuva bruta e do efluente do sistema de filtração lenta se encontraram dentro do estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (500 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ).

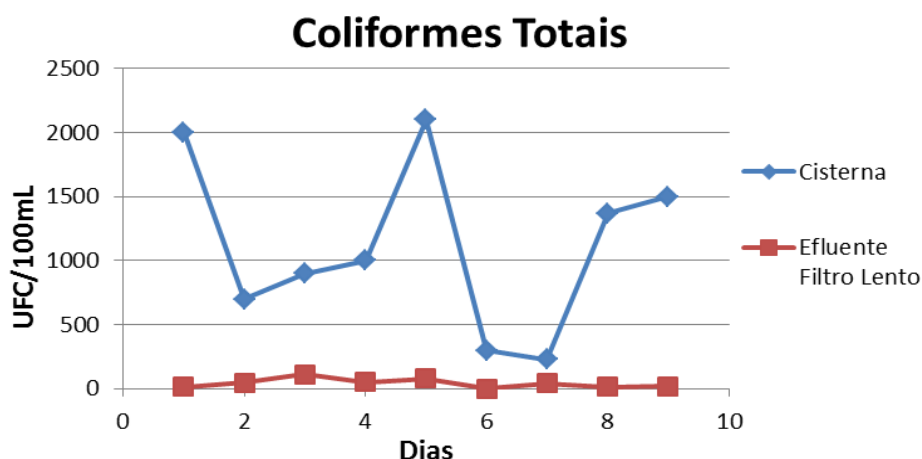


**Figura 10:** Gráfico da variação da concentração da dureza na entrada e na saída do filtro lento.

## COLIFORMES TOTAIS

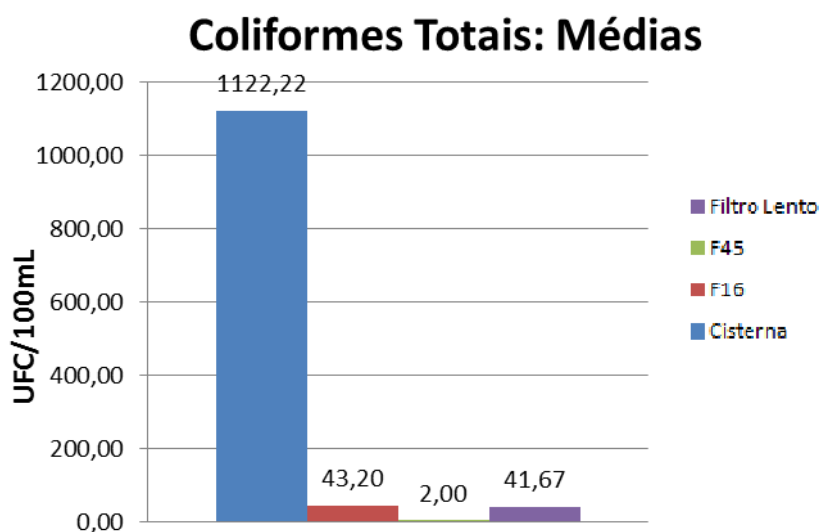
A figura 11 apresenta a variação da concentração (UFC/100 mL) de coliformes totais na entrada e na saída do sistema de filtração lenta, onde observa-se uma redução significativa de colônias no efluente do filtro, com uma remoção média de 96,3%.





**Figura 11:** Gráfico da variação da concentração de Coliformes Totais na entrada e na saída do filtro lento.

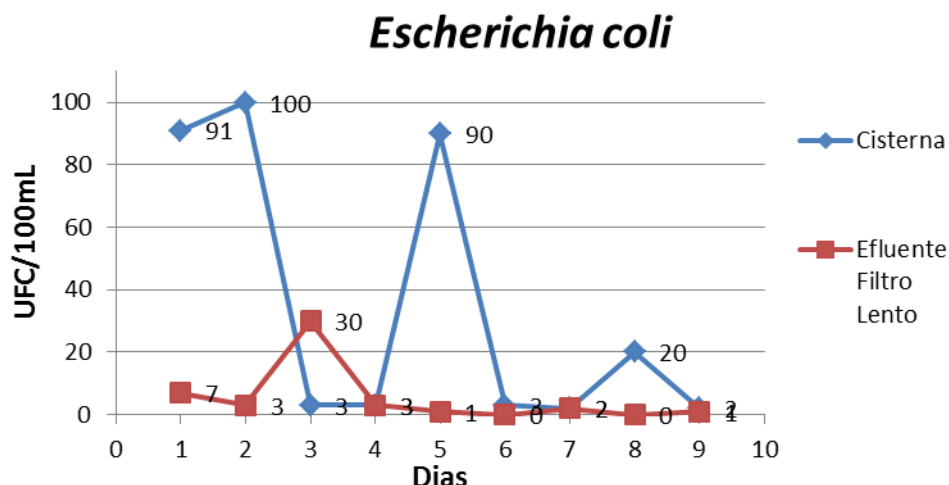
Na figura 12 é apresentada a variação da concentração média de coliformes totais na entrada, na saída e ao longo do filtro lento. Percebe-se que a remoção de colônias é mais significativa no ponto F<sub>16</sub> (96,2%), situado a 16 cm do leito do filtro. Ao passar pelo ponto F<sub>45</sub>, localizado a 45 cm do leito, também há uma boa remoção (95,4%) em relação ao ponto F<sub>16</sub>, porém, no efluente do sistema nota-se que a concentração de coliformes totais torna a subir provavelmente por haver alguma contaminação na camada suporte.



**Figura 12:** Gráfico da variação média de Coliformes Totais na entrada, na saída e ao longo do filtro lento.

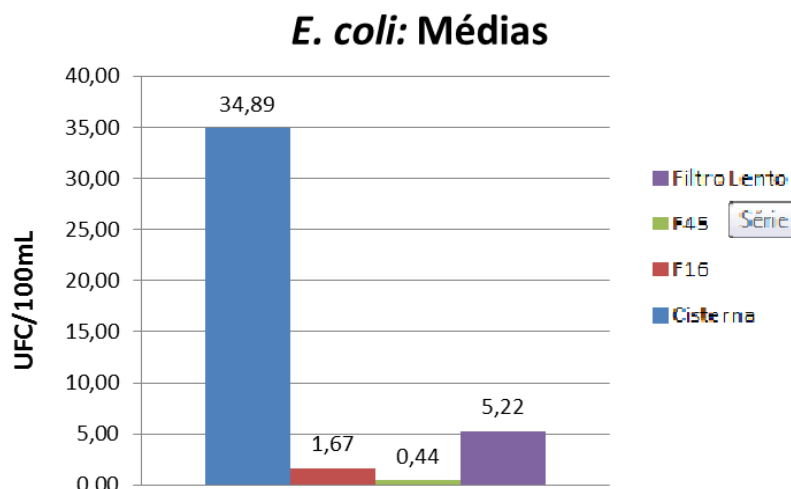
#### ***Escherichia coli***

A figura 13 apresenta a variação da concentração (UFC/100 mL) de *Escherichia coli* na entrada e na saída do sistema de filtração lenta, onde observa-se uma redução de colônias no efluente do filtro, com uma remoção média de 85%.



**Figura 13:** Gráfico da variação da concentração de *Escherichia coli* na entrada e na saída do filtro lento.

Analisando a figura 14, onde é apresentada a variação média da concentração de (UFC/100 mL) *E. coli* ao longo do sistema de filtração lenta observa-se comportamento semelhante ao verificado no parâmetro coliforme total, com remoção média de 95,2% e 73,3% ao passar pelo ponto F<sub>16</sub> e F<sub>45</sub>, respectivamente.



**Figura 14:** Gráfico da variação média de *Escherichia coli* na entrada, na saída e ao longo do filtro lento.

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados apresentados neste trabalho, conclui-se que:

- A água de chuva bruta foi caracterizada como imprópria para o consumo humano, pois os parâmetros turbidez, coliformes totais e *Escherichia Coli* apresentaram valores médios acima do estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.
- A filtração lenta proporcionou uma melhora significativa na qualidade microbiológica da água de chuva, porém esse tratamento não possibilitou a potabilização da mesma de acordo com os padrões microbiológicos vigentes.
- Para o parâmetro cor e turbidez, esperava-se uma eficiência maior na etapa da filtração lenta. Acredita-se que com um tempo maior de amadurecimento do filtro sejam possíveis maiores remoções.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGRA, T.A. *Tratamento de Água de Chuva através de Filtração Lenta e SODIS*. TCC (Curso de Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2011.
2. American Water Works Association. Tradução: Allyrio Macedo Filho e Zadir Castello Branco. *Água: Tratamento e Qualidade*. Rio de Janeiro: Centro de Publicações Técnicas da Aliança, 1964.
3. APHA, AWWA & WEF - *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th Edition, Washington DC, 1999.
4. BRASIL, 2011. *Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914*. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.
5. FERRAZ, C. F.; PATERNIANI, J. E. S. (2000). *Eficiência da Filtração Lenta em Areia e Manta Não Tecida no Tratamento de Águas de Abastecimento para Pequenas Comunidades*. Porto Alegre: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental.
6. MURTHA, N.A.; HELLER, L. (1999). *Avaliação da Eficiência da Filtração Lenta em Areia segundo a Profundidade do Leito Filtrante*. Rio de Janeiro: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.
7. MURTHA, N. A.; HELLER, L.; LIBÂNIO, M. (1997). *A Filtração Lenta em Areia como Alternativa Tecnológica para o Tratamento de Águas de Abastecimento no Brasil*. Foz do Iguaçu: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.
8. PROSAB. Programa de Pesquisa em Saneamento. Coordenador: Luiz Di Bernardo *Tratamento de Águas de Abastecimento por Filtração em Múltiplas Etapas*. São Carlos: ABES, 1999.
9. SOUZA, V. C. *Avaliação da Qualidade da água de chuva em Maceió/AL coletada em telhados: tratamento através de filtração lenta e possíveis utilizações*. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento). Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2011.