

# Qualidade e tratamento de águas pluviais para fins não-potáveis e avaliação ecotoxicológica

## Quality and treatment of rainwater for non-potable purposes and ecotoxicological assessment

• **Data de entrada:**  
14/04/2020


• **Data de aprovação:**  
03/06/2020


Fernanda Diniz Avila<sup>1\*</sup> | Aline Camila Maschio<sup>2</sup> | Emily Giany Assunção<sup>1</sup> |  
Wilson Gomes da Assunção Júnior<sup>2</sup>


DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2021.071>

### ORCID ID

Avila FD  <https://orcid.org/0000-0003-3373-6076>

Maschio AC  <https://orcid.org/0000-0003-1804-8478>

Assunção EG  <https://orcid.org/0000-0002-2631-023X>

Assunção Júnior VG  <https://orcid.org/0000-0002-0114-4351>

### Resumo

Visando a melhorar a disponibilidade hídrica nos grandes centros urbanos, torna-se necessária a busca por tecnologias para conservação, aproveitamento e reúso de água. O uso de fontes alternativas para fins não-potáveis, como o aproveitamento de águas pluviais, apresenta-se como uma alternativa viável para a redução da demanda por água potável, sendo necessário estudar a qualidade da água obtida bem como técnicas de tratamento eficazes para melhoria e preservação da qualidade da água para atendimento de usos mais restritivos. Dessa forma, este trabalho tem por objetivo avaliar a influência da superfície de captação e dos volumes de descarte (*first-flush*) na qualidade da água precipitada e a eficiência da filtração rápida descendente em areia na melhoria e preservação de sua qualidade. A qualidade das águas bruta e tratada foi avaliada em função dos parâmetros: turbidez, cor aparente, sólidos totais, condutividade elétrica, pH e alcalinidade; bem como ecotoxicidade com o organismo-teste *Artemia salina*. Os resultados evidenciaram a importância do descarte do início da precipitação na melhoria da qualidade da água reservada e na prolongação da vida útil do tratamento. O tratamento da água por filtração permitiu o ajuste das características físicas e químicas avaliadas em conformidade com a NBR 15.527, além de remover o efeito tóxico, no caso da cobertura de material metálico.

**Palavras-chave:** Água de chuva. *First-flush*. Filtração. Ecotoxicidade. *Artemia salina*.

### Abstract

Aiming to improve water availability in large urban centers, the search for technologies for conservation, use and reuse becomes necessary. The use of alternative sources for non-potable purposes, such as rainwater use, is a viable alternative to reduce the demand for drinking water; being necessary to study the quality of water obtained as well as effective treatment techniques to improve and preserve the quality of water to meet more restrictive uses. Thus, this work aims to evaluate the influence of the catchment surface, of the first-flush on precipitated water quality and the efficiency of rapid sand filtration in improving and preserving its quality. The quality of raw and treated water was evaluated according to the parameters: turbidity, apparent color, total solids, electrical

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Londrina (UEL) - Londrina - Paraná - Brasil.

<sup>2</sup> Centro Universitário Filadélfia - UniFil - Londrina - Paraná - Brasil.

\* **Autora correspondente:** [ferdinizavila@hotmail.com](mailto:ferdinizavila@hotmail.com).

conductivity, pH and alkalinity; as well as ecotoxicity with test-organism *Artemia salina*. The results demonstrated the importance of flushes in water quality improvement and increase filtration shelf-life. Filtration treatment allowed the adjustment of physical and chemical characteristics evaluated according to NBR 15.527, it also removes the toxic effect in case of metallic material roof.

**Keywords:** Rainwater. First-flush. Filtration. Ecotoxicity. *Artemia salina*.

## 1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água potável é um desafio para a sociedade moderna, constituindo fator limitante para o desenvolvimento agrícola, urbano e industrial, principalmente para as regiões metropolitanas, onde a urbanização e o adensamento populacional, aliados ao lançamento de efluentes domiciliares e industriais nos corpos hídricos, causam escassez e prejuízos à qualidade desse recurso.

Atualmente, estima-se que 3,6 bilhões de pessoas vivem em áreas que apresentam potencial escassez de água, podendo chegar a 5,7 bilhões até 2050 (WWAP, 2018). Apesar de o Brasil ter a maior disponibilidade de água doce do mundo, a partir de 2014 a falta de água se tornou crítica. Em 2017, cerca de 38 milhões de pessoas foram atingidas por secas e estiagens, e 51% (2.839) dos municípios brasileiros decretaram Situação de Emergência - SE ou Estado de Calamidade Pública - ECP, sendo 80% destes residentes da região Nordeste (ANA, 2018).

No entanto, a escassez de água não é atributo exclusivo das regiões áridas e semiáridas. Regiões com recursos hídricos abundantes sofrem escassez devido a demandas excessivamente elevadas, degradação da qualidade deste recurso e conflitos de usos, afetando a qualidade de vida e o desenvolvimento econômico regional.

Visando melhorar a disponibilidade hídrica nos grandes centros urbanos, torna-se necessária a busca por tecnologias para conservação, aproveitamento e reúso de água. Neste sentido, recentemente estados e municípios brasileiros têm instituído legislações específicas, bem

como normatizações técnicas sobre o assunto (ABNT, 2019a; ABNT, 2019b; ABNT 2019c; LONDRINA, 2009).

A NBR 15.527 apresenta os parâmetros de qualidade da água de chuva para fins não-potáveis, sendo eles: cloro residual livre entre 0,5 e 2,0 mg L<sup>-1</sup>, *Escherichia coli*, que deve ser menor que 200 organismos por 100 mL, turbidez inferior a 5,0 UNT e pH entre 6,0 e 9,0.

O uso de fontes alternativas para fins não-potáveis, como o aproveitamento de águas pluviais, apresenta-se viável para a redução da demanda por água potável, sendo prática comum em muitas nações há milhares de anos, especialmente nas zonas áridas ou remotas, onde o abastecimento de água por meio de redes de distribuição é inviável técnica ou economicamente.

Para atender às novas legislações, há a necessidade premente de realizar estudos sobre os aspectos qualitativos das águas pluviais, bem como o desenvolvimento de alternativas técnicas viáveis para melhoria e preservação de sua qualidade, visando ao atendimento de usos não-potáveis mais exigentes, bem como garantir o uso prolongado, colaborando assim para a redução da demanda por água potável.

## 2 OBJETIVO

Avaliar a influência da superfície de captação e dos volumes de descarte (*first-flush*) na qualidade da água precipitada e a eficiência da filtração na melhoria de sua qualidade.

### 3 METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido nas dependências do bloco de engenharia do Centro Universitário Filadélfia - UNIFIL localizado na cidade de Londrina - PR. Segundo dados do Plano Municipal de Saneamento Básico de Londrina (LONDRINA, 2009), a média de precipitação anual do muni-

cípio varia de 1400 a 1600 mm. Para analisar a qualidade da água da chuva foram utilizadas duas formas de amostragem: coletada por material de cobertura metálico e por material de cobertura cerâmico. A Fig. 1 ilustra a localização onde foram efetuadas as coletas de chuva e posteriormente analisadas.

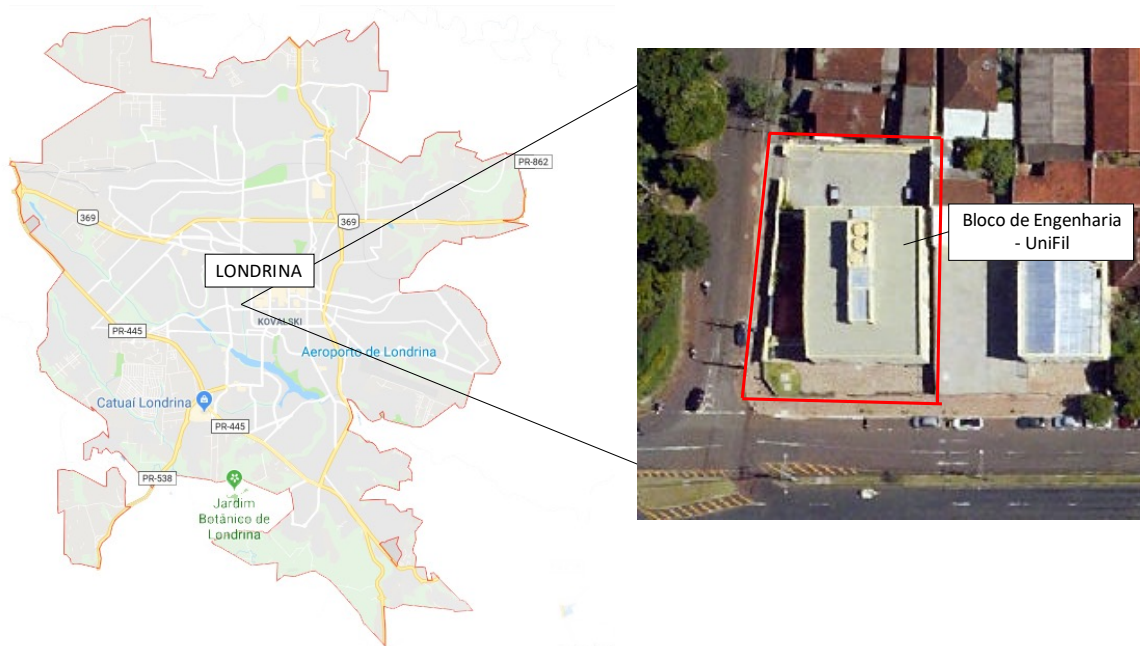


Figura 1 - Posição relativa do ponto de coleta

O primeiro tipo de superfície de captação trata-se de uma cobertura construída há 2 anos, composta por material de cobertura, calha e tubulação metálicas, tendo a superfície inclinação de 6% e área de contribuição de 18 m<sup>2</sup>. A água coletada após escoar sobre telhado, calha e tubulações foi conduzida por uma tubulação em PVC com diâmetro de 100 mm a um reservatório de polietileno com capacidade de 250 L, sem o descarte dos primeiros milímetros de chuva.

Para a segunda forma de captação, construiu-se um protótipo de cobertura constituído por material de cobertura cerâmico usado, com aproximadamente 3 anos de idade, inclinação de 19% e área de captação de 1,0 m<sup>2</sup>. A água precipitada

na superfície é captada por uma calha de PVC direcionada a 3 recipientes de 1,0 L cada um, ligados em série, com o intuito de descartar os primeiros milímetros de chuva, seguido de um reservatório principal de 100 L.

Para cada evento de chuva entre os meses de maio a outubro de 2019, foram realizadas coletas das amostras de águas acondicionadas em recipientes plásticos com capacidade de 5 L e transportadas até o laboratório onde foram realizadas análises qualitativas, sendo que cada uma corresponde exclusivamente à determinada precipitação, uma vez que os reservatórios foram posteriormente esvaziados em cada evento de chuva.

Na Tabela 1 são apresentadas as datas das coletas, o período de estiagem entre elas e a pluviometria diária. Tais informações foram levantadas pois o período de estiagem pode interferir na concentração de poluentes na atmosfera e na superfície de captação.

**Tabela 1** - Dados pluviométricos na região do estudo.

Data das coletas	Período de estiagem entre as coletas	Pluviometria [mm/dia]
31/05/2019	3	17,0
03/07/2019	5	29,8
03/09/2019	1	2,0
19/09/2019	15	4,8
25/09/2019	3	3,2
21/10/2019	2	23,2

Na busca de melhorar a qualidade da água bruta, realizou-se o tratamento por filtração rápida descendente em areia. A qualidade da água foi avaliada pelos parâmetros da Tabela 2 e pela avaliação da ecotoxicidade com o microcrustáceo *Artemia salina*. Os resultados das análises foram comparados aos limites da NBR 15.527 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não-potáveis – Requisitos (ABNT, 2019a), avaliados quanto ao potencial de utilização e os usos mais adequados para as águas coletadas.

### 3.1 Caracterização físico-química

as análises das amostras de água bruta e tratadas foram realizadas de acordo com os métodos de APHA et al. (2018), com exceção do ensaio de ecotoxicidade com *Artemia salina*, que segue a padronização da NBR 16.530 – Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Artemia* sp (Crustacea, Brachiopoda), adaptando a solução salina prescrita em Petrobrás N-2588 (1996) – Determinação da toxicidade aguda de agentes tóxicos em relação à *Artemia* sp. Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros qualitativos

analisados e seus respectivos métodos empregados na caracterização da água da chuva bruta e após realizado o tratamento por filtração.

**Tabela 2** – Parâmetros qualitativos, métodos e equipamentos empregados.

Parâmetros analisados	Ref. APHA et al. (2018)	Equipamento (modelo/marca)
pH	4500	pHmetro Gehaka PG2000
Turbidez [UNT]	2130 B	Turbidímetro Hach 2100Q
Cor aparente [uH]	2120 C	Espectrofotômetro VIS - BEL Photonics - V-M5
Condutividade elétrica [ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ]	2510 B	Condutivímetro Gehaka CG1800
Alcalinidade [ $\text{mg}\cdot\text{CaCO}_3\cdot\text{L}^{-1}$ ]	2320 B	pHmetro Gehaka PG2000
Sólidos totais [ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ]	2540 B	Mufra 550°C - EDG 3 P-S Estufa 103°C - QUIMIS
Parâmetro analisado	Ref. ABNT (2016)	Equipamento (modelo/marca)
Ecotoxicidade ( <i>Artemia salina</i> )	16530	pHmetro Gehaka PG2000 Oxímetro Hach HG 30d

### 3.2 Tratamento por filtração

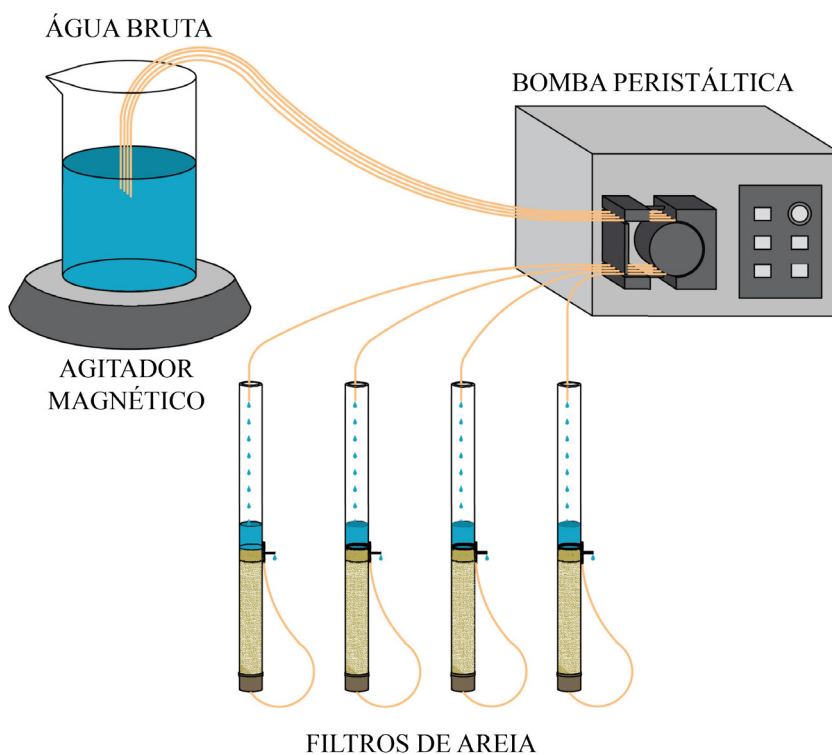
Para a remoção das impurezas suspensas na água bruta, utilizou-se o processo de filtração rápida descendente em areia. Nessa etapa foram utilizados filtros de laboratório de areia - FLA. O meio filtrante - areia, foi obtido pela composição granulométrica após peneiramento nas peneiras de aberturas 0,3; 0,6; 1,18 e 2,0 mm de areia quartzosa, seguindo recomendações de Di Bernardo e Dantas (2005), lavada e seca em temperatura ambiente.

Os filtros de laboratório de areia foram compostos por tubos acrílicos transparentes, com 2,5 mm de espessura, 20 mm de diâmetro interno, área interna de  $3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$  e 33 cm de altura. Os filtros possuíam areia aderida na parte interna do tubo, para que não ocorresse a formação de zonas de escoamento preferencial junto à parede interna. Foram adicionados 10 cm de meio filtrante devidamente compactado em cada filtro.

A água captada foi conduzida para o tratamento com o auxílio de uma bomba peristáltica - BP600-MILAN, previamente regulada por meio de curva de calibração que correlaciona a velocidade de rotação do eixo com a vazão da bomba. A taxa de filtração foi estabelecida com base nas recomendações da NBR 12.216 (ABNT, 1992) em  $100 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ , correspondente a vazão de  $21,81 \text{ mL min}^{-1}$ .

O esquema do sistema adotado para os ensaios é apresentado na Fig. 2 e foi composto pelos seguintes elementos:

- Recipiente com capacidade de 5,0 L para armazenar a água da chuva bruta, sobre um agitador magnético que mantém a homogeneidade durante o experimento;
- Bomba peristáltica de 4 canais para alimentação simultânea, contínua e independente dos 4 filtros por meio de mangueiras;
- 4 filtros de areia instalados em paralelo;
- Recipiente para coleta do efluente.



**Figura 2** - Esquema do sistema de filtração com escoamento contínuo em escala de bancada.

### 3.3 Ensaios ecotoxicológicos em *Artemia Salina* – NBR 16.530/2016

Os ensaios de ecotoxicidade em *Artemia salina*, seguindo o que a NBR 16.530 (ABNT, 2016) determina como requisito, foram realizados utilizando cistos de alta eclosão da Maramar Aquacultura Com. Imp. Exp. Ltda – ME, incubados por

48 horas em solução salina artificial preparada de acordo com o prescrito em N-2588 – Determinação da toxicidade aguda de agentes tóxicos em relação à *Artemia* sp (PETROBRÁS, 1996), pH entre 8,0 e 8,5, temperatura de 23 a 27 °C, e salinidade de  $34 \pm 2\%$ , não havendo necessidade de realização de fotoperíodo.

Para eclosão dos cistos, utilizou-se uma caixa plástica compartimentada por divisória, contendo orifícios (com aproximadamente 2 mm de diâmetro) uniformemente distribuídos, a fim de permitir a passagem de luz em um dos compartimentos com papel alumínio.

Os ensaios foram realizados em quadruplicata para cada uma das amostras de água pluvial limitadas a 94%, em tubos de ensaio de 10 mL, com controles negativo e positivo para um volume total de 5,0 mL de amostra em cada tubo, onde o controle negativo foi realizado com a solução salina, e o positivo, com solução de dicromato de potássio em meio salino com concentração de 0,2 g L<sup>-1</sup>; nesses controles, o número de organismos vivos e mortos não ultrapassou 10% do total, respectivamente.

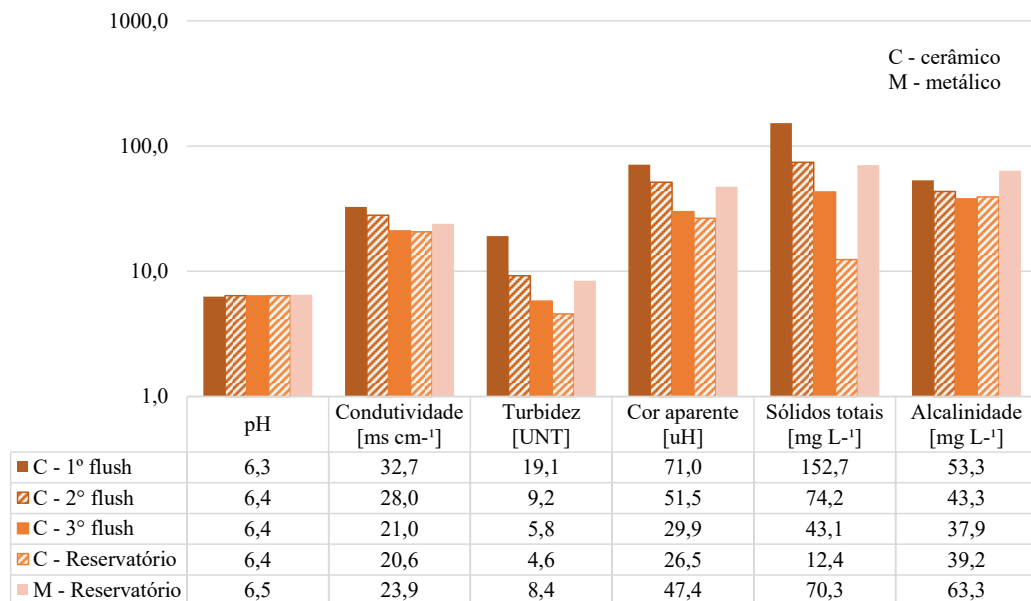
As replicatas foram preparadas com a concentração de 94% de amostra em meio salino (com base em experimentos preliminares). Posteriormente, com o auxílio de uma pipeta Pasteur de diâmetro adequado e ponta arredondada, foram

adicionados 10 náuplios de *Artemia salina* por replicata, as quais foram mantidas sob iluminação constante e temperatura de 23 a 27 ° C, por 24 horas e 48 horas.

Após o período de exposição, foi quantificado o número de organismos vivos e mortos em cada replicata. A porcentagem de organismos imóveis ou mortos no controle negativo deve ser inferior a 10% (ABNT, 2016). Assim, em sequência quantificou-se o número de organismos que apresentaram ou não letalidade/imobilidade (HAMILTON et al., 1977).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No telhado composto por material cerâmico, foram instalados antes do reservatório principal três *flushes* (primeiras águas escoadas) com altura de descarte de 1,0 mm cada, permitindo a comparação da qualidade da água bruta entre os *flushes*. A Fig. 3 apresenta os valores médios dos parâmetros de qualidade avaliados para todas as coletas.



**Figura 3** - Influência dos *flushes* nos valores médios dos parâmetros de qualidade da água avaliados para todas as coletas.

Observa-se que o sistema de descarte permitiu a limpeza da cobertura, proporcionando uma

redução da carga poluidora carregada para o reservatório, havendo melhora significativa dos

parâmetros médios quando comparados ao sistema de coleta sem descarte, demonstrando sua importância para prolongar a vida útil do sistema de filtração. Entretanto, apesar de o sistema de descarte melhorar a qualidade da água de chuva, a turbidez do reservatório ficou próxima do limite máximo permitido pela NBR 15.527 (ABNT,

2019a), requerendo tratamento prévio para seu aproveitamento para fins não-potáveis.

As Fig. 4 e 5 apresentam os parâmetros avaliados em cada evento de chuva para as coberturas cerâmica e metálica, respectivamente. De acordo com as figuras, é possível notar elevada variabilidade na qualidade da água em uma mesma época do ano.

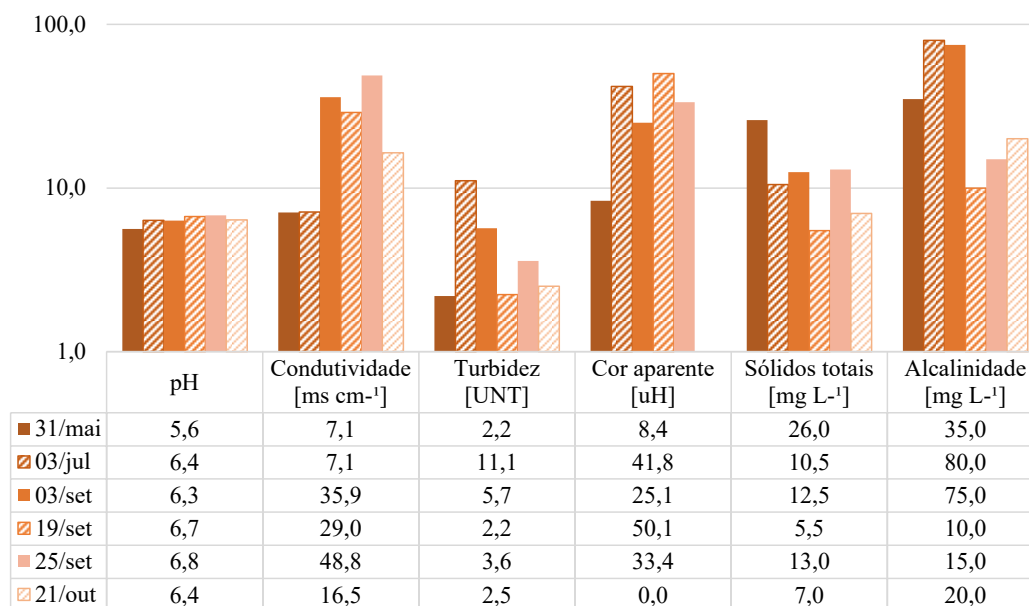


Figura 4 - Resultados das análises de água bruta do reservatório de cobertura de material cerâmico.

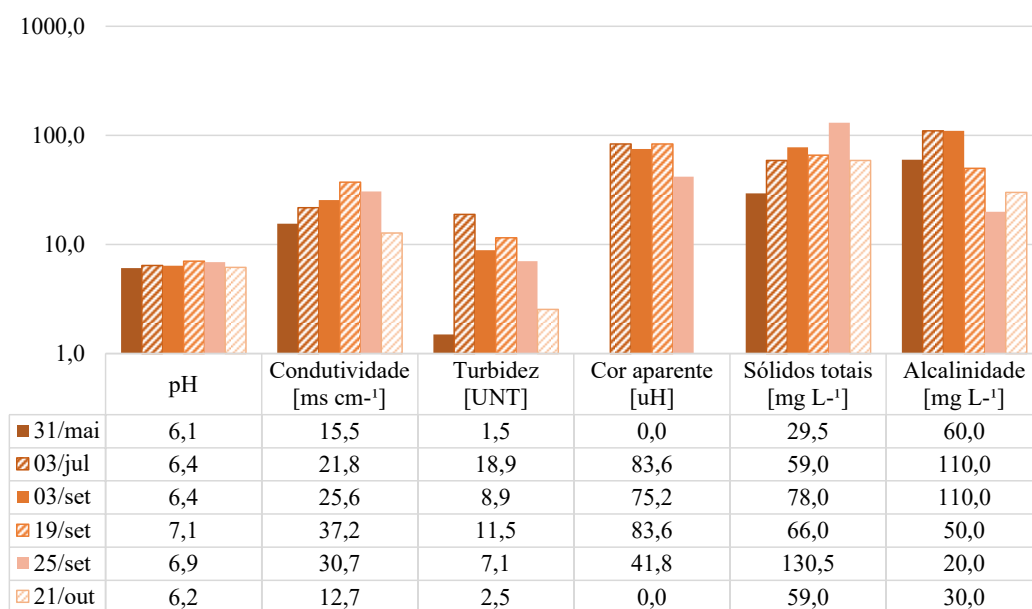


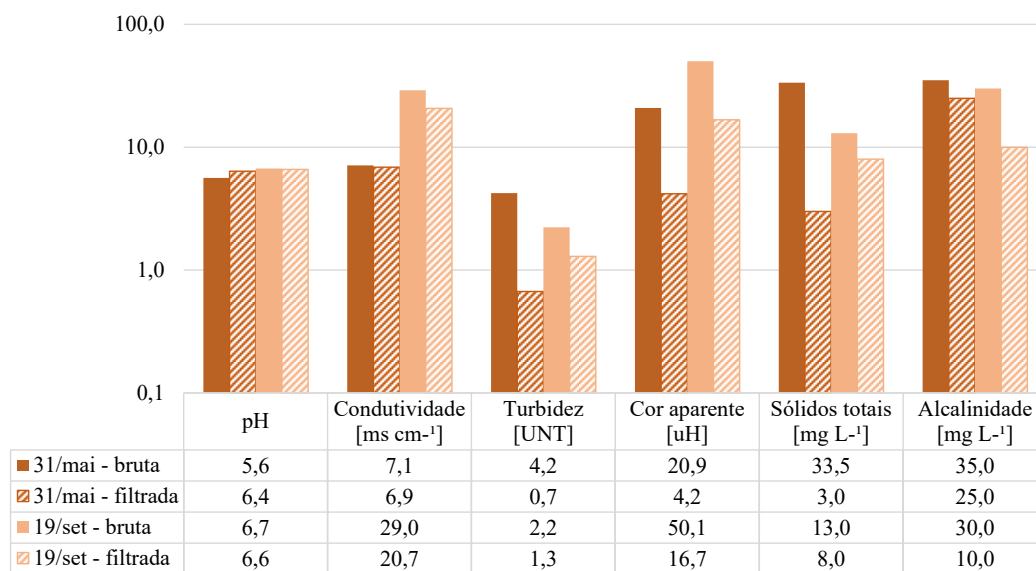
Figura 5 - Resultados das análises de água bruta do reservatório de cobertura de material metálico.

Para as águas coletadas no reservatório de cobertura cerâmico, a turbidez atendeu ao limite de 5 UNT em quatro dos seis eventos de precipitação. Já para o reservatório de cobertura metálico, atendeu ao parâmetro de turbidez em apenas dois eventos, sendo os demais parâmetros avaliados elevados. Em relação ao pH, este apresentou limites aceitáveis de 6,0 – 9,0 conforme estabelecido pela norma, em todos os eventos para ambos os telhados, com exceção apenas do dia 31/05 da cobertura de material cerâmico.

Os valores de sólidos totais, cor aparente e alcalinidade foram consideravelmente maiores nas águas coletadas no telhado de material metálico evidenciando, novamente, a eficiência dos *flushes*

na melhoria da qualidade da água reservada. Os parâmetros pH, condutividade elétrica e turbidez não apresentaram diferenças relevantes.

Ambas as águas escoadas pela cobertura cerâmica com descarte e pela cobertura metálica necessitam de tratamento prévio para serem destinadas a fins não-potáveis. Visando à redução da turbidez, cor aparente e sólidos totais da água escoada foi utilizado o tratamento por filtração descendente em areia, e os resultados são apresentados nas Fig. 6 e 7. Para a filtração, foram utilizadas as águas coletadas nos dias 31/mai e 19/set, que correspondem a uma diferença de 4 meses aproximadamente entre coletas.



**Figura 6** - Eficiência da filtração para águas coletadas na cobertura de material cerâmico.

A análise das Fig. 6 e 7 demonstra que a filtração permitiu os ajustes dos aspectos físico-químicos que excediam os limites da NBR 15.527 (ABNT, 2019a), com exceção da cor aparente do material de cobertura cerâmico do dia 19/set, que corresponde ao evento de maior estiagem. Conforme previsto, o tratamento promoveu remoções de turbidez de 84% e 41% no material de cobertura

cerâmico e 80% e 96% no material de cobertura metálico, cor aparente em 80% e 77% no material de cobertura cerâmico e 100% no material de cobertura metálico. Além disso, o pH permaneceu na faixa admitida de 6,0 – 9,0. Para esses parâmetros, o tratamento mostrou-se eficiente, podendo ser empregado em um sistema de suprimento para fins não-potáveis.



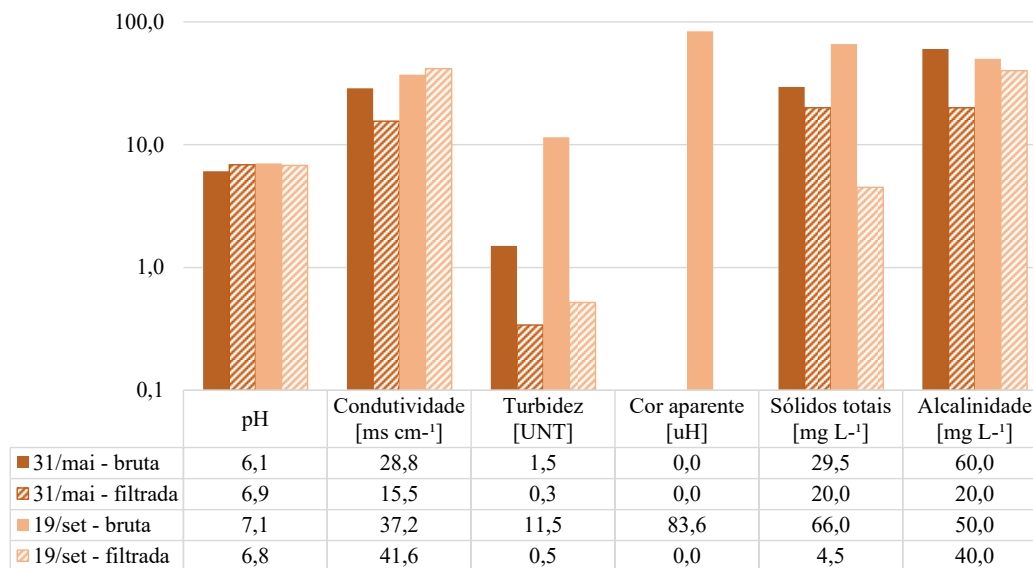


Figura 7 - Eficiência da filtração para águas coletadas na cobertura de material metálico.

Posteriormente ao processo de tratamento por filtração rápida descendente em areia, as amostras – tanto brutas como tratadas – foram sub-

metidas à avaliação ecotoxicológica com o organismo-teste *Artemia salina*; os resultados são expressados pelas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Resultado do ensaio de ecotoxicidade aguda com *Artemia salina* para as amostras brutas e tratadas para a cobertura de material cerâmico.

Cobertura Cerâmica				
Amostra	pH <sub>inicial</sub>	Tempo de exposição 24 h	Tempo de exposição 48 h	pH <sub>final</sub>
		Efeito [%]	Efeito [%]	
B: 31/mai	6,10	25,0	37,5	6,25
B: 19/set	5,85	2,5	7,5	5,85
F: 31/mai	6,26	5,0	12,5	6,47
F: 19/set	6,33	-	-	6,40
Controle negativo		-	-	-
Controle positivo		100,0	100,0	-
Água deionizada		100,0	100,0	-

Legenda: V: número de organismos vivos; M: número de organismos imóveis/mortos; Efeito: percentual de imobilidade/letalidade; B: água bruta; F: água filtrada

Tabela 4 - Resultado do ensaio de ecotoxicidade aguda com *Artemia salina* para as amostras brutas e tratadas para a cobertura de material metálico.

Cobertura Metálica				
Amostra	pH <sub>inicial</sub>	Tempo de exposição 24 h	Tempo de exposição 48 h	pH <sub>final</sub>
		Efeito [%]	Efeito [%]	
B: 31/mai	5,66	5,0	32,5	6,10
B: 19/set	5,99	5,0	7,5	6,10
F: 31/mai	6,24	2,5	5,0	6,31
F: 19/set	6,25	-	5,0	6,45
Controle negativo		-	-	-
Controle positivo		100,0	100,0	-
Água deionizada		100,0	100,0	-

Legenda: V: número de organismos vivos; M: número de organismos imóveis/mortos; Efeito: percentual de imobilidade/letalidade; B: água bruta; F: água filtrada

O ensaio de ecotoxicidade realizado com o organismo-teste *Artemia salina* foi realizado visando à caracterização qualitativa da toxicidade. Os resultados demonstraram a ocorrência de efeito tóxico agudo pela imobilidade/letalidade igual ou superior a 10 %. Esses valores são considerados significativos para a análise qualitativa em questão, tendo como base de referência para validação os controles negativo e positivo, de acordo com a norma NBR 16.530 (ABNT, 2016).

Verifica-se que as águas brutas coletadas no dia 31/mai apresentaram efeito tóxico para ambas as coberturas, sendo que o efeito tóxico permaneceu para a água coletada na cobertura cerâmica mesmo após a filtração descendente em areia. Como a água da chuva apresenta baixa concentração salina, foi verificada também a sobrevivência dos náuplios em água deionizada. De acordo com os dados, a água deionizada apresentou efeito de imobilidade/letalidade de 100%, isto é, a falta de solução salina pode impli-

car na letalidade dos náuplios, sendo importante corrigir a salinidade da amostra ao utilizar este organismo-teste ou realizar testes preliminares para determinar a porcentagem máxima de diluição da amostra, como realizado neste trabalho, que se limitou a 94%.

Dessa forma, constatou-se que apenas as águas brutas do dia 31/mai para ambos os telhados e a água filtrada do mesmo dia para o telhado de cobertura cerâmica apresentaram toxicidade aguda para as condições e organismo testado.

Na Tabela 5 são apresentados resultados obtidos em diferentes materiais de cobertura e regiões do Brasil. A presença dos volumes de descarte nos estudos apresentados por Moruzzi e Nakada (2009) e Vaccari et al. (2005) reduziram consideravelmente a turbidez e a cor aparente (para os primeiros autores) e valores parecidos para pH e condutividade, de maneira análoga aos resultados apresentados no presente trabalho.

**Tabela 5** - Comparação de resultados em diferentes materiais de cobertura e regiões.

Autor	Local de pesquisa	Material de cobertura	First-flush	Parâmetros de qualidade físico-químicas médios			
				pH	Turbidez [UNT]	Cor aparente [uH]	Condutividade [ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ]
Vaccari et al. (2005)	Vitória - ES	Metálico	Não	6,87	12,30	-	98,20
Vaccari et al. (2005)	Vitória - ES	Metálico	Sim	6,25	0,46	-	10,77
Moruzzi e Nakada (2009)	Rio Claro - SP	Cerâmico	Não	5,50	64,40	225,00	39,00
Moruzzi e Nakada (2009)	Rio Claro - SP	Cerâmico	Sim	5,83	23,20	109,00	39,00
Rocha et al. (2012)	Goiás - GO	Cimento Amianto	Sim	8,08	0,91	9,28	48,01
Nakada e Moruzzi (2014)	Rio Claro - SP	Cerâmico	Não	6,80	12,58	66,36	-
Miorando et al. (2017)	Passo Fundo - RS	Fibrocimento	Não	7,09	26,00	18,00	24,30
Teixeira et al. (2017)	Curitiba - PR	Concreto	Não	6,29	1,56	-	-

No tratamento utilizando a filtração rápida descendente em areia (Fig. 6 e 7), foi possível observar a diminuição de condutividade, turbidez, cor aparente, sólidos totais e alcalinidade, sem alterações

substanciais de pH, para todas as águas coletadas. Além do mais, constatou-se, para os ensaios de ecotoxicidade aguda com *Artemia salina*, a redução do efeito tóxico em todas as amostras.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, foi possível verificar que o sistema de descarte - *flush* permitiu a limpeza da cobertura, proporcionando melhorias significativas nos parâmetros de qualidade avaliados para a água reservada. Apesar da eficiência do sistema de *flush*, os parâmetros avaliados não atenderam aos limites estabelecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2019a), requerendo tratamento prévio para seu aproveitamento para fins não-potáveis.

O tratamento por filtração descendente em areia mostrou-se eficiente para o atendimento dos parâmetros estabelecidos pela NBR 15.527 avaliados para as coberturas com e sem o sistema de descarte.

Apenas a água bruta coletada no dia 31/mar apresentou efeito tóxico agudo ao organismo-teste *Artemia salina* mesmo após a filtração descendente em areia, embora esse tratamento tenha possibilitado a redução do efeito tóxico em todas as amostras.

## 6 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

## 7 REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.216: **Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1992.

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, 2019a.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16.530: **Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Artemia* sp (Crustacea, Brachiopoda)**. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16.782: **Conservação de água em edificações – Requisitos, procedimentos e diretrizes**. Rio de Janeiro, 2019b.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16.783: **Uso de fontes alternativas de água não-potável em edificações**. Rio de Janeiro, 2019c.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2018: informe anual**. Brasília, p.72, 2018.

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for the Examination of Water e Wastewater**, 23ª ed. Washington. D. C., 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2011.

CIRILO, J. A. **Crise hídrica: desafios e superação**. Revista USP, São Paulo, v. 106, p.45-58, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i106p45-58>

DI BERNARDO, L.; DANTAS, Â. D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2º. ed. São Carlos: RIMA, 2005.

HAMILTON, M.A.; RUSSO, R.C.; THURSTON, R.V. (1977). Trimmed Spearman-Kärber Method for Estimating Median Lethal Concentration in Toxicity Bioassays. **Environmental Science & Technology**, Easton, v. 11, n.7, p.714-719. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/es60130a004>

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. **Dados diários de Londrina**. Londrina, 2019.

LONDRINA - PREFEITURA MUNICIPAL DE LONDRINA. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Londrina – PR**, Londrina, 2009.

MIORANDO, T.; BRIÃO, V. B.; GIRARDELLI, L. **Potabilização de água da chuva por ultrafiltração**. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Passo Fundo, v. 22, n. 3, p.481-490, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017146765>

MORUZZI, R.B.; NAKADA, L. Y. K. Coleta e tratamento de água pluvial para fins não-potáveis com emprego de amido de milho como coagulante primário em filtração cíclica em escala de laboratório. **Revista de Estudos Ambientais**, Rio Claro, v. 11, p. 51-60, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7867/1983-1501.2009v11n1p51-60>

NAKADA, L. Y. K.; MORUZZI, R. B. Variabilidade qualitativa de águas pluviais coletadas em telhado e sua importância na concepção do sistema de tratamento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio Claro, v. 19, n. 1, p.1-9, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014000100001>

PETROBRÁS N-2588: **Determinação da toxicidade aguda de agentes tóxicos em relação à *Artemia* sp**. CONTEC – Comissão de normas técnicas, 1996.

ROCHA, B. C. C. de M.; REIS, R. P. A.; ARAÚJO, J. V. G. de. Avaliação de sistema de tratamento de águas de chuva coletadas em telhado de cimento amianto, utilizando filtração e desinfecção

por uv e cloro. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiás, v. 1, n. 3, p.12-18, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5216/reec.v3i1.16818>

TEIXEIRA, C. A. et al. Estudo comparativo da qualidade da água da chuva coletada em telhado com telhas de concreto e em telhado verde para usos não-potáveis. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p.135-155, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000200150>

VACCARI, K. P. et al. Caracterização da água de chuva para o seu aproveitamento em edificações como fonte alternativa de água para fins não-potáveis na região metropolitana de Vitória (ES). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23., Vitória, 2005. **Anais...**

WWAP - UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME / UN Water. **The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water**. Paris, UNESCO, 2018.