

Deposição Úmida em Sistema de Captação de Águas Pluviais Urbanas na Cidade do Rio de Janeiro

Gabrielle Nunes da Silva

Universidade do Estado do Rio de Janeiro -
Brasil

nunes.silva.gabrielle@gmail.com

Sergio Machado Corrêa

Universidade do Estado do Rio de Janeiro -
Brasil

sergiomc@uerj.br

Isabella Escobar dos Santos

Universidade do Estado do Rio de Janeiro -
Brasil

isabellaescobar1997@gmail.com

Alfredo Akira Ohnuma Júnior

Universidade do Estado do Rio de Janeiro -
Brasil

akira@uerj.br

ABSTRACT

Rainwater can be used to meet secondary demands and reduce the consumption of potable water for less restrictive uses. The chemical characterization of rainwater is necessary to assess the risks of contamination to users, especially with the increase of atmospheric emissions, mainly in urban areas, influencing the quality of the water that arrives at the point of abstraction. For this, five water samples were collected from a rainwater capture and storage system located at the Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira (CAp-UERJ), Rio de Janeiro from November 2017 to March 2018, in order to analyze the metals Calcium (Ca), Copper (Cu), Iron (Fe), Potassium (K), Sodium (Na) and Zinc (Zn) contained in wet deposition. The samples were analyzed by atomic absorption spectroscopy (AAS), then the results were compiled using the R Language by boxplot and linear Pearson correlation and compared to the limits of the Consolidation Ordinance No. 5 / 2017 of the Ministry of Health. In general, the samples meet the requirements of the legislation, except for iron. It was concluded that the metals have low concentration in the wet deposition with the order of concentration: $Na > K > Ca > Fe > Zn > Cu$, being recommended the use of water for less noble activities.

Keywords: *Monitoring; Chemical Analysis; Atomic Absorption Spectrometry.*

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma das maiores disponibilidades hídricas do mundo, contudo os recursos hídricos estão disponíveis de forma desigual no território nacional, com diferentes usos da água nas atividades econômicas e domésticas. A água é fundamental para a sobrevivência dos seres vivos, apenas 0,3 % da água do planeta é doce (MMA, 2017) e grande parte está na confinada em aquíferos, calotas, geleiras, neve e lençóis freáticos.

Irregularidades na gestão e deficiência na informação sobre a situação atual dos recursos naturais, sobretudo em áreas densamente urbanizadas, aliadas ao desenvolvimento não sustentável comprometem a disponibilidade e a qualidade da água, de modo a afetar os benefícios sociais e econômicos. A demanda

por água doce está aumentando, causando um desequilíbrio entre o consumo e a disponibilidade deste recurso finito, podendo ocorrer no futuro uma grave deficiência global de água.

A disponibilidade dos recursos hídricos está diretamente ligada à qualidade da água, visto que a poluição da água pode interferir nos diferentes usos (ONU, 2018). A qualidade da água apresenta uma acentuada degradação na região hidrográfica do Atlântico Sudeste, agravados pela poluição industrial e urbana distribuída por todo o território (ANA, 2015). Entre os elementos que interferem na qualidade da água potável estão: urbanização, poluição, desmatamento e práticas agrícolas inadequadas (UNESCO, 2015). Esses fatores, somados ao aumento no consumo dos recursos hídricos, evidenciam a necessidade de formas alternativas de captação e uso da água.

No ciclo da água, a chuva é a forma mais eficaz para a limpeza da atmosfera. No processo de condensação e precipitação o material particulado e gases presentes na atmosfera são dissolvidos em gotas de chuva e depositados na superfície terrestre. Águas pluviais são compostas de fontes marinhas, partículas do solo, emissões vulcânicas e atividades antrópicas como o uso de: combustíveis fósseis, agricultura, mineração, incineração de resíduos e emissões industriais (MIMURA *et al.*, 2016; SIUDEK; FRANKOWSKI, 2017).

A mudança no sistema atmosférico por meio das ações antrópicas interfere nos poluentes encontrados na chuva, que pode dissolver metais e outras impurezas (CONCEIÇÃO *et al.*, 2011). A composição química da chuva nos centros urbanos e polos industriais é geralmente formada por Chumbo (Pb), Zinco (Zn), Dióxido de Enxofre (SO₂) e Óxidos de Nitrogênio (NO_x) (TOMAZ, 2010).

A deposição úmida refere-se especialmente à precipitação que ocorre no ar. Os poluentes atmosféricos são incorporados nas gotículas de água na medida em que ocorre a precipitação pluviométrica, onde as superfícies urbanas são lavadas aglutinando camadas de deposição úmida e deposição seca, que é formada pelos poluentes presentes nas superfícies de captação. Apesar da água da chuva ser uma das fontes mais limpas de água natural, sua composição pode absorver gases presentes na atmosfera, capturar fuligem e outras partículas (IGBINOSA; AIGHEWI, 2017). O tempo de residência de partículas no ar depende da: altura de formação, composição e condições meteorológicas (OMRANI *et al.*, 2017).

Segundo Sánchez *et al.* (2015) a lavagem do ar acima das cidades é praticamente independente do volume e da intensidade da chuva, de modo que a deposição úmida contribui para a contaminação de águas pluviais com metais tóxicos, sólidos suspensos, fósforo, nitrogênio e carbono orgânico dissolvido. A combustão de hidrocarbonetos, processos industriais, combustão em veículos etc., fornecem poluentes inorgânicos, como metais e metaloides, e orgânicos, cujo somatório desses fatores são determinantes para a composição do ar ambiente (MAYOR *et al.*, 2013).

Os impactos dos poluentes na água de chuva podem agravar a vulnerabilidade da população menos favorecida, que muitas vezes utiliza essa água como fonte de abastecimento e aumentar os gastos com o sistema de saúde, em consequência do aumento no número de doenças de veiculação hídrica, além de danos ao ecossistema, tais como a bioacumulação de metais nos organismos aquáticos e acidificação de solos e lagos. A caracterização física e química da água da chuva ajuda a avaliar a influência de diferentes fontes e a compreensão da dispersão regional e local de gases e partículas, além dos possíveis impactos nos ecossistemas (LAOUALI *et al.*, 2012).

Elevados níveis de Zinco (Zn) e Chumbo (Pb) têm sido encontrados em amostras de água de chuva, causados por processos de lixiviação de telhados metálicos, tanques de armazenamento ou da própria poluição atmosférica, podendo causar vários efeitos à saúde humana (OMS, 2008). Nas próximas décadas a qualidade da água deve piorar, tendo como consequência global ameaças ao meio ambiente, ao desenvolvimento sustentável e a população (UN-WATER, 2018). O efeito dos metais no meio ambiente e na atmosfera tornaram-se uma das principais questões ambientais, pois a acumulação de metais tóxicos nos tecidos humanos, por meio inalação e cadeia alimentar pode causar lesões nos órgãos internos, no sistema nervoso humano (KAMANI *et al.*, 2014) e em outros organismos.

Desta maneira, este trabalho tem como objetivo analisar a presença de metais em amostras de chuva captadas diretamente da atmosfera em sistema de captação e armazenamento de águas pluviais para uso não potável localizado em centro urbano e comparar os resultados com os valores de referência definidos pela Portaria nº 05/2017 do Ministério da Saúde, como forma de caracterizar a qualidade da água.

2. METODOLOGIA

2.1 Sistemas de Águas Pluviais (SAP)

O sistema de águas pluviais está instalado na quadra de esportes do Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira (CAP-UERJ), localizado na cidade do Rio de Janeiro (22°55'37.8" S 43°12'31.0" W) no bairro do Rio Comprido, região norte metropolitana da cidade do Rio de Janeiro. O estado ocupa a 3ª posição em relação a população residente no país (IBGE, 2010). Com elevado adensamento populacional, a região do estudo possui uma ligação entre a zona norte e sul pelo Elevado Engenheiro Freyssinet próximo ao local de estudo, com intensa emissão de poluentes por meio dos veículos automotores. A pluviometria do local detém média anual de 1.477 mm, a partir de série histórica entre os anos de 1997 e 2017 (ALERTA RIO, 2017).

O sistema de captação da água da chuva analisado neste trabalho é formado por um ponto de Precipitação Direta (PD) composta por um tubo de PVC com diâmetro de 100 mm, altura de 0,7 m e malha de aço inox para evitar a entrada de sólidos grosseiros e contaminar o reservatório de coleta. O coletor tem capacidade de armazenar 5,5 litros ou cerca de 170 mm de precipitação pluviométrica acumulada (**Figura 1**).

Figura 1. (A) Mapa da cidade do Rio de Janeiro. (B) Localização do Cap-UERJ no bairro do Rio Comprido. (C) Ponto de coleta da Precipitação Direta.



Fonte: (A) GOOGLE MAPS, 2018. (B) Adaptado de GOOGLE MAPS, 2018. (C) Autor, 2018.

2.2 Preparação e coleta de amostras

Amostras de deposição úmida foram coletadas no período novembro de 2017 a março de 2018 no sistema de águas pluviais da Precipitação Direta (PD), com amostragem da água da chuva realizada 5 vezes em frascos de polietileno de 1 litro.

O Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da Agência Nacional de Águas (ANA, 2011) foi utilizado como base para as etapas de preparação e coleta de amostras. Os procedimentos das análises químicas constituem de lavagem especial dos frascos e tampas imersos em solução de ácido nítrico 10 % por 48 h, e posterior enxague com água *MilliQ*, secos em papel absorvente e armazenados em local seco e limpo para evitar contaminação. Após cada evento de chuva as amostras foram filtradas a vácuo com filtros de fibra de vidro de 47 mm (**Merck Millipore**) com 0,7 μm de porosidade e acidificadas com HNO_3 1:1 até $\text{pH} < 2$ (ANA, 2011).

Com o objetivo de aumentar a precisão na detecção dos metais presentes, as amostras foram concentradas utilizando placa aquecedora com temperatura de 80 a 90 °C para redução do volume de 250 mL para 10 mL. Imediatamente foi adicionado 40 mL de HNO_3 (3 mol L^{-1}), para posteriormente as amostras serem transferidas para tubos de *Falcon* de 50 mL, pré-lavados com HNO_3 e armazenadas na geladeira com temperatura de 4 °C até a análise.

2.3 Análises químicas

A metodologia de análise para deposição úmida é baseada no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012). Os 6 elementos Cálcio (Ca), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Potássio (K), Sódio (Na) e Zinco (Zn) foram analisados por meio de Espectroscopia de Absorção Atômica em chama (EAA) método 3-14 com limite de detecção de $0,01 \text{ mg L}^{-1}$, em um equipamento *PerkinElmer AAnalyst 400* na Faculdade de Tecnologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. A determinação da concentração foi realizada a temperatura ambiente, com água deionizada utilizada entre as análises.

2.4 Análises de resultados

Os resultados foram compilados utilizando a Liguagem R por meio de *boxplot*, correlação linear de *Pearson* e comparação com a Portaria de Consolidação n° 5/2017 do Ministério da Saúde, apesar de fornecer padrões para água potável é um regulamento amplamente utilizado em sistemas de águas pluviais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A deposição úmida é a etapa inicial de contaminação da água, devido ao processo de lavagem da atmosfera, partículas finas, gases e aerossóis serem carregados pela chuva até chegar na superfície. A origem desses poluentes podem ser de diversas fontes como: emissões industriais, tráfego de veículos próximo ao local de coleta ou por meio de longas distâncias, a intensidade da precipitação, direção dos ventos e altura das partículas podem interferir na qualidade da água de chuva coletada. A presença de metais tóxicos contidos no material particulado pode ser relevante neste tipo de deposição, havendo como fonte os aerossóis marinhos encontrados em áreas costeiras (SÁNCHEZ; COHIM; KALID, 2015), local onde o estudo está inserido.

3.1 Concentrações de metais na água de chuva

Os resultados das análises da água da chuva do sistema de captação entre novembro de 2017 e março de 2018 estão apresentadas na **Tabela 1** e na **Figura 2**.

Com exceção do Ferro (Fe), os metais analisados estão dentro do limite estabelecido pela Portaria 5/2017 com a seguinte ordem de concentração: $\text{Na} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{Cu}$. (**Tabela 1**). A legislação utilizada para a discussão dos resultados não citou limites para Cálcio (Ca) e Potássio (K), contudo, a média encontrada foi de $4,03 \text{ mg L}^{-1}$ e $10,61 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente. Em estudos de composição química da água de chuva, verificou-se que Ca e K tem como origem majoritariamente aerossóis continentais (LIMA, 2007). Ichikuni (1978) sugere que esses elementos sejam lixiviados de partículas de solo, pois a natureza ácida da água de chuva é eficaz na extração de íons alcalinos em águas pluviais.

Tabela 1. Estatística descritiva dos resultados de metais encontrados no ponto de Precipitação Direta (PD) localizado no sistema de armazenamento de águas pluviais do CAP-UERJ, Rio de Janeiro.

	Ca	Cu	Fe	K	Na	Zn
Média	4,03	0,95	1,17	10,61	20,86	1,09
Mediana	2,36	0,76	1,03	9,49	18,82	1,12
Desvio padrão	3,88	0,39	0,47	2,57	3,24	0,20
Mínimo	1,00	0,59	0,75	8,29	18,54	0,80
Máximo	10,56	1,57	1,91	14,61	25,74	1,32
Portaria 5/2017	-	2,00	0,30	-	200,00	5,00

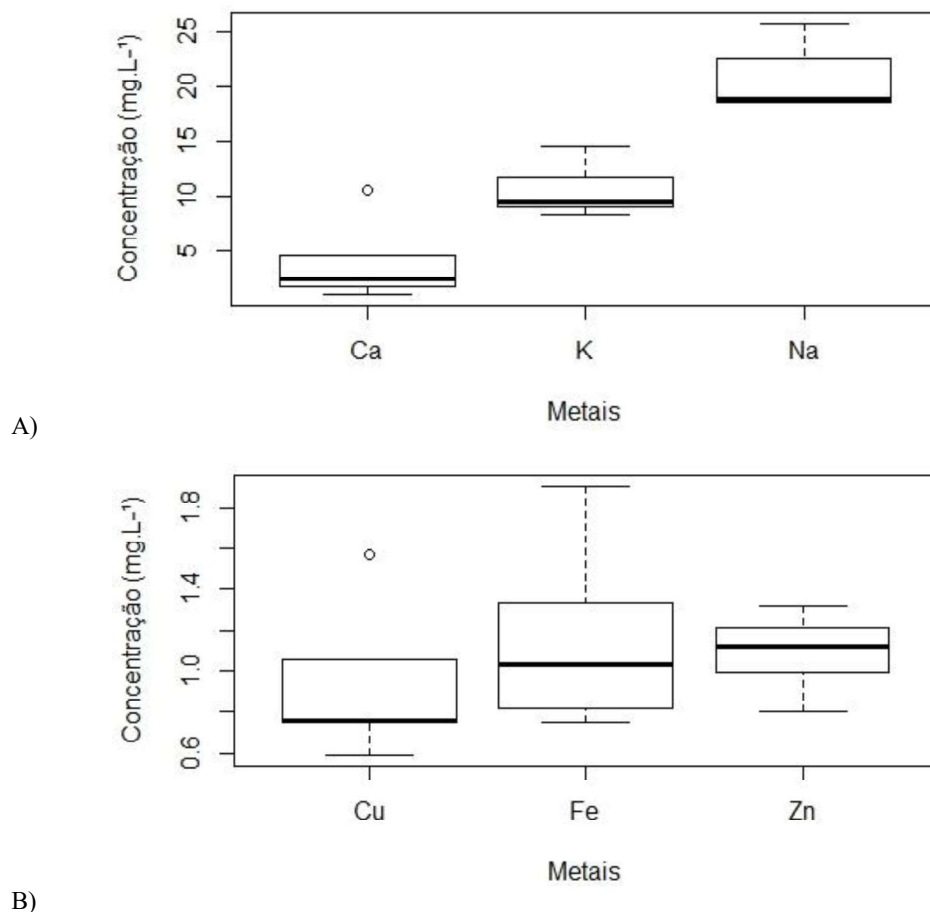
Unidade (mg L⁻¹)

Fonte: Autor, 2018.

De acordo com a Lei nº 5/2017 do Ministério da Saúde, o limite para sódio (Na) é de 200 mg L⁻¹. Neste estudo, todas as amostras ficaram abaixo desse valor com média de 20,86 mg L⁻¹ e variação entre 18,54 e 25,74 mg L⁻¹. O ponto de precipitação direta (PD) está localizado próximo a costa do Rio de Janeiro o que pode interferir na concentração deste metal, uma vez que o sódio está presente na composição dos aerossóis marinhos (MOMANI, 2003; LIMA, 2007). Concentrações de sódio na água potável são normalmente inferiores a 20 mg L⁻¹, mas podem exceder este valor em alguns países e não há um valor de diretriz baseado na saúde para este metal (OMS, 2011).

A menor concentração de metais nas amostras de deposição úmida foi o cobre (Cu), com média de 0,95 mg L⁻¹, bem abaixo do valor de 2 mg L⁻¹ recomendado pela Portaria 5/2007. O local da PD é próximo de uma das principais vias de ligação entre a zona norte e sul da cidade do Rio de Janeiro, com intenso tráfego de veículos que pode emitir para a atmosfera compostos contendo cobre. O cobre (Cu) está correlacionado com o tráfego congestionado que emite partículas finas de gases de escape que se dispersam sobre áreas maiores, à medida que as forças de empuxo são dominantes comparada a influência da gravidade (GUNAWARDENA *et al.*, 2013). Valores de cobre (Cu) acima do permitido em águas pluviais na Colômbia demonstram que a atividade antropogênica é uma das principais fontes responsáveis pela presença desses metais na água da chuva (ARGUMEDO, 2017). Na Figura 2 é possível visualizar um boxplot para Na, Ca e K (A) e Cu, Fe e Zn (B).

Figura 2. *Boxplot* dos metais presentes em amostras de água de chuva no ponto de coleta de Precipitação direta no sistema de armazenamento de águas pluviais. (A) *Boxplot* de Cálcio (Ca), Potássio (K) e Sódio (Na) e (B) *Boxplot* de Cobre (Cu), Ferro (Fe) e Zinco (Zn).



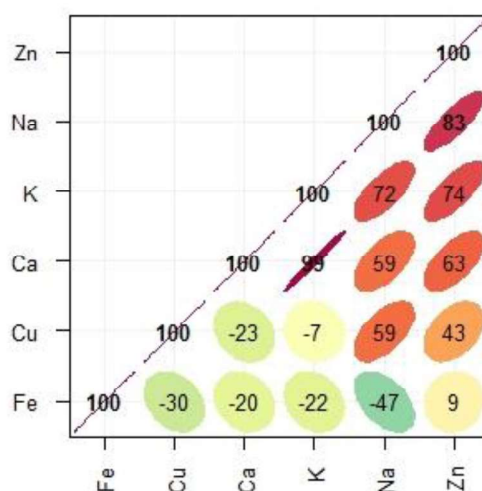
Fonte: Autor, 2018.

O Ferro (Fe) excedeu o limite de $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ em 100 % dos resultados obtidos, com elevada média de $1,17 \text{ mg L}^{-1}$. O ferro é classificado como um elemento de fonte natural da crosta terrestre (NADZIR *et al.*, 2017), entretanto, na caracterização da chuva na Espanha, concluiu-se que o ferro foi emitido por fontes antropogênicas de acordo com as análises das trajetórias retrógradas e fator de incrustação que exibem uma origem não crustal deste metal (PIÑEIRO *et al.*, 2014), o local possui um perfil urbano o que pode contribuir para emissões de compostos contendo ferro. Para o zinco (Zn) os resultados foram satisfatórios, onde todas as amostras estiveram abaixo do exigido pela legislação brasileira (5 mg L^{-1}), com média de $1,09 \text{ mg L}^{-1}$ e variação entre $0,8$ e $1,32 \text{ mg L}^{-1}$. A solubilidade do zinco na água ocorre em função das concentrações de carbono inorgânico e do pH. Para águas com baixa alcalinidade o aumento do pH para 8,5 deve ser suficiente para controlar a solubilidade (OMS, 2011), o pH do CAP-UERJ é caracterizado como ácido no ponto da precipitação direta (PD), o que pode interferir nos resultados obtidos.

3.2. Correlação linear de Pearson

A correlação linear de *pearson* foi aplicada aos resultados para demonstrar as possíveis relações entre os elementos químicos. A correlação mais fraca ocorreu entre o Cobre (Cu) e o Potássio (K) e Zinco (Zn) e Ferro (Fe), no entanto o Cálcio (Ca) e o Potássio (K) são elementos altamente correlacionados positivamente com $R^2 = 0,99$, seguidos de Zinco (Zn) e Sódio (Na) com $R^2 = 0,83$. O potássio (K) é diretamente proporcional quando correlacionado com os metais Na, Ca e Zn. As demais correlações não foram significativas (**Figura 3**).

Figura 3. Correlação linear de *Pearson* para os metais encontrados no ponto de coleta da Precipitação Direta (PD) no sistema de armazenamento de águas pluviais.



Fonte: Autor, 2018.

Quando ocorrem elevadas correlações entre metais (> 60 %), provavelmente os elementos são originários da mesma fonte (NADZIR *et al.*, 2017). Os elementos Ca e K são elementos de origem crustal o que influencia na alta correlação. O Zn é um metal originado de atividades humanas (AL-MOMANI, 2003), sendo correlacionado com emissões veiculares que podem ser atribuídas ao intenso tráfego de veículos no Elevado Engenheiro Freyssinet.

4. CONCLUSÃO

O monitoramento realizado no sistema de águas pluviais (SAP), especialmente no ponto da Precipitação Direta (PD), entre novembro de 2017 e março de 2018, demonstrou que apesar do SAP estar localizado em área urbana, com intensas emissões de material particulado e gases para a atmosfera, os metais de uma forma geral atendem aos requisitos da Portaria nº 5/2017 do Ministério da Saúde, com exceção do Ferro. A deposição úmida tem como característica a baixa concentração de metais. A utilização de águas pluviais para consumo não potável, em relação aos metais, é segura para os usuários e pode ser destinada para usos menos nobres, em contrapartida ao consumo de água potável. Outros metais estão em fase de análises químicas, em conjunto com propriedades físico químicas e a presença

de compostos orgânicos voláteis e solúveis por cromatografia de fase gasosa, o que permitirá um estudo multivariado dos dados mais abrangente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FINEP pelo Projeto de Manejo de Águas Pluviais em Meio Urbano (MAPLU), Chamada Pública de Saneamento Ambiental e Habitação nº 07/2009, ao CNPq Chamada Universal MCTI/CNPq nº 14/2014 com processo nº 457688/2014-9 e à FAPERJ processo nº E-26/201.381/2016 - pelo apoio financeiro ao desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- AL-MOMANI, I. F. Trace elements in atmospheric precipitation at Northern Jordan measured by ICP-MS : acidity and possible sources. **Atmospheric Environment**, v. 37, p. 4507–4515, 2003.
- ANA. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras - Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos**. Brasília, São Paulo: CETESB, 2011.
- ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras**. Brasília: [s.n.]. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/docs/regioeshidrograficas.pdf>>.
- ARGUMEDO, C. Metales pesados (Cd, Cu, V, Pb) en agua lluvia de la zona de mayor influencia de la mina de carbón en La Guajira, Colombia. **Revista Colombiana de Química**, v. 46, n. 2, p. 37, 1 maio 2017.
- CONCEIÇÃO, F. T. et al. Composição química das águas pluviais e deposição atmosférica anual na bacia do alto sorocaba (SP). **Quimica Nova**, v. 34, n. 4, p. 610–616, 2011.
- GOOGLE. **Google Maps Website**. jun. 2018. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/>>.
- GUNAWARDENA, J. et al. Atmospheric deposition as a source of heavy metals in urban stormwater. **Atmospheric Environment**, v. 68, p. 235–242, 2013.
- IGBINOSA, I.; AIGHEWI, I. Quality assessment and public health status of harvested rainwater in a peri-urban community in Edo State of Nigeria. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 189, n. 8, p. 405, 20 ago. 2017.
- KAMANI, H. et al. Study of trace elements in wet atmospheric precipitation in Tehran, Iran. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 186, n. 8, p. 5059–5067, 2014.
- LAOUALI, D. et al. Long term monitoring of the chemical composition of precipitation and wet deposition fluxes over three Sahelian savannas. **Atmospheric Environment**, v. 50, p. 314–327, 2012.
- LIMA, A. S. Contributo dos aerossóis marinhos e continentais para a composição química da precipitação atmosférica na região do Minho (NW de Portugal). In: VI Congresso Ibérico de Geoquímica, 2007, Portugal. **Anais do VI do Geoquímica**. Lisboa: 2017. p. 442-445.
- MAYOR, R. et al. Determination of soluble ultra-trace metals and metalloids in rainwater and atmospheric deposition fluxes: A 2-year survey and assessment. **Chemosphere**, v. 92, n. 8, p. 882–891, 2013.
- MIMURA, A. M. S. et al. Chemical composition monitoring of tropical rainwater during an atypical dry year. **Atmospheric Research**, v. 169, p. 391–399, 2016.

NADZIR, M. S. M. et al. Characterization of rainwater chemical composition after a Southeast Asia haze event: insight of transboundary pollutant transport during the northeast monsoon. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 18, p. 15278–15290, 2017.

OMRANI, M. et al. Assessment of atmospheric trace metal deposition in urban environments using direct and indirect measurement methodology and contributions from wet and dry depositions. **Atmospheric Environment**, v. 168, n. September, p. 101–111, 2017.

OMS. **Guidelines for drinking-water quality. Guidelines for drinking-water quality**, 2008. Disponível em:

<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4053895&tool=pmcentrez&rendertype=abstract%5Cnhttp://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/fulltext.pdf%5Cnhttp://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151_eng.pdf?ua=1>.

OMS. **Guidelines for drinking-water quality. Guidelines for drinking-water quality.**, jun. 2011. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1462075800000066>>.

PIÑEIRO, J. et al. Influence of marine, terrestrial and anthropogenic sources on ionic and metallic composition of rainwater at a suburban site (northwest coast of Spain). **Atmospheric Environment**, v. 88, p. 30–38, 2014.

SÁNCHEZ, A. S.; COHIM, E.; KALID, R. A. A review on physicochemical and microbiological contamination of roof-harvested rainwater in urban areas. **Sustainability of Water Quality and Ecology**, v. 6, p. 119–137, 2015.

SIUDEK, P.; FRANKOWSKI, M. The effect of sources and air mass transport on the variability of trace element deposition in central Poland: a cluster-based approach. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 29, p. 23026–23038, 2017.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. [s.l.] Plínio Tomaz, 2010. v. I.

UN-WATER. **The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water** Paris, 2018. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261424e.pdf>>.

UNESCO. **The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World**. [s.l: s.n.].