Avaliação comparativa da qualidade de água de chuva e oriunda de açudes armazenadas em cisternas no semiárido do estado da Paraíba

Comparative evaluation of rainwater quality and from fluvial reservoirs stored in cisterns in the semi-arid state of Paraíba

• **Data de entrada:**
21/06/2018

• **Data de aprovação:**
17/09/2018

Cindy Deina Farto¹ | Tarciso Cabral da Silva^{1*}

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2020.033>

ORCID ID

Farto CD <https://orcid.org/0000-0003-1336-3698>

Cabral Da Silva T <https://orcid.org/0000-0002-1824-4527>

Resumo

As cisternas construídas para o armazenamento de água de chuva podem ser abastecidas com águas oriundas de açudes ou de rios, por meio de carros pipa. Isso ocorre pois as águas de chuva muitas vezes não são suficientes para suprir as necessidades das famílias em períodos de seca no semiárido brasileiro. Assim, o objetivo desse trabalho foi comparar 15 parâmetros de qualidade da água desses dois tipos, armazenadas em cisternas. Também foram feitas análises da variabilidade dos parâmetros e verificações de conformidade com base na Portaria do Ministério da Saúde no 05/2017. Foram realizadas análises físicas, químicas e microbiológicas no ano de 2017 em amostras de água de 12 cisternas, sendo 6 com águas de chuva e 6 com águas oriundas de açudes. Dos 15 parâmetros de qualidade da água analisados, 5 deles não apresentaram diferenças significativas entre as suas médias nas águas dos dois grupos de cisternas. Ademais, a água de chuva apresentou melhor qualidade do que a oriunda dos açudes.

Palavras-chave: Qualidade da água em cisternas. Variabilidade de parâmetros. Seca.

Abstract

Cisterns, built for the storage of rainwater, can be supplied with water from fluvial reservoirs or rivers, by means of water trucks. This is because rainwater is often not sufficient to meet the needs of families during periods of drought in the Brazilian semi-arid region. Thus, the objective of this work was to compare 15 parameters of water quality of these two types, stored in cisterns. Analyzes of parameter variability and compliance checks were also performed based on Ministry of Health Ordinance no 05/2017. Physical, chemical and microbiological analyzes were carried out in 2017 in water samples from 12 cisterns, 6 with rainwater and 6 with water from fluvial reservoirs. From the total of 15 parameters of water quality analyzed, 5 of them did not present significant differences between their means in the waters of the two groups of cisterns. Furthermore, the rainwater presented better quality than the water from the reservoirs.

Keywords: Water quality in cisterns. Variability of parameters. Drought.

¹ Universidade Federal da Paraíba - Centro de Tecnologia. João Pessoa - PB - Brasil.

* **Autor correspondente:** tarcisocabral@gmail.com.

1 INTRODUÇÃO

No Semiárido Brasileiro (SAB), populações difusas que habitam regiões afastadas de rios perenizados e de grandes reservatórios, bem como as que não dispõem de serviços públicos ou privados de abastecimento de água, possuem nas cisternas, com água de chuva, suas principais fontes hídricas (CAMPOS, 2014). Os programas governamentais para a instalação de cisternas “Um Milhão de Cisternas”, “Uma Terra e Duas Águas” e “Água para todos” já possibilitaram a implantação de 1,49 milhão de cisternas de placas de concreto e de polietileno desde 2003, tendo beneficiado cerca de 5 milhões de pessoas com o acesso a água ao lado de casa (ASA, 2018; BRASIL, 2017). No entanto, diferentemente do período 2009/2012, quando o número de cisternas crescia 22,3% ao ano, houve uma queda substancial nos últimos dois anos em decorrência dos cortes no orçamento do governo federal para essa finalidade.

Embora as cisternas sejam construídas com o propósito de armazenar água da chuva, elas também podem ser abastecidas por meios artificiais, como o carro pipa, que geralmente transportam águas captadas em açudes (MACHADO; DIAS; SILVA, 2017). Isso ocorre, pois os estoques de água de chuva em cisternas são altamente vulneráveis às secas e ao longo do ano cerca de 7 a 9 meses são de baixa pluviosidade (INSA, 2011), quando a maioria das cisternas com águas de chuva seca. Sendo assim, os carros pipa como fonte de suprimento de água oriunda de açudes, nos meses de escassez, têm sido utilizados quase todos os anos (CAMPOS, 2014).

Em relação à água de chuva, de acordo com Gwenzi e Nyamadzawo (2014), alguns cuidados devem ser tomados no intuito de garantir a qualidade dessa água armazenada em cisternas. Um desses cuidados é descartar as primeiras águas precipitadas, pois as mesmas contêm impurezas depositadas sobre os telhados. Para isso, deve

ser instalado um dispositivo que permita desviar as águas das primeiras chuvas.

Já o abastecimento das cisternas com águas oriundas de açudes e transportadas por carro pipa, embora possa minimizar o problema da escassez de água, torna-se uma fonte potencial de contaminação por fatores ligados à origem da água, pela vulnerabilidade a que a água está exposta, podendo haver o despejo de efluentes nos reservatórios utilizados para a captação de água, e durante o transporte, pelas condições de higiene e limpeza dos carros, havendo necessidade de controle da qualidade (AMORIM; PORTO, 2003; ANDRADE et al., 2015). Além disso, a água que é captada diretamente em açudes, na maioria das vezes, não recebe qualquer tipo de tratamento, expondo a população a riscos na saúde (CAMPOS, 2014). Autores como Santos, Ceballos e Sousa (2013); Alves et al., (2014); e Machado, Dias e Silva (2017) deixam claro em seus estudos que a qualidade da água para consumo humano em cisternas abastecidas com águas de açudes é duvidosa, necessitando de tratamento pelo menos simplificado.

Apesar dos frequentes questionamentos, ainda não há muitas informações em relação à garantia de água de boa qualidade para o consumo humano nas cisternas abastecidas com água de açudes, transportadas por meio de carros pipa. De fato, são quase inexistentes os estudos disponíveis sobre a qualidade dessa água armazenada nas cisternas (FARTO, 2018).

Dentro dessa perspectiva, percebe-se que é importante implantar cisternas, porém torna-se necessário garantir a qualidade da água consumida, seja ela oriunda de precipitações ou de açudes, pois os riscos à saúde pública existem em ambas as situações (AMORIM; PORTO, 2001; ANDRADE et al., 2015).

2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho se referem a avaliar se existem diferenças significativas entre a qualidade das águas armazenadas nas cisternas, com relação à sua origem, de chuvas e oriunda de açudes; investigar a variabilidade dos conjuntos de dados obtidos dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, destacando a dispersão, a simetria e a existência de valores discrepantes; e verificar a conformidade da qualidade das águas armazenadas, provenientes da chuva e de açudes, em relação aos padrões de potabilidade estabelecidos com base na Portaria PRC do MS nº 5/2017.

3 METODOLOGIA

Para a análise da qualidade das águas de chuva e de açudes armazenadas em cisternas, foram realizadas coletas nos municípios de Barra de Santana, Boqueirão e Caturité (Fig. 1). Os três municípios estão localizados na região do semiárido

do estado da Paraíba. A seleção dos municípios levou em conta a sua inserção no semiárido e a indisponibilidade de sistemas públicos ou privados de abastecimento de água.

As amostras de água foram coletadas em doze cisternas, com frequência mensal, sendo seis abastecidas com águas de chuva e seis abastecidas com águas provenientes dos açudes Epitácio Pessoa e Araçagi, no período de fevereiro a outubro de 2017. Os critérios estabelecidos para a escolha das cisternas foram: utilização da água da cisterna para consumo humano, independentemente de sua origem e de não haver mistura de água de chuva com água de açude na cisterna. A Fig. 2 mostra as cisternas utilizadas na pesquisa.

As amostras foram coletadas utilizando o mesmo procedimento empregado pelos moradores para a retirada de água das cisternas. Baldes foram usados para retirar água em dez casas, enquanto apenas duas famílias usaram bomba manual (C6 e C7).

Figura 1 - Localização dos municípios do estudo e posição geográfica das cisternas

Figura 2 – Identificação visual das cisternas monitoradas

Os parâmetros pH, turbidez, condutividade elétrica (CE) e sólidos totais dissolvidos (TDS) foram medidos *in loco* por meio de sonda multiparamétrica. Já os parâmetros alcalinidade total, cor aparente, dureza total, cloretos, amônia, sulfato, nitrato, coliformes totais, coliformes termotolerantes, *Escherichia Coli* e bactérias heterotróficas, foram objetos de análises realizadas nos laboratórios da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, em João Pessoa, de acordo com os procedimentos descritos em APHA, AWWA e WEF (2012).

Para verificar a existência de diferenças significativas entre as médias de cada parâmetro de qualidade das águas dos dois grupos de cisternas (chuva e açude), foram utilizados testes estatísticos de comparação de médias, envolvendo os valores medidos de cada um dos parâmetros analisados. Os testes utilizados foram o “t” de *Student* para amostras com distribuição normal ou o teste “U” de *Mann-Whitney* se a distribuição foge à normalidade. As hipóteses dos testes para comparação de médias foram formuladas como: H0: as amostras são provenientes de uma mesma

população, ou seja, as médias são iguais; H1: as amostras não são provenientes de uma mesma população, ou seja, as médias não são iguais. A hipótese nula não é rejeitada quando o p-valor é maior que o nível de significância. Os testes foram realizados com nível de significância α de 5%, utilizando-se o *software* SPSS-23.

A análise da variabilidade dos conjuntos de dados obtidos dos parâmetros físicos e químicos foi realizada por meio de gráficos tipo *boxplot*, destacando-se a dispersão, a simetria e a existência de valores discrepantes. A variabilidade dos dados é representada pela diferença entre os quartis Q3 – Q1 (ARAÚJO; ABAR, 2012).

Além disso, foi realizada a comparação dos valores relativos aos parâmetros de qualidade, obtidos das medições efetuadas nas águas das cisternas, com os padrões de qualidade da água para consumo humano estabelecidos pela Portaria PRC do MS nº 5/2017, observando-se os valores máximos e mínimos permitidos. A avaliação foi feita por meio de cálculo do percentual de conformidade desses parâmetros de qualidade, tomando como referência os valores preconizados pela referida Portaria.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das medições efetuadas a partir das amostras da água nas cisternas estão apresentados na Tabela 1, onde constam os valores referentes aos parâmetros de qualidade das águas de chuva e de açudes nas cisternas, relativos a mediana, média, menor e maior valor, 1º quartil, 3º quartil e o p-valor para o teste de comparação de médias.

Os gráficos do tipo *boxplot*, construídos a partir dos conjuntos dos valores dos parâmetros de

qualidade da água medidos nas cisternas, constam na Fig. 3 nos quais houve rejeição da hipótese de igualdade de médias.

O resultado dos p-valor na Tabela 1 indicou que os parâmetros de qualidade das águas de chuva e de açudes armazenadas nas cisternas que tiveram resultados de comparação de médias com a Hipótese H0 rejeitados foram amônia, condutividade elétrica (CE), cloretos, cor, dureza, nitrato, sólidos totais dissolvidos (TDS), sulfato, turbidez e bactérias heterotróficas. Por outro lado, os parâmetros de qualidade das águas de chuva e de açudes cujos resultados do teste de comparação de médias não indicaram rejeição da hipótese H0 foram alcalinidade, pH, coliformes totais e coliformes termotolerantes.

Verificou-se, a partir da Fig. 3, haver menores valores das medianas para quase todos os parâmetros de qualidade de água de chuva, com exceção do nitrato. Apenas as distribuições, no intervalo interquartil, do parâmetro nitrato para as águas de açudes, e os parâmetros sulfato e nitrato, para as águas de chuva, apresentaram distribuições simétricas. Os valores dos parâmetros relativos às águas de açudes das cisternas apresentaram maior variabilidade dos dados, com exceção do parâmetro nitrato.

Os valores máximos dos parâmetros ocorreram nos gráficos nos quais as medianas foram maiores. Por outro lado, os valores mínimos ocorreram sempre nos gráficos nos quais as medianas foram menores. Foi possível constatar a ocorrência de *outliers*, que são valores bastante incomuns no sentido de estarem muito afastados da maioria dos dados (ARAÚJO; ABAR, 2012), nos parâmetros amônia, CE, cor, TDS, sulfato e bactérias heterotróficas, para as águas de chuva e nos parâmetros cloretos, cor, turbidez e bactérias heterotróficas para a água oriunda de açudes.

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade da água e estatísticas nas cisternas com águas de chuva e de açudes

Parâmetros Qualidade	Parâmetros estatísticos								
	N ^º **	Tipo	Mediana	Média	Menor	Maior	1º quartil	3º quartil	p-valor ^o
Alcalinidade (mg.L ⁻¹)	51	Chuva	89,9	88,3	50,0	130,9	70,5	105,0	0,058
	51	Açude	109,3	108,5	48,1	144,2	96,1	125,7	
Amônia (mg.L ⁻¹)	51	Chuva	0,1	0,2	0,0	0,9	0,0	0,3	0,015
	51	Açude	0,4	0,4	0,0	0,9	0,1	0,5	
CE (µS.cm)	46	Chuva	198,6	203,7	110,0	355,7	161,7	240,3	0,000
	46	Açude	1264,6	1383,9	433,0	2244,2	1019,5	1898,1	
Cloretos (mg.L ⁻¹)	51	Chuva	4,0	5,0	0,0	15,0	2,9	7,8	0,000
	51	Açude	281,0	360,5	76,0	1140,0	177,0	524,3	
Cor (uH)	51	Chuva	0,0	1,1	0,0	13,5	0,0	0,0	0,018
	51	Açude	9,6	13,0	0,0	67,5	0,0	17,4	
Dureza (mg.L ⁻¹)	51	Chuva	70,0	77,4	46,0	114,0	60,0	98,0	0,000
	51	Açude	226,0	304,2	54,0	640,0	192,5	460,0	
Nitrato (mg.L ⁻¹)	50	Chuva	1,4	1,4	0,9	2,1	1,1	1,7	0,000
	50	Açude	0,3	0,3	0,0	0,6	0,1	0,4	
pH	46	Chuva	8,4	8,4	7,1	9,4	8,1	8,7	0,335
	46	Açude	8,3	8,2	6,8	9,9	7,9	8,6	
Sulfato (mg.L ⁻¹)	51	Chuva	8,1	7,6	0,0	10,7	6,5	9,5	0,000
	51	Açude	14,4	15,9	8,5	23,7	12,9	20,0	
TDS (mg.L ⁻¹)	46	Chuva	99,1	101,8	55,0	177,8	80,7	120,1	0,000
	46	Açude	632,1	692,0	217,0	1122,2	509,8	948,7	
Turbidez (uT)	46	Chuva	0,0	0,1	0,0	0,9	0,0	0,0	0,000
	42	Açude	0,8	1,9	0,0	17,8	0,1	2,4	
Coliformes Totais (NMP/100ml)	45	Chuva	2,3	8,6	0,0	240,0	1,2	2,3	0,485
	45	Açude	2,3	9,7	0,0	110,0	2,3	4,3	
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	45	Chuva	2,3	8,2	0,0	240,0	0,0	2,3	1,000
	45	Açude	2,3	7,6	0,0	110,0	2,3	2,3	
Bactérias heterotróficas (UFC/ml)	45	Chuva	200,0	1489,3	0,0	19000,0	16,0	900,0	0,009
	45	Açude	1500,0	6319,8	0,0	30000,0	300,0	10100,0	

*estatística do teste de hipótese

**número de medições realizadas

Figura 3 - Parâmetros de qualidade da água nos quais houve rejeição da hipótese de igualdade de médias

continua...

Continuação

A Fig. 4 apresenta os gráficos do tipo *boxplot* relativos aos valores dos parâmetros de qualidade das águas, de chuva e de açudes, medidos nas cisternas nos quais não houve rejeição da Hipótese H0 de igualdade de médias.

Figura 4 - Parâmetros de qualidade da água nos quais não houve rejeição da hipótese de igualdade de médias

A variabilidade do parâmetro alcalinidade, tanto para as águas de chuva como de açudes, foi praticamente a mesma. Houve a ocorrência de *outlier* abaixo do limite inferior para as águas de açudes. O valor da mediana foi levemente superior nas águas de açudes.

Para o pH, observou-se uma maior variabilidade dos valores para as águas de açudes. A ocorrência de *outliers* foi observada acima e abaixo dos limites superiores e inferiores para as águas de açudes. Já para as águas de chuva, houve a ocorrência de *outlier* apenas abaixo do limite inferior. Observou-se uma simetria no conjunto dos dados das cisternas com águas de chuva.

Apesar de as águas de chuva possuírem pH relativamente baixo, as cisternas que continham águas de chuvas apresentaram os valores de pH básico. De acordo com Cohim, Orrico e Kieronski (2015), a literatura científica aponta para uma elevação do valor de pH da água de chuva após o contato dessa água com a superfície de captação e posterior armazenamento nas cisternas de concreto. Quando provenientes de açudes, é necessário a observação do local de captação, condições de armazenamento e transporte dessas águas. Os açudes como fonte de fornecimento de água podem apresentar diferentes características que dependem da constituição e do uso do solo na bacia hidrográfica de contribuição, além das condições específicas da ocupação no entorno da área de captação.

A presença de coliformes totais e termotolerantes, nas águas armazenadas nas cisternas, pode ser um fator de risco à saúde. A partir da Fig. 4, observou-se que o comportamento desses dois parâmetros se deu de forma semelhante, em todas as cisternas analisadas, independentemente da origem da água. Observou-se que houve pouca variabilidade dos dados para os dois parâmetros, com valores próximos a 0,0 NMP/100ml em todas as cisternas. Esses valores discrepantes que ocorreram nas águas das cisternas de chuva podem ser devidos à ocorrência de chuvas no período em que houve as medições. Segundo Martinson e Thomas (2003), a qualidade da água das cisternas é fortemente dependente do padrão de chuvas, uma vez que a cada aporte de água há uma possível contaminação bacteriológica nas cisternas, sendo que 90% delas morrem depois de 48h da chuva devido à sedimentação e à ausência de luz. Além disso, observou-se a presença de valores discrepantes acima dos limites superiores, tanto para as águas de chuva como para as águas de açudes. Como a variabilidade das distribuições foi pequena, não pôde ser observada simetria entre os conjuntos dos dados.

A Tabela 2 apresenta os valores máximos permitidos (VMP) pelos padrões de potabilidade e os percentuais de conformidade conforme Portaria PRC nº 5/2017, para as águas de chuva e oriundas de açudes armazenadas nas cisternas.

Tabela 2 – VMP dos parâmetros da Portaria PRC n° 5/2017 e percentuais de conformidade nas cisternas com águas de chuva e açudes

Parâmetros	VMP	Percentual de Conformidade (%)	
		Água de chuva	Açudes
Alcalinidade (mg/L)	-	-	-
Amônia (mg/L)	1,5	100	100
CE (µS/cm)	-	-	-
Cloretos (mg/L)	250	100	37,5
Cor (uH)	15	100	68,8
Dureza (mg/L)	500	100	79,2
Nitrato (mg/L)	10	100	100
pH	6,0 a 9,5	100	97,7
Sulfato (mg/L)	250	100	100
STD (mg/L)	1000	100	88,6
Turbidez (uT)	5	100	92,9
C. totais (NMP/100 ml)	Ausência em 100 mL	24	5
C. termotolerantes (NMP/100 ml)	Ausência em 100 mL	27	12
E. coli (NMP/100 ml)	Ausência em 100 mL	100	100
Bactérias heterotróficas (UFC/ml)	Máx. 500/ml	64	33

É importante ressaltar que, dos 15 parâmetros analisados, 2 (condutividade elétrica e alcalinidade) não foram objeto de análise quanto à conformidade, por não serem referidos na portaria do MS.

Na Tabela 2, pode-se considerar que os parâmetros físicos e químicos medidos para as águas de chuva estão em conformidade com os valores preconizados na Portaria n° PRC n° 5/2017 do MS. Porém os parâmetros microbiológicos, com exceção da *E. coli*, não se apresentaram em total conformidade com a referida portaria. Os coliformes totais apresentaram 24% de atendimento; coliformes termotolerantes com 27% de atendimento e as bactérias heterotróficas, 64% de atendimento.

Em contrapartida, nos resultados referentes às águas oriundas de açudes, somente os parâmetros amônia, nitrato, sulfato e *E. coli* atenderam aos padrões de potabilidade estabelecidos pela PRC n° 5/2017, ou seja, dos 13 parâmetros que foram analisados e constam na referida Portaria, apenas 4 atenderam às exigências quanto à potabilidade.

A análise da Tabela 2 revela, de forma muito clara, que 36% das cisternas com águas de chuva e

67% das cisternas com águas de açudes têm um quantitativo maior de bactérias heterotróficas na água do que o recomendado pela PRC n° 5/2017. Deve ser ressaltado que o resultado apresentado pode indicar a presença de bactérias pertencentes a qualquer gênero, como *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter* ou mesmo outros gêneros, uma vez que os objetivos do trabalho não contemplavam análises detalhadas das bactérias ocorrentes.

Dessa maneira, por meio dos resultados obtidos, é possível afirmar que as elevadas concentrações de coliformes totais e termotolerantes e de bactérias heterotróficas evidenciam a importância da manutenção higiênica das cisternas estudadas, sobretudo com a desinfecção, principalmente das águas transportadas por carros pipa, que apresentaram qualidade inferior quando comparadas com as águas de chuva.

Em relação aos critérios de qualidade microbiológica, a maioria dos estudos sobre águas de chuva armazenadas em cisternas mostra que comumente não atendem às recomendações de potabilidade do MS para um ou vários indicadores sanitários. Ficou então evidenciado que as

águas de chuva das cisternas estão geralmente contaminadas ou susceptíveis à contaminação por microrganismos patogênicos e que seu consumo direto, sem tratamento, constitui considerável risco à saúde humana (VIDAL, 2002; GOULD; NISSEN-PETERSON, 2002).

Vários autores brasileiros, em especial da região Nordeste, constataram a presença de coliformes em concentrações acima das estabelecidas pelo padrão de potabilidade, em todas as cisternas estudadas (AMORIM; PORTO, 2001; SILVA, 2006; PEREIRA et al., 2007; TAVARES, 2009; VIRIATO, 2011; DIAS, 2016; MACHADO, 2017). Portanto, a fiscalização por parte dos órgãos responsáveis por distribuir as águas através de carros pipa é de fundamental importância para garantir a qualidade dessas águas.

Segundo informações coletadas sobre a Operação Carro Pipa, a verificação da qualidade da água que é coletada em açudes ou mananciais deve seguir os critérios estabelecidos na PRC nº 5/2017; o município, deve providenciar um atestado da salubridade da água mensalmente. No entanto, a situação atenuante se refere à ausência do parâmetro *E. coli* em todas as cisternas monitoradas. A *E. coli* é considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos, indicando que as 12 cisternas estudadas não apresentam contaminação por origem fecal, ao contrário de trabalhos como os de Tavares (2009) e Machado (2017).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que o principal objetivo deste trabalho foi realizar uma avaliação comparativa da qualidade das águas armazenadas nas cisternas, com destaque para a origem da água, de chuva e de açudes, os resultados indicaram que, em dez dos quinze parâmetros físicos, químicos e

microbiológicos analisados, quais sejam, amônia, condutividade elétrica, cor, cloretos, dureza, nitrato, sulfato, sólidos totais dissolvidos, turbidez, e bactérias heterotróficas, não foi possível concluir que as médias desse parâmetros, para os dois tipos de cisternas, eram iguais. Assim, pode-se inferir que há clara influência da origem da água das cisternas na qualidade da água armazenada. Para os parâmetros pH, alcalinidade, coliformes totais e coliformes termotolerantes, a hipótese H0 do teste estatístico de comparação de médias não foi rejeitada, ou seja, os testes indicam que não há diferenças significantes entre as médias desses parâmetros.

Sobre a variabilidade da distribuição dos dados, abrangendo simetria, dispersão e existência de valores discrepantes, pode-se concluir que os valores dos parâmetros relativos às águas de açudes das cisternas apresentaram maior variabilidade dos dados, com exceção dos parâmetros nitrato e alcalinidade. Não foram observados valores atípicos e extremos, acima e abaixo dos limites superiores e inferiores, nas distribuições dos gráficos *boxplot*, para os parâmetros dureza e nitrato, o que indica o menor grau de incerteza nas medições. Apenas as distribuições, no intervalo interquartil, dos parâmetros alcalinidade, nitrato e pH para as águas de açudes, e os parâmetros sulfato, nitrato, e pH para as águas de chuva, apresentaram distribuições simétricas.

A análise em relação aos padrões estabelecidos pela Portaria PRC nº 5/2017 do Ministério da Saúde, relativos às águas de chuva, indicou que, dos 13 parâmetros que foram analisados e constam na referida Portaria, 10 atenderam às exigências quanto à potabilidade. Os três parâmetros que não atenderam à citada Portaria foram coliformes totais, coliformes termotolerantes e bactérias heterotróficas. Ou seja, os resultados das análises dos parâmetros físicos e químicos indicaram que as águas de chuva, armazenadas nas cisternas, não são discrepantes dos padrões de potabilidade

para consumo humano, concordando com as afirmações existentes na literatura.

Em relação às águas dos açudes estudados, dos 13 parâmetros analisados e que constam na PRC nº 5/2017, apenas 4, amônia, nitrato, sulfato e *E.coli*, atenderam às exigências de potabilidade. Portanto, pode-se afirmar que as águas de chuva, armazenadas em cisternas, possuem melhor qualidade em relação às águas de açudes, permitindo inferir que a origem da água armazenada nas cisternas de concreto determina a sua qualidade.

As águas armazenadas em cisternas e seu uso para o consumo humano, independentemente de sua origem, são, sem dúvida, alternativas viáveis para conviver no semiárido, porém é preciso que as águas sejam tratadas e bem manuseadas no intuito de proteger a saúde da população e não ser um veículo de transmissão de doenças.

Técnicas simples de desinfecção no domicílio podem ser aplicadas, dentre elas a filtração, a cloração ou até mesmo a desinfecção por luz solar. O tratamento da água, mesmo simplificado, de desinfecção antes do consumo, deve dar condições compatíveis com o que determina a Portaria PRC nº 5/2017 do Ministério da Saúde, em relação aos parâmetros microbiológicos.

6 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Conceitualização, Farto CD; **Metodologia**, Farto CD e Cabral da Silva T; **Investigação**, Farto CD e Cabral da Silva T; **Redação** – Primeira versão, Farto CD; **Redação – Revisão & Edição**, Farto CD e Cabral da Silva T; **Supervisão** – Cabral da Silva T.

7 REFERÊNCIAS

- ALVES, F.; KÖCHLING, T.; LUZ, J.; SANTOS, S. M.; GAVAZZA, S. Water quality and microbial diversity in cisterns from semiarid areas in Brazil. *Journal of Water and Health*, v. 12, n. 3, 2014.
- ANDRADE, T. da S.; NÓBREGA, R. L. B.; RIBEIRO NETO, A.; GALVÃO, C. de O. Estratégias de adaptação e gestão do risco: o caso das cisternas no Semiárido brasileiro. *Climacom Cultura Científica - Pesquisa, Jornalismo e Arte*, v. 2, n. 2, 2015.
- AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R. Avaliação da qualidade bacteriológica da água de cisternas: Estudo de caso no município de Petrolina-PE. In: Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semiárido, 2001. Campina Grande. *Anais...* Campina Grande, 2001.
- AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R. Considerações sobre controle e vigilância da qualidade de água de cisternas e seus tratamentos. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 2003. Juazeiro – BA. *Anais...* Juazeiro, 2003.
- APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association; WEF – Water Environment Federation. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22nd ed. Washington: APHA/AWWA/WEF, 2012.
- ARAÚJO, P. C. de; ABAR, C. A. A. P. Sobre o Boxplot no GeoGebra. In: 1ª. Conferência Latino Americana de GeoGebra. ISSN 2237-9657, pp.13-21, 2012. *Anais...* São Paulo-SP, 2012.
- ASA. **Articulação no Semiárido Brasileiro**. 2018. Disponível em: <<http://asabrasil.org.br/mapatecnologias/>>. Acesso em: 02 ago. 2018.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Dispõe sobre a consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 190, 03 outubro de. 2017. Seção 1, Suplemento - p.360.
- BRASIL. Governo do Brasil. **Programa Cisternas democratiza acesso à água no Semiárido**, 2017. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/cidadania-e-justica/2016/05/programa-cisternas-democratiza-acesso-a-agua-no-semiarido>>. Acesso em: 02 ago. 2018.
- CAMPOS, J. N. B. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. *Revista Estudos Avançados*, v. 28, n. 82, 2014.
- COHIM, E.; ORRISCO, S.; KIERONSKI, E.B. Manejo e qualidade da água de chuva no setor urbano. In: SANTOS, D. B. dos. MEDEIROS, S. de S.; BRITO, L. T. de L.; GNADLINGER, J.; COHIM, E.; PAZ, V. P da S.; GHEYI, H. R. (Organizadores) **Captação, manejo e uso de água de chuva**. Campina Grande, PB: INSA. 2015. 441p.:il. p 189-210.
- DIAS, J. T. **Avaliação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de placas e de polietileno no agreste paraibano**. João Pessoa: UFPB, 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental – PPGECA. Universidade Federal da Paraíba, 2016.
- FARTO, C. D. **Análise comparativa da qualidade da água de chuva e de açudes armazenada em cisternas na região do Cariri**

Oriental no estado da Paraíba. João Pessoa: UFPB, 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental – PPGECAM. Universidade Federal da Paraíba, 2018.

GOULD, J.; NISSEN-PETERSEN, E. **Rainwater catchment systems for domestic supply – design, construction and implementation.** London, UK: ITDG Publishing, 356p, 2002.

GWENZI, W., NYAMADZAWO, G. Hydrological impacts of urbanization and urban roof water harvesting in water-limited catchments: a review. **Environ. Process**, v. 1, 2014.

INSA. **Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro** / Editores, LIMA, Ricardo da Cunha Correia; CAVALCANTE, Arnóbio de Mendonça Barreto; PEREZ-MARIN, Aldrin Martin. MCampina Grande: INSA-PB, 2011. 209p.: il.

MACHADO, T. T. V. **Qualidade da água de chuva armazenada em cisternas de placas e de polietileno no semiárido do estado da Paraíba.** 2017. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – UFPB/CCEN/PRODEMA. João Pessoa-PB, 2017.

MACHADO, T. T. V.; DIAS, J. T.; SILVA, T. C. da. Evolução e avaliação das políticas públicas para a atenuação dos efeitos da seca no semiárido brasileiro. **Gaia Scientia**, v. 11, n. 2, 2017.

MARTINSON, D. B.; THOMAS, T. **Better, Faster, Cheaper; Research into roofwater harvesting for water supply in low-income countries.** ARCSA, Austin, Texas, August 2003.

PEREIRA, F.; BRAGA, C.; SILVA, A.; AMÉRICO, J. Análise da qualidade e do armazenamento da água consumida na antiga escola agríco-

la de Ceará-Mirim/RN. In: CONGRESSO D PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, João Pessoa-PB. **Anais...** João Pessoa, 2007).

SANTOS, A. C.; CEBALLOS, B. S. O. de; SOUSA, C. M. de. POLÍTICAS PÚBLICAS DE ÁGUA E PARTICIPAÇÃO NO SEMIÁRIDO: Limites e tensões no P1MC. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**. v.1, n.1, 2013.

SILVA, C. V. da. **Qualidade da água de chuva para consumo humano armazenada em cisternas de placa. Estudo de caso: Aracuaí, MG.** 2006. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte, 2006.

TAVARES, A. C. **Aspectos Físicos, Químicos e Microbiológicos da Água Armazenada em Cisternas de Comunidades Rurais no Semiárido Paraibano.** 2009. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA), Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande/PB, 2009.

VIDAL, R. T. **Agua de lluvia, agua saludable** (manual de mantenimiento del sistema de captación de agua de lluvia). Proyecto de Apoyo a la Reforma del Sector Salud en Guatemala – APRESAL, Comisión Europea. República de Guatemala, 2002. 108p.

VIRIATO, C. L. **Caracterização físico-química e bacteriológica da água armazenada em cisternas no semiárido paraibano.** 2011. Monografia (Especialização em Geociência e Recursos Hídricos do Semiárido). – UEPB, Universidade Estadual de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2011.