

# Águas Inseguras? Monitoramento da qualidade da água estocada em cisternas no semiárido paraibano

Janiele França Nery<sup>[1]</sup>, Gleydson Kleyton Moura Nery<sup>[2]</sup>, Marilene Nascimento Melo<sup>[3]</sup>, Salomão Sousa Medeiros<sup>[4]</sup>

[1] janiele.nery@insa.gov.br. [2] gleydson.nery@insa.gov.br. Instituto Nacional do Semiárido/Núcleo Recursos Hídricos.

[3] marilene.melo@insa.gov.br. Instituto Nacional do Semiárido/Núcleo Produção Animal. [4] salommao@gmail.com. Instituto Nacional do Semiárido/Núcleo Recursos Hídricos

## RESUMO

As cisternas são alternativas que garantem acesso à água, de forma descentralizada, com baixo impacto ao ambiente e economicamente viáveis no semiárido brasileiro. Verificadas tais vantagens, objetivou-se avaliar a qualidade da água de fontes diversas, armazenadas em cisternas, em um assentamento rural no município de Cubati-semiárido da Paraíba. Foram monitorados pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, salinidade, cor, turbidez, nutrientes nitrogenados e a presença de coliformes totais e termotolerantes, durante os períodos chuvoso (abril e junho/2018) e seco (dezembro/2018). A água armazenada nas cisternas advém de fontes distintas entre os períodos hidrológicos, sendo, primariamente, da captação pluvial, no período chuvoso, e do abastecimento por carros pipa, durante o período seco. As águas de todas as fontes analisadas não apresentaram características potáveis, apresentando elevados valores para os parâmetros de cor (49,6 a 196,5 uC), turbidez (6,9 a 83,9 NTU), nitrato (2,2 a 10,2 mg/L), coliformes totais e *Escherichia coli*. Apesar de o armazenamento em cisternas apresentar-se como potencial fonte de acesso à água para comunidades do semiárido, há uma evidente necessidade de tratamento prévio ao seu consumo, sendo ainda a captação pluvial a fonte mais indicada para fins mais nobres, como beber ou cozinhar.

**Palavras-chave:** Captação pluvial. Fontes alternativas. Potabilidade.

## ABSTRACT

*Cisterns are alternatives that guarantee access to water in a decentralized manner. They have low environment impact and are economically viable in Brazilian semiarid. This study aimed to assess water quality stored in cisterns in a rural settlement in Cubati - semiarid of Paraíba. PH, electrical conductivity, total dissolved solids, salinity, color, turbidity, nitrogen nutrients and thermotolerant coliforms were monitored during the rainy (April and June / 2018) and dry (December / 2018) periods. The water stored in the cisterns comes from different sources between the hydrological periods, coming primarily from rainwater harvesting in the rainy season and from the supply of water trucks during the dry period. The waters, from all analyzed sources, did not present potable characteristics, presenting high values for color parameters (49.6 to 196.5 uC), turbidity (6.9 to 83.9 NTU), nitrate (2.2 10.2 mg/L), total coliforms and *Escherichia coli*. Thus, despite the storage of water in cisterns as a potential source of access to water for communities in the semiarid region, there is an evident need for treatment before its consumption, with rainwater harvesting being the most suitable source for more noble purposes such as drinking or cooking.*

**Keywords:** Rainwater capture. Alternative sources. Potability.

## 1 Introdução

O Brasil concentra um grande volume de recursos hídricos, contudo apresenta uma grande variação climática, espacial e temporal das vazões. Na região semiárida, a situação torna-se mais desafiadora, uma vez que a condição de escassez hídrica, em especial na zona rural, que recebe, em média entre 400 a 800 mm<sup>3</sup> de chuva por ano (GOMES; HELLER, 2016), permite que apenas 32% das famílias recebam água tratada, enquanto 68% é obrigada a recorrer a fontes alternativas de água (IBGE, 2015).

Historicamente, essa região sempre passou por grandes secas e, mesmo em anos regulares ou bons, a precipitação, que ocorre geralmente durante quatro meses, apresenta-se de maneira muito variável no tempo e no espaço, inclusive com grande número de dias sem chuva durante a estação chuvosa, comprometendo a disponibilidade de água durante todo o ano (MARENGO *et al.*, 2011). No semiárido, o consumo hídrico médio de água por indivíduo é 10L/dia (FUNDAJ, 2014), apesar de o recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) recomendar 20L/dia por indivíduo, de forma a garantir suas necessidades básicas, estando, ainda assim, submetido a um alto risco de problemas de saúde (HOWARD; BARTRAM, 2003).

Com isso, o aproveitamento das águas pluviais é uma alternativa interessante para combater os efeitos da estiagem, uma vez que podem ser captadas com equipamentos simples e por meio de técnicas populares de armazenamento para pequena escala (ALBUQUERQUE, 2004). Em regiões áridas e semiáridas, as cisternas constituem uma tecnologia de baixo custo para armazenamento de águas pluviais, utilizadas como alternativa para reduzir o número de pessoas sem acesso à água potável, principalmente nas áreas rurais (AL-SALAYMEH *et al.*, 2011; ISHAKU *et al.*, 2012; GOMES, HELLER, PENA, 2012). No semiárido brasileiro, o incentivo à construção e uso de cisternas deu-se principalmente pelo programa "Um milhão de Cisternas" (P1MC), em parceria entre a organização social Articulação do Semiárido (ASA) e o Governo Federal (GOMES, HELER & PENA, 2012). As cisternas de placa, construídas no âmbito do P1MC, têm capacidade de acumular 16.000L (dezesesseis mil litros) de água, que devem ser destinados aos usos ditos mais nobres, como beber e cozinhar (SANTANA; RAHAL, 2020). A construção dessa tecnologia foi compilada em um documento do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Tal recurso, além de

proporcionar o acúmulo de água, preferencialmente de chuva, muitas vezes também é usado para armazenar águas de pequenos barreiros, diminuindo, assim, o efeito da evaporação.

Nessa perspectiva, as cisternas configuram-se como uma alternativa sustentável, garantindo à água, de forma descentralizada, com baixo impacto ao ambiente, além de ser economicamente mais viável, caracterizando-se como instrumento de desenvolvimento sustentável para a seca no sertão nordestino (LEAL, 2013). Ainda que o armazenamento em cisternas apresente tais benefícios, é necessário observar que a água da chuva contém quantidades substanciais de contaminantes, incluindo partículas, microrganismos, metais pesados, e produtos orgânicos, e não pode ser utilizada sem tratamento adequado (LEE *et al.*, 2012; SANTOS & FARIAS, 2017).

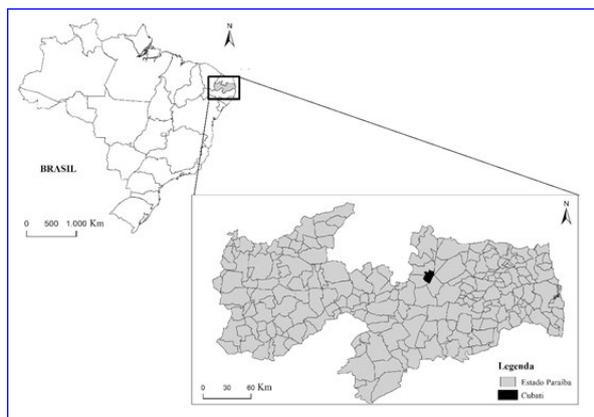
Salienta-se que, apesar de construídas no intuito de armazenar água da chuva, nos últimos anos, em função da seca prolongada, as cisternas são usadas para armazenamento de água distribuída por carros pipas, bem como de outras fontes disponíveis na região (CERQUEIRA, ALBUQUERQUE, SOUSA, 2017). Deste modo, avaliar a qualidade da água, das diferentes fontes armazenadas em cisternas ao longo do ano, faz-se necessário visando-se à proposição de estratégias de manejo da água, em busca de se evitar a disseminação de doenças de veiculação hídrica, uma vez que, para garantir água de beber segura, precisa-se de uma estratégia ampla que considere os riscos desde a captação até o consumo.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água, a partir de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos das principais fontes de água armazenadas em cisternas em um assentamento rural no semiárido da Paraíba.

## 2 Método da pesquisa

O trabalho foi realizado no município de Cubati, (Figura 1) que se encontra localizado na microrregião leste do Seridó, Paraíba (06° 52' 06" S e 36° 22' 31" W), onde a precipitação média anual totaliza 500 mm, com uma temperatura média anual de 26°C (FRANCISCO; SANTOS, 2017). Esta região se encontra dentro do "polígono da seca" do Brasil (área que se estende entre o norte do estado de Minas Gerais até maior parte do nordeste do país). A população tem como principais atividades econômicas a agricultura de subsistência e a pecuária (ADH, 2004; BRASIL, 2005).

**Figura 1** – Localização geográfica do Município de Cubati, Paraíba



Fonte: Autoria própria.

Para avaliação dos aspectos relacionados à potabilidade das fontes hídricas da zona rural do município, foram selecionadas 4 unidades familiares. Durante os períodos chuvoso (abril e junho/2018) e seco (novembro e dezembro/2018), acompanhou-se o processo de armazenamento, por essas famílias, das águas em suas cisternas e foram analisadas amostras desse material armazenado. As unidades familiares contêm, em suas propriedades, mais de uma cisterna, onde são armazenadas águas de diferentes fontes, ao longo do ano. No período chuvoso, todas as unidades armazenaram água por meio da captação pluvial das residências, usadas para beber e cozinhar, e em barreiros. É uma prática comum a transferência das águas dos barreiros para cisternas, no intuito de se minimizarem as perdas da água por evaporação. Essa água, entretanto, é utilizada apenas para produção e gastos menos nobres (como higienização doméstica, por exemplo). Concomitantemente à captação das águas pluviais, as famílias foram abastecidas por meio da operação carros-pipa. Elas utilizaram, no entanto, cisternas diferentes para acondicionamento das águas de diferentes fontes. As amostras foram coletadas um dia após o abastecimento do carro-pipa e 30 dias depois, para avaliar se havia degradação da qualidade da água armazenada. As águas derivadas da chuva foram coletadas após captação (abril/2018) e nos meses posteriores.

Utilizando-se um balde previamente higienizado, foi retirada água na subsuperfície das cisternas. As amostras foram acondicionadas em frascos de polipropileno e refrigeradas até o momento da análise, a qual ocorreu em até 24 horas após coleta. As variáveis mensuradas foram pH, condutividade elétrica

(CE), sólidos totais dissolvidos (STD) e salinidade, utilizando-se sonda multiparamétrica (Hanna/HI98194); cor e turbidez foram aferidos através do Colorímetro (Aqua Test Policontrol NQ 200) e Turbidímetro (Aqua Test Policontrol NQ 200), respectivamente; os nutrientes nitrogenados – amônia, nitrato e nitrito – foram determinados de acordo com metodologias padronizadas descritas em *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water* (APHA, 1998). Para determinação de coliformes totais e *Escherichia coli*, utilizou o método de Substrato Cromogênico Enzimático -Colilert. Este método se baseia na identificação dos microrganismos pela análise de suas enzimas constituintes (COVERT *et al.*, 1989; MARQUEZI, 2010; BRASIL, 2014), partindo-se do fato de que as bactérias coliformes produzem coloração amarela por meio da ação da  $\beta$ -galactosidase sobre o orntonitrofenil- $\beta$ -D-galactopiranosídeo (ONPG), enquanto que a *E. coli* é definida como uma bactéria coliforme que apresenta fluorescência azul, sob luz UV, devido à ação da  $\beta$ -glicuronidase sobre o 4-metilumbeliferil- $\beta$ -D-glicuronídeo (MUG) (BRASIL, 2014; COVERT *et al.*, 1989).

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatístico-descritiva (média, desvio padrão). A diferença quanto à qualidade das águas entre as fontes foi avaliada através de ANOVA *one-way*. Uma Análise de Componentes Principais (PCA) foi aplicada, no intuito de resumir os efeitos dos parâmetros sobre as fontes de água e sua variação temporal.

### 3 Resultados da pesquisa

Ao longo do período estudado, foram identificadas quatro fontes hídricas utilizadas para o abastecimento, sendo (i) água da chuva, (ii) carro-pipa, (iii) água de barreiros locais e (iv) dessalinizador, quando disponível. Observou-se uma segregação na disponibilidade e uso destas fontes hídricas ao longo dos períodos sazonais. No período chuvoso, há utilização de uma maior diversidade de fontes hídricas, tendo como principal o uso dos volumes precipitados da chuva armazenados em cisternas, seguido do uso secundário do abastecimento por carros-pipa, água de barreiros e, em menores proporções, o uso da água proveniente de dessalinizadores. Já para o período seco, o abastecimento baseia-se apenas no fornecimento por carros-pipa e água do dessalinizador. Esta última fonte, no entanto, não foi considerada para análises, uma vez que seu uso é intermitente nos sistemas monitorados. Fatores como variação

climática, características sociodemográficas e ausência de estrutura adequada em comunidades rurais, na região do semiárido do Brasil, limitam a implantação de redes de abastecimento de água, forçando, assim, essas comunidades a desenvolverem estratégias e ampliarem a diversidade de fontes hídricas para abastecimento (ISMAEL *et al.*, 2014; LAZARUS 2016; SOUZA *et al.*, 2016; AZEVEDO *et al.*, 2017)

As águas armazenadas, a partir de captação pluvial, apresentaram pH básico, menores teores de condutividade elétrica, concentrações de sólidos totais dissolvidos, salinidade e nutrientes nitrogenados (Tabela 1). As águas distribuídas por carros-pipa, por sua vez, apresentaram, no período chuvoso, pH básico, maiores valores de cor e turbidez; no período de seca, contudo, foram observadas maiores concentrações de sais e nutrientes. As águas armazenadas em

barreiro apresentaram maiores valores de cor e turbidez quando comparadas às demais fontes de água analisadas. Água proveniente da captação pluvial comumente apresenta valores de pH, cor e turbidez inferiores quando comparada às águas disponibilizadas por carros-pipa, como observado neste estudo (FARTO; SILVA, 2020).

A utilização da água proveniente de carros-pipa, embora caracterize uma rápida e fácil alternativa de fornecimento para populações, principalmente em períodos de crise, tem demonstrado potencial risco à saúde, devido à contaminação no transporte (MENDONÇA *et al.*, 2017), visto que a maior parte desses veículos não atende às exigências da Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017).

**Tabela 1** – Média ( ) e Desvio Padrão ( $\pm$ DP) das variáveis monitoradas nas fontes de água disponíveis em sistemas familiares, nos períodos Chuvoso (Abril-Junho) e Seco (Novembro- Dezembro), de 2018, em Cubati/PB

	Água de Chuva				Água Pipa								Água Barreiro			
	P. Chuvoso				P. Chuvoso				P. Seco				P. Chuvoso			
	N	X		DP	N	X		DP	N	X		DP	N	X		DP
pH	8	8,7	$\pm$	0,5	8	8,1	$\pm$	0,4	8	7,9	$\pm$	0,4	4	8,7	$\pm$	0,4
Cor (uC)	8	49,6	$\pm$	56,3	8	66,1	$\pm$	53,3	8	37,4	$\pm$	11,9	4	196,5	$\pm$	127
Turbidez (NTU)	8	6,9	$\pm$	16,3	8	8,5	$\pm$	17,4	8	1,5	$\pm$	1,7	4	83,9	$\pm$	79,3
Salinidade	8	0	$\pm$	0	8	0,3	$\pm$	0,1	8	0,5	$\pm$	0,3	4	0,1	$\pm$	0
CE ( $\mu$ S/cm)	8	98,8	$\pm$	71,3	8	533,4	$\pm$	251,4	8	937,6	$\pm$	536,6	4	266,5	$\pm$	19,1
STD (mg/L)	8	99,9	$\pm$	168,2	8	266	$\pm$	125,2	8	621,4	$\pm$	268,3	4	135,5	$\pm$	12
Amônia (mg/L)	8	0,1	$\pm$	0,1	8	0,7	$\pm$	0,3	8	0,4	$\pm$	0,4	4	0,2	$\pm$	0
Nitrito (mg/L)	8	0,6	$\pm$	0,7	8	0	$\pm$	0	8	1,5	$\pm$	0,3	4	0,3	$\pm$	0,1
Nitrato (mg/L)	8	2,2	$\pm$	0,6	8	6,8	$\pm$	2,2	8	10,2	$\pm$	4,1	4	7,8	$\pm$	1,1

(CE= Condutividade elétrica; STD= sólidos totais dissolvidos).

Fonte: Autoria própria.

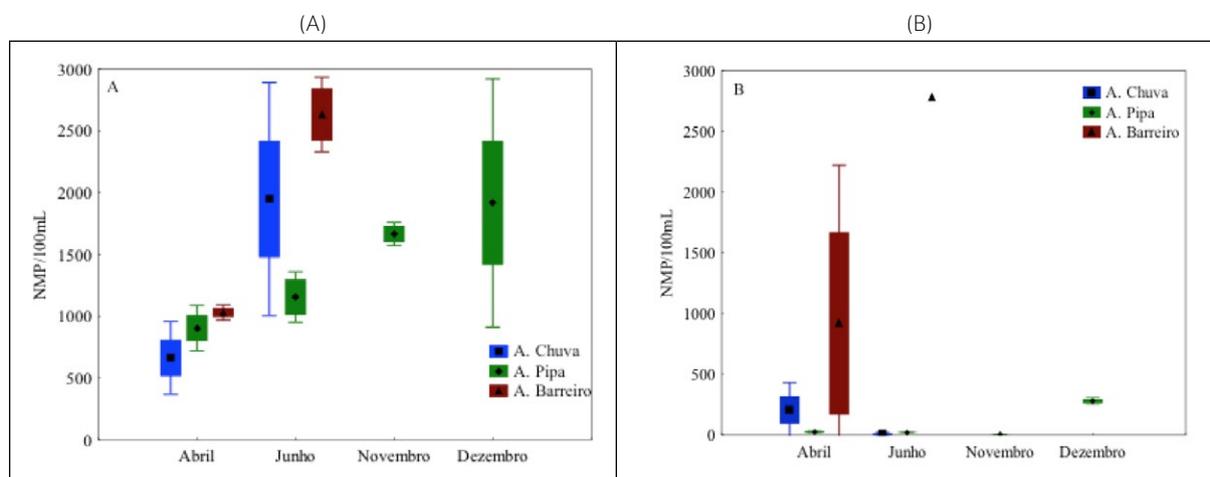
Parâmetros de qualidade de água, como turbidez e cor, podem ser utilizados como indicativo básico na identificação das fontes de retirada da água e na sua avaliação, estando tal indicativo relacionado a outras características, como a presença de sólidos dissolvidos e condutividade elétrica, possibilitando, então, a identificação da potabilidade hídrica (FILHO *et al.*, 2018). Para águas derivadas de barreiros, elevados valores são esperados, devido a sua construção

ser realizada por meio de escavações no solo, com barreiras de terra para reterem o fluxo de água. Os barreiros são abastecidos por escoamento no solo ou pequenos riachos (AZEVEDO *et al.*, 2017). Em relação às características da água da chuva, verifica-se que o aumento na cor e turbidez está associado à contribuição de material particulado na atmosfera além de também ser consequência do manejo das cisternas (HAGEMANN, GASTALDINI 2016).

A contaminação fecal foi aferida pela verificação da ocorrência de coliformes totais e *Escherichia coli*, estando estes organismos presentes em todas as amostragens realizadas, com aumento gradativo ao longo do período amostral (Figura 2). Uma vez que o sistema de abastecimento, das comunidades rurais, deriva de estratégias alternativas ao suprimento de água, estas fontes alternativas podem apresentar riscos à saúde da população, pela sua vulnerabilidade de contaminação e ou poluição (GOMES, HELLER, PENA, 2012). Estudos apontam a contaminação de

águas armazenadas em cisternas, por bactérias, como *E. coli* e *Clostridium celatum*, os quais são indicadores de contaminação fecal, além de organismos do gênero *Alphaproteobacteria*, que indicam riscos potenciais à saúde de humanos (EVANS *et al.*, 2009; KIM, HAN, 2011; ALVES *et al.*, 2014). Sendo assim, a utilização da água, sem a investigação de sua qualidade ou ainda sem tratamento adequado, pode acarretar proliferação de doenças parasitárias e infecciosas (ISMAEL *et al.*, 2014).

**Figura 2** – Variação nas densidades de coliformes totais (A) e *E. coli* (B) nas diferentes fontes de águas armazenadas em cisternas de unidades familiares no município de Cubati/PB

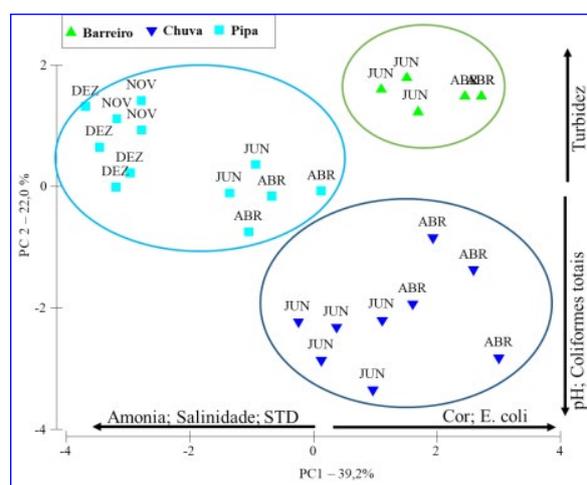


Fonte: Autoria própria.

Diferenças significativas foram observadas nas características das águas utilizadas, tanto entre as fontes disponíveis quanto entre os períodos de seca e chuva. A Análise dos Componentes Principais resumiu, nos dois primeiros fatores, 61,1% da variabilidade dos casos (Figura 3). As variáveis cor e *E. coli* apresentaram maiores “loadings” para o semi-eixo positivo de PC1, sendo as variáveis amônia, sólidos totais dissolvidos e salinidade as mais correlatas ao semi-eixo negativo. Para o eixo PC2, turbidez apresentou maior correlação com o semi-eixo positivo; coliformes totais e pH foram associadas ao semi-eixo negativo.

O eixo PC1 evidenciou a distinção significativa dos casos entre as fontes de água analisadas. As águas derivadas da captação da chuva – residenciais e dos barreiros – estão associadas a maiores valores de coliformes totais e *E. coli*, além de pH, cor e turbidez. O manejo das cisternas é um fator de fundamental importância para a manutenção da qualidade da água, uma vez que a construção de cisternas próximas a

**Figura 3** – Ordenação da Análise de Componentes Principais (PCA) para as variáveis monitoras em águas derivadas de captação pluvial (A. Chuva), distribuídas por carros Pipa (A. Pipa) e derivadas de Barreiros (A. Barreiro), nos meses de abril (ABR), junho (JUN), novembro (NOV) e dezembro (DEZ) em sistemas familiares no município de Cubati-PB



Fonte: Autoria própria.

fossas e esgotos, tampas inadequadas, rachaduras e uso de cordas e baldes para tirar a água da cisterna também propiciam contaminação, uma vez que vários microrganismos, entram em contato com a água (CAVALCANTE, 2014; ALVES *et al.*, 2014). As águas derivadas de carros-pipa foram associadas a maiores valores de amônia, salinidade e STD. De acordo com Teemusk e Mander (2007), a presença de amônia, de modo geral, representa a existência de poluição recorrente, uma vez que estas substâncias são rapidamente oxidadas na água. Os maiores teores de salinidade refletem as características das águas da região semiárida, ricas em carbonatos (BARBOSA *et al.*, 2012).

Além das diferenças entre as fontes de água, também foram observadas variações da qualidade de água entre os períodos de estudo, as quais são mais evidentes nas águas derivadas de carros-pipa. A sazonalidade na região semiárida influencia a dinâmica dos ecossistemas aquáticos e, conseqüentemente, a qualidade da água. Em períodos de seca, os processos de eutrofização são mais evidentes, o que reflete os maiores teores de nutrientes e *E. coli*, nas águas dos reservatórios (BARBOSA *et al.*, 2012) e, conseqüentemente, de carros-pipa. Adicionalmente, embora o abastecimento das cisternas com carros-pipa minimize o problema da disponibilidade de água, esta é uma fonte potencial de contaminação por fatores relacionados à origem da água e à vulnerabilidade a que está exposta, durante o transporte, e pelas condições de higiene e limpeza dos carros (MENDONÇA *et al.*, 2017). As diferenças temporais nas águas derivadas da captação da chuva refletem o desgaste da qualidade da água armazenada, possivelmente por manejo inadequado das cisternas.

Diante do exposto, podemos considerar que o armazenamento de águas em cisternas é uma fonte potencial de água potável para as populações do semiárido; contudo, há necessidade de tratamento prévio ao seu consumo, para eliminação dos patógenos. As águas derivadas da captação pluvial residencial apresentaram qualidade satisfatória, considerando-se as características físicas e químicas da água. Assim sendo, recomenda-se, após tratamento adequado, seu uso para fins considerados nobres, como beber e cozinhar, sendo as demais fontes direcionadas para usos secundários.

## 4 Conclusão

As águas de todas as fontes analisadas não apresentaram características potáveis, constituindo-se um importante fator de risco aos usuários, visto que apresentaram índices de cor, turbidez, nitrato, coliformes totais e *E. coli* superiores ao estabelecido pela Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017). A contaminação da água resulta em riscos à saúde, motivo pelo qual há necessidade de medidas que promovam a segurança hídrica, como avaliação da qualidade da água a ser consumida, armazenamento e higienização dos locais, além de tratamento prévio adequado.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, T. M. A. **Seleção multicriterial de alternativas para o gerenciamento de demanda de água na Escala de Bairro**. 2004. 244 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2004.

AL-SALAYMEH, A.; AL-KHATIB, I. A.; ARAFAT, H. A. Towards Sustainable Water Quality: Management of Rainwater Harvesting Cisterns in Southern Palestine. *In: Water Resources Management*, v. 25, p. 1721–1736, 2011.

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, 513–525, 2014. doi:10.2166/wh.2014.139

ADH: **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Plano das Nações Unidas para o Desenvolvimento**. (PNUD). Brasília; 2004.

APHA, A.W.W. A. WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington: APHA/AWWA/WEF, 1998.

AZEVEDO, E. L.; ALVES, R. R. N.; DIAS, T. L. P.; MOLOZZI, J. How do people gain access to water resources in the Brazilian semiarid (Caatinga) in times of climate change? *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 189, n. 8, p. 1-17, 2017. doi:10.1007/s10661-017-6087-z

BRASIL: Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transporte Mineral. Secretaria de Desenvolvimento Energético. *In: Diagnóstico do Município de Cubati*, 2005; 2005.

BRASIL. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 2014, 112 p.

BARBOSA, J. E. L.; MEDEIROS, E. S. F.; BRASIL, J.; CORDEIRO, R. S.; CRISPIM, M.C. B.; SILVA, G. H. G. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnológica Brasiliensis**, v. 24, n.1, p. 103 –118, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2017.

CAVALCANTE, Rosane Barbosa Lopes. Ocorrência de *Escherichia coli* em fontes de água e pontos de consumo em uma comunidade rural. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 9, n. 3, p. 550 – 558, 2014.

CERQUEIRA, J. S.; ALBUQUERQUE H. N.; SOUSA, F. A. S. Operação de “Carro Pipa” para convivência com a seca e o desperdício de água potável no Semiárido Paraibano. **Revista Espacios**, v. 38, n. 11, p. 1 – 11, 2017.

COVERT, T. C.; SHADIX, L. C.; RICE, E. W.; HAINES, J. R.; FREYBERG, R. W. Evaluation of the auto-analysis Colilert test for detection and enumeration of total coliforms. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 54, n. 10, p. 215 – 229, 1989.

EVANS, C. A., COOMBES, P. J., DUNSTAN, R. H. & HARRISON, T. Extensive bacterial diversity indicates the potential operation of a dynamic micro-ecology within domestic rainwater storage systems. **Science of Total Environment**, 407, 5206 – 5215, 2009.

HAGEMANN, S. E.; GASTALDINI, M. DO C. C. Variação da qualidade da água de chuva com a precipitação: aplicação à cidade de Santa Maria – RS. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 3, p. 525-536, 2016.

FARTO, C. D.; SILVA, T. C. Avaliação comparativa da qualidade de água de chuva e oriunda de açudes armazenadas em cisternas no semiárido do estado da Paraíba. **Revista DAE**, v. 68, n. 223, p. 112-123, 2020.

FILHO, J. L. O. P.; SOUZA, R. F.; PETTA, R. A. Avaliação da água para consumo humano nas comunidades rurais do Campo Petrolífero Canto

do Amaro-CPCA, RN, Brasil. **Sustentabilidade em Debate**, v. 9, n.2, p. 102-119, 2018.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. Climatologia do estado da Paraíba. Campina Grande: EDUEFCG, 75 p., 2017.

FUNDAJ. 2004. Semiárido: proposta de convivência com a seca. **Fundação Joaquim Nabuco**. Disponível em: [http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=659&Itemid=376](http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=659&Itemid=376). Acesso em: mar. 2020.

GOMES, U.A.F.; HELLER, L.; PENA, J.L. A national program for large scale rainwater harvesting: an individual or public responsibility? **Water Resources Management**, v. 26, n. 9, p. 2703-2714, 2012.

GOMES, U. A. F.; HELLER, L. Acesso à água proporcionado pelo Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais: combate à seca ou ruptura da vulnerabilidade? **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 623 – 633, 2016. doi:10.1590/s1413-41522016128417

HOWARD, G.; BARTRAM, J. Domestic water quantity: service level and health. Geneva: **WHO - World Health Organization**. 33 p., 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2015. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/on>. Acesso em: fev. 2018.

ISMAEL, D. A. M.; MORAES, C. E. P.; TEXEIRA, L. D. S. L.; ISMAEL, F. C. M. Panorama do abastecimento de água na Paraíba: breve análise contextual. **Revista Verde**, v. 9, n. 5, p. 98 – 102, dez., 2014.

ISHAKU, H.T.; MAJID, M.R.; JOHAR, F. Rainwater Harvesting: An Alternative to Safe Water Supply in Nigerian Rural Communities. **Water Resources Management**, v. 26, n. 2, p. 295 – 305, 2012.

KIM, M. & HAN, M. Composition and distribution of bacteria in an operating rainwater harvesting tank. **Water Science Technology**, 63, 1524 – 1530, 2011.

LAZRUS, H. “Drought is a relative term”: drought risk perceptions and water management preferences among diverse community members in Oklahoma, USA. **Human Ecology**, v. 44, n. 5, p. 595–605, 2016.

LEAL, A. K. T. B. N; Cisterna de Placa: Uma Tecnologia Social para a Convivência com o Semiárido. **Anais...**

(5 Simpósio de Tecnologia em Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Jaú-São Paulo, 149-158 p. 2013.

LEE, J. Y.; BAK, G.; HAM, M. Quality of roof-harvested rainwater – Comparison of different roofing materials. **Environ. Pollut.** v. 162, p. 422–429, 2012.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Anais... RECURSOS HÍDRICOS EM REGIÕES ÁRIDAS E SEMIÁRIDAS.** ISBN: 978-85-64265-01-1. Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande - PB: 384 p. 2011.

MARQUEZI, M. C.; GALLO, C. R.; DIAS, C. T. S. Comparação de métodos para análise de coliformes totais e *E. coli* em amostras de água. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 69, n. 3, p. 291 – 296, 2010.

MENDONCA, M. H. M.; ROSENO, S. A. M.; CACHOEIRA, T. R. L.; SILVA, A. F. S.; JÁCOME, P. R. L. A.; JÁCOME-JÚNIOR, A. T. Análise bacteriológica da água de consumo comercializada por caminhões-pipa. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 12, n. 3, p. 468 – 475, 2017

SANTANA, V. L.; RAHAL, L. S. **Tecnologias sociais como impulso para o acesso à água e o desenvolvimento sustentável no meio rural brasileiro**: a experiência do Programa Cisternas. Repositório de casos sobre o Big Push para a Sustentabilidade no Brasil, 2020. Disponível em: <https://biblioguias.cepal.org/c.php?g=981128&p=7152450>. Acesso em: mar. 2021.

SANTOS, S. M. dos; de FARIAS, M. M. M. W. E. C. Potential for rainwater harvesting in a dry climate: Assessments in a semiarid region in northeast Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 164, p. 1007 – 1015, 2017.

SOUZA, R. S. *et al.* Água e saúde no município de Igarapé-Açu, Pará. **Saúde e Sociedade**, v. 25, n. 4, p. 1095 – 1107, 2016.

TEEMSUK, A.; MANDER, U. The use of greenroofs for the mitigation of environmental problems in urban areas National Academy of Sciences. *In*: MANDER, U.; BREBBIA, C. A.; TIEZZI E. (Eds.). **The Sustainable City IV: Urban Regeneration and Sustainability**, WitPress: United Kingdom, p. 3-17, 2007.