



Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade

Versão on-line ISSN 2319-2856

Volume 14, número 7. Curitiba – PR. jan/jun - 2018

Qualidade da Água de Cisternas em Comunidades Rurais do Semiárido de Sergipe

Gilsia Fabiane Oliveira Morais
fabiane.ifs@hotmail.com

Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.
Professora do Instituto Federal de Sergipe.

Anderson Nascimento do Vasco
andervasco@yahoo.com.br

Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente.
Professor do Instituto Federal de Sergipe.

Fábio Brandão Britto
bradaobritto@gmail.com

Instituto Federal de Sergipe

Nataly Albuquerque dos Santos
natalyjp@gmail.com

Doutora em Química. Professora da
Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO

A captação de água da chuva e o armazenamento em cisternas é uma alternativa para o suprimento e consumo humano em regiões semiáridas. A qualidade da água consumida pelas famílias em comunidades rurais sem tratamento adequado pode acarretar em graves problemas de saúde pública. Para conhecer a qualidade física, química e biológica da água armazenada em cisternas domiciliares de comunidades rurais sergipanas, foram avaliados onze parâmetros de qualidade da água (condutividade elétrica, turbidez, salinidade, sólidos dissolvidos totais, cor, cloreto, fluoreto, alcalinidade, dureza, coliformes totais e Escherichia coli), destinada a usos múltiplos: ingestão, preparação e produção de alimentos e higiene pessoal. A pesquisa foi desenvolvida por meio entrevista e coleta de 44 amostras de água retiradas de cisternas “com água da chuva ou mista” nos períodos chuvoso e seco em nove comunidades rurais distribuídas em dois municípios do semiárido de Sergipe. A água proveniente de carros reduziu a qualidade da água nas cisternas. As concentrações de fluoreto na água estão em níveis inadequados para a prevenção de cáries dentárias. Foi encontrada contaminação fecal em todas as amostras avaliadas.

Palavras-Chave: Parâmetros físico-químicos da água; saúde pública, água da chuva.

Quality of Cistern Water In Sergipe Semiarid Rural Communities

ABSTRACT

Rainwater harvesting and storage in cisterns is an alternative for human consumption and supplying in semi-arid regions. The quality of water consumed by households in rural communities without adequate treatment can lead to public health problems. In order to know the physical, chemical and biological quality of the water stored in rural Sergipe communities household cisterns, there was an analysis of eleven water quality parameters (electrical conductivity, turbidity, salinity, total dissolved solids, color, chloride, fluoride, alkalinity and hardness, coliforms and *Escherichia coli*). Such water has multiple purposes like ingestion, preparation and food production and personal hygiene. The study was performed by means of interview and collection of 44 water samples taken from cisterns "with rainwater or mixed" throughout the rainy and dry periods in nine rural communities distributed in two municipalities of the semiarid region of Sergipe. Water from water trucks has reduced the water quality of the cisterns. Fluoride concentrations in water are at inadequate levels for dental caries prevention. Fecal contamination was found in all the inspected samples.

Keywords: Water Physical-chemical parameters; public health, rainwater

INTRODUÇÃO

A água de chuva tem sido uma solução alternativa de abastecimento em áreas rurais, principalmente em regiões áridas e semiáridas, locais em que as fontes disponíveis, como poços, rios e nascentes, dispõem de volume variável de água, sob efeito da sazonalidade (SILVA et al., 2012).

Uma das formas de armazenar água é por meio de cisternas que representam uma possibilidade de desenvolvimento para o semiárido, e viabiliza a permanência das populações em locais com escassez hídrica. O uso destas águas requer cuidados, pois sua qualidade depende de sua origem, manejo e do tratamento adequado antes dos seus usos múltiplos. Neste sentido, é importante reconhecer o monitoramento da qualidade da água como o instrumento de verificação da sua potabilidade para consumo humano, conforme padrão estabelecido na legislação (MEDEIROS et al., 2016).

Para Gomes et al (2014) a qualidade da água das cisternas e os riscos à saúde humana decorrentes de seu consumo estão diretamente relacionados com os materiais utilizados na construção das estruturas, com o desenho físico e os componentes das mesmas, e com as práticas de operação e manutenção utilizadas pelos usuários dos sistemas. O desenho adequado dos sistemas de captação de águas pluviais, assim como

a mobilização e capacitação dos beneficiários, são aspectos centrais na busca por minimizar possíveis riscos para a saúde e para garantir o correto funcionamento dos sistemas.

Estudos revelaram a importância do monitoramento de características físico-químicas e microbiológicas referentes à qualidade da água armazenada e destinada ao consumo humano, seja de chuva ou transportada por carros-pipa, no sentido de garantir a sobrevivência nas regiões semiáridas e diminuir os riscos à saúde, principalmente nos períodos de estiagem (NAKADA et al., 2014).

O monitoramento da qualidade da água de cisternas e de seus parâmetros físico-químicos envolve um grande número de variáveis a serem analisadas, que podem frequentemente ocultar a interpretação dos dados obtidos. Para isso, o uso de ferramentas estatísticas como a análise fatorial tem sido amplamente empregada na avaliação da qualidade da água (GIRÃO et al., 2007; KUMARESAN e RIYAZUDDIN, 2008; SOJKA et al., 2008; SCHAGERL et al., 2010 e SONG et al., 2011). Mesmo com as vantagens advindas do uso das cisternas, o monitoramento de características físico-químicas e microbiológicas é fundamental para avaliar a qualidade da água armazenada e os riscos para o consumo humano.

Este trabalho teve como objetivo caracterizar a qualidade físico-química e biológica da água armazenada em cisternas domiciliares de comunidades rurais sergipanas nos municípios de Simão Dias e Tobias Barreto, nos períodos chuvoso (água de chuva) e seco (água mista), que resulta do complemento da água da cisterna com outras fontes trazidas por carro-pipa.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

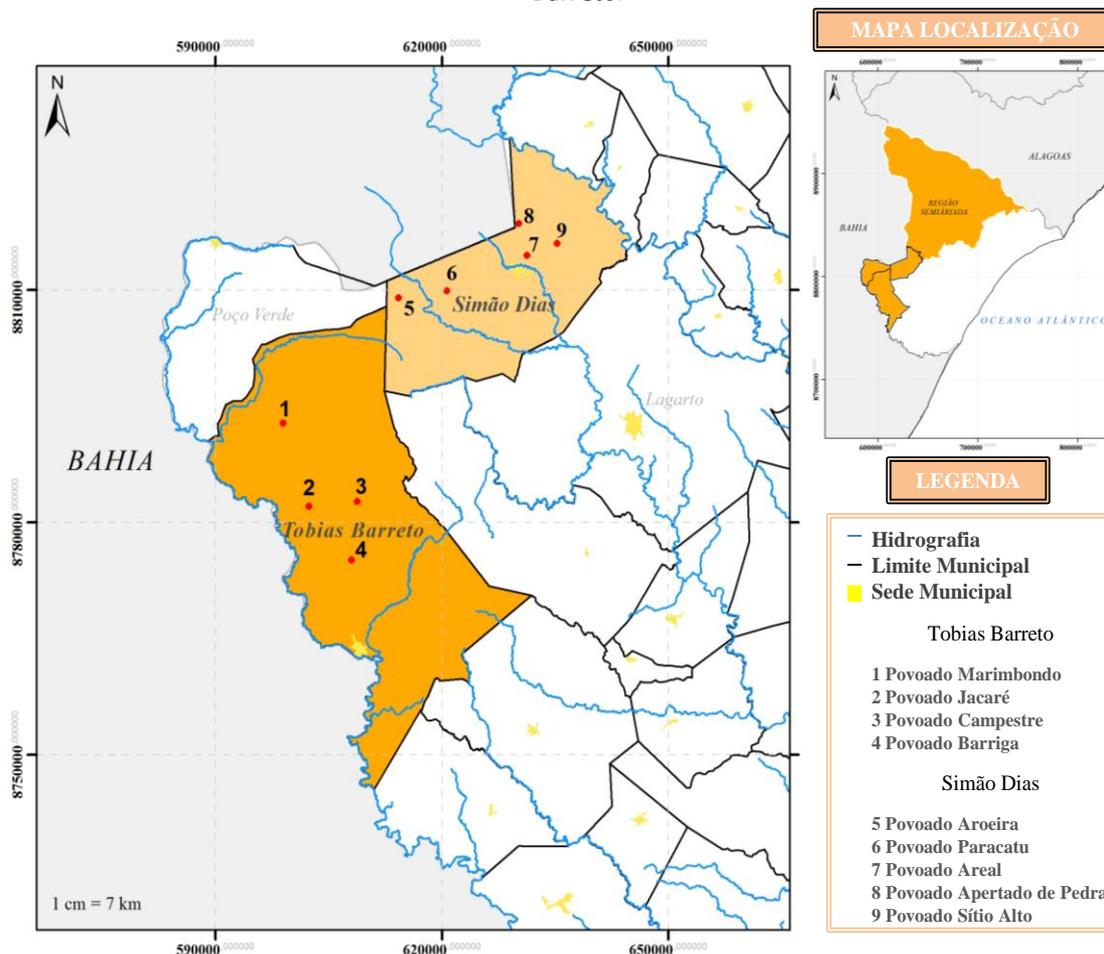
A área de estudo desta pesquisa compreende as comunidades rurais dos municípios de Simão Dias e Tobias Barreto, localizados no território centro sul Sergipano, os quais apresentam extensão territorial de 564.702 km² com 38.702 habitantes e 1.021,30 km² com 48.040 habitantes respectivamente (IBGE, 2016).

As comunidades rurais visitadas (Figura 1) no município de Simão Dias foram: povoado Aroeira (3 coletas), Paracatu (4 coletas), Areal (3 coletas), Apertado de Pedra (4 coletas), e Sítio Alto (10 coletas), totalizando 24 amostras de água. No município de Tobias Barreto foram realizadas 20 coletas distribuídas no Assentamento Novo Marimbondo (5 coletas), Jacaré (5 coletas), Campestre do Abreu (8 coletas) e Barriga (2 coletas).

A região de Simão Dias e Tobias Barreto caracteriza-se como semiárida através de suas condições climáticas com temperatura média anual que varia entre 20,3 °C e 32,8 °C. A precipitação pluviométrica mensal, de fevereiro/2015 a março/2016, apresentou valores inferiores a 324,1 mm. mês⁻¹ em Tobias Barreto e 138,5 mm.mês⁻¹ em Simão Dias (INMET, 2016). Para esta pesquisa foram realizadas entrevistas e coletas de 44 amostras de água armazenada em cisternas de placa de comunidades rurais de Simão Dias e Tobias Barreto, municípios que têm grande representatividade na política social P1MC (Programa 1 milhão de Cisternas) pelo número de unidades construídas na região, através da Articulação do Semiárido (ASA).

As referidas coletas de água foram realizadas no mês de setembro/2015, somente em cisternas que ainda tinham água de chuva para comparar com outra fonte de água no período da estiagem, e por isso foi caracterizado como período chuvoso. Enquanto no mês de março/2016, considerado como período seco, as amostras foram realizadas em cisternas abastecidas com água mista. Em ambos os períodos, as amostras foram enviadas para o Instituto Tecnológico e de Pesquisa do Estado de Sergipe (ITPS) sendo avaliados os seguintes parâmetros: condutividade elétrica, turbidez, salinidade, sólidos totais dissolvidos (STD), cor, cloreto, fluoreto, alcalinidade, dureza, coliformes totais e E. coli. Os resultados obtidos foram comparados com os parâmetros da Portaria N° 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, que estabelece o padrão de potabilidade da água para consumo humano.

Figura 1 - Localização dos pontos de coleta em cisternas dos municípios de Simão Dias e Tobias Barreto.



Os parâmetros físico-químicos selecionados para analisar a qualidade da água das cisternas foram correlacionados mediante o uso de análise estatística multivariada do tipo Análise Fatorial/Análise de Componente Principal (AF/ACP), através do software SPSS 13.0 (Statistical Package for the Social Sciences), com o objetivo de identificar o grau de correlação entre os parâmetros, e explicar em termos de suas dimensões, que influências podem haver nas suas variações quantitativas nos tipos de água armazenada, de chuva ou chuva com a de carro-pipa (mista).

A confiabilidade e a garantia dos resultados obtidos nesta pesquisa decorreram do uso da técnica multivariada AF/ACP, observados alguns pré-requisitos. O número de variáveis (p) ser inferior ao número de observações (n). Quando $p > n$, as soluções poderiam se tornar instáveis quando estimadas as matrizes de covariância e correlação na análise de componentes principais ou na análise fatorial conforme metodologia

proposta por Ouyang (2005) e Wang et al., (2011). A análise fatorial/Análise de componentes principais (AF/ACP) demanda três etapas: a primeira consiste na preparação da matriz de correlação; a segunda na extração dos fatores comuns e a possível redução de variáveis explicativas e, por último, na rotação dos eixos relativos aos fatores comuns, com o objetivo de tornar a solução mais simples e facilmente interpretável (TOLEDO e NICOLLELLA, 2002).

Para entender a distribuição das cargas de cada variável de qualidade de água nos componentes principais (CP1 e CP2) foi realizada a transformação de cada carga fatorial (escore bruto) em Escore-Z (escore padronizado), que pretende mostrar o quanto a carga (escore) está acima ou abaixo da média em termos de unidades padronizadas de desvio.

Também foi realizada a construção dos diagramas de caixa do tipo Box-Plot para demonstrar o perfil espacial dos parâmetros físico-químicos. Esta ferramenta tem a finalidade de detectar valores discrepantes, bem como identificar a forma de distribuição, avaliar e comparar a variabilidade do conjunto de dados. Possibilita também a visualização das grandezas estatísticas como média, mediana, máximo, mínimo, 1o quartil, 3o quartil e os valores extremos (RODRIGUES et al., 2014).

Resultados e Discussão

Com os resultados da matriz de correlação pode-se observar que os parâmetros condutividade elétrica, salinidade, sólidos totais dissolvidos, cor, dureza e alcalinidade apresentaram correlação linear significativa com valores entre 0,5 e 1,0, e tiveram correlação com pelo menos outra variável da distribuição, o que expressa uma forte relação entre os parâmetros indicativos de qualidade da água (Tabela 1). Já as variáveis turbidez e cloreto não se apresentaram significativas na variância total, por não terem coeficiente de correlação superior a 0,5, o que implicaria na redução do número de variáveis originais. Entretanto, como estas variáveis se correlacionaram com uma outra da distribuição (turbidez com cor e cloreto com dureza), foram mantidas na matriz de correlação original (Tabela 2).

A correlação linear pouco significativa da variável turbidez pode ser explicada pelo baixo teor de sólidos suspensos nas águas de chuva e mista, expressos nos resultados

laboratoriais indicativos de boa qualidade da água para consumo. Com relação ao cloreto, possivelmente houve pouca influência dos sais de carbonatos e dissolvidos, como expresso nos dois grupos de cargas (CP2 e CP1), através das análises estatísticas dos escores bruto e padronizado (escore Z).

Tabela 1 - Matriz de correlação das variáveis originais de qualidade da água das Cisternas nos municípios de Simão Dias e Tobias Barreto.

	CE	SAL	TDS	TUR	CLO	COR	DUR	ALC
CON	1,00							
SAL	0,80	1,00						
STD	0,96	0,78	1,00					
TUR	0,45	0,20	0,45	1,00				
CLO	0,46	0,34	0,47	0,19	1,00			
COR	0,50	0,35	0,50	0,55	0,36	1,00		
DUR	0,27	0,18	0,26	0,24	0,67	0,39	1,00	
ALC	0,13	0,03	0,08	0,10	0,31	0,29	0,78	1,00

Em negrito, as variáveis mais significantes com valores de 0,5 a 1,0

A segunda etapa da análise estatística fatorial resultou na decomposição da matriz de correlação para formar os grupos indicadores da qualidade da água das cisternas, representados pelos fatores comuns e independentes, chamados de componentes principais (CP1 e CP2). A matriz dos componentes principais originou-se com a aplicação do procedimento de rotação ortogonal, chamado método Varimax. A nova matriz dos componentes principais apresenta melhor significado interpretativo para os parâmetros por separar as variáveis físico-químicas por componente principal. O melhor comportamento das variáveis de qualidade de água foi conseguido com a composição de dois componentes (CP1 e CP2), que expressam a relação entre os fatores comuns e as variáveis, além de identificar as variáveis com maiores inter-relações em cada componente. Na Tabela 2, os dois componentes principais determinados pela AF/ACP, explicam 70,92% da variância total das variáveis originais. Os valores elevados dos pesos fatoriais sugerem quais são as variáveis mais significativas em cada componente. Assim na CP1, as variáveis mais significativas são os sólidos totais dissolvidos e a condutividade elétrica e na CP2, as variáveis mais significativas são a dureza e a alcalinidade.

Tabela 2 - Matriz dos componentes principais rotacionada (método Varimax) e Escore Z.

	Componente		Escore Z	
	1	2	1	2
CE	0,95	0,12	1,27	-0,91
SAL	0,84	-0,02	0,29	-1,02
STD	0,95	0,10	1,22	-0,94
TURB	0,54	0,19	-0,73	-0,37
COR	0,57	0,41	-0,01	0,50
CLOR	0,42	0,62	0,13	-0,03
DUR	0,16	0,94	-0,41	1,34
ALC	-0,44	0,88	-1,76	1,44
Autovalor	3,93	1,75	--	--
% variância	49,07	21,84	--	--
% variância	49,07	70,92	--	--

O componente 1 (CP1) explica 49,7% da variabilidade dos dados, está associada a variáveis indicativas de cargas de sólidos totais dissolvidos na água e mostra a correlação de escores brutos na matriz de cargas. Enquanto a (CP2) corresponde a 21,84% da variância acumulada e mostra a correlação entre as variáveis alcalinidade, dureza e cloreto, dita componente principal mineral.

A presença de sólidos dissolvidos na cisterna pode ser decorrente do deslocamento de partículas das áreas de captação no período de chuvas, que depositadas no fundo das cisternas e não limpas antes do novo ciclo de chuvas influenciam na qualidade da água. Nas comunidades pesquisadas, 95% dos moradores de Tobias Barreto e 37,5% dos de Simão Dias realizaram o desvio manual das primeiras águas da chuva para evitar a entrada de sólidos nas cisternas, o que predispõe melhor qualidade para a água do município de Tobias Barreto.

A aplicação do Escore Z nas variáveis de qualidade da água buscou padronizar estes escores (dados) a partir de uma média de distribuição nos dois componentes principais. No componente 1, os valores acima da média (positivos) em termos de unidades padronizadas de desvio, foram influenciados pelos sais dissolvidos. Neste caso, o cloreto aparece como escore positivo possivelmente pelo abastecimento de água de carro-pipa no período de estiagem, já que na água de chuva este parâmetro teve comportamento irrelevante.

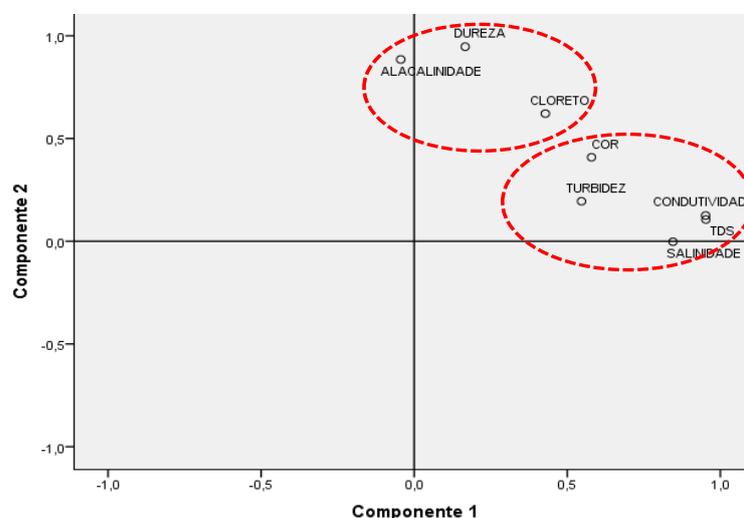
A padronização dos escores no componente 2 mostrou que a qualidade da água, possivelmente vinda de fontes desconhecidas, tem relação com as variáveis de

alcalinidade e de dureza, nas quais os carbonatos são os elementos fundamentais. Segundo Cunha et al. (2012), as substâncias minerais podem influenciar na cor da água, principalmente em sistemas públicos de abastecimento de água, onde a cor é esteticamente indesejada para o consumidor, e pode ter origem mineral ou vegetal, causadas por substâncias metálicas como o ferro e o manganês.

A água trazida por carro-pipa pode ser fonte de sólidos para as cisternas e comprometer a qualidade físico-química da água. Em Tobias Barreto, 30% das famílias recorreram ao carro-pipa para suprir demandas na estiagem e em Simão Dias, 25% delas usaram esta fonte de água. Para Carvalho e Silva (2014), a influência de sais dissolvidos na água é resultante de água proveniente de carros-pipa, quando abastecidos em poços subterrâneos.

A presença de carbonatos e bicarbonatos pode influenciar na elevação da alcalinidade e dureza, sendo observada em cisternas com construção recente e em águas de carro-pipa, que sofrem influência da constituição do local de abastecimento (XAVIER, 2012). Para facilitar a visualização do comportamento das variáveis de qualidade da água nos componentes principais, a última etapa da análise estatística AF/ACP representou graficamente a transformação ortogonal dos eixos pelo emprego do método Varimax. Segundo Andrade et al. (2007), este processo maximiza a variância entre os componentes, alterando a raiz característica sem afetar a proporção da variância total explicada pelo conjunto, conforme a Figura 2.

Figura 2 - Cargas dos componentes com rotação ortogonal pelo método Varimax.

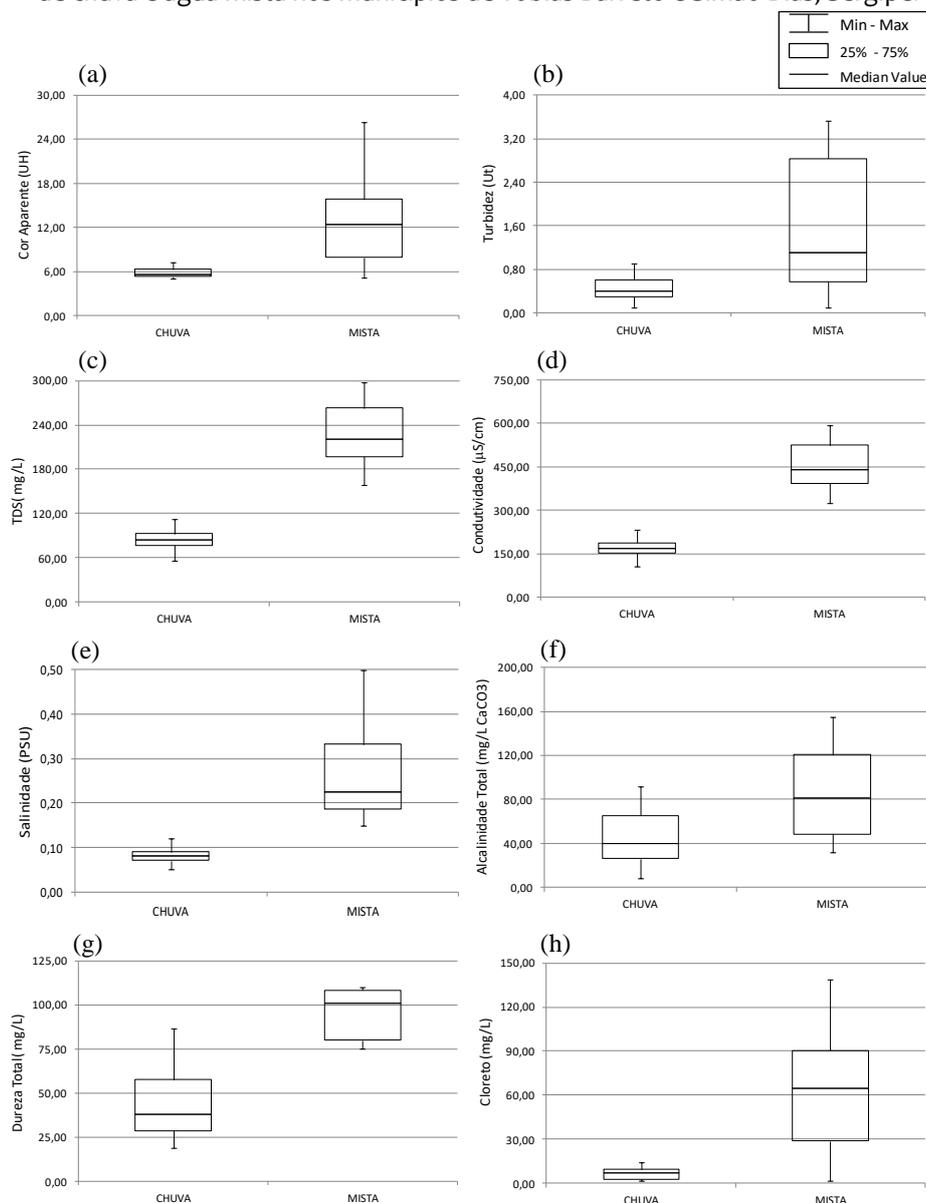


Após análise estatística multivariada ACP/AF dos parâmetros físico-químicos da água das cisternas, os escores das variáveis foram apresentados na Figura 3 por meio de gráficos tipo caixa (Box-Plot) para demonstrar a qualidade da água de chuva e mista, abastecida com carro-pipa. Nas cisternas com água de chuva os resultados foram satisfatórios para cor aparente (Figura 3A), e variaram de 5,00 uH a 7,30 uH (média de 5,70 uH), sendo 15,00 uH o limite recomendado. Enquanto para a turbidez os valores foram de 0,1uT a 0,9uT, com média de 0,68 uT, para 5,00 uT indicados para consumo humano (Figura 3B). Estas características da cor aparente e turbidez sugerem que a limpeza do sistema de captação e armazenamento está satisfatória ou que as partículas sólidas estão depositadas no fundo do reservatório, podendo interferir na qualidade da água num novo ciclo de chuvas que possa deslocá-las, se a limpeza das cisternas não for realizada.

Diferentemente, nas cisternas com água mista, a cor e a turbidez foram influenciadas possivelmente pela presença de sólidos suspensos na água provenientes do abastecimento por carro-pipa, cuja origem é desconhecida. Assim a cor aparente da água apresentou valores de 5,10 uH a 26,30 uH, com média de 13,05 uH, e a turbidez de 0,10 uT a 3,53 uT, com média de 2,23uT, que mesmo mais elevados que na água de chuva, estão dentro dos limites de potabilidade para consumo humano.

Estudo realizado no semiárido paraibano comparou águas de chuva e carro-pipa, e o tempo de construção de cisternas. Os resultados das análises de cor aparente e turbidez foram elevados no período chuvoso e nas cisternas antigas possivelmente devido à deficiência na limpeza anual e à suspensão do material depositado do fundo da cisterna após a entrada de novo volume de água da chuva. Apesar das medidas de turbidez não terem apresentado diferenças significativas, no mês em que as cisternas receberam água de carros-pipa os valores foram mais elevados, reduzindo-se com o início das chuvas pela diluição da água armazenada (TAVARES, 2009).

Figura 3 - Distribuição por box plot dos parâmetros de qualidade da água em cisternas para água de chuva e água mista nos municípios de Tobias Barreto e Simão Dias, Sergipe.



As concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD) estiveram sempre abaixo do padrão da Portaria 2.914/2011(MS), que é 1000 mg.L-1. Nas cisternas com água mista a concentração apresentou valores de 159 mg.L-1 a 298 mg.L-1 (Figura 3C) mostrando uma diferença representativa quando comparados com água de chuva, que variou de 56 mg.L-1 a 113 mg.L-1. Mesmo com as deficiências de limpeza do sistema de captação e armazenamento, a água da chuva apresenta melhor qualidade que a mista.

Em reservatórios de água pluvial, os STD podem ficar elevados conforme haja a presença de materiais sobre os telhados e os mesmos sejam carregados pela água para dentro das cisternas, onde sofrerão reações químicas e se dissociarão em íons (SILVA et al., 2008). Quando analisados os dados de condutividade elétrica (Figura 3D) e salinidade (Figura 3E), as concentrações observadas em água de chuva foram bem menores que as de água de fonte desconhecida, chamada de mista. A boa condição de limpeza durante a captação da chuva pode ter contribuído para redução de detritos levados para a cisterna, que diminui a formação de íons na água e consequentemente os sólidos dissolvidos e a condutividade elétrica.

Contrariamente, nas cisternas Sergipanas abastecidas com água de outras fontes, os parâmetros condutividade e salinidade mostraram-se mais elevados, o que evidencia concentração inversa de sólidos se comparados com água de chuva. Para Casali, (2008), em cisternas abastecidas com água de poços subterrâneos, que apresentam na sua constituição nutrientes oriundos do contato direto com rocha matriz, a água apresenta alto teor de sais. Enquanto para Silva et al. (2008), outra causa de aumento de condutividade elétrica é a existência de poluentes na água provenientes do escoamento superficial de áreas agrícolas.

A condutividade elétrica nas águas pluviais analisadas teve resultado médio de 167 S.cm⁻¹, variando de 112 S.cm⁻¹ a 234 S.cm⁻¹ e a salinidade oscilou de 0,05 a 0,12 PSU, com média de 0,08 PSU, bem abaixo do padrão de 0,50 PSU recomendado para o consumo humano. Todavia, nas cisternas abastecidas com carro-pipa, a condutividade elétrica foi mais elevada e variou de 318 S.cm⁻¹ a 593 S.cm⁻¹ (com média de 441,5 S.cm⁻¹), enquanto a salinidade foi de 0,15 a 0,5 PSU (com média de 0,23 PSU), demonstrando mais sais dissolvidos na água.

Os resultados da condutividade elétrica nas cisternas das comunidades de Sergipe, tanto com água de chuva quanto mista, apresentaram valores acima de 100 S.cm⁻¹, indicado como padrão para consumo humano pelo Ministério da Saúde, contudo não há risco para a saúde, apenas um sabor salino na água.

Nas áreas rurais de Simão Dias e Tobias Barreto o comportamento da alcalinidade (Figura 3F) e dureza (Figura 3G) para água de chuva e mista mostrou-se adequado ao consumo humano, que é de 30 a 500 mg. L⁻¹ de CaCO₃ e 500 mg. L⁻¹ respectivamente.

Ressaltam-se os valores destes parâmetros para água mista, que foram mais elevados em relação aos de água de chuva, possivelmente pelos maiores índices de carbonatos na água mista.

Esta relação foi observada pelos resultados encontrados nas análises, nos quais as cisternas com água mista apresentaram alcalinidade de 32 a 155 mg. L⁻¹ (média de 81,50 mg.L⁻¹ de CaCO₃) e dureza de 75 a 110 mg.L⁻¹ (média de 101,05 mg.L⁻¹), se comparados com as que tinham água de chuva, que tiveram resultados menores com alcalinidade variando de 8 a 92mg (média de 39,5 mg.L⁻¹ de CaCO₃) e dureza de 18,8 a 86,5 mg.L⁻¹ (média de 38 mg.L⁻¹) (Figuras 3F e 3G).

A água armazenada em cisternas pode ter sua composição alterada pelo material constituinte da cisterna. O sistema de armazenamento de água pode afetar a qualidade da água quando cisternas de concreto e ferrocimento são novas e podem elevar o pH devido à liberação de cal em excesso (HEIJNEN, 2012).

Dentre as cisternas pesquisadas nas comunidades sergipanas, 14 delas foram construídas há mais de 5 anos, continham água mista e apresentaram valores de 155 mg.L⁻¹ de CaCO₃ para alcalinidade e 173 mg.L⁻¹ de CaCO₃ para dureza. Enquanto para as outras 30 cisternas entregues há mais de 5 anos, e que armazenavam água de chuva, os resultados foram de 92 mg.L⁻¹ de CaCO₃ para alcalinidade e 86,5 mg.L⁻¹ de CaCO₃ para dureza.

As cisternas mais novas e com tendência de pH mais elevado pela liberação de componentes constitutivos de sua estrutura podem ter influenciado para elevação os resultados apresentados para água mista, mas não foram determinantes pois este tipo de água tem influência de sua fonte de captação. Enquanto nas cisternas com água de chuva, a presença de carbonatos se justificaria pelo contato com as áreas de captação e armazenamento. Os resultados mostram que mesmo decorridos 5 anos de construção das cisternas, os valores de alcalinidade e dureza podem ter sofrido influência.

Estudo em Pernambuco mostrou que os maiores valores de pH e de alcalinidade foram observados em águas de carro-pipa provenientes das cisternas novas com 1 e 2 anos de construídas. O pH esteve entre 8,4 e 8,7 e a alcalinidade entre 191,67 e 310,79 mg CaCO₃.L⁻¹, em ambas as cisternas, enquanto nas cisternas mais antigas o pH esteve em torno de 7,2 e a alcalinidade foi sempre inferior a 200 mg CaCO₃.L⁻¹. Essas

concentrações, aceitáveis para consumo humano, podem ser provenientes da dissolução de compostos presentes nos materiais (cimento) utilizados na construção das cisternas (SOUZA et al., 2011).

As concentrações de cloreto encontradas nas cisternas estudadas foram bem reduzidas se comparadas com os 250 mg.L⁻¹ recomendados pela portaria 2914/2011 do MS. Nas cisternas com água mista, os resultados variaram de 2 mg.L⁻¹ a 139 mg.L⁻¹, enquanto na água da chuva armazenada, os valores encontrados foram de 2 mg.L⁻¹ a 14,3 mg.L⁻¹, mostrando melhor qualidade e pequena dissolução de minerais neste tipo de água.

Dentre os parâmetros de qualidade da água das cisternas, o fluoreto foi pesquisado em apenas 4(quatro) comunidades rurais, sendo 2 em Simão Dias e 2 em Tobias Barreto (Tabela 3). As concentrações de flúor abaixo de 0,01 foram encontradas nos domicílios com água de chuva. Enquanto os resultados de flúor de 0,02 mgF L⁻¹ Aroeira – SD e 0,03 mgF L⁻¹ Jacaré - TB em negrito foram encontrados em cisternas com água de carro-pipa. Estes valores são insignificantes e estão abaixo de 1,5 mgF L⁻¹, recomendado pelo ministério da saúde.

Tabela 3 - Concentração de Flúor (mg L⁻¹) nas cisternas em comunidades dos municípios de Simão Dias e Tobias Barreto em 11/03/2016.

Domicílio	Simão Dias		Tobias Barreto	
	Aroeira	Areal	Maribondo	Jacaré
01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
02	0,023	<0,01	<0,01	<0,01
03	<0,01	<0,01	<0,01	0,035

A prevenção da cárie dentária pelo flúor é reconhecida em ações de saúde pública, sendo mais eficiente quando a água é empregada como veículo. Considerando a efetividade, custo e frequência de consumo da água, a fluoretação das águas de abastecimento tem sido apontada como o melhor método de exposição sistêmica ao flúor (CARVALHO et al., 2011).

Nas comunidades de Simão Dias e Tobias Barreto, levando-se em consideração os padrões de potabilidade recomendados pelo Ministério da Saúde, as águas de chuva e mista das cisternas analisadas não apresentaram fluoretos em concentrações que

possam causar danos ao organismo, como também não estão em níveis adequados para prevenção da cárie dentária.

Estudo realizado no semiárido Baiano observou que nas cisternas da zona rural a maior concentração de fluoretos foi encontrada na água da vila do Arroz 0,51 mgF L-1e a menor na Barra 0,03 mgF L-1. A maioria das cisternas (88,89%) apresentou menos de 0,25 mgF L-1. Estes percentuais de flúor também são considerados ineficientes na prevenção de cárie (CASTRO et al., 2011).

A contaminação microbiológica é o principal fator de degradação das águas de chuva, as concentrações microbiológicas em cisternas devem ser monitoradas. Os padrões de potabilidade da água, segundo a portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, consideram que os coliformes totais e os coliformes termotolerantes do tipo E. coli devem estar ausentes na água destinada ao consumo humano. As análises microbiológicas nos dois municípios revelaram que a água, de chuva e mista, em todas as cisternas está imprópria para o consumo humano por causa da presença de coliformes totais, revelando deficiência na limpeza do sistema de captação e armazenamento das cisternas e ou baixa qualidade da água de carro-pipa.

Tabela 4 - Valores de coliformes totais e E. coli nos municípios de Simão Dias e Tobias Barreto.

Valores	Simão Dias		Tobias Barreto	
	C. Total ¹	E. Coli ²	C.Total	E.Coli
Max	4300	360	3200	360
Med	695	116	671	125
Min	3	0	6	0,8

Em Simão Dias, os coliformes totais apresentaram valores de 3 NMP/100mL a 4300 NMP/100mL, enquanto Tobias Barreto teve a contaminação variando de 6 NMP/100mL a 3200 NMP/100mL (Tabela4). A dispersão dos valores de contaminação em Simão Dias é mais acentuada por causa da baixa adesão dos moradores no desvio das primeiras águas de chuva para limpeza do sistema. Para os coliformes do tipo E. coli, as análises da água no semiárido Sergipano tiveram valores de até 360 UFC/100mL tornando a água inadequada para ingestão sem prévia descontaminação. Nas comunidades de Tobias

Barreto, 100% das amostras estavam contaminadas, enquanto em Simão Dias, foram 75% de resultados insatisfatórios.

A presença de *E. coli* nas cisternas indica contaminação fecal recente e pode estar relacionada com o manejo dos usuários na retirada da água armazenada, realizada com baldes. Esta condição representa o comportamento adotado pelos usuários de Tobias Barreto e o nível de contaminação de 0,8 a 360 UFC/100ml encontrado. Em contrapartida, Simão Dias por ter 18,5% dos domicílios usando bomba manual, tem melhor qualidade de água.

O uso de baldes presos em cordas é a forma de manejo predominante para retirada da água das cisternas em ambos os municípios, e por isso a causa mais provável de contaminação da água por *E. coli*. Desse modo, no período chuvoso que a cisterna tem mais água, o consumo e uso de baldes aumentam. Na estiagem, o uso da cisterna é restrito a quantidade de água armazenada, que geralmente é menor, ou as pessoas precisam optar por outras fontes até que ocorra novo período chuvoso.

Confirmada a contaminação microbiológica por coliformes totais e termotolerantes nas áreas de estudo, recomenda-se que os usuários devem fazer a descontaminação da água da cisterna com cloro antes do consumo para eliminar as bactérias, já que a filtração remove partículas. A pesquisa nos domicílios demonstrou que 75% dos entrevistados fazem o tratamento da água com práticas diversas, como cloração, filtração e coando, enquanto 25% disseram que não tratam a água da cisterna antes do consumo.

CONCLUSÕES

Os resultados das análises físico-químicas das amostras de água coletadas das cisternas nos períodos chuvoso e seco, que apresentaram água de chuva e mista respectivamente, atenderam as recomendações de potabilidade da água para consumo humano.

Os parâmetros sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica, salinidade, turbidez, cor, alcalinidade, dureza e cloretos apresentaram resultados mais satisfatórios para água de chuva demonstrando melhor qualidade para este tipo de água se comparados com água de carro-pipa.

O teor de fluoreto na água da chuva das áreas rurais analisadas foi insignificante, com resultado de $<0,001 \text{ mg L}^{-1}$. Em duas cisternas localizadas nas comunidades Aroeira (Simão Dias) e Jacaré (Tobias Barreto), foram detectados $0,023 \text{ mgF L}^{-1}$ e $0,035 \text{ mgF L}^{-1}$ respectivamente e ocorreram em domicílios que receberam água de carro-pipa.

Os resultados das análises de fluoreto mostraram que na água de chuva das comunidades pesquisadas não há fluoreto e nas cisternas com água mista, as concentrações estão abaixo do recomendado pelo Ministério da Saúde e não previnem a cárie dentária nos usuários das cisternas.

As amostras de água analisadas em laboratório apresentaram contaminação microbiológica por coliformes totais nas cisternas de todas as comunidades, e por *E. coli* em 100% dos domicílios de Tobias Barreto e 75% para Simão Dias, sendo consideradas impróprias para o consumo humano segundo a portaria 2.914/2011 do ministério da saúde.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Sergipe pela bolsa concedida ao projeto.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E.M.; ARAÚJO, L.F.P.; ROSA, M.F.; GOMES, R.B.; LOBATO, F.A.O. Assessment of the surface water quality in the upland of Aracaju watershed, Ceará, Brazil. *Revista Ciência Rural*, v. 37, n.6, p. 1791-1797, 2007. DOI: 10.1590/S0103-84782007000600045

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518/Brasília, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. *Diário Oficial da União* 2004; 25 mar.

CARVALHO, L. A.; SILVA, D.D. Avaliação da Qualidade de Águas de Cisternas da Zona Rural e Urbana do Município de Cuité – PB. *Educação, Ciência e Saúde*, v.1, n.1, 2014. DOI: 10.20438/ecs.v1i1.3

CARVALHO, R.B.; MEDEIROS, U.V.; SANTOS, K.T.; PACHECO FILHO, A.C. Influência de diferentes concentrações de flúor na água em indicadores epidemiológicos de saúde/doença bucal. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 16, n.8, p. 3509-3518, 2011. DOI: 10.1590/S1413-81232011000900019

CASALI, C. A. Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

CASTRO, T.A.; SAMPAIO, F.C.; FORTE, F.D.S. Fluoretos em diferentes fontes de águas para consumo humano em Campo Alegre de Lourdes-BA. Revista Brasileira de Ciências da Saúde, v. 15, n. 4, p. 421-428, 2011. DOI: 10.4034/RBCS.2011.15.04.07

CUNHA, H.F.A.; LIMA, D.C.I.; BRITO, P.N.F.; CUNHA A.C.; SILVEIRA JUNIOR, A.M.; BRITO, D.C. Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação. Revista Ambiente & Água, v. 7, n.3, p.155-165, 2012. DOI: 10.4136/ambi-agua.908

GIRÃO, E. G.; ANDRADE, E. M.; ROSA, M. F.; ARAÚJO, L. F. P.; MEIRELES, A. C. M. Seleção dos indicadores da qualidade de água no Rio Jaibas pelo emprego da análise da componente principal. Revista Ciência Agronômica, v. 38, n. 1, p. 17-24, 2007.

GOMES, U. A. F.; DOMÈNECH, L.; PENA, J.; HELLER, L.; PALMIER, L. Captação de Água da Chuva no Brasil: Novos Aportes a Partir de um Olhar Internacional. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v.19, n.1, 7-16, 2014. DOI: 10.21168/rbrh.v19n1.p7-16

HEIJNEN, H.A. Captação de Água da Chuva: Aspectos de Qualidade da Água, Saúde e Higiene. 8°. Simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva. Campina Grande – PB, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico 2010. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/popul/>. 2015. Acesso em: 15 maio 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Dados Meteorológicos. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>. Acesso em: 6 de Maio de 2016.

KUMARESAN, M e RIYAZUDDIN, P. Factor analysis and linear regression model (LRM) of metal speciation and physico-chemical characters of groundwater samples. Environ. Monit. Assess. v. 138, p. 65–79, 2008. DOI:10.1007/s10661-007-9761-8

MEDEIROS, A. C.; LIMA, M. de O.; GUIMARAES, R. M. Avaliação da qualidade da água de consumo por comunidades ribeirinhas em áreas de exposição a poluentes urbanos e industriais nos municípios de Abaetetuba e Barcarena no estado do Pará, Brasil. Ciênc. Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 695-708, Mar. 2016. DOI:10.1590/141381232015213.26572015.

NAKADA, LIANE YURI KONDO; MORUZZI, RODRIGO BRAGA. Variabilidade qualitativa de águas pluviais coletadas em telhado e sua importância na concepção do sistema de tratamento. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 1-9, Mar. 2014 .DOI: 10.1590/S1413-41522014000100001.

OUYANG, Y. Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. *Water Research*, v.39, n.12, p.2621-2635, 2005. DOI: 10.1016/j.watres.2005.04.024

RODRIGUES, E.R.D.; HOLANDA, I.B.B.; CARVALHO, D.P.; BERNARDI, J.V.E.; MANZATTO, A.G.; BASTOS, W.B. Distribuição espacial da qualidade da água subterrânea na área urbana da cidade de Porto Velho, Rondônia. *Revista Scientia Amazonia*, v. 3, n. 3, p. 97-105, 2014.

SCHAGERL, M.; BLOCH, I.; ANGELER, D.; FESL C. The use of urban clay-pit ponds for human recreation: assessment of impacts on water quality and phytoplankton assemblages. *Environ. Monit. Assess.* v. 165, p. 283, 2010. DOI:10.1007/s10661-009-0945-2.

SILVA, A.S.; SILVA, C.M.M.; FAY, E.F.; BRITO, L.T.L. Indicador de qualidade de uso de água em cisternas no semiárido brasileiro (IUA-CD). Universidade Federal de Campina Grande, Universidade Estadual da Paraíba, Embrapa Semiárido - Petrolina, 2008.

SILVA, C. V.; HELLER, L.; CARNEIRO, M. Cisternas para armazenamento de água de chuva e efeito na diarreia infantil: um estudo na área rural do semiárido de Minas Gerais. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 4, p. 393-400, Dec. 2012. DOI: 10.1590/S1413-41522012000400006.

SOJKA, M.; SIEPAK, M.; ZIOŁA, A.; FRANKOWSKI, M.; MURAT-BŁAZEJEWSKA, S.; SIEPAK, J. Application of multivariate statistical techniques to evaluation of water quality in the Mała Wełna River (Western Poland). *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 147, n. 1-3, p. 159-170. 2008. DOI:10.1007/s10661-007-0107-3.

SONG, M.W.; HUANG, P.; LI, F.; ZHANG, H.; XIE, K.Z.; WANG, X.H.; HE, G.X. Water quality of a tributary of the Pearl River, the Beijiang, Southern China: implications from multivariate statistical analyses. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 172, n. 1-4, p. 589-603. 2011. DOI: 10.1007/s10661-010-1358-y

SOUZA, S. H. B. DE S.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, S. M. DOS S.; PESSOA, S. G. DOS S. Avaliação da Qualidade da Água e da Eficácia de Barreiras Sanitárias em Sistemas para Aproveitamento de Águas de Chuva. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 16, n.3, p. 81-93, 2011. DOI: 10.21168/rbrh.v16n3.p81-93

TAVARES, A.C. Aspectos físicos, químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de comunidades rurais do semiárido Paraibano. Dissertação (Mestrado em meio ambiente e desenvolvimento) Universidade Estadual de Campina Grande-PB. 2009.

TOLEDO, L.G e NICOLLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. *Scientia Agrícola*, v.59, n. 1 p.181-186, 2002. DOI: 10.1590/S0103-90162002000100026.

WANG, L.; WANG, Y.; XU, C.; AN, Z.; WANG, S. Analysis and evaluation of the source of heavy metals in water of the River Changjiang. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 173, n.1-4, p. 301-313, 2011. DOI: 10.1007/s10661-010-1388-5

XAVIER, R.P. Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano. Universidade Federal de Campina Grande. Dissertação em Engenharia Civil e Ambiental. Campina Grande – PB. 2010.