

# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA, PETROLINA, PE: AVALIAÇÃO DE ASPECTOS ESTRUTURAIS E DE QUALIDADE DA ÁGUA

\*Miriam Cleide Cavalcante de Amorim<sup>1</sup>  
Luiza Teixeira de Lima Brito<sup>2</sup>  
Gláucia Suêrda Gomes do Nascimento<sup>1</sup>  
José Antunes da Silva Neto<sup>1</sup>  
Wêidjane de Moura Leite<sup>1</sup>

### RAINWATER HARVESTING AND STORAGE, PETROLINA-PE: STRUCTURAL ASPECTS AND WATER QUALITY ASSESSMENT

Recibido el 23 de febrero de 2016; Aceptado el 23 de marzo de 2017

#### Abstract

Rainwater harvesting and storage systems are widely used as water supply alternatives in semi-arid regions. In Brazil, they have been implemented as a government policy and, mainly, by non-governmental organizations. However, problems related to structural aspects, such as management and water quality, expose them to contamination risks. The evolution of Brazilian drinking-water regulation and the increasing use of rainwater for drinking purposes, associated with the lack of specific quality laws, require studies that subsidize the regulation of this method of water supply, taking into account the need to guarantee the drinking water quality of the rural population. Thus, this study aimed to present the characterization of rainwater harvesting and storage systems in the localities of Settlement Esperança, Cristália and Lajedo, in the municipality of Petrolina, Pernambuco State, by observation of the structural aspects, the management system, and water quality assessment. The results obtained provided supports to management programs that aim at the application of current rules, as a way to guarantee the water potability and health protection of populations that use such systems.

**Key-words:** rainwater, rural system, semi-arid, water quality.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Brasil.

<sup>1</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Semiárido), Brasil.

\*Autor correspondente: Av. da Integração, n. 310, CEP: 56328010, Vila Eduardo, Petrolina, PE, Brasil.

Email: [miriam.cleide@univasf.edu.br](mailto:miriam.cleide@univasf.edu.br)

## Resumo

Sistemas de captação e armazenamento de água de chuva são alternativas de suprimento de água muito utilizados em regiões semiáridas. No Brasil, têm sido implementados como política de governo e, principalmente, por organizações não governamentais. Porém, problemas relacionados a aspectos estruturais, ao manejo e à qualidade da água, os expõem a riscos de contaminação. A evolução das normas legais brasileiras de potabilidade e a crescente utilização da água de chuva para fins potáveis, associado à falta de legislação específica de qualidade, demandam estudos que subsidiem a regulamentação desta forma de abastecimento, frente à necessidade de garantir a qualidade da água de consumo da população do meio rural. Assim, este trabalho objetivou apresentar a caracterização dos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, nas localidades de Assentamento Esperança, Cristália e Lajedo, no município de Petrolina, PE, por meio da observação de aspectos estruturais, do manejo do sistema e da avaliação da qualidade da água. Os resultados obtidos forneceram subsídios a programas de gestão que visam à aplicação das normas atuais, como forma de garantir a potabilidade da água e a saúde das populações usuárias de tais sistemas.

**Palavras-chave:** Água de chuva, cisternas rurais, semiárido, qualidade de água.

---

## Introdução

A água de chuva quando captada e armazenada de forma adequada é uma alternativa viável do ponto de vista técnico, econômico e social para o suprimento de água para o consumo humano, sendo uma prática usada há vários séculos em regiões áridas e semiáridas, onde chove pouco ou as chuvas estão irregularmente distribuídas em poucos meses do ano (Xavier, 2010). Tavares (2009) reforça que a cisterna ressurge nas sociedades modernas como uma alternativa para aumentar a oferta de água em regiões com limitações de recursos hídricos.

As cisternas rurais têm sido implementadas como política de governo de cunhos municipal, estadual, federal e, principalmente, por organizações não governamentais, a exemplo do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais – P1MC (ASA, 2011). No entanto, têm sido identificados problemas relacionados aos aspectos estruturais do sistema e à qualidade da água da cisterna, expondo-a a riscos de contaminação, não só pelo manuseio inadequado dos sistemas de captação e armazenamento, como também pela não conservação que propiciam a contaminação da água (Meira Filho *et al.*, 2009) de forma que, micro-organismos, podem estar presentes na água.

Com a ocorrência de precipitações cada vez mais raras e irregulares, grande parte das cisternas está sendo abastecida por carros-pipa, à semelhança dos anos de 2012 e 2013, considerados de seca extrema, ocorridos na região, incorporando uma fonte potencial de contaminação pela falta de garantia da origem da água, assim como pela vulnerabilidade a que está exposta, devido principalmente a utilização de veículos inapropriados para o transporte da água. Brito *et al.* (2007) em estudos sobre a avaliação do P1MC, concluíram

que, em 44% das cisternas avaliadas, a água armazenada nas cisternas apresentava-se como não potável e que a não potabilidade estava associada a fatores motivados por uma gestão inadequada da tecnologia em âmbito familiar, principalmente, o transporte e armazenamento de águas nas cisternas oriundas de fontes não potáveis.

Com a evolução das normas legais brasileiras quanto a potabilidade da água, a exemplo das Portarias do Ministério da Saúde 36/1990, 1469/2000, 518/2004 e a atualmente em vigor 2914/2011, e conforme afirma Gnadlinger (2000), que a utilização da água de chuva faz parte da gestão moderna dos recursos hídricos para fins potáveis e não potáveis, esta forma de provimento de água, carece de estudos que fundamentem a regulamentação frente à necessidade de garantir a qualidade da água. Tavares (2009) recomenda que tais sistemas sejam enquadrados segundo a legislação de potabilidade vigente, como solução alternativa de abastecimento, principalmente, considerando-se que o P1MC tem como meta a construção de um milhão de cisternas para atender as necessidades das famílias.

Neste contexto, o presente trabalho apresenta os resultados do estudo de caracterização de sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, realizado nas localidades de Assentamento Esperança, Cristália e Lajedo, no município de Petrolina, PE, obtidos por meio do diagnóstico de aspectos estruturais e de manejo dos sistemas e da avaliação da qualidade da água armazenada. O estudo, fornecerá subsídios para adequações e/ou implementações de programas de gestão que visem à aplicação das normas vigentes referentes ao abastecimento de água potável e, conseqüentemente, possam garantir a segurança da potabilidade da água e a saúde das populações usuárias de tais sistemas.

## **Material e métodos**

### *Período de coleta de dados e localidades estudadas*

O município de Petrolina, PE, situa-se na região do Submédio São Francisco, cujo clima é do tipo BSw<sup>h</sup>, segundo a classificação de Köppen, correspondendo a uma região de clima árido, quente, com baixa pluviosidade (entre 250 e 800 mm anuais), com duas estações bem definidas: a estação chuvosa com a ocorrência de precipitações irregulares, alguns eventos de alta intensidade, de pouca duração e, a época seca, quase sem chuvas. Considerando que de acordo com Teixeira (2010), a estação chuvosa do Semiárido nordestino concentra-se entre os meses de fevereiro a maio, decidiu-se realizar amostragens que compreendessem os períodos nas estações seca e chuvosa, sendo então definidas duas expedições para coleta de dados, com a primeira nos meses de novembro e dezembro de 2010 e outra em março e abril de 2011. Os dados de precipitação nos respectivos meses estão dispostos na Tabela1.

Para a definição das localidades considerou-se a estrutura geopolítica do Município de Petrolina-PE a qual é composta por distritos, sede e povoados, num total de 15

localidades, definindo-se para este estudo três destas localidades: Assentamento Esperança, Cristália e Lajedo.

**Tabela 1.** Precipitação (mm), Petrolina, PE

Ano	Novembro	Dezembro	Total Anual
2010 (PS <sup>1</sup> )	0.3	107.5	331.3
2011 (PC <sup>2</sup> )	Março 42.2	Abril 52.8	237.3

<sup>1</sup>PS: Período Seco; <sup>2</sup>PC: Período Chuvoso.

Fonte: Estação Meteorológica Automática da UNIVASF, Petrolina, PE.

### Definições dos sistemas de captação de água de chuva para amostragem

Definiu-se que todos os sistemas existentes em escolas seriam avaliados e que seriam amostrados no mínimo, quatro sistemas domiciliares por sistema de captação escolar de forma aleatória. Em Cristália por possuir duas escolas, foram avaliados os dois sistemas de captação das escolas e oito sistemas de captação em domicílios. Lajedo possui apenas uma escola, porém foram definidos nove domicílios em função da disponibilidade de acesso a amostragem. Já no Assentamento Esperança por não haver escola foram definidos quatro domicílios para estudo. Ao todo, somam-se três sistemas de escolas e 21 de domicílios, totalizando 24 sistemas de captação de água de chuva contemplados na pesquisa.

### Aspectos físicos de conservação e do manejo

Os dados referentes aos aspectos físicos de conservação e do manejo do sistema, foram obtidos pela observação dos seguintes itens: existência de rachaduras, existência de tampa das cisternas, presença de impurezas no interior da cisterna, existência de calhas de captação e condução da água da chuva. Similarmente foi realizado o diagnóstico do manejo do sistema agregando informações sobre proximidade das cisternas a fossas e/ou banheiros, existência de dispositivo de desvio das primeiras águas e a forma de retirada da água.

Os dados foram obtidos por observação direta (*in loco*), com anotações das condições gerais das cisternas, registros fotográficos, conversas informais, seguida da aplicação de questionário direcionado aos usuários dos sistemas de captação perguntando-se para que usam a água, se fazem algum tipo de tratamento antes do consumo e qual a origem da água. Aplicaram-se entre escolas e domicílios, 24 questionários na forma de entrevistas feitas aos responsáveis pelos sistemas, abordando-se questões relativas ao uso da água, ao tratamento, a sustentabilidade do sistema no período seco, ao abastecimento da cisterna com água de outras origens que não da chuva.

### Aspectos de qualidade da água

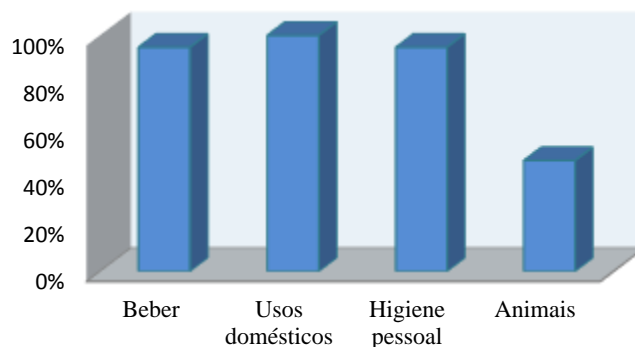
A caracterização da qualidade da água foi obtida por avaliação físico-química e bacteriológica de amostras da água armazenada nas cisternas, através dos parâmetros de pH, turbidez, cor, coliformes termotolerantes, avaliando-se a presença ou ausência da bactéria *Escherichia coli* (*E. coli*), todos preconizados pela Portaria 2914/2011 (BRASIL, 2011). A condutividade elétrica (CE), embora não possua valores padrões de potabilidade definidos na Portaria 2914/11, sua determinação foi realizada por ser indicativo de salinidade e de contaminação por esgotos domésticos, os quais podem ocasionar aumento em seus valores.

Para fins de avaliação de resultados da qualidade da água foram adotadas recomendações e normas referentes a sistemas alternativos de abastecimento de água, conforme Portaria 2914/2011 (Brasil, 2011), especificamente considerando os Artigos 4º, 5º, 27º, e 30º – *Do Padrão de Potabilidade*, observando-se o atendimento ou não à referida Portaria. Os procedimentos de coleta e analíticos seguiram as metodologias do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998) com análises realizadas em triplicata.

## Resultados e discussão

### Uso da água e conservação dos sistemas

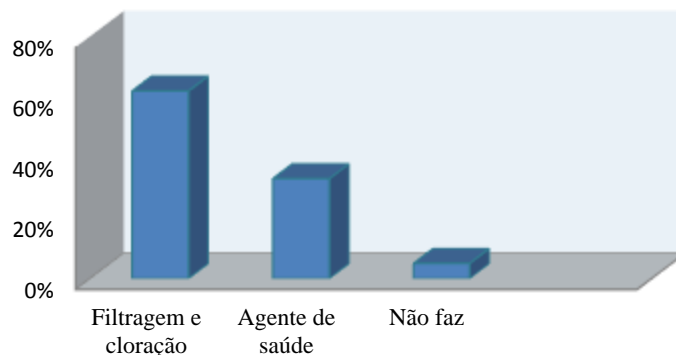
Observou-se que, em relação ao uso da água, 95% dos domicílios pesquisados utilizam a água das cisternas para beber e para higiene pessoal (banho e escovar dentes). A totalidade dos entrevistados faz uso da água das cisternas para cozinhar, lavar pratos e lavar roupa e 47% a utilizam para fornecer aos animais (Figura 1). A constatação de que 95% usam a água para dessedentação humana, confirma a real necessidade de garantir a segurança sanitária dessas águas.



**Figura 1.** Usos da água de cisternas rurais nas três localidades estudadas

Do total de entrevistados, 62% relataram que eles próprios tratam a água por meio de processo de cloração e filtração, e 33% deles afirmaram que são os agentes comunitários

de saúde que tratam a água fazendo a desinfecção. Apenas 5% afirmaram não fazer qualquer tratamento na água da cisterna (Figura 2). Quase a totalidade dos entrevistados aplica algum tratamento à água antes do consumo. De fato, quando a água é utilizada para consumo humano é indispensável seguir procedimentos que assegurem a qualidade da mesma (Amorim e Porto, 2001).



**Figura 2.** Tratamento aplicado à água de cisternas rurais nas três localidades estudadas

Os resultados obtidos quanto aos aspectos estruturais, mostram que 24% das cisternas apresentaram rachaduras (Figura 3a). As rachaduras das cisternas, além de vulnerabilizarem a qualidade da água por serem pontos de infiltrações, indicam a ausência de manutenção dos sistemas. Em contra partida, verificou-se que a maioria das cisternas possuía tampa, num percentual de 76%, embora nem todas se apresentaram em perfeito estado de conservação ou eram adequadas, conforme mostra a Figura 3b e 3c, propiciando também possível contaminação da água, conforme afirmam Meira Filho *et al.* (2009)



**Figura 3.** Rachadura (a) e estado de conservação das tampas de cisternas em Lajedo – PE (b) (c)

Constatou-se que em 38% das cisternas havia presença de impurezas, o que confirma a inadequação do sistema de vedação. O estudo também evidenciou que em 38% dos



sistemas não foram identificadas calhas para condução da água captada pelo telhado, não possibilitando assim, a entrada da água de chuva na cisterna.

#### Manejo dos sistemas de captação e armazenamento

A totalidade dos responsáveis pelos sistemas escolares e domiciliares afirmaram que as cisternas não são abastecidas apenas com água da chuva e que, a água recebida, provém do Rio São Francisco, por meio de carros-pipas abastecidos no canal de irrigação de Uruás. De acordo com Codevasf (2011), este canal é parte integrante do Sistema Adutor Uruás, o qual capta água do rio São Francisco para abastecer os aglomerados urbanos de Uruás, Cruz de Salinas e Atalho. Percebe-se que a água captada da chuva não está sendo suficiente para abastecer as famílias nos períodos de estiagem, e conseqüentemente, que a sustentabilidade do sistema se mostra comprometida.

Identificou-se que 48% das cisternas escolares e domiciliares estão próximas a fossas e/ou banheiros e, que, em apenas 38% dos domicílios há dispositivo de descarte das primeiras águas de chuva. Devido à inexistência de bombas ou dificuldades no seu manuseio, 95% das famílias avaliadas retiram água das suas cisternas de forma manual, utilizando baldes plásticos ou latas. A forma como é retirada a água da cisterna é determinante para a segurança sanitária, pois o uso de utensílios como baldes e latas apresentam riscos de contaminação. Palhares *et al.* (2012) concluíram que a presença de *E. coli* em amostras da água de chuva armazenada em cisternas esteve relacionada ao incorreto manejo da cisterna e que, a tecnologia apresenta viabilidade para o uso proposto, desde que as boas práticas de manejo sejam consideradas.

#### Qualidade físico-química da água de cisternas escolares e domiciliares

As Tabelas 2 e 3 apresentam os resultados de qualidade físico-química da água obtidos nas cisternas escolares e domiciliares, respectivamente nas localidades estudadas. O valor médio da CE das águas das cisternas no período seco foi de 108.8  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e no período chuvoso de 104.2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . O maior valor ocorreu no período chuvoso na cisterna escolar de Cristália, 315.3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e no domicílio de Lajedo, 401.9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , relativo ao período seco. Os menores valores foram na cisterna escolar de Cristália, 56.35  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no período seco, e na cisterna domiciliar de Lajedo no período chuvoso, 51.43  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Estes valores podem estar relacionados à origem da água que é o rio São Francisco pois, segundo Peres (2012) e Batista *et al.* (2016), a CE da água do São Francisco em trecho da cidade de Petrolina, é da ordem de 75  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , variando entre 56,9 a 510  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sendo esta afetada por chuvas que ocorrem à montante do município. Embora tenha havido variações nos valores da CE, estes foram baixos, pois as águas naturais apresentam condutividade elétrica entre 10 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , e as águas potáveis entre 50 e 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Brasil, 2006). Os baixos valores de CE predominantes nas amostras, indicam que as mesmas não tiveram contato com esgotos domésticos.

**Tabela 2.** Características físico-químicas das amostras de água em cisternas escolares

LOCALIDADE	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )		pH		TURBIDEZ ( $\mu\text{T}$ )		COR ( $\mu\text{H}$ )
	PS <sup>1</sup>	PC <sup>2</sup>	PS <sup>1</sup>	PC <sup>2</sup>	PS <sup>1</sup>	PC <sup>2</sup>	PS <sup>1</sup>
Assentamento Esperança	56.35	168.3	7.62	7.30	3.12	11.0	4.6
Cristália	79.94	315.3	7.69	7.08	4.00	29.6	6.6
Lajedo	78.2	60.42	7.61	7.14	1.92	1.78	10

<sup>1</sup>PS: Período Seco; <sup>2</sup>PC: Período Chuvoso. Definidos conforme Teixeira (2010).

**Tabela 3.** Características físico-químicas das amostras de água em cisternas domiciliares

LOCALIDADE	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}^1$ )		pH		TURBIDEZ ( $\mu\text{T}$ )		COR ( $\mu\text{H}$ )
	PS <sup>1</sup>	PC <sup>2</sup>	PS <sup>1</sup>	PC <sup>2</sup>	PS <sup>1</sup>	PC <sup>2</sup>	PS <sup>1</sup>
Assentamento Esperança	79.2	79.7	6.67	7.48	1.50	2.34	2.5
	100.3	84.0	8.50	7.55	10.20	1.31	1.8
	58.5	89.2	8.20	7.63	1.67	0.67	3.9
	70.3	98.2	7.91	9.23	1.88	1.87	1.6
Cristália	72.5	93.0	7.51	7.46	1.67	3.14	4.2
	104.4	103.7	7.49	7.26	13.4	1.90	23.3
	106.7	99.0	7.46	7.33	1.58	3.48	4.1
	99.5	95.2	7.42	7.35	1.23	2.00	2.6
	76.2	96.1	7.66	7.25	1.26	3.89	5.9
	104.6	241.1	7.53	7.22	1.28	3.11	3.4
	84.0	90.9	7.64	7.39	1.24	1.03	2.6
	128.7	99.6	7.48	7.26	19.7	4.66	33.8
Lajedo	121.1	125.5	7.48	7.49	1.04	1.04	6.5
	401.9	60.9	7.22	7.76	1.36	1.30	13.1
	70.4	72.8	7.24	7.77	1.66	1.15	6.1
	219.3	64.7	7.44	7.72	1.20	1.25	7.7
	107.5	60.9	7.14	7.76	1.21	1.30	5.8
	104.3	51.4	5.34	7.89	1.84	1.56	5.6
	113.3	63.7	6.62	7.87	1.24	1.19	4.5
	97.3	57.1	6.84	7.72	1.09	0.99	...
114.3	52.9	7.08	7.78	1.78	1.21	5.3	

<sup>1</sup>PS: Período Seco; <sup>2</sup>PC: Período Chuvoso. Definidos conforme Teixeira (2010).

Todas as amostras escolares e domiciliares apresentaram valores de pH dentro do Valor Máximo Permitido (VMP) preconizado pela Portaria 2914/11, ou seja, na faixa de 6.0 e



9.5, exceto uma amostra na localidade de Lajedo, com pH de 5.34 no período seco, considerada levemente ácida, e não tendo significado sanitário para o consumo humano.

Para a garantia da qualidade microbiológica da água, o Artigo 30º da Portaria 2914/11 estabelece que deva ser observado o padrão de turbidez conforme Quadro 1.

**Quadro 1.** Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção

TRATAMENTO DA ÁGUA	VMP <sup>(1)</sup>
Desinfecção (água subterrânea)	1.0 UT <sup>(2)</sup> em 95% das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	0.5 UT <sup>(2)</sup> em 95% das amostras
Filtração lenta	1.0 UT <sup>(2)</sup> em 95% das amostras

(1) Valor máximo permitido; (2) Unidade de turbidez. Fonte: Brasil (2011)

Complementando o Artigo 30º, o Inciso 1º, dispõe que entre os 5% dos valores permitidos de turbidez superiores aos VMP estabelecidos no Quadro 1, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser de 5.0 UT. Considerando-se então que as amostras de água analisadas são de cisternas rurais e por se tratar de água de chuva e/ou de fornecimento por carros-pipa conforme diagnosticado neste trabalho, adota-se os Padrões da Portaria 2914/2011 referentes a sistemas alternativos de abastecimento abastecidos com água de manancial superficial (Quadro 1). Assim, infere-se que 100% das amostras das cisternas escolares e domiciliares em ambos os períodos não atenderam ao padrão de potabilidade, tanto no período seco como no período chuvoso.

O maiores valores foram verificados em Cristália, no período chuvoso e em cisterna escolar (29.6 UT) e no período seco em cisterna domiciliar (19.7 UT). A turbidez assume caráter sanitário, uma vez que o material em suspensão pode abrigar os microrganismos, protegendo-os da ação dos desinfetantes, prejudicando, assim, a desinfecção da água e justificando VMPs tão baixos (0,5 e 1,0 UT).

A averiguação da cor aparente foi realizada durante o período seco. Os valores estiveram dentro do permitido (15 uH) para água potável, exceto em duas amostras de Cristália, com 23.3 e 33.8 uH, sendo as mesmas amostras que apresentaram valores de turbidez fora do padrão. Embora apenas 8,3% das amostras não tenham atendido ao VMP estabelecido pela legislação vigente, a cor é esteticamente indesejável para o consumidor, pois pode levá-lo a consumir água de fontes não confiáveis.

#### Qualidade bacteriológica da água de cisternas escolares e domiciliares

As análises bacteriológicas mostraram que no período seco as amostras das cisternas escolares não apresentaram a *E. coli*. No período chuvoso apenas a cisterna da escola de

Lajedo apresentou *E. coli*, representando um percentual de 25% de contaminação. Em 50% das amostras de domicílios no Assentamento Esperança no período seco, houve presença de *E. coli*. Já na segunda coleta, realizada em abril de 2011 (período de chuva), foi constatada a presença de coliformes fecais em 75% das amostras, ou seja apenas uma amostra não apresentou a *E. coli*. (Tabela 4).

**Tabela 4.** Amostras de água de cisternas domiciliares quanto à *E. coli*

	Assentamento Esperança		Cristália		Lajedo	
	PS <sup>1</sup>	PC <sup>2</sup>	PS <sup>1</sup>	PC <sup>2</sup>	PS <sup>1</sup>	PC <sup>2</sup>
Nº de amostras com presença de <i>E. coli</i>	2	3	4	8	8	9
Nº de amostras com ausência de <i>E. coli</i>	2	1	4	0	1	0

<sup>1</sup>PS: Período Seco; <sup>2</sup>PC: Período Chuvoso

Na localidade de Cristália, para o período seco, embora as amostras das cisternas escolares não tenham apresentado contaminação por *E. coli*, 50% das amostras domiciliares apresentaram contaminação e todas no período chuvoso. Em Lajedo a contaminação por coliformes fecais ocorreu em 89% das amostras coletadas no período seco e em 100% das amostras coletadas no período chuvoso e, portanto em desconformidade com a norma de potabilidade vigente.

Embora os resultados das análises físico-químicas não tenham seguido em geral, uma tendência entre os períodos seco e chuvoso adotados neste trabalho, observou-se que em todas as localidades estudadas houve aumento no nível de contaminação fecal do período seco para o período chuvoso.

Segundo os dados meteorológicos fornecidos pela Tabela 1, observa-se que praticamente não houve variação na lâmina precipitada de uma campanha para outra (107,8 mm no período seco e 95,0 mm no chuvoso), embora tenha havido variações entre os meses visto que, no mês de novembro choveu 0.3 mm e em março 42.2 mm. Já no mês de abril, tido como período chuvoso, a precipitação foi menor que a do mês de dezembro, definido como seco. Este comportamento pluviométrico corrobora com afirmações de Andrade *et al.* (2015) que, em geral, o Semiárido é caracterizado por distribuição irregular da precipitação no tempo, estando sujeito cada vez mais a secas, exigindo a adoção de medidas mitigadoras e adaptativas. Assim pressupõe-se que a definição de períodos seco e chuvoso podem não ser apropriadas.

Por outro lado esse resultado pode estar na normalidade, visto que, no período chuvoso a água da chuva “lava” o telhado das moradias, que serve como área de captação, carreando material orgânico para a cisterna e que o presente estudo identificou que em 68% dos domicílios não há dispositivo de desvio das primeiras águas de chuva. Segundo Xavier (2010), a adoção de múltiplas barreiras sanitárias ao longo do sistema de captação e armazenamento em cisternas é fundamental para fornecer água segura para o consumo humano. Souza *et al.* (2011) avaliando a eficácia dos sistemas de desvio das primeiras águas não detectaram a presença de *E. coli* em nenhuma das amostras analisadas, salientando que a presença destas bactérias em cisternas, pode estar relacionada ao manuseio inadequado da água pelos usuários das cisternas.

A presença de *E. coli* nas amostras de água também pode ter sido em função da não utilização de bombas como instrumento auxiliar de retirada da água, o qual se configura juntamente com os dispositivos de desvios das primeiras águas, como efetiva barreira sanitária à contaminação da água. Fato corroborado por este diagnóstico em que 95% dos domicílios avaliados retiram água das cisternas utilizando baldes plásticos ou latas, e apenas 5% dos sistemas de captação avaliados possui bomba para retirada da água.

Embora possa se considerar que o universo amostral desta pesquisa foi limitado e que tal constatação deve ser considerada, mas não generalizada, Silva *et al.* (2012) em estudo de cisternas para armazenamento de água de chuva e efeito na diarreia infantil, em área rural do Semiárido de Minas Gerais observou que as barreiras sanitárias que auxiliam na manutenção da qualidade da água não estavam sendo amplamente adotadas e que 77% das amostras de água analisadas não estavam em conformidade com o critério microbiológico de potabilidade estabelecido pela Portaria 2914/2011.

Outro fator de grande influência na qualidade bacteriológica da água armazenada é o abastecimento das cisternas por carros-pipa ou veículos transportadores, devido aos longos períodos de estiagem que ocorrem na região, de forma que a água de chuva das cisternas não tem sido suficiente para atender às necessidades das famílias rurais. Segundo Amorim e Porto (2003), esse tipo de provimento com carros-pipa é uma possível fonte de contaminação principalmente pela falta de garantia da qualidade da água de origem, pela possibilidade de contaminação no transporte e pelas condições sanitárias dos veículos transportadores. De fato, a totalidade dos sistemas de captação escolares e domiciliares afirmaram que as cisternas são abastecidas por veículos transportadores.

## Conclusões

Este trabalho objetivou diagnosticar os aspectos das estruturas físicas e de manejo de sistemas de captação de água de chuva e avaliar a qualidade da água armazenada, e seu

atendimento à Portaria de Potabilidade 2914/2011 nas localidades do Assentamento Esperança, Cristália e Lajedo, Município de Petrolina, PE.

Destaca-se como principal conclusão que a qualidade da água armazenada nas cisternas não atendeu aos padrões físico-químicos e bacteriológicos de potabilidade indicando que não foram tratadas e que portanto, não poderiam ser destinadas ao consumo humano.

Os sistemas de captação de água de chuva apresentaram vulnerabilidades as quais afetaram à segurança da qualidade da água. Isto se deve tanto pelo estado de conservação dos sistemas, quanto pelo seu manejo e sustentabilidade, visto que apresentaram estruturas danificadas e em mau estado de conservação, além da ausência de elementos mínimos como dispositivos de desvios das primeiras águas e bombas para retirada da água e principalmente pelo fato de que, todos os sistemas foram abastecidos com água de veículos transportadores, sendo oriunda de um canal de irrigação, cuja própria finalidade não a define como potável.

Para garantir a segurança da potabilidade da água dos sistemas de captação de água de chuva e a saúde das populações usuárias de tais sistemas, recomenda-se a implantação de ações voltadas à manutenção e conservação das estruturas físicas, ao manejo adequado, principalmente quanto à utilização de barreiras sanitárias como o dispositivo de descarte das primeiras chuvas assim como, quanto ao controle de qualidade da água das cisternas abastecidas através de veículos transportadores, a qual, em geral, não é potável.

### **Agradecimentos**

*Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro ao projeto e pela concessão das bolsas de pesquisa.*

### **Referências bibliográficas**

- Amorim, M.C.C., Porto, E.R. (2001) Avaliação da Qualidade Bacteriológica da Água de Cisternas: Estudo de Caso no Município de Petrolina-PE, *Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semiárido*, Campina Grande, Brasil.
- Amorim, M.C.C., Porto, E.R. (2003) Considerações Sobre Controle e Vigilância da Qualidade de Água de Cisternas e seus Tratamentos. *Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semiárido*, Juazeiro, Brasil.
- Andrade, T.S., Nóbrega, R.L.B., Ribeiro Neto, A., Galvão, C.O. (2015) Estratégias de adaptação e gestão do risco: o caso das cisternas no Semiárido brasileiro. Acesso em 06 de fevereiro de 2017, disponível em: <http://climacom.mudancasclimaticas.net.br/?p=1819>
- APHA (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th ed, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, USA.

- ASA, Articulação no Semiárido. P1MC - Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: um Milhão de Cisternas Rurais. Acesso em: 10 de março de 2011. Disponível em: [http://www.asabrasil.org.br/Portal/Informacoes.asp?COD\\_MENU=1150](http://www.asabrasil.org.br/Portal/Informacoes.asp?COD_MENU=1150)
- Batista, P.H.D., Feitosa, A.K., Leite, F.E. Sales, M.M. Silva, H.B. (2016) Avaliação da qualidade das águas dos rios São Francisco e Jaguaribe para fins de irrigação. *Agropecuária Científica no Semiárido*, **12**(1), 48-54.
- Brasil (2006) Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p. – (Série B. Textos Básicos de Saúde) ISBN 85-334-1240-1
- Brasil (2011) *Portaria nº 2914/2011 - Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade*. 2011.
- Brito, L.T.L., Amorim, M.C.C., Leite, W. de M.L. (2007) Qualidade de água para consumo humano. Petrolina: Embrapa Semiárido.
- CODEVASF, Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e Parnaíba. Acesso em 16 de dezembro de 2011, disponível em: <http://www.codevasf.gov.br/noticias/2006/lancado-edital-da-adutora-de-caititu/>.
- Gnadlinger, J.A. (2000) Colheita de água de chuva em áreas rurais. Juazeiro-BA. IRPAA, 40p.
- Palhares, J.C.P., Guidoni, A.L. (2012) Qualidade da água de chuva armazenada em cisterna utilizada na dessedentação de suínos e bovinos de corte, *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, **7**(1), 244-254.
- Meira Filho, A.S., Nascimento, J.W.B. do; Lima, V.L.A. de; Santos, J.S. dos (2009) Desenvolvimento de um modelo de captação de água de chuva para o semi-árido do Brasil, *Revista Engenharia Ambiental*, **6**(1), 121-136.
- Peres, J.M. (2012) *Avaliação da qualidade da água do rio São Francisco nos municípios de Petrolina-PE e Juazeiro-BA*, Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos), Universidade Federal de Pernambuco, 96 pp
- Silva, C.V., Heller, L., Carneiro, M. (2012) Cisternas para o armazenamento de água de chuva e efeito na diarreia infantil: um estudo na área rural do semiárido de Minas Gerais, *Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental*, **17**(4), 393 – 400.
- Souza, S.H.B. de; Montenegro, S.S.G.L., Santos, M. dos; Pessoa, S.G.S. (2011) Avaliação da Qualidade da Água e da Eficácia de Barreiras Sanitárias em Sistemas para Aproveitamento de Águas de Chuva. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **16**(3), 81- 93.
- Tavares, A.C. (2009) *Aspectos físicos, químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de comunidades rurais no semiárido paraibano*, Tese de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Departamento de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Estadual da Paraíba, 166 pp.
- Teixeira, A.H. de C. (2010) Informações agrometeorológicas do polo Petrolina, PE/Juazeiro - 1963 a 2009. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Semiárido / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
- Xavier, R.P. (2010) *Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano*, Tese de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, 130 pp.