



Escola Nacional de Administração Pública

***A ÁGUA DA CHUVA É SEGURA PARA BEBER? UMA REVISÃO SOBRE A  
SEGURANÇA SANITÁRIA DAS ÁGUAS DE CISTERNAS RURAIS***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para  
obtenção do grau de Especialista em Políticas de Gestão Ambiental - EGPA.

Aluno: Jamaci Avelino do Nascimento Júnior

Orientador(a): Prof. MsC. Vitor Leal Santana

Brasília – DF

Agosto/2020

## ***A ÁGUA DA CHUVA É SEGURA PARA BEBER? UMA REVISÃO SOBRE A SEGURANÇA SANITÁRIA DAS ÁGUAS DE CISTERNAS RURAIS***

Autor: Jamaci A. N. Júnior

Analista de Infraestrutura – Ministério da Economia

**Palavras-chave:** Cisternas rurais, qualidade da água, segurança sanitária.

### **Resumo**

As tecnologias de captação e armazenamento de água da chuva têm melhorado o acesso à água e conseqüentemente a vida de comunidades rurais no semiárido do Brasil. Em regiões com chuvas escassas, estes sistemas têm auxiliado no suprimento para o consumo humano, em especial nos meses de estiagem. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo realizar avaliação sobre a segurança sanitária da água de chuva captada e armazenada em cisternas rurais para consumo humano. Para isso, foi realizado levantamento bibliográfico visando identificar as principais publicações de cunho epidemiológico descritivo acerca do uso da captação de água das chuvas para fins de consumo humano em cisternas. Este estudo trouxe resposta quanto à segurança sanitária da água de chuva armazenada em cisternas de placas, apontando que os riscos epidemiológicos associados às cisternas são pequenos. Entretanto, estudos recentes recomendam que todo esforço deve ser feito para minimizar a contaminação das águas das cisternas usadas para consumo humano. A capacitação e mobilização dos beneficiários das cisternas, bem como a inclusão de dispositivos de proteção sanitária, são aspectos centrais para melhor qualidade da água, para minimizar possíveis riscos à saúde e garantir o correto funcionamento destes sistemas.

## Introdução

A água tem influência direta sobre a saúde, a qualidade de vida e o desenvolvimento do ser humano. Para a Organização Mundial da Saúde (OMS) e seus países membros, “[...] todas as pessoas, em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições sócio-econômicas têm o direito de ter acesso a um suprimento adequado de água potável e segura” (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE, 2001, p. 1). A Organização Pan-Americana de Saúde (*apud* LUNA, 2011, p. 21), define o sentido do termo “Segura”, como sendo:

[...] uma oferta de água que não representa um risco significativo à saúde, de quantidade suficiente para atender a todas as necessidades domésticas, que está disponível continuamente e a um custo acessível. Estas condições podem ser resumidas em cinco palavras-chave: qualidade, quantidade, continuidade, cobertura e custo.

Para Andrade Neto (2015), o acesso limitado à água de boa qualidade e em quantidade suficiente acarreta o aumento da pobreza, das doenças e da fome, problemas que poderiam ser amenizados com um eficiente abastecimento de água que atenda os padrões de potabilidade. O problema fica mais evidente no semiárido nordestino, com os longos períodos de estiagem típicos da região e a falta de aproveitamento adequado das águas do período chuvoso.

Ainda segundo Andrade Neto (2015), no semiárido brasileiro o sistema de captação e armazenamento de água de chuva em cisterna pode ser uma solução alternativa não-coletiva de abastecimento de água. O autor sugere que a reservação por meio de cisternas seria uma forma simples de obtenção de água que permite conseguir, mesmo com baixo índice pluviométrico típico da região, quantidade de água suficiente para suprir as necessidades básicas de uma família (beber e cozinhar) durante o período de escassez.

Baseado neste contexto, o extinto Ministério de Desenvolvimento Social, hoje Ministério da Cidadania, atua por meio do Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e Outras Tecnologias Sociais — Programa Cisternas, política pública instituída por meio da Lei nº 12.873/2013, regulamentada atualmente pelo Decreto nº 9.606/2018, e que tem por objetivo a promoção do acesso à água para consumo humano e para a produção de alimentos às famílias pobres e escolas públicas localizadas no meio rural e atingidas pela seca ou falta regular de água no Brasil (SANTANA; RAHAL,

2020). Esses autores descrevem que a proposta do Programa do Ministério da Cidadania

[...] é apoiar a implementação de tecnologias sociais, sendo essas intervenções simples e de baixo custo, adaptadas a contextos de vulnerabilidade social e ambiental e que buscam oferecer soluções efetivas para que famílias e comunidades isoladas possam acessar água de qualidade e em quantidade adequadas (SANTANA; RAHAL, 2020, p.155).

Santana e Rahal (2020, p. 155), descrevem ainda, que:

[...] a implantação dessas tecnologias, em especial as cisternas, tem sido apoiada como ação do governo brasileiro pelo menos desde 2002, sendo que a partir de 2004 ela é inserida como parte da estratégia para superação da pobreza, garantia da segurança alimentar e convivência/adaptação climática.

Assim, o governo brasileiro, ao longo dos anos, tem aportado recursos para a construção de cisternas tipo de placas pré-moldadas de concreto e arame liso, rebocada por dentro e por fora, sobretudo na região do semiárido, tanto para oferecer água para consumo humano, em uma perspectiva de direito básico, quanto para estruturar cadeias produtivas ambiental e socioeconomicamente sustentáveis, dentro de uma lógica de emancipação, geração de renda e agregação de valor (SANTANA; RAHAL, 2020).

No período de 2003 a 2018 foram investidos mais de R\$ 3,6 bilhões (cerca de US\$ 900 milhões), beneficiando diretamente mais de 1,2 milhão de famílias, sendo 1 milhão com tecnologias voltadas para a captação e armazenamento de água para consumo humano, principalmente as cisternas de placas de 16 mil litros, cerca de 200 mil com tecnologias que viabilizam a produção de alimentos e a criação de pequenos animais, além de 6,8 mil escolas públicas rurais (BRASIL, 2019 *apud* SANTANA; RAHAL, 2020).

O Programa Cisternas, historicamente, constitui-se de práticas sociais delineadas de forma exitosa nos campos político, social e econômico. Porém, por se tratar de uma política pública de acesso à água, necessário se faz uma avaliação epidemiológica dos fatores que interferem na qualidade da água armazenada em cisternas, com vistas a sua consolidação também no campo do acesso seguro e potável da água. Com isso, é importante a execução de experimentos controlados que respondessem à questão quanto à segurança hídrica das cisternas.

Nesta perspectiva, o objetivo deste trabalho é trazer elementos que permitam discutir a segurança sanitária da água de chuva captada e armazenada em cisternas rurais

para consumo humano.

A metodologia utilizada neste trabalho quanto aos objetivos é de caráter exploratório e quanto à natureza das fontes utilizadas classifica-se como sendo de revisão bibliográfica. Como procedimento de pesquisa, foi realizado levantamento bibliográfico visando identificar as principais publicações de cunho epidemiológico descritivo acerca do uso da captação de água das chuvas para fins de consumo humano em cisternas, tratadas na gestão pública como ações de tecnologias sociais de aproveitamento de água pluvial utilizadas, sobretudo no semiárido para mitigar os efeitos da escassez de água.

Nesse contexto, o método para a apresentação desse artigo se baseia na descrição da tecnologia de captação e armazenamento de água da chuva para consumo humano em cisternas, por meio de breve relato sobre o equipamento reservatório de água e seus principais acessórios, contextualizando a técnica em si de captação de água, bem como, a importância da cisterna para população residente do semiárido e, ainda, uma sucinta descrição da metodologia e discussões de resultados provenientes do levantamento bibliográfico. Por fim, as conclusões, por levantamento de hipóteses a partir do que havia sido concluído por estudos epidemiológicos analisados.

### **Razões para captar a água de chuva para consumo humano**

Reduzir pela metade a proporção de pessoas sem acesso sustentável à água potável e ao saneamento básico é um dos sete objetivos dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM).

Segundo Sena *et al.* (2015) em seu estudo de revisão dos ODS, observa-se que todos os objetivos estão relacionados com saúde, em maior ou menor intensidade, e que muitos se relacionam com a questão de água. Ainda no mesmo artigo, os autores concluem que uma análise bem detalhada dos determinantes que implicam sobre a saúde e que têm relação com os ODS, tais como pobreza, fome, baixa educação, falta de acesso a emprego e de inclusão social, moradias precárias, crescimento populacional acelerado e desordenado e, principalmente, falta de acesso à água em quantidade e qualidade adequadas, serviriam como subsídio para a priorização e a implementação de ações, bem como a formulação de políticas públicas para um melhor desenvolvimento sustentável nessa área.

A coleta de água da chuva doméstica possibilita ainda uma série de atividades de produção em pequena escala, mesmo em áreas rurais e suburbanas onde as tecnologias tradicionais não podem fornecer água. Para garantir a sustentabilidade dos sistemas de captação de água da chuva para consumo humano através de cisternas, além do custo de instalação, manutenção e uso adequado, também existe o risco de doenças transmitidas pela água.

O acesso limitado à água de qualidade é um dos fatores que evidenciam o nível de pobreza em uma perspectiva multidimensional, além de provocar o aumento de doenças e da fome, e esses problemas podem ser aliviados por um suprimento eficaz de água que atenda aos padrões de água potável. Esse problema é mais pronunciado na região semiárida do Nordeste, onde a seca típica de longo prazo e a falta de aproveitamento total da água da estação chuvosa tornam a situação ainda mais difícil, sobretudo para populações isoladas no meio rural (SILVA *et al.*, 2007).

Além do acesso, discute-se a própria solução coletiva de abastecimento de água, geralmente mais viável nas áreas urbanas das cidades. No semiárido brasileiro, o sistema de captação e armazenamento de água de chuva em cisterna pode ser uma solução alternativa não-coletiva de abastecimento de água. É uma forma simples de obtenção de água que permite disponibilizar, mesmo com baixo índice pluviométrico típico da região, quantidade de água suficiente para suprir as necessidades básicas de uma família (beber e cozinhar) durante o período de escassez.

Nas áreas rurais, especialmente áreas com baixa densidade populacional e escassas fontes de água superficial e subterrânea, geralmente não é economicamente viável instalar estruturas coletivas de abastecimento de água e não há incentivo para estimular o investimento público. Mesmo nas áreas rurais onde os sistemas coletivos podem ser instalados, geralmente são necessárias soluções adequadas às condições socioeconômicas da comunidade para garantir que sejam sustentáveis ao longo do tempo.

No meio rural, as águas de chuva armazenadas em cisternas são utilizadas para consumos doméstico e animal e para irrigação. No Brasil, as águas das cisternas rurais são empregadas quase que exclusivamente para usos domésticos, inclusive para cozinhar e para beber, geralmente sem qualquer tratamento e, portanto, é de fundamental importância a segurança sanitária dessas águas.

Cisternas são tanques construídos para armazenar imediatamente as águas de chuva captadas em uma superfície próxima. No meio rural, são empregadas para atender às necessidades dos usos domésticos da água, que deve ter qualidade compatível com os padrões de potabilidade (água de beber).

Segundo a United Nations Children's Fund (2008), o tanque para armazenamento de água pluvial é uma categoria especial de recipiente de armazenamento de água em casa. O fato da água estar armazenada em tanque de água pluvial significa que podem existir vias de contaminação potencial (rachaduras, difícil limpeza, manejo) e, por estar localizado fora da residência, muitas vezes é mais propenso à contaminação por animais e insetos. Longo tempo de armazenamento pode causar problemas de qualidade, incluindo o crescimento de algas (se não protegida da luz) e larvas de mosquito.

Não é recomendável construir a cisterna em locais próximos a currais, fossas, latrinas e depósitos de lixo, sendo recomendada distância mínima é de 15 metros desses lugares (FUNASA, 2014). A cisterna deve ser construída, preferencialmente, próxima à cozinha para facilitar o manuseio da água para o interior da residência, de preferência em local que passe o maior período na sombra e sem árvores nas proximidades, principalmente com raízes que possam causar danos à estrutura da cisterna. (FUNASA, 2014).

### **Componentes do Sistema de Coleta de Água de Chuva**

A coleta e armazenamento de água da chuva é uma prática há séculos em regiões áridas e semi-áridas, onde há pouca chuva ou chuvas irregulares durante os meses do ano. Para ser utilizada pelo homem, a captação de água da chuva requer um sistema de captação de água, que constitui uma unidade, chamada sistema de captação de água da chuva, composta principalmente por três elementos: área de captação de água (telhado ou calçada); área de captação de água; subsistema de condução (cisternas e tubulação) e reservatório (cisternas) (MEIRA FILHO *et al.*, 2005). Os reservatórios devem ser seguros e fechados para evitar vazamentos, evaporação ou poluição (KÜSTER *et al.*, 2006; UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND, 2008).

Em um sistema de captação de água da chuva, quando analisado comparativamente com um sistema de abastecimento (do manancial ao consumidor),

empiricamente, podemos aferir que consiste em um estágio de coleta (telhado), estágio de transporte (calhas ou canos), estágio de armazenamento e/ou reservatório (cisterna) e manejo (manipulação da água reservada, quando inexistente o bombeamento), podendo ocorrer contaminação da água em qualquer desses estágios.

### **Área de captação**

Um dos principais problemas com a água coletada da chuva são as superfícies que são usadas para captação, a exemplo dos telhados, que acumulam sujeiras durante períodos de estiagens, sendo necessário o descarte das primeiras águas que escorrem da área de captação. No semiárido os dois principais tipos de áreas de captação são o telhado e o calçadão (Figura 1).

A cisterna do calçadão, o próprio nome já diz, trata-se de uma cisterna onde a água é captada ao escorrer pelo calçadão até o tanque, utilizada para estocagem de água da chuva para produção de alimentos. Enquanto, a cisterna cujo a estrutura de captação é o próprio telhado da residência é utilizada para consumo humano. Assim, captar água da chuva do telhado viabiliza uma água de melhor qualidade na origem, além de diminuir o custo da implementação do sistema de aproveitamento de água de chuva.

O tipo de cisterna mais difundido no semiárido brasileiro é a cisterna de placas de 16 mil litros, construídas próximas aos domicílios das famílias rurais. Entretanto, outros tipos de cisternas são amplamente difundidos no Brasil e no mundo, como cisternas de tijolos, de tela e arame, ferrocimento, cal, PVC, fibra de vidro, entre outras. O mercado também dispõe de várias alternativas de reservatórios pré-fabricados, dentre eles destacam-se os reservatórios feitos de fibras de vidro e polietileno.

**Figura 1** - Tipos de cisternas implantadas no semiárido brasileiro pelo Programa Cisternas do Ministério da Cidadania.



(a) Cisterna de placas de 16 mil litros



(b) Cisterna calçada de 52 mil litros

Fonte: (BRASIL, 2019 *apud* SANTANA; RAHAL, 2020, p. 156).

O tipo e a condição do material do telhado irão afetar a qualidade da água. Por exemplo, no caso de telhados cerâmicos, sendo esse material mais permeável que o das telhas metálicas, parte da água será absorvida. Além disso, o escoamento das águas das chuvas sobre a cobertura de telhas cerâmicas, com alta velocidade, pode superar a resistência à abrasão do material e transportar sedimentos ao longo do seu percurso, tanto das partículas de sujeira depositadas superficialmente, quanto do próprio material que, no caso, é a cerâmica (BOULOMYTIS, 2007).

Cardoso (2009) comparou em Belo Horizonte/MG a qualidade da água que escoava de dois tipos de telhados diferentes, um com telhas de cerâmicas e outro com telhas metálicas. O telhado metálico, de modo geral, apresentou a água de melhor qualidade do que água captada em cisternas com telhas cerâmicas, em destaque para os indicadores microbiológicos. Isso pode ser justificado pelo fato de que a telha metálica ao ser aquecida provavelmente inativa muitos microrganismos ali presentes.

Segundo trabalhos de Blackburn *et al.* (2005) e Schüring e Schwientek (2005), em estudos realizados em comunidade do sertão do Pajeú-PE, a cisterna com captação de água do telhado que não usa sistema de desvios das primeiras águas oferece mais riscos de contaminação microbiológico da água armazenada quando comparada às cisternas que usam área de captação tipo calçada.

Segundo Han Heijnen (2012) numerosas casas antigas ainda têm telhas de amianto e, ainda segundo o autor, o risco apresentado ao longo prazo do consumo de água potável contaminada com amianto tem sido estudado extensivamente. A fibra mineral do amianto, conhecida também como fibra de asbestos, é a matéria-prima de muitos produtos de baixo custo comuns em residências do Brasil inteiro, como caixas d'água e telhas. Proibido em mais de 50 países e responsável por cerca de 100 mil mortes por ano, segundo a OMS (UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND, 2008), o amianto gera duas dúvidas importantes para os consumidores: é perigoso ter um produto desses em casa? Quais são os riscos do amianto? Qual é a destinação correta para telhas ou caixas d'água?

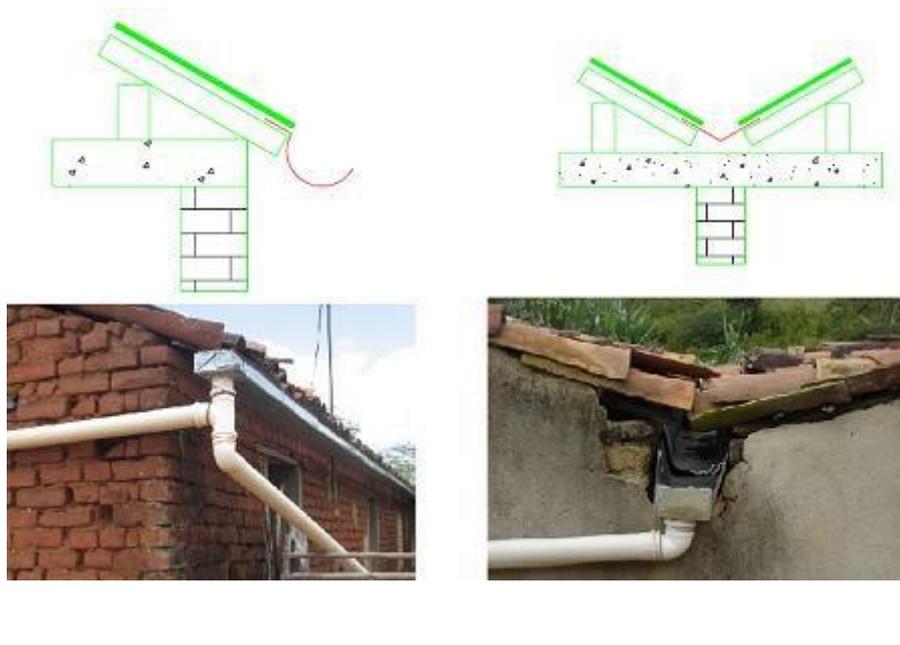
A exemplo de estudos do risco a saúde do uso de caixas d'água e telhas de amianto, Fernanda Giannasi (2020), explica que há riscos de uma pessoa desenvolver complicações como o câncer, caso possua objetos fabricados com amianto em casa, pois segundo a autora, o produto (caixa d'água ou telha) tem uma fina camada externa de cimento, mas com o tempo ocorre o desgaste e esses produtos liberam as fibras de asbestos ambiente. Também em seus estudos, a autora explica que na fase de instalação de uma telha, por exemplo, é comum que a telha seja perfurada e a poeira que se solta é altamente contaminante.

### **Subsistema de condução**

O subsistema de condução corresponde ao transporte da água captada no telhado até o seu despejo no interior da cisterna, através de sistema de calhas e dutos, sendo que na maioria das cisternas instaladas no semiárido brasileiro são usadas calhas de folha de zinco e tubos de PVC. A manutenção desse sistema é importante para a conservação da qualidade da água, uma vez que as calhas acumulam sujeiras, folhas, dejetos de pequenos animais e os dutos, por serem fechados e com aberturas nas extremidades, são um ambiente agradável para pequenos animais e insetos.

O desenho das calhas apresenta geralmente as seções em forma de V, U, semicircular, quadrada ou retangular. As calhas mais populares nas comunidades do semiárido são as do tipo calha de beiral instalada no beiral e a calha instalada no encontro das águas do telhado, chamado de calha de água furtada (Figura 2) (GHISI; GUGEL, 2005 *apud* XAVIER, 2010).

**Figura 2** - Tipos de calhas – a) calha de beiral; b) calha de água furtada.



Fonte: (GHISI; GUGEL, 2005 *apud* XAVIER, 2010, p. 18).

Embora não seja absolutamente essencial para o fornecimento de água potável, os sistemas de descarga e filtro, quando efetivamente operados e mantidos, podem melhorar significativamente a qualidade de escoamento do telhado. Se mal operados e mantidos sujos, no entanto, esses sistemas podem resultar na perda do escoamento da água da chuva, através de desvio ou transbordamento desnecessário e até a contaminação do fornecimento.

No tocante ao manejo, existem duas estratégias que são mais utilizadas: o desvio das primeiras chuvas e o desvio das primeiras águas de cada evento chuvoso.

No manejo do desvio das primeiras chuvas, o sistema de descarga é utilizado no início de todo o período chuvoso, ou seja, será descartada a primeira água da primeira precipitação, e permanece sem descarte as demais precipitações do período chuvoso. Enquanto no manejo das primeiras águas de cada evento chuvoso é sempre utilizado no início de cada um dos eventos (chuvas) em todo o período chuvoso, ou seja, a primeira água de cada uma das precipitações do período chuvoso são descartadas.

Apesar da primeira técnica ser mais difundida no semiárido, acredita-se que a estratégia referente ao desvio das primeiras águas de cada evento chuvoso,

independentemente da sua distribuição temporal, seja mais eficiente, pois a própria atmosfera e área de captação podem receber o acúmulo de sujeiras entre um evento chuvoso e outro, sendo recomendado o desvio das primeiras águas de cada precipitação.

Quanto à determinação do volume de água desviada que deve ser suficiente para limpar a atmosfera, a área de captação, as calhas e os dutos, as opiniões são diversas. Vários fatores alteram a qualidade inicial da água da chuva como o número de dias secos antecedentes à precipitação, a intensidade inicial da mesma, a variedade de contaminantes presentes e tipo de área de captação. Esses fatores deveriam ser levados em consideração, mas geralmente não são avaliados devido à dificuldade de se analisar a sua real influência, quando comparados com os fatores relacionados com as finalidades para o uso da água, ou seja, se para fins potáveis ou não (LIMA, 2015; ARAÚJO, 2017; FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2014; HAGEMANN, 2009).

Entretanto, A NBR 15527/07 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) recomenda que na falta de dados deve-se descartar os primeiros 2 mm de chuva e que a limpeza do dispositivo de eliminação da primeira chuva deve ser realizada mensalmente

## **Manejo**

A qualidade da água da cisterna também está diretamente associada ao manejo, seja o manejo da água pelo morador, seja o manejo físico do sistema de captação e armazenamento. Manter a cisterna íntegra, fechada, livre de animais, fazer a lavagem anual do reservatório, como também a manutenção do sistema de captação, bem como realizar o manejo correto da bomba manual e do sistema de desvio das primeiras águas, no conjunto, refletem boas práticas de manejo físico do sistema.

O manejo da água pelo usuário revela-se um ponto crítico e importante na conservação da qualidade da água, uma vez que a água armazenada na cisterna necessita de transporte e armazenamento no interior da residência, seja para consumo humano, cozinhar e/ou higiene pessoal. Proteger a água da contaminação durante o transporte e armazenamento é tão importante quanto proteger a própria fonte. O manejo de forma inadequada é uma das principais formas de contaminação da água (HEIJNEN, 2012). Por muitas vezes, a água no interior da residência é mais contaminada do que a fonte

(UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND, 2008).

### **Qualidade da água armazenada em cisternas**

Os requisitos de qualidade, bem como a segurança sanitária, estão diretamente relacionados ao uso que será dado à água. Quando a cisterna é para usos domésticos, a água deve atender aos padrões de potabilidade, no Brasil estabelecidos pela Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e pela Portaria de Consolidação n.05 de 28 de setembro de 2017, em seu Anexo XX, do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011).

Basicamente, a água potável (para consumo humano como bebida) deve ter sabor e odor agradáveis (não objetáveis), não conter microrganismos patogênicos (ausência de *Escherichia coli* ou coliformes termotolerantes em 100 ml), ter baixas unidades de cor aparente e turbidez e não conter substâncias químicas em quantidades (concentrações) que possam causar mal à saúde humana.

A água das chuvas é geralmente excelente para vários usos, inclusive para beber, exceto em locais com forte poluição atmosférica, densamente povoados ou industrializados. Metais pesados, especialmente chumbo, são potencialmente perigosos em áreas de densidade de tráfego alta ou nas redondezas de indústrias. Substâncias químicas orgânicas, como organoclorados e organofosfatados, usadas em venenos, praguicidas e herbicidas, quando em altas concentrações na atmosfera, também podem contaminar a água da chuva. Contudo, a contaminação atmosférica da água das chuvas normalmente é limitada a zonas urbanas e industriais fortemente poluídas e, mesmo nestes locais, a água de chuva quase sempre tem uma boa qualidade química (dureza, salinidade, alcalinidade, etc) para vários usos, inclusive para diluir águas duras ou salobras. A contaminação microbiológica na atmosfera é ainda mais rara que a contaminação química (HEIJNEN, 2012).

Na maioria das localidades do mundo, especialmente em áreas rurais e em pequenas cidades, os níveis de poluição e contaminação da atmosfera são baixos e não atingem concentrações capazes de comprometer significativamente a qualidade da água

das chuvas, que é a água natural disponível de melhor qualidade, salvo raras exceções.

A estrutura de captação, calhas e dutos e o reservatório de armazenamento de águas pluviais são de suma importância não apenas como estruturas físicas para coleta e armazenamento da água de chuva, tais sistemas são importantes barreiras sanitárias, que manuseados de forma adequada minimizam a contaminação microbiana da água armazenada na cisterna.

O telhado ao longo de períodos de estiagem acumula sujeira, como dejetos de pássaros e pequenos mamíferos, depósitos de poeiras, microorganismos e folhas; o duto, por ser ambiente fechado é abrigo para pequenos insetos e animais. A cisterna também é um ambiente vulnerável, sua estrutura física deve ser mantida íntegra, a tampa fechada e seu interior deve ser lavado a cada período de estiagem (cada ano). O manejo da água armazenada na cisterna pelos moradores também pode ser fonte de contaminação. Fatores como a introdução de água de barreiros, de açude ou fontes de água sem garantia sanitária comprovada pode levar à depreciação da qualidade da água armazenada. Outras observações, como períodos do ano (chuvoso e seco) e tempo de construção das cisternas (novas e velhas) são importantes nas características da qualidade da água.

A qualidade da água armazenada em cisterna já foi motivo de estudos em diversas regiões, em que verificou que em áreas urbanas geralmente a qualidade física, química e microbiologia estão fora dos padrões de potabilidade. Já em áreas rurais, a maioria dos indicadores físicos e químicos estão com valores que não são prejudiciais ao consumo humano, com os indicadores microbiológicos bem superiores ao que determina a Portaria vigente no País.

## **Resultados e métodos**

A metodologia adotada para este estudo foi uma pesquisa sobre o tema proposto, selecionando artigos de periódicos, livros, teses, dissertações e demais trabalhos disponíveis na internet, com o objetivo de avaliar a segurança sanitária da água de chuva captadas e armazenadas em cisternas rurais para consumo humano. A revisão foi direcionada para a realidade no Semiárido Brasileiro, apresentando estudos epidemiológicos desenvolvidos e seus respectivos resultados acerca do tema.

A metodologia utilizada neste trabalho quanto aos objetivos é de caráter

exploratório e, quanto à natureza das fontes utilizadas classifica-se como sendo de revisão bibliográfica. Como procedimento de pesquisa, foi realizado levantamento bibliográfico visando identificar as principais publicações de cunho epidemiológico descritivo acerca do uso da captação de água das chuvas para fins de consumo humano em cisternas, tratadas na gestão pública como ações de tecnologias sociais de aproveitamento de água pluvial utilizadas.

Foram analisadas um total de 42 (quarenta e duas) publicações que tratavam do tema em estudo, todas com foco na região do semiárido. Porém, foram selecionadas para essa revisão bibliográfica aquelas que seguiam os mesmos procedimentos de análise de qualidade da água pelos métodos de acordo com “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*” – padrão internacional de análise - para que pudessem ser comparados entre si, em termos de metodologia, bem como, procederam suas análises para avaliar a segurança hídrica de potabilidade estabelecido pelo Ministério da Saúde, por meio Portaria PRC nº 5/2017.

E, por se tratar de um histórico longo de publicações sobre avaliação da segurança da água de chuvas armazenadas em cisternas e que se utilizaram de parâmetros de análise da qualidade da água, e considerando o tempo disponível para elaboração deste artigo, optou-se por utilizar tão somente pelas publicações mais utilizadas em referências bibliográficas no horizonte de 2011 a 2019. Desse modo, foram selecionados 11 estudos para análise, conforme quadro a seguir.

**Quadro 1:** Publicações selecionadas para análise

<b>Referência /(Ano)</b>	<b>Título da Publicação</b>
Luna, C. F. (2011)	“Avaliação do impacto do Programa Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) na saúde: ocorrência de diarreia no Agreste Central de Pernambuco”
Silva, C. V.; Heller, L. Carneiro, M. (2012)	“Cisternas para armazenamento de água de chuva e efeito na diarreia infantil: um estudo na área rural do semiárido de Minas Gerais.”
Pádua, V. L. (Coord.). (2013)	“Proteção Sanitária das Cisternas Utilizadas na Reservação de Águas Pluviais para Uso Domiciliar:

	Aspectos Técnicos e Educacionais.”
Azevedo, R. C. M. (2014)	“Uso de tecnologias sociais para adequação da qualidade da água armazenada em cisternas para consumo humano.”
Cunha, G. S. (2014)	“Avaliação da qualidade das águas nas cisternas da comunidade Uruçu no município de Gurinhém: uma abordagem geográfica.”
Amorim, M. C. C. de. (2015)	“Estudos de caracterização, biodegradabilidade e tratamento de manipueira proveniente de casas de farinha”.
Silva, L. E., (2015)	“O impacto de cisternas rurais sobre a saúde infantil: uma avaliação do Programa 1 Milhão de Cisternas, 2000-2010”
Morais, G. F. O. (2016)	“Cisternas domiciliares: qualidade da água para consumo humano em comunidades rurais no semiárido sergipano”
Machado, T. T. V. (2017)	“Qualidade da água de chuva armazenada em cisternas de placas e de polietileno no semiárido do estado da Paraíba.”
Farto, C. D. (2018)	“Análise comparativa da qualidade da água de chuva e de açudes armazenada em cisternas na região do Cariri Oriental no estado da Paraíba.”
Marinho, J. O.; Campos, J. O.; Lima, V. R. P. (2019)	“A importância das cisternas de placas na zona rural de serra redonda - pb: uma análise da comunidade torre.”

Pádua (2013) selecionou na zona rural de Araçuaí - MG oito cisternas de placas “novas” e oito “antigas” para monitorar a qualidade físico-química e bacteriológica armazenada nas cisternas. O autor verificou presença de *E. coli* em aproximadamente 70% das amostras. Destes, 40% eram de água de chuva armazenada em cisternas com mais de um ano de construção, ou seja, já haviam armazenado mais de um ciclo de água

de chuva. O autor concluiu que, em média, os valores mais elevados de *E. coli* também foram encontrados nas cisternas mais antigas.

As principais vantagens atribuídas ao sistema de captação e armazenamento de água de chuva em cisternas, segundo a pesquisa de Pádua (2013, p. 102) são devido aos seguintes fatores:

[...] reservatório vedado, não ocorre perdas significativas de água por evaporação; armazena água durante todo o período de seca, desde que a cisterna esteja em bom estado de conservação e que tenha sido adequadamente projetada e construída; construída próxima à residência, evitando assim que os moradores tenham que se deslocar por longos percursos para adquirir água para o consumo diário; com os cuidados necessários, armazena água de chuva com qualidade adequada ao consumo humano.

Azevedo (2014), por sua vez, avaliou a qualidade da água armazenada em 3 cisternas localizadas em Lajedo do Cedro, município de Caruaru – PE. Em sua pesquisa verificou que dentre os parâmetros físico-químicos analisados, somente cloretos não estiveram em conformidade com a Portaria do Ministério da Saúde Nº 2914/11 (BRASIL, 2011), portaria que estabelecia os padrões de potabilidade à época da pesquisa, e, que atualmente, foi substituída pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação, PRC nº 5/2017 do Ministério da Saúde, sem sofrer nenhuma alteração de padrão estabelecido. Em relação aos parâmetros bacteriológicos, a autora detectou a presença de coliformes totais em 100% das amostras analisadas e de *E. coli* em 87% das amostras analisadas.

Como conclusão, Azevedo (2014, p. 14) descreve que:

[...] apesar da melhoria da qualidade de vida da população que utiliza cisternas como forma de abastecimento, durante períodos críticos de estiagem, a água de chuva armazenada nas cisternas se esgota e é substituída por água de origem desconhecida, transportada por meio de carros-pipa e distribuída para as comunidades.

A conclusão de Azevedo já havia sido reportada no estudo de Silva, Heller e Carneiro (2012) que avaliou a prevalência de diarreia em crianças menores de 60 meses, segundo o tipo de abastecimento de água utilizado.

A pesquisa de Silva, Heller e Carneiro (2012) foi conduzida a partir de um estudo epidemiológico em comunidades rurais dos municípios de Berilo e Chapada do Norte, ambos do Médio Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais, com 664 crianças, sendo 332 moradores de residência que têm cisterna e 332 que utilizam água de outra fonte. Nessa

pesquisa, utilizando como variável dependente a ocorrência de diarreia nas últimas 72 horas e as outras informações obtidas por meio da aplicação de questionários estruturados, os autores apresentaram em seus resultados e discussões de que o grupo cisternas apresentou menos casos da doença em relação ao grupo outras fontes.

E também, obtiveram em seus resultados de que 12 crianças (3,6%) que dispunham de cisterna apresentaram diarreia, enquanto esse número foi de 20 (6,0%) entre as crianças que consumiam água de outras fontes, principalmente rio e nascentes.

Destaca-se um segundo resultado positivo a favor da segurança sanitária das cisternas em detrimento de outras fontes, citada na mesma pesquisa Silva, Heller e Carneiro (2012) foi quanto a presença de *E. coli*, onde verificou-se que 23% das amostras do grupo cisternas estavam em conformidade com o critério de potabilidade estabelecido pela Portaria no 2.914, enquanto para o grupo “outras fontes” esse número foi de 42,5%.

No tratamento estatístico dos questionários socioeconômicos da mesma pesquisa verificou-se que aproximadamente 40% das famílias adicionavam água de outras fontes dentro da cisterna, o que segundo hipótese dos autores, poderia explicar a presença de contaminantes microbiológicos do grupo cisternas. Diante do exposto, infere-se pela pesquisa de Silva, Heller e Carneiro (2012) que, embora os resultados do estudo tenha indicado que a implantação do sistema de captação de água de chuva em cisternas pode não ter sido capaz de proporcionar redução significativa na prevalência de diarreia nas crianças, há questões que devem ser destacadas e que podem contribuir para a explicação dos resultados, como por exemplo, a contaminação da água pluvial armazenada nas cisternas por outras fontes.

Anterior a pesquisa de Silva, Heller e Carneiro (2012), outro estudo de destaque quanto ao impacto da captação e utilização de água de chuva na redução da prevalência de diarreia, especialmente em crianças e idosos foi o de Luna (2011).

Na pesquisa de Luna (2011), foi analisado um total de 1.765 indivíduos (população da pesquisa), localizadas em 21 municípios escolhidos aleatoriamente, dentre os 26 municípios que compõem a Região do Agreste Central de Pernambuco, entre agosto e dezembro de 2007, com período de acompanhamento de 60 dias. Em seu estudo, constatou-se também que a ocorrência de diarreia, bem como seus indicadores de gravidade, quais sejam, o número de episódios e duração foram consistentemente

maiores entre os residentes de domicílios sem cisternas.

Neste estudo, 51,2% dos indivíduos eram residentes em domicílios com cisternas e 46,7% residentes em domicílios sem cisternas. Importante destacar que em seus resultados, 98% dos residentes em domicílios com cisternas responderam nos questionários aplicados que perceberam melhoria na qualidade de saúde da família após implantação da cisternas e, deste contingente 94% utilizavam a água para beber, 96% para cozinhar, 96% para escovar os dentes, 34,8% para tomar banho, 19,4% para limpeza da casa, 3,5% para os animais e 1,5% utilizavam para outros fins. Registra-se ainda que essa mesma população com cisternas fazia uso anterior da água proveniente de açudes.

Silva (2015), assim como Luna (2011), também abordou a temática da avaliação da qualidade de saúde, através da incidência de episódios diarreicos em moradores de comunidades rurais do Agreste Pernambucano que foram beneficiados com cisternas. No caso de Silva, buscou-se uma relação causal entre o tempo de atuação do Programa sobre as taxas de mortalidade infantil por doença diarreica aguda, ao longo do período de 2000 a 2010, partindo do completo histórico de cisternas construídas pelo programa no semiárido brasileiro. Ao explorar a intervenção do programa nos municípios, juntamente com o tempo de tal intervenção, verificou-se que o programa teve um impacto significativo sobre a redução da taxa de mortalidade infantil por doenças diarreicas para a faixa etária de 0 a 4 anos, a partir da implantação de cisternas.

Cunha (2014), por sua vez, analisou o risco potencial à saúde pública das águas nas cisternas de placas na comunidade de Uruçu, no município de Gurinhém, no Estado da Paraíba, levando em consideração sua distribuição espacial e a qualidade da água armazenada. A autora identificou que todos os parâmetros físicos e químicos da água das 25 cisternas analisadas estavam dentro dos padrões exigidos pelo Ministério da Saúde. Entretanto, a autora identificou a presença de coliformes fecais em todas as cisternas analisadas e, assim como na pesquisa de Silva, Heller e Carneiro (2012) e de Luna (2011), concluiu que tal fator estava possivelmente correlacionado com outros fatores adversos a qualidade da água provenientes da chuva.

Na pesquisa de Cunha (2014), reporta-se como possíveis fatores de contaminação a falta de higiene das cisternas, tanto no aspecto de falta de higienização da própria cisterna, quanto em relação a higiene no manuseio da água, principalmente pela retirada

da água por meio de baldes sujos, além de também ter identificado a presença de animais mortos (anfíbios e ratos) e de insetos.

O objetivo do estudo de Amorim (2015) foi de pesquisar a qualidade bacteriológica, a turbidez e a existência de cloro residual nas águas das 14 cisternas da comunidade de Volta do Riacho localizada no município de Petrolina-PE, utilizando a determinação de bactérias coliformes totais como indicadores de contaminação fecal.

Nessa pesquisa, os resultados obtidos nos exames laboratoriais da densidade de bactérias das águas de todas as cisternas não apresentaram conformidade com os padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde e, também em todas as cisternas revelou-se a presença de coliformes fecais. Quanto a turbidez, 12 cisternas de um total de 14, estavam em conformidade com os níveis exigidos para água potável. Quanto a determinação de cloro residual, nenhuma das cisternas apresentaram níveis satisfatórios.

Amorim (2015) infere duas hipóteses para a constatação da presença de coliformes, acima dos padrões de potabilidade em todas as cisternas, quais sejam: as cisternas não se encontravam adequadamente protegidas; e, a segunda, seria a contaminação mediante a mistura da água de chuva armazenada na cisterna com a água de outras fontes introduzidas por carro pipa, fato que incorria em todas as cisternas analisadas.

Aliado a essas hipóteses, a autora também faz uma constatação, não mais hipotética, a qual seria a ausência de um processo de desinfecção da água durante seu armazenamento nas cisternas, deixando-as vulneráveis para contaminação, que pode ter ocorrido através do contato da água com os recipientes que não são adequadamente acondicionados, e pela própria conservação da cisterna.

O estudo de Moraes (2016) obteve resultados de avaliação de contaminação microbiológica, semelhantes aos de Amorim (2015), pois em ambos os estudos, todas as cisternas analisadas apresentaram contaminação por coliformes totais e fecais. O objetivo dos estudos de Moraes (2016) estava circunscrito em avaliar as formas de manejo e qualidade da água armazenada em cisternas domiciliares para o consumo humano em comunidades rurais nos municípios de Simão Dias e Tobias Barreto, em Sergipe. Nesse caso, a metodologia foi desenvolvida por meio da aplicação de questionários para o diagnóstico socioambiental das famílias, combinado com a coleta de amostras de água

armazenada nas cisternas, instaladas nos domicílios das famílias que responderam aos questionários.

Nos resultados da pesquisa de Amorim (2015), destaca-se que foram obtidas, por meio de resposta aos questionários aplicados as famílias que consumiam água da cisterna, um nível de satisfação ótimo por 100% dos entrevistados, no quesito de melhoria da saúde, associado ao uso para beber da água armazenada nas cisternas. Divergindo do resultado laboratorial, que revelou na totalidade das cisternas analisadas, uma água imprópria para o consumo humano.

As hipóteses levantadas por Amorim (2015), que explicariam os resultados de contaminação microbiológica, também foram associadas a vias de contaminação por meio da ausência de manutenção e conservação das cisternas, telhados, calhas e dutos, bem como, a ausência de dispositivos de segurança, como por exemplo, sistemas de desvios da primeira água da chuva e desinfecção por cloro. Aponta também como principal hipótese, segundo sua própria classificação, a contaminação por meio do manejo da água, que segundo a autora, incorria em todas as cisternas analisadas o manuseio de retirada da água, por meio de baldes e cordas sujos, inclusive, alguns apresentavam vestígios da presença de fezes de animais.

Resultados semelhantes aos de Luna (2011), Cunha (2014), Silva (2015) e Morais (2016) foi obtido por Machado (2017), que a partir da coleta e análise de qualidade da água de 23 cisternas nos municípios de Cabaceiras e São Sebastião de Lagoa de Roça, no semiárido do Estado da Paraíba, todas armazenando água de chuva, encontrou como resultado a mesma verificação de conformidade na grande maioria dos parâmetros físicos e químicos do rol analisado. Nas análises microbiológicas realizadas, o *Escherichia coli* foi ausente e os coliformes totais compareceram em todas as amostras de água, concluindo-se, então, pelo não atendimento à Portaria quanto aos parâmetros microbiológicos. Houve, portanto, concordância com os resultados das pesquisadoras supramencionadas, indicando a necessidade de tratamento simples antes do consumo humano.

Farto (2018) realizou análises físicos, químicas e microbiológicas em amostras de água de 12 cisternas, sendo 6 com águas da chuva e 6 com águas de açudes, nos municípios de Barra de Santana, Boqueirão e Caturité, localizados na região do semiárido

do Estado da Paraíba. Como resultado da pesquisa, relativos às águas de chuva, os autores concluíram que dos 13 parâmetros que foram analisados e que constam na Portaria PRC n° 5/2017 do Ministério da Saúde, 10 atenderam às exigências quanto à potabilidade. Os três parâmetros que não atenderam à citada Portaria foram coliformes totais, coliformes termotolerantes e bactérias heterotróficas. Ou seja, os resultados das análises dos parâmetros físicos e químicos indicaram que a água de chuva armazenada nas cisternas não são discrepantes dos padrões de potabilidade para consumo humano, concordando com as afirmações existentes em parte da literatura. Entretanto, com relação aos parâmetros microbiológicos a água estaria imprópria para consumo.

Marinho, Campos e Lima *et al.* (2019), optaram por uma pesquisa qualitativa, relativo à importância na qualidade de vida e para a saúde, quanto ao consumo da água da chuva armazenada em cisternas de placas por 30 (trinta) famílias da Comunidade de Torre na zona rural do Município de Serra Redonda no agreste paraibano. Por meio da aplicação de questionários de auto-percepção, os autores os resultados apontavam a implantação de cisternas como “muito importante” por 100% das famílias entrevistadas. Além disso, também obtiverem a percepção das famílias de que o estado de saúde das crianças melhorou após consumo da água da chuva em cisternas. Em que pese essa pesquisa não ter realizado análises de qualidade da água, os resultados quanto à percepção de segurança sanitária das famílias atendidas são tão relevantes para o escopo e objetivos deste trabalho, quanto os resultados propriamente dito de análises.

## **Conclusão**

A revisão bibliográfica executada para análise da segurança hídrica das cisternas de placas para captação de água da chuva revela um consenso de que o aproveitamento da água da chuva é uma solução sustentável para manter as populações rurais nas regiões semiáridas, permite a convivência com as características naturais da região e promove o desenvolvimento socioeconômico das famílias, que não precisam se deslocarem longas distâncias em busca de água.

A descrição da qualidade da água da chuva nos estudos avaliados revela excelente qualidade dos indicadores físicos e químicos, pois apresentaram valores inferiores aos valores médios padrões Portaria n.º 2914/2011-MS (BRASIL, 2011) e da Portaria PRC

n.º 05/2020-MS. Os estudos também revelam que, quanto aos coliformes totais e E.coli, os parâmetros estavam em concentrações um pouco acima do recomendado, que pode ter origem em poeiras suspensas no ar e arrastadas pela chuva. A água armazenada nas cisternas apresentaram qualidade bastante inferior à água da chuva.

Na maioria das cisternas monitoradas sistematicamente nos estudos analisados por essa pesquisa, identificou-se que as variáveis físicas e químicas da água atendiam aos critérios de potabilidade das portarias do Ministério da Saúde. No entanto, os indicadores microbiológicos estiveram acima dos valores recomendados pela citada Portaria. Em alguns casos, foram encontrados ovos e cistos de parasitos nas águas armazenadas, com destaque inclusive para pesquisadores que encontraram protozoários *Giardia sp* e *Entamoeba coli* e os helmintos *Thichuris sp* e *Ascaris sp*. Porém, a maior parte dos estudos analisados também apontou que as cisternas que recebem apenas água da chuva apresentaram contaminação microbiana mais baixa.

Os resultados analíticos de qualidade da água revelados pela análise documental das publicações lidas quase que de forma unânime apontam para duas principais hipóteses. A primeira é que, apesar dos resultados em termos de contaminação microbiológica em parte dos estudos, a água da chuva possui uma boa segurança hídrica, pois no meio rural do semiárido há baixo risco de contaminação da água da chuva precipitada. Uma segunda hipótese é que a contaminação da água da chuva armazenada incorre pela ocasião da captação (área de telhados), transporte (calhas e dutos) e no reservatório (cisterna). A água da chuva armazenada nas cisternas seria contaminada pela mistura com a água de outras fontes (açudes, rios, córregos etc), transportadas e inseridas nas cisternas, por meio de carros pipas, além, da contaminação por ocasião do manejo.

Portanto, a partir da revisão bibliográfica, pode-se aferir que a contaminação observada se associa com condições deficientes de manejo e estruturais. Os estudos científicos revelaram que todas as cisternas que receberam água de carro pipa apresentaram pior qualidade do que as que receberam somente água de chuva. Naquelas que armazenavam apenas água da chuva o volume de água acumulada foi suficiente para satisfazer as necessidades básicas (beber, cozinhar e higiene pessoal).

Outro fator que reforça tais hipóteses foi que a maioria dos estudos que avaliaram as cisternas com incorporação de desvios das primeiras águas tiveram melhoria da

qualidade, com destaque para a diminuição de alcalinidade, dureza, turbidez, SDT, condutividade elétrica, salinidade e cloretos. No geral, os desvios das primeiras águas de chuva foram eficientes e as cisternas com sistemas de desvios apresentaram valores médios inferiores aos encontrados nas cisternas sem utilização de desvios, e/ou, aquelas em que o desvio era mau operacionalizado. Nos levando a hipótese pelos estudos apresentados de que os desvios são uma importante barreira sanitária física na remoção de matéria orgânica e contaminantes microbiológicos advindos de telhados sujos. Houveram estudos que apontaram, inclusive, a diminuição de *E.coli*.

Os estudos analisados revelam que a proteção sanitária de cisternas é relativamente simples. Basicamente, os pesquisadores demonstram que requer o desvio das primeiras águas das chuvas e um manejo adequado, que depende de informação suficiente aos usuários. Estas pesquisas analisadas oferecem informações sobre vários aspectos da proteção sanitária de cisternas rurais, como por exemplo, um número expressivo de dispositivos simples e eficientes para desvio automático do fluxo das primeiras águas das chuvas, para evitar a contaminação da água da cisterna com a sujeira acumulada na superfície de captação, que segundo o que foi pesquisado seria a principal causa de degradação da qualidade.

Embora os riscos epidemiológicos associados às cisternas sejam pequenos, esses estudos recentes recomendam que todo esforço deve ser feito para minimizar a contaminação das águas das cisternas usadas para consumo humano, pois segundo suas conclusões, quando comparadas com as águas das tradicionais cisternas sem proteção sanitária, águas de chuva captadas e armazenadas com a devida segurança sanitária são consideravelmente melhores e podem ser usadas para beber, mesmo sem desinfecção ou outro tratamento.

Conclui-se, afinal, que a revisão bibliográfica realizada responde a pergunta quanto à segurança sanitária da água da chuva, objeto dessa pesquisa, na medida em que os resultados apontados revelam que a água da chuva nas áreas rurais do semiárido brasileiro, via de regra, é de boa qualidade, e a adoção de múltiplas barreiras sanitárias ao longo do sistema de captação e armazenamento em cisternas, que se iniciam com a higiene da área de captação (telhados) e termina com a desinfecção da água antes de seu consumo para eliminar eventual contaminação microbiana, é fundamental para fornecer

água segura para o consumo humano.

Diante disto, podemos inferir que o uso das tecnologias sociais para captar água de chuva no semiárido é muito importante para suprir necessidades básicas de comunidades dispersas. Todavia, os cuidados para conservação e limpeza das áreas de captação e armazenamento da água, além do manejo na retirada e uso da água são essenciais na preservação da qualidade deste recurso. Processos educativos constantes são necessários para fortalecer os princípios de cuidado por parte dos usuários, já que o acesso à água de qualidade representa uma possibilidade de transformação social, melhoria da qualidade de vida e de saúde das famílias.

Ademais, a partir da bibliografia estudada, torna-se evidente que quanto melhores os níveis de educação sanitária e ambiental e de conhecimento de práticas higiênicas dos usuários, mais segura a qualidade da água das cisternas.

### Referências bibliográficas

AMORIM, M. C. C. **Estudos de caracterização, biodegradabilidade e tratamento de manipeira proveniente de casas de farinha.** 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

ANDRADE NETO, C. O. Aspectos sociais, tecnológicos e sanitários dos avanços e desafios do uso da água de chuva no setor rural. *In: SANTOS, D. B. et al. (Org.). Captação, manejo e uso de água de chuva.* Campina Grande: INSA, 2015. p. 273-292.

ARAÚJO, L. F. **Desviofpe como barreira sanitária para melhoria da qualidade de água de chuva em zona rural: determinação de deposição seca e melhoria de desempenho.** 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Faculdade de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15527: água de chuva : aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

AZEVEDO, R. C. M. **Uso de tecnologias sociais para adequação da qualidade da água armazenada em cisternas para consumo humano.** 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) – Faculdade de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2014.

BLACKBURN, D. M. *et al.* **Avaliação de potabilidade da água na região de atuação da Diaconia no semi-árido nordestino.** Recife: Diaconia, 2005.

BOULOMYTIS, V. T. G. Estudo da qualidade da água de chuva captada em telhado residencial na área urbana para fins de irrigação de alface. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUAS DE CHUVA*, 6., 2007, Belo Horizonte. **Anais [...]** Feira de Santana: ABMAC, 2007. Disponível em: [http://www.abcmac.org.br/files/simposio/6simp\\_vassiliki\\_estudo.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/6simp_vassiliki_estudo.pdf). Acesso em: 01 jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Cidadania. **Portal do Desenvolvimento Social.** 2019. Base de dados online. Disponível em: <http://www.desenvolvimentosocial.gov.br>. Acesso em: 21 maio 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria Nº 2914, de 12 de dezembro de 2011.** Brasília: Ministério da Saúde, 12 dez. 2011. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html). Acesso em: 03 ago. 2020.

CARDOSO, M. P. **Viabilidade do aproveitamento de água de chuva em zonas urbanas: estado de caso do município de Belo Horizonte – MG.** 2009. Dissertação (Mestrado em Saneamento) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

CUNHA, G. S. **Avaliação da qualidade das águas nas cisternas da comunidade Uruçu no município de Gurinhém: uma abordagem geográfica.** 2014. Monografia (Graduação em Geografia) – Departamento de Geociências, Universidade da Paraíba, João Pessoa, 2014.

FARTO, C. D. (2018). **Análise comparativa da qualidade da água de chuva e de açudes armazenada em cisternas na região do Cariri Oriental no estado da Paraíba.** 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Saneamento domiciliar - Manual de instruções de uso das melhorias domiciliares.** Brasília: FUNASA, 2014. 156

GIANNASI, F. Não há uso seguro para o amianto. [Entrevista cedida a] Maura Campanili. [S. l.]: Conexão planeta: inspiração para a ação, 20 abr. *Site*. Disponível em: <https://conexaoplaneta.com.br/blog/fernanda-giannasi-nao-ha-uso-seguro-para-o-amianto>. Acesso em: 05 ago. 2020.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009

HEIJNEN, H. A. Captação de Água da Chuva: Aspectos de Qualidade da Água, Saúde e Higiene. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA*, 8., 2012, Campina Grande. **Anais [...]** Feira de Santana: ABCMAC, 2012.

Disponível em:

<http://www2.al.rs.gov.br/forumdemocratico/LinkClick.aspx?fileticket=Zv8iFiAtyTk%3D>. Acesso em: 01 jul. 2020.

KÜSTER, A. *et al.* **Tecnologias apropriadas para terras secas - manejo sustentável de recursos naturais em regiões semi-áridas no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer e Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), 2006. Disponível online em:

[www.sustentavel.inf.br/anexos/publicacao/tec\\_ter\\_sec\\_miolo.pdf](http://www.sustentavel.inf.br/anexos/publicacao/tec_ter_sec_miolo.pdf). Acesso em: 02 jul. 2020.

LIMA, G. A. C. A. **Dinâmica espacial do município de Serra Redonda-PB: dos caminhos dos gados á uma centralidade em processo**. 2015. Monografia (Graduação em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015.

LUNA, C. F. **Avaliação do impacto do Programa Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) na saúde: ocorrência de diarreia no agreste central de Pernambuco**. 2011. Tese (Saúde pública) - Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2011.

MACHADO, T. T. V. **Qualidade da água de chuva armazenada em cisternas de placas e de polietileno no semiárido do estado da Paraíba**. 2017. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

MARINHO, J. O.; CAMPOS, J. O.; LIMA, V. R. P. A importância das cisternas de placas na zona rural de serra redonda - pb: uma análise da comunidade torre. **Revista Geotemas**, v. 9, n.1, p. 07-27, jan./abr. 2019. Disponível em:

<http://natal.uern.br/periodicos/index.php/GEOTemas/article/view/907>. Acesso em: 02 ago. 2020.

MEIRA FILHO, A. S. *et al.* Telhados para captação de água de chuva no semi-árido. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA*, 5., 2005, Teresina, **Anais [...]**. Feira de Santana: ABCMAC, 2005. Disponível em:

[http://www.abcmac.org.br/files/simposio/5simp\\_abdon\\_telhadoparacaptacaodeaguadecuva.pdf](http://www.abcmac.org.br/files/simposio/5simp_abdon_telhadoparacaptacaodeaguadecuva.pdf). Acesso em: 10 jul. 2020.

MORAIS, G. F. O. **Cisternas domiciliares: qualidade da água para consumo humano em comunidades rurais do semiárido Sergipano**. 2016. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa,

2016.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. **Água e saúde**. [S. l.], 30 maio 2001. Disponível em: [https://www.paho.org/bra/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=203-agua-e-saude-3&category\\_slug=saude-e-ambiente-707&Itemid=965](https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_docman&view=download&alias=203-agua-e-saude-3&category_slug=saude-e-ambiente-707&Itemid=965). Acesso em: 07 jul. 2020.

PÁDUA, V. L. (coord.). **Proteção sanitária das cisternas utilizadas na reservação de águas pluviais para uso domiciliar**: aspectos técnicos e educacionais. Brasília: FUNASA, 2013.

SANTANA, V. L.; RAHAL, L. S. Tecnologias sociais como impulso para o acesso à água e ao desenvolvimento sustentável no meio rural brasileiro: a experiência do Programa Cisternas. In: GRAMKOW, C.(org.). **Investimentos transformadores para um estilo de desenvolvimento sustentável**: estudos de casos de grande impulso (Big Push) para a sustentabilidade no Brasil. Brasília: CEPAL, 2020. p. 155-169, 2020.

SCHÜRING, K.; SCHWIENTEK, S. **Quality of rainwater for domestic purposes harvested in different catchment systems within the semi-arid region of northeast Brazil Project Report**. Convenio Universidade de Ciências Aplicadas de Bremem, Alemanha e Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.2005.

SENA, A. *et al.* **Atuação do setor saúde frente a situações de seca**. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2015.

SILVA, A. S. *et al.* **Captação e conservação de água de chuva para consumo humano: cisternas rurais; dimensionamento, construção e manejo**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA/SUDENE, 2007.

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. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 4, p. 393-400, 2012.

SILVA, L. E. **O impacto de cisternas rurais sobre a saúde infantil**: uma avaliação do Programa 1 Milhão de Cisternas, 2000-2010. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) – Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND. **Unicef handbook on water quality**. New York: UNICEF, 2008.

XAVIER, Rogério Pereira. **Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano**. 2010. (Dissertação de



Escola Nacional de Administração Pública

Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Programa de Pós-Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

Jamaci Avelino do Nascimento Junior.

Engenheiro Sanitarista (UFPA, 1996). Mestre em Tecnologia Ambiental e de Recursos Hídricos (UnB, 1999). Analista de Infraestrutura, [jamacijr@gmail.com](mailto:jamacijr@gmail.com)