



Aplicação do DesviUFPE para descarte das primeiras águas de chuva viabilizando o uso para fins potáveis em residências populares no semiárido pernambucano

DesviUFPE application for the first rainwater disposal enabling its use for potable purposes in low-income households in the semi-arid region of Pernambuco

Aplicación del DesviUFPE para la evacuación de las primeras aguas pluviales, posibilitando su uso para fines potables en hogares de baja renta en la región semiárida de Pernambuco

OLIVEIRA, Siméia Elizaene Domingos de¹

LIMA, Júlio Cesar Azevedo Luz de²

CÂMARA, Isabelle Rodrigues de Mendonça³

Gavazza, Sávia⁴

GONÇALVES, Elizabeth Amaral Pastich⁵

¹ Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro de Acadêmico do Agreste, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Caruaru, PE, Brasil.
simeia.domingos@ufpe.br

ORCID: 0009-0005-8535-9999

² Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC). Recife, PE, Brasil.
julio.luz@ufpe.br

ORCID: 0009-0009-4930-6514

³ Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC). Recife, PE, Brasil.
isabelle.camara@ufpe.br

ORCID: 0000-0002-1976-6132

⁴ Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), Departamento de Engenharia Civil (DECivil). Recife, PE, Brasil.
savia@ufpe.br

ORCID: 0000-0002-4433-7735

⁵ Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro de Acadêmico do Agreste, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Caruaru, PE, Brasil.
goncalve@ufpe.br

ORCID: 0000-0001-5697-9607

Recebido em 10/03/2023 Aceito em 30/08/2023



Resumo

Devido ao aumento da demanda, a gestão da água torna-se cada vez mais desafiadora, sobretudo em centros urbanos de regiões áridas e semiáridas. O uso de água de chuva para fins potáveis é uma medida de adaptação às mudanças climáticas para construir cidades mais resilientes. O descarte do primeiro milímetro da chuva para separação das primeiras águas é uma técnica que favorece o enquadramento da água da chuva para fins potáveis. Esta pesquisa objetivou avaliar a qualidade da água da chuva armazenada em reservatórios domiciliares que utiliza o sistema de captação e tratamento DesviUFPE para descarte automático das primeiras águas, e a adequação da água armazenada aos padrões de potabilidade para fins de abastecimento humano, em conjuntos habitacionais populares urbanos no semiárido de Pernambuco, Brasil. Para tanto, foram realizadas coletas em 24 residências. O estudo durou 12 meses e abrangeu períodos de chuva e seca da região. Foram analisados os parâmetros: turbidez, dureza, alcalinidade, cloretos, condutividade elétrica, salinidade, coliformes totais e *Escherichia coli*. Para todas as residências foi necessário realizar simples desinfecção da água armazenada. Dessa forma, a utilização do sistema DesviUFPE em conjunto com a desinfecção por cloração mostrou-se uma solução eficaz para tornar a água da chuva potável e apropriada para consumo humano.

Palavras-Chave: qualidade da água, cisterna, água da chuva, sustentabilidade, inovação.

Abstract

*Due to the increasing demand, water management is becoming progressively more challenging, especially in urban centers of arid and semi-arid regions. The use of rainwater for potable purposes is an adaptation measure to address climate change and build more resilient cities. The technique of discarding the first millimeter of rainfall to separate initial runoff is a method that makes rainwater fit for potable purposes. This research aimed to assess the quality of rainwater stored in household reservoirs using the DesviUFPE collection and treatment system for automatic disposal of initial runoff. It also aimed to evaluate the compliance of the stored water with potability standards for human consumption in popular urban housing developments in the semi-arid region of Pernambuco, Brazil. To achieve this, samples were collected from 24 residences. The study lasted for 12 months, covering both rainy and dry periods in the region. The following parameters were analyzed: turbidity, hardness, alkalinity, chlorides, electrical conductivity, salinity, total coliforms, and *Escherichia coli*. Simple disinfection of stored water was necessary for all residences. Thus, the use of the DesviUFPE system in conjunction with chlorination for disinfection proved to be an effective solution to make rainwater potable and suitable for human consumption.*

Key-Words: water quality, cistern, rainwater, sustainability, innovation.

Resumen

*Debido al aumento de la demanda, la gestión del agua se vuelve cada vez más desafiante, especialmente en centros urbanos de regiones áridas y semiáridas. El uso de agua de lluvia con fines potables es una medida de adaptación al cambio climático para construir ciudades más resilientes. La eliminación del primer milímetro de lluvia para separar las primeras aguas es una técnica que favorece la adecuación del agua de lluvia para usos potables. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua de lluvia almacenada en depósitos domiciliarios que utilizan el sistema de captación y tratamiento DesviUFPE para el descarte automático de las primeras aguas, así como la adecuación del agua almacenada a los estándares de potabilidad para el suministro humano, en conjuntos habitacionales populares urbanos en el semiárido de Pernambuco, Brasil. Para esto, se realizaron recolecciones en 24 residencias. El estudio tuvo una duración de 12 meses y abarcó períodos de lluvia y sequía en la región. Se analizaron los parámetros de turbidez, dureza, alcalinidad, cloruros, conductividad eléctrica, salinidad, coliformes totales y *Escherichia coli*. En todas las residencias fue necesario realizar una desinfección simple del agua almacenada. De esta manera, el uso del sistema DesviUFPE en conjunto con la cloración para la desinfección se mostró como una solución eficaz para hacer que el agua de lluvia sea potable y adecuada para el consumo humano.*

Palabras clave: calidad del agua, cisterna, agua de lluvia, sostenibilidad, innovación.

1. Introdução

A demanda de água para os diversos fins é crescente e, diante dessa realidade, o acesso a fontes de boa qualidade torna-se cada vez mais difícil para grande parte da população. Se por um lado ocorre um crescimento da demanda por água, por outro se aumenta a degradação da sua qualidade como consequência das ações antrópicas. Com as mudanças climáticas, os recursos hídricos tendem a se tornar cada vez mais escassos, o que reforça a necessidade de busca por mananciais alternativos para suprir as demandas populacionais (SENEVIRATHNA et al., 2019).

O semiárido brasileiro apresenta déficit hídrico com elevada evapotranspiração e chuvas escassas. Logo, a disponibilidade da água e a relação entre a qualidade da água e seus usos têm representado um grande obstáculo ao desenvolvimento humano (CARVALHO et al., 2018). No Brasil, entre 2011 e 2017, o Governo lançou o programa social “Água para todos” que beneficiou cerca de 4,5 milhões de pessoas através da instalação de 911.000 cisternas (BRASIL, 2019). Essa forma de armazenamento dedicada a zonas rurais auxilia a população a estocar água nessas regiões de escassez. Poucas são as aplicações dedicadas à consumo humano para água da chuva captada em telhados nas zonas urbanas, no entanto para minimizar os efeitos dessa condição desfavorável ainda é necessário buscar alternativas sustentáveis a fim de complementar o abastecimento público.

Nesse cenário, a água da chuva vem se configurando como uma tecnologia viável sob os pontos de vista qualitativo e quantitativo (SENEVIRATHNA et al., 2019). Trata-se de um recurso natural que não é poluído durante o ciclo hidrológico, porém é diretamente influenciado pelas condições atmosféricas locais e pela superfície por onde a água passa ao ser captada. Isso acontece, pois, as áreas de captação retêm impurezas e outros materiais que, quando carregados pela água, podem alterar a sua qualidade de forma a torná-la imprópria à certos usos (HAGEMANN et al., 2016). Deste modo, se faz necessária a aplicação de alguma tecnologia a fim de descartar as primeiras águas para remover sólidos suspensos e então, posteriormente, promover a desinfecção da água e evitar a proliferação de doenças, como instrumento de proteção à saúde humana (CARVALHO et al., 2018; BRASIL, 2006).

Deste modo, a escolha da tecnologia de tratamento deve levar em consideração critérios técnicos, buscando-se a efetividade como barreira sanitária e também critérios econômicos, de forma a viabilizar o seu uso por populações de baixa renda. O descarte do primeiro milímetro de chuva para separação das primeiras águas é uma tecnologia que pode ser utilizada.

Neste sentido, a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) desenvolveu um dispositivo para descarte das primeiras águas da chuva denominado DesviUFPE (ALVES et al., 2014; CARVALHO et al., 2018). A tecnologia foi consolidada em 2013 e reconhecida pela Fundação Banco do Brasil como “tecnologia social” e, em 2014, foi premiada pela Agência Nacional das Águas (ANA). Ela funciona como barreira sanitária armazenando o primeiro milímetro de cada evento chuvoso que é captado pelos telhados, retendo as impurezas decorrentes da lavagem da atmosfera e da superfície de captação. Como tecnologia social, a participação popular no projeto é necessária para se alcançar o sucesso almejado, e por isso, a realização de ações de educação ambiental torna-se de suma importância para a sua efetividade (ALVES et al., 2014; CARVALHO et al., 2018).

Esta pesquisa visou avaliar na prática, nas condições climáticas da cidade de Caruaru-PE, a qualidade da água consumida por moradores de residências populares em que o DesviUFPE foi instalado para descarte das primeiras águas de chuva. O objetivo da captação de água de chuva nesta situação visou a complementação da demanda de água para consumo humano, melhoria da qualidade da água e minimização da necessidade de pagamento pela água de caminhão-pipa, que é onerosa e de qualidade questionável. Foi realizado também o levantamento de detalhes técnicos de instalação e operação intervenientes, avaliação da influência do regime de chuvas no processo e emprego e

avaliação de eficácia de ações de educação ambiental para o sucesso do projeto.

2. Metodologia

2.1. Caracterização da área de estudo

2.1.1. Localização das residências participantes do estudo

As residências que receberam o sistema de coleta de água da chuva localizavam-se em três conjuntos habitacionais populares construídos pela construtora Viana & Moura Construções, localizados no município de Caruaru, no estado de Pernambuco. São eles o Residencial Xique-Xique, o Lagoa de Pedra 1 e o Lagoa de Pedra 2. O Residencial Xique-Xique, ainda em expansão, conta com cerca de 6.000 residências (Figura 1). O Residencial Lagoa de Pedra 1, com 580 e o Residencial Lagoa de Pedra 2, 497 unidades (Figura 2).

Figura 1: Vista do residencial Xique-Xique, localizado no município de Caruaru, no semiárido de Pernambuco.



Fonte: Google Earth (2023)

Figura 2: Vista dos residenciais Lagoa de Pedra 1 e 2, localizados no município de Caruaru, no semiárido de Pernambuco.



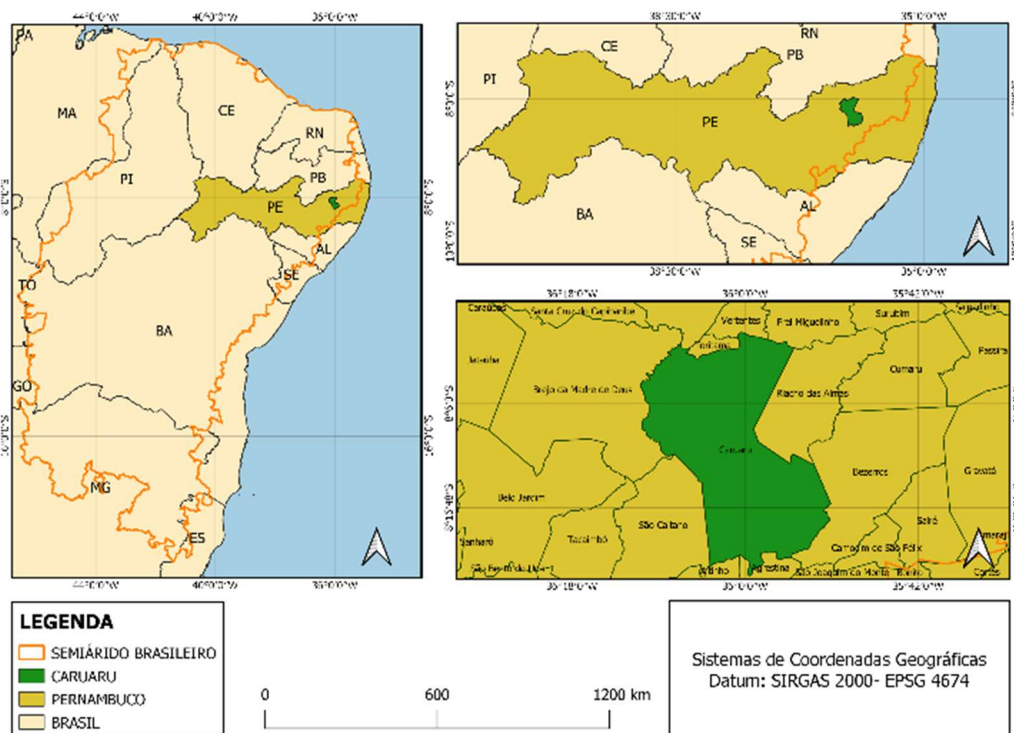
Fonte: Google Earth (2023)

Os empreendimentos fazem parte do programa de incentivo do Governo Federal Brasileiro denominado “Minha Casa Minha Vida”, que visa facilitar o financiamento da casa própria para famílias de baixa renda. Neste estudo, foram apresentados imóveis que apresentam o mesmo padrão construtivo: 44 m², divididos em 2 quartos, 1 sala, 1 cozinha, 1 terraço, 1 banheiro e 1 área de

circulação. É importante ressaltar que esses empreendimentos estão equipados tanto com sistema de abastecimento de água quanto com sistema de coleta de esgoto, ambos operados pela concessionária pública do estado de Pernambuco.

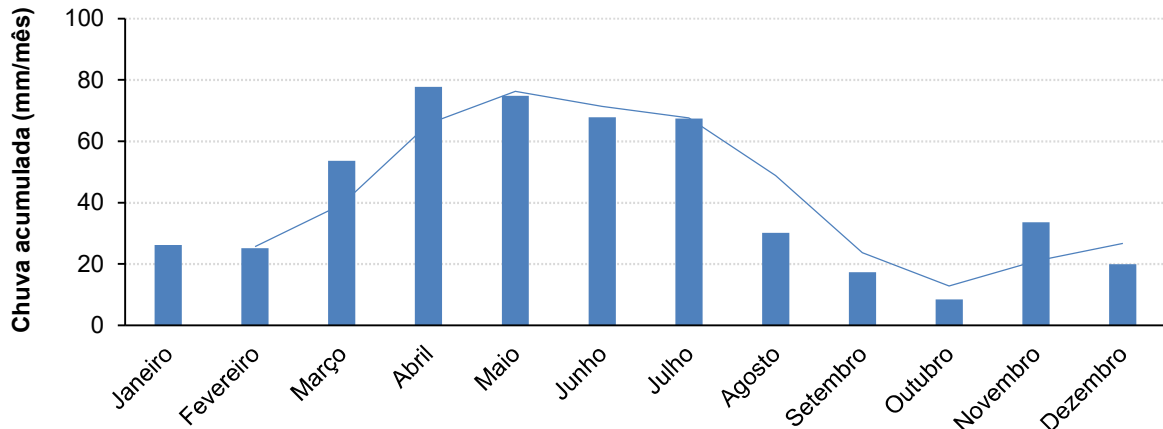
O município de Caruaru (Figura 3), onde se localizam os residenciais, se destaca por suas dimensões e importância econômica e cultural para o Estado, com uma área territorial de 923.150 km² e uma população estimada de 369.343 habitantes, sendo o quarto município mais populoso do estado. A cidade vem passando nos últimos anos por um crescimento acentuado dos seus números populacionais e PIB per capita (IBGE, 2023).

Figura 3: Localização da área de estudo no semiárido brasileiro. O município de Caruaru está situado no estado de Pernambuco e faz fronteira com as cidades de Brejo da Madre de Deus, Taquritinga do Norte, Toritama, Vertentes, Frei Miguelinho, Riacho das Almas, Bezerros, Agrestina, Altinho e São Caetano.



2.1.2. Dados climatológicos

O clima de Caruaru, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo semiárido (BSh), com verões quentes e secos e invernos amenos e chuvosos (ALVARES et al., 2014). O semiárido caracteriza-se pelo balanço hídrico negativo, resultado de precipitações médias anuais inferiores a 800 mm, forte insolação, temperaturas altas e um regime de chuva escasso. Para subsidiar as ações desta pesquisa foram extraídos dados pluviométricos relativos há dez anos anteriores à pesquisa da Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC) – Posto 211, Caruaru (Figura 4). As precipitações de maior volume ocorrem historicamente nos meses de março a julho. Assim, as coletas iniciaram-se em setembro de 2021 e seguiram até completar um ciclo de um ano, a fim de abranger os períodos de baixa e alta precipitação.

Figura 4: Média mensal acumulada da pluviosidade da região nos últimos 10 anos, no Posto 211-Caruaru.

2.2. Projeto de aproveitamento de água da chuva

Para implantação do sistema foram instaladas calhas de PVC e de zinco nas laterais do telhado, que tem a função de captar a água da chuva (Figura 5a). A tecnologia do DesviUFPE foi incorporada ao sistema. O DesviUFPE funciona como barreira sanitária e armazena o primeiro milímetro de cada evento chuvoso que é captado pelos telhados, retendo as impurezas decorrentes da lavagem da atmosfera e da superfície de captação. A área do telhado das residências possui um tamanho padrão de 65,28 m² e o volume de aproximadamente 65,28 L de água da chuva fica retido no DesviUFPE em tubos em diâmetro de 100mm com um comprimento de 2 metros cada (Figura 5).

As calhas direcionam a água para o DesviUFPE (Figura 5b), cuja tubulação em PVC é projetada com capacidade volumétrica para armazenar o volume correspondente ao primeiro milímetro de chuva daquele telhado, utilizando os conceitos de vasos comunicantes e fecho hídrico. Quando o volume correspondente é preenchido com o primeiro milímetro, a água excedente é direcionada para a cisterna através de uma tubulação que é instalada na lateral ou atrás da residência (Figura 5c).

Figura 5: Detalhes construtivos do Projeto de aproveitamento de água da chuva . A) calhas de PVC nas laterais do telhado b) DesviUFPE, e C) tubulação em PVC conduzindo a água do desvio para a cisterna.

As cisternas são do tipo reservatório enterrado e os seus respectivos volumes são significativamente diferentes, uma vez que cada participante da pesquisa construiu levando em conta suas necessidades por água, sua disponibilidade financeira e, sobretudo, as características geológicas do terreno, que muitas vezes apresentava rochas o que inviabilizava a construção das cisternas como planejado, requerendo adaptações no volume e/ou na localização da mesma. Assim, a posição da cisterna em relação à casa variou bastante, sendo instalada tanto na frente quanto na parte de trás do terreno. Em geral, a capacidade das cisternas variou de 7 a 20 mil litros.

2.3. Amostragem

Para a escolha das casas a serem beneficiadas com a implantação do sistema de aproveitamento da água da chuva para consumo humano, realizou-se uma avaliação e selecionando residências que atendiam aos seguintes critérios: sem reformas de ampliação, de forma que a configuração original da residência (área construída) estivesse preservada, além de possuir reservatório inferior (cisterna) já implantado. Os proprietários que utilizavam caminhões pipa como forma de abastecimento e os que possuíam menor renda per capita foram priorizados. É importante ressaltar que a água da cisterna, onde foram coletadas as amostras de água para análise, era uma mistura de três fontes distintas: água da chuva, água de abastecimento da rede pública e água de caminhão pipa. No entanto, nos períodos de alta precipitação (março a julho), em algumas residências, os proprietários optaram por usar exclusivamente a água da chuva. O objetivo da avaliação da qualidade da água foi atestar a potabilidade da água e propor possíveis adequações caso essas fossem necessárias, a fim de garantir a segurança no consumo para os participantes da pesquisa.

No Residencial Xique-Xique foram monitoradas 2 residências, já em Lagoa de Pedra-1 e Lagoa de Pedra-2 foram monitoradas 11 residências em cada empreendimento, totalizando 24 residências. Durante o período de estudo foram realizadas 94 coletas, com início em setembro de 2021 com duração de 1 ano. Um total de 42 coletas foi realizado nos meses de baixa precipitação (agosto a fevereiro) e 52 no período de alta precipitação (março a julho). As coletas foram agendadas de acordo com a disponibilidade dos participantes da pesquisa, sendo assim não houve uma frequência contínua e sistemática. A desinfecção da água armazenada nos reservatórios era realizada através da dosagem de 1000 ml de água sanitária (2,5%) para cada 1000 litros de água armazenada, no momento de cada coleta, conjuntamente como os moradores como forma de treinamento e capacitação das famílias.

As amostras de água eram coletadas do interior das cisternas. Quando esse acesso não era possível, a coleta era realizada nas torneiras da residência. As amostras eram acondicionadas em recipientes esterilizados em autoclave.

2.4. Métodos analíticos

Para definir os possíveis usos da água da chuva, após ser captada através de uma superfície, é necessário conhecer a sua qualidade. A Tabela 1 lista os parâmetros avaliados no estudo e os seus limites estabelecidos pela Portaria Nº 888 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021), que estabelece procedimentos para controle e monitoramento da qualidade da água destinada ao consumo humano e o seu padrão de potabilidade. Alguns dos parâmetros avaliados não têm limites estabelecidos pela Portaria, como alcalinidade, condutividade e salinidade.

Os parâmetros foram avaliados de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017). As análises bacteriológicas foram analisadas com o método da membrana filtrante Endo NPS 14053 e Chromocult 14087 dentro de uma capela de fluxo laminar, sendo as amostras incubadas em estufa a 36°C por 24 horas após o procedimento. Depois do tempo de incubação, foi utilizado um contador manual de colônias para a contagem de Unidades Formadoras de Colônias (UFC).

Tabela 1: Parâmetros avaliados, métodos, unidades e limites de acordo com a Portaria Nº 888 (BRASIL, 2021).

Parâmetro	Parâmetro	Método de análise (Código Standard Methods)	Unidade	Limites Portaria Nº 888/2021
Físico-químicos	Alcalinidade	2320B	mg CaCO ₃ /L	-
	Cloretos	4500-Cl ⁻	mg Cl ⁻ /L	250
	Dureza total	2340C	mg CaCO ₃ /L	300
	Dureza de cálcio	3500-Ca B	mg CaCO ₃ /L	300
	Condutividade	2510B	µS/cm	-
	Salinidade	2520B	Ppt	-
	Turbidez	2130B	NTU	5
	Cloro livre	4500-Cl G	Ppm	Mínimo de 0,2
	Cloro total	4500-Cl G	Ppm	Mínimo de 2
	Bacteriológicos	Coliformes totais	9222 B	UFC/100ml
E. Coli		9222 B	UFC/100ml	Ausência em 100 ml

2.5. Educação ambiental

Para facilitar a comunicação entre os participantes da pesquisa e a equipe técnica foi criado um grupo de comunicação por meio da mídia social *WhatsApp* com o intuito de aproximá-los, e assim tirar as dúvidas dos usuários quanto à manutenção e possibilitar solicitação de assistência a equipe técnica.

Sabe-se que água contaminada por coliformes é um risco potencial para a saúde dos indivíduos expostos e algumas doenças podem ser transmitidas, como por exemplo: diarreia, febre, hepatite-a, gastroenterite viral e bacteriana e diversas doenças intestinais. Logo, também houve a preocupação de levantar informações sobre o histórico de saúde da família durante o tempo pós-implantação. Também foram realizadas atividades educativas na comunidade, orientando-os sobre o correto manuseio do sistema DesviUFPE e da forma de desinfecção da água armazenada no reservatório.

3. Resultados e discussão

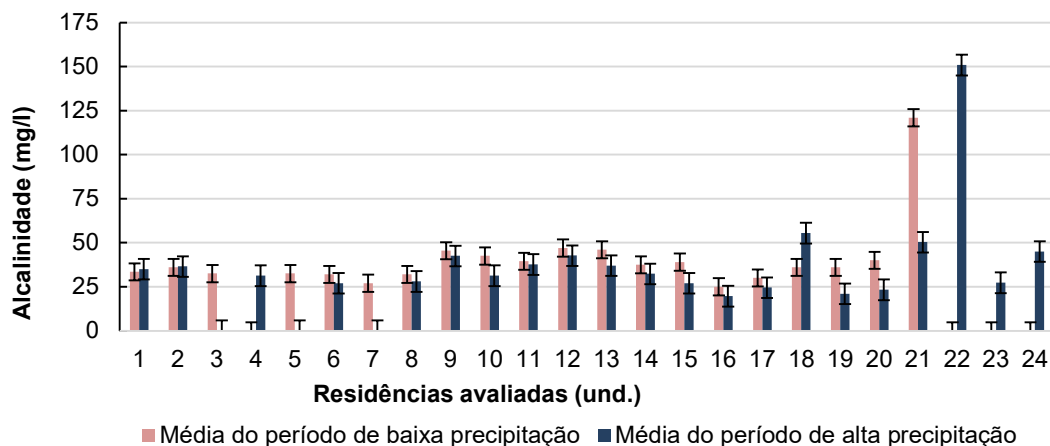
3.1 Parâmetros físico-químicos

3.1.1. Salinidade

No semiárido nordestino no Brasil, o parâmetro salinidade da água tem uma importância mais relevante que em outras regiões. A legislação brasileira não apresenta um limite específico para este parâmetro, no entanto, é importante considerar essa análise especialmente em regiões semiáridas. Isso acontece pois trata-se de uma região em que são observadas elevadas taxas de evaporação e, em sua maioria, condições hidrogeológicas que geram teores elevados de sais nos corpos d'água (Oliveira et al., 2010; MELO et al., 2018; BRITO et al., 2021). Os resultados das amostras coletadas mostraram que os valores de salinidade não variaram muito e mantiveram-se no intervalo de 0,1 a 0,2 ppt, estando bem inferior do que se espera para águas doces (inferior a 0,5 ppt), segundo a Resolução CONAMA Nº 357 (BRASIL, 2005), não requerendo processo de dessalinização.

3.1.2. Alcalinidade

O parâmetro não tem um significado sanitário para a potabilidade da água e, assim, não possui um padrão exigido pela legislação brasileira, porém, em elevada concentração confere um sabor amargo. Segundo a Secretaria de Vigilância em Saúde (Ministério da Saúde, 2006), a maioria das águas naturais no Brasil apresentam valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg/L de CaCO₃. Apenas as residências 21 e 22 apresentaram alcalinidade mais elevada em relação as demais (Figura 6). A residência 21 é composta por uma família de 1 membro apenas e a residência 22 possuía um reservatório recém construído. Em ambos os casos o aumento da alcalinidade é decorrente do maior contato da água armazenada com o cimento, material de construção utilizado, sendo mais evidente a influência em reservatórios de construção mais recente (Morais et al. 2018).

Figura 6: Alcalinidade apresentada pela água da chuva coletada após passagem pelo dispositivo DesviUFPE.

3.1.3. Dureza total e dureza de Cálcio

Segundo a WHO (2010), a dureza da água é a medida tradicional da capacidade da água para reagir com o sabão. Assim, uma água dura requer mais sabão para produzir espuma. A água contendo carbonato de cálcio em termos de mg de CaCO_3/L inferior a 60 é considerada “mole”, de 60 a 120 “moderadamente dura”, de 120 a 180 “dura” e maior que 180 “muito dura”. O limite máximo para durezas total e de cálcio, definido pelo Ministério da saúde (BRASIL, 2021) é de 300 mg de CaCO_3/L . Como pode ser observado nas Figuras 7 e 8, maioria das amostras estiveram dentro do considerado como água mole, exceto as residências 21 e 22, as mesmas que apresentaram maior alcalinidade devido a influencia dos materiais de construção de origem cimentícia também apresentaram água com características moderadamente dura e dura, respectivamente.

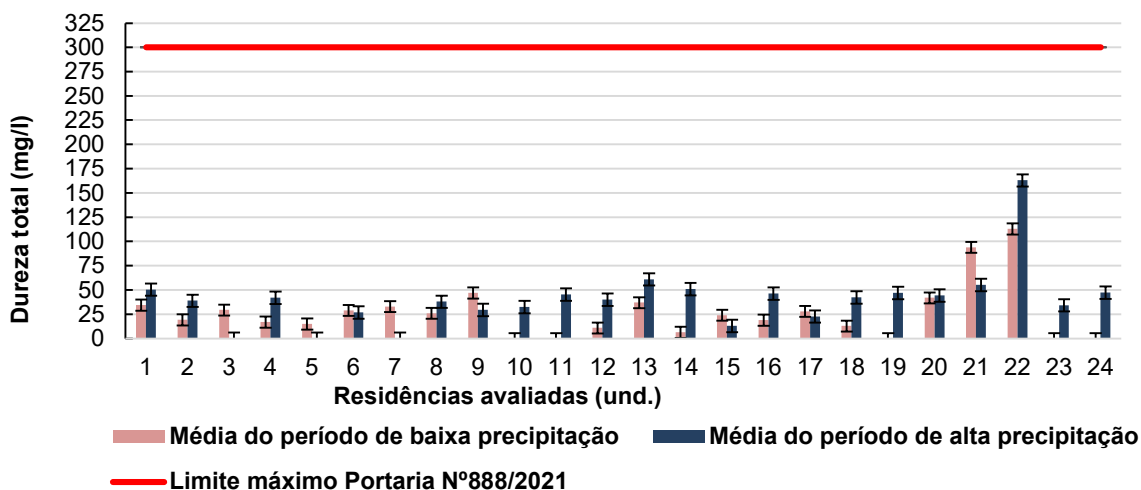
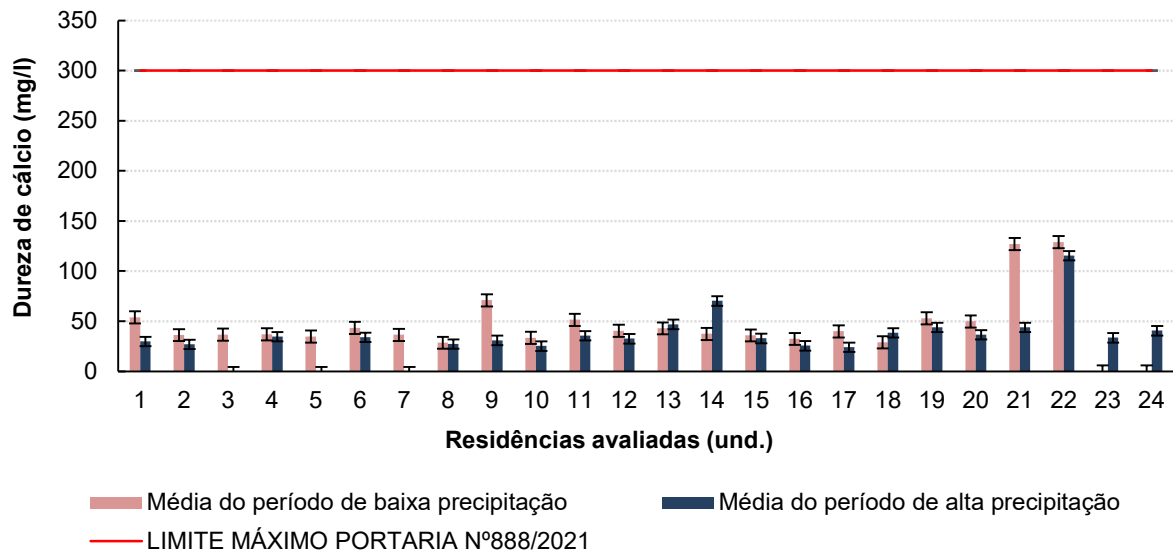
Figura 7: Dureza total apresentada pela água da chuva coletada após passagem pelo dispositivo DesviUFPE.

Figura 8: Dureza de Cálcio apresentada pela água da chuva coletada após passagem pelo dispositivo DesviUFPE.



Os minerais dissolvidos contribuem para o sabor da água potável em diferentes graus, assim, a aceitabilidade da água dependerá normalmente do gosto individual do utilizador. Água dura frequentemente produz um depósito notável de precipitado, podendo causar incrustações em tubulações. A água potável em que tanto o magnésio como o sulfato estão presentes em concentrações elevadas (acima aproximadamente de 250 mg de CaCO_3/L cada) pode ter um efeito laxante, embora os dados sugiram que os consumidores se adaptam a estes níveis à medida que as exposições continuam. As concentrações que podem provocar efeitos laxantes não foram observadas no presente estudo segundo referência da WHO (2010).

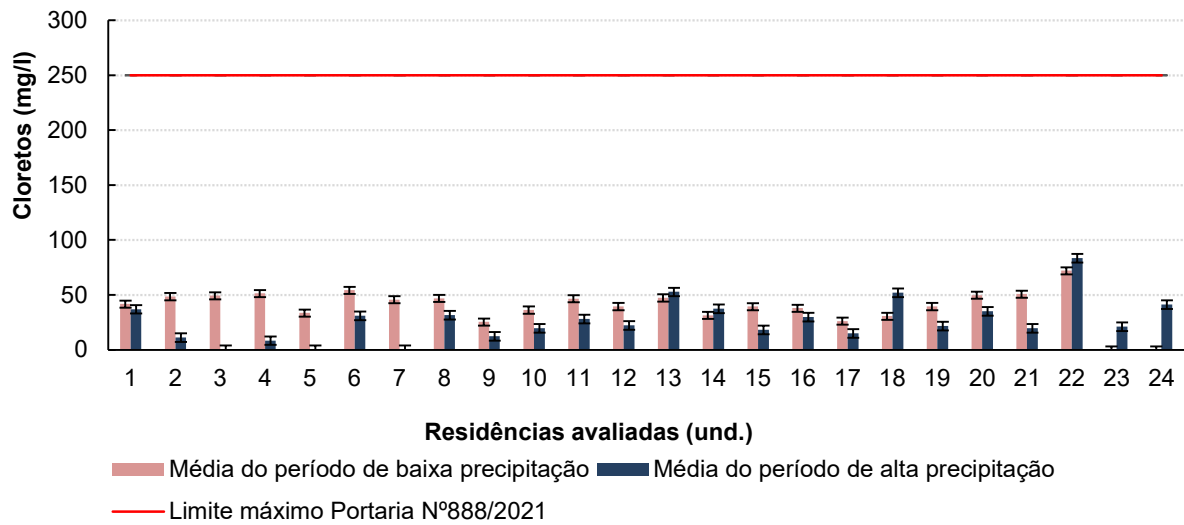
Várias investigações epidemiológicas demonstraram a relação entre risco de doença cardiovascular, retardo de crescimento, falha reprodutiva e outros problemas de saúde e a dureza da água (SANTOS et al., 2019). Por outro lado, segundo WHO (2010), um grande número de estudos tem investigado os potenciais efeitos benéficos da dureza da água potável para a saúde. A maioria destes têm sido estudos epidemiológicos ecológicos e relataram uma relação inversa entre a dureza da água e a mortalidade cardiovascular. Em relação aos valores de dureza total e de cálcio obtidos (Figuras 7 e 8, respectivamente), todas as amostras estiveram com concentrações bem abaixo do limite estabelecido pela legislação brasileira.

Abu-Zreig *et al.* (2019) avaliaram a água da chuva no norte da Jordânia sem a interferência da passagem pelo telhado e armazenamento de cisterna, a fim de avaliar a contaminação por poluentes atmosféricos, poeira em geral e resíduos de pedreiras de calcário da região. A concentração de dureza na primeira tempestade foi de 130 mg/L, apenas depois do terceiro evento chuvoso a concentração caiu para 50 mg/L. No presente estudo, por conta do DesviUFPE, na maioria das residências a concentração da dureza ficou abaixo de 50 mg/L.

3.1.4. Cloretos

Em concentrações elevadas conferem um sabor salgado a água e pode prejudicar tubulações e estruturas metálicas, bem como plantas em crescimento (APHA, 2017). A legislação estabelece para cloretos o limite de 250 mg de Cl^-/L (BRASIL, 2021), logo todas as amostras coletadas, apresentadas na Figura 9, estão dentro do padrão de potabilidade estabelecido.

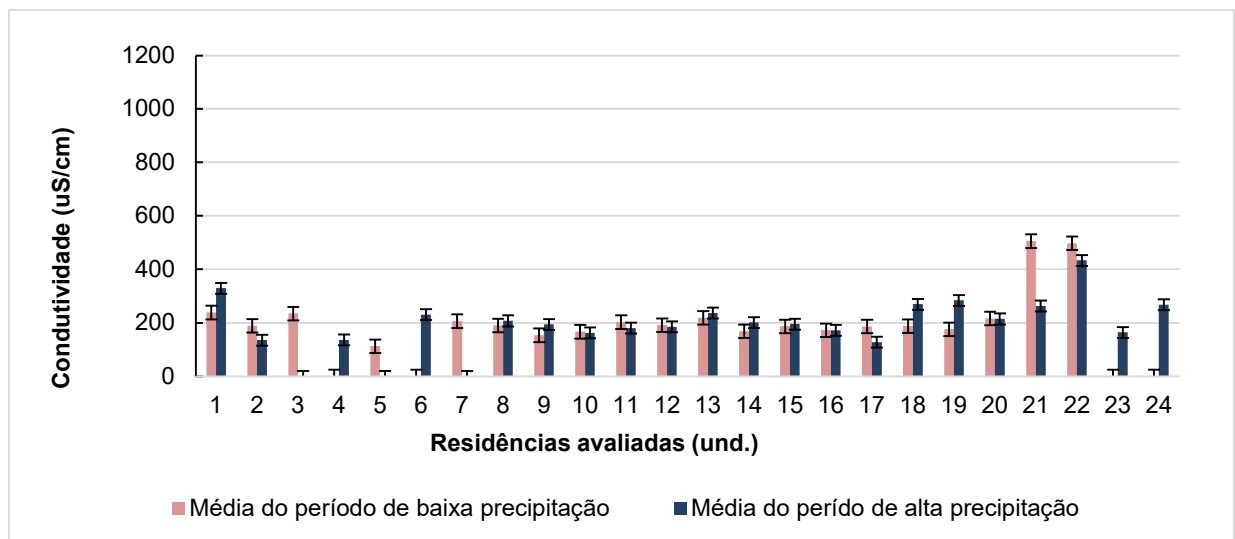
Figura 9: Cloretos apresentada pela água da chuva coletada após passagem pelo dispositivo DesviUFPE.



3.1.5. Condutividade elétrica

Este parâmetro se relaciona com a quantidade de sais (cátions e ânions) presentes e representa as condições hidroquímicas da água (VASCONCELOS et al., 2019). Zhang *et al.* (2022) afirma também que um elevado teor de condutividade pode estar relacionado com a poluição antrópica. Como já mencionado no item 3.1.1 a análise da condutividade elétrica em regiões semiáridas também é importante, mesmo sem existir um padrão para o parâmetro de CE segundo a Portaria Nº 888 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021). Conforme já foi mencionado nos itens anteriores, as residências 21 e 22 apresentam valores superiores das demais. Esse resultado pode ser atribuído ao fato de que as amostras de água analisadas são de misturas de fontes (Figura 10).

Figura 10: Condutividade apresentada pela água da chuva coletada após passagem pelo dispositivo DesviUFPE.

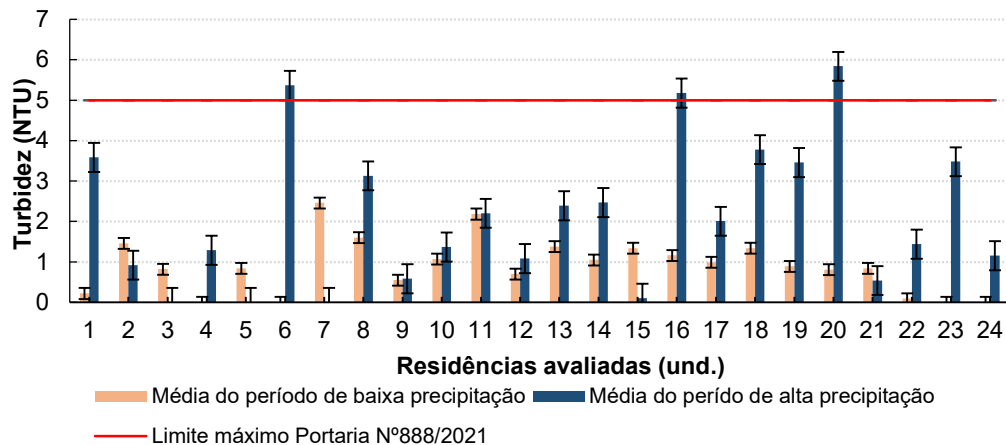


3.1.6 Turbidez

A turbidez é um parâmetro muito importante quando deseja-se analisar a qualidade da água. Sua presença está associada principalmente à deposição de sólidos em suspensão, restos de plantas e possíveis excrementos de animais presentes nos telhados e nas calhas (SILVA et al., 2017). Sólidos em suspensão são os responsáveis por valores elevados de turbidez. A turbidez não causa problemas sanitários diretos, porém indiretamente serve de abrigo a microrganismos, dificultando a desinfecção.

O limite estabelecido pela Portaria N° 888 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021) é de 5 NTU no ponto de consumo. As amostras apresentaram turbidez dentro do padrão estabelecido (Figura 11), exceto nas residências 6, 16 e 20.

Figura 11: TURBIDEZ apresentada pela água da chuva coletada após passagem pelo dispositivo DesviUFPE.



Esse fato foi atribuído a características construtivas de algumas cisternas fora da norma técnica (Figura 12). Segundo a NBR 5626 (ABNT, 1998), o reservatório deve ser um recipiente estanque que possua tampa ou porta de acesso opaca, firmemente presa na sua posição, com vedação que impeça a entrada de líquidos, poeiras, insetos e outros animais no seu interior. Tal medida é contribuinte para garantia da potabilidade da água do reservatório. Em cisternas enterradas é recomendado que a tampa de inspeção fique 5 cm acima do nível do solo e que seja de concreto. Em hipótese alguma a cisterna deve estar desprotegida ou coberta com outro tipo de material, como por exemplo alumínio que é comumente empregado. Para garantir que a água não seja contaminada, a tampa precisa estar bem vedada. Caso não ocorra essa vedação, a água da chuva que escorre pelo solo contaminado por dejetos de animais pode entrar diretamente na cisterna. Foi observado que a maioria das casas analisadas não atendiam a esse padrão, (Figura 12), o que pode comprometer diretamente os resultados da turbidez e outros padrões de potabilidade.

Figura 12: Tampa de alumínio em cisterna em uma das residências, estando fora do padrão estabelecido na NBR 5626 e sendo possível causa de contaminação da cisterna



3.1.7. Cloro residual livre e Cloro total

A Portaria N° 888/2021 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021) recomenda que a água fornecida pelo sistema público de abastecimento ou pelo caminhão pipa contenha um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L. Além disso é obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado. Assim, visando atendimento ao que preconiza a legislação do uso de água para fins potáveis, durante todo período de monitoramento, foi adicionado cloro à água armazenada nos reservatórios, atendendo assim aos residuais mínimos exigidos.

3.2 Parâmetros bacteriológicos

A Portaria Nº 888/2021 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021), assim como citado em WHO (2010), determina que o padrão para coliformes totais e *Escherichia coli* seja a ausência em 100 mL e que se houver interpretação duvidosa nas reações típicas dos ensaios analíticos na determinação, deve-se fazer a coleta novamente.

É importante destacar que, em estudo anterior, o sistema DesviUFPE se mostrou eficiente na remoção de 100% da bactéria *E.coli* e 90% de remoção dos coliformes totais (CARVALHO et al., 2018). No presente estudo também foram detectados coliformes totais, assim, para atender aos requisitos da Portaria Nº 888 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021), que exige ausência de coliformes totais e termotolerantes, foi necessário realizar uma simples desinfecção. O processo foi realizado de forma prática, se adicionando 100 ML de água sanitária contendo 2,5% de hipoclorito de sódio para cada 1000 L de água armazenada na cisterna, seguindo as orientações do Ministério da Saúde (BRASIL, 2014). Além disso, para garantir a efetividade do sistema faz-se necessário o descarte da água retida no DesviUFPE, abrindo o registro de saída após 24 horas sem evento chuvoso, procedimento por vezes negligenciado pelas famílias.

Durante todo período de monitoramento e enquanto estava sendo realizada a desinfecção com cloro da água armazenada, mantendo os residuais exigidos pela legislação, nenhuma amostra apresentou presença de coliformes totais ou *E.Coli*, estando assim dentro do padrão estabelecido pela legislação vigente de potabilidade da água para consumo humano.

4. Conclusões

Em relação aos parâmetros físico-químicos, todas as amostras estiveram dentro do padrão, com exceção da turbidez em 3 residências, fato atribuído às condições construtivas do fechamento da cisterna. O cumprimento das normas técnicas é essencial para que não haja contaminação no armazenamento da água. Pequenos detalhes como o material utilizado para o fechamento e a altura do dispositivo de vedação podem ajudar a garantir a potabilidade da água.

Os resultados de qualidade da água indicam que o sistema DesviUFPE foi eficiente na remoção de *E.Coli* bem como redução de coliformes totais e demais poluentes, sendo recomendado a desinfecção da água da cisterna antes do uso para abastecimento humano. Na operação do desvio e na desinfecção e limpeza dos reservatórios é imprescindível a participação popular. Portanto, para o sucesso do projeto na mobilização social, atendimento à comunidade e educação ambiental às famílias são de suma importância e tiveram efeitos práticos na melhoria da qualidade da água.

No âmbito social, o sistema trouxe autossuficiência hídrica no período chuvoso tanto para os que utilizam a água de abastecimento público como fonte principal, como para os que utilizam caminhão pipa, pois neste período o sistema de captação de água da chuva, enquanto nova matriz hídrica, atendeu totalmente à demanda das famílias.

Devido à excelente qualidade da água após tratamentos, conclui-se que o uso da água da chuva utilizando a tecnologia do DesviUFPE, seguido de simples desinfecção, é uma solução tecnológica segura e complementar ao abastecimento de água convencional, sendo viável a potabilização da água da chuva em ambientes urbanos de regiões semiáridas, como foi o caso do local do estudo.

Agradecimentos

Os autores gostariam de registrar seus agradecimentos à Construtora Viana & Moura pela parceria e total apoio à implantação do projeto e a realização dessa pesquisa e por tornar concreta a contribuição da ciência desenvolvida na academia no atendimento às necessidades da população de Caruaru. Os



autores agradecem ainda à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco (FADE) pelo apoio administrativo dos recursos necessários ao desenvolvimento da pesquisa.

Referências

ABU-ZREIG et al. Assessment of rooftop rainwater harvesting in northern Jordan, **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, Volume 114, 2019.

ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, jan. 2014.

ALVES, Fellipe *et al.* Water quality and microbial diversity in cisterns from semiarid areas in Brazil. **Journal of Water and Health**, v. 12, n. 3, p. 513-525, jan. 2014.

APAC - Boletins Pluviométricos anteriores. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/boletins_pluviometricos_old.php>.

APHA, AWWA & WEF (2017) "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.", Clesceri, L. S.; Greenberg, A.E.; Eaton A.D., 20th, Washington-USA.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: Instalação predial de água fria. NBR 5626. 1 ed. Rio de Janeiro, 1998. 41 p.

Brasil. CONAMA. 2005. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, 29 p. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. PDF.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Procedimentos para desinfecção da caixa d'água**. Brasília, 2014. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/folder/procedimentos_desinfeccao_caixa_dagua_2014.pdf.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para o consumo**. Brasília, 2006. 212 p. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. 12 de março de 2019. **Água para todos**. Disponível em <<https://antigo.mdr.gov.br/dadosabertos/317-secretaria-nacional-de-programas-urbanos/agua-para-todos/6076-agua-para-todos>>

BRITO, Luíza Teixeira Lima *et al.* **Subterrânea**: disponibilidade hídrica subterrânea. Disponibilidade hídrica subterrânea. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/agua/subterranea>.

CARVALHO, José Roberto Santo de *et al.* A PVC-pipe device as a sanitary barrier for improving rainwater quality for drinking purposes in the Brazilian semiarid region. **Journal of Water and Health**. [Recife], p. 391-402. fev. 2018.



HAGEMANN, Sabrina Elicker *et al.* Variação da qualidade da água de chuva com a precipitação: aplicação à cidade de Santa Maria- RS. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 21, n. 3, p. 525-536, set. 2016.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO de GEOGRAFIA e ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

MELO, Roseli Freire de *et al.* Caracterização da qualidade de água de poços em barragens subterrâneas no semiárido da Bahia. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 3., 2018, João Pessoa. **Anais**. João Pessoa: Pdvagro, 2018. p. 1-6. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/192095/1/Andreson-2.pdf>.

OLIVEIRA, Clélia Nobre de. *et al.* Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: Bacia hidrográfica do Rio Salitre. **Quim. Nova**, Salvador, v. 33, n. 5, p. 1059-1066, abr. 2010.

Pluvi – Soluções Ambientais Inteligentes. História. 2021. Disponível em: < <https://www.pluviambiental.com.br/hist%C3%B3ria>>

RUFINO, Iana *et al.* Water Resources and urban planning: the case of a coastal area in Brazil, **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v.3, n.1, p.31-42, jun. 2009.

SANTOS, Sylvana Melo dos *et al.* Integrating conventional and green roofs for mitigating thermal discomfort and water scarcity in urban areas. **Journal of Cleaner Production**. p. 639-648. jan. 2019.

SENEVIRATHNA, S. T. M. L. D., RAMZAN, S., & MORGAN, J. (2019). A sustainable and fully automated process to treat stored rainwater to meet drinking water quality guidelines. **Process Safety and Environmental Protection**. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.08.005>

SILVA, Selma Thais Bruno da. *et al.* Comportamento de dispositivos de desvio das primeiras águas de chuva como barreiras sanitárias para proteção de cisternas. **Águas Subterrâneas**, v. 31, n. 2, p. 1-11, jan. 2017.

VASCONCELOS, Mickaelon Belchior *et al.* Aplicação da condutividade elétrica da água nos estudos hidrogeológicos da região Nordeste do Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 23., 2019, Foz do Iguaçu. **Anais**. Foz do Iguaçu: Abrh, 2019. 10 p. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/21644/1/aplicacao_da_condutividade_eletrica.pdf.

WHO (World Health Organization). Water, Sanitation and Health Team. Guidelines for drinking-water quality. Vol. 1, Recommendations, 4rd ed. **World Health Organization**. 2010 Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42852>.

ZHANG, Dan *et al.* Electrical conductivity and dissolved oxygen as predictors of nitrate concentrations in shallow groundwater in Erhai Lake region. **Science of The Total Environment**, v. 802, 1 jan. 2022.



Siméia Elizaene Domingos de Oliveira

Bacharela em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco- UFPE/CAA. Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco- UFPE-CAA, na área de Tecnologia Ambiental. Atualmente desenvolve um projeto de pesquisa através da FADE com o título: Água de qualidade para promoção da saúde e de uma melhor qualidade de vida- Projeto Água Melhor, coordenado pela prof. Titular Sávía Gavazza e Prof. Júlio César Azevedo e orientado pela prof. Titular Elizabeth Pastich.

Contribuição de coautoria: Curadoria de dados; Análise; Coleta de dados; Redação – rascunho original.

Júlio Cesar Azevedo Luz de Lima

Graduação em Engenheiro Civil, professor EBTT com dedicação exclusiva do Instituto Federal de Pernambuco (Campos Barreiros), Mestre e doutorando em Engenharia civil com ênfase em Tecnologia Ambiental. Co-fundador e sócio cotista da Startup Pluvi, incubada no Polo Tecnológico da UFPE. Técnico em Saneamento Básico pela Escola Técnica Federal de Pernambuco. Tem experiência em Gestão, onde atuou na COMPESA entre 1997 e 2014, principalmente na gestão da manutenção de redes e ramais do Recife e das atividades de cadastro, micromedição e faturamento do Estado de Pernambuco.

Contribuição de coautoria: supervisão e validação. Redação – revisão e edição.

Isabelle Rodrigues de Mendonça Câmara

Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco e mestrado em Engenharia Civil com ênfase em tecnologia ambiental e recursos hídricos pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) e doutorado em andamento, também pelo PPGEC. Co-fundadora e sócia cotista da Startup Pluvi, incubada no Polo Tecnológico da UFPE.

Contribuição de coautoria: Redação - revisão e edição.

Sávía Gavazza dos Santos Pessôa

Doutora em Engenharia Civil na área de Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos - USP (2003). Pós-doutorado na Universidade de Cornell (EUA) entre 2012-2013. Professora Associada IV da Universidade Federal de Pernambuco. Vice-diretora do Instituto de Pesquisa em Petróleo e Energia da UFPE. Professora Associada da Universidade de Toronto, a partir de julho de 2017 (status only). Membro titular da Câmara de Engenharias da FACEPE. Membro titular do Comitê Gestor do Programa de Formação de Recursos Humanos (PRH-ANP 48.1). Consultor do Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada. Integrou o comitê de avaliação quadrienal 2017-2020 dos Programas de Pós-Graduação das Engenharias I da CAPES.

Contribuição de coautoria: Concepção; metodologia, supervisão e validação; Redação-revisão e edição.

Elizabeth Amaral Pastich Gonçalves

Possui graduação em Ciências Biológicas Bacharelado pela Universidade Federal de Pernambuco (2004), mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (2007) e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (2011). Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de Pernambuco e docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM), do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco. Tem experiência na área de Engenharia Sanitária, com ênfase em Engenharia Sanitária, atuando principalmente nos seguintes temas: indicadores ambientais, esgotos, tratamento, biomassa, reúso hidroagrícola e reaproveitamento.

Contribuição de coautoria: Concepção; metodologia, supervisão e validação; Redação-revisão e edição.



Como citar: OLIVEIRA, S. E. D. de, LIMA, J. C. A. L. de, CÂMARA, I. R. de M., PESSÔA, S. G. dos S., GONÇALVES, E. A. P. Uso da água da chuva para fins potáveis em residências populares em região semiárida de Pernambuco. Revista Paranoá, N.34, jan/jun 2023. DOI 10.18830/issn.1679-0944.n34.2023.28.

Editores responsáveis: Daniel Sant'Ana, Livia Santana, Ronaldo Rodrigues Lopes Mendes, Sílvio Roberto Magalhães Orrico e Thiago Alberto da Silva Pereira.

Assistente Editorial: Lucídio Avelino.