

Santiago, Mateus da Silva; Silva, José Adailton Lima; Moura Débora Coelho; Andrade, Lazaro Ramon dos Santos. Uso de afloramentos rochosos para captação de água de chuvas: segurança hídrica e benefícios socioambientais. *GeoGraphos* [En línea]. Alicante: Grupo Interdisciplinario de Estudios Críticos y de América Latina (GIECRYAL) de la Universidad de Alicante, 2 de julio de 2021, vol. 12, nº 138 p. 133-161 [ISSN: 2173-1276] [DL: A 371-2013] [DOI: 10.14198/GEOGRA2021.12.138].



<http://web.ua.es/revista-geographos-giecryal>

Vol. 12. Nº 138.

Año 2021

## **USO DE AFLORAMENTOS ROCHOSOS PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVAS: SEGURANÇA HÍDRICA E BENEFÍCIOS SOCIOAMBIENTAIS**

Mateus da Silva Santiago

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG (Campina Grande, Paraíba, Brasil)

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1040-7926>

Correio eletrônico: [mateus.santiago888@gmail.com](mailto:mateus.santiago888@gmail.com)

José Adailton Lima Silva

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG (Campina Grande, Paraíba, Brasil)

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4415-4082>

Correio eletrônico: [adailton\\_limasilva@hotmail.com](mailto:adailton_limasilva@hotmail.com)

Débora Coelho Moura

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG (Campina Grande, Paraíba, Brasil)

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2663-2308>

Correio eletrônico: [debygeo@hotmail.com](mailto:debygeo@hotmail.com)

Lazaro Ramon dos Santos Andrade  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG (Campina Grande, Paraíba, Brasil)  
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8228-4470>  
Correio eletrônico: [ramon.santos@gmail.com](mailto:ramon.santos@gmail.com)

Recibido: 20 de junio de 2020. Devuelto para revisión: 30 de junio de 2020. Aceptado:  
02 de julio de 2021.

## RESUMO

Atualmente, tem-se utilizado os afloramentos rochosos como tecnologias sociais simples que buscam captar e armazenar a água das chuvas e, com isso, promover o abastecimento humano. Assim, objetivou-se analisar a qualidade da água captada no Tanque do Araçá, reservatório de água sobre um afloramento rochoso no município de Esperança-PB, e identificar os benefícios sociais, econômicos e ambientais do uso de afloramentos rochosos na gestão dos recursos hídricos. Para tanto, foram realizados estudos quali-quantitativos, utilizando análises laboratoriais de parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água, tanto no Tanque do Araçá quanto nas residências das famílias que utilizam a água do referido afloramento. Com isso, observou-se que: apesar dos parâmetros físico-químicos atenderem à legislação vigente, as análises microbiológicas indicaram que a água armazenada, tanto no Tanque do Araçá, quanto nas residências das famílias, apresentam-se contaminadas por coliformes termotolerantes de origem fecal, o que obriga as famílias a tratarem tal água com a adição de cloro. Todavia, os estudos apontaram, ainda, que o uso dos afloramentos trouxe muitos benefícios socioeconômicos e ambientais: gestão dos recursos hídricos; segurança hídrica; redução de custos com a compra de água; além de atender às necessidades hídricas de inúmeras famílias que convivem com a escassez de água.

**Palavras-chave:** qualidade da água, tanques de pedra, saúde pública.

## USE OF ROCKY AFLORAMENTS FOR RAINWATER CAPTURE: WATER SAFETY AND SOCIO-ENVIRONMENTAL BENEFITS

### ABSTRACT

Currently, rock outcrops have now been used as simple social technologies that seek to capture and store rainwater and, with this, promote human supply. Thus, the objective was to analyze the quality of the water captured in Tanque do Araçá, a water reservoir over a rocky outcrop in the municipality of Esperança-PB, and to identify the social, economic and environmental benefits of using rocky outcrops in the management of water resources. In this way, it was possible to carry out analyzes of the physical-chemical and microbiological parameters of the water, both in the Araçá tank and in the residences of

the families that use the outcrop. Therefore, it was observed that, in spite of the physicochemical parameters, the microbiological analyzes indicated that the stored water, both in the Araçá tank and in the households residences, are contaminated by fecal thermotolerant coliforms, which forces the families to treat such water with the addition of chlorine. However, studies have also pointed out that the storage of rainwater in rocky outcrops has brought many socioeconomic and environmental benefits such as: management of water resources; water safety; reduction of costs with the purchase of water; in addition to meeting the water needs of countless families who coexist with the scarcity of water.

**Keywords:** water scarcity, stone tanks, public health.

## **USO DE BLOQUES DE ROCA PARA CAPTURAR AGUA DE LLUVIA: SEGURIDAD DEL AGUA Y BENEFICIOS SOCIOAMBIENTALES**

### **RESUMEN**

Actualmente, los bloques de roca se han utilizado como tecnologías sociales simples que buscan capturar y almacenar agua de lluvia y, por lo tanto, promover el suministro humano. Por lo tanto, el objetivo era analizar la calidad del agua capturada en lo Tanque do Araçá, un depósito de agua en un afloramiento rocoso en el municipio de Esperança-PB, e identificar los beneficios sociales, económicos y ambientales del uso de afloramientos rocosos en la gestión de los recursos hídricos. Por lo tanto, se llevaron a cabo estudios cualitativos y cuantitativos, utilizando análisis laboratoriales de parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua, tanto en lo Tanque do Araçá como en los hogares de familias que usan el agua del afloramiento. Así, se observó que: a pesar de los parámetros físico-químicos que cumplen con la legislación vigente, los análisis microbiológicos indicaron que el agua almacenada, tanto en el Tanque de Araçá como en los hogares de las familias, está contaminada por coliformes termotolerantes de origen fecal, lo que obliga a las familias a tratar dicha agua con la adición de cloro. Sin embargo, los estudios también han señalado que el uso de afloramientos ha traído muchos beneficios socioeconómicos y ambientales: gestión de los recursos hídricos; seguridad del agua; reducción de costos con la compra de agua; además de satisfacer las necesidades de agua de innumerables familias que viven con escasez de agua.

**Palabras clave:** escasez de agua, calidad del agua, salud pública.

## INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil possui características climáticas que propiciam ambientes distintos tais como o Litoral e Zona da Mata, com clima Tropical Quente e Úmido e há o domínio do Semiárido. De acordo com Araújo (2011), o domínio do Semiárido ocupa uma área de aproximadamente 982.563 km<sup>2</sup> com um acréscimo de 8,66%, estabelecido pela Portaria Interministerial N° 6, de 29 de março de 2004.

A área, que se localiza sob as latitudes subequatoriais, apresenta clima predominantemente Tropical Quente Seco e corresponde a 11% do território brasileiro, ocupando 86,44% do Estado da Paraíba, com uma área de abrangência, que corresponde a 170 municípios (Araújo, 2011).

Nesta porção Semiárida, ocorrem, periodicamente, estiagens com perdas parciais ou totais no setor agropecuário, praticamente de subsistência. As estiagens comprometem o abastecimento de água e a recarga hídrica, devido principalmente à irregularidade da estação chuvosa na região, com predominância de chuvas intensas e de curta duração (Carvalho, 2014).

Estas estiagens são diretamente influenciadas pela variabilidade climática, Decadal e Sazonal, que resultam na escassez hídrica dos corpos d'água intermitentes (Limeira, 2014). Em se tratando da análise da escassez hídrica no Estado da Paraíba, destacam-se os estudos relacionados à detecção de indícios de variabilidade pluviométrica e de mudanças em séries temporais, tais como os de Haylock, et al. (2006), Obregón & Marengo (2007), Francisco (2015).

A região Semiárida apresenta vulnerabilidade hídrica, e esta reflete no abastecimento hídrico para a população, uma vez que o volume variável de precipitação é sazonal (Silva *et al*, 2012; Pereira, 2017).

Tal escassez de água no Semiárido, e em especial na Paraíba, afeta as classes sociais e as atividades econômicas, resultando em conflitos socioambientais. Assim, esta vulnerabilidade climática, com ênfase na disponibilidade hídrica gerenciada pelos órgãos competentes, pode proporcionar a distribuição de água, em quantidade e qualidade, para atender as necessidades e interesses da sociedade.

O município de Esperança, assim como muitas cidades do Estado da Paraíba, enfrenta um período de escassez hídrica decorrente das variabilidades climáticas, as quais contribuem para a redução do potencial hídrico, destinado ao abastecimento público.

Diante dessa problemática, muitas famílias do município fazem uso de fontes alternativas para suprir suas necessidades básicas, destacando-se como principais fontes de abastecimento o uso de carros “Pipas”, poços, e também do reservatório Tanque do Araçá.

Cabe-nos, então, questionar: sendo a água um bem de uso comum, como se dá a distribuição deste recurso? Qual a qualidade da água que é ofertada e sob quais condições ela está sendo acessada? Como se dá o tratamento de águas de chuvas captadas nos reservatórios inseridos em afloramentos rochosos? Diante destes questionamentos e sabendo que na cidade de Esperança-PB, há a existência do uso de águas captadas em afloramentos rochosos, buscou-se analisar a qualidades das águas captadas nos

afloramentos, e quais os benefícios sociais, econômicos e ambientais advindos do uso dos afloramentos para a gestão hídrica.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### **As condições climáticas do Nordeste e a problemática da escassez hídrica**

A região Nordeste apresenta em sua caracterização climatológica, um regime pluviométrico definido pela má distribuição das chuvas, ao longo do tempo e do espaço. Tal característica atrelada à ausência de políticas públicas eficazes e às chamadas “secas cíclicas”, que atingem a região e representam um forte entrave em seu desenvolvimento social e econômico, sobretudo, no que diz respeito ao acesso à água, enquanto recurso indispensável a subsistência humana (Francisco *et al*, 2015).

Estudos em escala regional, discutem e enfatizam que os recursos hídricos, presentes na região são colocados em segundo plano, reduzindo de maneira significativa as possibilidades de manejo adequado e eficiente dos mesmos (Oliveira, 2016). Tal fato acarreta, também, na inviabilização do desenvolvimento de políticas públicas de convivência com o Semiárido (Fagundes, 2015; Maciel & Pontes, 2015).

Um dos principais rótulos atribuídos à região Nordeste do Brasil é a de uma “terra seca”, com “rios secos e uma vegetação e fauna raquíticas ou inexistentes”, ou ainda, a descrevem como sendo “repleta de cactos” ou de outras “plantas espinhosas”, características de climas secos. Na verdade, o Semiárido nordestino foi colocado como uma região problema, ou ainda, uma terra de pessoas pobres e sem estrutura alguma de sobrevivência ou de conhecimentos (Maciel & Pontes, 2015).

No entanto, contrastando com a visão de Nordeste pobre historicamente difundida, sabe-se que: 1) há uma grande diversidade (quantitativa e qualitativa) de espécies vegetais, onde estimando-se que haja na região entre três a quatro mil espécies de plantas (Nodari *et al*, 2016); 2) embora haja uma má distribuição espacial e temporal das precipitações, o Semiárido brasileiro destaca-se, dentre todas as regiões Semiáridas do mundo, como a que possui a maior precipitação média anual, possibilitando assim atividades agropastoris temporárias ou sazonais; e 3) a região Nordeste do Brasil é uma das mais importantes para a economia do país, com grande destaque, para o desenvolvimento da produção agrícola e do setor terciário: comércio e serviços (Lacerda *et al*, 2015).

A grande divergência em relação aos fatores de distribuição de água no Semiárido nordestino não está situada apenas nos fatores naturais, mas suscitadas na inexistência de políticas de gestão hídrica. Ainda nesse contexto é possível identificar a existência de estratégias relacionadas à convivência e adaptação do homem ao meio, podendo-se citar o uso de formas alternativas de armazenamento de água, que podem ser uma alternativa à gestão dos recursos hídricos, disponíveis localmente (Fagundes, 2015).

No caso específico do Semiárido nordestino, pode-se citar a utilização de tanques naturais. Esta é uma prática, que remonta ao século XIX, e que proporcionou uma alternativa de captação de águas de chuvas, destinada ao abastecimento de água à famílias, que convivem com a escassez hídrica. Dentre as vantagens propiciadas pelo uso de fontes alternativas de armazenamento de água, tais como os tanques de pedra, pode-se

ênfatizar o fato da rocha ser impermeável, o que possibilita o acúmulo de água, configurando uma forma de abastecimento simples e barata em relação a outros meios de abastecimento (Souza et al., 2016).

Por fim, destacamos que além dos problemas correlacionados à disponibilidade de água no Semiárido, faz-se notório ainda, o fato de grande parcela das águas não serem potáveis para o consumo humano. Assim, outros aspectos a serem destacados são a qualidade da água e o armazenamento desta, que refletem um possível descaso da gestão hídrica, que acarreta em doenças de veiculação hídrica e em vulnerabilidade social.

### **Disponibilidade de água potável: alguns problemas e sua importância para a vida humana**

Quando relacionamos a problemática da escassez e da disponibilidade de água a fatores como a qualidade e potabilidade da mesma, a situação mostra-se delicada. De acordo com o relatório da ONU (2017), 2,1 bilhões de pessoas não têm acesso a água potável e gerenciada de forma segura. Desse total, 844 milhões não possuem acesso a nenhum serviço básico de distribuição de água potável, incluindo “263 milhões de pessoas que precisam gastar mais de 30 minutos por viagem para coletar água de fontes distantes de casa e 159 milhões que ainda bebem água não tratada de fontes de água superficiais, como córregos ou lagos”.

O relatório da Organização das Nações Unidas, intitulado “Água Doente”, publicado no ano de 2017, ênfatiza, ainda, que: anualmente mais pessoas morrem por causa de água poluída do que por todas as formas de violência e até mesmo do que as guerras. De acordo com a ONU (2017), 3,7% de todas as mortes no mundo são atribuídas à água, e mais da metade dos leitos de hospitais encontram-se ocupados por pessoas que sofrem com doenças relacionadas à água.

Dentre os inúmeros agentes contaminantes presentes na água, podemos destacar a presença de microrganismos como bactérias, vírus e parasitas, ou ainda a presença de toxinas naturais, produtos químicos, agrotóxicos, metais pesados, dentre outros. Fatores como o saneamento deficiente e a água contaminada também estão ligados à transmissão de doenças como cólera, disenteria, hepatite A e febre tifoide (ONU, 2017; SES/SP, 2015).

Assim, consideram-se doenças relacionadas à água ou de veiculação hídrica todo o tipo de doença ocasionada por organismos ou por quaisquer outros contaminantes disseminados por meio da água, que por sua vez podem ser transmitidas ao homem de diversas maneiras, cujas principais são (Tabela 1):

**Tabela 1. Principais formas de transmissão de doenças por veiculação hídrica, causas e doenças relacionadas**

<b>FORMA DE TRANSMISSÃO</b>	<b>COMO SÃO CAUSADAS</b>	<b>PRINCIPAIS DOENÇAS RELACIONADAS</b>
<b>Ingestão de água contaminada</b>	São doenças provocadas devido à ingestão direta de água contaminada, em geral, em locais onde não há sistema de abastecimento de água tratada, e os grupos populacionais fazem uso de minas, poços, bicas, ou então, utilizam água mineral de fontes contaminadas.	Cólera, febre tifóide, hepatite A e doenças diarreicas agudas de várias etiologias: bactérias - <i>Shigella</i> , <i>Escherichia coli</i> ; vírus – <i>Rotavírus</i> , <i>Norovírus</i> e <i>Poliovírus</i> (poliomielite – já erradicada no Brasil); e parasitas – <i>Ameba</i> , <i>Giárdia</i> , <i>Cryptosporidium</i> , <i>Cyclospora</i> .
<b>Contato da pele/mucosas com água contaminada.</b>	São doenças causadas devido ao contato da pele ou mucosas com água contaminada por esgoto humano ou por fezes ou urina de animais.	Destacam-se como principais doenças, algumas verminoses transmitidas pela pele (água ou solo contaminados), a esquistossomose (água contaminada e presença de determinadas espécies de caramujo no seu ciclo de transmissão) e a leptospirose (águas, principalmente de enchentes, solo úmido ou vegetação, contaminados pela urina de rato).
<b>Falta de água ou de rede de esgoto/alternativas adequadas para deposição de dejetos ou práticas precárias de higiene.</b>	São doenças causadas pela ausência de higienização adequada e que podem ser transmitidas de pessoa para pessoa. Além disso podem ter também os parasitas carreados para água ou para os alimentos por meio das moscas.	Tracoma devido à <i>Chlamydia trachomatis</i> , doença conhecida por não se lavar o rosto - os olhos, de rotina; piolhos ou escabiose, que passam de pessoa para pessoa; ascaridíase ( <i>Ascaris lumbricóides</i> , adquirida devido à ingestão de ovos do parasita), de helmintíases ou outras verminoses.
<b>Insetos/vetores que se desenvolvem na água.</b>	São aquelas transmitidas pela picada de mosquitos/vetores que se desenvolvem na água.	Dengue, febre amarela, filariose, malária e algumas encefalites.

Fonte: SES/SP (2015).

Cabe-nos ressaltar, que algumas das doenças elencadas acima são disseminadas, com transmissão de indivíduo para indivíduo (por via fecal-oral), dessa forma a propagação entre a comunidade torna-se um fato alarmante. Algumas dessas doenças estão diretamente relacionadas ao fornecimento de água, nas mais diversas formas de distribuição e captação, e o aumento ou a diminuição dos casos destas, quando monitorados de maneira eficiente, permitem uma melhor avaliação das ações de saúde pública no tocante ao controle e a prevenção das mesmas (Silva *et al*, 2017).

O possível descaso da qualidade da água, disponibilizada para a população pode oferecer riscos. Neste caso, destacamos que a potabilidade da água é viabilizada por várias formas de tratamento, sendo que as mais tradicionais incluem basicamente as etapas de: coagulação, filtração, desinfecção e a fluoretação (Scuracchio, 2010).

Além destas, a fervura e cloração da água são alternativas para redução dos riscos de veiculação de doenças. O consumo de água imprópria, ou contaminadas por agentes patogênicos, levará a disseminação de doenças. De acordo com inciso V da Portaria 2914 de 2011, que rege sobre o padrão de potabilidade para água, define-se como água tratada a “água submetida a processos físicos, químicos ou combinação destes, visando atender ao padrão de potabilidade” (Brasil, 2011). (Scuracchio, 2010).

É necessário, também, para a execução de um programa adequado de tratamento, distribuição e armazenamento, que o sistema de acúmulo de água nas residências siga as quantidades limites dos diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, instituídos pelas agências regulamentadoras (Brasil, 2011; Scuracchio, 2010).

Vale salientar, nesse contexto, que não apenas a água tratada é tida como fator primordial, mas também o fornecimento de equipamentos de saneamento como banheiros, latrinas e fossas são de suma importância. Estes fatores devem estar associados a prevenção e ao controle de doenças por veiculação hídrica (Bortoli, 2017; ONU, 2017; OMS, 2017).

### **Parâmetros de qualidade de água**

Parâmetros de qualidade de água são os valores de referência no que diz respeito às características físicas, químicas e biológicas da água (Von Sperling, 2005). Desse modo, as características físicas da água estão relacionadas à ordem estética e subjetiva, com parâmetros estabelecidos, tais como: cor, temperatura, sabor, odor; enquanto, as características químicas estão relacionadas às substâncias dissolvidas, que alteram valores em parâmetros como: acidez, alcalinidade, pH.; e as biológicas, fazem referência a presença de seres vivos ou mortos, pertencentes ao reino animal e vegetal além dos protistas presentes na água (Von Sperling, 2005; Andrade, 2017).

De acordo com Bortoli (2016), os parâmetros microbiológicos de qualidade de água são verificados a partir da existência de: 1) Coliformes totais e Coliformes termotolerantes; 2) Coeficiente de desoxigenação; 3) Coeficiente de decomposição; 4) Salinidade; e 5) Quantidade das substâncias: sulfato, carbonato, potássio e cloretos presentes nas águas;



Tais Parâmetros são usados como forma de monitorar a qualidade da água, sendo esta verificação realizada de modo contínuo ou periodicamente, objetivando-se na manutenção da qualidade dos corpos hídricos, bem como, na análise das formas como estes corpos são afetados por contaminantes e atividades antrópicas.

Ribeiro et al. (2017) aponta, que as características das águas são intrínsecas e próprias, assim sendo, estas podem apresentar propriedades variáveis. Destacando-se que dependendo da localidade e das condições de sua origem, as águas que não sofreram ação antrópica, podem ter características: 1-sulfurosas, 2- carbonatadas, 3-magnesianas em sua origem (Bortoli, 2016).

A Resolução nº 357/2005 (Brasil, 2011) do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, e a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, apresentam diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, para classificar e caracterizar a qualidade das águas. A Tabela 2 apresenta alguns desses indicadores e suas características.

**Tabela 2. Parâmetros de qualidade de água e suas definições, segundo a Resolução nº 357/2005, do Conselho CONAMA, e a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde**

<b>PARÂMETROS</b>	<b>DEFINIÇÃO</b>
<b>Sólidos Totais Dissolvidos (STD)</b>	Os sólidos totais dissolvidos nas águas representam toda a matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado.
<b>Cloro total</b>	O cloro é um agente bactericida, adicionado durante o tratamento da água com o objetivo de eliminar bactérias e outros microrganismos patogênicos que podem estar presentes na água.
<b>Potencial Hidrogeniônico (pH)</b>	Esse parâmetro representa a concentração de íons hidrogênio H <sup>+</sup> , dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água.
<b>Condutividade elétrica</b>	A condutividade elétrica da água representa a capacidade de transmissão da corrente elétrica através da presença de íons dissolvidos na água. Quanto maior a quantidade de íons, maior a sua condutividade elétrica.
<b>Coliformes totais</b>	Bactérias do grupo coliforme –bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a 35,0 ± 0,5°C em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β-galactosidase.
<b>Coliformes termotolerantes</b>	Os Coliformes termotolerantes são bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima β-galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44o - 45oC, com produção de ácido, gás e aldeído. São indicadoras de contaminação fecal.

Fonte: Bortoli, 2016; Scuracchio, 2010.

Ressalva-se que as legislações vigentes de classificação e potabilidade de água, que estabelecem padrões e normas de qualidade de água, estão baseadas nestes parâmetros. Assim sendo o monitoramento da qualidade da água por meio de parâmetros físicos/químicos e microbiológicos fornece subsídio às políticas de proteção ambiental e decisão nas ações de gestão ambiental.

### **Eutrofização dos corpos hídricos**

Resultante do acúmulo excessivo de nutrientes, sobretudo nitrogênio e fósforo, o processo de eutrofização de corpos hídricos tem como principal consequência a diminuição da quantidade de espécies existentes nos corpos hídricos, assim como, a modificação da biota dominante (Andrade, 2017). Tal processo desencadeia ainda o crescimento excessivo de plantas aquáticas, favorecendo desta forma, a proliferação de cianobactérias em relação a outras espécies (Pereira, 2013).

A intensificação do processo de eutrofização, bem como, as possíveis alterações na qualidade da água de reservatórios superficiais, podem ser definidas como resultado de processos naturais ou de processos antropogênicos. Nesse sentido, cabe destacar o crescimento demográfico, como fator preponderante, no que diz respeito ao lançamento excessivo de nutrientes, decorrentes de atividades humanas.

Pode-se destacar ainda, que, o aumento na concentração de nutrientes e de substâncias tóxicas no meio aquático, resultantes, sobretudo, do lançamento de efluentes de origem doméstica ou industrial em corpos hídricos, tem como principais consequências a diminuição do índice de qualidade da água para sobrevivência dos seres vivos, assim como, a intensificação dos riscos à saúde humana em face do consumo de águas contaminadas (Von Sperling, 2005).

Cabe destacar ainda que os estudos voltados a análise do Índice de Eutrofização de corpos hídricos (IET), em reservatórios superficiais, são escassos. Assim sendo, a carência de estudos, pode resultar em graves consequências tanto no que diz respeito à qualidade e conservação das águas superficiais, quanto na qualidade de vida e saúde dos indivíduos que fazem uso dessa água (Pereira, 2013; Andrade, 2017).

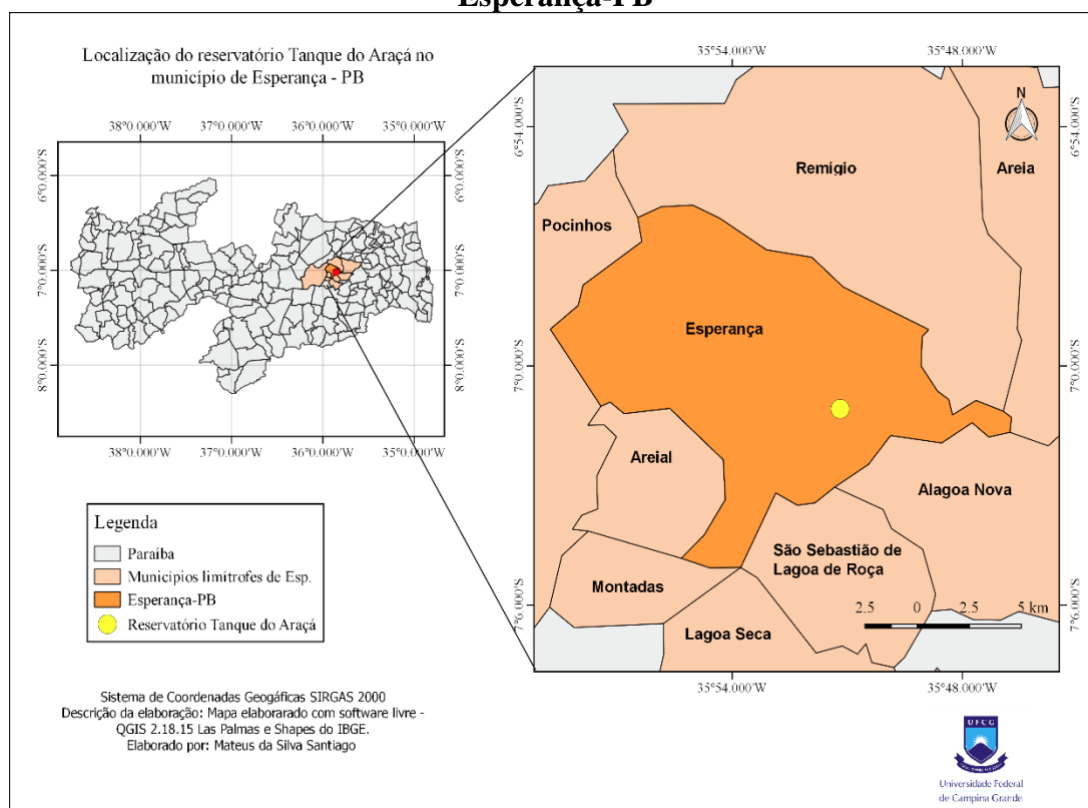
## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

A presente pesquisa foi realizada no reservatório Tanque do Araçá, localizado no perímetro urbano do município de Esperança-PB (Figura 1). Este município está localizado entre as coordenadas: Lat. 07°01'59'' S; e Long. 35°51'26'' W (IBGE, 2020).

O município abrange 161,738 Km<sup>2</sup>, limitando-se ao norte com o município de Remígio; ao sul com São Sebastião de Lagoa de Roça; ao Leste com Areia; a Sudeste com o município de Alagoa Nova e a Oeste com o município de Pocinhos; faz ainda limite com o município de Areal, situado a Sudoeste (Ferreira, 2015, IBGE, 2020).

**Figura 1. Mapa de localização do reservatório Tanque do Araçá no município de Esperança-PB**



No tocante à caracterização edafoclimática, vegetal e hidrográfica, de acordo com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2005), tem-se:

1) Geologia, geomorfologia e pedologia: o município de Esperança-PB detém uma base geológica composta de rochas graníticas-gnáissicas e ortognáisses; está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, com altitudes variando entre 500 e 650 metros. Localmente, o relevo é formado por vales profundos e de estreitos dissecados. A pedologia do município é formada por solos férteis, ocorrendo nas superfícies suave-onduladas a onduladas os Planossolos e os solos Argissolos, e nas elevações ocorrem os solos rasos ou Neossolos lítólicos, e afloramentos rochosos (Brasil, 2005).

2) Clima, hidrografia e vegetação: o clima local é Tropical Quente e Seco, do tipo Semiárido (Francisco et al, 2015), caracterizado pela alta taxa de evapotranspiração e pela variabilidade espaço-temporal das chuvas. A hidrografia é composta por rios intermitentes, temporários pertencentes à bacia do Rio Mamanguape. Os rios locais apresentam pequena vazão e baixo potencial de água subterrânea. Os cursos de águas têm escoamento endorréico e padrão dendrítico. A vegetação é composta, principalmente, por espécies do Bioma Caatinga, com porte arbóreo-arbustivo (Brasil, 2005; Ferreira, 2015). A média da precipitação pluvial do município para o ano de 2017 foi de 500,2 mm (AES 2018).

Em relação ao Tanque do Araçá, nosso objeto de estudo, sabemos que este localiza-se no perímetro urbano e detém dois reservatórios que foram construídos sobre os afloramentos rochosos locais. O Tanque do Araçá detém dois pontos (chafarizes) de distribuição d'água, que são administrados pelo Poder Público municipal.

Destaca-se, que mesmo com chegada da água encanada no município de Esperança-PB no ano de 1958, mediante a realização de obras pelo antigo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS, a escassez d'água (resultada de fatores climáticos e da ineficácia das políticas de gestão hídrica), faz com que esses corpos hídricos situados sobre um afloramento rochoso, sejam amplamente procurados pela população local (Ferreira, 2015).

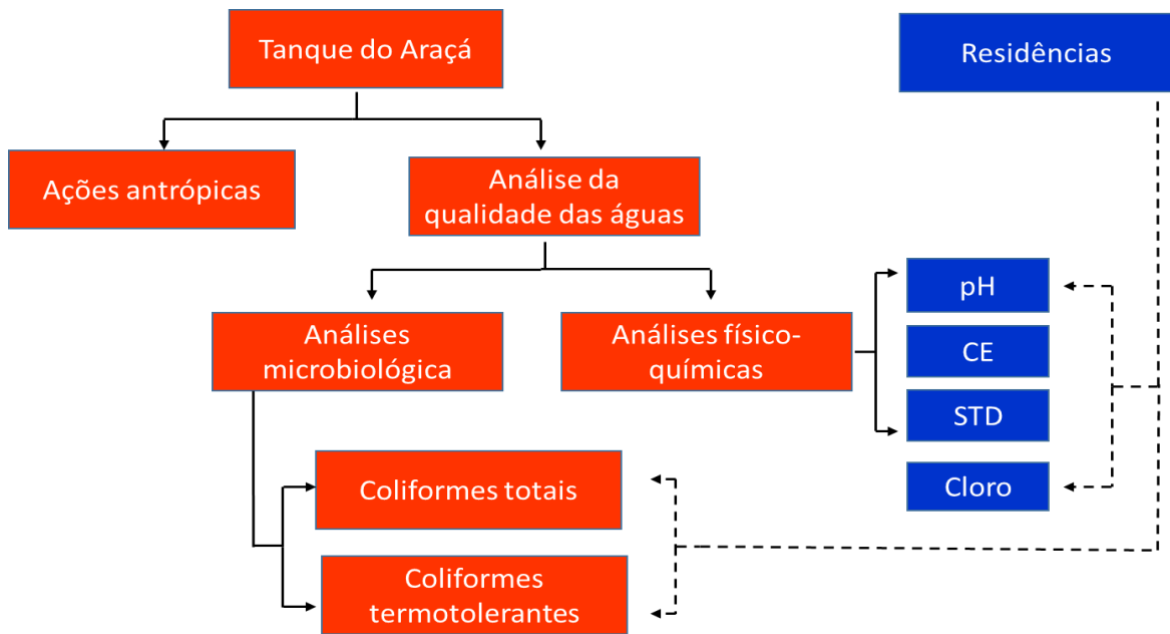
Diante do exposto, entende-se que o Tanque do Araçá representa um importante meio de armazenamento e distribuição de água para a população local, sobretudo a mais carente, pois: para elas, as águas do reservatório representam a única alternativa no tocante a obtenção d'água para os diversos usos do cotidiano. Vale ressaltar, que nos períodos de racionamento, a oferta d'água é interrompida ou racionalizada pela concessionária responsável. Logo, os reservatórios do Tanque do Araçá tornam-se uma das principais fontes de oferta de água para a população local,

A escolha do Tanque do Araçá, como objeto de estudo se deu em virtude de alguns aspectos, tais como: 1) nos longos períodos de estiagem não há disponibilidade ou fornecimento de água para a comunidade local; 2) as condições climáticas locais propiciam uma escassez hídrica que tem reduzido a oferta e disponibilidade de água; e 3) cerca de 100 famílias locais, de baixa renda, dependem exclusivamente das águas provenientes do Tanque do Araçá.

### **Coleta e Processamento das análises**

O presente trabalho enquadra-se como pesquisa quali-quantitativa, pois mensura dados quantitativos atribuídos à qualidade das águas do reservatório do Araçá e das residências, além da análise de dados secundários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020) e presentes nas legislações de análise de qualidade de água. As etapas da pesquisa estão descritas no fluxograma abaixo (Figura 2).

**Figura 2. Estudos sobre água realizados no Tanque do Araçá**



Fonte: Autores, 2020.

### **Análise dos parâmetros de qualidade de água**

#### *Análise dos parâmetros físico-Químicos*

Para o desenvolvimento desta análise, realizamos, inicialmente, um estudo *in loco* objetivando-se: identificar as principais formas de captação e distribuição de águas de chuvas a partir dos dois tanques, optando-se por determinar estes espaços como: “Tanque 1”, e “Tanque 2” (Fotografia 1 A e B).

**Fotografia 1. Panorama do reservatório: A- Tanque 1; e B- Tanque 2.**



Autor: Mateus, junho de 2018.

As análises foram realizadas nos meses de janeiro (período de estiagem) e junho (período chuvoso) de 2018. Foram coletados 4 (quatro) pontos no reservatório Tanque 1 e 6 (seis) pontos no reservatório Tanque 2. Totalizando em 60 amostras, realizadas em triplicata (Tabela 3).

**Tabela 3. Localização dos pontos de coleta de água, no reservatório Tanque do Araçá**

<b>Ponto de coleta (Tanque 01)</b>	<b>Sistema de coordenadas: posição lat/long (WGS84)</b>	
Caixa tanque 01	S 7°01' 03.574''	W 35°51' 12.390''
Ponto 01	S 7° 01' 3.783''	W 35° 51' 12.396''
Ponto 02	S 7° 01' 04.028''	W 35° 51' 12.157''
Ponto 03	S 7° 01' 06.079''	W 35° 51' 11.162''
Ponto 04	S 7° 01' 05.361''	W 35° 51' 10.756''
<b>Ponto de coleta (Tanque 02)</b>	<b>Sistema de coordenadas: posição lat/long (WGS84)</b>	
Caixa tanque 02	S 7°01' 10.268''	W 35°51' 11.852''
Ponto 01	S 7° 01' 05.543''	W 35° 51' 15.803''
Ponto 02	S 7° 01' 06.110''	W 35° 51' 15.623''
Ponto 03	S 7° 01' 06.708''	W 35° 51' 15.432''
Ponto 04	S 7° 01' 07.362''	W 35° 51' 14.985''
Ponto 04	S 7° 01' 08.047''	W 35° 51' 14.844''
Ponto 06	S 7° 01' 08.602''	W 35° 51' 14.867''

Fonte: Autores, 2020.

Na sequência, foram realizadas coletas de água nas residências dos moradores (Fotografia 4 A, B e C), que fazem uso das águas dos tanques. Esse procedimento deu-se semanalmente no período dos dois meses selecionados, sendo eles janeiro e junho de 2018.

**Fotografia 2. Coletas de água no reservatório e nas residências**



Autor: Mateus, junho de 2018.

Foram utilizados instrumentos digitais portáteis para a realização dessas análises em campo, sendo eles: 1) pHmetro digital; 2) Medidor colorimétrico de cloro; e 3) Condutivímetro digital, esse aparelho mede além desse parâmetro os sólidos totais dissolvidos.

Todos os equipamentos foram calibrados previamente antes de cada uso, de modo que esses procedimentos de análise seguiram as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1999).

Por fim, foram selecionadas aleatoriamente residências que utilizam essas águas nas suas atividades diárias. A amostragem abrangeu um total de 10 (dez) casas localizadas nas proximidades dos tanques e de bairros vizinhos à estes, para avaliar a qualidade das águas armazenadas nos seus respectivos reservatórios, sendo selecionados para análise os principais reservatórios de uso contínuo dos moradores.

Com base nesses dados foram realizados testes de análise de variância, por meio do programa computacional Microsoft Excel 2013. O valor da ANOVA (Análise de variância), considerando o nível de significância de 5%, apresentaram valor significativo para as coletas realizadas nos reservatórios.

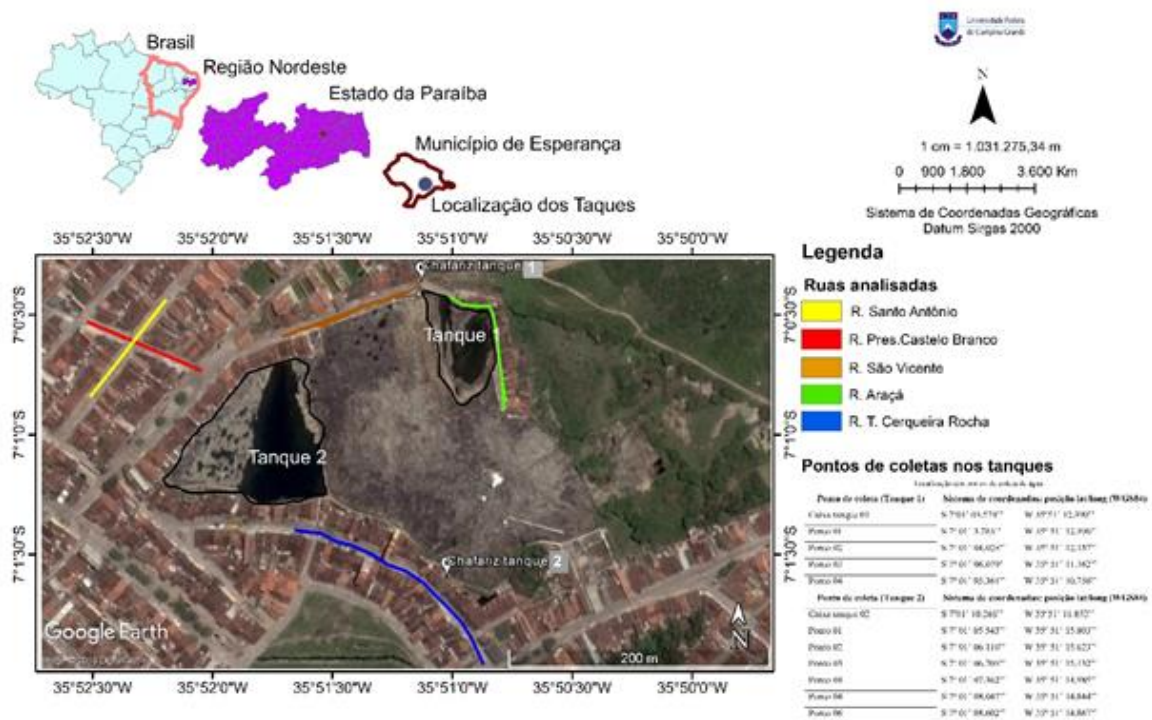
#### *Análise dos parâmetros microbiológicos*

No tocante as análises microbiológicas realizadas nos reservatórios, as mesmas foram desenvolvidas a partir da determinação dos Tanques (1 e 2), onde foi estabelecido a seguinte sequência metodológica para coletar as amostras de água:

- i) para o “Tanque 1”, de menor espaço, foram coletadas 24 amostras de água, divididas em duas campanhas, em um intervalo de aproximadamente 10 metros entre pontos pré-determinados, contemplado o total de 4 (quatro) pontos;
- ii) para o “Tanque 2”, de maior espaço, foram realizadas 36 coletas de amostras de água, coletadas em um intervalo de aproximadamente 20 metros entre pontos pré-determinados, com um total de 6 (seis) pontos analisados, no período de dois meses, sendo estas coletas realizadas a uma profundidade de 30 cm. Ademais, os pontos de coletas seguiram o mesmo padrão das análises físico-químicas realizadas em ambos os tanques.

Nas residências, os procedimentos de análise seguiram a mesma cronologia e procedimentos metodológicos das realizadas nos reservatórios Tanque 1 e tanque 2, assim como das análises físico-químicas, selecionando-se os principais reservatórios de uso diário dos moradores. Foram coletadas 60 amostras microbiológicas das águas para consumo humano, realizadas em triplicata, no total de 10 casas (Figura 3), durante as duas campanhas de coleta.

**Figura 3. Localização dos reservatórios e distribuição espacial, por ruas, das residências analisadas**



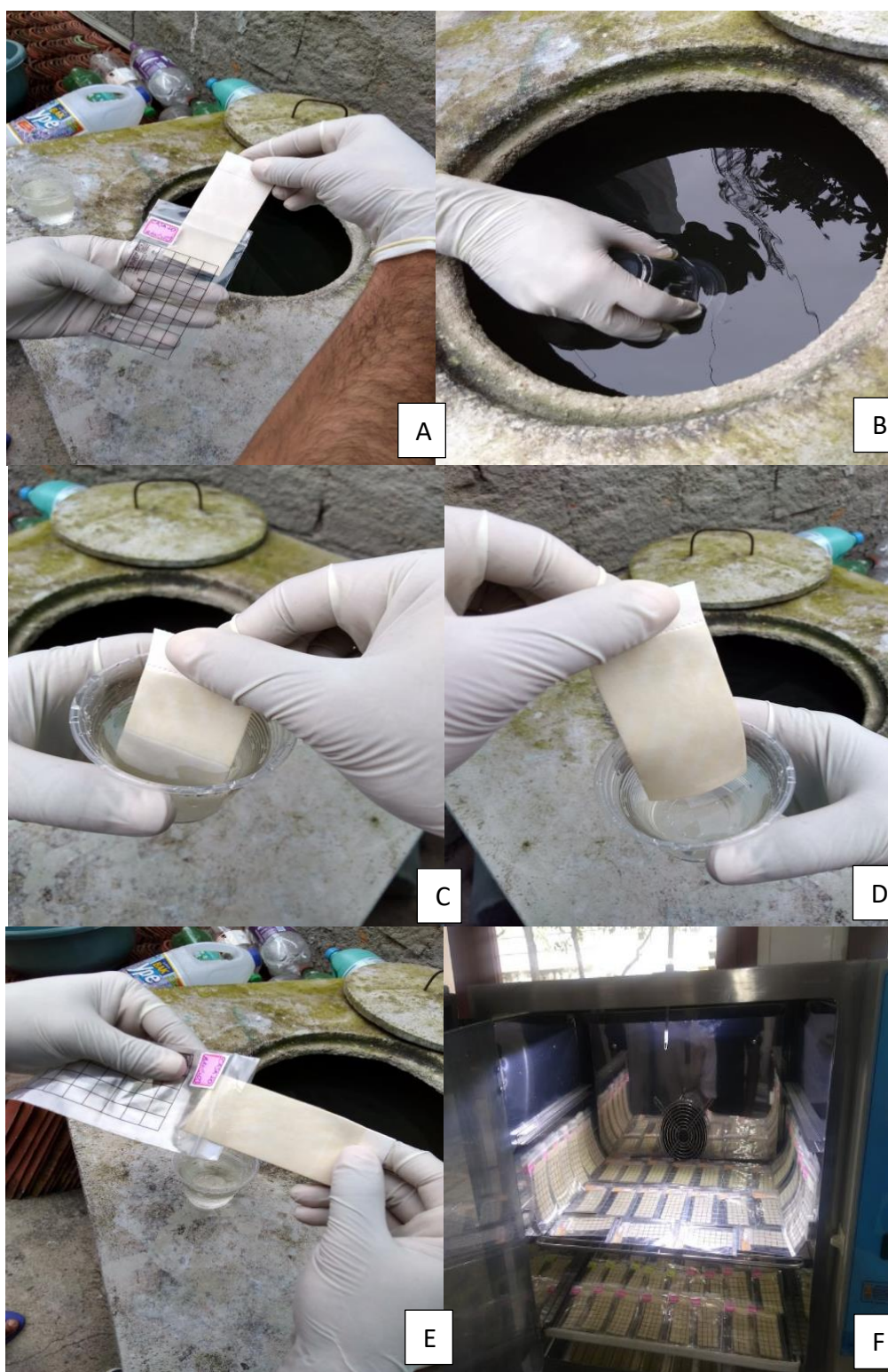
Fonte: Autores, 2020.

Para a análise dos parâmetros microbiológicos, analisados duas classes de microorganismos: 1) Coliformes totais; e 2) Coliformes termotolerantes. Seguindo-se a metodologia própria do Kit Básico de Potabilidade da Água Alfacit® disposto em forma de gel desidratado que consiste na combinação de dois substratos cromogênicos (Salmon-GAL e X - glicuronídeo) que detecta a presença das duas classes de bactérias (VILLELA, 2010). Os procedimentos para realização das análises seguiram as seguintes etapas:

- Retirada da cartela microbiológica tocando apenas acima do picote (Fotografia 3-A);
- Coleta da amostra a aproximadamente 30 cm (Fotografia 3-B);
- emergir a cartela na amostra até esta umedecer (Fotografia 3-C e D), retirando-se posteriormente o excesso de água, recolocando-se em seguida a cartela na embalagem plástica sem tocar no restante (Fotografia 3-E),
- Acondicionamento das amostras em caixa de isopor contendo gelo e mantidas sob refrigeração até o transporte ao laboratório, ficando durante 15 horas de incubação, em uma estufa, à temperatura de 37°C (Fotografia 3-F).



**Fotografia 3. Etapas para a análise microbiológica**

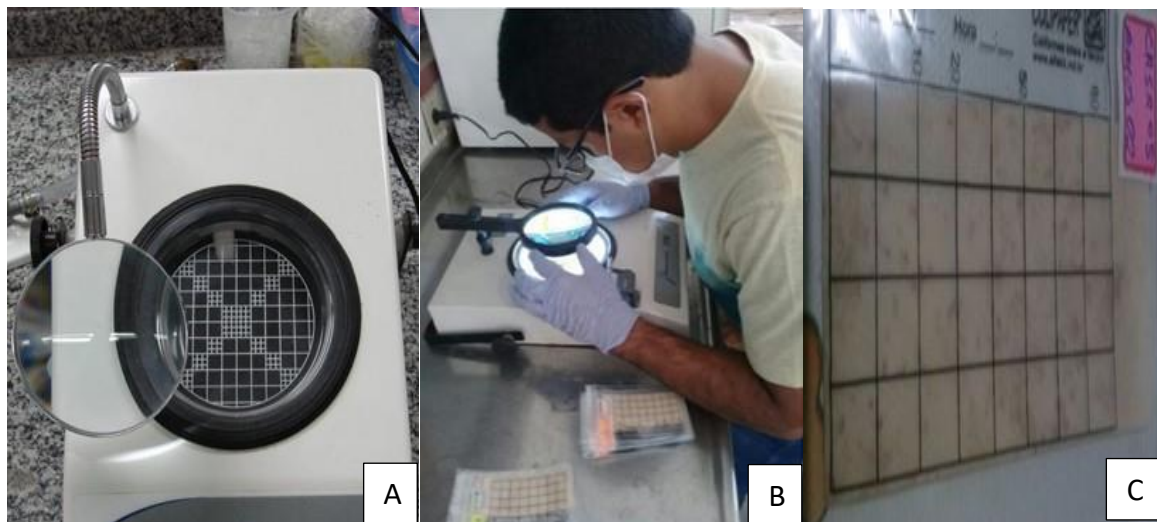


Autor: Andrade, junho de 2018.

Passado o tempo de incubação, demos início ao procedimento das análises dos dados obtidos mediante as informações aferidas nas cartelas microbiológicas. Para tanto, utilizaram-se aparelhos como Estéreo microscópio (Fotografia 4-A) e lupa (Fotografia 4-B) objetivando facilitar a contagem do número de colônias, bem como na diferenciação

das duas classes de coliformes observadas nas cartelas microbiológicas (Fotografia, 4-C). No total, foram analisadas 120 amostras realizadas em triplicatas em cada um dos pontos de estudo.

#### **Fotografia 4. Procedimento de análise microbiológica**



Fonte: Mateus, junho de 2018.

Analisamos, também, durante o estudo, mediante registros fotográficos, como se dá o uso das tecnologias sociais (tanques de pedra, barreiros, cisternas, entre outros), a sua importância para a comunidade e a influência da proximidade das residências no tocante à qualidade e possível contaminação das águas, assim como a interpretação de como se dá a preservação do ambiente no qual se situam os reservatórios (Pereira, 2015).

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **Identificação das ações antrópicas no tanque**

Durante o período de análise nos Tanques, foram identificadas por meio de pesquisas exploratórias, bem como em conversas informais com os moradores, realizadas em campo, ações antrópicas nas proximidades e dentro dos mesmos. Nesse contexto, foi destacado como que:

A proximidade dos reservatórios com as residências, bem como a declividade do terreno em relação aos tanques, proporciona o transporte por gravidade e a partir do escoamento superficial de precipitações. Resultando em águas contaminadas, que se infiltram através do solo, direcionadas aos marmitamentos, dispostos sobre os afloramentos rochosos, nos quais se acumula água.

Foi verificado, que em alguns trechos dos reservatórios e a partir de conversas informais com os moradores locais, que não existe a presença de rede de esgoto ou de saneamento básico, no entorno das ruas situadas, nas proximidades dos tanques. Dessa forma, os dejetos humanos produzidos pelos moradores são lançados a céu aberto, favorecendo a existência de um ambiente propício para a disseminação de patógenos, que podem afetar a qualidade das águas e a possibilidade de uso para consumo humano.

Outro problema visualizado *in loco* foi a presença de resíduos sólidos nas margens e dentro de ambos os reservatórios (Fotografia 5 A, B e C). Destaca-se a presença de materiais variados, tais como: garrafas *pets*, sacolas plásticas, material de alvenaria (pedaços de tijolos e telhas), pedaços de borracha e até mesmo a fraldas descartáveis.

#### **Fotografia 5. Presença de resíduos sólidos nos reservatórios**



Autor: Mateus, junho de 2018.

Muito embora a legislação aponte parâmetros e responsabilidades para o controle de qualidade das águas salienta-se, que, não é apenas de responsabilidade pública a manutenção da qualidade das águas. Contudo, cabe também a sociedade em geral, ou mesmo da parcela desta, beneficiada pelo uso das águas dos reservatórios, e ou quaisquer outros corpos hídricos de uso coletivo.

Cabe também destacar, nesse contexto, que: a desinformação sobre a qualidade da água e a falta da consciência da importância do tratamento e conservação das águas dos reservatórios contribuem para a contaminação das águas armazenadas, facilitando dessa forma, a aquisição de doenças em virtude do consumo das águas represadas (Pereira, 2015; Scuracchio, 2010).

#### **Análise da qualidade da água dos reservatórios**

##### *Análises Físico-químicas*

Durante o período de análise, foi constatado um valor elevado do Potencial Hidrogeniônico (pH), apresentando média geral de 9,625 para o reservatório Tanque 01, sendo o maior valor aferido 9,9 e o menor 9,4 neste reservatório. No reservatório Tanque 02, a média foi de 9,316, apresentando o maior valor de ordem 9,6 e o menor 9,2 (Tabela 4).

**Tabela 4. Resultados das análises físico-químicas nos tanques**

Parâmetro analisado	Tanque 1	Tanque 2
pH	9,6	9,3
Condutividade elétrica	254 $\mu\text{s/cm}$	463 $\mu\text{s/cm}$
STD	126,5 mg/L	251 mg/L
Cloro	0 mg/L	0 mg/L

Fonte: Autores, 2020.

Cabe ressaltar, que apesar dos valores da média para o reservatório Tanque 02 terem se aproximado do estabelecido pelo CONAMA, os valores individuais, analisados por pontos, apresentaram discrepâncias em relação aos estabelecidos por lei. Assim, esses dados não se adequa, em nenhum dos pontos analisados, em ambos os reservatórios, ao qual o valor máximo permitido (VMP) está disposto na legislação. Valores extremos de pH prejudicam o crescimento e a reprodução dos peixes, além de provocar graves escamações na pele de pessoas que utilizam essa água na recreação (Andrade *et al*, 2017).

Desse modo, com base nas análises e nos cálculos estatísticos, os teores de pH do presente estudo estão em desconformidade, com os padrões permitidos pelo CONAMA nº 357/05, para águas doces classes I, II, III e IV, que aceita valores entre a faixa de 6,0 a 9,0 para o Potencial Hidrogeniônico (Brasil, 2011).

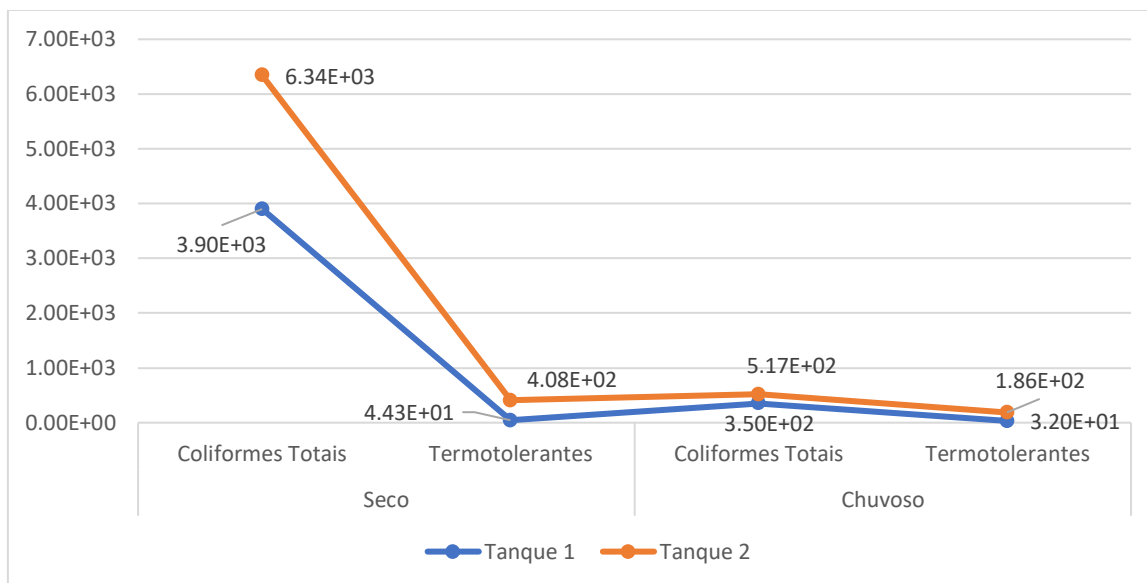
Os valores dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD), apresentaram-se dentro do valor permitido pela Resolução do CONAMA nº 357/2005, de até 500 mg/L. O tanque 1 apresentou média de 126,5 mg/L, bem como 251 mg/L no tanque 02. Esse parâmetro juntamente com a condutividade elétrica, indicaram a quantidade de sais dissolvidos na água. Como as recargas desses tanques são feitas exclusivamente por precipitação, os resultados encontrados nessa pesquisa elucidam a presença de sais oriundos da lixiviação da rocha, bem como pela entrada de matéria orgânica, proveniente das residências e bairros próximos, devido a declividade do terreno.

A condutividade elétrica (CE) não possui limite estabelecido pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA, no entanto, a mesma pode auxiliar na identificação de fontes poluidoras. No tanque 1 a CE apresentou média de 254  $\mu\text{s/cm}$ , enquanto no tanque 2 463,66  $\mu\text{s/cm}$ . De acordo com Ayers e Westcot (1976), as águas que apresentam condutividade elétrica menor que 700  $\mu\text{S cm}^{-1}$  podem ser utilizadas para irrigação sem nenhuma restrição de uso, sendo assim, os resultados dessa pesquisa estão dentro do estabelecido, podendo ser utilizada para irrigação. Concentrações elevadas desse parâmetro em águas naturais podem indicar uma possível contaminação do meio aquático por efluentes industriais (Andrade *et al*, 2018).

#### *Análises microbiológicas da água dos reservatórios*

Os resultados obtidos com base nas análises microbiológicas nos reservatórios, apontaram a presença de bactérias nos reservatórios “Tanque 01” e “Tanque 02”, conforme a (Figura 4).

**Figura 4. Resultados das análises bacteriológicas nos períodos de seca e chuvoso**



Fonte: Autores, 2020.

Os resultados observados indicam um crescimento exponencial do número de coliformes no período seco, em comparação com o período chuvoso. As médias de Coliformes totais observados no “Tanque 02”, apresentaram uma maior expressividade em ambos os períodos. A presença desses microrganismos são indicadores de higiene sanitária, sendo assim, a presença não caracteriza a possível contaminação, por material fecal.

A análise estatística realizada por meio da ANOVA, apresentou valor de  $p=0,14$ , isso significa, que não houve variação significativa entre as médias de coliformes totais, mesmo no períodos de estiagem e chuva. Cabral (2016), em seu trabalho constatou a existência de uma quantidade significativa de Coliformes totais, na ordem de  $2,022 \times 10^3$  para 100 mg/L, resultados esses que corroboram com essa pesquisa.

O aumento significativo do quantitativo de colônias de bactérias do tipo coliformes, pode ser considerado como reflexo dos períodos de estiagem, característicos da porção Semiárida do Nordeste brasileiro. Esse processo pode ser expresso por vários fatores, dentre os quais podemos destacar: 1) a maior evaporação do corpo hídrico e por conseguinte uma maior concentração e floração dessas bactérias. 2) Nos períodos úmidos há a recarga hídrica do reservatório, decorrente do escoamento superficial, e portanto há maior diluição desses micro-organismos. Assim sendo tem-se: ( $E > P = < \text{quant. de Coliformes}$ ).

A presença de Coliformes termotolerantes nessas águas indicam a presença de material fecal, seja ele de origem humana ou animal. Sendo assim a (Figura 4), expressa os resultados encontrados, de modo que durante o período de estiagem o número de bactérias foi superior ao período chuvoso. Segundo Andrade (2017), o número de bactérias tende a aumentar no período de seca devido a evaporação, bem como a entrada de efluentes nos corpos hídricos.

A entrada de sedimentos nessas águas pode estar atrelada à proximidade com as residências, a falta de rede de esgoto, presença de fossas que por sua vez podem infiltrar

o material, bem como a própria declividade do terreno que arrasta diversos sedimentos para dentro dos tanques durante as chuvas.

A análise de dados estatísticos realizada por meio da ANOVA apresentou valor de  $p=0,57$ , isso significa que não houve variação significativa entre as médias de Coliformes termotolerantes mesmo em períodos sazonais diferentes. Cabral (2016), encontrou resultados de *Escherichia Coli*, na ordem de  $0,066 \times 10^3$  para 100 mg/L de água.

A Resolução nº 357 do CONAMA estabelece valor máximo de  $1.00E+03$  NMP para irrigação de parques públicos e jardins, para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 Coliformes termotolerantes. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 Coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral.

Por se tratarem de águas armazenadas em tanques de pedra, com recarga natural (precipitação) sua classificação segundo o CONAMA seria doce, classe I ou II, no entanto as ações antrópicas locais modificam as características do meio, alterando os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Desse modo com base nos resultados apresentados esse meio aquoso é classificado como água doce, classe 3.

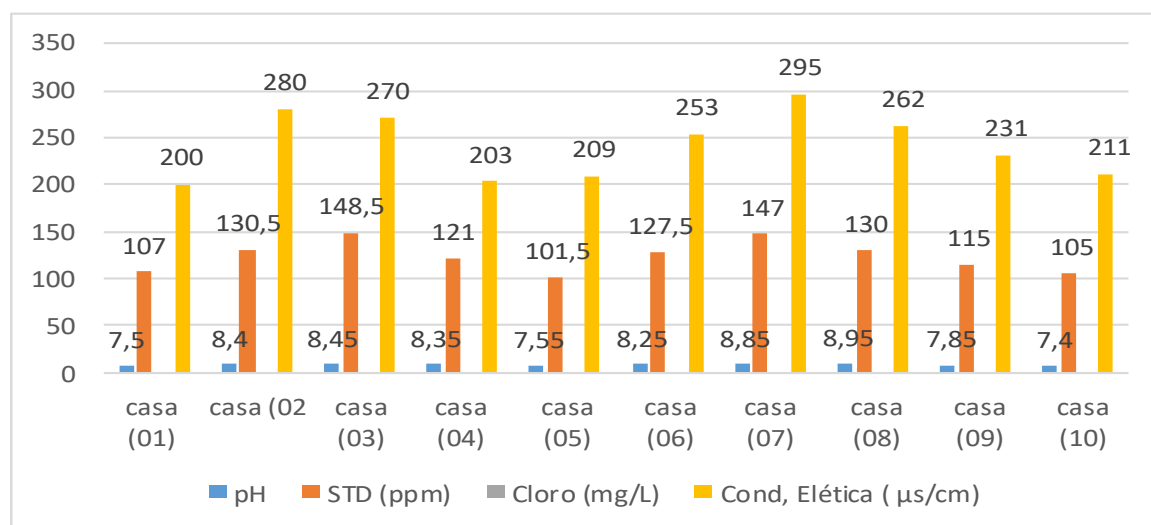
Sendo assim o CONAMA recomenda o uso dessas águas para: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; à dessedentação de animais (CONAMA, 2011, Andrade, 2017).

## **Análise da qualidade da água nas residências**

### *Análises Físico-químicas*

O diagnóstico das águas dos reservatórios analisados nas residências, mediante o uso de aparelhos eletrônicos portáteis, apresentaram, com exceção do Cloro total, nas análises dos parâmetros físico-químicos: pH, STD, Condutividade elétrica, valores condizentes com os estabelecidos na legislação de potabilidade de água (Figura 5).

**Figura 5. Resultado das análises físico-químicas dos reservatórios domiciliares**



Fonte: Autores, 2020.

De acordo com a Figura 5 o pH apresentou média de 8,15, com valor máximo de 8,95 e mínimo de 7,4 estando dentro do estabelecido pela portaria nº 2914, para águas de consumo humano entre 6,0 a 9,5. Do ponto de vista químico, a medida do pH é um dos testes mais importantes para a caracterização físico-química da água e é utilizado praticamente em todas as fases do tratamento destinado à potabilidade da água. (Villela, 2010; Bortoli, 2016).

Os valores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) apresentaram média de 123,3 mg/l, com valor máximo de 148,5 mg/L e mínimo de 105 mg/L, onde o valor máximo permitido pela legislação é de 1000 mg/l. Esse parâmetro também se encontra dentro dos padrões de potabilidade apesar dessas águas não passarem por nenhum tratamento preliminar.

A Condutividade Elétrica (CE) apresentou média de 241,4 µs/cm. Esta não possui um limite estabelecido por essa portaria, no entanto ela pode auxiliar na identificação de fontes poluidoras (Esteves, 1988). De acordo com Libânio (2005) água que recebe efluentes domésticos e industriais podendo atingir 1000 µS/cm de condutividade elétrica, o valor apresentado está dentro dessa margem. A CE aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Altos valores podem indicar características corrosivas da água. (Pereira, 2015).

A análise de cloro total foi realizada *in loco* através do método colorimétrico conforme ilustrado na (Fotografia 6). De acordo com os dados aferidos, todas as amostras realizadas, apresentaram resultados iguais a 0 (zero). Salientamos, que a Portaria nº 2.914/11 (Brasil, 2011), que versa acerca da potabilidade de água para consumo humano, recomenda a quantidade de 2,0 mg/l de cloro residual livre para o tratamento de água potável. Cabe destacar ainda, nesse contexto, a importância do tratamento de água, no que diz respeito à desinfecção ou mesmo a eliminação de bactérias e protozoários que podem ser transmitidos aos seres humanos, pelo contato ou ingestão de águas contaminadas, disseminando as chamadas doenças por veiculação hídrica (Villela, 2010).

### Fotografia 6. Análise de cloro nas residências



Fonte: Mateus, junho de 2018

#### *Análises Microbiológicas nas residências*

Apesar do enquadramento de alguns parâmetros físico-químicos aos padrões de potabilidade, as análises microbiológicas realizadas nas residências, apresentaram irregularidade quanto ao padrão de potabilidade (Tabela 5). A água potável deve ser ausente de Coliformes totais, Coliformes termotolerantes e/ou *Escherichia coli*, ou seja, essa água não pode ser utilizada para consumo sem antes passar por um tratamento que possibilite sua utilização sem causar danos à saúde.

**Tabela 5. Resultado das análises microbiológicas nas residências**

Casas	Coliformes totais	Coliformes termotolerantes
Casa 1	8,00E+04	2,00E+03
Casa 2	9,00E+04	1,00E+03
Casa 3	7,50E+04	3,00E+03
Casa 4	7,45E+04	2,00E+03
Casa 5	8,00E+06	5,00E+04
Casa 6	8,50E+05	2,30E+03
Casa 7	8,00E+03	1,20E+02
Casa 8	4,56E+02	1,00E+02
Casa 9	1,00E+03	1,00E+01
Casa 10	1,00E+02	1,20E+01
<b>Média</b>	2,51E+04	5,37E+02
<b>Valor mínimo</b>	1,00E+02	1,00E+01
<b>Valor máximo</b>	8,00E+06	5,00E+04
<b>Desvio padrão</b>	2,50E+06	1,55E+04

Fonte: Autores, 2020.



Os Coliformes totais apresentaram média de  $2,51E+04$ , de modo que a média de termotolerante foi de  $5,37E+02$  e um desvio padrão, respectivamente, de  $2,50E+06$  e  $1,55E+02$ . Sendo assim essas águas não podem ser consumidas pela população sem passar por um tratamento como filtração e cloração. A presença de Coliformes totais nessas águas ressalta a importância desse grupo de bactérias como indicador de precárias condições higiênico-sanitárias.

Oliveira *et al.* (2017), ao relacionar a interferência das condições de abastecimento e armazenamento de água na saúde humana em Campina Grande-PB, apontou em seu estudo variações na distribuição espacial das doenças de veiculação hídrica, destacando-se os casos de dengue, leptospirose e hepatite tipo A.

A maior parte dos casos registrados, de acordo com o estudo realizado pela autora, situavam-se em bairros com pouca ou nenhuma condição de saneamento potenciando a situação de risco e vulnerabilidade às doenças por parte da população. Desse modo, as análises realizadas durante a pesquisa nos reservatórios do Tanque do Araçá, apresentaram similaridades aos dados obtidos nos estudos desenvolvidos pela autora, considerando-se também que, a falta de informação acerca das formas de tratamento e armazenamento adequado das águas também são fatores que influenciaram nos resultados obtidos em ambas as pesquisas.

## CONCLUSÕES

As análises microbiológicas realizadas nos reservatórios “TQ 01” e “TQ 02” apresentaram como resultados, altos níveis de Coliformes totais e termotolerantes, sendo classificada como água doce, classe 3. Podemos entender, então, que a proximidade das residências, assim como as variações sazonais, influenciaram diretamente nos resultados aferidos.

Os valores dos parâmetros físico-químicos, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), condutividade elétrica (CE), apresentaram-se dentro dos valores recomendados pela legislação vigente e a Resolução nº 357 do Conselho Nacional do meio Ambiente, em ambos os reservatórios. No entanto, os valores do Potencial Hidrogeniônico (pH), verificado durante o procedimento de análises, demonstraram estar fora do recomendado pela legislação.

As análises de Coliformes totais e Coliformes termotolerantes, nas residências, encontram-se em desconformidade com o estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, podendo-se concluir que a falta de limpeza dos reservatórios onde essas águas são armazenadas pode ser considerado o principal causador da proliferação desses organismos nas residências.

Os Parâmetros físico-químicos STD, condutividade elétrica e pH aferidos nas casas, demonstraram-se em conformidade com o Valor Máximo Permitido (VMP) Portaria nº 2.914/2011. Porém, entre os parâmetros físico-químicos, as análises de cloro total demonstraram a inexistência de tratamento das águas captadas dos reservatórios, sendo estas iguais a zero (0), em ambas as campanhas. Desse modo pudemos constatar que o modo de armazenamento dessas águas ou mesmo a falta de limpeza e de tratamento das

águas dos reservatórios de uso contínuo, influenciam de maneira expressiva nos dados obtidos em se tratando de coliformes.

Destarte, os dados aferidos mediante pesquisa, os quais apontam a presença significativa de ambas as classes de coliformes, possibilitam a afirmação de que haja um risco eminente para a saúde dos usuários das águas dos reservatórios, considerando-se o uso sem tratamento prévio das águas coletadas.

Assim, tendo em vista a importância socioeconômica desempenhada pelos reservatórios para a população local, reiteramos a importância do tratamento das águas como modo de isentar ou mitigar os riscos à população, ocasionados pelo uso ou consumo de águas impróprias.

## REFERÊNCIAS

AESA. *Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba*. Governo do Estado da Paraíba. João Pessoa-PB: AESA, 2018.

ANDRADE, L. R. S.; ARAÚJO, S. M. S.; ANDRADE, M. Z. S. S.; MEDEIROS, L. E. L. Degradação ambiental no Açude de Bodocongó na cidade de Campina Grande, Paraíba. *Revista Verde*, 2018, vol. 13, nº 1, p. 74-83.

ANDRADE, L. R. S. *Avaliação da qualidade das águas superficiais e seu reuso na irrigação de áreas verdes do campus sede da Universidade Federal de Campina Grande-PB*. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia em Recursos Naturais. Campina Grande-PB, 2017.

ANDRADE, L. R. S.; ANDRADE, M. Z. S. S.; ARAÚJO, S. M. S. Avaliação das condições Ambientais de balneabilidade do Rio São Francisco na ilha do Rodeadouro em Petrolina-PE. In: *Recursos Naturais do Semiárido: estudos aplicados ambientais do semiárido*. Campina Grande, ADUFCG, 2017

APHA-American Public Health Association New York. *Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater*. Ed. New York, 1999.

ARAÚJO, S. M. A Região Semiárida do Nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. *Rios Eletrônica-Revista Científica da FASETE*, 2011, vol. 5, nº 5.

BARCELLOS, Christovam *et al.* Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. *Revista Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 2009, vol. 18, nº 3, p. 285-304.

BRASIL, Secretaria Nacional de Defesa Civil. *Atlas brasileiro de desastres naturais 1991-2010*. Volume Paraíba. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis. UFSC, 2011.

BRASIL/MIN. Ministério da Integração Nacional. *Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro*. Brasília-DF, 2005.

BRASIL. *Portaria 2914 de dezembro de 2011*. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Brasília, DF, 2011.

BECKER, C. T.; MELO, M. M. M. S.; COSTA, M. N. M.; RIBEIRO, R. E. P. Caracterização Climática das Regiões Pluviometricamente Homogêneas do Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 2011, nº 2.

BORTOLI, J. *Qualidade físico-química e microbiológica da água utilizada para consumo humano e dessedentação animal em propriedades rurais produtoras de leite na Região do Vale do Taquari/RS*. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento). Centro Universitário Univates, Lajeado, 2016.

CABRAL, J.L.S. *Avaliação parcial das condições pluviométricas no Estado do Tocantins, durante o período chuvoso 2015/2016*. Relato Técnico Científico. Núcleo Estadual de Meteorologia e Recursos Hídricos. Fundação Universidade do Tocantins, 2016.

CARVALHO, C. P. O. Manuel Correia de Andrade e a Economia Política do Nordeste. *Revista Econômica do NE*, 2014, vol. 45, nº 2, p. 6-16.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. *Diagnóstico do município de Esperança-PB*. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br>>. Acesso em: [junho de 2018].

DIAS, A B & MEDEIROS, C. B. *Convivendo com a Seca e Adaptação*. Recife, 2014.

FRANCISCO, P. R. M.; PEREIRA, F.C.; BANDEIRA, M.M.; MEDEIROS, R.M.; SILVA, M.J.; SILVA, J.V.N. Mapeamento pedoclimático da cultura da mamona no Estado da Paraíba. *Revista de Geografia*, 2015, vol. 30, p. 132-145.

FAGUNDES, B. *A Problemática da Água Como Representação Social: Um Estudo de caso com os Moradores do Bairro Alto da XV em Guarapuava – PR*. Jundiá: Paco Editorial, 2015.

FERREIRA, Rau. Pseud. Banaboé Cariá. *Recortes de Historiografia do município de Esperança/PB*. União. Esperança – PB, 2015.

HAYLOCK, M.R.; PETERSON, T.C.; ALVES, L.M.; AMBRIZZI, T.; ANUNCIACÃO, Y.M.T.; BAEZ, J.; BARROS, V R.; MERLATO, M.A.; BIDEGAIN, M.; CORONEL, G.; In: *Total And Extreme South American Rainfall In 1960-2000 And Links With Sea Surface Temperature*. *Journal Of Climate*, 2006, vol.19, p.1490-1512.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. *Malha digital dos Municípios do Brasil*. Rio de Janeiro-RJ: IBGE, 2020.

LIBÂNIO, M. *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. Campinas, SP: Editora Átomo, 2005.

MACIEL, C. & PONTES, E. T. *Seca e convivência com o semiárido: adaptação ao meio e patrimonialização da caatinga no nordeste brasileiro*. Rio de Janeiro: Consequências Editora, 2015.

NODARI, Rubens Onofre; NODARI, Eunice Sueli; DE ANDRADE FRANCO, José Luiz. Uso e conservação da biodiversidade: as duas faces da moeda. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, 2016, vol. 5, nº 3, p. 11-16.

OLIVEIRA, A. M. Análise dos serviços ecossistêmicos em reservatórios da Região Nordeste Semiárida do Brasil. *Revista de Geociências do Nordeste*, 2016, vol. 2, p. 1447-1458.

OLIVEIRA, J. D.; SILVA FILHO, A. C.; DA SILVA, J. B. A água e suas correlações com doenças na cidade de Campina Grande-pb. *Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, 2017, vol. 13, nº 24, p. 92 - 109.

OMS – Organização Mundial da Saúde. *Saneamento básico e tratamento de água*. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/onu-45-bilhoes-de-pessoas-nao-dispoem-de-saneamento-seguro-no-mundo>>. Acessado em: [20/03/2017].

ONU. Organização das Nações Unidas. *Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos: Água para um mundo sustentável*. Disponível em: <<http://www.unesco.org/water/wwap>>. Acessado em: [25/06/2017].

PEREIRA, M. L. T; SOARES, M. P. A; SILVA, E. A. MONTENEGRO, A. A. A., SOUZA, W. M. Variabilidade climática no Agreste de Pernambuco e os desastres decorrentes dos extremos climáticos. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 2017, vol. 2, nº 4, p. 394-402.

PEREIRA, Thaís Mara Souza; SILVA; LIMA, José Adailton. *Atuação do Poder Público na Gestão Hídrica: Estudo de caso no tanque do Araçá, Esperança-PB*. II Workshop Internacional, Campina Grande- Novembro de 2013.

SES/SP - Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo. *Doenças relacionadas à água ou de transmissão hídrica - Perguntas e Respostas e Dados Estatísticos*. Disponível em: <<https://www.google.com/search?q=DOEN%C3%87AS+relacionadas>>. Acesso em: [dezembro de 2017].

SILVA, V.P.R.; CORREIA, A.A.; COELHO, M.S. Análise de tendência das séries de precipitação pluvial do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2012, vol.2, nº 1, p.111-114.

SILVA, C. M. S. E.; LÚCIO, P. S.; CONSTANTINO, M. H. Distribuição Espacial da Precipitação sobre o Rio Grande do Norte: Estimativas via Satélites e medidas por Pluviômetros. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 2017, vol. 27, nº 3, p. 337-346.

SCURACCHIO P. A. *Qualidade da água utilizada para consumo em escolas no município de São Carlos-SP*. Dissertação (Mestrado Alimentos e Nutrição), Universidade Estadual Paulista. “Júlio de Mesquita Filho”, 2010, 57 f.

SOUZA, M. M. & SANTOS, S. P. S. Água potável, água residuária e saneamento no Brasil e na Holanda no âmbito do Programa de Visitação Holandês – DVP: Dutch Visitors Programme. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2016, vol. 21, nº 2.

VILLELA, L. C.; CALDAS, V. T.; GAMBA, R. C. Análise Microbiológica em Águas Minerais envasadas em embalagens de 510 ml, comercializadas no Município de Santos – SP. *Revista Ceciliana*, 2010, p. 4-6.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Vol 1. 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

© Copyright Mateus da Silva Santiago, José Adailton Lima Silva, Débora Coelho Moura, Lazaro Ramon dos Santos Andrade y Revista *GeoGraphos*, 2021. Este artículo se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.



**GIECRYAL**  
GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE  
ESTUDIOS CRÍTICOS Y DE AMÉRICA LATINA