

Estado da publicação: Não informado pelo autor submissor

Qualidade da água para consumo humano em dois sistemas de abastecimento público no município de Oriximiná-PA, Brasil

Jonison Vieira Pinheiro, Priscila Saikoski Miorando, Thaís Feijão Lima

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.5556>

Submetido em: 2023-02-11

Postado em: 2023-02-14 (versão 1)

(AAAA-MM-DD)

Qualidade da água para consumo humano em dois sistemas de abastecimento público no município de Oriximiná-PA, Brasil

Quality of water for human consumption in two public supply systems in the municipality of Oriximiná-PA, Brazil

Calidad del agua para consumo humano en dos sistemas de abastecimiento público en el municipio de Oriximiná-PA, Brasil

Título resumido: *Qualidade de água para consumo humano em Oriximiná-PA, Brasil*

Jonison Vieira Pinheiro¹- <https://orcid.org/0000-0002-3766-5554>

Priscila Saikoski Miorando²- <https://orcid.org/0000-0002-9720-2981>

Thaís Feijão Lima³- <https://orcid.org/0000-0003-4867-1180>

¹Universidade Federal do Oeste do Pará- *Campus Oriximiná*, Oriximiná, PA, Brasil

²Universidade Federal do Oeste do Pará- *Campus Oriximiná*, Oriximiná, PA, Brasil

³Universidade Federal do Oeste do Pará- *Campus Oriximiná*, Oriximiná, PA, Brasil

Resumo

A água é um componente indispensável para a vida no planeta, hoje sabe-se que a maior parte do planeta terra é composto por água. Contudo, apenas 3% é água com potencial de utilização humana, o restante é água salgada. Quando se trata de qualidade de água para consumo humano, deve-se entender que esta não se limita apenas em ser doce ou salgada, uma água boa para o consumo humano é aquela que não oferece riscos à saúde de quem a consome, que seus parâmetros básicos como cor, gosto, turbidez, pH e microbiológico estejam dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação. A água com características fora dos padrões de potabilidade e distribuída para abastecimento humano se configura em potencial veículo de transmissão de doenças. Portanto, tendo em vista a importância da qualidade da água para consumo humano, faz-se necessário manter o controle e vigilância da mesma, assim como novas pesquisas e estudos acerca deste assunto, os quais possam contribuir para o aprimoramento de informações, técnicas e desenvolvimento geral relacionados ao tema. Neste contexto, por meio de coletas de águas e análises laboratoriais dos parâmetros básicos como pH, cor aparente, temperatura, turbidez, cloro e coliformes, este estudo teve como objetivo estabelecer um diagnóstico da qualidade da água distribuída para consumo humano em dois sistemas de distribuição na zona urbana de Oriximiná-Pará, levando como critério um sistema que disponibilizasse de água previamente tratada (Cosanpa) e outro que não realizasse nenhum tipo de tratamento antes da distribuição (Residencial Tia Ana). Também, este estudo visou realizar um comparativo dos resultados entre os sistemas estudados, e suas variações conforme a sazonalidade da região (chuva e seca). Os resultados obtidos durante o período de estudo mostraram que os dois pontos estudados apresentaram, em sua maioria, resultados insatisfatórios em termos de água potável, como por exemplo o pH, que na maioria das amostras esteve numa faixa fora dos padrões estabelecidos pela legislação tanto no Residencial Tia Ana quanto na Cosanpa. Observou-se também, resultados alarmantes quanto à qualidade microbiológica da água consumida em um dos pontos estudados, que do total de 12 amostras analisadas, 11 apresentaram resultados positivos para bactérias do grupo coliformes totais, e 3 apresentaram resultados positivos para *Escherichia coli*. Ainda, por meio das análises laboratoriais e estatísticas, este estudo conseguiu mostrar a influência da sazonalidade da região sobre alguns parâmetros de qualidade da água, como pH, turbidez e microbiologia. Com isso, conforme o estabelecido pelo Ministério da Saúde, por meio da Portaria N° 888 de 04 de maio de 2021, pode-se afirmar que a população abastecida pelo Residencial Tia Ana consome frequentemente águas com qualidade imprópria ao consumo humano. Já a Cosanpa, apesar de realizar algumas etapas de tratamento da água antes da distribuição, ainda está sendo ineficaz, visto que muitos dos resultados laboratoriais das águas deste sistema, apresentaram valores fora do que é exigido pelo Ministério da Saúde.

Palavras-chave: Coliformes. Estação de Tratamento de Água. Potabilidade. Vigilância ambiental.

Abstract

Water is an indispensable component for life on the planet, today it is known that most of the planet earth is composed of water. However, only 3% is water with potential for human use, the rest is salt water. When it comes to the quality of water for human consumption, it must be understood that it is not limited to being sweet or salty, good water for human consumption does not pose risks to the health of those who consume it, and its basic parameters such as color, taste, turbidity, pH and microbiological are within the potability standards established by legislation. Water with characteristics outside of potability standards and distributed for human supply is a potential vehicle for disease transmission. Therefore, given the importance of water quality for human consumption, it is necessary to maintain its control and surveillance, as well as new research and studies on this subject, which can contribute to improving information, techniques, and development. general related to the topic. In this context, through water collection and laboratory analysis of basic parameters such as pH, apparent color, temperature, turbidity, chlorine, and coliforms, this study aimed to establish a diagnosis of the quality of water distributed for human consumption in two systems of distribution in the urban area of Oriximiná-Pará, taking as a criterion a system that provided previously treated water (Cosanpa) and another that did not perform any type of treatment before distribution (Residencial Tia Ana). Also, this study aimed to compare the results between the systems studied, and their variations according to the region's seasonality (rain and drought). The results obtained during the study period showed that the two points studied presented, for the most part, unsatisfactory results in terms of drinking water, such as pH, which in most samples was in a range outside the standards established by legislation both in Residencial Tia Ana and at Cosanpa. Was also observed, alarming results regarding the microbiological quality of the water consumed in one of the studied points, of the total of 12 analyzed

samples, 11 presented positive results for bacteria of the total Coliforms group, and 3 presented positive results for *Escherichia coli*. Also, through laboratory and statistical analysis, this study was able to show the influence of seasonality in the region on some water quality parameters, such as pH, turbidity, and microbiology. Thus, as established by the Ministry of Health, through Ordinance No. 888 of May 4, 2021, it can be said that the population supplied by Residencial Tia Ana frequently consumes water of an inappropriate quality for human consumption. On the other hand, Cosanpa, despite carrying out some water treatment steps before distribution, is still ineffective, since many of the laboratory results of the waters from this system showed values outside of what is required by the Ministry of Health.

Keywords: Coliforms. Water treatment station. Potability. Environmental surveillance.

1. Introdução

A água é um recurso natural imprescindível para a manutenção da vida, tanto para nós seres humanos quanto para as mais variadas formas de vida existentes, esta constitui-se como um dos principais recursos naturais do planeta e está diretamente ligada à qualidade de vida, desenvolvimento e sobrevivência das civilizações (Colet et al., 2021).

Aproximadamente 80% da superfície terrestre é coberta por água, no entanto, de todo esse montante, cerca de 97,5% corresponde à água salgada e apenas 2,5% à água doce (Zerwes et al., 2015; Peil et al., 2015). A água disposta em mananciais subterrâneos é a parcela vital de água doce para o planeta, pois esta assume o papel de abastecimento fundamental para consumo humano, animais em geral, agricultura e dentre outros (Wu e Sun 2016; Li et al., 2016; Chitsaz e Azarnivand, 2016). Todavia, quando se trata de qualidade de água para consumo/abastecimento humano, deve-se entender que isto não se limita apenas em ser água doce ou salgada, esta deve estar de acordo com os padrões de potabilidade previstos pela legislação vigente, que atualmente no Brasil os padrões de água potável para consumo humano são estabelecidos pelo Ministério da Saúde por meio da Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021, que dispõe sobre procedimentos de controle e monitoramento da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (Quadros Rückert, 2017; Brazil, 2021).

A água potável não deve conter microrganismos patogênicos e deve estar livre principalmente de bactérias indicativas de contaminação fecal (Funasa, 2006). Para que a água seja distribuída para abastecimento público, existe um conjunto de regras e operações que visam adequar as características físico-químicas e biológicas da água bruta aos padrões de água própria para consumo humano (Fernandes, 2010). Portanto, entende-se como água boa para consumo humano aquela água que não ofereça riscos à saúde de quem a consome, que seus parâmetros básicos como cor, sabor, turbidez, pH e bacteriologia estejam dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação (Brazil, 2021). Nessa perspectiva, vale enfatizar que a água contaminada e distribuída para abastecimento humano é um potencial veículo para a transmissão de doenças e, nessas condições, necessita de tratamentos adequados antes de ser dada como um recurso para consumo humano (Manuel et al., 2018).

Dado o exposto, a principal justificativa para o desenvolvimento dessa pesquisa foi baseado na ideia de contribuir com dados que fomentem iniciativas para elaboração de novas metodologias e ferramentas tecnológicas, que busquem evitar, controlar ou

minimizar de forma rápida e eficiente os impactos na saúde pública causadas pela distribuição inadequada de água para suprimento humano (Carmo et al., 2008). Tendo em vista a importância da qualidade da água para o consumo humano e seus impactos positivos e negativos na qualidade de vida de quem a consome, vale enfatizar que são necessárias mais pesquisas e estudos sobre esse assunto, e mais especificamente em Oriximiná, essa é uma questão de extrema relevância, pois aproximadamente apenas 30% da população da área urbana recebe água tratada (PMSB | Plano Municipal de Saneamento Básico, 2017). Este estudo analisou os parâmetros básicos (pH, cor aparente, temperatura, turbidez, cloro e coliformes) da água distribuída para consumo humano em dois sistemas de distribuição na área urbana de Oriximiná, foi comparado esses parâmetros entre os sistemas estudados, bem como sua variação entre as estações chuvosa e seca na Amazônia.

2. Materiais e Métodos

2.1. Caracterização da área de estudo

Oriximiná é um município brasileiro localizado na região Norte do Brasil, mais especificamente na região Oeste do Pará. Este corresponde ao segundo maior município em extensão territorial do estado, com uma área de 107.602,99 km². O centro urbano está localizado à margem esquerda do Rio Trombetas ((Lat: 01°45'56" sul; Long: 55°51'58" oeste), com uma população de aproximadamente 74.016 habitantes (IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016).

O clima da região é equatorial e úmido, com temperatura média de 26°C e com precipitação pluviométrica média anual que varia entre 2.000 a 2.500 mm. Quanto à umidade relativa do ar, normalmente observa-se valores acima de 80%. Nesta região, é nítido também uma sazonalidade pluviométrica com períodos de chuvas intensas normalmente nos meses de março, abril e maio, e períodos de estiagem que normalmente ocorre entre os meses de agosto a novembro (SUDAM | Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia, 1984; IBAMA | Instituto Brasileiro do Meio Ambiente, 2004; Scoles, Gribel e Klein, 2011).

Para a determinação dos microssistemas estudados, foi considerado como fator determinante um sistema que disponibilizasse de tratamento prévio da água antes da distribuição para consumo humano e outro que não disponibilizasse desse tratamento, que fizesse captação e distribuição de um único ponto de captação, seja superficial ou

subterrâneo, com um núcleo populacional de abastecimento com no mínimo 1.000 domicílios permanentes. Por meio de levantamentos em campo, junto ao Laboratório de Água do município, foi definido os seguintes pontos de estudo:

- Companhia de Saneamento do Pará: é o único sistema dentro da zona urbana que realiza tratamento prévio antes da distribuição, faz captação de um único ponto (captação superficial) e abastece cerca de 31,3% dos domicílios permanentes do município (PDMO | Plano Diretor Municipal, 2017);
- Residencial Tia Ana: Não realiza tratamento prévio antes da distribuição, faz captação de um único ponto (captação subterrânea) e atende um núcleo populacional acima de 1.000 domicílios permanentes.

2.2. Análises físico-químicas e microbiológicas

As coletas foram realizadas no período de janeiro a dezembro de 2021, foram realizadas amostragens mensais de cada ponto de estudo, estas foram coletadas preferencialmente em torneiras com saídas diretamente do poço ou saída do reservatório. As análises de temperatura foram realizadas “*in loco*”. As análises laboratoriais seguiram criteriosamente os métodos dispostos pela APHA, AWWA e WEF (Rice et al., 2012), aplicados para a análise dos parâmetros a seguir (Tabela 1).

Tabela 1

Parâmetros básicos da qualidade de água para consumo humano avaliados neste trabalho e seus respectivos valores estabelecidos pela legislação brasileira (Normativa N° 888/21)

Parâmetros	Padrão
Cor Aparente	15 VMP
Cloro	0,2 a 2,0 mg/L
pH	6,0 a 9,0
Turbidez	5 VMP
Temperatura	< 33 °C
Coliformes totais	Ausência em 100 ml
Coliformes termotolerantes	Ausência em 100 ml

Fonte: Brazil (2021).

VMP: Valor Máximo Permitido; °C: Graus Celsius.

2.3. Avaliação do efeito da sazonalidade sobre os parâmetros

Foram realizadas análises comparativas entre os pontos estudados, tendo como referência a sazonalidade da região, que apresenta períodos de chuvas intensas normalmente nos meses de março, abril e maio, e períodos de estiagem nos meses de agosto a novembro. Portanto, na ideia de avaliar somente amostras dos períodos intensos de chuva e estiagem, foram selecionadas amostras dos meses de março, abril e maio, e amostras dos meses de agosto, setembro e outubro, para a realização desse comparativo (SUDAM | Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia, 1984; IBAMA | Instituto Brasileiro do Meio Ambiente, 2004; Scoles, Gribel e Klein, 2011).

2.4. Análises estatística

Com a finalidade de comparar as médias dos parâmetros entre os sistemas de abastecimento, foi aplicado o Teste t-Student para amostras independentes, assim como foi aplicado o teste T para amostras dependentes, por meio do qual foi possível verificar a significância das diferenças entre as médias influenciadas pela sazonalidade, dentro de cada ponto de estudo. Para esta pesquisa foi considerado a probabilidade de erro de 5% ($\alpha = 0,05$), portanto, com um intervalo de confiança de 95% (Callegari-Jacques, 2003; Beasley, 2004). Todas as análises estatísticas deste trabalho foram realizadas no software R- Studio (Development Core Team, 2020).

3. Resultados

3.1. Físico, químico e microbiológico

A temperatura das águas da Cosanpa e Residencial Tia Ana apresentaram média de 22.5 ± 1.74 e 22.3 ± 1.84 respectivamente, e estatisticamente não apresentaram diferença significativa entre as médias ($t = 0.31699$, $df = 21.934$, $p\text{-value} = 0.7542$).

Os valores de turbidez, na Cosanpa, resultaram numa média de 1.56 ± 1.4 UNT, com uma variação de 0.13 a 5.14 UNT, onde 91.66 % dos valores estiveram numa variação de 0.13 a 3.13 UNT, já no Residencial Tia Ana, este sistema apresentou uma média de 0.48 ± 0.39 UNT, com uma variação de 0.11 à 1.49 UNT, e quanto a diferença entre as médias desse parâmetro, obteve-se um p-valor menor que o nível de significância pré definido ($t = 2.8614$, $df = 20.567$, $p\text{-value} = 0.009474$).

O pH na Cosanpa apresentou média de 5 ± 0.69 , com uma variação de 3.49 a 6.1. Já no Residencial Tia Ana esta média foi de 4.77 ± 0.76 , onde os valores apresentaram

uma variação entre 3.82 a 6.7. Neste parâmetro obteve-se o p-valor maior que o nível de significância, ($t = 0.73043$, $df = 21.817$, $p\text{-value} = 0.4728$).

A cor aparente, na Consapa a média observada foi de $2,92\text{uH} \pm 4,31$, e 50% dos valores mantiveram-se num intervalo de 0uH a $6,25\text{uH}$. O valor máximo foi de 10uH . No microssistema do Residencial Tia Ana 100% das amostras não apresentaram cor aparente (0uH). Neste parâmetro foi realizada apenas análise descritiva dos dados, visto que em um dos pontos de estudo esta característica apresentou 0uH em todas as amostras.

O cloro residual livre, por ser um parâmetro adicionado no processo de desinfecção da água, foi observado apenas na Cosanpa, que apresentou uma média de $1,67 \pm 0,24\text{ mg/L}$, com o valor mínimo e máximo obtido de $1,5\text{ mg/L}$ e $2,0\text{ mg/L}$, respectivamente. Para este parâmetro, também, só foram realizadas análises descritivas, visto que um dos pontos de estudo (Residencial Tia Ana) não dispõe de tratamento da água, portanto, neste local todas as amostras estudadas apresentaram valor $0,0\text{ mg/L}$ de cloro residual livre.

Quanto à microbiologia das águas analisadas (Tabela 2), na Cosanpa, apenas uma amostra apresentou contaminação por coliformes totais, o equivalente a 8,33% do tamanho amostral, e 100% das amostras estiveram livres de contaminação fecal (*Escherichia coli*). Já no Residencial Tia Ana 91,66% das amostras apresentaram resultados positivos para coliformes totais e 25% para coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*).

Tabela 2

Resultados das análises microbiológicas realizadas em águas coletadas nos meses de janeiro a dezembro de 2021 em dois sistemas de distribuição de água para consumo humano no município de Oriximiná- PA

ID	Coliformes totais (em 100 ml)		Coliformes termotolerantes <i>Escherichia coli</i> (em 100 ml)	
	Cosanpa	Residencial Tia Ana	Cosanpa	Residencial Tia Ana
jan	A	P	A	P
fev	A	P	A	A
mar	A	P	A	A
abr	P	P	A	A
mai	A	P	A	P
jun	A	P	A	A
jul	A	A	A	A
ago	A	P	A	A
set	A	P	A	A
out	A	P	A	P
nov	A	P	A	A
dez	A	P	A	A
%	8,33 % Positivo	91,66 % Positivo	0 % Positivo	25 % Positivo

Nota. P = Presença de bactérias; A = Ausência de bactérias.

3.2. Influência da sazonalidade

3.2.1 Cosanpa

Os valores de temperatura na Cosanpa apresentaram média de $22.13 \pm 2.05^\circ\text{C}$ na seca, e $21.93 \pm 1.27^\circ\text{C}$ na cheia. Quanto ao teste estatístico para verificar a diferença entre as médias nesses dois períodos sazonais, este apresentou p-valor maior que 0.05 ($t = 0.12541$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.9117$). O parâmetro turbidez apresentou média de 0.94 ± 0.67 na seca, e 1.29 ± 0.63 na cheia e p-valor maior que o nível de significância ($t = -4.1734$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.0529$). A cor aparente, neste ponto de estudo apresentou média de 3.33 ± 4.71 na seca, e 5 ± 4.08 na cheia, e o p-valor maior que 0.05 ($t = 0.5785$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.6214$). As médias de pH na seca e cheia foram de 4.84 ± 0.74 e 5.4 ± 0.3 respectivamente, e o p-valor foi maior que o nível de significância ($t = -0.53902$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.6781$).

Quanto à microbiologia das amostras, nesse ponto de estudo, na seca nenhuma das amostras apresentaram resultados positivos, tanto para coliformes totais quanto para coliformes termotolerantes (*E. coli*). Na cheia, 33% das amostras apresentaram resultados positivos para coliformes totais, no entanto, nenhuma destas apresentaram contaminação por *E. coli*.

3.2.2. Residencial Tia Ana

No Residencial Tia Ana, a média para o parâmetro temperatura foi de 22.37 ± 1.19 na seca e 23.1 ± 1.06 na cheia, e neste ponto de estudo, o p-valor também foi maior que 0.05 ($t = -0.58444$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.6181$). O parâmetro turbidez apresentou média de 0.19 ± 0.09 na seca e 0.74 ± 0.53 na cheia e com p-valor maior que nível de significância ($t = -1.3787$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.3019$). Neste sistema de abastecimento nenhuma das amostras apresentou valores para cor aparente. As médias de pH na seca e cheia foram de $4,6 \pm 0,31$ e $4,87 \pm 0,81$ respectivamente, e p-valor maior que o nível de significância ($t = -0.44941$, $df = 2$, $p\text{-value} = 0.6971$).

Acerca dos resultados microbiológicos desse ponto de estudo, para coliformes totais, tanto na cheia quanto na seca, 100% das amostras apresentaram resultados positivos para este grupo de bactérias. Para *E. coli*, tanto na seca quanto na cheia, 66,6% das amostras apresentaram-se contaminadas por estas bactérias.

4. Discussão

Os parâmetros de qualidade de água para consumo humano são regidos por legislações, as quais definem os valores padrões dessas características, que a partir desses valores será possível estabelecer se uma água está própria ou imprópria ao consumo humano. Ademais, a depender do país, esses valores podem sofrer variações (Seben et al., 2021). Atualmente no Brasil, os padrões de qualidade de água para consumo humano são estabelecidos por meio da Portaria nº 888 de 04 de maio de 2021, do Ministério da Saúde (Brazil, 2021).

Pela legislação brasileira o parâmetro “temperatura” não é listado como um parâmetro básico da qualidade de água para consumo humano, no entanto, esta é uma característica que merece atenção por parte de responsáveis por Estações de Tratamento de Águas (ETA) e demais fiscalizadores de saneamento, visto que esta está diretamente ligada à qualidade da água, em função da grande influência que este parâmetro exerce sobre outras características, como físicas, químicas e microbiológicas (Monteiro et al.,

2017). A Holanda é um dos poucos países que estabelecem sob legislação, um padrão de temperatura em águas de consumo humano, para o qual define que esta não deva exceder o valor de 25°C ([Drink Water Directive, 2013](#)). Nesta pesquisa, observou-se que a média de temperatura nos dois pontos estudados estiveram abaixo de 25°C (média \cong 22.5°C). Quanto a influência da sazonalidade sob esse parâmetro, foi observado no Residencial Tia Ana, que faz captação subterrânea, um resultado inesperado, a média de temperatura foi ligeiramente mais elevada nos períodos de chuvas. Para esclarecer esse resultado, primeiro deve-se entender que a qualidade de águas subterrâneas é influenciada por diferentes fatores, sob diferentes escalas de tempo e espaço, levando sempre em conta os fatores naturais, como infiltração das águas superficiais, cobertura do solo, níveis de precipitação e dentre outros, assim como, deve-se principalmente considerar fatores antrópicos como agricultura, pecuária, urbanização e etc ([Epting et al., 2021](#)). Um fator que ultimamente vem sendo largamente estudado, e que não pode ser descartado como propulsor desse resultado é a influência do aumento da temperatura média do planeta (Aquecimento Global) sobre a temperatura das águas, tanto superficiais quanto subterrâneas, de acordo com vários estudos, é esperado que com o aumento de atividades utilizando mananciais subterrâneos relacionado com o aumento da temperatura média do planeta, resulte no aumento significativo das médias de temperaturas de águas subterrâneas ([Epting et al., 2017](#); [Garcia-Gil et al., 2015](#); [Epting et al., 2021](#)). Na Cosanpa, observou-se que as médias de temperatura foram maiores em períodos de estiagem, mas assim como no Residencial Tia Ana, a diferença entre as médias nos períodos de chuva e estiagem não foram estatisticamente significativas ($p > 0.05$). Esse resultado se justifica pelo fato de que mananciais superficiais em áreas tropicais recebem grande incidência de radiação solar, com isso, resultando em temperaturas mais elevadas em períodos de estiagem ([Taniwaki et al., 2017](#)).

Quanto ao parâmetro turbidez, com exceção do *outlier* 5.1 uT, observado na Cosanpa, todos os valores estavam dentro da faixa pré-estabelecida pelo Ministério da Saúde (MS), que estabelece o valor máximo de 5.0 uT ([Brazil, 2021](#)). Vale ressaltar que o *outlier* não foi desconsiderado, pois este é um valor que possivelmente esteja relacionado a falhas no processo de tratamento e monitoramento da água na ETA. A turbidez é utilizada como um mensurador da qualidade de água, valores que excedam o valor máximo permitido (VMP) por legislação normalmente estão diretamente ligados ao aumento e/ou surtos de doenças gastrointestinais ([Morris et al., 1996](#); [Mann et al., 2007](#)).

Outro fator que enfatiza a importância do monitoramento deste parâmetro é o fato deste estar diretamente ligado a eficiência de outras etapas do tratamento da água, principalmente a etapa de desinfecção (Funasa, 2006). Quanto à variação sazonal deste parâmetro, ambos pontos estudados apresentaram valores mais elevados nos períodos chuvosos, entretanto, a diferença observada entre seca e cheia não foi estatisticamente significativa ($p > 0.05$).

O parâmetro Cor Aparente em ambos pontos estudados, apresentaram-se dentro do VMP (15 uH) estipulado pelo Ministério da Saúde (Brazil, 2021). No Residencial Tia Ana nenhuma das amostras apresentaram valores para cor aparente, indicando que a sazonalidade não influenciou neste parâmetro, isso se explica pelo fato deste ponto ser de captação subterrânea, através de poço artesiano, ao qual já faz um processo de filtração natural (Goudinho VITÓ et al., 2016). Na Cosanpa houve uma variação dos resultados entre 0 e 10 uH, observou-se também uma média maior nos períodos chuvosos, entretanto obteve-se um p -valor > 0.05 , indicando que estatisticamente não houve diferença significativa entre as médias observadas na cheia e seca. Analisando os resultados, entende-se que, apesar de estarem dentro das normas de potabilidade, por se tratar de águas provenientes de rio, sofrem influência direta de diversos fatores ambientais que corroboram com este resultado (Leila, 2013).

Segundo a legislação brasileira, os valores de pH em águas de consumo humano devem apresentar-se numa escala de 6.0 a 9.0 (Brazil, 2021). Portanto, conforme os resultados observados nesta pesquisa, pode-se afirmar que nos dois pontos estudados, cerca de 90% das amostras apresentaram-se fora dos padrões de potabilidade, com valores inferiores ao que se é exigido pelo Ministério da Saúde, todas mostraram-se ligeiramente ácidas ($\text{pH} < 7$) (Almeida & Souza, 2019). Na região amazônica é comum, tanto em mananciais superficiais quanto subterrâneos, as águas apresentarem valores baixos de pH (ácidas), isso se deve à grande quantidade de matéria orgânica em decomposição na superfície do solo e com os altos índices pluviométricos da região, os combinados resultantes dessa decomposição são rapidamente lixiviados aos rios, lagos e igarapés ou percolam com maior facilidade ao lençol freático (Bahia et al., 2011; Umgria, 2018). Até o momento ainda não há estudos que comprovem uma relação direta dos valores de pH com implicações na saúde humana, no entanto, a interação desta característica com outros parâmetros, pode resultar em subprodutos que podem ser nocivos à saúde (World Health Organization, 2017).

Quanto ao parâmetro Cloro Residual Livre, para este só foram realizadas análises descritivas, visto que em um dos pontos de estudo (Residencial Tia Ana) não dispõe de tratamento da água, portanto, neste local todas as amostras apresentaram valor 0,0 mg/L de cloro residual livre. Na estação de tratamento (Cosanpa), como esta faz tratamento da água antes da distribuição, 100% das amostras estavam dentro dos padrões de potabilidade, os resultados variaram entre 1.5 a 2.0 mg/L. A partir dessas descrições é possível aferir que, conforme dispõe a Portaria do Ministério da Saúde N°888 de 04 de Maio de 2021, 100% das amostras coletadas no Residencial Tia Ana, indicam que a água deste local está imprópria para o consumo humano, visto que *“Toda água para consumo humano fornecida coletivamente deverá passar por processo de desinfecção ou adição de desinfetante para manutenção dos residuais mínimos”* (Brazil, 2021, Art. 24). Na Estação de Tratamento (Cosanpa), 100% das amostras atenderam aos padrões dispostos pela legislação para este parâmetro, *“[...]é obrigatório a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado [...]em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) e nos pontos de consumo”* (Brazil, 2021).

Quanto à microbiologia das águas analisadas, na Cosanpa apenas uma amostra apresentou contaminação por coliformes totais, o equivalente a 8,33% do tamanho amostral, e 100% das amostras estavam livres de contaminação fecal (*Escherichia coli*). Observa-se aqui um resultado inesperado, pois conforme os resultados de cloro residual livre, todas as amostras estiveram numa variação de 1,5 a 2,0 mg/L, entretanto, nota-se que em uma das amostras obteve-se resultado positivo para presença de coliformes totais, algo inesperado, uma vez que o cloro é um forte agente desinfetante, mas que por algum motivo não foi suficientemente eficaz neste local, mesmo estando dentro dos valores permitidos por lei. Vale ressaltar aqui que para este resultado é descartado a hipótese de contaminação pontual, pois foram seguidas criteriosamente todas as orientações do manual da Funasa (Funasa, 2013) e da American Public Health Association- APHA (American Public Health Association, 2017). Entretanto, conforme a bibliografia, há vários estudos que comprovam que a eficácia do cloro como agente desinfetante depende de vários fatores durante o processo de desinfecção, como pH, tempo de contato, concentração do cloro, temperatura, turbidez, matéria orgânica presente na água e etc. A eficácia do cloro é melhor em concentrações maiores, valores de pH relativamente baixos, maior tempo de contato e ausência de sólidos que possam interferir no processo de

desinfecção (Anágua, 2011; Barros, 2018). Portanto, tendo como base as afirmações supracitadas, pode-se deduzir que o manancial ou a área do ponto de captação da Cosanpa pode estar sofrendo fortes influências externas, que estão resultando num alto índice de contaminação do manancial, influenciando diretamente no processo de tratamento da água. Quanto ao Residencial Tia Ana, considerando que 91,66% das amostras apresentaram resultados positivos para coliformes totais e 25% para Coliformes termotolerantes (*E. coli*) e considerando que “a caracterização da água potável compreende a ausência de agentes patogênicos, os coliformes totais e fecais” (Libânio, 2010), a água distribuída pelo microssistema Residencial Tia Ana estiveram impróprias para o consumo humano.

5. Conclusão

Os dois pontos estudados nesta pesquisa apresentaram, em sua maioria, resultados insatisfatórios em termos de água potável. Nota-se nos dois sistemas abastecimento, a falta de planejamento por parte dos órgãos responsáveis, que é de suma importância, visto que isso está diretamente ligado à saúde pública.

Sintetizando os resultados, entende-se que os dois sistemas, na maioria das análises, apresentaram resultados fora dos padrões de potabilidade, como por exemplo, os níveis de pH, o qual na maioria dos resultados apresentaram-se fora dos padrões estabelecidos pela legislação. Outro fator de extrema preocupação, foram os resultados microbiológicos obtidos neste trabalho, o qual no Residencial Tia Ana cerca de 91% dos resultados estiveram fora dos padrões de potabilidade e na Cosanpa, mesmo recebendo a desinfecção por cloro, 8.33% das amostras apresentaram contaminação por coliformes totais. Este estudo mostrou também a influência da sazonalidade sobre alguns parâmetros de qualidade de água.

Portanto, esses resultados apresentam-se como novo objeto de estudo para futuras pesquisas, que busquem explicar alguns dos resultados aqui observados, como resultado observado na Cosanpa, onde todas as amostras estiveram entre 1,5 a 2,0 mg/L de Cloro residual livre (padrão permitido pela legislação), no entanto, obteve-se resultado positivo para presença de Coliformes totais, algo inesperado, uma vez que o cloro é um forte agente desinfetante, mas que por algum motivo o cloro foi ineficaz neste local, mesmo estando dentro dos valores permitidos.

Ressalta-se também, a necessidade de intervenção da comunidade acadêmica e o poder público nesses aspectos de saúde pública, visando buscar junto à comunidade local (população) soluções para essas situações, enfatizando a importância de práticas higiênicas quanto ao manejo de água para consumo, assim como medidas preventivas, como limpeza e desinfecção dos reservatórios particulares e dentre outras medidas relacionadas.

Contribuições dos autores

Pinheiro JV, Miorando PS e Lima TF contribuíram com a concepção e delineamento do estudo, análise e interpretação dos resultados, redação e aprovação da versão final do manuscrito. Os autores são responsáveis por todos os aspectos do trabalho, incluindo a garantia de sua precisão e integridade.

Conflitos de interesses

Não há conflito de interesse dos autores em relação a este manuscrito.

6. Referências

- Almeida, W. R. F. de, & Souza, F. M. de. (2019). Análise Físico-Química da Qualidade da Água do Rio Pardo no Município de Cândido Sales – BA. *ID on Line REVISTA de PSICOLOGIA*, 13(43), 353–378.
<https://doi.org/10.14295/idonline.v13i43.1534>.
- American Public Health Association-APHA. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). Washington DC: American Public Health Association.
- Anágua, T. A. (2011). *Trihalometanos como Subprodutos da Cloração*. 2011. 73f. dissertação de mestrado – Universidade da Beira Interior, Covilhã.
- Bahia, V. E., Fenzil, N., Leal, L. R. B., Morales, G. P., Luiz, J. G. (2011). Caracterização hidrogeoquímica das águas subterrâneas na área de abrangência do reservatório de abastecimento público do Utinga-Belém (PA). *Rev. Águas Subterrâneas*, v.25, n.1, p. 43-56.
- Barros, W. M. (2018). Riscos associados a utilização do agente desinfetante cloro no tratamento de água potável: uma revisão na literatura. *Revisão de literatura. IFPB / Campus Cajazeiras. Cajazeiras-PB*. Disponível em:
<https://repositorio.ifpb.edu.br/bitstream/177683/1251/1/TCC%20-%20Wildson%20de%20Moura%20Barros.pdf>. Acesso em: 18 Jan. 2022.
- Beasley, C. R. (2004). *Bioestatística usado R: apostila de exemplos para o biólogo*. Universidade Federal do Pará- Campus de Bragança. Laboratório de Moluscos. Bragança.

- Brazil. (2021). *PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021 - DOU - Imprensa Nacional*. In.gov.br. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>.
- Callegari-Jacques, S. M. (2003). *Bioestatística: princípios e aplicações*. Porto Alegre: ARTMED. 255 p.
- Carmo, R. F., Bevilacqua, P. D., Bastos, R. K. X. (2008). Vigilância da qualidade da água para consumo humano: abordagem qualitativa da identificação de perigos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.13, n. 4, p. 426–434.
- Chitsaz, N., Azarnivand, A. (2016). Gestão da escassez de água em regiões áridas com base em uma técnica estendida de múltiplos critérios. *Recursos Hídricos. Gerenciar* 1-18.
- Colet, C., Pieper, M., Kaufmann, J. V., Schwambach, K., & Pletsch, M. (2021). Qualidade microbiológica e perfil de sensibilidade a antimicrobianos em águas de poços artesianos em um município do noroeste do Rio Grande do Sul. *Engenharia Sanitaria E Ambiental*, 26(4), 683–690. <https://doi.org/10.1590/s1413-415220200078>.
- Development Core Team, R. (2020). *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing <http://www.R-project.org>.
- Drink Water Directive. (2013). *Drinkwaterbesluit*. Available online: http://wetten.overheid.nl/BWBR0030111/geldigheidsdatum_25-02-2013. Accessed on 07 January 2023.
- Epting, J., García-Gil, A., Huggenberger, P., Vázquez-Suñe, E., & Mueller, M. H. (2017). Development of concepts for the management of thermal resources in urban areas – Assessment of transferability from the Basel (Switzerland) and Zaragoza (Spain) case studies. *Journal of Hydrology*, 548, 697–715. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.03.057>.
- Epting, J., Michel, A., Affolter, A., & Huggenberger, P. (2021). Climate change effects on groundwater recharge and temperatures in Swiss alluvial aquifers. *Journal of Hydrology X*, 11, 100071. <https://doi.org/10.1016/j.hydroa.2020.10007>.
- Fernandes, K. D. A. N. (2010). Uso de carvão ativado de endocarpo de coco no tratamento de água. *Revista da Graduação*, v. 3, n. 2, 17 nov.
- Funasa- Fundação Nacional de Saúde. (2013). *Manual Prático de Análise de Água*. 4ª edição. Brasília.
- Funasa - Fundação Nacional de Saúde. (2006). *Manual prático de análise de água*. 2ª ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde.
- García-Gil, A., Vázquez-Suñe, E., Sánchez-Navarro, J. Á., & Mateo Lázaro, J. (2015). Recovery of energetically overexploited urban aquifers using surface

water. *Journal of Hydrology*, 531, 602–611.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.10.067>.

Goudinho VITÓ, C. V., Bernardo Ferreira da SILVA, L. J., Lima OLIVEIRA, K. D. M., GOMES, A. T., & De Oliveira NUNES, C. R. (2016). Avaliação da qualidade da água: determinação dos possíveis contaminantes da água de poços artesianos na região Noroeste Fluminense. *Acta Biomédica Brasiliensia*, 7(2), 59.
<https://doi.org/10.18571/acbm.111>.

IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estado. (2016). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/oriximina.html>. Acesso em: 25 Nov. 2020.

IBAMA | Instituto Brasileiro do Meio Ambiente. (2004). Plano de manejo da Reserva Biológica do Rio Trombetas. Ministério de Meio Ambiente, Brasília.

Libânio, M. (2010). Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 3° ed. Campinas, SP. Editora Átomo.

Li, P., Gasmalla, M. A. A., Zhang, W., Liu, J., Bing, R., & Yang, R. (2016). Effects of roasting temperatures and grinding type on the yields of oil and protein obtained by aqueous extraction processing. *Journal of Food Engineering*, 173, 15–24.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.10.031>.

Leila, S. (2013). Análise da qualidade da água superficial do Rio Subaé, Bahia e influência do uso e ocupação do solo em seu entorno. *Uefs.br*.
<https://doi.org/http://localhost:8080/tede/handle/tede/172>.

Mann, A. G., Tam, C. C., Higgins, C. D., & Rodrigues, L. C. (2007). The association between drinking water turbidity and gastrointestinal illness: a systematic review. *BMC Public Health*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2458-7-256>.

Manuel, P. A., Leitão, A. A. R., Boaventura, R. (2018). Qualidade da Água para Consumo Humano na Cidade do Uíge (Angola): Água Tratada do Sistema de Abastecimento Público e Água não Tratada de Fontes Alternativas. *Revista Internacional em Língua Portuguesa*, v. 33, p. 75–93.

Monteiro, L., Figueiredo, D., Covas, D., Menaia, J. (2017) Integrating water temperature in chlorine decay modelling: a case study, *Urban Water Journal*, 14:10, 1097-1101, DOI: 10.1080/1573062X.2017.1363249.

Morris, R. D., Naumova, E. N., Levin, R., Munasinghe, R., L. (1996). Variação temporal na turbidez da água potável e gastroenterite diagnosticada em Milwaukee. *Am J Saúde Pública*. 86 (2): 237-239.

Peil, G. H. S., Kuss, A. V., & Gonçalves, M. do C. F. (2015). Avaliação da qualidade bacteriológica da água utilizada para abastecimento público no município de Pelotas – RS – Brasil. *Ciência E Natura*, 37(1).
<https://doi.org/10.5902/2179460x14941>.

- PDMO | Plano Diretor Municipal de Oriximiná. (2017). <https://www.oriximina.pa.gov.br/leis.php?id=535>. Acesso em: 06 Jan. 2022.
- PMSB | Plano Municipal de Saneamento Básico. (2017). Plano Municipal de Saneamento Básico de Oriximiná. Prefeitura de Oriximiná, Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano SEMDUR. Oriximiná.
- Quadros Rückert, F. (2017). O abastecimento de água na perspectiva da historiografia europeia e hispano-americana. *Revista História: Debates E Tendências*, 17(1), 157. <https://doi.org/10.5335/hdtv.17n.1.7241>.
- ed. by Rice, E.W., Baird, R.B., Eaton, A.D., Clesceri, L.S. APHA, AWWA and WEF, 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater, 22 nd edition American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation. ed. by.
- Seben, D., Toebe, M., Wastowski, A. D., Hofstätter, K., Volpatto, F., Zanella, R., Prestes, O. D., & Golombieski, J. I. (2021). Water quality variables and emerging environmental contaminant in water for human consumption in Rio Grande do Sul, Brazil. *Environmental Challenges*, 5, 100266. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100266>.
- Scoles, R., Gribel, R., & Klein, G. N. (2011). Crescimento e sobrevivência de castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em diferentes condições ambientais na região do rio Trombetas, Oriximiná, Pará. *Boletim Do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais*, 6(3), 273–293.
- SUDAM | Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia. Projeto de Hidrologia e Climatologia da Amazônia, Belém-Pará. Atlas climatológico da Amazônia brasileira. Belém, 1984. 125p. (SUDAM. Publicação, 37).
- Taniwaki, R. H., Piggott, J. J., Ferraz, S. F. B., & Matthaei, C. D. (2017). Climate change and multiple stressors in small tropical streams. *Hydrobiologia*, 793(1), 41–53. <https://doi.org/10.1007/s10750-016-2907-3>.
- Umgría, I. C. (2018). Qualidade das águas subterrâneas na região Norte do Brasil. FAEMA. Ariquemes- RO.
- World Health Organization. (2017). Guidelines for drinking water quality, fourth edition incorporating the first addendum. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, Geneva.
- Wu, J., Sun, Z. (2016). Avaliação da contaminação de águas subterrâneas rasas e risco associado à saúde humana em uma planície aluvial impactada por atividades agrícolas e industriais, centro-oeste da China. *Expo Saúde* 8 (3), 311–329. <http://dx.doi.org/10.1007/s12403-015-0170-x>.
- Zerwes, C. M., Secchi, M. I., Calderan, T. B., De Bortoli, J., Tonetto, J. F., Toldi, M., Oliveira, E. C., & De Santana, E. R. R. (2015). Análise da qualidade da água de

poços artesanais do município de Imigrante, Vale do Taquari/RS. *Ciência E Natura*, 37(3). <https://doi.org/10.5902/2179460x17385>.

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.