

QUALIDADE DA ÁGUA DISTRIBUÍDA POR CAMINHÕES-PIPA PARA CONSUMO HUMANO EM MOSSORÓ-RN

WATER QUALITY DISTRIBUTED BY WATER TRUCKS FOR HUMAN CONSUMPTION IN MOSSORÓ-RN

Natam Mateus Falcão Ferreira¹
Leila da Silva Santos²
Blenda Nunes da Silva³
Dayane Izabelita Santos Lacerda⁴
Orivaldo da Silva Lacerda Junior⁵
Aldeni Barbosa da Silva⁶
Renan Antônio da Silva⁷

RESUMO

O trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água distribuída por carros-pipa em Mossoró-RN, focando nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos. A metodologia envolveu a coleta de amostras de água em diferentes pontos de abastecimento e sua análise em laboratório. Nos parâmetros físico-químicos, verificou-se que o pH da água estava dentro da faixa recomendada para consumo, variando de neutro a ligeiramente alcalino. O cloro residual, necessário para a desinfecção, foi detectado em níveis adequados na maioria das amostras, enquanto a condutividade apresentou variações, sugerindo diferenças nas fontes de abastecimento. A análise microbiológica mostrou resultados negativos para coliformes fecais e totais na maioria das amostras, indicando a ausência desses contaminantes. Contudo, uma amostra apresentou coliformes totais, o que destaca a necessidade de monitoramento contínuo. Os resultados indicam que, em geral, a água transportada pelos carros-pipa atende aos padrões de qualidade exigidos para consumo humano, embora seja essencial manter uma vigilância rigorosa sobre a qualidade microbiológica para garantir a segurança dos consumidores.

Palavras-chave: Carro pipa, análise, consumo

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the quality of the water distributed by water trucks in Mossoró-RN, focusing on physicochemical and microbiological parameters. The methodology involved collecting water samples from different supply points and analyzing them in the laboratory. Regarding

¹ IFCE (Aracati).

² IFCE (Aracati).

³ Funcapi.

⁴ UFAM.

⁵ UFAM.

⁶ IFPB (Esperança).

⁷ UFSCar.



physicochemical parameters, the pH of the water was within the recommended range for consumption, varying from neutral to slightly alkaline. Residual chlorine, necessary for disinfection, was detected at adequate levels in most samples, while conductivity showed variations, suggesting differences in the water supply sources. The microbiological analysis showed negative results for fecal and total coliforms in most samples, indicating the absence of these contaminants. However, one sample tested positive for total coliforms, highlighting the need for continuous monitoring. The results indicate that, overall, the water transported by the trucks meets the quality standards required for human consumption, although it is essential to maintain strict surveillance of microbiological quality to ensure consumer safety.

Key-words: Water trucks, analysis, consumption

1. INTRODUÇÃO / CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A qualidade da água é essencial para a saúde pública em todo o mundo, especialmente em regiões que enfrentam escassez hídrica. A água, um recurso indispensável à vida, desempenha um papel crucial na manutenção da saúde (Mendonça et al., 2017). Garantir o abastecimento de água potável é vital, sobretudo quando a fonte provém de alternativas como poços artesianos e sistemas locais de captação e tratamento, exigindo medidas rigorosas de segurança (Mendonça et al., 2017). Em Mossoró-RN, uma cidade semiárida afetada pela seca, o uso de caminhões-pipa tornou-se essencial para assegurar o acesso à água.

O Rio Grande do Norte, com 167 municípios, está totalmente inserido na Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental, a de menor disponibilidade hídrica do Brasil (BRASIL, 2015). Em Mossoró, tem suas zonas urbana e rural totalmente inseridas no polígono das secas, o abastecimento de água é garantido por duas principais fontes: 30% provém da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, via adutora, e 70% do Aquífero Açu, por poços, com a população enfrentando acesso intermitente ao recurso (CAERN, 2023).

A escassez de água na cidade tem se intensificado, impactando tanto o consumo doméstico quanto atividades econômicas, como a agricultura e a indústria. De acordo com dados da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN, 2023) e relatórios do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023), a queda no nível dos reservatórios, agravada pela irregularidade das chuvas, tem gerado uma crise no abastecimento urbano. Estudos da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA, 2023) destacam os impactos socioeconômicos dessa crise.

Para mitigar essa situação, é crucial a implementação de medidas de gestão sustentável da água, o uso consciente e a busca por soluções inovadoras que garantam o



acesso à água potável (INMET, 2023). O uso de caminhões-pipa, embora emergencial, tornou-se essencial para abastecer áreas mais afetadas pela escassez (CAERN, 2023).

No entanto, o abastecimento por caminhões-pipa é uma solução paliativa e temporária, sujeita à regulamentação da Secretaria de Saúde de Mossoró. Além disso, a legislação vigente exige que o transporte e distribuição de água obedeçam a normas técnicas e sanitárias para assegurar a sua qualidade (Müller & Parussolo, 2014). Para monitorar a segurança da água, são utilizados indicadores microbiológicos, como o grupo dos coliformes, especialmente a *Escherichia coli*, cuja presença indica possível contaminação fecal (Mendonça et al., 2017; Coelho et al., 2017; Cavalcante, 2014; Silva et al., 2016).

A contaminação pode ocorrer durante o manuseio inadequado, especialmente da mangueira utilizada no abastecimento e descarregamento, o que aumenta o risco de contaminação da água destinada ao consumo humano. Frequentemente, a mangueira é arrastada no chão ou não passa por uma higienização adequada. Para evitar esses problemas, é essencial seguir as regulamentações de licenciamento e garantir a higienização adequada dos veículos e equipamentos envolvidos (Carvalho, 2015; Mendonça et al., 2017).

Diante desse cenário, o objetivo desta pesquisa é avaliar a qualidade da água transportada pelos caminhões-pipa na Cidade de Mossoró-RN.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para cada carro-pipa analisado (Figura 01), foram realizadas duas coletas: uma em potes tipo PET higienizados (100 mL), destinada às análises físico-químicas; e outra em frascos plásticos de polietileno (100 mL), para as análises microbiológicas (Figura 02). Todos os frascos foram previamente esterilizados. As amostras foram rotuladas de acordo com cada ponto e horário de coleta, acondicionadas em caixa térmica a 4 °C e levadas ao laboratório de química do Instituto Federal do Ceará – Aracati, para realização das análises, seguindo as normas da NBR 9898 e do *Standard methods for the examination of water and wastewater* (APHA, 2005).

Figura 01 – (A) Carro-pipa abastecendo no poço; (B) carro-pipa entregando água ao fornecedor, (C) carro-pipa pronto para coleta de água para análise físico-química e microbiológica e (D) frasco com amostra de água coletado diretamente no carro-pipa após abastecimento.



Fonte: Arquivo do autor (2023).

As amostras foram coletadas de carros-pipa, que foram codificados sequencialmente como Carro-pipa 1, Carro-pipa 2, e assim por diante, conforme a ordem de entrada de cada amostra no laboratório. As coletas ocorreram entre março de 2023 e fevereiro de 2024. Verificou-se que os carros-pipa utilizados no estudo são abastecidos por três poços: um localizado dentro da cidade (Poço 1) e dois situados na saída da cidade, entre Mossoró e Baraúna (Poço 2 e Poço 3). Apenas o Poço 1 possui alvará de funcionamento, enquanto o Poço 2 está em processo de obtenção de alvará junto à prefeitura de Mossoró e é submetido a monitoramento mensal da qualidade da água. Já o Poço 3 não possui alvará nem realiza monitoramento da qualidade da água.



Figura 02 – Frasco de polietileno esterilizado (100 mL) destinado à análise microbiológica.



Fonte: Costa, (2023).

Substâncias conhecidas como indicadores microbiológicos têm sido amplamente utilizadas para verificar os níveis de contaminação da água por resíduos (COSTA, 2014). A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece que, para a aferição da potabilidade da água, deve-se determinar a presença de coliformes totais e termotolerantes, com especial atenção para *Escherichia coli*, além da contagem de bactérias heterotróficas (BRASIL, 2011). Nesta pesquisa, as análises foram conduzidas de acordo com os parâmetros descritos na Tabela 01, seguindo as definições e classificações de potabilidade estabelecidas pela Portaria nº 2.914/2011, que determina os padrões físico-químicos e microbiológicos recomendados para o consumo humano (BRASIL, 2011)

**Tabela 01** – Indicadores de qualidade de água subterrânea para consumo humano e seus limites estabelecidos pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

Parâmetros/ Portaria 2.914/2011	
Físico-químicos	
pH	6 a 9
Cor/uH	15
Condutividade/uScm ⁻¹	100
Turbidez (UNT)	5
Sólidos totais (ppm)	0-1500 ppm
Salinidade (ppm)	STD (mg/L) ≤ 1000
Cloro livre (ppm)	0,2 a 2,0
Dureza	100-300 ppm
Microbiológicos	
Coliformes totais (ausência em 100mL)	NMP/100
Coliformes Fecais (ausência em 100mL)	NMP/100

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Trata-se de um estudo do tipo quantitativo, em que se utilizaram dados para atestar a potabilidade da água por meio de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, como coliformes totais e *Escherichia coli*, provenientes de análises prévias. Pontualmente, os parâmetros de análise realizados nesta pesquisa foram: pH, cor, turbidez, condutividade, além de coliformes totais e fecais.

Conforme Figura 03, a determinação do pH foi realizada com um aparelho pHmetro de bancada (Digimed, Modelo DM-20). Já para a verificação da intensidade da cor da água realizou-se o calorímetro de bancada (Digimed, Modelo DM-COR). A turbidez foi medida com o turbidímetro de bancada (Digimed, modelo- DM-TU). Para a determinação da condutividade e salinidade, a medida foi feita por meio de um condutivímetro (Conductivity Meter, modelo-8306, RS-232). As análises de dureza foram realizadas no equipamento de bancada portátil Micro 20, modelo da AKSON.



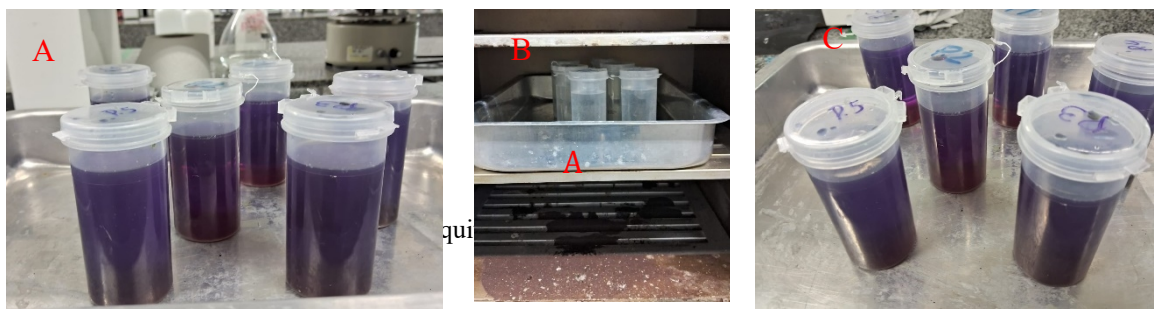
Figura 03 – Equipamentos utilizados para a análise físico-química em alguns poços visitados



Fonte: Arquivo do autor (2023).

Já para as análises bacteriológicas, utilizou-se o método Colilert de substrato cromogênico definido como ONPG-MUG, com resultados confirmativos em 24 a 42 horas para presença de Coliformes Totais e *Escherichia coli* (Figura 04), por meio do desenvolvimento de coloração amarela e observação de fluorescência, sem necessidade da adição de outros reagentes para confirmação (APHA, 2005).

Figura 04 – Análise microbiológica em frasco de PET (100 mL), incubado com substrato cromogênico. (A) Início da análise, (B) Amostra durante o processo (C) Após 24 horas de análise

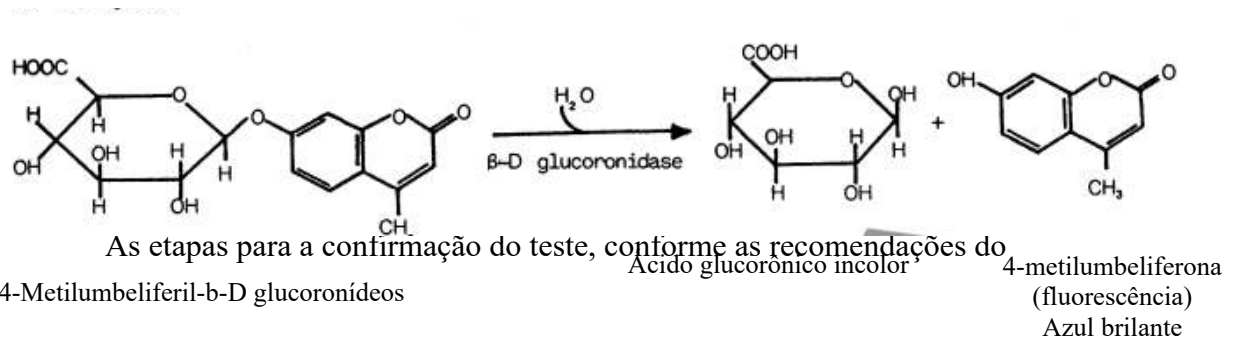


A norma técnica (CETESB, 1992, cód. 80) descreve o teste baseado na detecção da enzima β -D-glucuronidase, que permite a diferenciação entre *Escherichia coli* e outras colônias de coliformes totais, utilizando a técnica de membrana filtrante em meios de cultura convencionais, como o meio tipo Endo. Entre as bactérias do grupo dos coliformes, *Escherichia coli* é a única capaz de produzir a enzima β -glucuronidase



(GUR). Em 1982, Fre e Hartmann demonstraram que o substrato MUG (4-Metilumbeliferil-β-D-glucuronídeo) (Figura 05) pode ser adaptado para a detecção de *Escherichia coli* na água de forma geral.

Figura 05 – Reação do composto MUG (4-Metilumbeliferil-b-D glucuronídeos) com a enzima de B-D glucuronidase produzindo o 4-metilumbeliferona.



4-Metilumbeliferil-b-D glucuronídeos

Acido glucorônico incolor

4-metilumbeliferona (fluorescência) Azul brilhante

Figura 06 – Ilustração de forma de uso do Colitest para a análise microbiológica de coliformes totais e *Escherichia coli* para água potável. Fonte: COSTA, (2023).





3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos para a determinação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos estão apresentados na Tabela 02, juntamente com os padrões de portabilidade 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

A análise do potencial hidrogeniônico (pH) da água transportada pelos carros-pipa, conforme apresentado na Tabela 02, mostra uma tendência geral de pH neutro a ligeiramente alcalino. Os valores observados variam de 6,8 a 8,2, com a maioria das amostras registrando pH em torno de 7,39 (Figura 7A). Segundo Oliveira et al. (2018), a variação do pH em direção à acidez pode estar relacionada a fatores como a concentração de CO₂, a oxidação da matéria orgânica e a temperatura da água.

A acidez da água, indicada por valores de pH abaixo de 7, pode estar associada à dissolução de gases atmosféricos, especialmente CO₂, que forma ácido carbônico (H₂CO₃) quando dissolvido em água. Esse ácido fraco tende a baixar o pH da água, especialmente em sistemas onde há pouca troca de gases com o ambiente, como em águas subterrâneas ou armazenadas por longos períodos. Outro fator relevante é a oxidação de matéria orgânica presente na água. A decomposição microbiana da matéria orgânica libera ácidos orgânicos e CO₂, contribuindo para a diminuição do pH. Este fenômeno é comum em águas que recebem resíduos orgânicos ou que passam por áreas com alta concentração de matéria vegetal em decomposição.

Além disso, a temperatura da água também pode influenciar o pH. Em temperaturas mais altas, a solubilidade do CO₂ diminui, o que pode elevar ligeiramente o pH. Em contrapartida, em temperaturas mais baixas, a água retém mais CO₂, o que pode resultar em um aumento da acidez. Portanto, variações sazonais de temperatura, especialmente em regiões semiáridas como Mossoró, podem contribuir para mudanças no pH da água transportada pelos carros-pipa.

O pH é um indicador de acidez ou alcalinidade da água. Valores em torno de 7 são considerados neutros, enquanto valores abaixo de 7 indicam acidez e acima de 7 indicam alcalinidade. No contexto do abastecimento de água para consumo humano, é desejável que o pH se mantenha na faixa de 6,5 a 8,5, considerada adequada para a saúde humana e para o funcionamento eficiente dos sistemas de distribuição de água (APHA, 2017).



Tabela 02 – Valores para análise físico-química e análise microbiológica das coletas de água dos carros pipas que trafegam em Mossoró-RN.

PARÂMETROS	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA							ANÁLISE MICROBIOLÓGICA	
	pH	CLORO	TURBIDEZ	COR	TDS	COND	TEMP	CF	CT
PIPA 01	7,3	0,2	0,55	2,78	300	581	30,9	A	A
PIPA 02	7,3	0,25	0,78	305	320	590	30,9	A	A
PIPA 03	8,2	0,4	0,53	2,32	316	639	29,3	A	A
PIPA 04	7,6	0,6	0,44	1,80	318	624	30,0	A	A
PIPA 05	7,3	0,2	0,50	2,75	302	580	31,8	A	A
PIPA 06	7,1	0,2	0,69	1,85	69	138	28,3	A	A
PIPA 07	7,1	0,2	1,06	3,02	306	606	29,8	A	A
PIPA 08	7,2	0,4	1,23	4,80	320	651	29,1	A	A
PIPA 09	7,5	0,15	0,27	1,35	320	639	28,4	A	A
PIPA 10	7,2	0,2	0,58	3,48	305	580	30,4	A	A
PIPA 11	6,8	0,4	0,61	2,8	61	122	29,4	A	A
PIPA 12	7,4	0,3	0,88	3,22	342	658	32,0	A	A
PIPA 13	7,5	0,2	0,55	2,80	274	531	28,4	A	A
PIPA 14	7,2	0,2	2,65	5,72	384	532	29,2	A	A
PIPA 15	7,4	0,8	0,88	2,05	272	548	29,0	A	A
PIPA 16	7,4	0,2	0,76	2,85	349	697	33,2	A	A
PIPA 17	7,1	0,2	0,55	2,80	920	1930	31,6	A	A
PIPA 18	7,4	0,4	0,78	1,93	318	639	28,0	A	A
PIPA 19	7,2	0,2	0,56	2,79	305	582	31,9	A	A
PIPA 20	7,3	0,2	0,51	3,40	335	674	30,2	A	A
PIPA 21	7,3	0,2	0,56	3,80	335	669	29,4	P	P
PIPA 22	7,3	0,2	0,51	1,90	288	599	27,7	A	A
PIPA 23	7,3	0,2	0,43	1,85	336	639	31,2	A	A
PIPA 24	7,4	0,2	0,52	2,22	302	598	29,5	A	A
PIPA 25	7,4	0,2	0,80	2,82	62	102	28,8	A	A

Fonte: Proprio autor (2023).

A manutenção do pH dentro dessa faixa é crucial, pois valores fora desse intervalo podem afetar tanto a saúde quanto a eficiência dos processos de desinfecção da água. Por exemplo, a desinfecção por cloro é menos eficaz em águas com pH elevado, enquanto pH baixo pode causar corrosão nas tubulações e equipamentos.



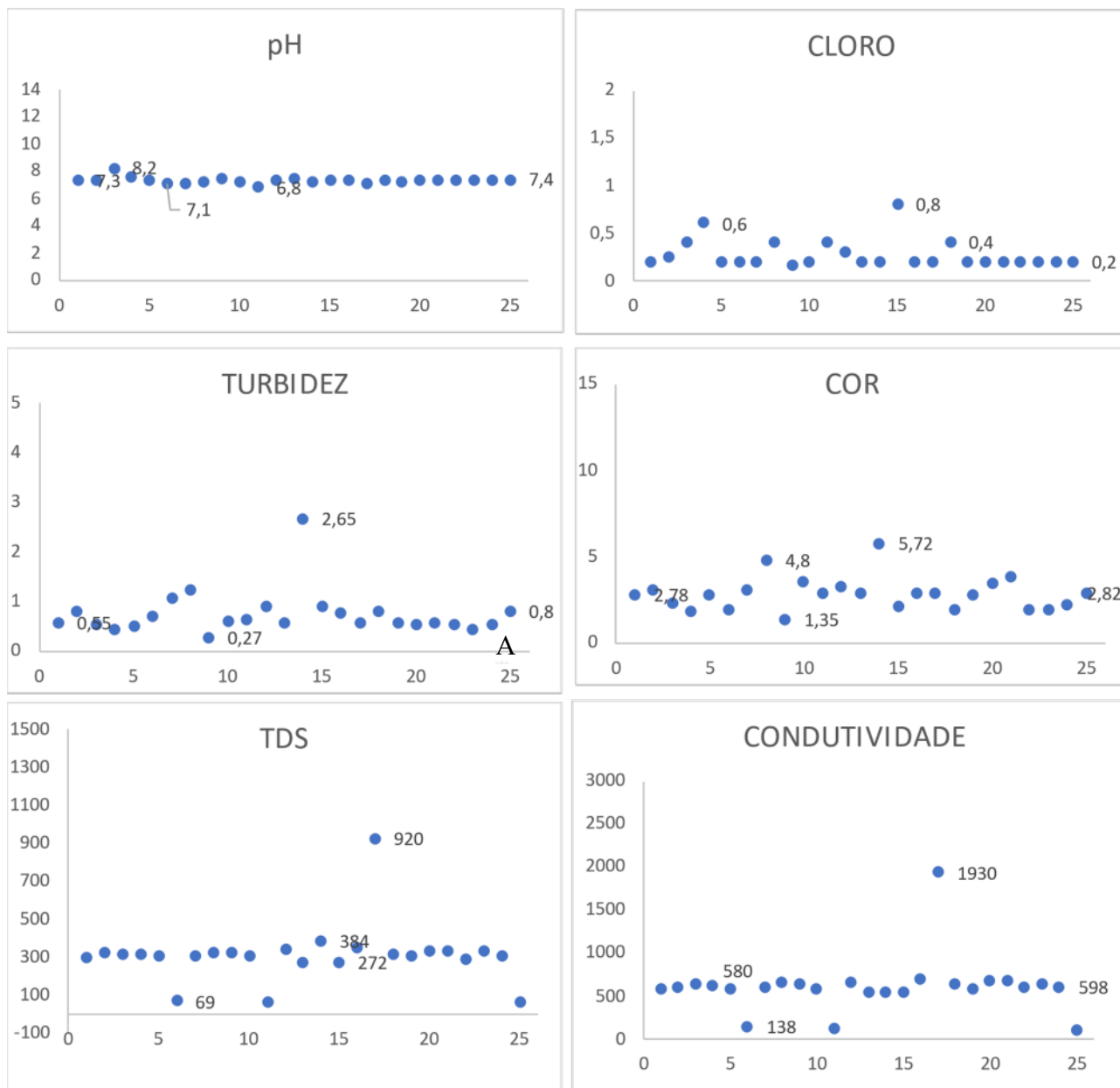
Os resultados mostram que a maioria das amostras está dentro da faixa recomendada, sugerindo que a água transportada pelos carros-pipa em Mossoró-RN apresenta pH adequado para consumo humano. No entanto, é importante observar que variações significativas nos valores de pH podem indicar alterações na qualidade da água, como a presença de substâncias químicas ou minerais que afetam o pH.

Em relação à análise de cloro livre, consiste na adição de N, N-dietil-p-fenilenediamina (DPD) em 100 mL de água do poço, obtendo-se a tonalidade rosada em um indicativo de cloração (Costa et al, 2016; Lacerda, 2023). O cloro é a substância mais utilizada para a desinfecção, sendo responsável pela eliminação de alguns microrganismos patogênicos presentes na água, devido a isso, é necessário que seja feito um controle da sua concentração para evitar problemas a saúde pública (Soares et al., 2016. Ambas as portarias, n.º 888/2021 e da OMS, estabelecem 5,00 mg/L como valor máximo de concentração de cloro residual que deve estar presente na água. Valores adequados de cloro na água asseguram a eficácia do processo de desinfecção, contribuindo para a prevenção de doenças transmitidas pela água (Baird, RB, Eaton, AD e Rice, EW, 2017; APHA, 2017).

Portanto, a análise dos níveis de cloro nas amostras de água coletadas dos carros-pipa revelou uma variação significativa, com concentrações oscilando entre 0,15 mg/L e 0,8 mg/L. Essas flutuações podem impactar diretamente a eficácia do processo de desinfecção, Níveis abaixo de 0,2 mg/L indicam possível risco de proliferação de patógenos, enquanto níveis elevados podem causar desconforto no paladar da água para os consumidores, indicando uma diversidade nas condições de tratamento entre as diferentes amostras analisadas (Figura 7B).



Figura 07 – Resultado das análise físico-química dos carros pipas



Fonte: Próprio autor, (2024).

Contudo, é importante destacar que, ao comparar esses resultados com as recomendações e padrões de qualidade da água (BRASIL, 2015), os valores de cloro podem variar conforme o sistema de tratamento aplicado e as condições específicas de cada amostra. É essencial manter os níveis de cloro dentro dos limites aceitáveis para garantir a eficácia da desinfecção e a segurança da água destinada ao consumo humano.

No estudo realizado por Coelho et al. (2017), foi observado que amostras sem cloro residual permitiram a proliferação de patógenos na água. Dessa forma, após a



cloração, a presença de cloro em níveis adequados assegura a eliminação desses patógenos e garante a qualidade da água.

Os parâmetros de turbidez e cor estão diretamente relacionados à presença de material sólido em suspensão, o que afeta a transparência da água (Zerwes, 2015). A turbidez é uma medida da quantidade de partículas sólidas em suspensão, como argila, sedimentos, matéria orgânica e microrganismos. Valores elevados de turbidez podem indicar a presença de impurezas que comprometem a qualidade e a transparência da água (WHO, 2017; Libanio, 2017).

Ao analisar os resultados de turbidez das amostras de água transportadas pelos carros-pipa em Mossoró-RN, foi observada uma variação significativa, com valores entre 0,27 Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU) e 2,65 NTU (Figura 7).

Para avaliar a qualidade da água em termos de turbidez, é importante comparar esses valores com as referências padrão. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a água destinada ao consumo humano deve apresentar turbidez inferior a 5 NTU, sendo recomendado um limite mais rigoroso de 1 NTU para água tratada (Tabela 01).

Nesse contexto, a maioria das amostras analisadas apresentou turbidez dentro dos padrões aceitáveis para consumo humano, com valores abaixo do limite de 5 NTU estabelecido pela OMS. No entanto, algumas amostras excederam o limite recomendado de 1 NTU para água tratada, indicando a presença de partículas em suspensão que podem comprometer a transparência e a qualidade estética da água (Libanio, 2017).

A cor da água é uma característica visual importante, pois pode indicar a presença de substâncias orgânicas, minerais ou até produtos químicos dissolvidos. Valores elevados de cor podem afetar a estética da água e, em alguns casos, sinalizar a presença de contaminantes que podem ser prejudiciais à saúde humana (WHO, 2017; Libanio, 2017).

Ao analisar as amostras de água transportadas pelos carros-pipa em Mossoró-RN, observou-se variação nos valores de cor, expressos em unidades de Hazen. Essa variação pode estar associada a fatores como a origem da água, os processos de tratamento aplicados e a presença de substâncias orgânicas. Para avaliar a qualidade da água em relação à cor, é essencial comparar os resultados com os padrões de referência. A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda que a cor da água destinada ao consumo humano seja inferior a 15 unidades de Hazen, considerando-a adequada para o consumo (Tabela 01).



Nesse sentido, os resultados das amostras indicam que a maioria está dentro dos limites recomendados pela OMS, com valores de cor que não ultrapassam 15 unidades de Hazen. Isso sugere que a água transportada pelos carros-pipa em Mossoró-RN, de forma geral, apresenta cor aceitável para o consumo humano.

Em relação aos sólidos totais dissolvidos (STD), a Portaria MS nº 2.914/2011 estabelece um limite máximo de 1.000 mg/L. Os sólidos dissolvidos são compostos por sais minerais e matéria orgânica, com dimensões inferiores a $10^{-3}\mu\text{m}$ (Morais et al., 2016). A análise das amostras de água coletadas revelou uma variação significativa nos valores de STD, com uma média de aproximadamente 311 mg/L. O STD é uma medida que reflete a quantidade de materiais dissolvidos na água, incluindo sais minerais, metais, compostos orgânicos e inorgânicos.

Os valores observados variaram de 61 mg/L a 920 mg/L, refletindo uma ampla disparidade nas concentrações de sólidos dissolvidos. Esses valores extremos (61 mg/L e 920 mg/L) indicam uma variação considerável na qualidade da água fornecida pelos carros-pipa, sugerindo que diferentes fontes de água estão sendo utilizadas. Algumas dessas fontes apresentam uma carga de sólidos dissolvidos significativamente maior do que outras, o que pode impactar a qualidade final da água distribuída.

Ao comparar esses resultados com a literatura disponível (BRASIL, 2015; BRASIL, 2023), observa-se que a qualidade da água de abastecimento varia amplamente conforme a fonte e as condições de tratamento. De acordo com os padrões estabelecidos, os valores típicos de sólidos totais dissolvidos (STD) em águas potáveis devem estar abaixo de 500 mg/L para atender às normas de qualidade ambiental.

Os resultados obtidos nas amostras de água dos carros-pipa mostram que, em alguns casos, os valores de STD estão dentro dos limites aceitáveis. No entanto, em situações mais extremas, como observado com valores variando de 61 mg/L a 920 mg/L, a qualidade da água pode estar comprometida, exigindo tratamento adicional para torná-la adequada ao consumo humano (Figura 07).

A análise da condutividade da água transportada pelos carros-pipa também revelou variações significativas, com uma média de aproximadamente 657 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A condutividade elétrica é uma medida da capacidade de uma solução aquosa de conduzir eletricidade, influenciada pela presença de íons dissolvidos, como sais minerais, metais e outros compostos iônicos.

Os valores de condutividade nas amostras de água variaram de 102 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 1930 $\mu\text{S}/\text{cm}$, demonstrando uma faixa ampla de concentração de íons dissolvidos. Os



extremos observados (102 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 1930 $\mu\text{S}/\text{cm}$) indicam uma variação significativa nas concentrações de íons, sugerindo diferenças nas fontes de abastecimento de água utilizadas pelos carros-pipa.

Comparando esses resultados com a literatura, observa-se que a condutividade da água potável pode variar amplamente, dependendo da fonte de abastecimento, das condições ambientais e dos tratamentos aplicados. A literatura sugere que os valores típicos de condutividade para águas potáveis variam de aproximadamente 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dependendo das características da água e das normas locais.

Dessa forma, os resultados da condutividade nas amostras de água dos carros-pipa refletem as diferentes fontes de água utilizadas, além de possíveis variações sazonais e geográficas. É importante destacar que valores muito altos de condutividade podem indicar a presença de contaminantes, como sais dissolvidos em concentrações elevadas, o que pode comprometer a qualidade da água para consumo humano.

A análise microbiológica das amostras de água coletadas dos carros-pipa mostrou, em sua maioria, resultados negativos para coliformes fecais (CF) e coliformes totais (CT), indicando a ausência desses microrganismos. No entanto, uma amostra específica (PIPA 21) apresentou a presença de coliformes totais.

Os coliformes fecais são microrganismos encontrados no trato intestinal de humanos e animais de sangue quente, e sua presença na água sugere contaminação por fezes, sendo um importante indicador da qualidade microbiológica. Já os coliformes totais englobam tanto os coliformes fecais quanto outros tipos de coliformes que podem ser encontrados no meio ambiente (Jay; Loessner; Golden, 2005; Mendonça *et al.*, 2017).

Comparando esses resultados com os padrões de qualidade da água, a presença de coliformes fecais em uma amostra aponta para uma possível contaminação, o que requer atenção especial, principalmente se a água for destinada ao consumo humano. Estudos anteriores, como o de Mendonça *et al.* (2017), indicam a presença de patógenos em todas as amostras de água de carros-pipa analisadas na cidade de Caruaru-PE.

Com base nos resultados microbiológicos, conclui-se que a maioria das amostras não apresentou coliformes fecais ou totais, sugerindo boa qualidade microbiológica. No entanto, a detecção de coliformes totais em uma das amostras evidencia a necessidade de monitoramento contínuo da água transportada por carros-pipa. Esse achado é particularmente relevante em regiões semiáridas, onde o manuseio inadequado durante o transporte e distribuição de água pode aumentar os riscos de contaminação. Tais



resultados estão alinhados com estudos realizados em outras áreas do Nordeste, como Caruaru-PE, que também registraram contaminação microbiológica significativa em água distribuída por caminhões-pipa (Mendonça et al., 2017).

4. CONCLUSÃO

A análise abrangente dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água transportada pelos carros-pipa em Mossoró-RN revela aspectos cruciais sobre sua qualidade e segurança para consumo humano.

Os resultados indicam que o pH varia de neutro a ligeiramente alcalino, mantendo-se dentro da faixa aceitável para consumo humano. A análise dos níveis de cloro demonstrou uma variação nas concentrações, porém todas as amostras permaneceram dentro dos limites adequados para desinfecção da água. Quanto à turbidez e cor, a maioria das amostras apresentou valores em conformidade com os padrões recomendados pela OMS, indicando boa transparência e qualidade estética.

A análise dos sólidos totais dissolvidos (STD) evidenciou uma ampla variação nos valores, refletindo as diferentes fontes de água utilizadas pelos carros-pipa. No aspecto microbiológico, a maioria das amostras não apresentou coliformes fecais ou totais, sugerindo a ausência desses microrganismos. Entretanto, a detecção de coliformes totais em uma das amostras reforça a necessidade de um monitoramento contínuo da qualidade microbiológica.

Em conclusão, os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas da água transportada pelos carros-pipa em Mossoró-RN mostram que, em geral, a água atende aos padrões de qualidade para consumo humano. Contudo, a variação observada em alguns parâmetros destaca a importância de manter um controle rigoroso, com monitoramento regular e ações corretivas quando necessário, para garantir a segurança e saúde dos consumidores.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. NBR 9898. Rio de Janeiro, 1987. 22 p.

BRASIL. **Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-9-de-novembro-de-2023-318461562>. Acesso em: nov. 2023.



BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria MS nº 2914, de 12 de dezembro de 2011.** Brasília, DF, 2011. Disponível em: <https://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/projetos/qualidade-da-agua/legislacao/portarias/portaria-no-2914-de-12-de-dezembro-de-2011/view>. Acesso em: nov. 2023.

BAIRD, R. B.; EATON, A. D.; RICE, E. W. (Eds.). **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 23rd ed. Washington, DC: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2017.

CARVALHO, A. M. **Qualidade da água distribuída pelos caminhões-pipa para consumo humano.** In: EXPOSIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS EM SANEAMENTO, 9., 2015, Poços de Caldas. Anais. Poços de Caldas: [s.n.], 2015.

CAVALCANTE, R. B. L. **Ocorrência de Escherichia coli em fontes de água e pontos de consumo em uma comunidade rural.** Revista Ambiente & Água, v. 9, n. 3, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/>. Acesso em: out. 2024.

CETESB. **Relatório de estabelecimento de valores orientados para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo.** São Paulo, 2001. 13 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Diário Oficial da União, nº 141, 18 jul. 2005, Seção 1, p. 58-63. Acesso em: abr. 2024.

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE (CAERN). **Relatório Anual sobre a Situação Hídrica em Mossoró.** Mossoró: CAERN, 2023. Disponível em: <http://www.caern.gov.br/relatorios/2023/situacao-hidrica-mossoro>. Acesso em: mar. 2024.

COELHO, M. I. S.; MENDES, E. S.; CRUZ, M. C. S.; BEZERRA, S. S.; PINHEIRO, R. P. **Avaliação da qualidade microbiológica de águas minerais consumidas na região metropolitana de Recife, Estado de Pernambuco.** Acta Scientiarum. Health Sciences, v. 32, n. 1, p. 1-8, 2010. Disponível em: <https://osjournal.org/submissions.html>. Acesso em: out. 2024.

COSTA, H. P.; GILDO, M. G. P.; SANTOS, R. N. **Avaliação físico-química e microbiológica da água de poços profundos da macrorregião de Maciço do Baturité-CE.** Revista Expressão Católica (Saúde), v. 1, n. 1, jul./dez. 2016. Disponível em: <http://publicacoesacademicas.unicatolicaquixada.edu.br/index.php/recsaude/article/view/1367/1100>. Acesso em: mar. 2024.

COSTA, J. C. S.; DOS SANTOS, J. R.; MOTTIN, V. D. **Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Vitória da Conquista, BA.** Ciência & Desenvolvimento - Revista Eletrônica da FAINOR, v. 7, n. 2, 2014. Disponível em: <http://www.fainor.com.br/revista>. Acesso em: maio 2024.



COSTA, V. F. V. **Análise físico-química e microbiológica de água de poço para consumo humano da comunidade do Cajueiro, setor Camurupim, localizado no município de Aracati – Ceará.** 2023. Monografia (Licenciatura em Química) – Instituto Federal do Ceará, Polo Aracati, 2023. Acesso em junho de 2024.

DA SILVA JR, I. E.; LACERDA JR. O. S. **Análise físico-química e microbiológica de chafariz eletrônico de água para consumo humano no município de Mossoró-RN.** Revista OWL (Owl Journal), v. 1, n. 2, Campina Grande, ago. 2023. Disponível em: <https://revistaowl.com.br/index.php/owl/article/view/115>. Acesso em: maio 2024.

ESQUERRE, P. S. O. R. **Poço Artesiano: conservação e recuperação dos solos.** Campinas: Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 2005.

GONÇALVES, C. S.; RHEINHEIMER, D. S.; PELLEGRINI, J. B. R.; KIST, S. L. **Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 9, n. 3, p. 391-399, 2005. Disponível em: <https://www.agriambi.com.br/>. Acesso em: fev. 2024.

GUIDELINES FOR DRINKING-WATER QUALITY. 4th ed. Geneva: World Health Organization, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Relatório Anual sobre as Condições Climáticas em Mossoró.** Brasília: INMET, 2023. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/relatorios/2023/condicoes-climaticas-mossoro>. Acesso em: ago. 2023.

JAY, J. M.; LOESSNER, M. J.; GOLDEN, D. A. **Microbiologia de Alimentos.** 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

LACERDA JR., O. S.; RODRIGUES, C. D. S.; FARIAS, F. R. S.; LIMA, J. N. M.; SIQUEIRA JR., F. E. **Análise físico-química e microbiológica de água de poços particulares e públicos da Cidade de Crateús-CE.** Revista Conexão com Ciências, v. 1, n. 4, p. 187-195, 2021. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/conexaocomciencia/article/view/111>. Acesso em: dez. 2023.

LIBÂNIO, M. **Tratamento de Água: Princípios Básicos e Tecnologias.** 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2017.

LIMA, J. O. G.; FRANÇA, A. M. M.; LOIOLA, H. G.; LOPES, F. C. C.; LIMA, J. R. **Os sólidos totais dissolvidos (STD) e a condutividade elétrica (CE) nas águas de poços do município de Crateús-CE.** In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., 2012, Natal. Anais. Natal: Instituto Federal do Rio Grande do Norte, 2012. p. 1-10. Disponível em: <https://example-link.com>. Acesso em: jun. 2024.

MACEDO, T. L.; REMPEL, C.; MACIEL, M. J. **Análise físico-química e microbiológica de água de poços artesianos em um município do Vale do Taquari-RS.** Tecno-Lógica, v. 22, n. 1, p. 58-65, 2018. Disponível em:



<https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/1874>. Acesso em: out. 2024.

MARTINS, I. P. M.; PICOLI, R. H.; VILELA, N. M. S.; THEBALDI, M. S. Qualidade de água de fonte subterrânea utilizada em instituições localizadas na zona urbana de Lavras/MG. **Conexão Ciências**, Formiga/MG, v. 12, n. 1, p. 126-130, 2017. Disponível em: <https://revistas.uniformg.edu.br/conexaociencia/article/view/486>. Acesso em: 02 out. 2024.

MENDONÇA, M. H. M.; ROSENO, S. A. M.; CACHOEIRA, T. R. L.; SOUZA SILVA, A. F.; JACOME, P. R. L. A.; JACOME JUNIOR, A. T. Análise bacteriológica da água de consumo comercializada por caminhões-pipa. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 12, n. 3, 2017. Disponível em: <https://www.ambi-agua.net/splash-seer>. Acesso em: 02 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria MS nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Brasília, DF, 2011. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_ (saaetrombas.gov.br)>. Acesso em: 07 abr. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-317595486>. Acesso em: 07 abr. 2024.

MORAIS, W. A.; SALEH, B. B.; ALVES, W. dos S.; AQUINO, D. S. Qualidade sanitária da água distribuída para abastecimento público em Rio Verde, Goiás, Brasil. **Cadernos Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, p. 361-367, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cadsc/a/xtDxKFbLyt3wLXJMpKMPpTK/?lang=pt>. Acesso em: 03 out. 2024.

MÜLLER, L. R.; PARUSSOLO, L. Qualidade microbiológica da água utilizada para consumo em escolas municipais de Mamborê, Paraná. **SaBios: Revista de Saúde e Biologia**, v. 9, n. 1, p. 95-99, 2014. Disponível em: <https://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/sabios>. Acesso em: 02 out. 2024.

OLIVEIRA, M. M.; LIMA, A. S.; MOUCHREK, A. N.; MARQUES, R. B. O.; MARQUES, C. V. C. O. Análise físico-química e microbiológica de águas de poços artesianos de uso independente. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 3, p. 624-639, 2018. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental. Acesso em: 14 ago. 2024.

SANTOS, R. S.; MOHR, T. Saúde e qualidade da água: análises microbiológicas e físico-químicas em águas subterrâneas. **Revista Contexto & Saúde**, Editora Unijuí, v. 13, n. 24/25, p. 46-53, jan./dez. 2013. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoesaude/index>. Acesso em: 10 set. 2024.

SECRETARIA DE SAÚDE DE MOSSORÓ. Legislação e normas para o uso de carros-pipa. Mossoró: Secretaria de Saúde, 2021. Disponível em:



<https://prefeiturademossoro.com.br/noticia/secretaria-organiza-distribuicao-de-carro-pipa-e-define-prioridades>. Acesso em: 07 abr. 2024.

SILVA, F. J. A.; ARAÚJO, A. L.; SOUZA, R. O. Águas subterrâneas no Ceará – poços instalados e salinidade. **Revista Tecnológica**, Fortaleza, v. 28, n. 2, p. 136-159, 2007. Disponível em: <https://ojs.unifor.br/tec>. Acesso em: 15 set. 2024.

SILVA JR., A. M.; GAMA, M. F. S.; FIGUEIREDO, L. A. P.; VERGARA, C. M. A. C. Análises físico-químicas e microbiológicas de água de poços utilizada na produção alimentícia em um complexo turístico do Estado do Ceará. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p. 1-8, 2021. Disponível em: https://www.lifescience.net/publications/latest/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwgf3BhBeEiwAFfxrG5hnDyiDNQPrvmP1PSfDeYZ6YZxykfXO3kVESWVPmO26XvL92-W8FxoCL34QAvD_BwE. Acesso em: 15 abr. 2024.

SILVA, A. F. S.; LIMA, C. A.; QUEIROZ, J. J. F.; JÁCOME, P. R. L. A.; JÁCOME-JÚNIOR, A. T. Análise bacteriológica das águas de irrigação de horticulturas. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 2, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/>. Acesso em: 02 out. 2024.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/F45BtKdZg9Wq9LRxRBNcstK/?lang=pt>. Acesso em: 03 out. 2024.

SOARES, S. S.; et al. Avaliação de métodos para determinação de cloro residual livre em águas de abastecimento público. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 37, n. 1, p. 119-130, 2016. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/05/Avalia%C3%A7%C3%A3o-de-m%C3%A9todos-para-determina%C3%A7%C3%A3o-de-cloro-residual-livre-em.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2023.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association (APHA); American Water Works Association (AWWA); Water Environment Federation (WEF), 2017.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association (APHA). Washington: APHA, AWWA, WPCF, 21 ed., 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (UFERSA). Relatório Anual de Atividades 2023. Mossoró, RN, 2023. Disponível em: <http://www.ufersa.edu.br/relatorios/2023/relatorio-atividades>. Acesso em: 20 abr. 2024.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

ZERWES, M. S.; SECCHI, M. I.; CALDERAN, T. B.; BORTOLI, J.; TONETTO, J. F.; TOLDI, M.; OLIVEIRA, E. C.; SANTANA, E. R. R. Análise da qualidade de poços



artesianos do município Imigrante, Vale do Taquari/RS. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 4, p. 651-663, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/21168>. Acesso em: 03 out. 2024