

## ASPECTOS QUALITATIVOS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO EM UMA ZONA RURAL NO ESTADO DO CEARÁ

Luciano de Oliveira Silva (\*), Patrícia Barros Viana, Daniela Lima Machado da Silva

\* Universidade Federal do Ceará (UFC), luciano.os@alu.ufc.br

### RESUMO

No Brasil, as águas subterrâneas são exploradas por meio de poços conhecidos popularmente como poços artesianos ou semiartesianos. A exploração desse recurso tem aumentado cada vez mais devido as necessidades de abastecimento e facilidade de exploração. Grande parte da população brasileira não tem acesso a água encanada levando-as a recorrer a este recurso. Como consequência, surge a preocupação de investigar a qualidade dessas águas, tendo em vista que podem estar contaminadas pela ação antrópica ou não possuir qualidade natural para consumo sem tratamento prévio. Este trabalho teve como objetivo analisar a qualidade da água subterrânea na comunidade Alto do Ferrão em Itaiçaba-CE. Para o diagnóstico da água consumida na comunidade, foram analisados parâmetros físico-químicos e microbiológico, de acordo com a investigação mínima realizada pela companhia de água do estado. A pesquisa foi realizada em duas campanhas de coleta de água para posteriormente determinar os parâmetros e avaliar a existência do tratamento disponível. Pode-se perceber que os parâmetros de pH e sólidos totais dissolvidos estavam de acordo com a legislação vigente enquanto turbidez e cor ultrapassaram o limite estabelecido por norma. Na análise microbiológica, foi constatada a presença de coliformes totais na água. Com relação ao tratamento existente, este é constituído apenas do processo de filtragem. Portanto, pode-se concluir que a água disponível não é indicada para consumo na sua forma bruta ou com o sistema de tratamento atual.

**PALAVRAS-CHAVE:** Águas subterrâneas, abastecimento público, qualidade da água.

### INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas têm se tornado um recurso amplamente utilizado por parte da população brasileira que vê nessa alternativa uma maneira de contornar a seca que assola regiões onde há escassez de água superficial. Em consequência do baixo custo, facilidade de perfuração de poços para captação de água em aquíferos livres e menos sujeita à contaminação em comparação com as águas superficiais (CETESB, 2018).

Em um estudo realizado pelo Instituto Trata Brasil (2019), 52% das cidades brasileiras utilizam águas subterrâneas para o abastecimento público. Outro número que chama atenção para a importância das águas subterrâneas é a parcela da população não assistida pela rede de abastecimento público. No Brasil, cerca de 35 milhões de pessoas não têm acesso a água encanada em suas residências (SNIS, 2016). Desse modo, são mais de 35 milhões de brasileiros sem acesso à água tratada, fazendo com que a maior parte dessa população marginalizada recorra a águas de fonte subterrâneas através de poços tubulares ou escavados.

Considerando que as águas subterrâneas apresentam geralmente condições de qualidade natural boa para uso, devido ao contato com materiais geológicos atuando como filtro, na maior parte das vezes dispensa o tratamento após a extração. Porém, a falta ou ineficácia de saneamento básico acaba sendo uma das principais causas da contaminação de aquífero (VARNIER *et al.*, 2018). Além da contaminação de origem antrópica, a qualidade da subterrânea está atrelada à formação geológica na qual está armazenada. Em termos hidrogeológicos, a água armazenada em domínios de rochas cristalinas é, na maior parte das vezes, salinizada, em função da baixa circulação (CPRM, 1998). Portanto, poços localizados em áreas cristalinas, geralmente, captam águas com alto teor de sais (GOMES, 2005).

Itaiçaba é um município localizado próximo às margens do rio Jaguaribe que possui rede de distribuição de água tratada pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE). No entanto, a comunidade Alto do Ferrão, local do estudo, não dispõe de esgotamento sanitário nem de água tratada distribuída pela companhia, fazendo com que os moradores façam uso de fossas sépticas para despejo de efluentes e busquem nas águas subterrâneas fonte para o suprimento de água. A comunidade local faz ainda, o despejo de efluentes domésticos em valas no solo, contribuindo para o aumento da carga poluidora na drenagem e nos aquíferos.

O monitoramento das condições das águas subterrâneas serve como um instrumento que permite o conhecimento mais aprofundado da qualidade destes recursos, tendo em vista que a utilização de programas de acompanhamentos auxilia na tomada de decisão dos órgãos gestores, fornecendo informações para o controle, desenvolvimento e melhor aproveitamento dos recursos hídricos. Portanto, o objetivo deste trabalho é fornecer subsídios que auxiliem na tomada

decisões quanto aos termos de qualidade da água a partir de dados de análises das águas subterrâneas na comunidade Alto do Ferrão em Itaiçaba-CE, em conjunto com o diagnóstico dos parâmetros de qualidade analisados e avaliação do sistema de tratamento existe, buscando identificar medidas que permitam o melhor aproveitamento desse recurso.

## **OBJETIVOS**

Analisar a qualidade da água subterrânea destinada ao abastecimento da comunidade Alto do Ferrão no município de Itaiçaba-CE. Além disso, avaliar a qualidade da água destinada ao consumo humano por meio de parâmetros físico-químicos e microbiológico; identificar as possíveis causas de contaminação de acordo com os resultados das análises; comparar os resultados obtidos com exigidos na legislação ambiental brasileira; identificar e diagnosticar os meios de tratamento existentes e sugerir medidas para adequação de forma tornar água potável para consumo humano.

## **METODOLOGIA**

### **Caracterização da área de estudo**

O município de Itaiçaba está localizado na região leste do Ceará (4° 40' 28" de latitude e 37° 49' 28" de longitude) a aproximadamente 150 km de Fortaleza, com parte do território situado na macrorregião Leste e Vale do Jaguaribe e microrregião Baixo Jaguaribe (figura 1). Com área de aproximadamente 209,42 km<sup>2</sup> (IPECE, 2017), a população total do município é cerca de 7.316 habitantes. A zona urbana do município (sede) apresenta 58,85% da população total enquanto os residentes da zona rural representam 41,15% (IBGE, 2010).

Itaiçaba está localizada numa região composta majoritariamente por três domínios hidrogeológicos: o de rochas sedimentares, de rochas cristalinas e depósitos aluvionares (leito do rio Jaguaribe) (CPRM, 1998). As rochas cristalinas predominam em profundidade, representando o que se conhece por aquífero fissural, com pequenas ocorrências de água subterrânea e de baixa vazão. As coberturas sedimentares compreendem camadas menos espessas de sedimentos dendríticos, entretanto, a alta permeabilidade produz vazões significativas. Essas condições atribuem um potencial hidrogeológico baixo para as rochas cristalinas sem, no entanto, diminuir sua importância como alternativa de abastecimento em casos de pequenas comunidades como é o caso da comunidade Alto do Ferrão, objeto de estudo deste trabalho.

A comunidade rural de Itaiçaba Alto do Ferrão, fica aproximadamente a 7 km de distância do centro da cidade. É predominantemente composta por carcinicultores e agricultores. Não há qualquer infraestrutura de coleta de lixo ou esgoto sanitário e o abastecimento público de água da comunidade é feito através de um poço comunitário que supre as necessidades dos moradores. O poço que abastece a comunidade possui apenas tratamento simplificado de filtração e a água é então armazenada e distribuída aos moradores. A ausência de tecnologias de tratamento adequadas que garantam o atendimento aos padrões de potabilidade justifica a necessidade de se avaliar a qualidade da água disponível por meio de análises laboratoriais.

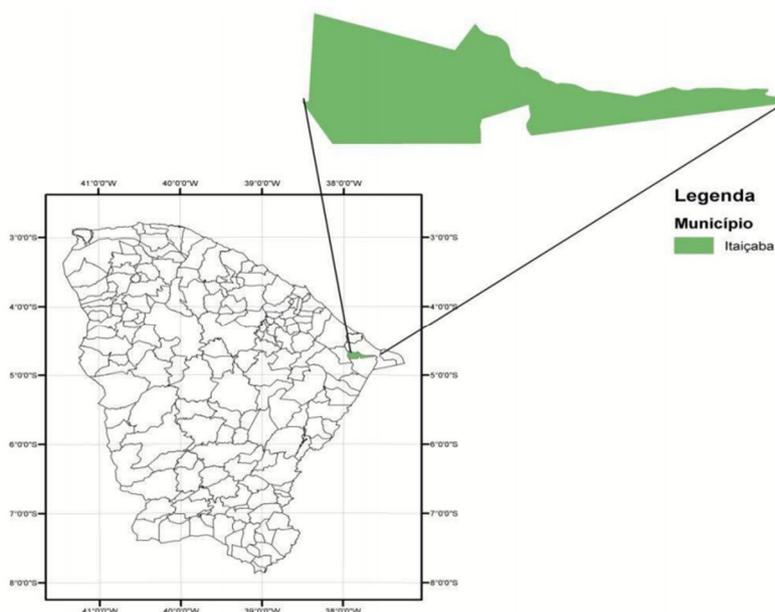


Figura 1: Mapa de localização do município de Itaiçaba. Fonte: Nobre, 2014.

### Metodologia de pesquisa

O presente trabalho foi realizado através de uma pesquisa de campo na qual foram feitas duas campanhas para coleta das amostras. A primeira coleta, aconteceu no mês de janeiro de 2021, durante o período de estiagem da região. A segunda ocorreu durante a quadra chuvosa, em março de 2021. A variação temporal entre as duas campanhas teve o objetivo identificar possíveis alterações dos parâmetros analisados, tendo em vista a variação do nível do lençol freático que abastece o poço comunitário entre as duas estações predominantes.

O cenário hidrológico durante a primeira campanha marcou o início da transição entre a época seca e chuvosa, não havia chuva na região há mais de 8 meses, caracterizando o período de seca. Já durante a segunda campanha, os dias anteriores a data da realização da coleta foram marcados por fortes chuvas na região.

A pesquisa foi pautada em dois eixos principais, um para a análise da qualidade e caracterização da água subterrânea ofertada ao abastecimento público na comunidade, e outro para avaliação do sistema de abastecimento público. Na figura 2 é indicado os locais de coleta na comunidade. Dessa forma, as amostras foram coletadas diretamente da saída da fonte abastecedora, o poço (ponto P1) e no final da rede de abastecimento, em uma residência (ponto T1) para que a amostragem fosse representativa de todo o sistema.



Figura 2: Localização dos pontos de coleta. Fonte: Adaptado de Google Earth, 2020.

As coletas foram feitas seguindo os mesmos padrões de higiene e segurança para evitar que as amostras fossem contaminadas (CETESB, 2011). No ponto mais próximo do poço, a bomba de saída d'água era previamente higienizada com hipoclorito de sódio e logo em seguida, era bombeada por tempo suficiente para eliminar sujidades e água estagnada na tubulação. No final do sistema de abastecimento, realizava-se a assepsia da torneira e deixava-se a água escorrer por dois minutos para então realizar a coleta.

### Parâmetros físico-químicos e microbiológicos

Os parâmetros analisados nesse trabalho foram escolhidos de acordo com a investigação mínima realizada pela CAGECE. As análises realizadas foram: pH, sólidos totais dissolvidos, turbidez e coliformes totais, no laboratório de saneamento da Universidade Federal do Ceará. Foi realizada também a análise de cor, no laboratório da CAGECE em Russas. No Quadro 2 é listado o método utilizado para cada análise realizada.

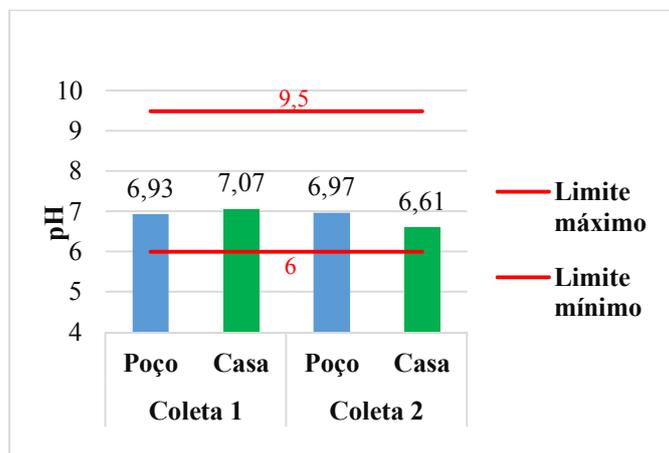
**Quadro 2. Parâmetros e métodos utilizados nas análises**

PARÂMETRO	MÉTODO
Cor	Comparação visual
Coliformes totais	Cromogênico
pH	Potenciométrico
Sólidos totais dissolvidos	Condutividade elétrica
Turbidez	Nefelométrico

## RESULTADOS

### pH

Para o poço em análise, o pH não apresentou variação significativa, tanto em ambos pontos de coleta como também durante as duas campanhas de coleta. O valor mínimo de pH encontrado foi de 6,61 enquanto o pH máximo foi de 7,07 (Figura 3).



**Figura 3: Representação da variação do pH e comparação com legislação. Fonte: Autor do trabalho.**

A média do pH encontrada para a água do poço da comunidade do Alto do Ferrão foi de 6,95, na saída do poço e 6,84 no ponto final da rede de distribuição, caracterizando a água próxima da neutralidade. A Portaria nº 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde estabelece que os valores do pH, para consumo humano, devem estar entre 6,0 e 9,0, portanto, confrontando os dados desse estudo com a legislação, a média obtida para os dois locais de coleta estão em conformidade com o exigido.

A variação do pH está relacionada diretamente com interação da água e o meio na qual se encontra (ALVES et al., 2008). A decomposição de matéria orgânica, solo e o ar são fatores que alteram o índice do pH. Geralmente para águas subterrâneas esses valores são encontrados na faixa de 5,5 a 8,5 (MANZIONE, 2015).

É importante ressaltar que para valores encontrados fora da faixa limite estabelecida pela portaria, não torna a água imprópria para o consumo, contudo, o pH mantido na faixa estipulada previne a corrosão, uns dos principais problemas encontrados em poços tubulares, evidenciado pelo excesso de produção de sólidos carregados na água.

### Cor aparente

A água potável deve estar em conformidade com o padrão organoléptico de potabilidade expresso no Anexo XX da portaria de consolidação nº 5 do ministério da saúde de 2017 (BRASIL, 2017). O limite máximo estabelecido para cor aparente é de 15 unidade Hazen. Os valores mínimos máximos encontrados foram de 20 uH para o final da rede e 50 uH na saída do poço (**Erro! Fonte de referência não encontrada.3**).

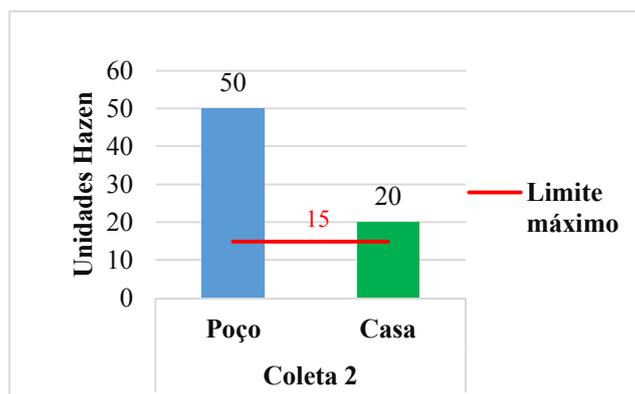


Figura 4: Valores de cor obtidos e comparação com o limite máximo. Fonte: Autor do trabalho.

Para o parâmetro de cor foi realizado apenas uma campanha de coleta, a segunda, devido restrições de circulação intermunicipal na data da primeira campanha coleta, pela pandemia do COVID19. Contudo, os dados apresentados são suficientes para classificação quanto a potabilidade da água analisada.

Os dois pontos analisados apresentaram valores superiores aos delimitados pela norma. Estes valores acima do permitido não são necessariamente prejudiciais ao homem, entretanto, pode causar a recusa pelo consumidor devido a aparência escurecida. Observa-se que o valor máximo foi encontrado na saída do poço. Como a cor aparente indica a presença de sólidos suspensos na água (MANZIONE, 2015), é compreensível que haja redução no valor desse parâmetro, como consequência da redução das partículas após o processo de filtragem e armazenamento da água no reservatório.

### Turbidez

A água considerada turva é aquela que apresenta presença de partículas como sólidos ou microrganismo reduzindo sua transparência (VON SPERLING, 1995). Assim como a cor, a turbidez é um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto. Portanto, para água ser considerada potável, a portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde estabelece que as águas destinadas ao consumo não ultrapassem 5 unidades de turbidez (BRASIL, 2011).

Quanto a determinação da turbidez, a mesma variou de 12,17 a 29,85 UNT, em todos os casos ultrapassando 5 UNT. Desse modo, a água não atende às exigências normativas para o abastecimento público. Pode-se perceber através do **Erro! Fonte de referência não encontrada.4** que os maiores valores de turbidez ocorreram na saída do poço e os menores na rede de abastecimento. Um motivo para esta redução, como já foi explicado anteriormente, é ação dos filtros, a jusante do reservatório.

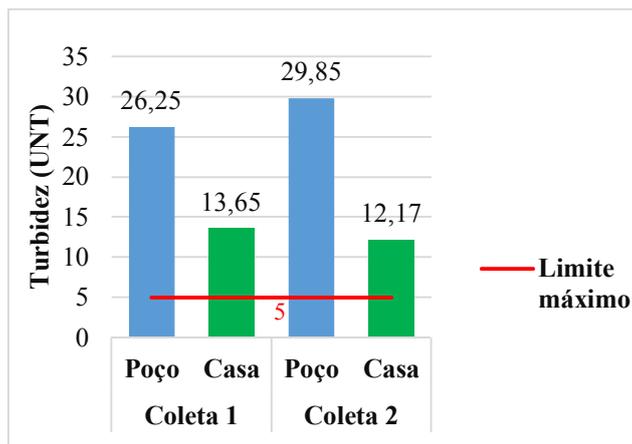


Figura 5: Valores de turbidez encontrados e comparação com a legislação. Fonte: Autor do trabalho.

Não há também uma variação significativa entre a primeira e segunda coleta. O fato para a não ocorrência dessa variação pode ter sido a pouca influência das chuvas, que tem pico de pluviometria nos meses de março a abril. Conforme Braga (2014), a turbidez das águas subterrâneas é influenciada pelo regime de chuvas e pela geologia do local.

A geologia do local ajuda a entender os altos índices de turbidez encontrado para as águas do poço na comunidade. O poço está situado em uma área, onde cerca de 90% dos poços cadastrados no município de Itaiçaba estão localizados, sobre o domínio cristalino, caracterizado por pequenas vazões e alta concentração de partículas sólidas (CPRM, 1998).

#### Sólidos totais dissolvidos (STD)

Os sólidos totais dissolvidos apresentaram valores que variaram de 301,35 mg/L a 863,15 mg/L. Quanto ao uso da água para consumo humano, considerando o limite de 1.000 mg/L de acordo com a portaria nº 2.914, observou-se que os poços captam águas consideradas dentro do padrão, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.5**. Para efeitos de comparação, a água com teor de sólidos dissolvidos inferior a 1.000 mg/L pode ser considerada doce (MANZIONE, 2015).

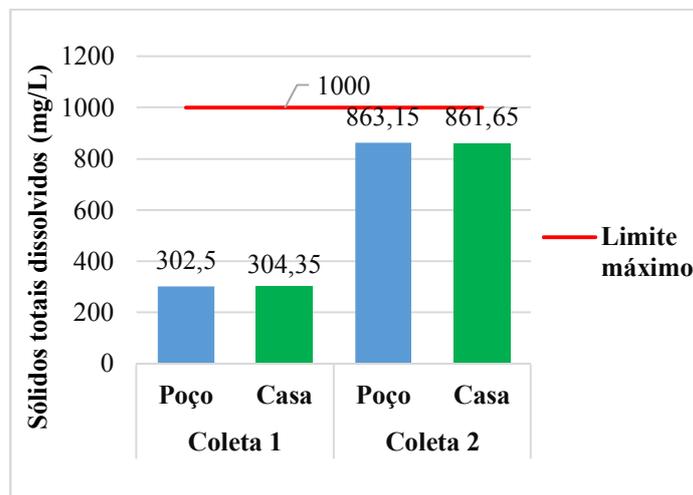


Figura 6: Valores obtidos para sólidos totais dissolvidos. Fonte: Autor do trabalho.

Ainda de acordo com **Erro! Fonte de referência não encontrada.5**, percebe-se um aumento significativo na concentração em sólidos entre uma campanha e outra, tal alteração pode estar relacionada com o início da quadra chuvosa e o carreamento de materiais que abastecem o aquífero da região.

Embora o teor de sólidos totais dissolvidos encontrados estejam abaixo do limite estabelecido pela legislação, a quantidade ainda é expressiva, podendo alterar as propriedades organolépticas da água. Este cenário pode ser atribuído a geologia do local, marcada pela ocorrência das rochas cristalinas e depósitos sedimentares, onde a circulação da água é deficiente e tende a concentrar sais devido a dissolução das rochas. Em um estudo semelhante realizado por Corcovia e Celigo (2012), na região do aquífero Guarani, que consiste primariamente de sedimento arenosos, obtiveram valores para STD inferiores a 300 mg/L, uma concentração considerada baixa, se comparada aos resultados obtidos para este trabalho.

## Análise microbiológica

Para a primeira campanha de coleta feita na época de estiagem, após aplicação da técnica do substrato cromogênico, ficou constatado que a amostra analisada apresentava contaminação microbiológica por bactérias do grupo coliforme. As análises da segunda etapa confirmaram os resultados já obtidos, conforme demonstrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, onde é possível ver alteração da amostra de coloração púrpura para coloração amarelada, indicando mais uma vez presença de coliformes.



**Figura 7: Alteração colorimétrica da amostra indicando a presença de coliformes totais. Fonte: Autor do trabalho.**

Os dois pontos de amostragem, manancial subterrâneo e final da rede de distribuição, apresentaram contaminação. Esses resultados estão de acordo aos encontrados por Nobre (2014) que demonstrou contaminação por coliformes totais em 80% das amostras e *E. coli* em 50% dos poços estudados. Os coliformes são organismos que podem ter origem natural ou decorrente de contaminação por fezes, uma vez que estão presentes no intestino de animais de homens. Assim, a presença de bactérias do grupo dos coliformes é utilizada como indicador de contaminação fecal (VASCONCELLOS et al., 2006; MALHEIROS, 2015).

A presença desses organismos verificada nas águas do poço avaliado e na rede de distribuição torna estas não potáveis, tendo em vista que a água destinada ao consumo humano deve estar ausente de bactérias do tipo coliforme segundo a portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde. Dessa maneira, a contaminação microbiológica é preocupante, uma vez que a presença desses patógenos pode gerar doenças de veiculação hídrica (LIBÂNIO, 2010).

A presença de coliformes totais na água do poço que abastece a comunidade pode estar associada a contaminação por dejetos humanos devido a proximidade com fossas sépticas já que a região não possui coleta de esgoto, favorece a contaminação do aquífero (SILVA, 2014). Outro fator que deve ser destacado são as construções de poços semiartesianos de baixa profundidade na região, os quais não apresentam estrutura adequada, não seguem as normas pré-estabelecidas e não realizam manutenções periódicas, aumentando as chances de contaminação.

Alternativas como a filtração em múltiplas camadas combinada com a filtração lenta permite o tratamento de águas com altos níveis de contaminação. A solução é apontada como um sistema viável e eficiente por Camplesi (2010), que obteve resultados significativos na eliminação de microrganismos com índice de 95% de remoção dos contaminantes em um estudo realizado na estação de tratamento de água em Goianópolis – GO. Além da eficácia do método, a solução tem pequeno custo o que torna o tratamento técnico e economicamente viável.

É importante destacar que, como a água não recebe nenhuma forma de tratamento, além da filtração simples, e foi identificada a presença de coliformes totais, é indicado que passe, no mínimo, por um processo de desinfecção por cloro (PHILIPPI JR, 2005). O mais indicado é adotar a desinfecção contínua, através de bombas dosadoras de cloro, com a dosagem constante do agente químico dentro do poço (MELO, 2006).

## Avaliação do sistema de abastecimento

A avaliação dos sistemas de tratamento de água pode ser verificada por diversos parâmetros, seja por sua eficiência ou eficácia (HAMDAN, 2016). Em termos de eficácia, ou seja, relacionado à resultados de qualidade desejáveis, os parâmetros analisados forneceram subsídios para avaliação do sistema existente. A eficácia do sistema foi observada comparando-se os resultados do tratamento com o exigido pela normatização brasileira, constatando-se como ineficaz e com necessidade de ampliação e melhoria.

A comunidade Alto do Ferrão, é abastecida por água subterrânea proveniente de um poço tubular instalado próximo ao reservatório. A água é distribuída para os moradores da comunidade passando apenas por um tratamento simplificado de filtração. Para o processo de filtração são utilizados filtros centrais (Figura 8), com material filtrante que retém as partículas sólidas.



**Figura 8: Filtros centrais utilizados no tratamento simples. Fonte: Autor do trabalho.**

A presença de coliformes totais constatada nas águas do poço de abastecimento da comunidade, fornece subsídios à discussão sobre a ausência ou falhas no sistema de tratamento de água, considerando que bactérias desse tipo podem ser encontradas em vários ambientes naturais, mas não em água potável. Estes resultados são totalmente compreensíveis uma vez que o poço não dispõe de desinfecção.

A presença de microrganismos na água pode desencadear processos de corrosão e incrustação das tubulações alterando parâmetros como sabor e odor. Recomenda-se a aplicação de desinfetantes como hipoclorito de sódio ou cloro para eliminar e evitar o crescimento bacteriano. Com relação aos parâmetros físico-químicos, cor e turbidez ficaram acima do limite estabelecimento pela portaria do ministério da saúde. Para que a água seja adequada para consumo, ela precisa passar por um processo adequado de tratamento e torna-se portátil. A grande quantidade de sólidos dissolvidos encontrados nas análises tem influência direta sobre os parâmetros como a turbidez e cor, afetando, no mínimo, as propriedades organolépticas (VON SPERLING, 1996).

Considerando a necessidade de aprimorar a qualidade da água oferecida, além do sistema de tratamento, é importante estar atento a todos os fatores que interferem na exploração da água e tem influência direta na eficiência do tratamento. Desse modo, a fim de manter o poço nas melhores condições operacionais possíveis, é importante a realização de manutenção periódica deste pois, a falta de manutenção pode diminuir a quantidade e reduzir qualidade da água explorada.

Acerca de alguns problemas identificado quanto ao estado de conservação do poço, pode-se destacar a acúmulo exagerada de areia. Na Figura 9 é possível ver a quantidade de areia retirada de dentro do reservatório durante o processo de limpeza. Uma das principais causas é a presença de corrosão nas paredes de revestimento do poço, composta de tubos de aço para evitar desmoronamento, além disso, pode estar relacionado com a abertura dos filtros pela corrosão.



**Figura 9: Depósito de areia retirado do reservatório. Fonte: Autor do trabalho.**

## CONCLUSÕES

O uso da água subterrânea para fins de consumo humano tem aumentado significativamente em relação as águas superficiais. Muitas vezes, esta é a única opção de água disponível no campo e nas zonas rurais, uma vez que as companhias de saneamento que realizam o tratamento e distribuem à população por meio de adutoras tem área de cobertura deste serviço limitada. Não obstante, existe a preocupação com relação a exploração desse recurso,

frequentemente utilizado de forma irracional e não controlada, além do cumprimento dos padrões de qualidade da água provinda de fontes subterrâneas.

Com relação aos parâmetros analisados neste trabalho, apenas sólidos totais dissolvidos demonstrou variação significativa entre a primeira e segunda campanha de coleta. Com relação aos pontos de coleta, saída do poço e final da rede de distribuição, STD e pH apresentaram valores próximos. Analisando os resultados obtidos, pode-se afirmar que os parâmetros de pH e sólidos totais dissolvidos se mantiveram dentro dos limites estabelecidos pela norma nas duas campanhas, já os parâmetros de cor e turbidez ultrapassam os limites de potabilidade exigidos, decorrente de problemas no processo de filtragem e falta de técnicas de tratamento mais eficazes.

No que diz respeito as análises microbiológicas da água, pode-se confirmar a presença de contaminação por coliformes totais nas duas campanhas de coleta, tanto para água que sai direto da fonte como também na ponta da rede de distribuição. Sendo assim, pode-se concluir que água disponível não é indicada para o consumo humano na sua forma bruta ou com o atual sistema de tratamento.

O sistema de tratamento encontrado no local é do tipo simplificado e possui apenas filtros centrais para retenção de partículas. Percebeu-se que o conjunto já está aparentemente deteriorado e necessita de manutenções periódicas. Com relação ao poço tubular, a falta de manutenção ou estruturas adequadas de operação contribuem para o excesso de areia produzido, denotando a falha nos filtros do poço tubular. Ainda que alguns parâmetros atendam aos padrões estabelecidos pelas normas de potabilidade da água, observa-se que a captação ocorre em um recurso hídrico vulnerável e de fácil contaminação, como é o caso de poço tubulares semiartesianos.

Este trabalho, contribui assim, para tomada de decisões do poder público municipal, de modo que é um diagnóstico pelo qual se podem tomar providências para mitigação do problema encontrado, acerca da qualidade de água oferecida aos moradores da comunidade que, acima de tudo, é uma questão de saúde pública, principalmente numa época pandêmica que nos encontramos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, Eliane C *et al.* Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 30, n. 1, pag. 39-48, 2008.
2. Braga, Fernando P. **Validação de desempenho de uma estação de tratamento de água do Município de Juiz de fora – MG.** 70 f. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2014.
3. BRASIL. Ministério da Saúde. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.** Gabinete do Ministro, 2017. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2021.
4. BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria Nº 2.914, de 12 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2011. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html). Acesso em: 20 abr. 2020.
5. CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes.** Organizadores: Carlos Jesus Brandão ... [et al.]. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.
6. CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Fundamentos do Controle de Poluição das Águas.** São Paulo, 2018.
7. Camplesi, D. C. F. 3 - Remoção de coliformes totais e Escherichia coli utilizando a filtração em múltiplas etapas (FiME) em períodos de alta turbidez da água bruta. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 1, n. 1, 29 set. 2010.
8. Corcóvia, J. A.; Celligoi, A. **Avaliação preliminar da qualidade da água subterrânea no município de Ibiaporã-PR.** Revista de estudos ambientais, v. 14, n. 2esp, p. 39-48, 2012.
9. Gomes, D.F. **Estudo hidroquímico, isotópico e da dinâmica do nível estático das águas subterrâneas e superficiais da região de Limoeiro do Norte – Baixo Jaguaribe.** Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Universidade Federal do Ceará - UFC. 218p. 2005.
10. CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Diagnóstico do município de Itaiçaba.** Fortaleza, 1998.
11. HAMDAN, Otávio Henrique Campos. **Avaliação de indicadores aplicados a sistemas de abastecimento de água em minas gerais segundo portes populacionais.** 2016. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2016.

12. IPECE. **Perfil das regiões de planejamento:** Vale do Jaguaribe - 2017. Fortaleza: IPECE, p. 05, 2017. Disponível em: [http://www2.ipece.ce.gov.br/estatistica/perfil\\_regional/2017/PR\\_Vale\\_do\\_Jaguaribe\\_2017.pdf](http://www2.ipece.ce.gov.br/estatistica/perfil_regional/2017/PR_Vale_do_Jaguaribe_2017.pdf). Acesso em: 08 abr. 2020.
13. INSTITUTO TRATA BRASIL. O cenário do uso das Águas subterrâneas no Brasil. São Paulo. 2019. Disponível em: [www.tratabrasil.org.br](http://www.tratabrasil.org.br). Acesso em: 03/03/2021.
14. Libânio, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** 3.ed. São Paulo: Editora Átomo, 2010.
15. Malheiros, Patrícia da Silva et al. Contaminação bacteriológica de águas subterrâneas da região oeste de Santa Catarina, Brasil. **Rev. Inst. Adolfo Lutz (Impr.)**, São Paulo, v. 68, n. 2, 2015.
16. Manzione, Rodrigo Lilla. **Águas Subterrâneas: conceitos e aplicações sob uma visão multidisciplinar.** Jundiaí: Paco Editorial, 2015.
17. Melo, Délio Corrêa Soares de. Manutenção e reabilitação em poços tubulares: a experiência da copasa em MG. **Águas Subterrâneas**, [s. l], p. 1-18, 2006. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23048/15172>. Acesso em: 07 mar. 2021
18. Nobre, Maria Elisângela da Silva. **Hidroquímica do aquífero aluvionar do Baixo Jaguaribe, Itaíçaba, Ceará.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará. 2014. Disponível em: [http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/15687/1/2014\\_dis\\_mesnobre.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/15687/1/2014_dis_mesnobre.pdf). Acesso em: 7 mar. 2021.
19. PHILIPPI Jr, Arlindo. (Edit.). **Saneamento, Saúde e Ambiente:** Fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri, São Paulo: Manole, 2005
20. SNIS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**, 2016. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/component/content/article?id=161>
21. SILVA, Débora Delatore da et al. Falta de saneamento básico e as águas subterrâneas em aquífero freático: região do Bairro Pedra Noventa, Cuiabá (MT). **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 43-52, Mar. 2014. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522014000100043&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522014000100043&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 06 mar. 2021.
22. Varnier, C; Hirata, R; Aravena, R. 2018. **Examining nitrogen dynamics in the unsaturated zone under an inactive cesspit using chemical tracers and environmental isotopes.** Applied Geochemistry, v. 78, p. 129-138.
23. VASCONCELOS *et al.* **A construção do SUS: histórias da Reforma Sanitária e do Processo Participativo / Ministério da Saúde, Secretaria de Gestão Estratégica e Participativa.** – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 300 p.
24. Von Sperling, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2. ed Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996. 243p.