

IV-993 - AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE NITRATO NO MANANCIAL SUBTERRÂNEO DO MUNICÍPIO DE MARINGÁ – PR NO PERÍODO DE 2008 A 2021

Marcela Fernandes Silva^{(1)*}

Licenciada, bacharel e mestre em Química pela Universidade Estadual de Maringá. Especialista em Gestão Ambiental pela Universidade Estadual de Maringá. Doutora em Química pela Universidade Estadual de Maringá/Universidad de Navarra- Espanha. Química no Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Estadual de Maringá.

Victoria Ishida Patricio⁽¹⁾

Discente de Engenharia Civil na Universidade Estadual de Maringá

Vinicius de Souza Azoia⁽¹⁾

Discente de Engenharia Civil na Universidade Estadual de Maringá

Bruna Forestieri Bolonhez⁽¹⁾

Engenheira Civil e mestre em Engenharia Urbana pela Universidade Estadual de Maringá. Docente colaborada do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá.

Claudia Telles Benatti⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Estadual de Maringá, mestre e doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá. Docente adjunta do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá e Coordenadora do Laboratório de Saneamento Ambiental-UEM

Endereço⁽¹⁾: Av. Colombo 5790 – Zona 7- Maringá - PR - CEP: 87020-900 - Brasil - Tel: (44) 30114417 - e-mail: *mfsilva2@uem.br

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estudar e fornecer informações sobre a exploração do manancial subterrâneo de Maringá-PR, e realizar um diagnóstico ambiental da qualidade das águas coletadas de poços tubulares no meio urbano, antes do tratamento, com foco no nitrogênio em forma de nitrato. Para isso foi analisada uma série histórica do monitoramento da qualidade das águas coletadas de poços tubulares localizados no meio urbano do município de Maringá-PR. Foram analisados laudos referentes ao monitoramento de 78 poços, realizados entre os anos de 2008 e 2021. Os dados obtidos foram analisados, relacionando concentração, localização e cronologia. Os resultados indicaram alterações no período analisado. Dentre os 414 laudos analisados para concentração de nitrato ($\text{NO}_3\text{-N}$), 68,84% apresentaram concentrações acima de 5 mg L^{-1} , limite recomendado pela CETESB, e 21,02%, acima de 10 mg L^{-1} , valor máximo permitido pela portaria de potabilidade vigente. A partir dos dados obtidos, foi realizada uma análise das possíveis causas da presença desse composto no manancial subterrâneo do município de Maringá, uma vez que o nitrato pode, além de trazer riscos ambientais, oferecer riscos à saúde.

PALAVRAS-CHAVE: Nitrato, Água subterrânea, Monitoramento.

INTRODUÇÃO

A adequada qualidade da água é um fator importante para a manutenção da vida humana e outras espécies. As características da água podem se alterar devido aos processos naturais e atividades antropogênicas [1-4]. As águas subterrâneas são amplamente utilizadas para fins de irrigação, uso industrial e consumo humano, assim, o uso de águas subterrâneas aumentou de forma significativa nas últimas décadas [5]. Isso também gerou um aumento dos níveis de poluentes nos recursos hídricos subterrâneos em muitas áreas, e estes poluentes por sua vez são difíceis de serem eliminados por meio de processos físico-químicos e biológicos [6,7]. Além disso, o uso intensivo de recursos hídricos subterrâneos causou muitos problemas no meio ambiente, incluindo declínio do lençol freático, intrusão de água do mar e subsidência do solo, processos estes que são acelerados por ação antrópica como pelo bombeamento de águas subterrâneas, por recalques por acréscimo de peso devido a obras e estruturas [8-10].

A poluição das águas subterrâneas por nitrato é uma das principais ameaças ambientais em todo o mundo, despertando o interesse de vários pesquisadores [11-13], visto que a água subterrânea é a principal fonte de água potável, abastecendo aproximadamente 2 bilhões de pessoas, e é utilizada na irrigação de 40% da

produção mundial de alimentos [14]. A concentração de nitrato (como NO_3^-) em fontes subterrâneas, devido ao ciclo natural do nitrogênio é geralmente inferior a mg L^{-1} de $\text{NO}_3\text{-N}$ [15]. No entanto, atividades antrópicas, como agricultura e desenvolvimento urbano, aumentaram substancialmente os teores de nitrato nas águas subterrâneas [16]. Com esse aumento dos teores de nitrato, cresce também a preocupação em relação a problemas de saúde como a metemoglobinemia, aumento do risco de câncer em humanos [17,18] e disfunções da tireoide em crianças e mulheres grávidas [19,20]. Ainda, essa contaminação gera efeitos sobre o meio ambiente, como a eutrofização e hipóxia sazonal de ecossistemas dependentes de águas subterrâneas [21,22].

Devido ao evidente problema de contaminação por nitrato e aos riscos devidos, é fundamental o monitoramento das águas subterrâneas nas regiões já afetadas, para fins de remediação, e também de áreas não afetadas, para fins de proteção ao meio ambiente. Assim, o objetivo do presente trabalho foi estudar e fornecer informações sobre a exploração do manancial subterrâneo do município de Maringá, PR, Brasil e realizar um diagnóstico ambiental da qualidade das águas coletadas de poços tubulares no meio urbano, antes do tratamento, com foco no nitrogênio em forma de nitrato.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a coleta de dados de qualidade de águas subterrâneas, utilizou-se laudos de análises físico-químicas realizadas para fins de monitoramento de poços tubulares localizados na cidade de Maringá-PR. Os laudos foram fornecidos pelo Laboratório de Saneamento Ambiental (Lasam) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), mediante autorização prévia dos usuários, obtida por meio de formulário próprio. Foram analisados 414 laudos emitidos entre os anos de 2008 e 2021. Os dados foram organizados conforme o ponto de coleta da amostra, o ano da coleta e por faixas de valores de nitrato na forma de nitrogênio (superior a 5 mg L^{-1} e 10 mg L^{-1} de $\text{NO}_3\text{-N}$). Dentre os laudos analisados, foram selecionados os resultados de amostras oriundas de pontos de coleta que recebiam água diretamente do poço, ou seja, sem passar por nenhum processo de tratamento. Portanto, para essa pesquisa foram usados os dados de poços tubulares que estavam descritos como: poço, direto do poço, torneira direta do poço, amostragem semestral, amostragem anual e água bruta. Para realizar as análises supracitadas, utilizou-se o programa Power BI para separar os dados por usuário, por ano (série temporal) e por faixa de valores de nitrato (5 ou 10 mg L^{-1} de $\text{NO}_3\text{-N}$).

RESULTADOS

A Figura 1 apresenta a distribuição dos poços com captação subterrânea de Maringá, segundo informações do Instituto de Águas e Terras. Pode-se observar que os poços da cidade, em sua grande maioria, encontram-se na área central da cidade zona 1, zona 7, zona 4 e zona 5.

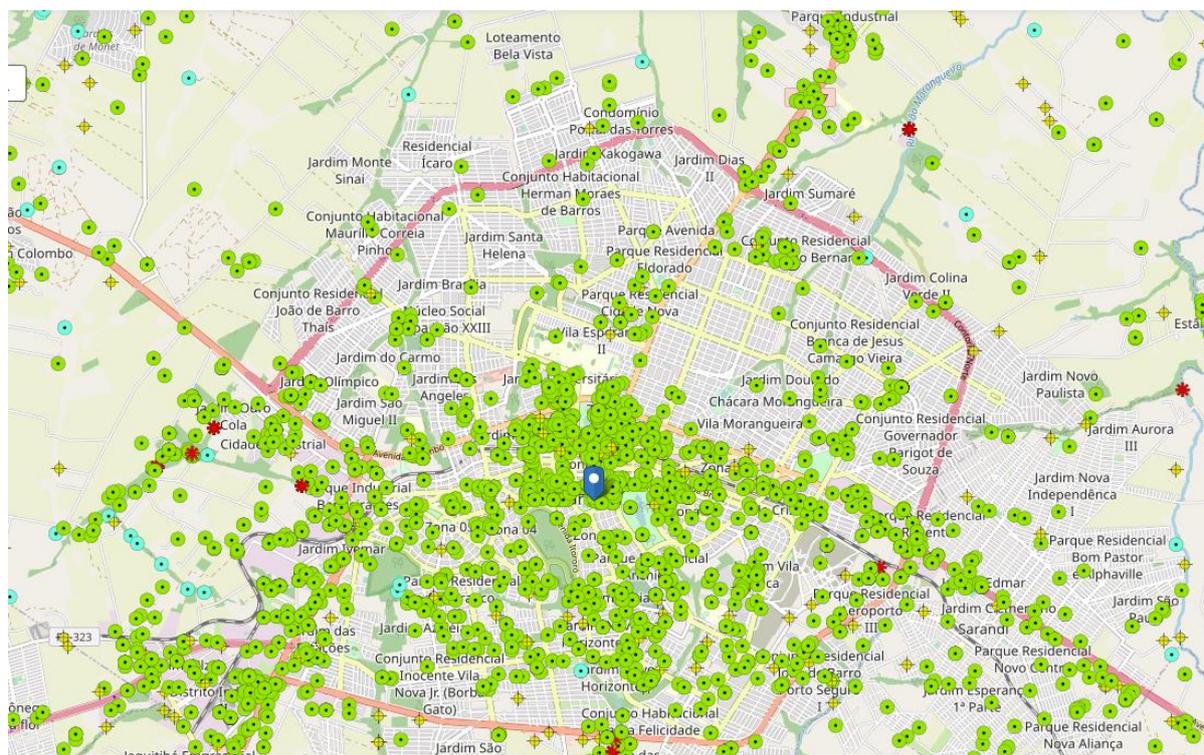


Figura 1: Distribuição espacial dos poços tubulares no município de Maringá-PR

Fonte: <http://www.sigarh.iat.pr.gov.br/sigarh-gis/index.xhtml> [23]

A Figura 2 apresenta a distribuição espacial dos 78 poços considerados no estudo, ou seja, aqueles para os quais houve alguma análise de nitrato realizada no período em questão. Dentre os dados utilizados no estudo, foram verificados 414 registros de análise de nitrato de águas sem tratamento prévio para tais poços.

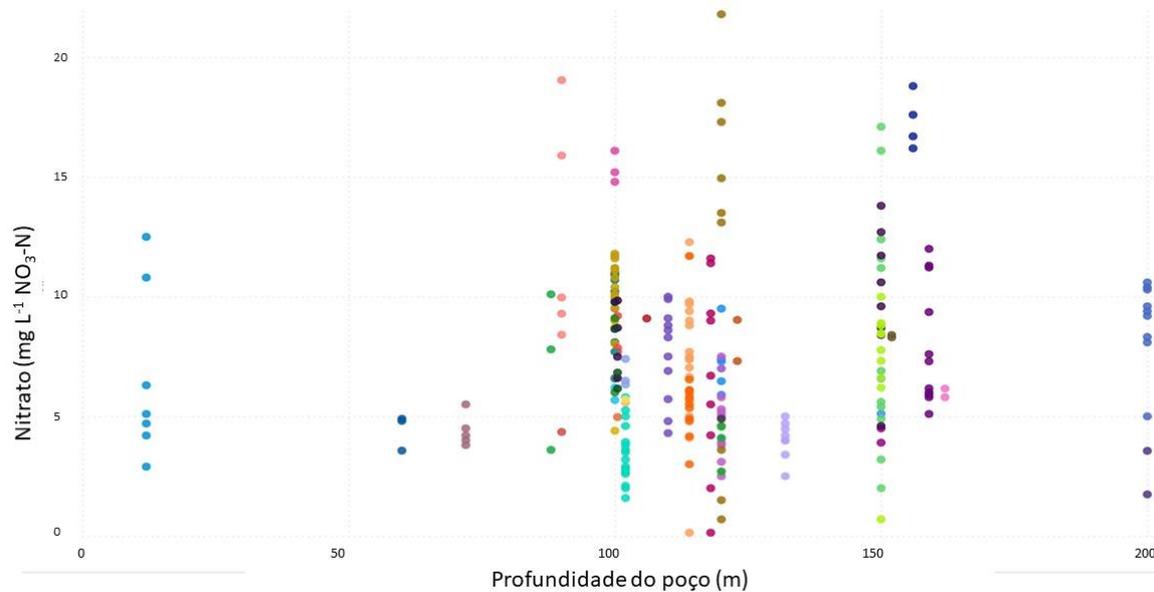


Figura 4: Dados de concentração de nitrato de acordo com a profundidade dos poços.

Pode-se observar que para todas as profundidades de captação de água, existem registros de concentrações de nitrato acima do valor máximo permitido para água potável. Desde poços rasos, com menos de 50 m, até poços com 200 m de profundidade apresentaram em algum momento nível de nitrato maior que 10 mg. L⁻¹.

A Figura 5 apresenta a frequência de registros de análises de nitrato em relação ao total de análises de água realizadas no laboratório, nos 16 anos considerados no estudo.

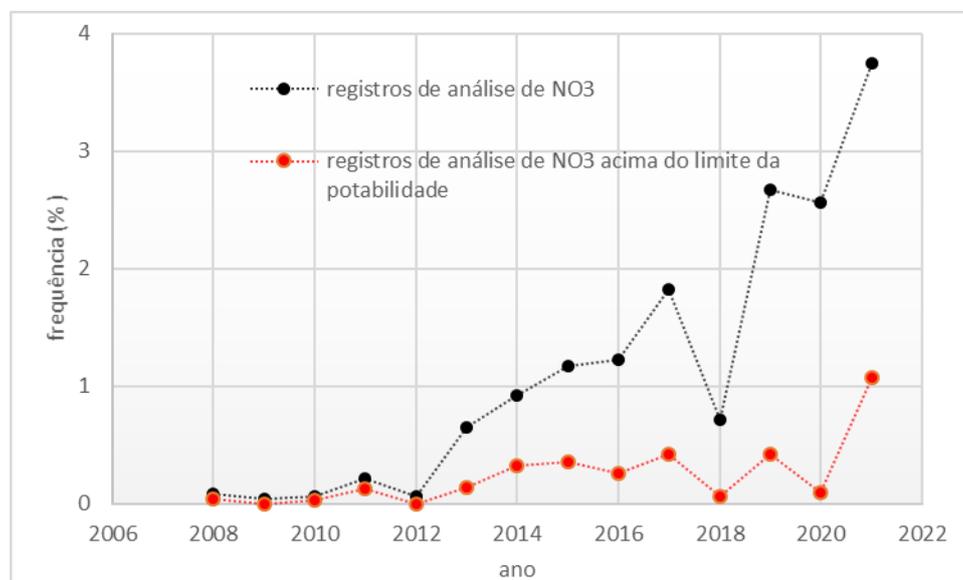


Figura 5- Frequência de registros de análises de nitrato em relação ao total de análises realizadas por ano.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Por meio da Figura 1, que apresenta a distribuição dos poços com captação subterrânea de água em Maringá, pode-se observar que as maiores concentrações de poços correspondem a zonas de maior poder aquisitivo da cidade. São, portanto, áreas com água destinada ao uso residencial e alguns poços voltados para o uso

comercial. Outras áreas concentradoras de poços artesanais são as zonas industriais da cidade. Essa distribuição espacial se apresenta semelhante ao reportado por Berezuk [25], apenas com alguns novos pontos de concentração de poços como novas áreas industriais e regiões onde foram estabelecidos novos condomínios residenciais afastados do centro da cidade.

Em se tratando de registros de análises de nitrato realizadas nos poços estudados, pode-se observar que há um acumulado de poços na região central da cidade, e uma menor quantidade de poços avaliados distribuídos pelas demais regiões da cidade. A concentração de poços analisados na região central da cidade coincide com os dados do mapa dos poços registrados no Instituto de Águas e Terras (Figura 1), com maior número de poços nas regiões da Zona 1 e Zona 7.

Dos poços para os quais foram realizadas análises de nitrato, aqueles em que houve registro, no período de 2008 a 2021, de concentração de nitrato acima de 10 mg/L, apresentados na Figura 3, pode-se observar estes estão situados na grande maioria na região central da cidade, e apenas um menor número distribuído por outras regiões. Essa região problemática pode ser mais especificamente definida como um quadrilátero localizado entre Av Horácio Racanello e Av Tiradentes, no sentido Norte-Sul, e Av São Paulo e Av Curitiba, no sentido Leste-Oeste.

Alguns estados, como São Paulo, apresentam normativas específicas em relação a qualidade da água, como no caso de poços com concentrações de nitrato acima de 5 mg/L, que corresponde ao limite a partir do qual recomenda-se a tomada de ações de prevenção e controle, por suspeita de influência antrópica, sobre a qualidade das águas subterrâneas [26]. Desse ponto de vista, aplicando-se essa faixa de concentração ao presente estudo, teríamos que 41% dos poços considerados deveriam ser monitorados e ações de prevenção tomadas.

Em relação as causas das altas concentrações de nitrato nas águas subterrâneas de Maringá, primeiramente convém verificar a possível influência da localização e profundidade dos poços na qualidade da água explorada. A região central de Maringá conta com um grande número de poços situados em distâncias bastante reduzidas. De acordo com Vargas Silva e Gastmans [27], na região central de Maringá, a proximidade entre os poços resulta em áreas de proteção bastante inferiores às recomendadas, o que pode levar a interferências na exploração dos poços e alterações nas vazões. De acordo com os mesmos autores, o alto número de poços numa mesma região indica uma exploração sem regras e sem gerenciamento, onde não existem controles de interferência dos poços profundos.

Em relação a profundidade, dados reportados indicam o rebaixamento do lençol freático na região estudada. De acordo com Kohler e Vendramel [28], a água de poços comuns (poços rasos), que era encontrada anteriormente em profundidades entre 15 a 20 metros na área central da cidade, no ano de 2000 chegava a 25 metros de profundidade, representando uma migração do aquífero. Já Berezuk [25] relata que na época de seu estudo, no ano de 2002, a profundidade média dos poços subterrâneos maringaenses situava-se entre 100 a 140m de profundidade, mas poços com mais de 160m já eram encontrados na área urbana. No entanto, no Aquífero Serra Geral, poços com profundidades de 50m, geralmente, já se mostravam portadores de produtividade elevada, suficientes para uso particular.

Ainda, Vargas Silva e Gastmans [27] relataram que no ano de 2017 as profundidades da captação subterrâneas já chegavam a 150 metros, superiores aos anos de 1997, 1998 e 2011, quando a profundidade era de 100 m.

Como a referida área encontra-se impermeabilizada pelo sistema viário e pelas edificações, o sistema de retroalimentação encontra-se cada vez mais truncado, dificultando o reabastecimento dos lençóis subterrâneos [28].

Estima-se que o lençol freático nessa região esteja sofrendo contaminação devido ao grande número de fossas sépticas que existem e existiram na cidade de Maringá, [29] além de outras possíveis causas como uso de agrotóxicos na agricultura nos arredores da área urbana, disposição inadequada de lixo urbano e efluentes industriais.

Assim, verificamos a importância de se observar questões relativas à interferência entre poços; proteção sanitária de cada poço; perímetros de proteção sanitária dos poços; fontes de poluição e vulnerabilidade natural de aquíferos – muitos destes aspectos ainda necessitam de melhor aparelhamento do órgão gestor para que sejam efetivamente considerados.

Em Maringá, esse problema torna-se mais grave porque a maior parte da água subterrânea provém de aquífero fraturado, formado pela sequência de derrames de rochas vulcânicas pertencentes à Formação Serra Geral. Estas rochas, apesar de ígneas, são capazes de fornecer volumes consideráveis de água a partir do seu sistema de fraturas. Por outro lado, esses aquíferos fraturados são facilmente contaminados devido à presença de geoestruturas tectônicas que são responsáveis pela acumulação e a circulação livre da água em subsuperfície [30,31]. Na região de Maringá, apenas um poço consome água originária do Aquífero Guarani, mais profundo. Ele está localizado às margens do Rio Pirapó e suas águas são utilizadas por um clube de águas termais [32].

Sendo a contaminação por nitrato decorrente em grande parte da ação antrópica, pode-se verificar, por meio da Figura 5, uma tendência de aumento das análises de nitrato de forma geral, indicando assim que houve uma crescente preocupação com a contaminação por este ânion com o passar dos anos. Com uma tendência semelhante, podemos observar que o número de registros de análises com resultado de nitrato acima do limite de potabilidade também aumenta com o passar dos anos. Tais dados reportam tanto uma conscientização por parte dos usuários dos poços subterrâneos quanto a crescente contaminação do lençol freático.

Estes resultados corroboram com o estudo de Zhang et al. [33] onde se relatou que a concentração de nitrato apresenta aumento da taxa média anual em áreas em processo de urbanização e ocupação, comparado a áreas onde o uso e ocupação permanecem estáveis, o que implica que a tendência histórica de nitrato na área residencial urbana é afetada principalmente pelo processo de urbanização.

Temos então que os dados reportados neste presente trabalho, juntamente com outros dados já reportados em estudos anteriores nos dão uma dimensão da extensão e duração do problema. Já em 2002, Berezuk [25] levantou informações referentes a 390 poços perfurados na cidade de Maringá. Destes, foram escolhidos 10 poços representativos para realização de análises físico-químicas, e com estes dados concluiu que a qualidade da água da cidade de Maringá apresenta problemas mais sérios com relação ao seu teor nitrato, onde poços da região central de Maringá já apresentavam índices de nitrato acima de 10 mg L^{-1} em 10% dos poços analisados, e teores acima de 5 mg L^{-1} em 20% dos poços, caracterizando assim a possível contaminação antrópica da região já a 2 décadas. Em 2013, Rezende [34] reportou que dentre os poços monitorados na cidade de Maringá no período de 2011 e 2012 (sendo 60% desses em propriedades rurais e 40% na região urbana), 10% apresentaram concentrações de nitrato acima de $10 \text{ mg/L NO}_3\text{-N}$. Destes poços contaminados, 2/3 estavam localizados na zona rural e 1/3 na zona urbana.

Em 2019, Rezende e colaboradores [35] reportaram que 70% das amostras coletadas de 18 poços nos anos de 2014 e 2015 da região do Ribeirão Borba Gato (predominantemente área urbana), em Maringá, apresentaram concentrações de nitrato acima de 10 mg/L . Cabe ressaltar que essa região citada apresenta menos de 4% dos pontos considerados no presente estudo, ou seja, uma região que possivelmente apresenta alto risco de contaminação não tenha sido abordada.

CONCLUSÕES

O nitrato é uma substância que pode ocorrer na água de poços, sendo proveniente tanto de fontes naturais quanto da atividade humana. Concentrações elevadas de nitrato na água de poços são causadas por uso excessivo de fertilizantes sintéticos na agricultura, como aqueles à base de nitrogênio, proveniente de uréia e amônia, que contêm aproximadamente 45% e 15% de nitrogênio. Outra fonte da poluição de nitrato são as atividades antrópicas, como fossas sépticas, descarte de dejetos orgânicos e manutenção inadequada de poço.

A diretriz brasileira de qualidade da água potável determina nível máximo de nitrato (como nitrogênio) de 10 mg L^{-1} . Níveis de nitrato superiores a 10 mg L^{-1} podem acarretar o desenvolvimento de diversos problemas de saúde, tanto em crianças quanto adultos. Além disso, níveis elevados de nitrato nas águas subterrâneas podem indicar a existência de outros problemas de qualidade da água. O nitrato pode ser removido com o tratamento da água, mas é preferível resolver o problema removendo a fonte de contaminação ou aprimorando a construção e manutenção dos poços.

O presente estudo demonstra um crescente nível de poluição por nitrato no período estudado no município de Maringá, porém, de forma importante, demonstra também o aumento da preocupação dos usuários de poços em relação a estes contaminante.

Assim, com os dados obtidos, recomenda-se a conscientização dos agricultores para o uso de fertilizantes orgânicos em substituição aos derivados de amônia e uréia. Também se recomenda às pessoas que trabalham no sistema de gestão de água que as redes de distribuição de água e de captação de esgoto sejam

constantemente verificadas, e que haja programas de conscientização sobre os impactos do descarte de resíduos em terrenos abertos, e principalmente do uso excessivo da água de lençóis freáticos, com perfuração de poços sem prévia autorização dos órgãos competentes. Também se sugere tratar as águas subterrâneas contaminadas com nitrato antes de usá-las para fins domésticos, de forma a evitar os danos à saúde. Infelizmente, nitrato é um contaminante de difícil remoção da água, visto que é um ânion estável e altamente solúvel em água, com baixa capacidade de precipitar ou adsorver. Para isso, atualmente os métodos de osmose reversa, troca iônica e desnitrificação biológica são os mais amplamente utilizados, sendo que todos apresentam vantagens e desvantagens, e devem ser propostos de acordo com a situação.

Na época em que foram realizados os estudos a prioridade básica era a melhoria da qualidade da água e não o aumento da capacidade da estação. Atualmente, a estação encontra-se trabalhando com o cloreto férrico tratando, surpreendentemente, a vazão de 280 L/s, ou seja, 22 L/s a mais do que trabalhava antes, mantendo a qualidade da água conforme os padrões exigidos pela Portaria 36/GM, de 1990.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. M. Jahed Kaniki, et al., *World Appl. Sci. J.*, 8, 3, 2010.
2. A. Badeenezhad *et al.*, *Groundw. Sustain. Dev.*, 11, 2020.
3. M. Shams *et al.*, *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, 102, 2022.
4. S. Muhammad, I. Ullah, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 29, 19, 2022.
5. S. A. Sajjadi, et al., *Geocarto Int.*, 2022.
6. A. Badeenezhad *et al.*, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 28, 31, 2021.
7. W. Ali, S. Muhammad, *Geocarto Int.*, pp. 1–22, 2022.
8. E. Gharibi, M. Ghalit, et al., *J. Water Supply Res. Technol. - AQUA*, 66, 4, 2017.
9. M. R. Janardhana, H. Khairy, *Environ. Earth Sci.*, 78, 24, 2019.
10. X. Tong *et al.*, *Water Res.*, 200, 2021.
11. N. Ağca, S. Karanlık, B. Ödemiş, *Environ. Monitoring Assessment*, **186**, 2014.
12. S. Boudibi, B. Sakaa, Z. Benguega, *J. African Earth Sci.*, 176, 2021.
13. A. Musacchio, et al., *Environ. Res.*, 194, 2021.
14. A. A. H. Faisal, A H Sulaymon, Q M Khaliefa, *Int J Environ Sci Technol* , 2018.
15. S. V. Panno *et al.*, *Ground Water*, 44, 2, 2006.
16. Y. Zhai *et al.*, *Ecol. Indic.*, 102, 2019.
17. Y. Gao, et al., *Water* , 11, 2019.
18. E. Ceballos, et al., *Expo. Heal.*, 13, 3, 2021.
19. C. P. S. Ahada, S. Suthar, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 25, 25, 2018.
20. K. Rawat, et al., *Groundw. Sustain. Dev.*, 9, 2019.
21. Y. Zhang, et al., *Environ. Pollut.*, 316, 2023.

22. A. Richa, S. Touil, M. Fizir, *J. Environ. Manage.*, 316, 2022.
23. “SIG.” <http://www.sigarh.iat.pr.gov.br/sigarh-gis/index.xhtml> (Jan. 29, 2023).
24. Brasil. Ministério da Saúde, Portaria GM/MS No 888, de 4 de maio de 2021.
25. A. G. Berezuk, Classificação e análise da qualidade da água subterrânea da cidade de Maringá – PR, UEM, 2002.