



Estudos de Caso e Notas Técnicas

Alerta: Os artigos publicados nesta seção não são avaliados por pares e não são indexados. A intenção da seção ECNT é prover um espaço para divulgação de dados e estudos de interesse local, sem caráter científico. Sendo assim, a Revista Águas Subterrâneas não se responsabiliza pelo conteúdo publicado.

Disclaimer: Articles published in this section are not peer-reviewed and are not indexed. The intention of the ECNT section is to provide a space for the dissemination of data and studies of local interest, with no scientific character. Therefore, Revista Águas Subterrâneas is not responsible for this content.

Avaliação de parâmetros químicos e microbiológicos das águas subterrâneas do município de Parintins - AM como indicadores de poluição das águas

Evaluation of chemical and microbiological parameters of groundwater in the municipality of Parintins - AM as indicators of water pollution

Mônica Jacaúna dos Santos¹; Israel Henrique Ribeiro Rios ²; Rafael Jovito Souza ³; Ednilson da Silva Albuquerque ³ ✉

¹ Centro de Estudos Superiores de Parintins, Universidade do Estado do Amazonas - CESP/UEA, Parintins, Amazonas.

² Universidade Federal da Bahia - UFBA, Salvador, Bahia.

³ Centro de Estudos Superiores de Parintins, Universidade do Estado do Amazonas - CESP/UEA, Parintins, Amazonas.

✉ monicajacauna9@hotmail.com, israelhenriquerr@gmail.com, rjovito@uea.edu.br, albuquerque.edy@hotmail.com

Resumo

O objetivo deste estudo é avaliar a qualidade da água nos poços de abastecimento público de Parintins, subsidiando a gestão dos recursos hídricos e ambientais. No contexto do abastecimento público de água na cidade de Parintins-Amazonas, este ocorre exclusivamente por captação subterrânea do lençol freático do aquífero Alter do Chão. A localidade utiliza para despejo de seus efluentes domésticos, predominantemente, as fossas sépticas, podendo infiltrar e contaminar as águas subterrâneas, principalmente, o lençol freático, onde o nitrato aparece como um importante indicador de contaminação fecal. A metodologia utilizada incluiu revisão bibliográfica, documental, coleta e análise das amostras de água dos poços, de acordo com procedimentos preconizados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005), e parâmetros estabelecidos no anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 - alterado pela Portaria nº 888 de maio de 2021 (Ministério da Saúde) e Resolução CONAMA nº 396/2008. Os resultados obtidos para alguns poços, mostraram níveis elevados e acima dos padrões estabelecidos para o consumo humano. Com este estudo espera-se subsidiar a gestão dos recursos hídricos subterrâneos, auxiliando a segurança hídrica e a mitigação de possíveis contaminações do aquífero Alter do Chão. O diagnóstico de locais com contaminação de água é importante para o enquadramento das águas do aquífero e para a tomada de decisão. O estudo contribuiu para o avanço da ciência ambiental e da saúde pública na região de Parintins, diagnosticando o risco de poluição dentro da área e incentivando a ocorrência de outros estudos em outros períodos para averiguação de ações de controle e prevenção da poluição.

Abstract

The objective of this study is to evaluate the quality of water in public supply wells in Parintins, supporting the management of water and environmental resources. In the context of public water supply in the city of Parintins-Amazonas, this occurs exclusively through underground capture of the water table from the Alter do Chão aquifer. The locality predominantly uses septic tanks to dispose of its domestic effluents, which can infiltrate and contaminate groundwater, mainly the water table, where nitrate appears as an important indicator of fecal contamination. The methodology used included bibliographic and documentary review, collection, and analysis of water samples from wells, in accordance with procedures recommended in the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005), and parameters established in Annex XX of the Consolidation Ordinance nº 5 - amended by Ordinance nº 888 of May 2021 (Ministry of Health) and CONAMA Resolution nº 396/2008. The results obtained for some wells showed high levels and above the standards established for human consumption. This study is expected to support the management of underground water resources, helping water security and mitigating possible contamination of the Alter do Chão aquifer. The diagnosis of places with water contamination is important for the classification of aquifer waters and for decision

Palavras-chave:

Poluição.
Águas subterrâneas.
Qualidade de água.
Indicadores de poluição.
Saúde Ambiental.

Keywords

Pollution.
Groundwater.
Water quality.
Pollution indicators.
Environmental Health.

1. INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas são menos vulneráveis à poluição se comparadas às águas superficiais já que o solo funciona como um filtro natural, limpando parte das impurezas. Ainda assim, a poluição dos mananciais subterrâneos pode ocorrer ainda que de forma mais lenta. Isso acontece principalmente devido a despejos de esgotos e chorume gerado pelas acumulações de lixo, vazamento de combustíveis e substâncias químicas de pesticidas e fertilizantes utilizados na agricultura. A poluição está associada à má qualidade ou deterioração do corpo hídrico, sendo um dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade e quantidade adequados aos respectivos usos. Essa qualidade do recurso hídrico é condicionada às suas características físicas, químicas e biológicas - como turbidez, pH, agentes patogênicos e concentração de substâncias químicas. Nesse contexto, a avaliação constante da qualidade da água dos aquíferos é imprescindível para a proteção e sustentabilidade dos recursos hídricos subterrâneos, na medida em que mostra a situação atual para subsidiar metas e ações de melhoria da gestão desse recurso.

De acordo com a CETESB (2017), o monitoramento da qualidade da água subterrânea é fundamental para o conhecimento da hidrogeoquímica e da condição dos parâmetros de qualidade. A avaliação da qualidade da água se dá através do monitoramento de parâmetros como temperatura, pH, condutividade elétrica, alumínio, amônia, oxigênio dissolvido, turbidez, ferro, nitrito, nitrato, sulfato, sulfeto, cobre, zinco, manganês, coliformes totais e coliformes termotolerantes.

No Brasil, têm-se a Portaria nº 888/2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Essa lei define as concentrações limites para cada substância em águas para consumo humano, aplicando-se às águas provenientes de sistema e solução alternativa de abastecimento de água.

Especificamente, para Silva et. al (2019), a região Amazônica apresenta baixo índice de saneamento básico, contribuindo na problematização ligada às doenças de veiculação hídrica, principalmente em áreas remotas, onde a coleta de dejetos humanos é feito por meio de fossas sépticas e negras, e se utilizam poços tubulares para o fornecimento de água sem a correta vigilância da qualidade da água. A qualidade da água pode ser investigada em conjunto com a vulnerabilidade natural dos aquíferos, que é a propensão natural de um solo de receber uma certa carga contaminante - essa propriedade depende da textura do solo (areia, argila, silte), da profundidade da água subterrânea e do grau de confinamento desta. Quanto maior essa vulnerabilidade, mais sensível à poluição é o aquífero, devendo tomar-se medidas para a proteção desses locais.

O principal indicador de poluição difusa para as águas subterrâneas, mundialmente reconhecido é o nitrato, devido sua alta mobilidade, podendo atingir grandes áreas, estando sua origem relacionada a atividades antrópicas, decorrentes de esgotos sanitários e atividades agrícolas (CETESB, 2016). Em condições anaeróbicas, o nitrato se apresenta na forma estável de nitrogênio, é considerado uma substância persistente, e de difícil remoção da água podendo tornar-se inviável e tecnicamente oneroso. A Portaria nº 888/2021, do Ministério da Saúde, dispõe sobre o padrão de potabilidade para substâncias químicas inorgânicas em águas subterrâneas que representam risco à saúde, o qual deve ser menor ou igual ao valor máximo permitido para o nitrato que é de 10 mg/L (BRASIL, 2021). A ingestão de água com esse padrão de potabilidade acima do estabelecido, pode estar relacionado a ocorrência de doenças como a metemoglobinemia e alguns tipos de câncer (FERNÍCOLA, 1985). A amônia é um composto nitrogenado, podendo estar presente de forma natural nas águas subterrâneas. Seus níveis elevados de concentração podem ser resultantes de fontes de contaminação recentes, ou íons ferrosos presentes no solo, e da redução de nitratos por bactérias. Braga et. al (2018), coloca que a deposição de matéria orgânica no solo, como acontece quando se utiliza fossas e sumidouros, aumenta drasticamente a quantidade de nitrogênio. Esse nitrogênio é biotransformado e, por fim, se oxida na substância inorgânica denominada nitrato que possui grande mobilidade no solo alcançando o manancial subterrâneo e ali se depositando. Águas com índices elevados de contaminação por nitrato são indicativos de poluição mais remota, por ser este o produto final de oxidação do nitrogênio. Já para Baird (2007), o nitrato em águas subterrâneas origina-se principalmente de quatro fontes: aplicação de fertilizantes com nitrogênio, outros químicos inorgânicos e esterco animal, em plantações; cultivo do solo; esgoto humano depositado em sistemas sépticos e deposição atmosférica.

Alaburda e Nishihara (1998), apontam que a amônia pode estar presente naturalmente em águas superficiais ou subterrâneas, sendo que usualmente sua concentração é bastante baixa devido à sua fácil adsorção por partículas do solo ou à oxidação a nitrito e nitrato. Entretanto, a ocorrência de concentrações elevadas pode ser resultante de fontes de poluição próximas aos locais das análises, bem como da redução de nitrato por bactérias ou por íons ferrosos presentes no solo.

Segundo Picanço et. al (2002), o ferro é encontrado em praticamente todas as águas, entretanto, quando encontrado em teores superiores a 0,5 mg/L, a água tem sua cor, odor e sabor alterados. Além disso, teores de ferro dessa ordem tendem a reduzir a aceitação da água

pelas pessoas, devido ao fato de causarem manchas em roupas e pisos, entre outros inconvenientes. Tem-se a questão ainda que a presença de ferro na água pode implicar na sua precipitação nos filtros ou nos pré-filtros de poços, reduzindo a eficiência destes.

De acordo com Corcovia e Celligoi apud Santos (1997), a concentração dos íons hidrogênio, expresso pelo pH das águas subterrâneas, varia geralmente entre 5,5 e 8,5. A Portaria nº 888/2021 (MS), legislação vigente da qualidade da água para consumo humano, não estabelece limites de valores para o pH, porém, recomenda que a faixa de pH fique entre 6,0 a 9,0, no sistema de distribuição.

Já conforme coloca Alves et al (2018), a investigação bacteriológica da água desempenha um papel importante quanto à determinação da qualidade da água de consumo humano e o correto funcionamento do abastecimento hídrico, a fim de verificar a segurança da potabilidade da água e investigações de possíveis surtos de doenças. As análises microbiológicas são capazes de expor a presença ou não de coliformes totais e coliformes fecais, que podem ser ou não de origem patogênica.

A qualidade da água no lençol freático, analisada através dos parâmetros acima descritos, foi investigada em conjunto com a vulnerabilidade natural dos aquíferos, que é a propensão natural de um solo de receber uma certa carga contaminante - essa propriedade depende da textura do solo (areia, argila, silte), da profundidade da água subterrânea e do grau de confinamento desta. Quanto maior essa vulnerabilidade, mais sensível à poluição é o aquífero, devendo tomar-se medidas para a proteção desses locais sobretudo quando esses locais mais vulneráveis estão submetidos à uma alta concentração de algum poluente/contaminante.

2. OBJETIVOS

O objetivo fundamental deste estudo é avaliar os parâmetros de qualidade da água subterrânea na cidade de Parintins - Amazonas, em sua porção superior, procedentes do aquífero Alter do Chão utilizada no abastecimento público, para subsidiar a melhoria da gestão das águas subterrâneas e o controle da poluição.

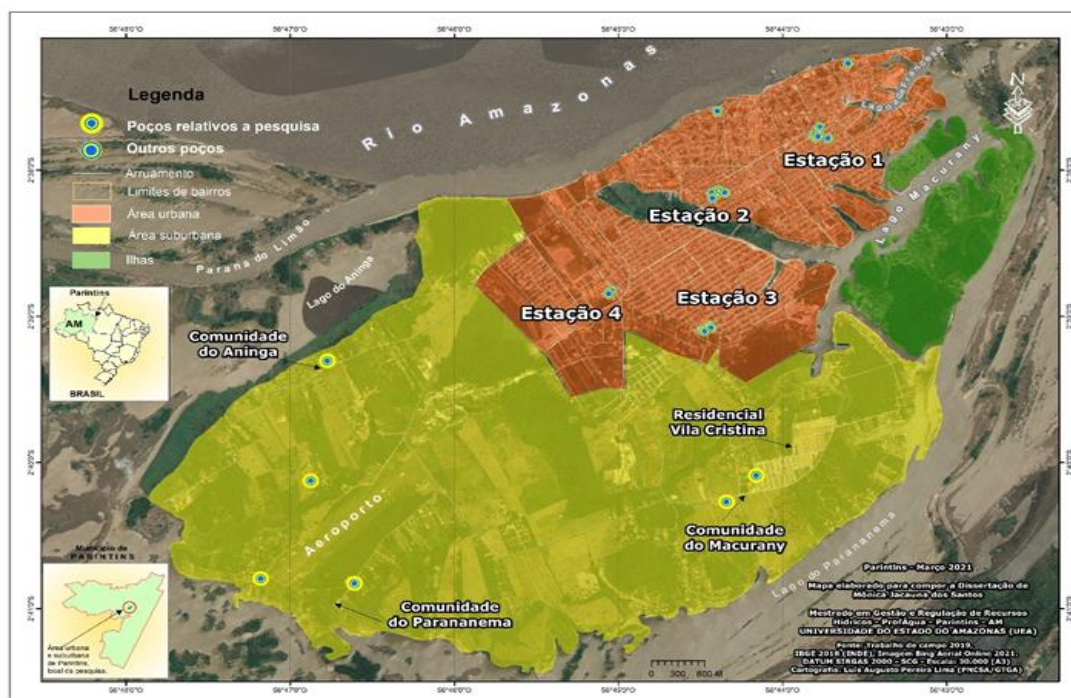
Os objetivos específicos são: medir a concentração de parâmetros de qualidade da água em Parintins em duas campanhas (cheia e vazante); comparar os resultados de qualidade com os padrões para consumo humano da portaria do Ministério da Saúde; relacionar eventual poluição no local com as zonas urbana e suburbana; interpolar os dados obtidos, apontando as áreas mais contaminadas dentro do município.

4. ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi realizado na sede de Parintins, um arquipélago/ilha que se localiza à margem direita do rio Amazonas, com superfície de aproximadamente 45km² de perímetro urbano, rodeada pelo rio Amazonas, por lagos e pequenas ilhas, com população estimada de 83.000 pessoas, representa o principal polo turístico do interior do Estado do Amazonas através do Festival Folclórico de Parintins.

O abastecimento público de água na cidade de Parintins é feito exclusivamente por captação subterrânea do lençol freático, de procedência do Aquífero Alter do Chão, através de poços tubulares tendo em média 91,7 metros de profundidade, estando sob responsabilidade da autarquia de Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Parintins - SAAE (SAAE, 2020). Genericamente, a cidade foi dividida em área urbana e suburbana, sendo que na área urbana localizam-se as quatro estações de bombeamento do Sistema de Abastecimento Público, com 20 poços tubulares. Enquanto que, na área suburbana ficam 6 poços tubulares que fazem a distribuição da água para as comunidades de Macurany, Aninga, Parananema e Residencial Vila Cristina, perfazendo 26 poços tubulares objetos deste estudo (Figura 1).

Figura 1 – Localização dos poços tubulares locados na área urbana e suburbana de Parintins-AM. Fonte: SANTOS (2021)



5. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada tem como base os procedimentos e interpretações descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). Os parâmetros foram estabelecidos de acordo com a Portaria nº 888/2021, que altera o anexo XX, da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5/2017 do Ministério da Saúde, e Resolução CONAMA nº 396/2008.

As coletas das amostras de água foram feitas nos períodos sazonais da cheia (maio) e da vazante (outubro) de 2015 a 2019, em sacos coletores estéreis de 500ml, na torneira de saída dos poços tubulares, após higienização da torneira com álcool 70%, e deixar a água escoar por dois a três minutos para eliminar a água estagnada na tubulação. Foram coletadas três amostras de cada poço (500 mL de água cada), para realizá-las em triplicatas (SANTOS, 2021; TEIXEIRA, 2019).

Em campo, foram analisados os parâmetros: temperatura, pH, e condutividade elétrica com sonda multiparâmetro HANNA. Em seguida, transportadas em isopor com gelo três amostras de cada poço para as análises realizadas no laboratório do SAAE, que faz o serviço de abastecimento público na cidade. Os parâmetros foram alumínio, amônia, oxigênio dissolvido, turbidez, ferro total, manganês, nitrato, nitrito, sulfato, sulfeto, cobre e zinco, se utilizou a metodologia da DR/890 HACH Colorimeter, que usa kits de reagentes (sachê) adicionados nas amostras de água e em seguida é aferido cada parâmetro no equipamento.

A metodologia utilizada para as análises microbiológicas foram a do substrato enzimático definido ONPG-MUG, técnica da Colilert, onde é adicionado nas amostras de água com 500ml, o reagente cromogênico, e detectado no período de 24 horas na estufa, em temperatura de 35 °C, a presença/ausência de Coliformes Totais e Escherichia coli, respectivamente. A coloração amarela, indica a presença de Coliformes Totais e a observância de fluorescência em lâmpada ultravioleta de 365 nm, indica a presença de E. coli. Os dados obtidos foram tabulados e sistematizados em tabelas dos softwares Word e Excel.

A metodologia comparativa (FACHIN, 2001) que permite comparar a análise de dados, no qual as análises físico-químicas realizadas no período entre 2015 e 2018, e microbiológicas realizadas no período de 2018 a 2019, na área urbana da cidade, de dados obtidos por (TEIXEIRA, 2019) e de uma avaliação técnica do Sistema de Abastecimento Público de Parintins (AM), por (SGB/ CPRM, 2019) serviram para subsidiar nossa discussão para as maiores médias das concentrações de pH, alumínio, amônia, nitrato, condutividade elétrica e ferro na região de estudo. Estes dados foram coletados e analisados semestralmente e trimestralmente, cheia e vazante, utilizando a mesma metodologia descrita neste trabalho. Após a obtenção dos dados, agregados aos de TEIXEIRA (2019) e CPRM (2019), estes foram manipulados através de software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para interpolação pelo método da krigagem de dados.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 1, mostra um comparativo dos resultados de pH, alumínio, amônia, nitrato, condutividade elétrica e ferro total, obtidos nos poços tubulares da cidade de Parintins, vazante do rio Amazonas, considerando esse período o de maior variação de acordo com os estudos realizados nos 26 poços tubulares. Observa-se, que o pH das águas desses poços apresentaram-se bastante ácidos nas duas áreas urbana e suburbana, variando de 3,6 a 5,1, uma característica considerada natural das águas Amazônicas devido sua vegetação ser bastante

densa. Para o alumínio, em alguns poços o valor máximo permitido foi igual ou maior que 0,2 mg/L, tendo ultrapassado esse padrão de acordo com a norma vigente do Ministério da saúde, isso pode ser atribuído às características geológicas do local de estudo ou ainda a proximidade e o tipo de atividades humanas desenvolvidas próximas aos locais de captação.

Quadro 1 – Resultados de parâmetros avaliados em poços tubulares de Parintins. Fonte: Autor¹; SGB-CPRM (2019)²; TEIXEIRA (2019)³

Poços	pH			Alumínio (mg/L)			Amônia (mg/L)			Nitrato (mg/L)			C.E. µS/cm			Ferro Total		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
01	-	4,4	4,6	-	0,27	0,220	-	0,04	0,01	-	10,6	6,6	-	65	67,2	-	<0,01	0,053
02	-	3,7	4,5	-	1,56	0,380	-	0,03	0,04	-	34,7	4,2	-	240	87,2	-	0,03	0,054
03	-	3,6	4,1	-	2,27	1,640	-	2,36	0,03	-	50,8	12,4	-	339	204,1	-	<0,01	0,087
04	-	3,7	4,0	-	1,54	2,276	-	2,38	2,11	-	37,9	6,6	-	284	247,8	-	<0,01	0,078
05	-	4,0	4,2	-	0,08	1,583	-	0,04	1,70	-	4,74	4,2	-	37	222,2	-	<0,01	0,060
06	-	4,1	4,8	-	0,40	0,058	-	0,25	0,02	-	25,6	12,4	-	122	34,9	-	0,10	0,042
07	-	3,8	4,3	-	0,74	0,454	-	0,39	0,14	-	29,9	6,6	-	151	161,4	-	<0,01	0,274
08	-	3,6	4,0	-	2,21	1,675	-	0,36	2,38	-	70,8	4,2	-	303	237,6	-	0,04	0,047
09	-	3,9	4,0	-	1,80	1,411	-	1,71	0,58	-	47,3	12,4	-	301	227,6	-	<0,01	0,055
10	-	3,8	4,3	-	0,75	0,632	-	0,59	0,21	-	22,9	6,6	-	167	173,3	-	0,05	0,149
11	-	3,9	4,3	-	1,71	0,906	-	0,69	0,31	-	45,2	4,2	-	269	205,3	-	0,15	0,125
12	-	3,8	4,7	-	0,07	0,035	-	<0,013	0,04	-	6,30	12,4	-	35	33,5	-	<0,01	0,047
13	-	4,0	4,4	-	0,73	0,465	-	<0,013	0,02	-	27,8	6,6	-	132	90,7	-	<0,01	0,066
14	-	4,1	4,4	-	0,29	0,161	-	<0,013	0,02	-	12,3	4,2	-	74	62,8	-	<0,01	0,070
15	-	3,8	4,6	-	0,11	0,061	-	<0,013	0,02	-	4,08	12,4	-	42	36,6	-	<0,01	0,062
16	-	3,9	4,6	-	0,13	0,065	-	<0,013	0,03	-	5,08	6,6	-	39	43,5	-	0,02	0,133
17	-	3,8	4,4	-	0,08	0,065	-	0,06	0,05	-	6,10	4,2	-	50	37,5	-	<0,01	0,057
18	-	3,8	4,6	-	0,04	0,025	-	0,13	0,04	-	3,30	12,4	-	27	37,4	-	0,01	0,080
19	-	3,7	3,9	-	2,53	2,161	-	0,80	0,59	-	86,7	6,6	-	373	236,4	-	0,06	0,095
20	-	3,7	4,4	-	0,78	0,460	-	0,24	0,05	-	43,1	4,2	-	192	84,4	-	0,31	0,365
Vila Cristina	4,9	4,5	-	0,030	0,03	-	0,000	<0,013	-	1,75	1,69	-	20	20	-	0,07	0,07	-
Paranap-nema- São Miguel	4,8	4,4	-	0,006	0,02	-	0,000	0,02	-	2,50	1,60	-	21	21	-	0,06	<0,01	-
Paranap-nema- São Pedro	4,8	4,0	-	0,001	0,03	-	0,000	<0,013	-	1,55	1,57	-	20	20	-	0,04	<0,01	-
Macurany- Santa Luzia	4,9	4,5	-	0,010	0,02	-	0,000	<0,013	-	1,10	1,51	-	20	20	-	0,12	<0,01	-
Aninga-Santa Terezinha	5,1	4,5	-	0,000	<0,01	-	0,110	<0,013	-	3,10	0,81	-	20	16	-	0,05	<0,01	-
Aninga-Ramal dos Reis	4,9	4,4	-	0,003	0,02	-	0,100	<0,013	-	1,70	0,91	-	30	19	-	0,19	<0,01	-
VMP Portaria 05/2017/MS	6,0 a 9,5			0,2 mg/L			1,5 mg/L			10 mg/L			N/A			0,3 mg/L		

Considerando as análises apresentadas nesse estudo, de acordo com o Quadro 1, os padrões de potabilidade foram mais frequentemente ultrapassados nos parâmetros nitrato e alumínio. Considerando que as análises em 1 foram feitas por este trabalho e as análises 2 e 3 por SGB-CPRM (2019) e TEIXEIRA (2019), respectivamente. A amônia foi ultrapassada em três pontos analisados, na faixa de 1,7 a 2,3 mg/L indicando contaminação recente por efluentes sanitários, e o padrão de ferro, apenas no ponto 20, está na média do valor máximo permitido de 0,3, pela Portaria GM/MS nº 888/2021.

Quadro 1 – Teor de nitrato em poços tubulares de Parintins. Fonte: Autores (2022)

Poços Tubulares	Nível estático	Profundidade Nível estático	Nitrato (mg/L) cheia	Nitrato (mg/L) vazante	Vulnerabilidade
1	>5m	5,20 m a 8,80 m	8,2	6,6	Média
2	>5m	5,20 m a 8,80 m	5,9	4,2	Média
3	>5m	5,20 m a 8,80 m	7,2	12,4*	Média
4	<5m	3,50 m a 4,90 m	15,0*	14,6*	Alta
5	<5m	3,50 m a 4,90 m	15,1*	11,9*	Alta
6	>5m	5,20 m a 8,80 m	4,6	2,5	Média
7	>5m	5,20 m a 8,80 m	6,2	14,7*	Média
8	<5m	3,50 m a 4,90 m	9,1	15,6*	Alta
9	<5m	3,50 m a 4,90 m	13,9*	20,9*	Alta
10	<5m	3,50 m a 4,90 m	8,6	9,4	Alta
11	<5m	3,50 m a 4,90 m	12,9*	12,3*	Alta
12	>5m	5,20 m a 8,80 m	3,3	5,1	Média
13	>5m	5,20 m a 8,80 m	6,1	9,9	Média
14	>5m	5,20 m a 8,80 m	3,1	6,6	Média
15	>5m	5,20 m a 8,80 m	3,9	4,5	Média
16	<5m	3,50 m a 4,90 m	5,1	4,6	Alta
17	>5m	5,20 m a 8,80 m	2,5	5,8	Média
18	>5m	5,20 m a 8,80 m	4,3	4,2	Média
19	>5m	5,20 m a 8,80 m	13,0*	20,4*	Média
20	<5m	3,50 m a 4,90 m	5,8	13,9*	Alta
21	>5m	5,20 m a 8,80 m	1,7	1,7	Média
22	>5m	5,20 m a 8,80 m	2,5	2,5	Média
23	>5m	5,20 m a 8,80 m	1,5	1,5	Média
24	>5m	5,20 m a 8,80 m	1,1	1,1	Média
25	>5m	5,20 m a 8,80 m	3,1	3,1	Média
26	>5m	5,20 m a 8,80 m	1,7	1,7	Média
VMP Portaria 05/2017/MS	VMP Portaria 05/2017/MS			10 mg/L	

* Análises que ultrapassaram o padrão de potabilidade

No período de vazante, em 9 localidades investigadas a concentração de nitrato ultrapassou o limite padronizado pela Portaria 5/2017 (10 mg/L). Já no período de cheia, foram 5 localidades onde esse padrão foi ultrapassado, nesses pontos (04, 05, 09, 11 e 19) esse padrão foi alto nos dois períodos, diagnosticando uma provável contaminação do aquífero nos intermédios desses locais (fonte de poluição mais provável as fossas sépticas). Essa contaminação se torna ainda mais grave devido à vulnerabilidade das águas subterrâneas ser alta em quatro (04,05,09,11) destes cinco pontos. A vulnerabilidade ainda é alta em mais quatro locais (08,10,16 e 20).

Voltando a se falar do nitrato, nas Figuras 2 e 3 a seguir, através da interpolação por krigagem, pode-se observar a tendência da parte norte da área de estudo ter valores de concentração de nitrato mais alta, tanto no período de cheia (menor magnitude) quanto de vazante (maior magnitude). Nota-se pela interpolação por krigagem que as áreas mais ao norte e noroeste do município têm maior concentração de nitrato, ultrapassando o limite permitido da portaria do Ministério da Saúde principalmente no período de vazante. A área urbana da cidade localizada no norte da área de estudo visivelmente tem uma concentração maior de nitrato se comparado à zona suburbana - fato este que pode acontecer devido à existência de muitas fossas negras e sépticas ao longo do município.

Figura 2 – Krigagem da concentração de nitrato no período da cheia. Fonte: Autores (2022)

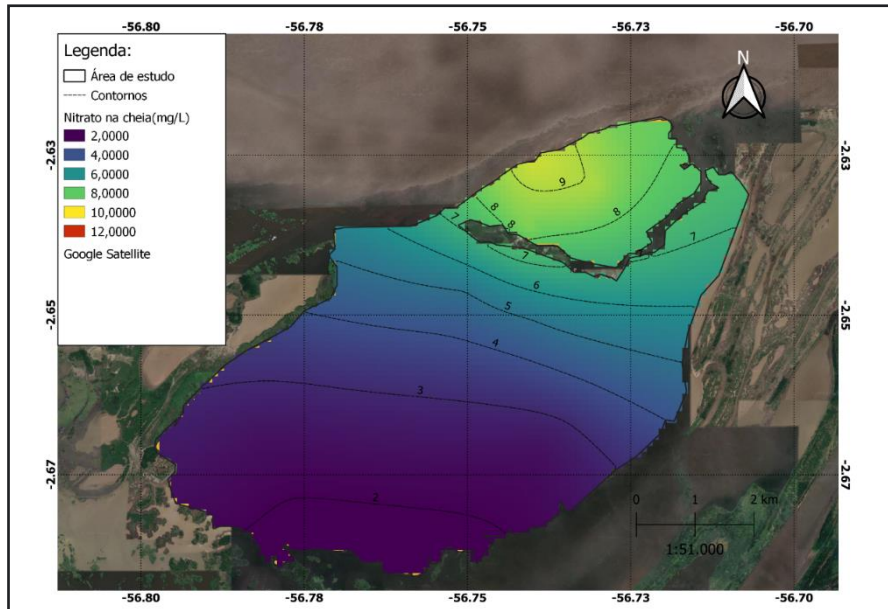
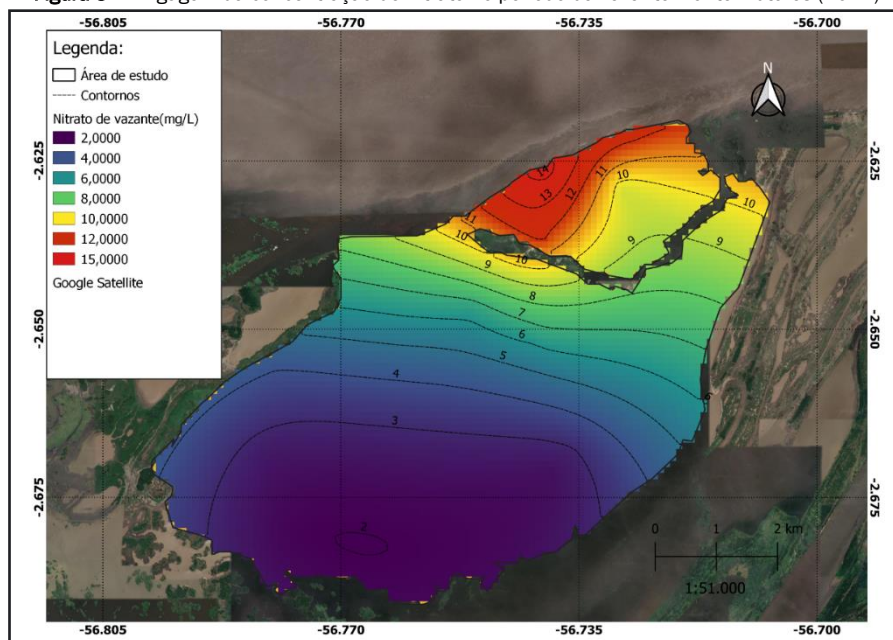
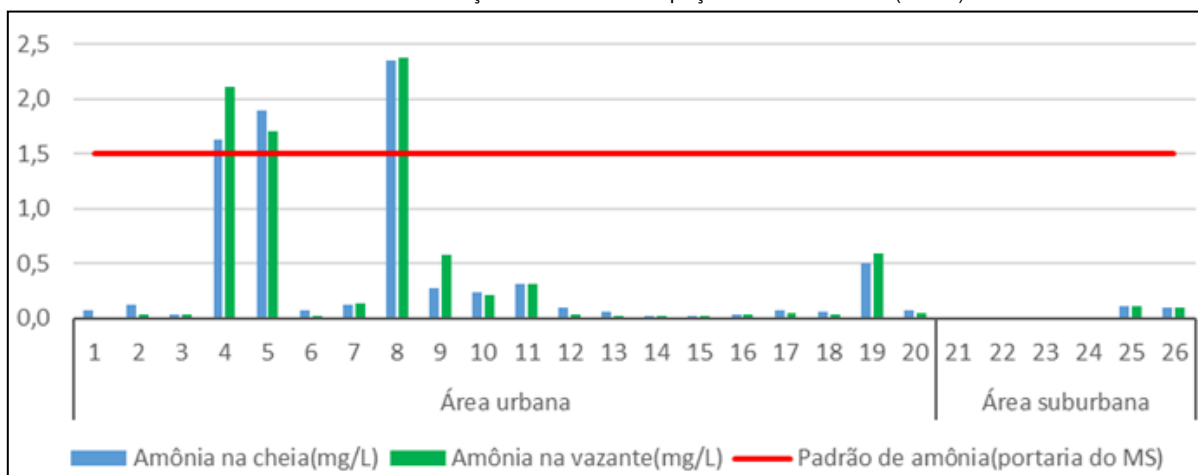


Figura 3 – Krigagem da concentração de nitrato no período da vazante. Fonte: Autores (2022)



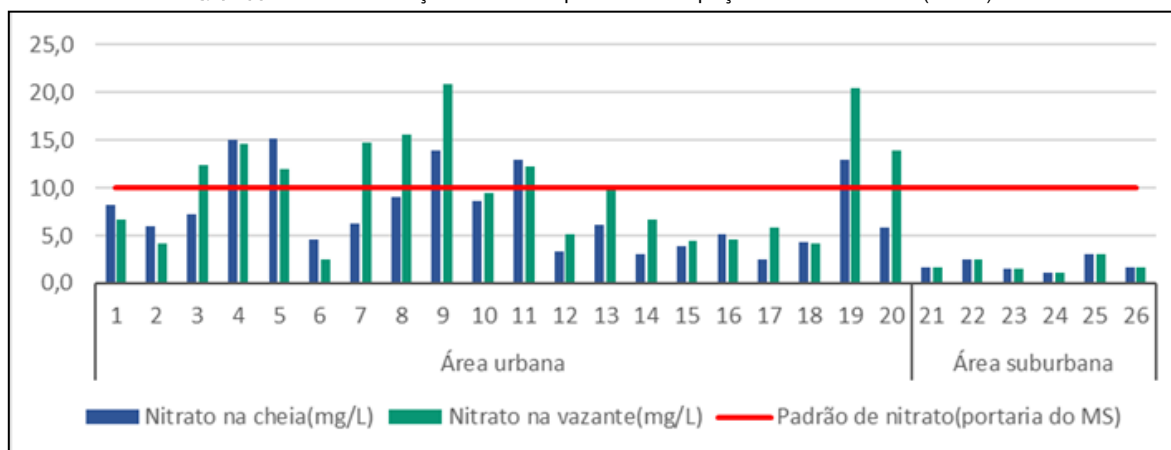
No âmbito dos parâmetros nitrogenados, a amônia é um parâmetro indicador de contaminação recente de esgotos (nitrogênio é um nutriente encontrado em efluentes), pode-se observar no Gráfico 1, que os poços 4, 5 e 8 – da área urbana – ultrapassam o padrão de potabilidade do Ministério da Saúde, tanto no período de cheia quanto no período de vazante. Isso é uma indicação de poluição nessas áreas em torno desses poços.

Gráfico 1 – Concentração de amônia nos poços. Fonte: Autores (2022)



O gráfico 2, mostra a concentração de nitrato analisada em todos os poços, em dois períodos (cheia e vazante). Infere-se a partir dele que nove poços dos vinte dentro da zona urbana têm ultrapassagem do limite da Portaria do Ministério da Saúde (poços 3,4,5,7,8,9,11,19 e 20). As concentrações são mais frequentemente ultrapassadas no período de vazante, de menos chuvas.

Gráfico 2 – Concentração de nitrato por área nos poços. Fonte: Autores (2022)



Já os gráficos 3 e 4 a seguir colocam a porcentagem de amostras analisadas com ausência e presença de coliformes totais e E. coli (coliformes termotolerantes) para cada poço estudado (sete amostras para cada poço). Observa-se que cinco dos vinte poços da área urbana tiveram uma porcentagem de amostras com coliformes totais acima de 20%. Sete destes poços tiveram ausência de coliformes totais. Já dentro da área suburbana, nenhum dos poços teve presença de coliformes totais em nenhuma das amostras. Já com relação à E. coli, nenhuma das amostras teve presença desse indicador microbiológico no período avaliado.

Gráfico 3 – Presença de coliformes totais. Fonte: Autores (2022)

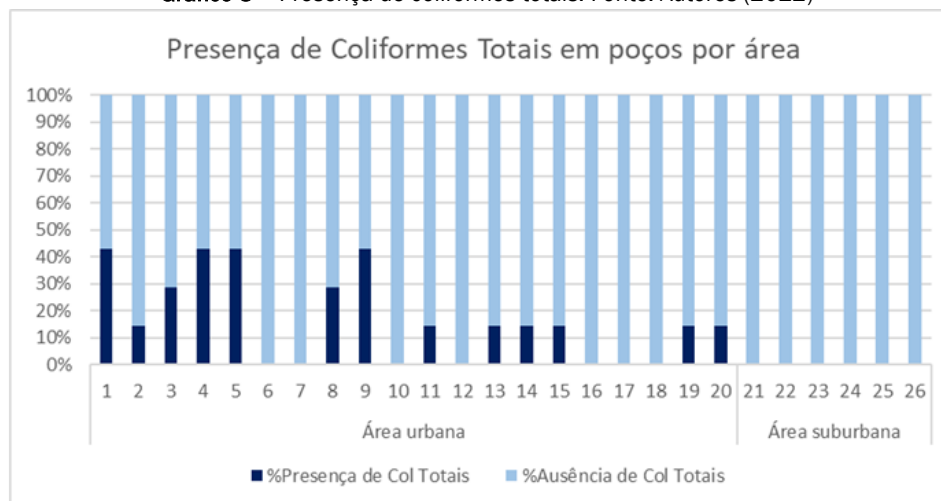
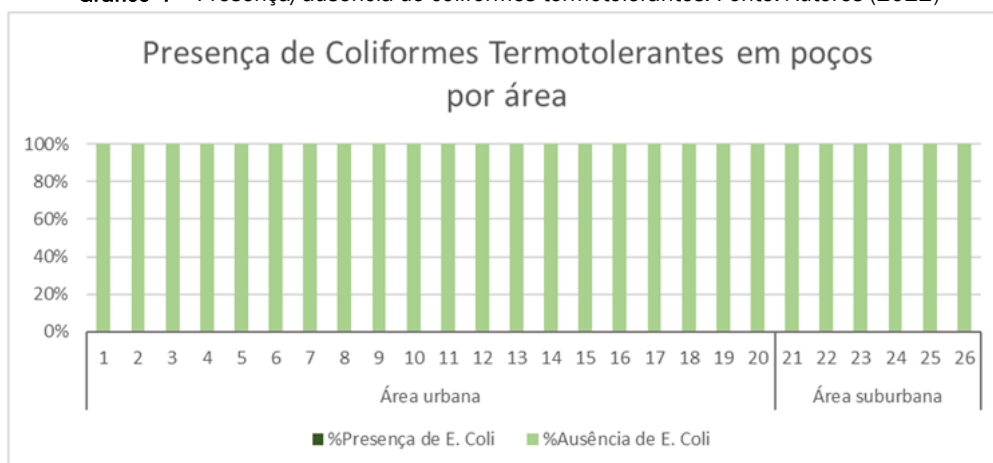


Gráfico 4 – Presença/ausência de coliformes termotolerantes. Fonte: Autores (2022)



7. CONCLUSÕES

O Aquífero Alter do Chão é uma importante reserva estratégica de água subterrânea para a região amazônica, principalmente no que se refere ao abastecimento urbano, por ser fonte de abastecimento para vários municípios da região. Vale ressaltar que na cidade de Parintins o abastecimento urbano é feito, exclusivamente, por poços tubulares de captação subterrânea do lençol freático do aquífero Alter do Chão. Diante do exposto, destacamos a relevância do planejamento das atividades de uso e ocupação do solo, no entorno dos poços tubulares de Parintins, para que os riscos de contaminação antrópica sejam mitigados. Importante também o monitoramento da qualidade dos poços de forma contínua. Destaca-se a utilização de dados de vulnerabilidade, cargas e risco de contaminação como subsídios à gestão dos recursos hídricos em Parintins no Amazonas.

Além disso, é importante a averiguação de indicadores de qualidade da água subterrânea a fim de prevenir a poluição desses corpos hídricos. No caso de uma área como a sede de Parintins, que apresenta índices baixos de saneamento básico e de tratamento de esgotos, essa questão se torna mais evidente na área urbana onde existe maior concentração antrópica e um número grande de fossas, muitas delas com proteção de solo inadequada. A partir deste estudo e das análises químicas e microbiológicas realizadas, infere-se que existe uma interferência na qualidade da água subterrânea da cidade de Parintins, pelo fato de o parâmetro nitrato ter sido encontrado em concentrações altas, acima da Portaria de potabilidade, em muitos poços amostrados.

Além disso, alguns poços tiveram concentrações altas de amônia, indicando uma possível contaminação recente de esgotos sanitários nas áreas próximas a esses poços. Os parâmetros microbiológicos averiguados não mostraram presença de E. coli, porém, devido a presença razoavelmente constante de coliformes totais, sugere-se uma nova pesquisa, com outras amostras nestas áreas, sobretudo nos poços com níveis altos de nitrato e amônia.

Portanto, recomenda-se que sejam monitorados os poços de abastecimento e as zonas de proteção desses poços, a fim de evitar maiores contaminações do aquífero Alter do Chão, na região mais próxima à superfície, por estar mais suscetível à contaminação.

Sugere-se também o monitoramento de novos empreendimentos, próximos às estações e poços de abastecimento, que apresentem riscos de contaminação para as águas subterrâneas, e possam utilizar dados de vulnerabilidade, cargas e risco de contaminação como subsídios à gestão dos recursos hídricos em Parintins no Amazonas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado.

REFERÊNCIAS

Alaburda, Janete; Nishihara, Linda. **Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços**. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rsp/a/p6Y6yDNxP9pr7KczHGyy5D/?lang=pt>>. Acessado em 28 out. 2021.

APHA. **American Public Health Association. AWWA – American Water Works Association of Water Environment Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23th ed. APHA/AWWA/WEF: Washington, 2017.

Baird, Colin. **Química Ambiental**. 2 edição, 2007.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68. Brasília, DF, 2008.

BRASIL. **Portaria do Ministério da Saúde nº 5/2017**. Dispõe sobre o Controle e da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade, Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2017.

BRAGA, Erika Sampaio et al. Avaliação da qualidade de águas subterrâneas localizadas no litoral, serra e sertão do Estado do Ceará destinadas ao consumo humano. **Águas subterrâneas**, v. 32, n. 1, p. 17-24, 2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Variáveis de Qualidade da Água e Objetivos do Diagnóstico de Qualidade da Água**. Escola Superior da CETESB. São Paulo: CETESB, 62P, 2017.

CORCÓVIA, Josilaine Amancio; CELLIGOI, André. Avaliação preliminar da qualidade da água subterrânea no município de Ibiporã-PR. **REA - Revista de estudos ambientais (Online)** v. 14, n. 2 esp., p. 39-48, 2012.

FACHIN, Odília. **Fundamentos de metodologias**. 2001.

FILHO, VALMOR JOSÉ FREDDO. **Qualidade das Águas Subterrâneas rasas do Aquífero Barreiras: estudo de caso em Benevides - PA**. BELÉM, 2018. Disponível em:<https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/19641/1/dissertacao_freddo_filho.pdf>. Acessado em 28 out. 2021.

MARMOS, J. L.; CALVO, B. D. R. **Avaliação Técnica do Sistema Público de Abastecimento de Água da Cidade de Parintins (AM)**. Serviço Geológico do Brasil - CPRM/Manaus, AM, 58p. 2019.

PICANÇO, F. E. L.; LOPES, E. C. S.; SOUZA, E. L. de. Fatores responsáveis pela ocorrência de ferro em águas subterrâneas da região metropolitana de Belém/PA. **XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, 2002.

SAAE. Serviço Autônomo de Água e Esgoto. Parintins, 2020.

SANTOS. A. C. Noções de Hidroquímica. In: FEITOSA, F. C., MANOEL FILHO, J. (coord.). **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. Fortaleza: CPRM/UFPE, 1997.

SANTOS, M. J. **Mapa do Risco de Contaminação das Águas Subterrâneas em Parintins – AM Como Subsídios à Gestão dos Recursos Hídricos**. Universidade do Estado do Amazonas - UEA. Dissertação de Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua. Parintins: UEA, 2021. 154p.

TEIXEIRA, J. R. S. **Caracterização da qualidade e vulnerabilidade dos corpos de água subterrânea como subsídios para a gestão dos recursos hídricos na cidade de Parintins, Amazonas, Brasil**. Universidade do Estado do Amazonas - UEA. Dissertação de Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua. Parintins: UEA, 2019. 100p.

VASCONCELOS, M. B.; CAJAZEIRAS, C. C. A.; SOUSA, R. R. 2019. **Aplicação da Condutividade Elétrica da Água nos Estudos Hidrogeológicos da Região Nordeste do Brasil**. Disponível em:<https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/21644/1/aplicacao_da_condutividade_eletrica.pdf>. Acessado em 28 out. 2021.