

ANÁLISE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DE POÇOS RASOS NO ASSENTAMENTO ITAMARATI EM PONTA PORÃ, MATO GROSSO DO SUL

DOI: 10.19177/rgsa.v8e3201988-114

Paulo Tetsuo de Oliveira¹

Ivan Ramires²

RESUMO

A água distribui-se na atmosfera e na parte superficial da crosta até uma profundidade de aproximadamente 10 km abaixo da interface atmosfera/crosta, constituindo a hidrosfera, que consiste em uma série de reservatórios como os oceanos, geleiras, rios, lagos, vapor de água atmosférica, água subterrânea e água retida nos seres vivos. Com sua notável e expressiva área hídrica, o Brasil detém uma posição de destaque quando se trata de reservas de água doce. Com grande disponibilidade confinada (aquíferos) de boa qualidade. A área em estudo faz parte da zona rural do município de Ponta Porã-MS e está localizado a 45 km da cidade de Ponta Porã e a 21 km da faixa de fronteira. Dessa forma, o presente trabalho consiste no monitoramento físico-químico das águas subterrâneas a nível freático de determinadas áreas do Distrito de Nova Itamarati e adjacências, considerando as possíveis atividades de impacto. As áreas amostradas tiveram seus parâmetros físico-químicos monitorados e avaliados ao longo de 2017 a fim de comprovar a qualidade destas águas.

Palavras-chaves: Qualidade da água. Assentamento Itamarati. Ponta Porã-MS.

¹ Graduado em Gestão Ambiental pela Universidade Federal da Grande Dourados (2013). Especialista em Gestão de Projetos pela UNIDERP-ANHANGUERA. Mestrando em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal da Grande Dourados. E-mail: tetsuooliveira@gmail.com

² Docente no Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Química Industrial pela Universidade Federal de Santa Maria (1994), mestrado em Química pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1998) e doutorado em Química pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2002). Atualmente é Professor Associado I da Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD. E-mail: ivanramires@ufgd.edu.br

QUALITY ANALYSIS OF WALLOW WELL WATER IN THE ITAMARATI SETTLEMENT IN PONTA PORÃ, MATO GROSSO DO SUL

ABSTRACT

The water is distributed in the atmosphere and the surface of the crust to a depth of approximately 10 km below the atmosphere/crust interface, constituting the hydrosphere, consisting of a series of reservoirs such as oceans, glaciers, rivers, lakes, steam atmospheric water, groundwater and retained water in living beings. With its remarkable and expressive water area, Brazil holds a prominent position when it comes to fresh water. With great availability confined (aquifers) of good quality. The study area is part of the rural area of the municipality of Ponta Porã and is located 45 km from the city of Ponta Porã-MS and 21 km from the border strip. Thus, the present work consists of the physical-chemical monitoring of groundwater at groundwater level in certain areas of the District of Nova Itamarati and its surroundings, considering possible impact activities. The sampled areas had their physico-chemical parameters monitored and evaluated throughout 2017 in order to prove the quality of these waters.

Keywords: Water quality. Itamarati Settlement. Ponta Porã-MS.



1 INTRODUÇÃO

Com sua notável e expressiva área hídrica, o Brasil detém uma posição em destaque quando se trata de água doce. Com grande disponibilidade superficial e confinada (aquíferos) de boa qualidade, facilmente explorável para usos múltiplos (navegação, indústria, saneamento, domésticos e produção) nutriu a “cultura” do desperdício, mesmo que despreziosamente.

Ao se tratar de águas subterrâneas o Brasil encontra-se em uma posição confortável. De acordo com o Atlas Brasil, as reservas renováveis de águas subterrâneas no País atingem em torno de 42,3 mil m³/s, ou 24% do escoamento médio dos rios em território nacional e 46% da disponibilidade hídrica superficial (ANA, 2010).

Em função do baixo custo e da facilidade de perfuração, a captação de água

de poços rasos é frequentemente utilizada no Brasil, muitas vezes sem qualquer controle de qualidade (BURGOS et al., 2014).

O Distrito de Nova Itamarati figurou nas décadas de 1970, 1980 e parte da década de 90 um polo tecnológico de inovação no cenário da agroindústria nacional, onde chamava-se Fazenda Itamarati.

Em alguns anos, a Itamarati atingiu padrões de produtividade jamais vistos no país. Graças ao impulso dado pela Itamarati, a área cultivada de soja no cerrado passou de 4.000 hectares no começo da década de 70 para mais de 3 milhões de hectares (TERRA, 2010).

Entretanto, a partir dos anos 2000 tornou-se em um assentamento rural denominado Assentamento Itamarati e posteriormente, em março de 2015, foi elevado a divisão administrativa de Distrito de Nova Itamarati.

Com relação a classe de solo constituída na área em estudo, está distribuída na sua maior parte pelo Latossolo-Roxo com representatividade de 67%, seguido pelo Latossolo-Vermelho-Escuro com 21% respectivamente (URCHEI et al., 2002).

Na classe do Latossolo-Roxo o percentual de óxido férrico está na ordem de no mínimo 18%, enquanto que no Latossolo-Vermelho-Escuro pode variar entre 8% a 18%, já os percentuais de argila variam de 38% a 74% para o Latossolo-Roxo e inferiores a 8% para o Latossolo-Vermelho-Escuro. Ambos são solos profundos e muito profundos, extremamente intemperizados, acentuadamente drenados, friáveis, muito porosos e permeáveis (URCHEI et al., 2002).

A precipitação média da região na qual o Assentamento Itamarati se insere está em torno de 1.400 a 1.500 mm/ano, apresentando um período mais chuvoso (setembro a maio) e outro mais seco (junho a agosto). Dezembro e janeiro são os meses com a maior precipitação, com médias superiores a 150 mm, e julho é o que apresenta a menor média de chuva, inferior a 40 mm (URCHEI et al., 2002).

O clima predominante na região é do tipo Cwa de Köppen, caracterizado por clima úmido, inverno seco e verão quente, pois a temperatura do mês mais frio (junho/julho) é inferior a 18 °C e o total de chuva no verão (janeiro, fevereiro, e parte de dezembro e março) supera em mais de dez vezes a menor precipitação mensal (URCHEI et al., 2002).

No tocante legal, o uso das águas subterrâneas é regulamentado pela Resolução Conama nº 396 de 2008 onde dispõe sobre as diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas bem como sua classificação. Para os padrões sanitários, a Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011 dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

A água subterrânea apresenta, geralmente, excelentes qualidades químicas e físicas, sendo apta para o consumo humano, muitas vezes sem tratamento prévio. A contaminação ocorre quando alguma alteração na água coloca em risco a saúde ou bem-estar de uma população. As fontes mais comuns de contaminação são os sistemas de saneamento *in situ* (fossas negras) e a aplicação de fertilizantes nitrogenados na agricultura (HIRATA, 2003).

Considerando as informações supracitadas bem como a garantia de acesso à água de qualidade para consumo humano, o presente trabalho consiste no monitoramento físico-químico das águas subterrâneas a nível freático de determinadas áreas do Distrito de Nova Itamarati e adjacências, considerando as possíveis atividades de impacto. As áreas a serem amostradas tiveram seus parâmetros físico-químicos monitorados e avaliados ao longo de 2017 a fim de comprovar a qualidade destas águas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O Distrito faz parte da zona rural do município de Ponta Porã, está localizado a 45 km da cidade de Ponta Porã e a 21 km da faixa de fronteira com o Paraguai (URCHEI et al., 2002).

Atualmente, o Itamarati possui aproximadamente 15 mil habitantes distribuídos em toda sua área, conta com um pequeno centro urbano onde é possível a negociação de produtos e serviços.

A distribuição de água potável no Distrito é realizada por poço artesiano e uma caixa d'água central que serve apenas a uma parcela dos habitantes, sendo a outra

parcela obrigada a perfurar seus próprios poços, o que é uma prática comum no meio rural onde as águas são consumidas sem quaisquer medidas de tratamento prévio (fervura por exemplo) bem como as características de engenharia dos poços rasos.

Com relação aos poços rasos monitorados, sua profundidade oscila entre 6,0 e 14,0 metros, perfurados manualmente ou por meio de sonda perfuratriz, sugerindo que a água consumida pelos habitantes é do nível freático. É nesta zona em que os poços rasos para uso doméstico são perfurados em virtude da profundidade e acessibilidade do aquífero o que faz com que as áreas em estudo demonstrem características necessárias para a sua exploração.

O objeto em estudo apresenta elevada diversidade no que tange ao uso e ocupação do solo. Dessa forma, é comum encontrar assentados que praticam as mais diversas modalidades da agropecuária e práticas comerciais do segundo setor, tais como: pecuária leiteira, monoculturas, olericultura, agricultura orgânica, comércio de vendas e prestação de serviços. Formando um mosaico rural-urbano fomentado pela distância entre o centro comercial mais próximo (Ponta Porã-MS).

A Tabela 1 refere-se as coordenadas geográficas dos poços bem como sua profundidade.

Tabela 1. Coordenadas geográfica dos poços de captação de água.

Pontos	Coordenadas Geográficas		Profundidade (m)*
	Latitude	Longitude	
-	-	-	-
Poço 2	22°11'51.47"S	55°34'21.41"O	14
Poço 3	22°12'13.60"S	55°34'23.32"O	12
Poço 4	22°12'54.34"S	55°34'15.26"O	7
Poço 5	22°12'0.60"S	55°34'15.06"O	12
-	-	-	-
Poço 7	22°12'14.40"S	55°36'24.17"O	12
Poço 8	22°12'9.96"S	55°36'3.22"O	13,5

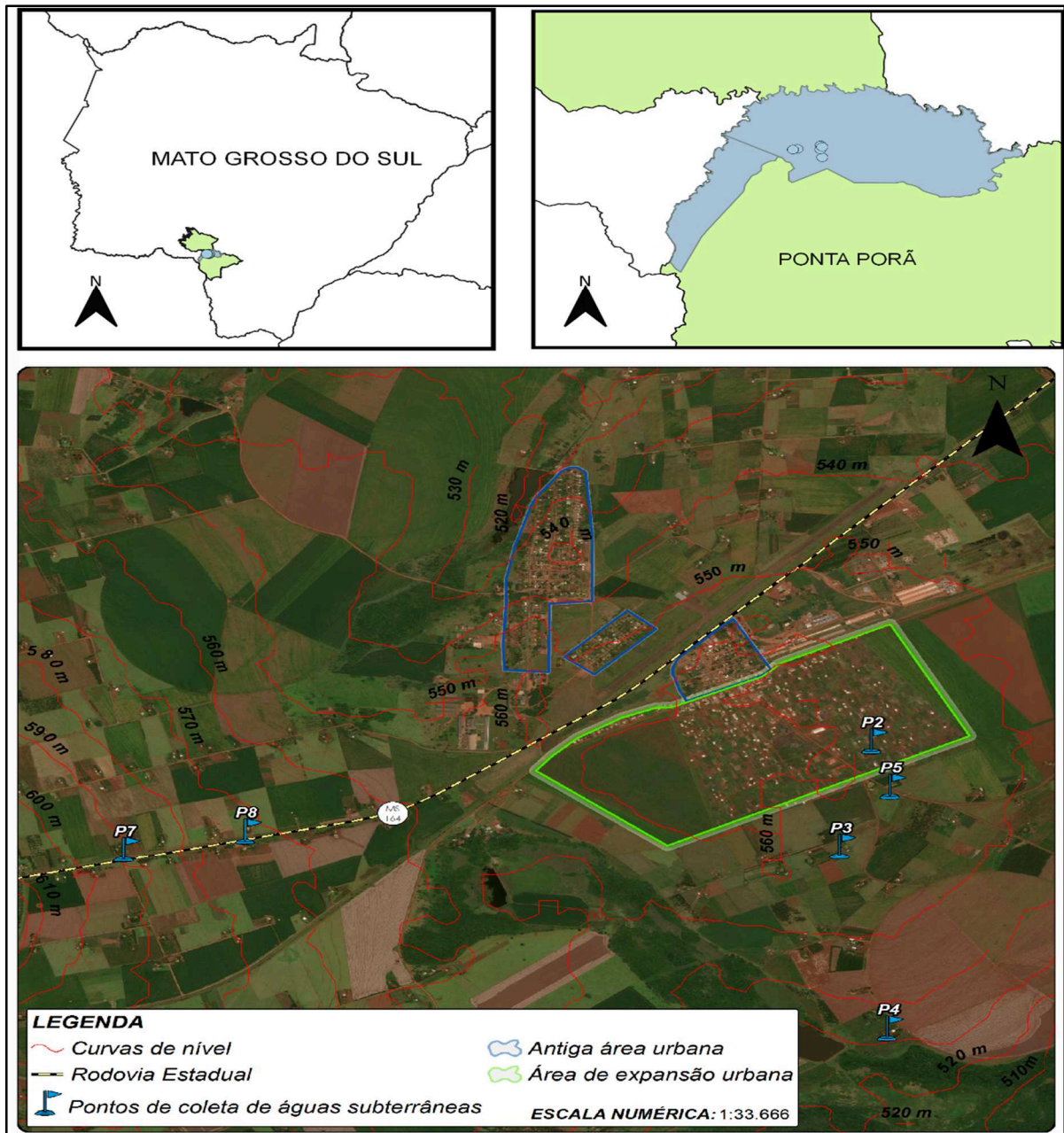
(-) Pontos suprimidos. Fonte: Próprios autores.

A partir das informações supracitadas, para realização das amostragens foram definidos oito pontos de coletas, distribuídos no Distrito de Nova Itamarati (Figura 1) (dois pontos), área de lavoura convencional (dois pontos), pecuária leiteira (dois pontos) e agricultura familiar (dois pontos). Neste estudo foram monitorados

mensalmente a qualidade de água dos seis poços rasos (cacimbas) entre janeiro e dezembro de 2017. Ressalta-se que dois pontos amostrados (P1 e P6) foram suprimidos por motivos de obstrução ao acesso ao local impossibilitando a coleta das amostras ao longo de 2017.

Figura 1. Localidade dos poços monitorados ao longo de 2017.





Fonte: Próprios autores.

2.2 Parâmetros físico-químicos monitorados

O presente estudo avaliou os seguintes parâmetros: potencial Hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), turbidez, sólidos totais dissolvidos (STD), sólidos totais (ST), matéria orgânica (MO), acidez total, acidez carbônica, alcalinidade, cloretos, dureza total, dureza cálcio e magnésio e oxigênio dissolvido (OD) (Tabela 2).

Em todos os pontos amostrados, foram determinados “*in loco*” temperatura, pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos por meio de aparelho Apera Instruments, modelo PH60. As análises referentes aos metais pesados foram realizadas no laboratório de Química Ambiental e Instrumental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Os demais parâmetros foram medidos no laboratório de Físico-Química da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas da UFGD (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros avaliados e métodos utilizados.

Parâmetro	Método APHA/2012 #2000	Equipamento
Acidez total	Titulométrico	-
Acidez carbônica	Titulométrico	-
Alcalinidade total	Titulométrico	-
Cloretos	Titulométrico	-
Condutividade	Eletrométrico	Apera Instruments PH60
Dureza	Titulométrico EDTA	-
Dureza cálcio e magnésio	Titulométrico	-
Matéria orgânica	Titulométrico	-
OD	Iodometria de Winckler/Potenciométrico	Sonda YSI Professional Plus
pH	Potenciométrico	Apera Instruments PH60
Temperatura	-	Apera Instruments PH60
STD	Condutância específica	Apera Instruments PH60
Turbidez	Nefelométrico	Turbidímetro – Modelo TD 200 Instrutherm

Fonte: Próprios autores.

2.3 Análise do sulfato e fosfato inorgânico dissolvido

A determinação de sulfato foi baseada no Método 9038 da Agência de Proteção Ambiental estadunidense (EPA) por turbidimetria. Este método é aplicável para águas subterrâneas, água potável e superficiais, domésticas e industriais. O método consiste no íon de sulfato ser convertido para sulfato de bário suspenso sob condições

controladas. O resultado da turbidez é determinado por espectrofotometria com uso de curva analítica preparada a partir de soluções de sulfato padrão. Estes ensaios foram realizados no Laboratório de Espectrofotometria e Cromatografia Aplicada e no Laboratório de Físico-Química da Universidade Federal da Grande Dourados.

Para determinação do fosfato inorgânico dissolvido, foi utilizado a metodologia de Strickland e Parsons (1965), onde a determinação da concentração de uma substância é realizada por espectrofotometria a partir de uma série de concentrações previamente conhecidas.

2.4 Metais

Foram efetuadas análises de água utilizando processo de quantificação por espectrômetro de absorção atômica por chama (GBC932 AA). As determinações foram realizadas nos seis poços estudados para água (P2, P3, P4, P5, P7 e P8), apenas para o período de seca, na tentativa de elucidar a presença de alguns metais em água.

Na quantificação dos metais foi utilizado o espectrofotômetro de absorção atômica por chama (GBC932 AA), com correção de fundo feita por lâmpada de deutério, chama de acetileno-ar para os metais ferro, chumbo e zinco e chama de acetileno-óxido nitroso para o alumínio. Para os demais parâmetros operacionais foram seguidas as recomendações feita pelo fabricante do equipamento.

As análises referentes aos metais pesados foram realizadas no laboratório de Química Ambiental e Instrumental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) campus Marechal Rondon.

2.5 Análise microbiológica

Para confirmação da presença da *E. coli*, foi realizado ensaios em tubos de ensaios contendo meio de cultura específico (Caldo EC e Caldo Verde Brilhante 2%) com tubos de Durhan invertidos, onde foram incubados para o crescimento dos respectivos microrganismos. Após a positividade da presença de *E. coli* nos ensaios anteriores devido a formação de gás nos tubos de Durhan, alíquotas das amostras confirmadas foram semeadas em placas de Petri contendo ágar eosina azul de

metileno (EMB) e incubadas por 24 horas em temperatura de 35 a 37 °C, conforme descrito na metodologia da APHA 9221 de análise microbiológica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Variáveis climáticas

A média pluviométrica é um fator de indicação da quantidade de água precipitada em uma determinada região, a precipitação pluviométrica é o principal fator de recarga direta das águas do nível freático. Em Ponta Porã-MS, o primeiro trimestre de 2016 apresentou a maior média pluviométrica do ano, com 240,8 mm de águas precipitadas. Ao compararmos com o primeiro trimestre de 2017, houve uma queda de 54,53 mm no volume de água precipitada, ficando com uma média de 186,26 mm.

O segundo trimestre de 2016 (abril a junho) apresentou uma queda brusca no volume de chuva, ficando na ordem de 112,81 mm e o mês de abril apresentou a menor média do ano com 5,44 mm. O segundo trimestre de 2016 ficou caracterizado por um regime mensal flutuante com total acumulado de 338,44 mm. Para o ano de 2017, o segundo trimestre apresentou a média de 159,46 com queda gradual entre os respectivos meses, porém, o regime de chuvas se demonstrou bem distribuído, pois houve uma diferença de 139,96 mm de águas precipitadas se comparamos ao mesmo período de 2016.

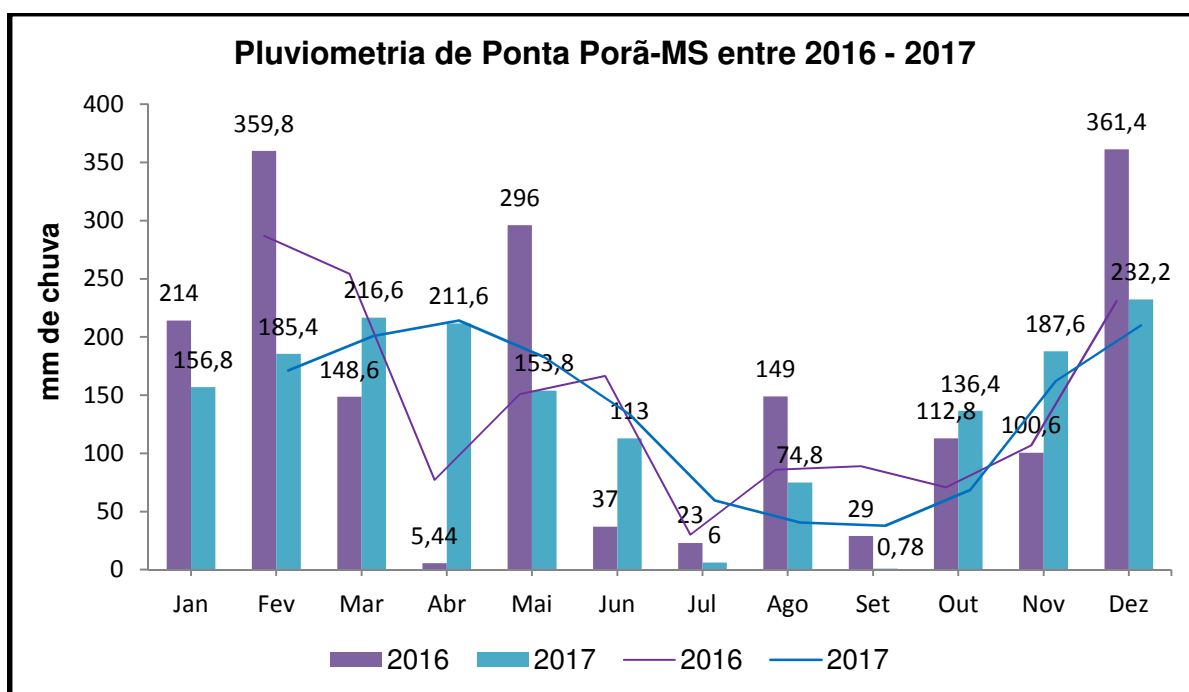
Com relação ao terceiro trimestre de 2016, época das secas, apresentou a média de 67 mm puxado pelo mês de agosto com média atípica de 149 mm. Para a mesma época em 2017, a máxima ficou com 74,8 mm (agosto) e a mínima em 0,78 mm (setembro) caracterizando um período seco, e por conseqüente menor infiltração no solo.

O quarto trimestre de 2016, época das chuvas regulares, teve a média de 191,6 mm onde dezembro apresentou a maior média do ano com 361,4 mm. Para o ano de 2017, o quarto trimestre apresentou um aumento gradual no regime de chuvas com 136,4 mm precipitados em outubro e 232,2 mm em dezembro.

Se compararmos as linhas de tendência dos anos de 2016 e 2017 no Gráfico 1, observamos que em 2016 o regime de chuvas mensal comportou-se oscilante com

três picos acima de 290 mm para fevereiro, maio e dezembro apresentando um acumulado total de 1.836,64 mm. Para 2017, o regime mensal de chuvas manteve-se com oscilações brandas, não registrando picos pluviométricos acima de 290 mm, registrando um total de 1.674,98 mm precipitados para o respectivo ano. Ainda, o volume total de chuvas para 2016 e 2017 ficaram bem acima da média de 1.500 mm anuais, conforme os dados da Embrapa.

Gráfico 1. Pluviometria no município de Ponta Porã-MS.



Fonte: A partir dos dados do Centro de Monitoramento de Tempo, do Clima e dos Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul (CEMTEC-MS).

Sendo assim, ao longo do estudo foi observado que os poços P3, P4 e o P8 apontaram alterações quanto ao fornecimento de água, com início no mês de setembro. Portanto, os poços analisados apresentaram déficit no fornecimento de água no fim do inverno e início da primavera, após três meses de baixa precipitação (julho – setembro). Após três meses consecutivos de chuvas regulares (outubro – dezembro) os poços retornaram à normalidade no fornecimento em dezembro, sugerindo relação direta entre a regularidade na distribuição das chuvas e a recarga das águas subterrâneas no nível freático.

O P3 também escavado manualmente, com 12 metros de profundidade,

apresentou problemas de abastecimento mesmo com maior profundidade. O proprietário precisou aumentar a profundidade de captação no poço para normalizar o abastecimento de água, sendo este, o último recurso empregado após dois meses de tentativas para normalizar a situação.

O P4 apresenta 7 metros de profundidade e também foi escavado manualmente, em setembro o referido poço teve o abastecimento prejudicado devido ao rebaixamento do nível freático, retornando a disponibilizar regularmente água em dezembro naturalmente, sem alterações no sistema de captação. O P8, o único perfurado por equipamento, não estava com a situação do abastecimento totalmente normalizada, até a última coleta era necessário esperar o poço recarregar o nível d'água para que fosse possível a captação.

Nota-se que os problemas de rebaixamento do nível freático iniciaram-se durante a primavera, pouco tempo depois do término do período de baixa pluviometria na região. Após a normalização das precipitações a partir de outubro e com aumento gradativo até dezembro, observou-se a normalização no abastecimento de águas no P4 devido ao aumento do nível freático, sendo este poço o único que não sofreu manutenção ou alterações ao longo do período analisado.

3.2 Resultados dos parâmetros físico-químicos monitorados

A determinação da qualidade das águas subterrâneas é realizada mediante a análise das características físicas, químicas e microbiológicas, pois estão associadas diretamente com a qualidade ambiental e consumo humano, e, portanto, o estudo da qualidade das águas se faz prioritário devido as suas características de uso e consumo onde as variáveis são os principais itens limitantes.

Regulamentada pela Resolução Conama 396/2008, esta resolução classifica as águas subterrâneas quanto ao seu uso em potencial, bem como valores máximos permitidos de substâncias (elementos traços ou não) físicas e químicas, de origem natural ou antrópica, que por qualquer motivo venham apresentar efeitos organolépticos, higienicossanitário e até possível interferência em atividades industriais.


3.3 pH

Com relação ao pH, é um parâmetro avaliativo da qualidade das águas quanto ao grau de acidez ou alcalinidade que dependendo do valor expresso indica a presença de ácidos oriundos de processos naturais ou por atividades antrópicas. A Portaria do Ministério da Saúde 2.914/2011, no Art. 39, inciso 1º, recomenda que o pH das águas para consumo humano deve permanecer na faixa de 6,0 a 9,5.

Para os poços monitorados, os valores do pH oscilaram entre 4,11 (P8) e 6,46 (P4). Com relação aos parâmetros do MS 2.914/2011, o P4 foi o que melhor apresentou o referido parâmetro, pois manteve-se na faixa de 5,32 e 6,46. Os demais pontos apresentaram características moderadamente ácidas (Tabela 3).

De acordo com Mattos et al. (2017), estes resultados indicam que as rochas e os solos que fazem parte dos processos de interação com a água, são, provavelmente, constituídos por materiais que produzem ácidos inorgânicos e orgânicos.

Tabela 3. Variação do pH ao longo de 2017.



	P2	P3	P4	P5	P7	P8
JAN	5,25	5,20	6,03	6,06	5,94	5,83
FEV	5,21	5,40	5,83	5,63	5,48	5,11
MAR	5,97	4,91	6,01	5,17	5,42	5,44
ABR	5,41	5,05	5,52	5,31	5,18	5,42
MAI	4,54	5,33	5,92	5,18	5,39	5,04
JUN	5,44	5,95	6,03	5,55	5,19	4,80
JUL	4,88	4,73	5,32	4,90	5,29	4,89
AGO	5,38	5,10	6,22	5,27	5,50	5,39
SET	5,53	5,41	6,02	5,44	5,46	5,70
OUT	4,89	5,03	5,63	4,30	4,41	4,11
NOV	6,45	-	6,46	5,74	5,61	5,76
DEZ	5,92	5,80	5,79	6,09	5,89	-

Fonte: Próprios autores.

3.4 STD

De acordo com Todd e Mays (2005), os sólidos totais dissolvidos é um parâmetro útil durante a avaliação da qualidade de água, pois indica a quantidade de minerais dissolvidos e dependendo da concentração presente, aponta possíveis indícios de impacto, portanto, águas que contenham valores inferiores a 500 mg L⁻¹ de STD são indicadas para uso doméstico.

As concentrações dos STD para maioria dos pontos amostrados ficaram abaixo dos 100 mg L⁻¹ indicando reduzida concentração de minerais dissolvidos na água dos poços, conforme ilustra a Tabela 4.

Tabela 4. Variação dos STD ao longo de 2017.

	Sólidos Totais Dissolvidos					
	P2	P3	P4	P5	P7	P8
JAN	10,2	8,9	20,87	7,50	8,87	5,70
FEV	17,6	7,2	22,67	12,40	5,17	7,65
MAR	13,70	7,60	14,90	1,00	6,80	4,30
ABR	6,00	6,20	28,70	3,10	4,80	5,70
MAI	75,80	18,20	86,40	15,60	7,40	9,10
JUN	52,20	7,60	28,40	28,60	12,50	21,40
JUL	2,80	2,70	16,60	2,60	6,10	7,20
AGO	16,30	12,60	28,30	3,90	2,18	10,80
SET	5,53	5,41	6,02	5,44	5,46	5,70
OUT	32,11	11,40	17,80	4,50	6,70	4,30
NOV	4,55	-	18,20	4,55	10,40	5,85
DEZ	4,55	3,9	3,90	21,45	7,80	-

Fonte: Próprios autores.

3.5 Condutividade elétrica

Águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ (FUNASA, 2014). Sendo assim, a Tabela 5 ilustra os valores para condutividade nos pontos amostrados que ficaram dentro da faixa de 5 a 130 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, caracterizando bons valores de condutividade da água.

Tabela 5. Variação da condutividade elétrica ao longo de 2017.

Condutividade Elétrica						
	P2	P3	P4	P5	P7	P8
JAN	12,6	12,9	25,78	10,20	10,53	9,30
FEV	15,4	11,3	27,59	18,30	7,24	9,40
MAR	19,30	10,70	21,20	4,10	9,70	6,30
ABR	2,50	9,60	39,30	4,40	6,70	7,90
MAI	108,08	28,00	128,60	21,50	13,20	9,80
JUN	47,90	10,60	39,50	40,50	17,50	31,50
JUL	3,90	3,70	22,90	3,50	8,30	9,60
AGO	20,90	17,60	39,60	12,40	3,08	24,50
SET	7,50	4,60	23,70	2,00	12,70	5,00
OUT	44,40	16,20	24,80	6,20	7,90	6,10
NOV	7,30	-	30,30	7,6	16,20	9,30
DEZ	6,70	5,7	5,80	32,80	12,20	-

Fonte: Próprios autores.

3.6 Turbidez

A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A alteração à penetração da luz na água decorre na suspensão, sendo expressa por meio de unidades de turbidez. A turbidez é provocada por partículas em suspensão, sendo, portanto, reduzida por sedimentação (FUNASA, 2014). A Portaria do Ministério da Saúde 2.914/2011 prevê que em águas subterrâneas o valor não deve exceder 5,0 NTU.

Os parâmetros de turbidez analisados apontaram, em sua maior parte, valores inferiores a 5 NTU (Tabela 6). Entretanto, o P2 para os meses de janeiro, agosto e dezembro; o P3 em dezembro; o P4 em agosto e dezembro e o P7 em agosto, tiveram os valores excedidos os 5 NTU. Tal fato pode ser atribuído a precariedade de engenharia dos poços que interferem diretamente na turbidez da água em decorrência de carreamento de partículas externas para dentro do poço.

Tabela 6. Variação da turbidez ao longo de 2017.

Turbidez em NTU						
	P2	P3	P4	P5	P7	P8
JAN	7,4	3,76	1,50	1,12	1,20	0,78
FEV	1,9	2,5	1,80	0,94	0,95	0,19
MAR	2,1	1,05	1,94	0,89	1,07	0,43
ABR	1,13	1,8	0,87	1,32	0,80	0,29
MAI	0,93	1,37	0,55	2,70	0,21	0,57
JUN	0,40	1,54	0,15	1,07	0,51	0,08
JUL	1,04	0,52	0,43	1,03	1,02	0,20
AGO	9,69	0,7	6,97	1,06	24,30	0,60
SET	1,08	0,08	0,17	0,58	0,30	1,01
OUT	1,00	2,65	1,21	0,98	0,20	0,40
NOV	1,51	-	9,56	0,48	0,19	0,55
DEZ	5,69	5,67	1,22	2,14	0,26	-

Fonte: Próprios autores.

3.7 Alcalinidade

Richter e Azevedo Netto (1991), afirmam que a alcalinidade é devida à existência de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos nas águas e com maior frequência são encontrados bicarbonatos em águas naturais devido à interação do CO₂ dissolvidos nas águas. Ainda, os autores apontam que o pH na faixa de 8,3 a 4,6 indicam a presença de bicarbonatos nas águas.

Considerando as informações supracitadas, o pH das águas analisadas ficou entre 4,11 e 6,46 para a maioria das amostras. A Tabela 7 demonstra a variação temporal da alcalinidade para os pontos amostrados e a menor concentração ficou com o P8 para o mês de outubro com 0,67 mg L⁻¹ e a máxima ficou em 32 mg L⁻¹ no mês de janeiro para o P7.

A análise da alcalinidade entre os meses de janeiro a dezembro apontou menor variação deste parâmetro para os pontos amostrados e tendo o P4 com as maiores médias de alcalinidade se comparado com demais poços, tal fato pode ser explicado devido aos materiais de revestimento interno do poço onde foi utilizado anilhas de concreto e pedra brita.

Este parâmetro químico está relacionado com a dureza, uma vez que os cátions mais comuns vinculados aos ânions causadores da alcalinidade estão diretamente relacionados com a dureza da água, que são o cálcio (Ca^{+2}) e o magnésio (Mg^{+2}) (KOTTWITZ, 2012).

Tabela 7. Variação da alcalinidade ao longo de 2017.

Alcalinidade						
	P2	P3	P4	P5	P7	P8
JAN	22,00	17,00	13,00	14,00	32,00	7,00
FEV	10,00	6,17	8,67	8,00	7,17	5,67
MAR	11,33	6,33	16,67	7,33	8,33	8,33
ABR	6,00	5,33	15,33	6,33	5,33	7,33
MAI	7,67	7,17	18,67	7,00	8,67	5,00
JUN	9,67	12,00	15,33	10,67	8,33	5,83
JUL	4,67	3,67	9,33	3,33	5,33	9,33
AGO	8,33	8,67	14,67	8,67	15,33	10,00
SET	4,00	5,67	11,33	3,67	7,33	5,33
OUT	3,00	3,67	10,67	4,33	6,33	0,67
NOV	3,00	9,00	4,66	5,33	5,33	5,00
DEZ	3,67	4,00	12,67	13,00	6,00	-

Fonte: Próprios autores.

3.8 Acidez total

Apesar do pouco significado do ponto de vista sanitário, a acidez é caracterizada principalmente pela presença de CO_2 e ácidos minerais presentes em rochas, solos e atmosfera carregados para águas subterrâneas devido ao processo de interação química entre eles. A acidez, em contraposição à alcalinidade, mede a capacidade da água em resistir às mudanças de pH causadas pelas bases. Ela decorre, fundamentalmente, da presença de gás carbônico livre na água (FUNASA, 2014).

No que tange acidez total para os pontos amostrados, a Tabela 8 ilustra a variação nas concentrações durante o primeiro semestre de 2017, tal situação é caracterizado devido ao volume de águas precipitadas que porventura interferem nas

concentrações da acidez total. Ainda, é possível observar o decréscimo das concentrações entre junho e julho bem como a redução do volume precipitado.

Entre os meses de abril a junho percebe-se uma reduzida variação na acidez total dos pontos, possivelmente estão relacionadas ao volume de águas precipitadas. Entre os meses de julho a outubro percebe-se claramente a queda brusca dos valores com retomada no aumento da concentração em novembro, mas sem grande variação.

Tabela 8. Variação da acidez total ao longo de 2017.

	Acidez Total					
	P2	P3	P4	P5	P7	P8
JAN	19,00	26,00	16,50	14,50	10,00	17,50
FEV	12,51	14,75	15,76	15,25	67,00	19,25
MAR	8,92	8,17	13,17	21,00	18,67	19,17
ABR	9,75	25,33	46,50	19,00	29,50	27,00
MAI	15,00	15,17	14,00	14,50	23,00	23,25
JUN	13,83	12,83	11,83	12,50	19,50	26,00
JUL	4,83	4,50	5,83	4,83	4,17	4,17
AGO	2,50	3,67	3,00	3,33	5,17	7,33
SET	1,50	1,50	1,67	1,17	3,33	1,33
OUT	1,67	1,50	1,67	1,00	1,33	1,67
NOV	3,83	-	2,00	5,66	9,67	3,00
DEZ	4,25	4,00	3,67	3,16	5,17	-

Fonte: Próprios autores.

3.9 Acidez carbônica

Mattos et al. (2017), aponta que a interação entre rochas, solos, matéria orgânica e a água precipitada constitui materiais que produzem tais ácidos alterando a qualidade das águas. De maneira semelhante à alcalinidade, a distribuição das formas de acidez também é função do pH da água: pH > 8,2 – CO₂ livre ausente; pH entre 4,5 e 8,2 – acidez carbônica; pH < 4,5 – acidez por ácidos minerais fortes, geralmente resultantes de despejos industriais. Águas com acidez mineral são desagradáveis ao paladar, sendo desaconselhadas para abastecimento doméstico (FUNASA, 2014).

Partindo desta premissa, as concentrações de ácido carbônico presente nas águas subterrâneas do nível freático apresentaram grandes oscilações ao longo dos meses analisados para a maioria dos pontos amostrados (Tabela 9), portanto, o P2 e P3 apontaram a existência de outros ácidos, além do ácido carbônico, durante a realização dos ensaios.

O P4 foi o ponto que melhor apresentou volatilização do ácido carbônico durante os ensaios, pois durante os meses de janeiro, março, abril, maio, junho e outubro reagiu com o indicador de fenolftaleína, apontando que as águas deste poço tinham sua acidez relacionada com a presença de CO₂, basicamente. O P5 apontou a existência de outros ácidos, tendo somente o mês de agosto, setembro e dezembro um comportamento mais alcalino. Já o P7 apresentou-se livre de CO₂ nos meses de janeiro, junho, julho, agosto e setembro e o P8 em março e julho.

Tabela 9. Variação da acidez carbônica ao longo de 2017.

	Acidez Carbônica						
	P2	P3	P4	P5	P7	P8	
JAN	15,00	24,00	F	13,50	F	31,00	
FEV	7,25	9,78	F	12,90	19,25	19,80	
MAR	7,50	6,67	F	19,25	17,00	F	
ABR	8,17	23,67	F	17,42	27,92	25,25	
MAI	12,33	12,83	F	13,17	21,17	21,92	
JUN	10,83	10,50	F	11,17	F	24,00	
JUL	4,33	3,83	5,00	3,50	F	F	
AGO	0,33	1,17	0,17	F	F	5,83	
SET	2,54	2,35	-	F	F	-	
OUT	0,33	0,33	F	0,83	1,33	0,17	
NOV	2,67	-	1,17	5,00	9,17	1,83	
DEZ	3,75	3,42	3,17	F	4,92	-	

(F) – reação com fenolftaleína. Fonte: Próprios autores.

3.10 Dureza total

A dureza de uma água é caracterizada pela presença de íons metálicos, principalmente os de cálcio e magnésio, podendo ser classificada como dureza carbonato ou dureza não carbonato, dependendo do ânion com o qual ela está associada. A dureza carbonato corresponde à alcalinidade, estando, portanto em

condições de indicar a capacidade de tamponamento de uma amostra de água (FUNASA, 2014).

Sendo assim, ressalta-se que todas as amostras estão abaixo do valor máximo recomendado (Tabela 10) estabelecido pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, para dureza total, que é de 500 mg L⁻¹, portanto, durante todos os meses ensaiados, as amostras ficaram abaixo dos 25 mg L⁻¹, indicando serem águas moles (até 50 mg L⁻¹).

Tabela 10. Variação da dureza total ao longo de 2017.

Dureza Total						
	P2	P3	P4	P5	P7	P8
JAN	11,00	33,00	36,00	13,00	32,00	18,00
FEV	18,67	5,67	18,00	10,67	8,67	9,00
MAR	8,33	5,50	16,00	6,67	9,33	12,33
ABR	5,17	5,33	6,33	3,17	3,83	3,33
MAI	10,67	10,00	23,83	9,17	9,50	10,00
JUN	13,33	13,67	17,00	8,67	6,33	6,33
JUL	3,67	2,67	14,33	6,00	8,33	5,67
AGO	3,33	9,33	17,67	10,00	12,00	12,67
SET	4,00	4,33	15,00	5,67	8,00	5,33
OUT	5,33	2,67	14,00	8,67	8,67	6,67
NOV	5,00	-	8,00	3,00	6,33	4,33
DEZ	5,00	17,67	4,33	14,33	7,00	-

Fonte: Próprios autores.

3.11 Cloretos

Os cloretos podem estar presentes tanto em águas brutas quanto em águas tratadas, dependendo do tipo de tratamento. Concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água em razão do sabor salgado que conferem a mesma, e pelo efeito laxativo que podem provocar. Altas concentrações de cloreto podem significar infiltração de águas residuais e excesso de urina de pessoas e animais (Maroneze et al., 2016).

As maiores concentrações de cloreto nas águas amostradas estão em

fevereiro, entretanto, apesar de alguns pontos apontarem concentrações superiores se comparado aos demais meses do ano, as águas analisadas não apresentaram valores próximos do padrão mínimo legal exigido (250 mg L⁻¹), ficando bem distante disso (Tabela 11). Para o mês de abril, as concentrações para o cloreto ficaram abaixo do 2,5 mg L⁻¹ em decorrência do excedente hídrico registrado na semana da coleta.

Tabela 11. Variação do cloreto ao longo de 2017.

	Cloreto					
	P2	P3	P4	P5	P7	P8
JAN	18,08	10,81	40,59	23,04	21,27	13,83
FEV	27,65	17,02	31,55	30,84	25,88	19,97
MAR	8,63	7,09	8,27	11,23	8,63	9,45
ABR	1,12	1,00	1,12	1,06	1,06	1,00
MAI	7,80	13,23	9,45	9,93	13,59	12,88
JUN	16,43	15,01	18,32	15,01	13,00	10,16
JUL	19,14	23,52	17,96	14,53	17,25	21,62
AGO	5,91	8,04	5,91	10,16	11,82	9,45
SET	12,29	14,42	10,40	17,96	10,87	11,11
OUT	15,24	13,94	10,99	13,47	21,51	17,13
NOV	13,35	-	7,33	24,58	21,98	18,43
DEZ	18,97	17,49	16,78	24,58	19,85	-

Fonte: Próprios autores.

3.12 Oxigênio dissolvido

Quando se trata da dissolução do oxigênio em águas subterrâneas, o processo ocorre pelo contato da água com atmosfera durante a precipitação, que ao percolarem se depositam na zona freática no subsolo tendo baixíssima ou quase nenhum movimento, variando com o tipo de solo. De acordo com estudos realizados por Chaves (2014) a concentração de oxigênio dissolvido sofre variação em função da temperatura, altitude e da aeração, ou seja, a temperatura quanto mais próximo do 0 °C estiver maior será sua concentração, podendo atingir valores acima dos 14 mg L⁻¹. A temperatura na faixa de 25 °C chega ao limite de 8,6 mg L⁻¹ de saturação.

Ao observamos a Tabela 12 percebe-se que a concentração do oxigênio dissolvido em águas subterrâneas oscilaram entre 2,6 mg L⁻¹ a 5,6 mg L⁻¹, no entanto, observa-se que o decréscimo do oxigênio dissolvido se dá a partir do mês de maio e segue até agosto e a partir do mês de agosto até outubro nota-se o aumento da concentração para todos os pontos amostrados.

Tabela 12. Variação do oxigênio dissolvido ao longo de 2017.

Oxigênio Dissolvido						
	P2	P3	P4	P5	P7	P8
JAN	3,87	4,1	3,79	4,13	3,76	4,43
FEV	3,48	3,8	4,20	4,90	3,89	3,45
MAR	4,53	3,57	3,10	4,47	3,33	2,63
ABR	4,70	4,40	4,47	4,60	3,87	4,20
MAI	5,17	5,47	5,57	5,50	5,07	4,93
JUN	4,57	4,13	4,00	3,57	3,73	3,33
JUL	3,07	2,63	2,93	4,13	2,97	3,00
AGO	3,40	2,60	4,07	3,47	3,87	2,07
SET	4,62	5,04	5,24	4,96	5,38	5,22
OUT	5,22	5,60	5,30	5,43	5,28	5,30
NOV	3,04	-	4,18	3,56	2,65	4,39
DEZ	4,25	4,22	3,85	5,10	4,36	-

Fonte: Próprios autores.

3.13 Oxigênio Consumido

A importância da determinação do Oxigênio Consumido é devido ao fornecimento da quantidade de matéria orgânica presente em águas, que é oxidável dentro das condições do ensaio realizado. O ensaio é realizado em acordo com a NBR 10739 e, portanto, constatou-se reduzida presença de matéria orgânica nas águas dos poços amostrados, pois estava abaixo do limite de detecção pelo método aplicado (Tabela 13). Tal fato ocorre devido ao processo de filtração que se dá pela percolação da água no solo até chegar na zona saturada do nível freático.

Tabela 13. Oxigênio consumido ao longo de 2017.

	Oxigênio Consumido					
	P2	P3	P4	P5	P7	P8
JAN	0	0	0	0	0	0
FEV	0	0	0	0	0	0
MAR	0	0	0	0	0	0
ABR	0	0	0	0	0	0
MAI	0	0	0	0	0	0
JUN	0	0	0	0	0	0
JUL	0	0	0	0	0	0
AGO	0	0	0	0	0	0
SET	0	0	0	0	0	0
OUT	0	0	0	0	0	0
NOV	0	0	0	0	0	0
DEZ	0	0	0	0	0	0

Fonte: Próprios autores.

3.14 Nitrogênio (N) total, fósforo (P) total e sulfato (SO₄²⁻)

No que tange a quantificação de nitrogênio e fósforo total, os ensaios foram realizados em julho de 2017 por se tratar de um período de baixa pluviosidade, e, conseqüentemente, menor recarga do nível freático.

Ao observarmos os dados na Tabela 14 vemos que o maior valor registrado ficou na ordem de 0,60 mg L⁻¹ para o P2 e 0,21 mg L⁻¹ para o P3, apontando reduzida presença de nitrogênio total nas águas amostradas. Com relação ao fósforo total, os valores encontravam-se abaixo do limite de detecção do equipamento.

Os ensaios para detecção de sulfato nas águas subterrâneas foram realizadas no mês de setembro, entretanto, os valores obtidos ficaram bem abaixo do parâmetro máximo legal permitido, conforme a Portaria 2.1914/2011 do Ministério da Saúde, de 250 mg L⁻¹.

Tabela 14. Ensaios de quantificação de nitrogênio total, fósforo total e sulfato.

Pontos	ANÁLISES		
	N	P	SO ₄ ²⁻
P2	0,60	N/D	1,22
P3	0,21	N/D	1,50
P4	0,30	N/D	1,17
P5	0,25	N/D	1,01
P7	0,45	N/D	1,22
P8	0,40	N/D	1,15

Fonte: Próprios autores.

3.15 Metais

A quantificação dos metais se deu no mês de julho de 2017 onde foram analisadas a presença de metais essenciais e tóxicos, entretanto, os resultados obtidos apontaram baixas concentrações para potássio e manganês e valores inferiores ao limite de quantificação para os demais metais analisados, conforme ilustra a Tabela 15.

Tabela 15. Quantificação dos metais nas amostras em mg L⁻¹ referente ao mês de julho de 2017.

Pontos	ANÁLISES								
	K	Cu	Zn	Mn	Fe	Cd	Pb	Cr	Al
P2	0,15	N/D	N/D	0,04	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
P3	0,09	N/D	N/D	0,04	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
P4	0,12	N/D	N/D	0,03	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
P5	0,09	N/D	N/D	0,01	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
P7	0,05	N/D	N/D	0,02	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
P8	0,09	N/D	N/D	0,03	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D

N/D – Valor inferior ao limite de quantificação. Limite de Quantificação: 0,01mg L⁻¹. Fonte: Próprios autores.

4 RESULTADOS DAS ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Considerando os parâmetros exigidos pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde de que as águas para consumo humano advindas de solução individual (poços rasos) não devam apresentar microrganismos potencialmente patogênicos (coliformes totais e termotolerantes), portanto, ao considerarmos um total de seis poços amostrados (coletados no mês de julho), quatro apresentaram a ausência de contaminação pelos microrganismos investigados e em dois foi constatado a presença da *E. coli*. Os poços com a presença da *E. coli* foram o P4 e o P7.

Apesar da confirmação para os respectivos microrganismos, os poços de captação de água encontravam-se afastadas de fontes de contaminação de origem antrópica, entretanto, sugere-se que as contaminações se deram ao fato à falta de medidas higienicossanitárias e engenharia, uma vez que a vedação e restrição dos poços ao acesso de animais, bem como a limpeza em seu entorno é precária.

5 CONCLUSÕES

Apesar da tipologia do solo ser um fator influenciador na qualidade das águas subterrâneas do nível freático, as águas precipitadas exercem diretamente forte influência na qualidade, quantidade, recarga e disponibilidade destas águas. A área em estudo apresenta um clima úmido com precipitação média de 1.400 mm/ano, porém, para o ano de 2016 apresentou um volume de 1.807,6 mm precipitados, estando acima da média em 407,6 mm e em 2017, os valores se mantiveram na ordem de 1.674,98 mm precipitados.

Embora o tipo de solo e a média pluviométrica são fatores de influência na qualidade das águas subterrâneas, um outro grande agente interferente nas variáveis físico-químicas são as medidas higienicossanitárias e saneamento, pois erros na construção dos poços e a falta de higiene e manutenção permitem o carreamento de substâncias interferentes nos padrões físico-químicos que podem vir a comprometer a qualidade das águas servidas e não o manancial subterrâneo.

Durante a pesquisa, os poços analisados apresentaram valores discrepantes para as variáveis físicas do pH, condutividade elétrica, turbidez e sólidos totais dissolvidos, entretanto, a alteração dos valores destas variáveis não comprometeram o uso dessas águas para consumo humano. No que tange as variáveis químicas, os poços amostrados se mantiveram dentro dos parâmetros legais e abaixo dos índices sugeridos em literatura, principalmente o oxigênio consumido que em todos os ensaios não foi constatado a ocorrência do mesmo.

Com relação aos metais, as águas amostradas apresentaram baixas concentrações para presença de potássio e manganês e valores inferiores ao limite de quantificação para cádmio, chumbo, cobre, zinco, ferro, cromo e alumínio. A presença de nitrogênio e sulfato nas águas subterrâneas apontaram baixos índices de concentrações, bem distante dos parâmetros exigidos. Com relação ao fosfato, os valores estavam abaixo do limite de quantificação dos métodos.

De acordo com a Resolução Conama 396/08, águas que não apresentam alterações em sua qualidade por fontes antrópicas e que não exigem tratamentos prévios para qualquer uso devido suas características são classificadas como Classe

II, ou seja, é uma água “*in natura*” potável, portanto, subentende-se que a água para consumo humano não pode conter elementos que comprometam a saúde e bem-estar.

Para os padrões microbiológicos, os poços amostrados não apontaram contaminação por medidas de saneamento de solução individual (fossas negras), porém, os resultados positivos obtidos se deram devido a precariedade nas medidas de higienicossanitárias e de engenharia nos poços.

Por fim, é importante ressaltar a relação direta entre o volume de águas precipitadas e a recarga do nível freático, pois no decorrer desta pesquisa constatou-se o rebaixamento do nível freático em poços de menor profundidade durante as épocas de menor índice pluviométrico (julho – setembro) durante 2017, e a mineração contínua destas águas para fins diversos resultou no rebaixamento do mesmo, que após o início do período de chuvas, precisamente em dezembro de 2017, os poços tornaram a apresentar água em seu volume normal.



REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas. Atlas Brasil: abastecimento urbano de água. Panorama Nacional. Brasília-DF: ANA, 2010. p. 1-72.

BURGOS, T. N.; ALFONSO, P. A.; DE LIMA, N. R.; LOPES, A. M.; PELAYO, J. S. Água de consumo humano proveniente de poços rasos como fator de risco de doenças de veiculação hídrica. **Revista Ciência e Saúde**, Brasília-DF, v. 16, n. 1, p. 34-38, 2014.

CHAVES, A. D. C. G. **Irrigação de hortaliças em comunidades rurais no município de Pombal/PB**. 78 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2014.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETA's**. Brasília-DF: FUNASA, 2014.

HIRATA, R. Recursos hídricos. In: TEIXEIRA, W.; CORDANI, U. G.; TAIOLI, F.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R. (Orgs.). **Decifrando a terra**. 2. Reimpressão,

São Paulo: Oficinas de Textos, 2003. 568 p.

KOTTWITZ, J. **Avaliação espacial e sazonal da qualidade da água do Rio Dourados**. 2012. Disponível em: <file:///C:/Users/Lu%C3%ADs%20Guilherme/Downloads/28484-104822-1-PB%20(1).pdf>. Acesso em: 10 dez. 2018.

MARONEZE, M. M.; ZEPKA, L. Q.; VIEIRA, J. G.; QUEIROZ, M. I.; JACOB-LOPES, E. A tecnologia de remoção de fósforo: Gerenciamento do elemento em resíduos industriais. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 9, n. 3, p. 445-458, 2016.

MATTOS, J. B.; CRUZ, M. J. M.; DE PAULA, F. C. F.; SALES, E. F. Tipologia hidrogeoquímica e qualidade das águas subterrâneas na área urbana do município de Lençóis, Bahia, Nordeste do Brasil. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 31, n. 3, 281-295, 2017.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. 7. ed. São Paulo: Blucher, 1991. 332 p.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. **A manual of sea water analysis, with special reference to the more common micronutrients and to particulate organic material**. 2nd ed. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, 1965. 192 p.

TERRA, A. O Assentamento Itamarati no contexto dos megaempreendimentos em território sul-mato-grossense. **Revista de Geografia Agrária**, Uberlândia, v. 5, n. 9, p. 166-202, 2010.

TODD, D. K.; MAYS, L. W. **Groundwater hidrology**. 3. ed. Hoboken: John Wiley and Sons, 2005. 652 p.

URCHEI, M. A.; FIETZ, C. R.; COMUNELLO, E.; LIMA FILHO, O. F. L.; SILVA, W. M. **Caracterização edafoclimática do Assentamento Itamarati, MS, e análise socioeconômica regional**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 49 p. (Documentos, 53).