

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
AMBIENTAL**

PAULO TETSUO DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DE POÇOS RASOS NO  
ASSENTAMENTO ITAMARATI**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

Linha de pesquisa: Monitoramento Físico, Químico e Biológico para o  
Estudo de Impactos Ambientais

DOURADOS  
2018

PAULO TETSUO DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DE POÇOS RASOS NO  
ASSENTAMENTO ITAMARATI**

**Orientador: Prof. Dr. Ivan Ramires**

**Co-Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fabíola Di Loreto Akita**

**Dissertação de mestrado  
submetida ao programa de pós-  
graduação em Ciência e Tecnologia  
Ambiental, como um dos requisitos  
necessários para a obtenção do  
título de mestre em Ciência e  
Tecnologia, na área de  
concentração Ciência Ambiental.**

**DOURADOS  
2018**

“Feliz é aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”

Cora Coralina

## DEDICATÓRIA

Dedico a minha mãe, pois com ela aprendi a sobriedade no regime da vida, distanciamento dos excessos e o zelo pela terra; ao meu pai, pois com ele aprendi o bom caráter, a serenidade, a generosidade, o amor ao trabalho e a perseverança; ao meu irmão, que me ensinou em não agradar ao injusto e estar sempre lado-à-lado; a minha inestimável *bachan* em jamais esquecer das origens.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a família por estar sempre ao meu lado.

Ao meu orientador e amigo Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Ivan Ramires pelo conhecimento compartilhado.

A Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Patricia Suegama por se fazer presente em momentos de dúvidas.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Willian Padilha pelas ajudas a mim concedido.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Heberth Vieira por se fazer solícito em momentos necessários.

A Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Kelly Brabes por disponibilizar de seu tempo e paciência para contribuir com este trabalho.

Aos colegas de laboratórios Josuã, Tayná Bernardino, Amanda Nava, Liliane, Geny, Cássia Seccatto, Barbara Bagnara, Maria Joyce, Isadora Cirele, Leonardo Amaral, Hebert Lee, Victor H. B. R. Ervateiro, Carlão Manoel, Guilherme Tonial, Marivane, Alessandra Esteves, Marcia Jorge, Laís Albuquerque, João Evânio e Maycon Santos que de alguma forma contribuíram para este trabalho.

Aos novos amigos conquistado durante o decorrer desta etapa que se fizeram e fazem de grande importância.

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Campus de Marechal C. Rondon, pelo apoio e incentivo a esta pesquisa.

A Universidade Federal da Grande Dourados e a todos professores que em meio as dificuldades fazem o seu melhor.



## LISTA DE ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
Al	Alumínio
APHA	American Public Health Association
CE	Condutividade Elétrica
CEMTEC	Centro de Monitoramento de Tempo, do Clima e dos Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais
DVM	Domínio do Vulcanismo Mesozóico do tipo Plateau
EDTA	Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético
LQP	Limite de Quantificação Praticáveis
Mg L <sup>-1</sup>	Miligramas por litro
MO	Matéria Orgânica
OC	Oxigênio Consumido
OD	Oxigênio Dissolvido
Pb	Chumbo
PH	Potencial Hidrogeniônico
PVC	Policloreto de Polivinila
ST	Sólidos Totais
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
UFGD	Universidade Federal da Grande Dourados
UNIOESTE	Universidade Estadual do Oeste do Paraná
UNT	Unidade Nefelométrica Turbidímetra
VMP	Valor Máximo Permitido
VRQ	Valor de Referência de Qualidade

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Porosidade de acordo com o tipo de rocha .....	17
Tabela 2: Valores máximos permitidos dos parâmetros físico-químicos.....	21
Tabela 3 - Coordenadas geográficas e profundidade dos poços .....	40
Tabela 4 - Informações sobre métodos e equipamentos utilizados.....	47
Tabela 5 – Concentração de nitrogênio, fósforo e sulfato para o mês de julho de 2017 .....	66
Tabela 6 - Quantificação dos metais nas amostras em mg L <sup>-1</sup> .....	66
Tabela 7 – Classificação das águas do P1 .....	68
Tabela 8 - Classificação das águas do P2 .....	70
Tabela 9 - Classificação das águas do P3 .....	71
Tabela 10 - Classificação das águas do P5 .....	72
Tabela 11 - Classificação das águas do P5 .....	73
Tabela 12 - Classificação das águas P6 .....	74
Tabela 13 - Classificação das águas do P7 .....	75
Tabela 14 - Classificação das águas do P8 .....	76

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1: Localização do Assentamento Itamarati no Município de Ponta Porã-MS.....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 2: Ilustração das zonas saturadas e não saturadas .....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 3 - Localização dos poços amostrados no Assentamento Itamarati .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 4 - Parede sem revestimento no Poço 1 .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 5 - Poço 1 .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 6 - Poço 2 com de tubo de PVC.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 7 - Poço 2 defronte à residência.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 8 - Bomba d'água do Poço 3 .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 9 - Poço 6 .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 10 – Poço 7.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 11 - Poço 8 .....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 12 - Tubos de ensaios contendo meio de cultura e tubos de Durhan .....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 14 - Presença de <i>E. coli</i> no P7 .....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 13 - Presença de <i>E. coli</i> no P4.....</b>	<b>77</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Pluviometria de Ponta Porã entre 2016 e 2017 .....	51
----------------------------------------------------------------	----

Gráfico 2 - Condutividade elétrica .....	53
Gráfico 3 - Turbidez.....	55
Gráfico 4 – Sólidos Totais Dissolvidos .....	56
Gráfico 5 - pH.....	57
Gráfico 6 - Acidez Total.....	58
Gráfico 7 - Acidez Carbônica .....	60
Gráfico 8 - Alcalinidade .....	61
Gráfico 9 - Cloretos .....	63
Gráfico 10 - Dureza Total .....	63
Gráfico 11 – Dureza magnésiana.....	64
Gráfico 12 - Dureza cálcica .....	64
Gráfico 13 - Oxigênio Dissolvido .....	65

### **LISTA DE DIAGRAMAS**

Diagrama de Piper 1 - P1 .....	67
Diagrama de Piper 2 – P2 .....	68
Diagrama de Piper 3 - P3.....	70
Diagrama de Piper 4 - P4.....	71
Diagrama de Piper 5 - P5.....	72
Diagrama de Piper 6 - P6.....	73
Diagrama de Piper 7 - P7.....	74
Diagrama de Piper 8 - P8.....	75

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>III</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS .....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTA DE DIAGRAMAS .....</b>	<b>V</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>VIII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
3.1 Objetivo Geral.....	14
3.2 Objetivos Específicos .....	14
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
3.1 Águas Subterrâneas na Zona Freática (Aquífero Livre) .....	15
3.2 Porosidade e Permeabilidade.....	16
3.3 Solo e Litologia .....	17
3.4 Contaminação das Águas Subterrâneas do Nível Freático .....	18
3.5 ASPECTOS LEGAIS .....	20
3.7 Padrões Sanitários – Portaria Ministério da Saúde (MS) Nº 2.914/2011 .....	22
3.9 Aspectos Climatológicos da Região.....	28
3.10 Caracterização Físico-química das Águas Subterrâneas.....	28
3.11 Potencial Hidrogeniônico (pH) .....	28
3.12 Turbidez .....	29
3.13 Sólidos Totais (ST) .....	29
3.14 Sólidos Totais Dissolvidos (STD).....	30
3.15 Condutividade Elétrica (CE).....	30
3.16 Alcalinidade .....	30
3.17 Acidez.....	31
3.18 Cloretos .....	31
3.19 Dureza.....	32
3.20 Oxigênio Consumido (Matéria Orgânica) .....	32
3.21 Oxigênio Dissolvido .....	33
3.22 Nitrogênio (N), Fósforo (P) Total e Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) .....	33
3.23 Contaminação por Metais .....	34
3.24 Alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) .....	35

3.25	Cádmio ( $\text{Cd}^{2+}$ ).....	36
3.26	Chumbo ( $\text{Pb}^{2+}$ ).....	36
3.27	Ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ).....	37
3.28	Zinco ( $\text{Zn}^{2+}$ ).....	38
<b>4.</b>	<b>AMOSTRAGEM .....</b>	<b>38</b>
4.1	Pontos de coletas para análises físico-químicas.....	38
4.2	Frequência, coleta e preservação das amostras.....	46
<b>5.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>47</b>
5.1	Parâmetros Físico-Químicos .....	47
5.2	Metais.....	48
5.3	Análise Microbiológica .....	49
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>49</b>
6.14.1	PONTO 01.....	67
6.14.2	PONTO 02.....	68
6.14.3	PONTO 03.....	70
6.14.4	PONTO 04.....	71
6.14.5	PONTO 05.....	72
6.14.6	PONTO 06.....	73
6.14.7	PONTO 07.....	74
6.14.8	PONTO 08.....	75
6.14.9	RESULTADO DAS ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....	76
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>78</b>
<b>8.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>80</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXO .....</b>	<b>83</b>
<b>10.</b>	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>84</b>

## **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 e está localizado a 45 km da cidade de Ponta Porã e a 21km 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

## **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 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.

**Key Words:** water quality, Ponta Porã – MS, Itamarati

## 1. INTRODUÇÃO

A água é a substância mais abundante na superfície do planeta, participando dos seus processos modeladores pela dissolução de materiais terrestres e do transporte de partículas. É o melhor e mais comum solvente disponível na natureza e seu papel no intemperismo químico é evidenciado pela hidrólise (Karmann, 2000).

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 (Karmann, 2000).

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 explotável para usos múltiplos (navegação, indústria, saneamento, domésticos e produção) nutriu a “cultura” do desperdício, mesmo que despretensiosamente.

A questão hídrica nunca foi tão debatida como tem sido desde a “crise do apagão<sup>1</sup>” em 2001. E desde então a mídia tem veiculado com maior frequência crises relacionadas aos recursos hídricos e geração de energia, recursos básicos demandados por toda cadeia de produção e consumo.

*“Notadamente as Regiões Nordeste e Sudeste vêm sendo insistentemente discutida entre autoridades, formadores de opinião e sociedade nos últimos meses. Neste sentido, as perdas de água nos sistemas de distribuição existentes nas cidades é um assunto que vem recebendo destaque” (Instituto Trata Brasil 2017).*

No que tange a demanda pela água, seu consumo está diretamente relacionado com o crescimento socioeconômico, e, por consequência, ao aumento na exploração deste recurso. A disponibilidade, qualidade e quantidade são fatores triviais e não menos importante visto que as primeiras civilizações e formações sociais se deram em regiões bem drenadas por

---

<sup>1</sup> A chamada "crise do apagão", que ocorreu no Brasil em 2001 e 2002, foi o resultado da combinação da falta de investimentos na geração e na transmissão de energia elétrica com uma estiagem prolongada, que reduziu drasticamente os níveis dos principais reservatórios de água no país, nas regiões Sudeste e Nordeste (Acervo O Globo, 2013).

corpos hídricos, tal como a antiga Mesopotâmia, entre os Rios Tigre e Eufrates.

Apesar dos seus aspectos fundamentais nas formações sociais e desenvolvimento comunitário o crescimento populacional que, muitas vezes, ocorre desordenadamente, aliado à ocupação humana ao longo das bacias de drenagem pode alterar profundamente a qualidade de corpos hídricos (Froehner e Martins, 2008).

Em meio a grande oferta deste recurso no Brasil e seu múltiplo uso, são considerados prioritários para abastecimento humano, saneamento, uso agroindustrial e ambiental. No entanto, a regulamentação do uso e extração das águas entrou em vigor somente no ano de 2012 com a publicação da Resolução Nº147/2012 pela Agência Nacional de Águas (ANA).

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 m<sup>3</sup>/s, ou 24% do escoamento médio dos rios em território nacional e 46% da disponibilidade hídrica superficial (ANA, 2010).

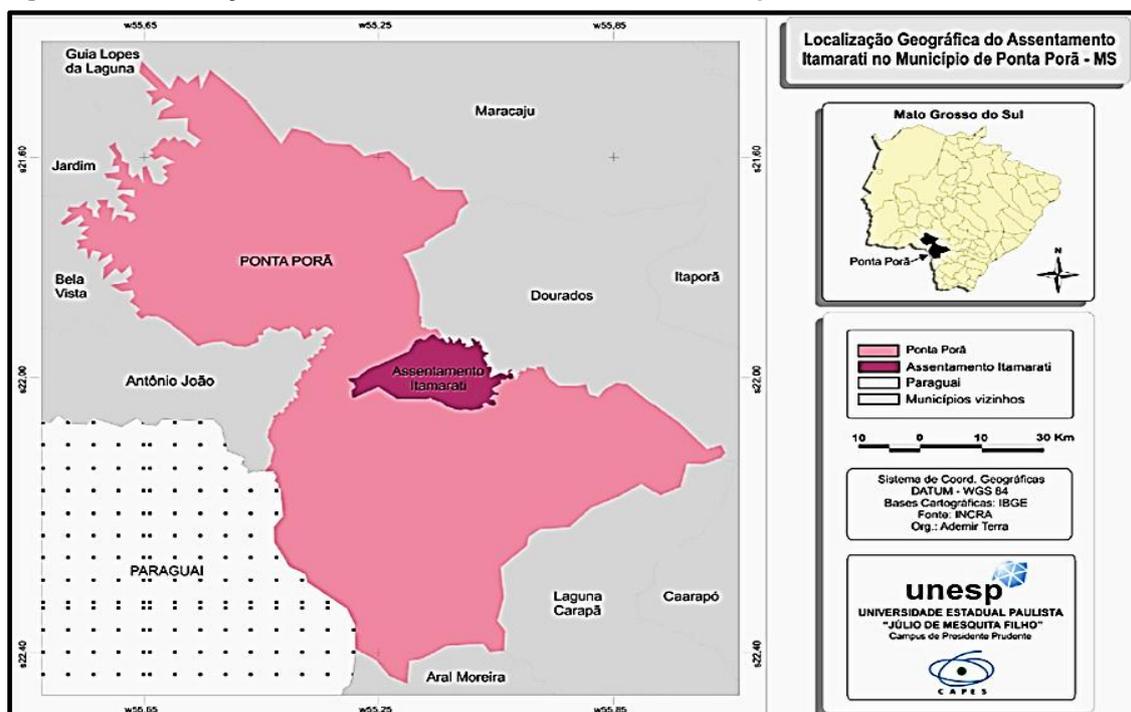
Ainda com dados do Atlas Brasil, do total de municípios brasileiros, 47% são abastecidos exclusivamente por mananciais superficiais, 39% por águas subterrâneas e 14% pelos dois tipos de mananciais (abastecimento misto). No caso do Estado de Mato Grosso do Sul os municípios são predominantemente abastecidos por mananciais subterrâneos devido à existência de aquíferos com elevado potencial hídrico em função da simplicidade operacional do abastecimento por poços para o atendimento de municípios de pequeno porte, sendo um total de 62 municípios abastecidos.

No que tange as variáveis climáticas, exercem grande influência sobre a qualidade das águas, principalmente em águas superficiais, pois a mobilidade dos agentes contaminantes depende dos efeitos cumulativos, sendo as chuvas como principal meio de carreamento. Com relação às águas subterrâneas, a influência se dá principalmente pelo processo de percolação das águas da chuva em direção zona freática, uma vez que a recarga das águas subterrâneas do nível freático se dá diretamente pela saturação do solo águas precipitadas.

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). A contaminação por agentes microbiológicos e variáveis físico-químicos se dá pelas mais diversas origens, tais como: esgoto doméstico, fossas negras, higiênicossanitário e escoamento agrícola.

O Assentamento Itamarati faz parte da zona rural do município de Ponta Porã. Está localizado a 45 km da cidade de Ponta Porã e a 21km da faixa de fronteira, possuindo os seguintes limites e confrontações: Fazenda Itamarati I e Rio Dourados (Norte); Fazenda Santa Virgínia, Córrego Tajhire e Córrego Santa Rita (Sul); Rio São João e Rio Dourados (Leste); e Fazenda Santa Virgínia e Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima (R.F.F.S.A.) à oeste. A área do Assentamento Itamarati caracteriza-se pela grande disponibilidade de recursos hídricos. Dos mananciais de maior porte, podem-se destacar: o Rio Dourados, que delimita o assentamento a norte e nordeste; o Rio São João que, juntamente com a Fazenda Santa Virgínia, compõe o limite sul/sudeste e o Rio Lajeado, afluente do Rio Dourados, que corta toda a área, conforme figura 1, (URCHEI, M. A.; FIETZ, C. R.; COMUNELLO, E.; LIMA FILHO, O. F. de L.; SILVA 2002).

**Figura 1: Localização do Assentamento Itamarati no Município de Ponta Porã-MS.**



Autor: Terra, 2010.

Tendo como principal característica geológica o Domínio do Vulcanismo Mesozóico do tipo Plateau (DVM), formado após sucessivos derrames de lavas de diferentes espessuras que foram recristalizadas em rochas basálticas. Este derramamento basáltico estende-se na região centro-sul do estado de Mato Grosso do Sul e, mais restritamente, nas calhas de alguns rios na região nordeste do estado (CPRM 2010).

O atual Assentamento Itamarati figurou nas décadas de 1970, 1980 e parte da década de 90 um megaempreendimento denominado Fazenda Itamarati, de propriedade do então empresário Olacyr Moraes<sup>2</sup>. Sinônimo de inovação tecnológica e alta produtividade a Fazenda Itamarati logo se tornou em um expoente nacional da agroindústria devido ao pioneirismo em pesquisas genéticas vegetais e solos do Cerrado.

A Fazenda Itamarati “[...], fez mais de 10 mil pesquisas e cruzamentos genéticos até chegar ao algodão<sup>3</sup> ITA-90. Graças a essa semente, o Brasil deixou de ser importador para se tornar exportador do produto” (Terra 2010 *apud* Isto é Dinheiro, 01/09/2004).

“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 *apud* VEJA 27/06/2001).”

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, recentemente, em março de 2015 por meio da Lei nº4.091, tornando-se uma divisão administrativa de Ponta Porã (Distrito de Nova Itamarati).

A distribuição de água potável é realizado 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. Com relação aos poços rasos analisados, sua

---

<sup>2</sup> Nascido no interior de São Paulo, na cidade de Itápolis, chegou a ser, nos anos 80, o maior produtor de soja do mundo. (ISTOÉ, 2015).

profundidade oscila entre 4,5 e 18 metros, perfurados manualmente ou por meio de perfuratriz, o que sugere que a água consumida pelos habitantes é do nível freático.

A qualidade da água é um dos fatores mais importantes que deve ser considerado, quando se avalia o desenvolvimento sustentável de uma determinada região. Uma prática comum no mundo todo é o uso de parâmetros físicos, químicos e biológicos para caracterizar e avaliar a qualidade ou o grau de contaminação da água, através de redes de monitoramento (Kottwitz, 2012). Portanto, o acompanhamento sistemático dos aspectos qualitativos das águas subsidia medidas de planejamento, controle e recuperação do ambiente através dos padrões de qualidade amostrados.

Mesmo assim, o Distrito, Nova Itamarati ainda carece de investimentos, tais como tratamento das águas residuais e outros de infraestruturas básicas. Sendo assim, a realização das análises temporais de água possibilitará o acesso da população a essas informações, que dependem de recursos humanos e tecnológicos para serem realizados.

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 a serem amostradas tiveram seus parâmetros físico-químicos monitorados e avaliados ao longo de 2017 a fim de comprovar a qualidade destas águas.

## **2. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo Geral**

Monitorar e analisar a qualidade das águas de cacimbas (poços caipiras) de determinadas áreas do Assentamento Itamarati destinada à utilização humana, para avaliação de possíveis contaminantes ou interferentes, sejam eles de origem natural ou antrópica.

### **3.2 Objetivos Específicos**

- Analisar os parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas do nível freático na área em estudo. São eles: potencial Hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), turbidez, sólidos totais dissolvidos (STD), oxigênio consumido (OC), acidez total, acidez carbônica, alcalinidade, cloretos, dureza total, dureza cálcio e magnésio e oxigênio dissolvido (OD);
- Monitorar mensalmente os padrões de qualidades das águas subterrâneas em nível freático por meio de técnicas rotineiras de análise química;
- Analisar a presença de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Cobre, Zinco, Manganês, Ferro, Cadmio, Chumbo, Cromo e Alumínio no mês de julho;
- Analisar a possível existência de microrganismos patogênicos que comprometam a qualidade da água;
- Avaliar e interpretar as informações da qualidade das águas e identificar pontos isolados com maior problemática, assim como possíveis fontes de contaminação;
- Analisar e interpretar a relação entre variáveis climáticas e a recarga das águas subterrâneas do nível freático.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Águas Subterrâneas na Zona Freática (Aquífero Livre)

Quando falamos em água, é muito comum pensar somente nos reservatórios aquáticos que podemos ver, como rios, lagos e as lagoas, mas é imprescindível lembrar que, sob os nossos pés, também existe uma fonte enorme de recursos hídricos, a que chamamos de águas subterrâneas. Essas são encontradas nos aquíferos, importantes reservatórios de água no subsolo, e que são responsáveis pelo armazenamento da maior parte da água doce disponível para o consumo humano (São Paulo, 2012).

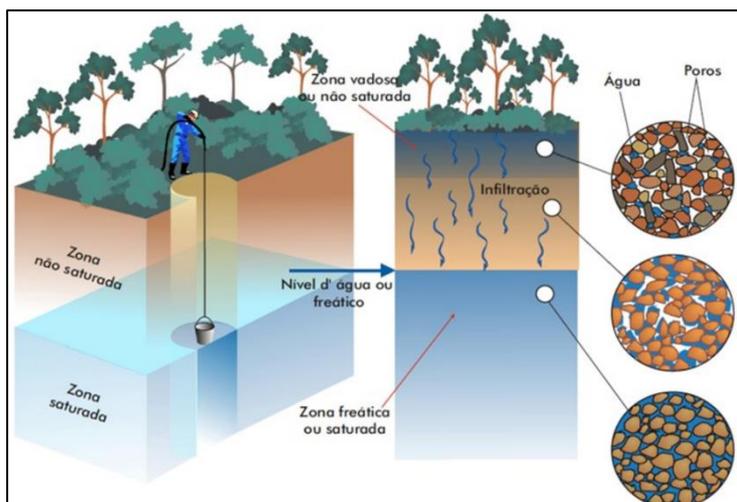
O ciclo de recarga das águas subterrâneas é resultante em parte do processo do ciclo hidrológico, onde a água evaporada retorna ao solo em forma de precipitação pluviométrica, e uma vez em solo, a água infiltra ou segue um fluxo de escoamento superficial dependendo da saturação ou compactação do solo.

A água de infiltração, guiada pela força gravitacional, tende a preencher os vazios no subsolo, seguindo em profundidade, onde abastece o corpo de água subterrânea. Todavia, o processo depende principalmente das características do material de cobertura da superfície. Este é o processo mais importante de recarga da água no subsolo (Karmann, 2000).

De acordo com a **Erro! Autoreferência de indicador não válida.** o limite inferior da percolação de água é definido quando as rochas não podem mais reter águas nos poros de uma zona, denominada zona saturada ou freática. Os níveis acima preenchidos parcialmente com água são classificados como zona não saturada, ou zona de aeração (Karmann, 2000).

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. Os poços escavados nesta zona geralmente são rasos apresentando profundidade máxima de 30 metros, no caso do objeto em estudo a profundidade máxima observada não excedeu os 18 metros.

**Figura 2: Ilustração das zonas saturadas e não saturadas**



Autor: Karmann, 2000.

(Karmann, 2000).

Os aquíferos livres são aqueles cujo topo é demarcado pelo nível freático e possuem a mesma pressão atmosférica da superfície, ocorrem inicialmente a partir de alguns metros e estendem-se até algumas poucas dezenas de metros de profundidade

Com relação à distribuição vertical das águas subterrâneas, afirmam que a zona saturada se estende da superfície superior da saturação até a rocha impermeável subjacente. Na ausência de estratos impermeáveis sobrepostos (superfície freática), formam a superfície superior da zona de saturação. Isso é definido como a superfície da pressão atmosférica e aparece como o nível em que a água está bem penetrante no aquífero. Na verdade, a saturação se estende um pouco acima da superfície freática devido à atração capilar. A água que ocorre na zona de saturação é comumente referida simplesmente como águas subterrâneas (Todd e Mays, 2005).

### **3.2 Porosidade e Permeabilidade**

De acordo com Todd e Mays, (2005) as porções de uma rocha ou solo não ocupadas por matéria mineral sólida podem ser ocupadas por águas subterrâneas. Esses espaços são conhecidos como poros. Como os interstícios servem como depósitos de água, eles são de fundamental importância para o estudo das águas subterrâneas. Normalmente, são caracterizados pelo tamanho, forma, irregularidade e distribuição. Os interstícios originais foram criados por processos geológicos que regem a origem da formação geológica e são encontrados em rochas sedimentares e ígneas.

A porosidade é uma propriedade física definida pela relação entre o volume de poros e o volume total de um certo mineral (Tabela 1). Dependendo do tipo de rocha o armazenamento de água se dá por fraturas ocorrentes em rochas ígneas, metamórficas ou sedimentares (porosidade de fraturas). Com relação a permeabilidade um sedimento argiloso, apesar de apresentar alta porosidade é praticamente impermeável, pois os poros são muito pequenos e a água fica presa por adsorção (Karmann, 2000 ).

**Tabela 1 – Porosidade de acordo com o tipo de rocha**

<b>Material</b>	<b>Partículas (em mm)</b>	<b>Porosidade (%)</b>	<b>Permeabilidade</b>
Cascalho	7 a 20	35,2	Muito alta
Areia Grossa	1 a 2	37,4	Alta
Areia fina	0,3	42	Alta a média
Siltos e argila	0,04 a 0,006	50 a 80	Baixa a muito baixa

Fonte: Karman, 2000.

A rocha basáltica quando decomposta constitui um manto de alteração argiloso, apresentando alta porosidade e baixa transmissividade, armazenando muita água, mas quase não disponibiliza para circulação. Por outro lado, quando espesso funciona como manto protetor da contaminação das águas subterrâneas (CPRM, 2010).

### **3.3 Solo e Litologia**

Uma das principais características das rochas basálticas está no processo de intemperismo, pois esta rocha apresenta maior susceptibilidade aos processos de intemperismos físicos e químicos, dando início na formação do solo (pedogênese). 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. As características desses tipos de solos variam quanto aos teores de óxido férrico e de argila o que influencia quanto ao potencial agrícola (URCHEI, M. A.; FIETZ, C. R.; COMUNELLO, E.; LIMA FILHO, O. F. de L.; SILVA 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, M. A.; FIETZ, C. R.; COMUNELLO, E.; LIMA FILHO, O. F. de L.; SILVA 2002).

De acordo com informações extraídas do banco de dados da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), no que tange ao perfil litológico da área em estudo, a mesma apresenta as seguintes características exibidas no Quadro 1 a seguir:

**Quadro 1 – Dados litológicos da área em estudo**

<b>Dados Litológicos</b>			
<b>Profundidade (m)</b>		<b>Litologia</b>	<b>Descrição litológica</b>
0	14	Solo areno-argiloso	Solo areno-argiloso, vermelho
14	28	Basalto	Basalto cinza-esverdeado, alterado
28	54	Basalto	Basalto cinza-amarronzado, granulação fina, amigdaloidal, maciço
54	85	Basalto	Basalto cinza-claro, granulação grossa, fraturado
85	102	Basalto	Basalto cinza-escuro, granulação fina, maciço e duro

Fonte: Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais, 2010

As características da qualidade das águas subterrâneas variam conforme a litologia, percentual de argila, presença de metais, além de outras inúmeras variáveis. Sua quantidade está ligada diretamente à condutividade hidráulica e à capacidade de armazenamento da rocha. Portanto, pode haver grande quantidade de água armazenada, mas muitas vezes não são transmissíveis devido à formação rochosa, que dificulta a movimentação das águas (argila ou rocha densa) e sua recarga acaba por afetada.

### **3.4 Contaminação das Águas Subterrâneas do Nível Freático**

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, 2000).

Os metais pesados (incluindo cádmio, cromo, chumbo e mercúrio) apresentam baixa mobilidade em muitos ambientes naturais. Este comportamento pode ser alterado sob forte mudança nas condições físico-químicas. Os padrões de potabilidade existentes não cobrem a totalidade das substâncias utilizadas pela sociedade industrial. Isso decorre da insuficiente

evidência médica que permita o estabelecimento de recomendações seguras (Hirata, 2000).

O Distrito de Nova Itamarati já comporta algumas atividades comerciais que geram resíduos contaminantes, se não geridos, adequadamente, resultam na alteração da qualidade dos solos e das águas, mesmo em caráter pontual e de menor relevância. Os resíduos oriundos de atividades mecânicas, principalmente óleos e graxas, que por algum descuido venham a ser extravasados resultam em dano ambiental complexo, devido à natureza física e química do agente impactante.

Outro potencial agente contaminante são as medidas de saneamento local. O distrito não dispõe de uma estação de tratamento de esgoto, portanto, as águas residuárias são conduzidas ao descarte por meio de fossas negras. Medida de saneamento obsoleta que compromete a qualidade ambiental do solo e das águas subterrâneas originando um passivo ambiental.

As preocupações em torno destes tipos de passivos ambientais se dão pela complexidade da remediação, que em casos extremos pode vir a ser nula, pois o custo do tratamento poderia inviabilizar o reparo. Sabe-se que as águas residuárias apresentam concentrações de cloretos, sódio, magnésio, nitrogênio, sulfatos, metais pesados e cargas microbianas patogênicas que alteram as características organolépticas ou até inviabilizam o consumo da água por seres humanos e animais.

De acordo com Hirata (2000), os contaminantes que apresentam maiores riscos à água subterrânea são o nitrogênio e os microrganismos patogênicos. Compostos nitrogenados nos dejetos humanos podem causar uma persistente e extensa contaminação em aquíferos freáticos em zonas urbanizadas e peri-urbanas. Por exemplo, uma área de densidade populacional de 20 pessoas por hectare pode gerar uma carga de 100 kg/ por habitantes/ano de nitrogênio que, se oxidado por 100 mm/ano de infiltração de água de chuva, poderia resultar em uma recarga local ao aquífero de  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de nitrato. Na prática, a quantificação de nitrogênio depositado que será lixiviado é desconhecida, bem como a sua diluição e redução química, devido a vários processos que ocorrem no subsolo, portanto, o ditado popular – “*É melhor prevenir que remediar*” – é diretamente aplicável às águas subterrâneas (Hirata, 2000).

### 3.5 ASPECTOS LEGAIS

Os aspectos legais buscam estabelecer critérios e diretrizes quanto ao uso e consumo das águas subterrâneas, no entanto, devido à existência de uma ampla gama de agentes impactantes, algumas variáveis físico-químicas deixaram de ser consideradas, não sendo expresso em valores de referência de qualidade (VRQ) e valores máximos permitidos (VMP). Portanto, este estudo também considerará variáveis não expressas no âmbito legal.

### 3.6 Padrões Ambientais – RESOLUÇÃO CONAMA nº 396/2008

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. O Art. 2º da referida resolução, caracteriza em seus corpos e incisos itens devidamente conceituados, buscando elucidar possíveis dúvidas quanto à: águas subterrâneas, aquíferos, classe de qualidade, classificação, condição de qualidade, enquadramento (classe), monitoramento, padrão de qualidade, parâmetro de qualidade da água, usos preponderantes, VRQ e VMP.

O Capítulo II, em seu Art. 3º, da respectiva legislação trata sobre as classificações das águas subterrâneas, onde apresentam seis tipos, conforme os incisos I, II, III IV, V e VI apresentados no (Quadro 2) Estas classificações determinam os potenciais usos, restrições e quanto à preservação das águas subterrâneas no ambiente natural.

**Quadro 2 – Classificação das águas subterrâneas**

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (RES. CONAMA 396/2008)		
Inciso	Classe	
I	Especial	Água dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidade de conservação;
II	1	Não apresenta alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, não exigindo tratamento para quaisquer usos devido às suas características;
III	2	Não apresenta alteração na sua qualidade por atividades antrópicas, porém podem exigir tratamento adequado devido às características hidrogeoquímicas naturais;
IV	3	Apresenta alteração de sua qualidade por atividades antrópicas onde não é necessário o tratamento em

		função das alterações, mas podem exigir tratamento adequado do uso preponderante devido às características hidrogeoquímicas naturais;
<b>V</b>	4	Apresenta alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo;
<b>VI</b>	5	Apresenta alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso.

Fonte: Resolução CONAMA 396/08.

No que diz respeito às condições e padrões de qualidade das águas subterrâneas, a RES. CONAMA 396/08, Art. 6º, classifica que os padrões das Classes 1 a 4 (ver Quadro 2) deverão ser estabelecidos com base nos Valores de Referência de Qualidade – VRQs, determinados pelos órgãos competentes, e nos Valores Máximos Permitidos – VMP para cada uso preponderante, observados os Limites de Quantificação praticáveis – LPQs. Os Art. 5º, 7º, 8º, 9º, 10º e 11º classificam os parâmetros de VRQ e VMP para as Classes de águas subterrâneas, sendo a Classe 1 a que apresenta valores mais restritivos, listados no Quadro 3.

**Quadro 3 – Condições e padrões de qualidade das águas**

<b>CONDIÇÕES E PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS</b>	
<b>CLASSE</b>	
<b>Especial</b>	Deverão ter suas condições de qualidade naturais mantidas;
<b>1</b>	Apresentam para todos os parâmetros, VRQs abaixo ou igual dos VMPs mais restritivos dos usos preponderantes;
<b>2</b>	Apresentam em pelo menos um dos parâmetros, VRQ superior ao seu respectivo VMP dos usos preponderantes;
<b>3</b>	Deverão atender ao VMP mais Restritivo-VMP <sub>r+</sub> entre os usos preponderantes, para cada um dos parâmetros, exceto quando for condição natural da água;
<b>4</b>	deverão atender aos Valores Máximos Permitidos menos Restritivos-VMP <sub>r-</sub> entre os usos preponderantes, para cada um dos parâmetros, exceto quando for condição natural da água;
<b>5</b>	não terão condições e padrões de qualidade conforme critérios utilizados nesta Resolução.

Fonte: Resolução CONAMA 396/08.

Na Tabela 2 estão elencados alguns dos Valores Máximos Permitidos dos principais parâmetros físico-químicos analisados, de acordo com a Resolução CONAMA 396/08 e a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

**Tabela 2: Valores máximos permitidos dos parâmetros físico-químicos**

<b>Parâmetros</b>	<b>VMP para Consumo Humano em mg L<sup>-1</sup></b>
<b>Al<sup>3+</sup></b>	0,2*

<b>Cd<sup>2+</sup></b>	0,005
<b>Pb<sup>2+</sup></b>	0,01
<b>Cl<sup>-</sup></b>	250*
<b>Cu<sup>2+</sup></b>	2
<b>Cr<sup>3+</sup></b>	0,05
<b>Dureza Total</b>	500*
<b>Fe<sup>3+</sup></b>	0,3*
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	0,1*
<b>Sólidos Totais Dissolvidos</b>	1.000*
<b>Turbidez</b>	5 (uT)**
<b>Zn<sup>2+</sup></b>	5

Fonte: Portaria Nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

\*Padrões Organolépticos

\*\* unidade Turbidimétrica

### 3.7 Padrões Sanitários – Portaria Ministério da Saúde (MS) Nº

#### 2.914/2011

A Portaria Nº 2.914/2011 em seu Art. 1º dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Sendo esta Portaria aplicada às águas destinadas ao consumo humano proveniente de sistema e solução alternativa para abastecimento de água, conforme o Art. 2º.

O Capítulo I, em seu Art. 4º, trata que *“Toda água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância da qualidade da água.”*

E para os fins da respectiva Portaria, são adotadas as seguintes definições elucidadas no Art. 5º, de acordo com o enquadramento das águas. Neste caso, as águas subterrâneas em estudo se enquadram nos incisos I, II, III, IV e VIII apresentadas no Quadro 4.

**Quadro 4 – Definições quanto ao uso e consumo das águas subterrâneas**

<b>DEFINIÇÕES DO ART. 5º</b>	
<b>Incisos</b>	
<b>I</b>	Para consumo humano a água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independente da sua origem;
<b>II</b>	Água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria que não ofereça riscos à saúde;
<b>III</b>	O padrão de potabilidade é o conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, definidos nesta Portaria;

<b>IV</b>	Padrão organoléptico são conjuntos de parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam riscos à saúde;
<b>V</b>	Águas tratadas são águas submetidas a processos físicos, químicos ou combinações destes visando atender ao padrão de potabilidade;
<b>VIII</b>	Solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano: modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo agregados familiares.

Fonte: Portaria Nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

O Art. 22º define que as metodologias analíticas para determinação dos parâmetros previstos nesta Portaria devem atender às normas nacionais ou internacionais mais recentes, tais como Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater de autoria das instituições American Public Health Association (APHA), United States Environmental Protection Agency (USE-PA), normas publicadas pela International Standardization Organization (ISO) e metodologias propostas pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

Com relação aos parâmetros microbiológicos, a água potável deve estar de acordo com o disposto nesta Portaria, onde estão estabelecidos critérios para presença de coliformes totais, *E. coli*, coliformes termotolerantes (Quadro 5), e, turbidez de águas subterrâneas após tratamento de desinfecção, no entanto, salienta-se que as águas dos poços rasos aqui analisados não passam por processos de tratamento de desinfecção.

**Quadro 5 - Valores máximo permitido para agentes microbiológicos**

Parâmetros Microbiológicos	VMP para Consumo Humano
<i>E. coli</i>	Ausentes em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Ausentes em 100 mL
Coliformes totais	Ausentes em 100 mL

Fonte: Fonte: Portaria Nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

No que diz respeito às análises microbiológicas das águas subterrâneas, ressalta-se sua relevância devido às condições de saneamento *in situ* dos efluentes domésticos na forma de fossas negras. Esse método de descarte baseia-se na diluição dos dejetos em água potável onde são conduzidos por meio hidráulico a um ponto específico construído para o recebimento deste tipo de águas, onde muitas vezes não apresentam meios de impermeabilização do solo, e, por fim, podem atingir as águas do nível freático. O descarte

inadequado de resíduos sólidos também pode vir a afetar a qualidade destas águas devido à presença de microrganismos patogênicos e parasitas.

A Portaria do Ministério da Saúde nº 518 de 2004, Art.º 4º, incisos VI, VII, VIII e IX, classifica:

VI - Coliformes totais (bactérias do grupo coliforme) – são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a  $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima  $\beta$ -galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo;

VII - Coliformes termotolerantes – é subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a  $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  em 24 horas; tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal;

VIII - *Escherichia coli* - bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a  $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas  $\beta$  galactosidase e  $\beta$  glucoronidase, sendo considerada o mais específico indicador de 15 contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos;

IX - contagem de bactérias heterotróficas - determinação da densidade de bactérias que são capazes de produzir unidades formadoras de colônias (UFC), na presença de compostos orgânicos contidos em meio de cultura apropriada, sob condições pré-estabelecidas de incubação:  $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  por 48 horas;

Considerando as informações supracitadas, a presença de coliformes termotolerantes nas águas subterrâneas caracteriza a contaminação destas por dejetos, expondo diretamente os consumidores a riscos de saúde, tendo a *E. coli* como principal indicador de contaminação.

A contagem do número total de bactérias, por meio de técnicas e processos adequados, é realizada a partir de um centímetro cúbico da amostra

de água. Um número elevado não é obrigatoriamente indicativo de poluição; variações bruscas nos resultados dos exames podem ser interpretadas como poluição; águas pouco poluídas geralmente apresentam resultados expressos por números baixos.

A qualidade da água varia com o tempo, exigindo para o seu controle a realização de análises em diferentes épocas do ano, e só sua repetição poderá reduzir o efeito da variação dos resultados (Richter e Azevedo Netto, 1991).

### **3.8 Qualidade das Águas Subterrâneas**

A água que se infiltra e se torna subterrânea possui uma dinâmica própria e, com isso, as características químicas das águas subterrâneas refletem os meios por onde percolam, sendo influenciadas pela interação entre as mesmas e a rocha na qual o aquífero está inserido. De acordo com o tipo de aquífero, pode sofrer constante recarga (como de chuvas e corpos de água), bem como interferência direta e indireta das ações do homem (Vasconcelos e de Oliveira, 2016).

A qualidade de uma água é definida por sua composição química, física e bacteriológica (Quadro 6). As características desejáveis de uma água dependem de sua utilização. Para o consumo humano há a necessidade de uma água pura e saudável, isto é, livre de matéria suspensa visível, cor, gosto e odor, de quaisquer organismos capazes de provocar enfermidades e de quaisquer substâncias orgânicas ou inorgânicas que possam produzir efeitos fisiológicos prejudiciais (Richter e Azevedo Netto, 1991).

A qualidade das águas está sujeita a inúmeros fatores, podendo apresentar uma grande variação no decorrer do tempo, e só pode ser suficientemente conhecida através de uma série de análises que abranjam as estações do ano (Richter e Azevedo Netto, 1991).

Todas águas subterrâneas contêm sais em solução que derivam da localização e do movimento passado da água. A qualidade exigida de uma fonte de água subterrânea depende da sua finalidade, assim, as necessidades de água potável, água industrial e água de irrigação variam amplamente. Para estabelecer critérios de qualidade, devem ser especificadas medidas de

tratamentos químicos, físicos, biológicos e radiológicos, bem como método padrão para relatar e comparar resultados de análises (Todd e Mays, 2005).

As águas subterrâneas naturais geralmente adquirem constituintes dissolvidos por dissolução de gases, minerais e sais. Conseqüentemente, os gases, os minerais e sais mais solúveis em um aquífero determinam a composição química da água em um aquífero. A maioria das águas subterrâneas é recarregada através de uma zona do solo que contém pressões parciais de gás dióxido de carbono (Todd e Mays, 2005).

Além das atividades antrópicas a qualidade das águas subterrâneas é fortemente influenciada por fatores exógenos naturais tais como: climatologia, litologia, cobertura vegetal, relevo e intemperismo (do Carmo, 2016).

Por fim, águas subterrâneas recentemente recarregadas contêm altas concentrações de carbono inorgânico. As composições de elementos em menores quantidades ou traços em águas subterrâneas naturais dependem da disponibilidade dos mesmos em fases solúveis ou em fontes que podem criar níveis significativos de oligoelementos na atmosfera. A recarga da precipitação introduz esses oligoelementos nas águas subterrâneas (Todd e Mays, 2005).

O movimento das águas através de rochas ígneas dissolve muita pouca quantidade de minerais devido insolubilidade, no entanto, águas da chuva contem dióxido de carbono provenientes da atmosfera e apresenta alto potencial de dissolução devido à acidificação da mesma (Todd e Mays, 2005).

**Quadro 6: Constituintes físico-químicos presentes em águas naturais**

Constituinte	Concentração em águas naturais	Efeitos na usabilidade da água
<b>Cloretos (Cl<sup>-</sup>)</b>	Geralmente inferior a 10 mg L <sup>-1</sup> em regiões úmidas mas acima de 1.000 mg L <sup>-1</sup> em regiões áridas.	Excedendo valores de 100 mg L <sup>-1</sup> causa um aspecto salobro das águas.
<b>Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>	Inferiores a 10 mg L <sup>-1</sup> .	A presença de elevadas concentrações pode causar sabor levemente amargo e distúrbios fisiológicos.
<b>Sólidos Dissolvidos</b>	Geralmente inferiores a 5.000 mg L <sup>-1</sup> .	Mais de 500 mg L <sup>-1</sup> é indesejável para consumo e diversos

		usos industriais.
<b>Sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)</b>	Geralmente inferior a 300 mg L <sup>-1</sup> .	Sulfato reage com cálcio formando um aderente que dificulta a troca de calor em caldeiras.
<b>Ferro (Fe<sup>2+</sup>)</b>	Em águas subterrâneas com pH inferior a 8.0 pode conter 10 mg L <sup>-1</sup> .	Valores acima de 0,1 de mg L <sup>-1</sup> precipita após exposição ao ar, causando turbidez, manchas em encanamentos, roupas e utensílios domésticos. Pode conferir sabor e cor em alimentos e bebidas.
<b>Manganês (Mn<sup>2+</sup>)</b>	Apresenta valores inferior a 0,20 mg L <sup>-1</sup> . Pode ocorrer valores acima de 10 mg L <sup>-1</sup> .	Mais 0,2 mg L <sup>-1</sup> precipita após a oxidação; provoca sabores indesejáveis, depósitos em alimentos durante o cozimento.
<b>Cálcio (Ca<sup>2+</sup>)</b>	Geralmente inferiores a 100 mg L <sup>-1</sup> .	Ca e Mg combinam com bicarbonato, carbonato, sulfato e sílica incrustando em equipamentos de troca de calor. Altas concentrações podem causar efeito laxativo.
<b>Magnésio (Mg<sup>2+</sup>)</b>	Geralmente inferiores a 50 mg L <sup>-1</sup> .	
<b>Sódio (Na<sup>+</sup>)</b>	Geralmente inferior a 200 mg L <sup>-1</sup> .	Mais de 50 mg L <sup>-1</sup> de Na e K na presença de matéria em suspensão provoca formação de espuma, o que acelera o incrustamento e a corrosão das caldeiras.
<b>Potássio (K<sup>+</sup>)</b>	Geralmente inferior a 10 mg L <sup>-1</sup>	
<b>Carbonato (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)</b>	Geralmente inferior a 10 mg L <sup>-1</sup> .	Após aquecimento, o bicarbonato é convertido em vapor, CO <sub>2</sub> e CO <sub>3</sub> <sup>(2-)</sup> .
<b>Bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>	Geralmente inferior a 500 mg L <sup>-1</sup> .	

Fonte: Todd e Mays, 2005.

### **3.9 Aspectos Climatológicos da Região**

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 (EMBRAPA, 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 (EMBRAPA, 2002).

### **3.10 Caracterização Físico-química das Águas Subterrâneas**

As características físicas das águas apresentam pouca relevância no quesito sanitário, porém são fáceis em determinar. No entanto, as características químicas da água determinam de modo mais preciso e explícito as características das águas e assim são mais vantajosas para se apreciar as propriedades de uma amostra. São determinadas por meio de análises, seguindo métodos adequados e padronizados (Richter e Azevedo Netto, 1991).

#### **Potencial Hidrogeniônico (pH)**

Usualmente o termo pH é conhecido universalmente para expressar a intensidade de uma condição ácida ou básica de uma solução. Mede a concentração do íon hidrogeniônico. A dissociação da água em seus respectivos cátions e ânions é relativamente pequena (Richter e Azevedo Netto, 1991).

Condições ácidas aumentam de atividade à medida que o pH decresce e, vice-versa, condições alcalinas se apresentam a pH elevados. O pH 7,0 tem pouco significado como ponto de referência na engenharia sanitária. Em sistemas de abastecimentos de água o pH está geralmente compreendido de caráter básico, entre 6,5 e 9,5. De um modo geral valores baixos tendem a ser corrosivas ou agressivas aos materiais da estrutura (Richter e Azevedo Netto, 1991).

## **Turbidez**

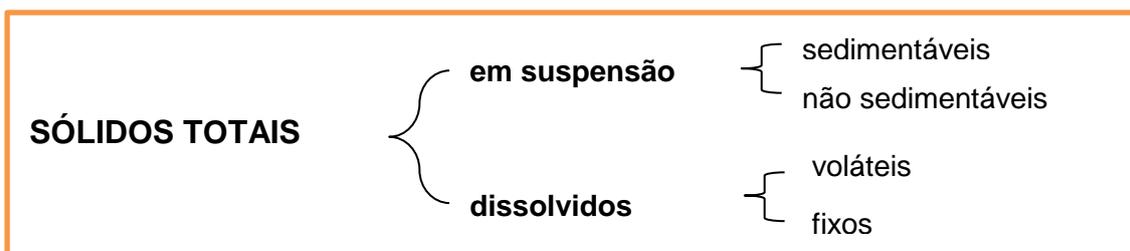
A turbidez é uma característica da água devido à presença de partículas suspensas na água, com tamanho variando desde suspensões grosseiras aos coloides, dependendo do grau de turbulência. A presença dessas partículas provoca a dispersão e a absorção da luz, dando à água uma aparência nebulosa, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa. A turbidez pode ser causada por uma variedade de materiais: partículas de argila ou lodo, descarga de esgoto doméstico ou industrial ou a presença de um grande número de microrganismos (Richter e Azevedo Netto, 1991).

É impraticável tentar correlacionar a turbidez com o peso da matéria em suspensão. Quanto mais subdividida, uma fixada quantidade de uma dada substância, maior será a turbidez, por isso não se usa a unidade de medida em  $\text{mg L}^{-1}$  para turbidez (Richter e Azevedo Netto, 1991). Atualmente a unidade de medida para turbidez é definida como Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT).

A desinfecção da água, principalmente a inativação de vírus, é um tanto mais eficaz quanto menor é a turbidez da água, onde a água filtrada deve apresentar turbidez menor que 1,0 UNT, preferencialmente inferior, a 0,2 UNT (Richter e Azevedo Netto, 1991).

## **Sólidos Totais**

A presença de sólidos na água é comentada neste tópico relativo aos parâmetros físicos, muito embora os sólidos possam também estar associados a características químicas ou biológicas. Sólidos em suspensão podem ser definidos como as partículas passíveis de retenção por processos de filtração. Muito embora os parâmetros turbidez e sólidos totais estejam associados, eles não são absolutamente equivalentes. Uma pedra, por exemplo, colocada em um copo de água limpa confere àquele meio uma elevada concentração de sólidos totais, mas sua turbidez pode ser praticamente nula (Brasil 2006). Os sólidos presentes na água podem estar distribuídos da seguinte forma:



Fonte: Libânio, 2005.

### Sólidos Totais Dissolvidos

O sólido total dissolvido é uma medida da quantidade total de minerais dissolvidos em água e, portanto, é um parâmetro muito útil na avaliação da qualidade da água. A água que contém menos de  $500 \text{ mg L}^{-1}$  é preferida para uso doméstico e para muitos processos industriais (Todd e Mays, 2005). O Quadro 7 ilustra os padrões de qualidade das águas.

**Quadro 7: Padrão de qualidade da água de acordo com a concentração de STD**

Fresca	Inferior a $1.000 \text{ mg L}^{-1}$
Levemente salina	Entre $1.000$ e $3.000 \text{ mg L}^{-1}$
Moderadamente salina	Entre $3.000$ e $10.000 \text{ mg L}^{-1}$
Muito salina	Entre $10.000$ e $35.000 \text{ mg L}^{-1}$
Salgada	Acima de $35.000 \text{ mg L}^{-1}$

Fonte: Todd e Mays, 2005.

### Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica depende da quantidade de sais dissolvidos na água e é aproximadamente proporcional à sua quantidade. Sua determinação permite obter uma estimativa rápida do conteúdo de sólidos de uma amostra (Richter e Azevedo Netto, 1991).

### Alcalinidade

A alcalinidade é devida à presença de bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) ou hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ). Com maior frequência, a alcalinidade das águas é devida a bicarbonatos, produzidos pela ação do gás carbônico dissolvido na água sobre as rochas calcárias. É uma das determinações mais importantes no controle da água, estando relacionada com a coagulação, redução de dureza e prevenção de corrosão (Richter e Azevedo Netto, 1991).

Os íons causadores da alcalinidade são todos básicos e, assim, capazes de reagir com um ácido de concentração conhecida. A quantidade de ácido adicionada até se atingir determinado valor do pH, mede a alcalinidade

existente na amostra de água. Como indicadores, são geralmente usados a fenolftaleína e alaranjado de metila. Somente dois tipos de alcalinidade podem estar presentes simultaneamente numa amostra de água, posto que haveria uma reação entre hidróxidos e bicarbonatos, reduzindo estes à forma de carbonatos (Richter e Azevedo Netto 1991).



Em função do pH, podem estar presentes na água os seguintes tipos de alcalinidade. Veja o Quadro 8:

**Quadro 8: Caracterização de alcalinidade com base no pH**

<b>pH</b>	11,0 – 9,4	Alcalinidade de hidróxidos e carbonatos
	9,4 – 8,3	Carbonatos e bicarbonatos
	8,3 – 4,6	Somente bicarbonatos
	4,6 – 3,0	Ácidos minerais

Fonte: Richter e Azevedo Netto, 1991

### **Acidez**

A maioria das águas naturais e dos esgotos domésticos é tamponada por um sistema composto por dióxido de carbono e bicarbonatos. O ácido carbônico não é totalmente neutralizado, a não ser que o pH seja igual ou superior a 8,2, e não diminuirá o pH a valores abaixo de 4,5. Assim, a acidez devida ao dióxido de carbono está na faixa de pH 4,5 a 8,2, enquanto que a acidez causada por ácidos minerais fortes, ocorre geralmente a pH abaixo de 4,5. Assim, como a alcalinidade, a acidez é expressa em termos de  $\text{CaCO}_3$  e é medida neutralizando-se o  $\text{CO}_2$  livre com um hidróxido, usando a fenolftaleína como indicador (Richter e Azevedo Netto, 1991).

### **Cloretos**

O conjunto de sais normalmente dissolvidos na água, formado pelos bicarbonatos, cloretos, sulfatos e em menor concentração outros sais, pode conferir à água sabor salino e uma propriedade laxativa. O teor de cloretos é um indicador de poluição por esgotos domésticos. O limite máximo desejável em águas para consumo humano não deve ultrapassar  $250 \text{ mg L}^{-1}$  (Richter e Azevedo Netto, 1991).

Concentrações de cloretos, mesmo superiores a  $1.000 \text{ mg L}^{-1}$  não são prejudiciais ao homem, a menos que ele sofra de moléstia cardíaca ou renal. A

restrição de sua concentração máxima está associada ao gosto que o sal confere à água. Variações do teor de cloretos em águas naturais devem ser investigada, pois é indicação de provável contaminação (Richter e Azevedo Netto, 1991).

### **Dureza**

É uma característica conferida à água pela presença de alguns íons metálicos principalmente os de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e, em menor grau, os íons ferrosos ( $\text{Fe}^{2+}$ ) e do estrôncio ( $\text{Sr}^{2+}$ ). A dureza é reconhecida pela sua propriedade de impedir a formação de espuma como sabão. Além disso, produz incrustações nos sistemas de água quente. A dureza é expressa em termos de  $\text{CaCO}_3$ , e pode ser classificada de duas maneiras: pelos íons metálicos e pelos ânions associados com os íons metálicos (Richter e Azevedo Netto, 1991).

Na primeira, distingue-se a dureza do cálcio e magnésio. Na segunda, a dureza é classificada em dureza de carbonatos e dureza de não carbonatos. O Quadro 9 ilustra a classificação das águas em termos do grau de dureza:

**Quadro 9: Classificação da dureza de cálcio e magnésio de acordo com a concentração**

Mole	Inferior a $50 \text{ mg L}^{-1}$ em $\text{CaCO}_3$
Dureza moderada	Entre $50$ a $150 \text{ mg L}^{-1}$ em $\text{CaCO}_3$
Dura	Entre $150$ a $300 \text{ mg L}^{-1}$ em $\text{CaCO}_3$
Muito dura	Superior a $300 \text{ mg L}^{-1}$ em $\text{CaCO}_3$

Fonte: Richter e Azevedo Netto, 1991.

### **Oxigênio Consumido**

A informação sobre a quantidade do OC é útil para definir alterações da qualidade da água a ser tratada e indicar a afetividade do processo do tratamento aplicado, além de indicar o desenvolvimento de microrganismo nas unidades de tratamento (Tratamento de Águas, 2008).

Este método se baseia na reação de oxidação por parte do permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ) em meio ácido, neste caso, utiliza-se o ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), em função do íon sulfato não ser afetado pelo permanganato, que não o consome. O objetivo é oxidar quantitativamente as substâncias oxidáveis nas condições da determinação. Por esse motivo é

necessário adicionar o permanganato em excesso e trabalhar a quente (Tratamento de Águas, 2008).

### **Oxigênio Dissolvido**

A determinação do teor de oxigênio dissolvido é um dos ensaios mais importantes no controle de qualidade da água. O conteúdo de oxigênio nas águas superficiais depende da quantidade e tipo de matéria orgânica instáveis que a água contenha. A quantidade de oxigênio que a água pode conter é pequena, devido à sua baixa solubilidade, principalmente em águas subterrâneas (Richter e Azevedo Netto, 1991).

Oxigênio dissolvido indica o grau de aeração da água. O teor de oxigênio na água varia principalmente com temperatura e altitude. Ausência de oxigênio permite a vida dos microrganismos anaeróbicos, que se caracterizam por não possuírem a enzima superóxido dismutase que degradam radicais tóxicos que se originam na presença de oxigênio (CETESB, 1987).

### **Nitrogênio (N) Total, Fósforo (P) e Total Sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)**

Considerando a composição das águas subterrâneas, sua qualidade é resultante das interações entre o meio ambiente biótico e o ciclo geoquímico além de diversas outras externalidades de forte influência antropogênica. Alterações significativas na cobertura vegetal, seja por processos de urbanização ou de expansão agrícola podem vir a alterar os padrões de concentrações de nitrogênio e fósforo total em águas subterrâneas a nível freático por meio de percolação.

Os microrganismos, em particular as bactérias, têm o papel mais importante nos processos de transformação do N. Essas transformações tendem a ser bem mais rápidas que os processos geoquímicos, pois são processos mediados por microrganismos e a velocidade é determinada pelos fatores ambientais que influenciam a atividade microbiana, tais como: temperatura, umidade, pH e disponibilidade de oxigênio (Alvim, 2016).

O aumento da taxa global de fixação de N, provocado processo de Haber-Bosch foi de 0 antes de 1910 a mais de 100 Tg N ano<sup>-1</sup> em 2000, com cerca de 85%, utilizado na produção de fertilizantes (Galloway et al., 2003).

A perda de nitrato é particularmente difícil de monitorar, pois o ânion é altamente móvel, não-reativo e prontamente percola através do solo para contaminar as águas subterrâneas. O nitrato percola para as águas subterrâneas onde pode permanecer ou ser descarregado para o meio ambiente em águas superficiais não contaminadas (Adelana *et al.*, 2016).

O fósforo apresenta-se nas formas de ortofosfatos, polifosfato e fósforo orgânico, originando-se da dissolução de compostos do solo e decomposição da matéria orgânica (proteínas, clorofila, dissolução de rochas, carreamento do solo, decomposição de matéria orgânica), mas principalmente, através de fontes antrópicas, que vão desde lançamento de esgotos sanitários e efluentes industriais e o escoamento de áreas rurais que contenham criadouros de animais e uso de fertilizante em solos agrícolas (Libânio, 2005).

As formas de ortofosfatos, sendo  $\text{HPO}_4^{-2}$  a mais comum para as faixas de pH das águas naturais, são as mais facilmente assimiláveis por algas e plantas aquáticas, e em águas naturais não poluídas as concentrações de fósforo são comumente inferiores a  $0,02\text{mg L}^{-1}$  (Libânio, 2005).

O sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) é uma molécula que contém enxofre e oxigênio que são parte de minerais que ocorrem naturalmente no solo e nas rochas. O sulfato é utilizado na fabricação de vidro, papel, sabões, fungicidas, inseticidas, produtos químicos e diversos outros produtos industriais. É amplamente utilizado na mineração, tratamento de esgoto e processamento de couro. A dissolução do sulfato em águas subterrâneas se dá pelo movimento vertical através do solo e formações rochosas que contenham o mineral de sulfato. O consumo de águas contendo altas concentrações de sulfato é prejudicial à saúde humana e animal (Mubarak *et al.*, 2015).

### **Contaminação por Metais**

Diversos metais são encontrados na forma dissolvida nas águas naturais, oriundos muitas vezes a partir das atividades antrópicas. Entretanto, a contaminação por metais não confere sabor ou odor a água de consumo não sendo perceptível por padrões organolépticos (Libânio, 2005).

No ambiente apresentam persistência não sendo degradados ou demandam longos períodos para que haja degradação dos metais, sendo

assim, apresentam potencial bioacumulativo. Alguns metais, tal como o mercúrio, podem biomagnificar-se na teia trófica onde apresentam suas maiores concentrações no topo da cadeia alimentar devido ao potencial bioacumulativo.

Na água, alguns metais como  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Co^{2+}$  e  $Mo^{2+}$  são essenciais à sistemas bioquímicos complexos, como a cadeia protéica. Porém, altas concentrações, são geralmente tóxicas (Esteves, 2011).

### **Alumínio ( $Al^{3+}$ )**

A concentração de íons de alumínio em águas naturais normalmente é muito pequena, cerca de  $10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$ . Este baixo valor decorre do fato de que na faixa típica de pH para águas naturais, a solubilidade do alumínio contido em rochas e solo. A solubilidade de compostos de alumínio é controlada pela solubilidade de hidróxido de alumínio  $Al(OH)_3$  (Baird, 2002)

O alumínio ocorre na crosta terrestre e em combinação com silício e oxigênio forma-se feldspatos, micas e minerais de argila. Os minerais mais importantes são a bauxita e o coríndon, que é usado como abrasivo. O alumínio e suas ligas são utilizados como condutores de calor, peças de aeronaves, materiais de construção, recipientes, etc (APHA/AWWA/WEF 2012).

O sulfato de alumínio e potássio (alúmen) é usado em processos de tratamento de água para flocular partículas em suspensão, mas pode deixar resíduos de alumínio na água tratada. A ocorrência de alumínio em águas naturais é controlada pelo pH e por partículas minerais muito finamente suspensas. O cation  $Al^{3+}$  predomina em pH inferior a 4. Normalmente sua ocorrência em águas subterrâneas está na ordem de  $0,0001 \text{ mg L}^{-1}$  (APHA/AWWA/WEF, 2012).

E m águas subterrâneas, o limite máximo tolerável é de  $0,2 \text{ mg L}^{-1}$  de acordo com a resolução CONAMA 396/2008.

## **Cádmio (Cd<sup>2+</sup>)**

A maioria do cádmio é produzido como subproduto da fusão de zinco, uma vez que os dois metais normalmente ocorrem juntos. A disposição deste metal no ambiente se dá pela incineração do carvão e resíduos materiais que contenham cádmio, principalmente plásticos e outros materiais que o contenham como pigmento ou estabilizador (BAIRD, 2002).

O Cd<sup>2+</sup> é mais solúvel em água, a menos que íons sulfeto estejam também presentes para precipitar o metal como CdS. Portanto, os seres humanos ingerem usualmente apenas uma pequena parcela de cádmio diretamente da água ou inalação do ar. Pela similaridade com o zinco, as plantas absorvem cádmio da água de irrigação. O uso em campos agrícolas de fertilizantes de fosfato, o qual contém cádmio iônico como um contaminante natural (Baird, 2002).

A solubilidade do cádmio é controlada em águas naturais por equilíbrio de carbonato. As diretrizes para concentrações máximas de cádmio em água natural estão ligadas à dureza ou alcalinidade da água (ou seja, quanto mais mole for a água, menor será o nível permitido de cádmio). Não é essencial para plantas e animais. O cádmio é extremamente tóxico e se acumula nos rins e no fígado, com ingestão prolongada em níveis baixos, levando às vezes a disfunção dos rins (APHA/AWWA/WEF, 2012).

Em águas subterrâneas, o limite máximo tolerável é de 0,005 mg L<sup>-1</sup> de acordo com a resolução CONAMA 396/2008.

## **Chumbo (Pb<sup>2+</sup>)**

Embora a concentração ambiental de chumbo ainda esteja aumentando em algumas partes do mundo, os usos que resultam em dispersão descontrolada estão sendo amplamente reduzido nas duas últimas décadas em muitos países desenvolvidos. Conseqüentemente, sua concentração em solos, água e ar diminuiu de forma substancial (Baird, 2002).

Apesar do chumbo elementar não ser um problema ambiental para muitas formas de vida, ele torna-se uma preocupação real ao dissolver-se para dar origem à forma iônica. O chumbo sozinho não reage com ácidos diluídos. Na realidade ele é estável como um eletrodo a bateria de chumbo. O chumbo

na água é mais completamente absorvido pelo corpo do que o do alimento, no entanto, modernos sistemas de tratamento removem com sucesso a maioria do chumbo da água potável (Baird, 2002).

Com relação a saúde humana, fetos e crianças são mais sensíveis ao chumbo do que adultos, pois absorvem uma maior porcentagem a partir de sua alimentação e por que seus cérebros estão crescendo rapidamente. O principal risco para crianças é a interferência com o desenvolvimento normal do cérebro (Baird, 2002).

Em águas subterrâneas, o limite máximo tolerável é de 0,01 mg L de acordo com a resolução CONAMA 396/2008.

### **Ferro (Fe<sup>2+</sup>)**

Por ser um dos elementos mais abundantes, o ferro é comumente encontrado nas águas naturais superficiais e subterrâneas, apresentando na forma insolúvel (Fe<sup>3+</sup>) e dissolvida (Fe<sup>2+</sup>). A segunda forma é frequente em águas subterrâneas de poços artesianos e no fundo de lagos e reservatórios de acumulação onde se verificam baixas concentrações de oxigênio dissolvido (Libânio, 2005).

A solubilidade do íon ferroso (Fe<sup>2+</sup>) é controlada pela concentração de carbonato. Como as águas subterrâneas são muitas vezes anóxicas, qualquer ferro solúvel nas águas subterrâneas geralmente está no estado ferroso. Na exposição ao ar ou na adição de oxidantes, o ferro ferroso é oxidado para o estado férrico (Fe<sup>3+</sup>) e pode hidrolisar para formar óxido férrico hidratado vermelho e insolúvel. Na ausência de íons formadores complexos, o ferro férrico não é significativamente solúvel, a menos que o pH seja muito baixo (APHA/AWWA/WEF, 2012).

O ferro não apresenta inconveniente sanitário, mas de caráter econômico, por produzir manchas em roupas e aparelhos sanitários em concentrações superiores a 0,3 mg L e em maiores concentrações pode conferir sabor à água de consumo (Libânio 2005).

Em águas subterrâneas, o limite máximo tolerável é de 0,3 mg L de acordo com a resolução CONAMA 396/2008.

## **Zinco (Zn<sup>2+</sup>)**

A abundância média de Zn<sup>2+</sup> na crosta terrestre é de 76 ppm e nos solos de 25 a 68 ppm, em córregos é de 0,02 mg L<sup>-1</sup>, e, por fim, nas águas subterrâneas apresenta valores inferiores a <0,1 mg L<sup>-1</sup>. A solubilidade do zinco é controlada em águas naturais por adsorção em superfícies dos minerais, equilíbrio de carbonato e complexos orgânicos. O zinco é usado em várias ligas, como latão e bronze, em baterias, fungicidas ou pigmentos. O zinco é um elemento de crescimento essencial para plantas e animais, mas em níveis elevados é tóxico para algumas espécies de vida aquática (APHA/AWWA/WEF, 2012).

Em águas subterrâneas, o limite máximo tolerável é de 5 mg L<sup>-1</sup> de acordo com a resolução CONAMA 396/2008, pois a partir deste limite a água apresenta alterações organolépticas.

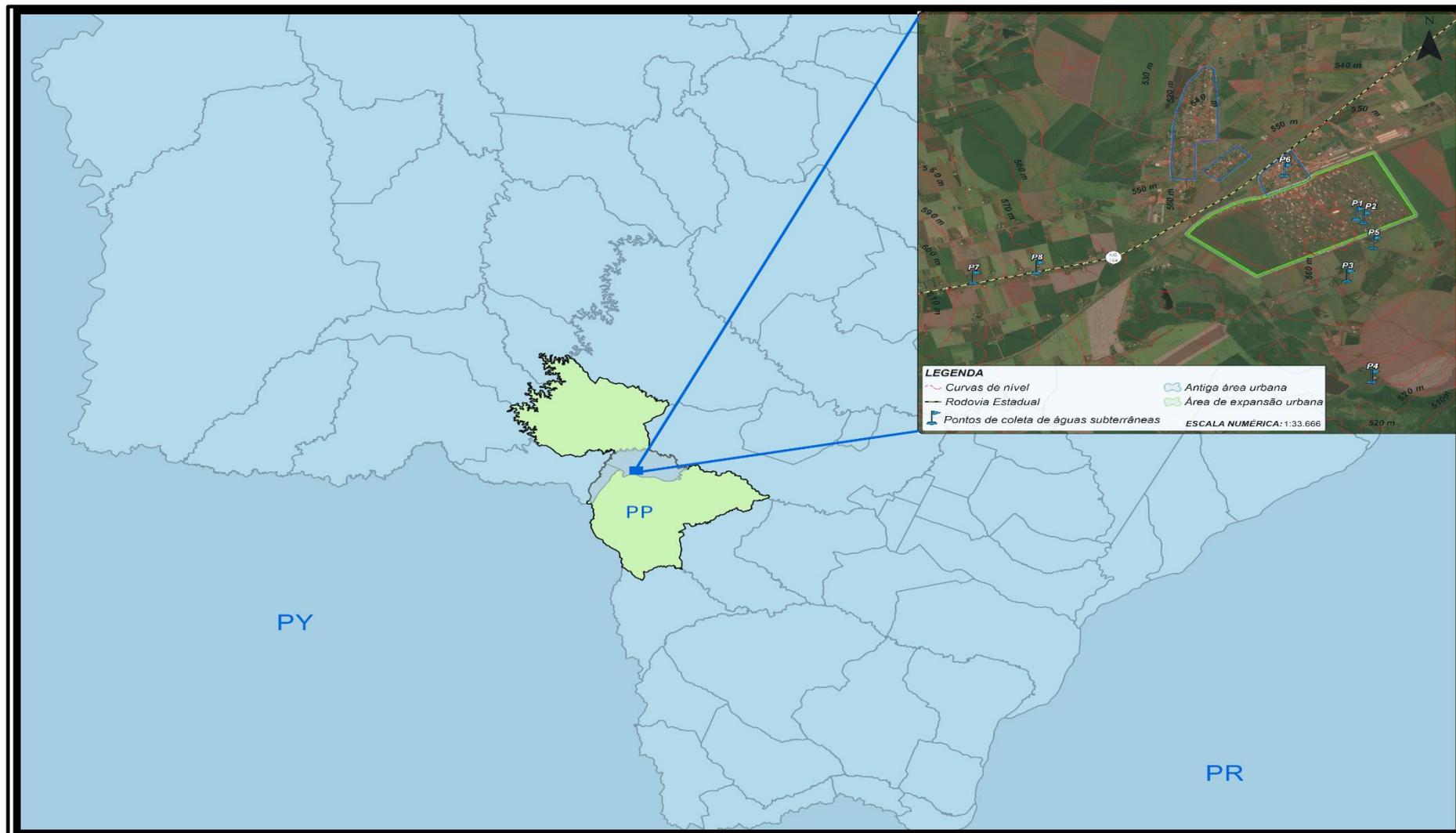
## **4. AMOSTRAGEM**

### **4.1 Pontos de coletas para análises físico-químicas**

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), mobilidade no próprio assentamento e a demanda por produtos e serviços visto a formação urbana existente. A identificação das posições geográficas de cada ponto amostrado será apresentada na Figura 3 e Tabela 3.

A partir das informações supracitadas os pontos amostrados foram definidos com base nas atividades existentes, de caráter aleatório e de fácil acessibilidade, visto que a região não apresenta pavimentação asfáltica e o solo é caracterizado pelo latossolo roxo com elevado percentual de argila o que torna mais difícil o acesso em períodos chuvosos.

Figura 3 - Localização dos poços amostrados no Assentamento Itamarati



Fonte: Autor

**Tabela 3 - Coordenadas geográficas e profundidade dos poços**

Pontos	Coordenadas Geográficas		Profundidade (m)*
	Latitude	Longitude	
<b>Poço 1</b>	22°11'52.48"S	55°34'20.30"O	5
<b>Poço 2</b>	22°11'51.47"S	55°34'21.41"O	14
<b>Poço 3</b>	22°12'13.60"S	55°34'23.32"O	12
<b>Poço 4</b>	22°12'54.34"S	55°34'15.26"O	6
<b>Poço 5</b>	22°12'0.60"S	55°34'15.06"O	12
<b>Poço 6</b>	22°11'32.96"S	55°34'42.79"O	18
<b>Poço 7</b>	22°12'14.40"S	55°36'24.17"O	12
<b>Poço 8</b>	22°12'9.96"S	55°36'3.22"O	13,5

Fonte: Autor

(\*) Dados informados pelos próprios moradores.

Por se tratar de área rural e distante da cidade, o Distrito de Nova Itamarati conta com serviço de distribuição água que atende somente parcela da população oriundo de um poço artesiano. Durante o decorrer desta pesquisa iniciou-se a construção de um segundo poço que continua em andamento.

Ao considerar as informações citadas anteriormente, os pontos não servidos por distribuição de água encanada utilizam de poços rasos para suprir as necessidades de consumo humano, animal e irrigação quando necessário. A construção dos pontos de captação das águas do nível freático não considerou nenhum critério sanitário, porém, alguns poços estavam distantes de pelo menos 15 metros entre o poço raso e a fossa negra o que atenuou uma possível contaminação das águas utilizadas.

**Figura 4 - Parede sem revestimento no Poço 1**



Fonte: Autor

A pluralidade é uma característica marcante no objeto em estudo, pois os assentados apresentam as mais diversas origens, partindo desde outros estados brasileiros, e, em, alguns

casos de outro país, que de alguma forma reflete-se diretamente no campo.

Os poços monitorados apresentam-se das mais variadas formas, desde cavados manualmente sem algum tipo de revestimento nas paredes, como ilustra a Figura 4, como também há poços perfurados por equipamentos específicos que faz com que a abertura do poço seja bem menor, e, por sua vez, apresenta menor potencial contaminante a partir de fontes externas devido ao tamanho da abertura.

O Poço 1 está localizado na residência de um reciclador que encontra-se na periferia do Distrito, possui aproximadamente 5 metros de profundidade e lâmina d'água entre 50 cm e 1 metro de profundidade. Não apresenta qualquer tipo de revestimento nas paredes (Figura 4) e sua tampa é feita em madeirite (Figura 5), material que apresenta baixa

**Figura 5 - Poço 1**



Fonte: Autor

resistência a intempéries, principalmente umidade. A captação da água se dá por bomba elétrica com armazenamento em caixa d'água. O entorno é caracterizado por residência, comércio e rural.

Com relação ao Poço 2, o mesmo é caracterizado por ser basicamente de uso doméstico. Com profundidade de 14 metros aproximadamente, este poço foi perfurado por equipamento específico (perfuratriz) e apresenta revestimento das paredes com tubo de PVC de 100 mm de diâmetro (Figura 6). A captação

da água se dá por bomba elétrica com armazenamento em caixa d'água e o entorno é caracterizado por residência, comércio e rural. Está próximo ao

**Figura 6 - Poço 2 com de tubo de PVC**



Fonte: Autor

partículas e potenciais contaminantes para estas águas.

O Poço 3 (Figura 8) encontra-se situado em uma área que exerce atividades de pecuária leiteira. Apresenta profundidade de 12 metros aproximadamente, o seu entorno é caracterizado pela existência de cultura convencional e pecuária. Nas proximidades da residência existe criação de animais de pequeno porte e um estábulo, onde abriga-se os animais. O poço foi cavado manualmente e apresenta revestimento em tubo de PVC 100 mm e pedra brita em seu redor (Figura 8).

**Figura 7 - Poço 2 defronte à residência**



primeiro poço, porém foi perfurado defronte à residência com proximidade das vias não pavimentadas. A única vedação do poço é um fragmento de madeira facilmente removível, que mesmo assim não cumpre com sua função devido à saliência do cano de captação que obstruí a total vedação. Portanto, o fluxo de veículo no local pode carrear

Fonte: Autor

**Figura 8 - Bomba d'água do Poço 3**



Apesar dos cuidados, o poço encontra-se muito próximo ao estábulo e não conta com cercado de obstrução o que facilita o acesso dos animais ao local. A pedra brita no entorno facilita a infiltração da água que, por sua vez, pode vir a contaminar as águas subterrâneas deste local.

Com relação ao Poço 4, o mesmo encontra-se nas adjacências de área de agricultura convencional por

estar inserido em área de pivô de irrigação. O poço 3 foi perfurado

Fonte: Autor

manualmente, apresenta aproximadamente 7 metros de profundidade e conta com revestimento de anéis de concreto na parte interna do poço, e, na parte externa, uma mistura de solo e pedra brita fina. A captação se dá por bomba d'água e o armazenamento é feito em caixa d'água.

A vedação se dá por tampa de concreto e forro de PVC reutilizados. O poço não apresenta nenhuma obstrução, sendo fácil o acesso por animais e potenciais agentes contaminantes.

**Figura 09 – Poço 4**



Fonte: Autor

**Figura 10 - Parte interna do Poço 4**



Fonte: Autor

O Poço 5 está situado em área de agricultura familiar com seu entorno caracterizado por pecuária leiteira e agricultura convencional. A extração da água se dá por bomba d'água com armazenamento em caixa d'água. O poço possui aproximadamente 12 metros de profundidade e foi perfurado com equipamento específico (perfuratriz), apresenta vedação no acesso do cano de captação o que evita o carreamento de possíveis agentes contaminantes (Figura 11).

**Figura 11 – Poço 5**



Fonte: Autor

O Poço 6 (Figura 9) está localizado em uma das áreas urbanizadas mais antigas da região, próximo à Rodovia MS-164 o seu entorno é caracterizado por residências, comércio de venda e prestação de serviços. Apesar desta porção do Distrito estar servido por serviço de água encanada, alguns moradores não se desfizeram de seus poços devido à insegurança no seu fornecimento. É utilizado como alternativa garantida quando há interrupção no fornecimento pela maioria dos moradores.

O Poço 6 encontra-se instalado no quintal da residência, perfurado por equipamento específico e revestido com tubo de PVC 75 mm. Apesar da parede de tijolos de proteção instalado na lateral da bomba d'água e o poço, não há uma tampa de vedação do poço, onde o fluxo de pessoas, veículos ou animais podem carrear agentes contaminantes para dentro do mesmo.

**Figura 9 - Poço 6**



Fonte: Autor

O Poço 7 (Figura 10) está localizado em uma propriedade agroecológica às margens da Rodovia MS-164. Instalado próximo à área de cultivo, o mesmo é utilizado para irrigação, uso doméstico, humano e dessedentação dos animais. O poço possui 12 metros de profundidade e conta tampa de proteção de metal com perfurações na superfície que permite a entrada de agentes externos, sua altura encontra-se próximo ao nível do solo e foi escavado manualmente.

**Figura 10 – Poço 7**



Fonte: Autor

Para extração da água utiliza-se bomba d'água elétrica onde é armazenado em caixa d'água. Está em uma área que conta com proteção contra acesso de animais. A principal atividade é o cultivo de hortaliças orgânicos e criação de animais de pequeno porte, o entorno da propriedade apresenta agricultura convencional, pastagens e rodovia.

Por fim, o Poço 8 (Figura 11) encontra-se às margens da Rodovia MS-164 e tem como principal atividade a pecuária leiteira. Seu entorno é marcado pela forte presença de pastagens. O poço possui aproximadamente 13,5 metros de profundidade e a extração da água se dá por bomba d'água com armazenamento em caixa d'água.

**Figura 11 - Poço 8**



Fonte: Autor

Apesar do poço aparentemente estar bem vedado, o entorno é caracterizado pela existência de grande quantidade de gramíneas e fluxo de animais. Não possui nenhuma barreira que impeça o acesso de animais e está localizado na lateral da residência próximo as pastagens.

#### **4.2 Frequência, coleta e preservação das amostras**

O estudo foi conduzido por análises mensais dos padrões de qualidade das águas subterrâneas do nível freático da região em evidência. As coletas das amostras ocorreram entre janeiro e dezembro de 2017 em sete dos oito pontos amostrados e um poço teve suas atividades interrompidas por ter sido desativado (poço 6) no mês de setembro.

A frequência entre uma coleta e outra ficou na média de 28 dias devido às condições climáticas, acessibilidade aos locais de coleta, disponibilidade dos moradores e dia da semana. Os requisitos para acondicionamento, preservação e validade das amostras obedeceram aos critérios do “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 2012) para as variáveis analisadas.

As amostras foram coletadas diretamente da bomba d'água e armazenada em 8 frascos de polietileno (2 L), devidamente identificados e acondicionados em caixa térmica com gelo ( $\pm 4^{\circ}\text{C}$ ) (CETESB, 1987), entre o transporte até o laboratório de Físico-Química da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas da UFGD.

Todo material de consumo (vidraria e plásticos) utilizado desde a coleta até a análise foram previamente limpos em banho ácido HNO<sub>3</sub> 10% v/v por pelo menos 24h, seguido de enxágue com água destilada.

## 5. METODOLOGIA

Para realização das amostragens foram definidos oito pontos de coletas, distribuídos no Distrito de Nova Itamarati (três pontos), área de lavoura convencional (dois pontos), pecuária leiteira (dois pontos) e agricultura familiar (um ponto).

### 5.1 Parâmetros Físico-Químicos

O presente estudo buscou avaliar os seguintes parâmetros com fins de determinar a qualidade das águas, são eles: 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).

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, conforme descrito na Tabela 4.

**Tabela 4 - Informações sobre métodos e equipamentos utilizados**

Parâmetro	Método	Equipamento
	APHA/2012 #2000	
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	-
pH	Potenciométrico	Apera Instruments PH60

Temperatura	-	Apera Instruments PH60
STD	Condutância específica	Apera Instruments PH60
Turbidez	Nefelométrico	Turbidímetro – Modelo TD 200 Instrutherm

Fonte: Autor

A determinação de sulfato foi baseada no Método 9038 da Agência de Proteção Ambiental estadunidense (EPA) de 1986 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, J.D.H e Parsons, T.R (1965), onde a determinação da concentração de uma substância é realizada por espectrofotometria a partir de uma série de concentrações previamente conhecidas para construção de um gráfico linear simples por meio de sua absorvância.

## 5.2 Metais

Foram efetuadas análises de água utilizando processo de quantificação por espectrômetro de absorção atômica por chama (GBC932 AA). As determinações foram realizadas nos oito poços estudados para água (P1, P2, P3, P4, P5, P6, 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 espectrômetro 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.

### **5.3 Análises Microbiológicas**

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.

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **6.1 Variáveis Climáticas**

A média pluviométrica é um fator de indicação da quantidade de água precipitada em uma determinada região, caracterizada em milímetros por metro quadrado, 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. Ainda, o mês de fevereiro teve segunda maior média pluviométrica do ano (359,8 mm) ficando pouco abaixo do mês de dezembro que teve 361,4 mm de chuva precipitadas. Tal fato se caracteriza por ser nesta época a estação das chuvas e, por conseqüente, um maior volume de água. 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 mês de maio teve um aumento súbito no volume precipitado, ficando na ordem de 296 mm sendo ele o principal responsável pelo aumento na média. Em junho o volume de chuvas

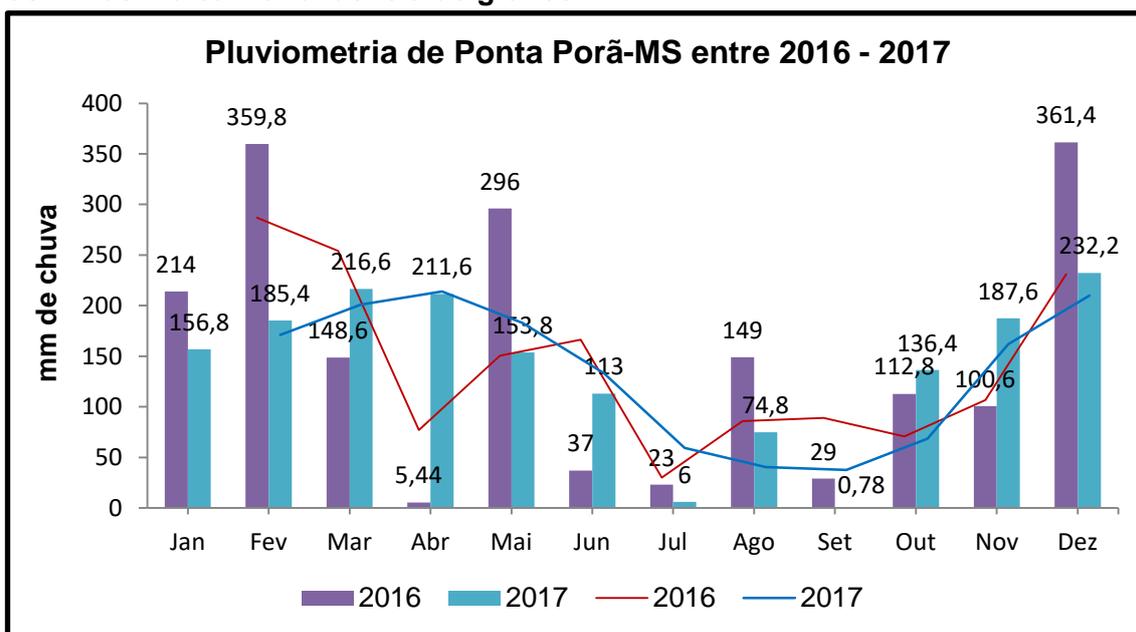
tornou a cair ficando na ordem de 37 mm, portanto, o segundo trimestre de 2016 ficou caracterizado por um regime mensal flutuante com total acumulado de 338,44 mm. Para o ano de 2017, o segundo trimestre apresentou a média de 159,46 com queda gradual entre os respectivos meses, porém, o regime de chuvas 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, julho e setembro ficaram com 23 mm e 29 mm respectivamente. 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 comparamos 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 – As barras indicam a pluviometria de Ponta Porã entre 2016 e 2017 e as linhas indicam a tendência do gráfico.**



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 P1, 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.

Relembramos que o P1 é o poço cujas características de engenharia são deficitárias (figura 4), apresenta lâmina d'água entre 0,50 cm e 01 metro com 5 metros de profundidade (tabela 3), portanto, sugere-se que este poço foi escavado em no máximo 01 metro de profundidade a partir da superfície freática (início da zona saturada), caracterizando ser um poço raso. Este poço apresentou problemas na disponibilidade água a partir de outubro.

O P3 (figura 9), também escavado manualmente, com 16 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 tentativa de normalizar a situação.

O P4 apresenta 07 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 nos poços P1 e P4 devido ao aumento do nível freático, sendo estes poços os únicos que não sofreram manutenção ou alterações ao longo do período analisado.

## **6.2 Parâmetros Físico-Químicos**

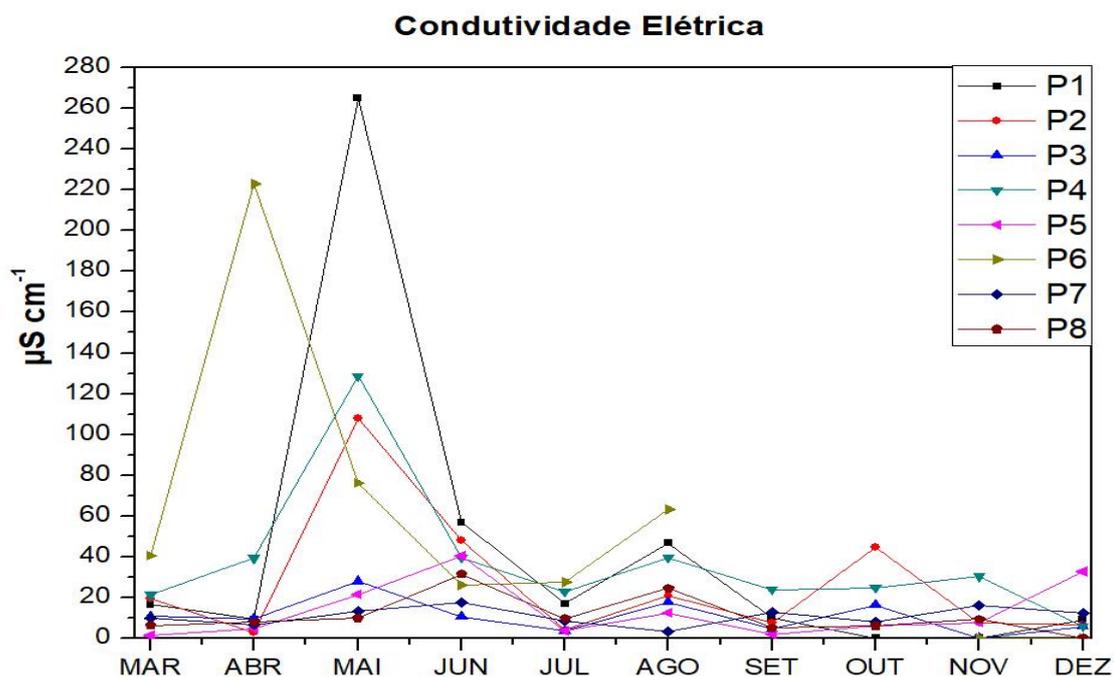
A determinação da qualidade das águas subterrâneas é realizada mediante a análise das características físicas, químicas e microbiológicas, pois estão associadas diretamente com a qualidade ambiental e consumo humano, e, portanto, o estudo da qualidade das águas se faz prioritário devido as suas características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

Regulamentada pela Resolução CONAMA 396/08, 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. Os padrões de qualidade são valores adotados como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água com base nos valores de referência de qualidade e nos valores máximos preponderantes, de acordo com cada uso preponderante.

### 6.3 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é a capacidade da água de transmitir corrente elétrica que se deve a presença de substâncias iônicas, orgânicas e inorgânicas que encontram-se dissociadas na água (Libânio, 2005). Os sais dissolvidos e ionizados na água transformam-na num eletrólito capaz de conduzir a corrente elétrica. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta (Ribeiro et al., 2017).

**Gráfico 2 - Condutividade elétrica**



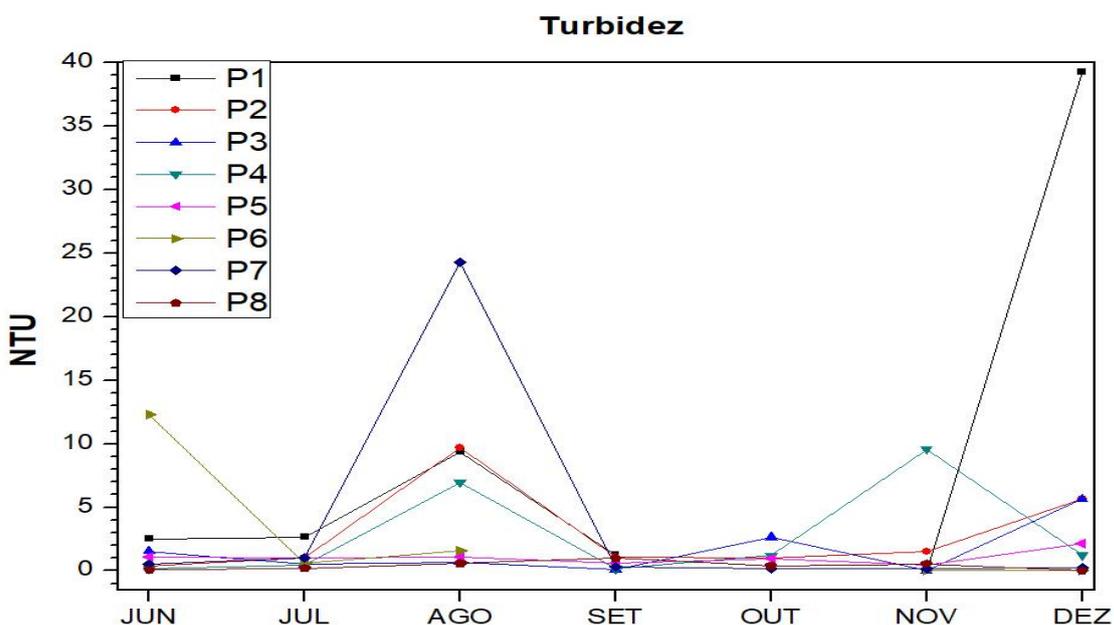
Águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ , em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar a 1.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (Brasil, 2014). Sendo assim, o Gráfico 2 ilustra os valores para condutividade nos pontos amostrados que ficaram dentro da faixa de 10 100  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , com exceção dos poços P1 e P6 para os meses de abril e maio respectivamente, onde os valores excederam os 200  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . Tal fato se explica devido as condições de engenharia dos poços que somado as variáveis climáticas favorecem o carreamento de substâncias indesejáveis para dentro dos poços.

Fonte: Autor

## 6.4 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 (Brasil, 2014). A Portaria do Ministério da Saúde 2.914/11

Gráfico 3 - Turbidez



Fonte: Autor

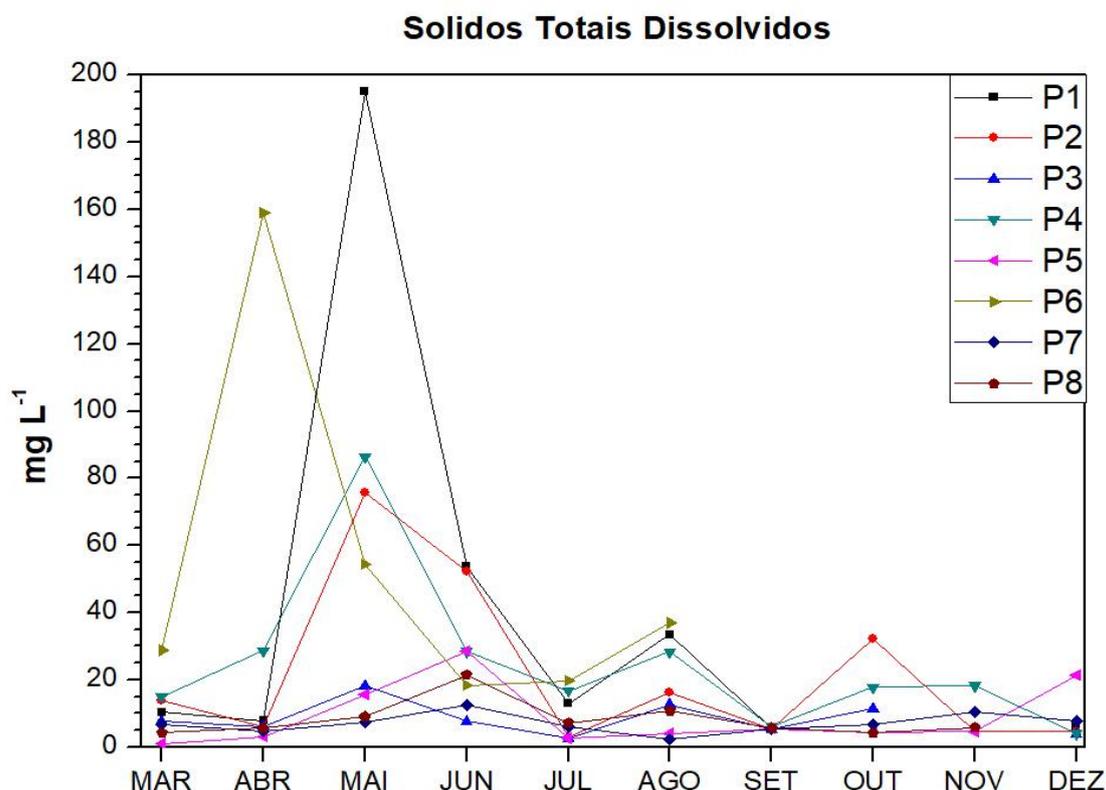
prevê que em águas subterrâneas o valor não deve exceder 5,0 NTU.

Os parâmetros de turbidez analisados entre os meses de junho, julho, setembro, outubro, novembro e dezembro apontaram, em sua maior parte, valores inferiores a 5 NTU e para o mês de agosto houve um aumento significativo desses valores para os pontos P1, P2, P3 e P4, e somente para o P4 em novembro. Tal fato pode ser atribuído aos meios utilizados para revestimento interno dos poços que interferem diretamente na turbidez da água em decorrência de materiais suspensos (Gráfico 3) e por carreação de partículas externas para dentro do poço. Em dezembro, o P1 teve sua turbidez acima dos trinta NTU com devida alteração na cor aparente da água.

## 6.5 Sólidos Totais Dissolvidos

De acordo com Todd e Mays (2005), 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  $500 \text{ mg L}^{-1}$  de STD são indicadas para uso doméstico.

Gráfico 4 – Sólidos Totais Dissolvidos



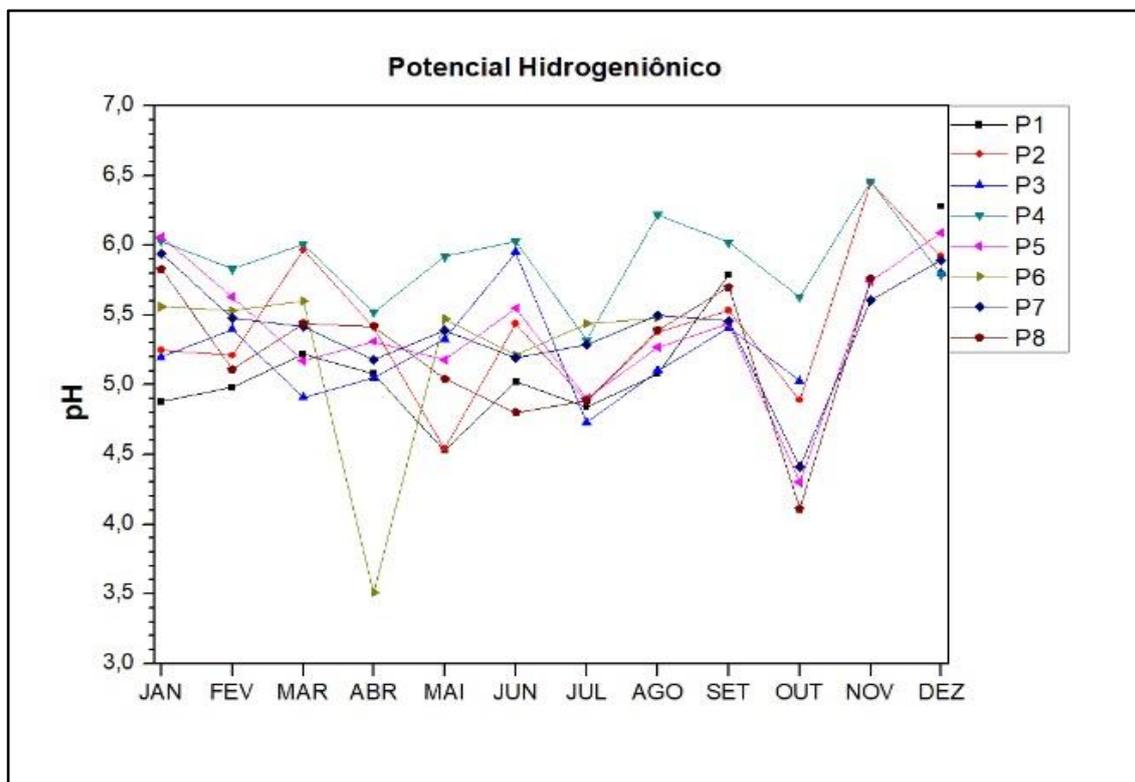
Fonte: Autor

A concentração dos STD para maioria dos pontos amostrados ficaram abaixo dos  $100 \text{ mg L}^{-1}$  (Gráfico 4) indicando reduzida concentração de minerais dissolvidos na água dos poços, entretanto, o P1 e o P6 apontaram aumento na concentração dos STD para os meses de abril e maio, onde atingiram os valores de  $160 \text{ mg L}^{-1}$  e  $190 \text{ mg L}^{-1}$  respectivamente. O aumento na concentração é possivelmente ocasionado por falhas de construção e manutenção o que possibilita o carreamento de partículas pelos ventos e água da chuva.

## 6.6 Potencial Hidrogeniônico (pH) e Acidez

O pH é um parâmetro avaliativo da qualidade das águas quanto ao grau de acidez ou alcalinidade que dependendo do valor expresso indica a presença

Gráfico 5 - pH



de ácidos oriundos de processos naturais ou por atividades antrópicas.

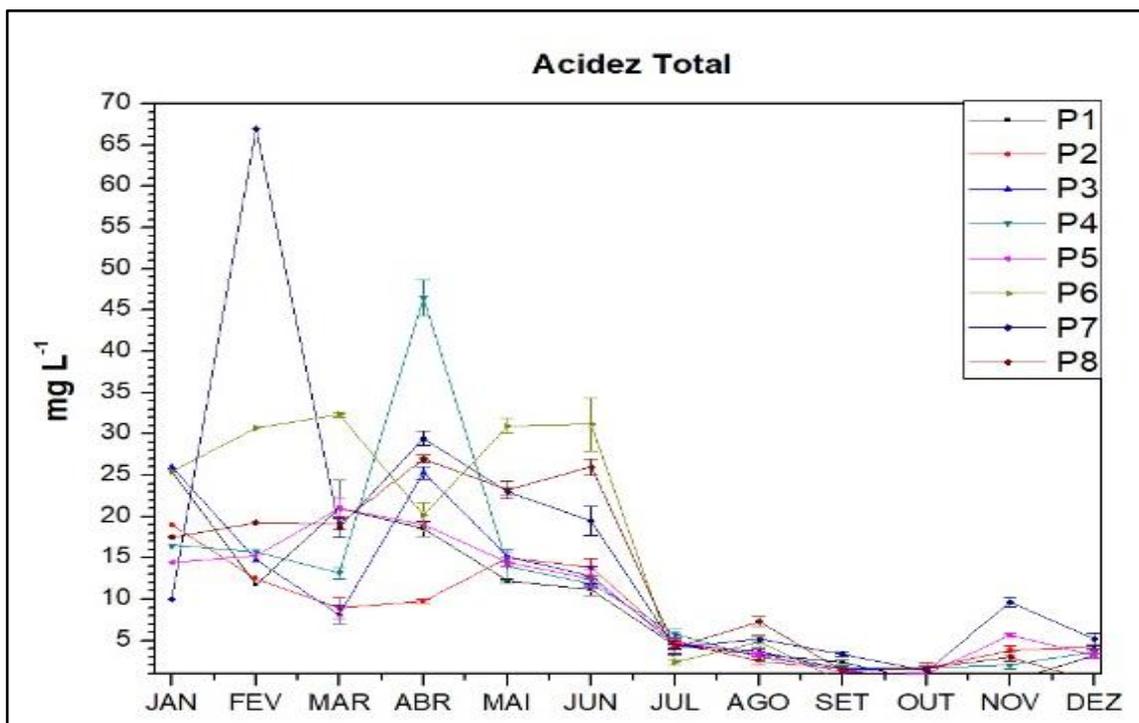
A Portaria do Ministério da Saúde 2.914/11, no Art. 39, inciso 1º, recomenda que o pH das águas para consumo humano deve permanecer na faixa de 6,0 a 9,5. Sendo assim, o Gráfico 5 sintetiza a variação do pH ao longo dos meses de 2017 nos pontos amostrados e nota-se que em sete dos oito pontos apresentaram um comportamento levemente ácido ou ácido, ficando abaixo do mínimo recomendável (pH 6,0). A menor média do pH ficou na casa dos 3,5 no P6 para o mês de abril, caracterizando uma água ácida. A variação neste mês se deu pelo excedente hídrico registrado, ficando na ordem de 211 mm para o acumulado/mês.

O P4 foi o único ponto cujos padrões atingiram o mínimo exigido nos meses de janeiro, março, junho, agosto e setembro, apresentando nos demais meses características ácidas. O P1 e P5 atingiram o padrão mínimo (pH 6,0)

somente no mês de dezembro. Portanto, ressalta-se que o pH dos pontos amostrados flutuou entre 3,5 a 6,22 o que indica que as águas analisadas apresentam características ácidas. 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.

Apesar do pouco significado do ponto de vista sanitário, a acidez é caracterizada principalmente pela presença de CO<sub>2</sub> 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 (Brasil, 2014).

**Gráfico 6 - Acidez Total**



Fonte: Autor

No que tange acidez total para os pontos amostrados, o Gráfico 6 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. Apesar dos meses de fevereiro, março e abril apresentarem um acumulado hídrico médio de 200 mm, fevereiro foi o mês que melhor teve distribuição das chuvas, tendo apenas nove dias de seca.

Em contrapartida, o mês de março ficou vinte e dois dias sem chuvas com um acumulado superior a 115 mm de chuva para um único dia (16) e 79 mm para o dia 26, totalizando 194 mm num intervalo de 10 dias. Para o mês de abril, houve um período de dezessete dias de seca e um acumulado hídrico de 71,80 mm de chuva para o dia 20 e 25,60 mm para o dia 26, totalizando 97,4 mm de chuvas em 6 dias.

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.

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 – CO<sub>2</sub> 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 (Brasil, 2014).

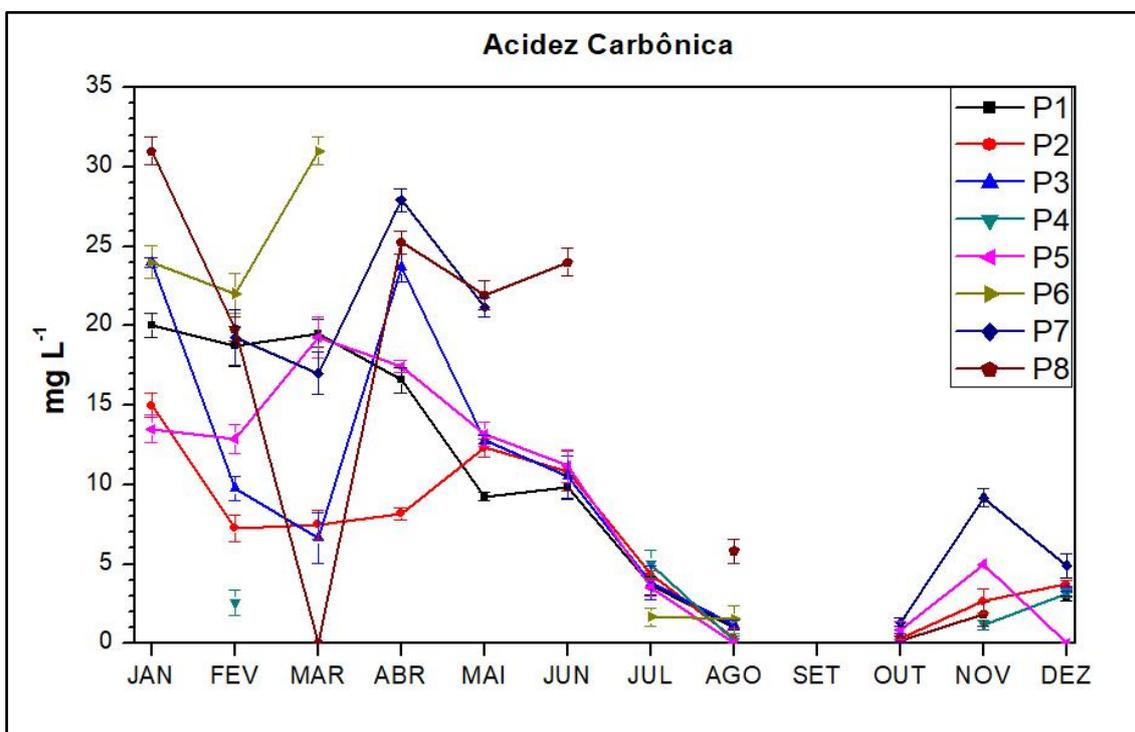
Com relação à acidez carbônica, é originada a partir da interação química entre a água e o CO<sub>2</sub> disperso na atmosfera ou em matéria orgânica em decomposição presente no solo devido a fácil interação química entre eles.

Em decorrência da facilidade dessa interação entre as moléculas de água e gás carbônico, forma-se o ácido carbônico, tal como ilustra o exemplo.



Partindo desta premissa, as concentrações de ácido carbônico presente

**Gráfico 7 - Acidez Carbônica**



Fonte: Autor

nas águas subterrâneas do nível freático apresentaram grandes oscilações ao longo dos meses analisados para a maioria dos pontos amostrados (Gráfico 7), portanto, o P1, P2 e P3 apontaram a existência de outros ácidos, além do ácido carbônico, durante a realização dos ensaios.

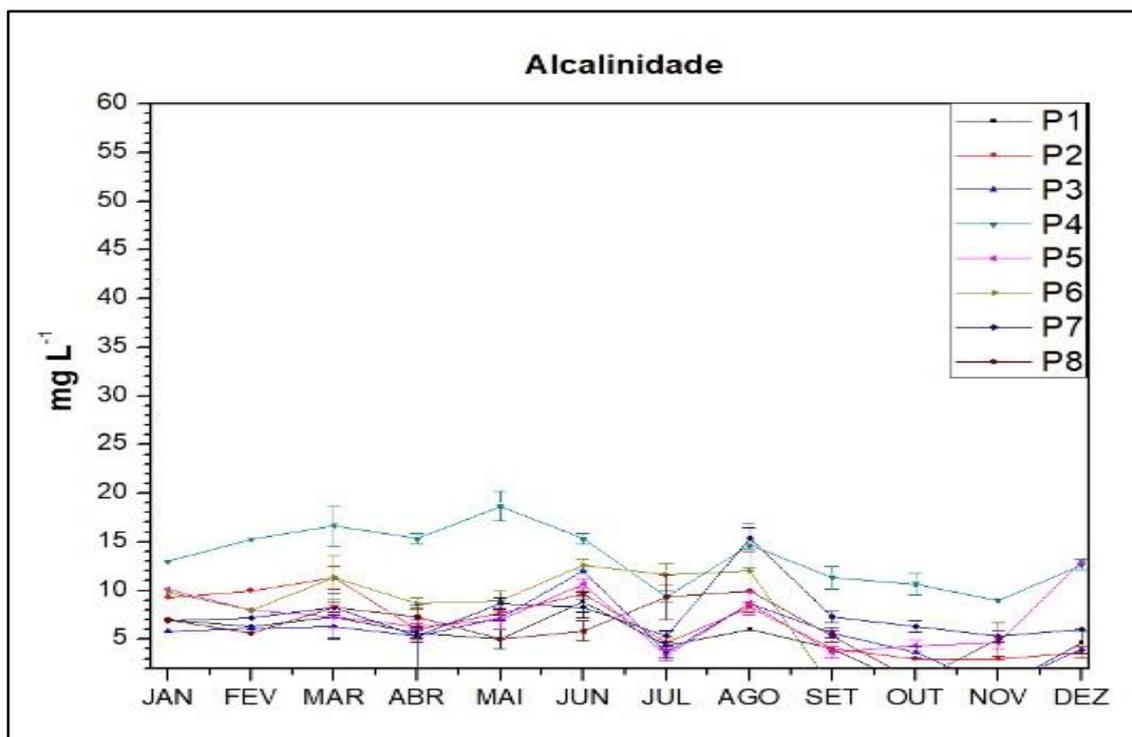
O P4 foi o ponto que melhor apresentou volatilização do ácido carbônico durante os ensaios, pois durante os meses de janeiro, março, abril, maio, junho e outubro reagiu com o indicador de fenolftaleína, apontando que as águas deste poço tinham sua acidez relacionada com a presença de  $\text{CO}_2$ , basicamente.

O P6 também apontou índices alcalinos, apresentando-se livre de  $\text{CO}_2$  em suas águas para os meses de abril, maio e junho. O P5 apontou a existência de outros ácidos, tendo somente o mês de agosto e dezembro um comportamento mais alcalino. Já o P7 apresentou-se livre de  $\text{CO}_2$  nos meses de janeiro, junho e agosto e o P8 em março e julho. Ressalta-se que para o mês de setembro não foi possível analisar acidez carbônica devido a um erro experimental.

## 6.7 Alcalinidade Total

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 CO<sub>2</sub> 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.

Gráfico 8 – Alcalinidade Total



Fonte: Autor

Alcalinidade de uma água é a medida de sua capacidade quantitativa de neutralizar um ácido, sendo importante no processo de corrosão dos sistemas de distribuição. Alcalinidade é devido principalmente a presença de bicarbonato nas águas dos poços (Ribeiro et al. 2017).

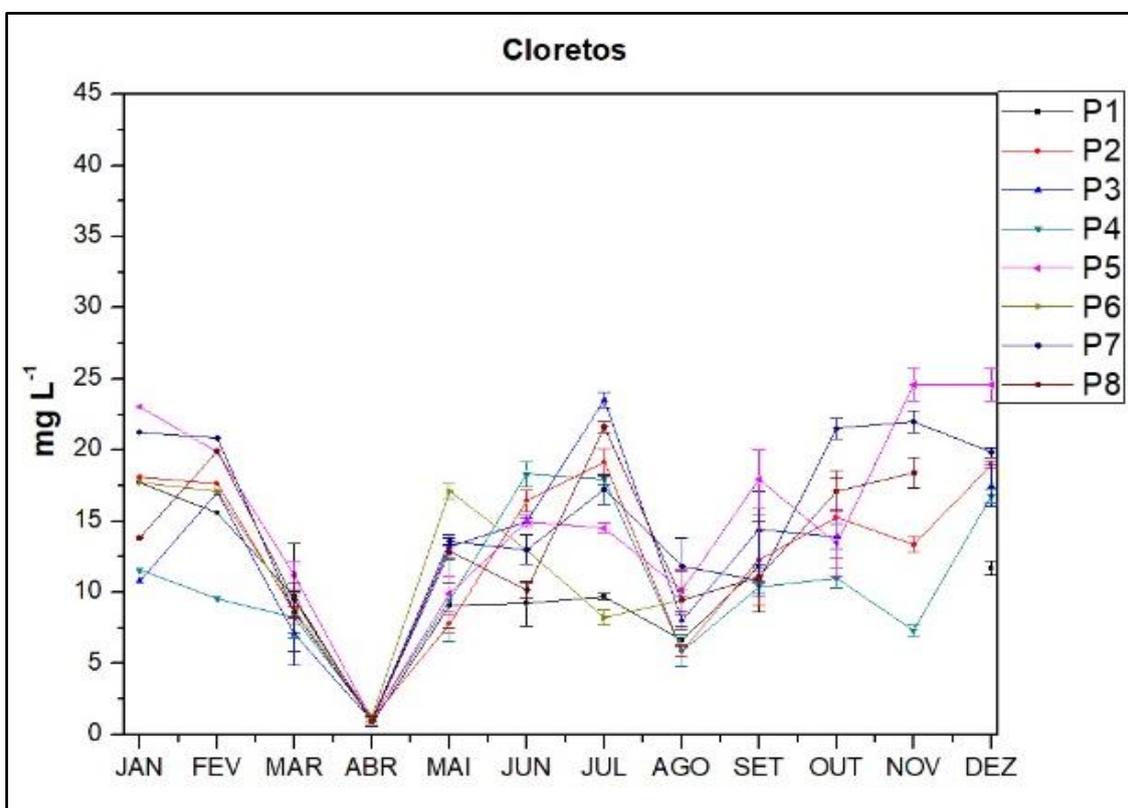
Considerando as informações supracitadas, o pH das águas analisadas ficou entre 4,11 e 6,22 para a maioria das amostras, com exceção do P6 para o mês de abril. O Gráfico 8 demonstra a variação temporal da alcalinidade para os pontos amostrados e a menor concentração ficou com o P8 para o mês de outubro com 0,67 mg L<sup>-1</sup> e a máxima ficou em 32 mg L<sup>-1</sup> 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 ( $\text{Ca}^{+2}$ ) e o magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) (Kottwitz, 2012).

## 6.8 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).



Fonte: Autor

### Gráfico 9 - Cloretos

A determinação de cloretos pode estar relacionada à poluição, sendo, por isso, um indicador de contaminação de águas, a qual pode ocorrer por causa do escoamento de esgotos domésticos ou de aterros sanitários e lixões (Saling *et al.*, 2017).

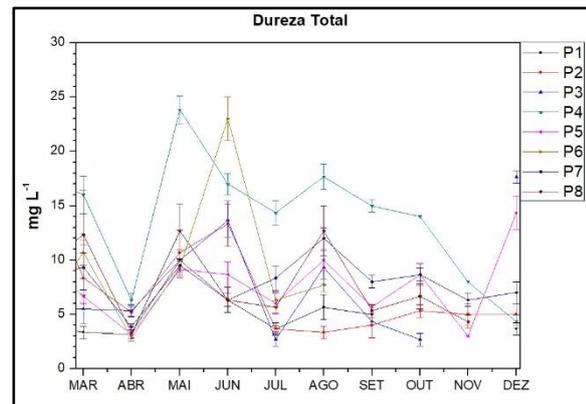
As maiores concentrações de cloreto nas águas amostradas estão em janeiro, entretanto, apesar de alguns pontos apontarem concentrações superiores se comparado aos demais meses do ano, as águas analisadas não apresentaram valores próximos do padrão mínimo legal exigido ( $250 \text{ mg L}^{-1}$ ), ficando bem distante disso. Para o mês de abril, as concentrações para o cloreto ficaram abaixo do  $2,5 \text{ mg L}^{-1}$  em decorrência do excedente hídrico registrado na semana da coleta.

### 6.9 Dureza

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 (Brasil, 2014).

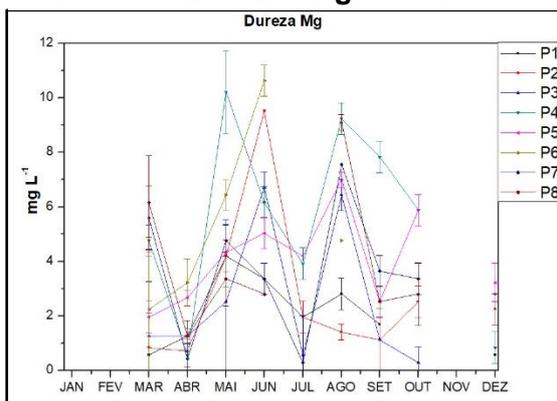
Gráfico 10 - Dureza Total



Fonte: Autor

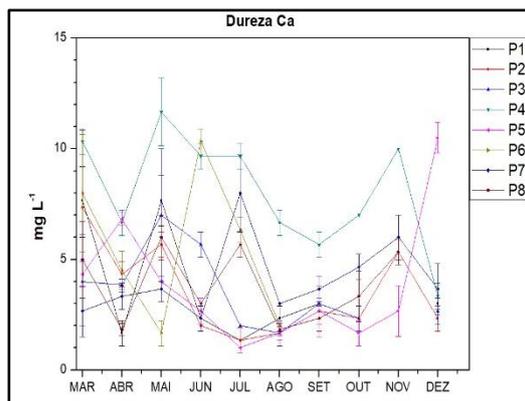
Sendo assim, ressalta-se que todas as amostras estão abaixo do valor máximo recomendado (Gráfico 10) estabelecido pela Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde, para dureza total, que é de  $500 \text{ mg L}^{-1}$ , portanto, durante todos os meses ensaiados, as amostras ficaram abaixo dos  $25 \text{ mg L}^{-1}$ , indicando serem águas moles (até  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ).

**Gráfico 11 – Dureza magnesiana**



Fonte: Autor

**Gráfico 12 - Dureza cálcica**



Fonte: Autor

Com relação à dureza provocada pelo cálcio, a menor concentração encontrada ficou entorno de 1 mg L<sup>-1</sup> para o P5 e a maior concentração ficou entorno de 12 mg L<sup>-1</sup> para o P4 (Gráfico 12). Já a presença de magnésio nas águas amostradas, os valores apresentaram grandes variações nos meses ensaiados, no entanto, julho foi o mês com as menores médias obtidas para a maioria dos pontos amostrados, retomando com um aumento súbito para o mês de agosto na maioria dos pontos, com exceção do P2 onde prosseguiu com declínio até setembro, de acordo com a Gráfico 11.

### 6.10 Oxigênio Consumido (MO)

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 do método aplicado. 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.

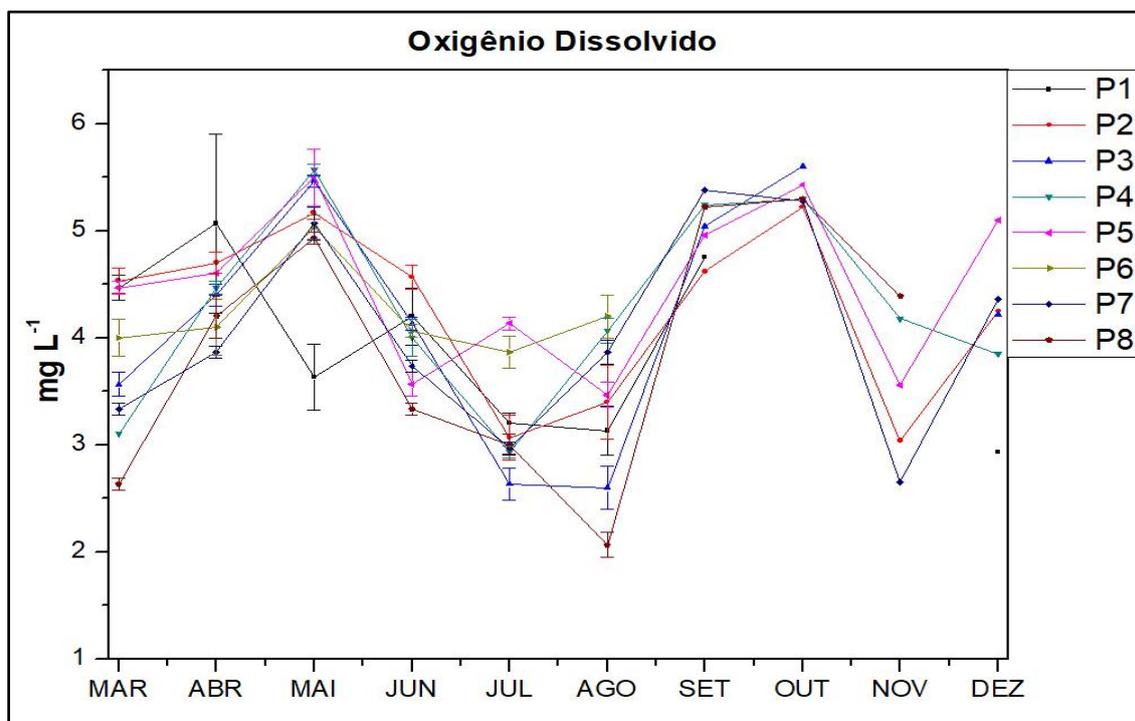
### 6.11 Oxigênio Dissolvido

Dentre os gases dissolvido nas águas o oxigênio é o de maior relevância, pois é o principal agente oxidante da matéria orgânica nas águas e delimitador no suporte da vida aquática (águas superficiais). A saturação do oxigênio se dá pelo movimento das águas na superfície e o contato com a atmosfera, entretanto, os fatores que mais influenciam na dissolução do oxigênio em águas são a temperatura e pressão atmosférica, salienta-se que

águas subterrâneas da zona freática sofrem a mesma pressão atmosférica que o nível do mar como citado anteriormente.

Quando se trata da dissolução do oxigênio em águas subterrâneas, o processo ocorre pelo contato da água com atmosfera durante a precipitação,

**Gráfico 13 - Oxigênio Dissolvido**



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<sup>-1</sup>. A temperatura na faixa de 25°C chega ao limite de 8,6 mg/L<sup>-1</sup> de saturação de oxigênio.

Ao observamos o Gráfico 13 percebe-se que a concentração do oxigênio dissolvidos em águas subterrâneas oscilou entre 2 mg L<sup>-1</sup> a 5,5 mg L<sup>-1</sup> entre os meses de março a dezembro, 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.

## 6.12 Nitrogênio (N) Total, Fósforo (P) Total e Sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

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

Pontos	ANÁLISES		
	N	P	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
P1	1,26	N/D	0,20
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
P6	0,40	N/D	-
P7	0,45	N/D	1,22
P8	0,40	N/D	1,15

observamos os dados na

Tabela 5, vemos que o maior valor registrado ficou na ordem de 1,26 mg L<sup>-1</sup> para o P1 e 0,21 mg L<sup>-1</sup> para o P3, apontando reduzida presença deste elemento 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 Porta 2.1914/11 do Ministério da Saúde, de 250 mg L<sup>-1</sup>.

**Tabela 5 – Concentração de nitrogênio, fósforo e sulfato para o mês de julho de 2017**

### 6.13 Metais

A quantificação dos metais se deu no mês de julho de 2017 onde foi analisada 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 6.

**Tabela 6 - Quantificação dos metais nas amostras em mg L<sup>-1</sup> referente ao mês de julho de 2017**

Pontos	ANÁLISES								
	K	Cu	Zn	Mn	Fe	Cd	Pb	Cr	Al
P1	0,11	N/D	N/D	0,05	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
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

<b>P5</b>	0,09	N/D	N/D	0,01	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
<b>P6</b>	0,26	N/D	N/D	0,02	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
<b>P7</b>	0,05	N/D	N/D	0,02	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
<b>P8</b>	0,09	N/D	N/D	0,03	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D

Fonte: Autor, julho de 2017

N/D - Valor inferior ao limite de quantificação

Limite de Quantificação: 0,01mg L<sup>-1</sup>

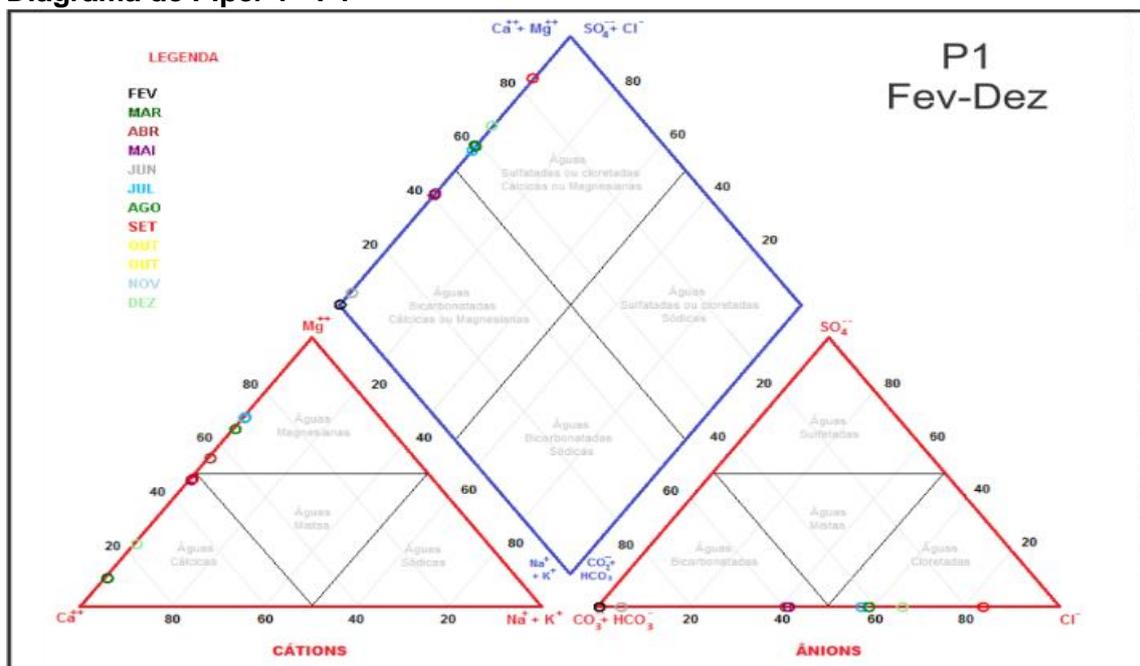
## 6.14 Representações Hidroquímicas nos Poços Amostrados

A representação hidroquímica das águas subterrâneas foram realizadas a partir dos resultados das análises químicas desenvolvidas neste projeto ao longo de 2017. A partir dos resultados obtidos elaborou-se Diagramas de Piper para cada ponto amostrado com o auxílio do *software* de distribuição livre, Qualigraf 2017. Este diagrama busca representar a classificação das águas subterrâneas analisadas, com base nos elementos químicos presente. Para tanto, as variáveis utilizadas foram: alcalinidade total, carbonatos, cloretos, cálcio e magnésio para obtenção do Diagrama de Piper.

### 6.14.1 PONTO 01

Com relação às amostras analisadas no P1, nota-se que os cátions de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> estão igualmente distribuídos nos onze meses amostrados. Para os ânions, percebeu-se que as águas apresentaram maior quantidade de cloretos em sete dos oito meses amostrados, sendo assim, as águas do P1 pode ser caracterizadas como cloretadas cálcicas ou magnesianas na maior parte do ano, e, em menor proporção como bicarbonatadas.

Diagrama de Piper 1 - P1



Fonte: Autor

Ressalta-se que apesar das características das águas neste ponto, em nenhum momento as concentrações extrapolaram os padrões legais exigidos. Cabe lembrar que este poço não apresenta revestimento com alvenaria das paredes internas, portanto, a água está em contato direto com o solo e é suscetível a fatores externos.

**Tabela 7 – Classificação das águas do P1**

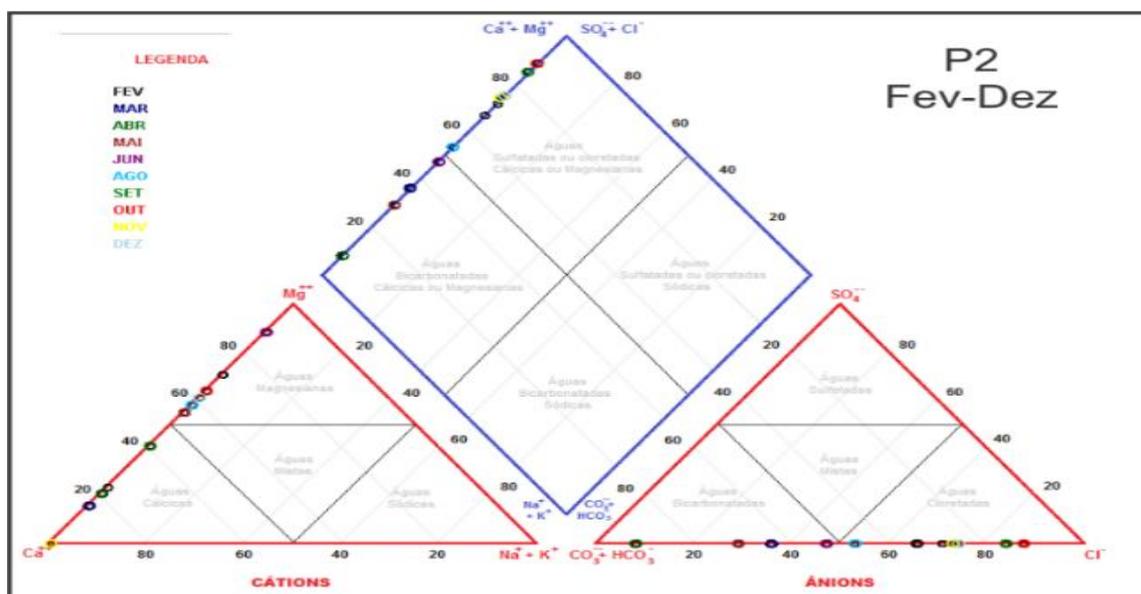
Mês	Classificação das águas
Fevereiro	Cálcica bicarbonatada
Março	Cálcica cloretada
Abril	Magnesiana bicarbonatada
Maio	Cálcica bicarbonatada
Junho	Magnesiana bicarbonatada
Julho	Magnesiana cloretada
Agosto	Magnesiana cloretada
Setembro	Cálcica cloretada
Outubro	-
Novembro	-
Dezembro	Cálcica cloretada

Fonte: Autor

### 6.14.2 PONTO 02

O P2 apresenta uma situação bem diferente em comparação ao P1, apesar da proximidade dos pontos a distribuição dos cátions e ânions comporta-se de maneira distinta. A classificação das águas, em sua totalidade, apresenta características cálcicas, magnesianas e cloretadas para maioria dos meses amostrados, havendo comportamento bicarbonatado nos meses de março a junho. No mês de fevereiro não foi possível classificar a dureza devido

**Diagrama de Piper 2 – P2**



Fonte: Autor

a insuficiência de amostra para este ponto.

**Tabela 8 - Classificação das águas do P2**

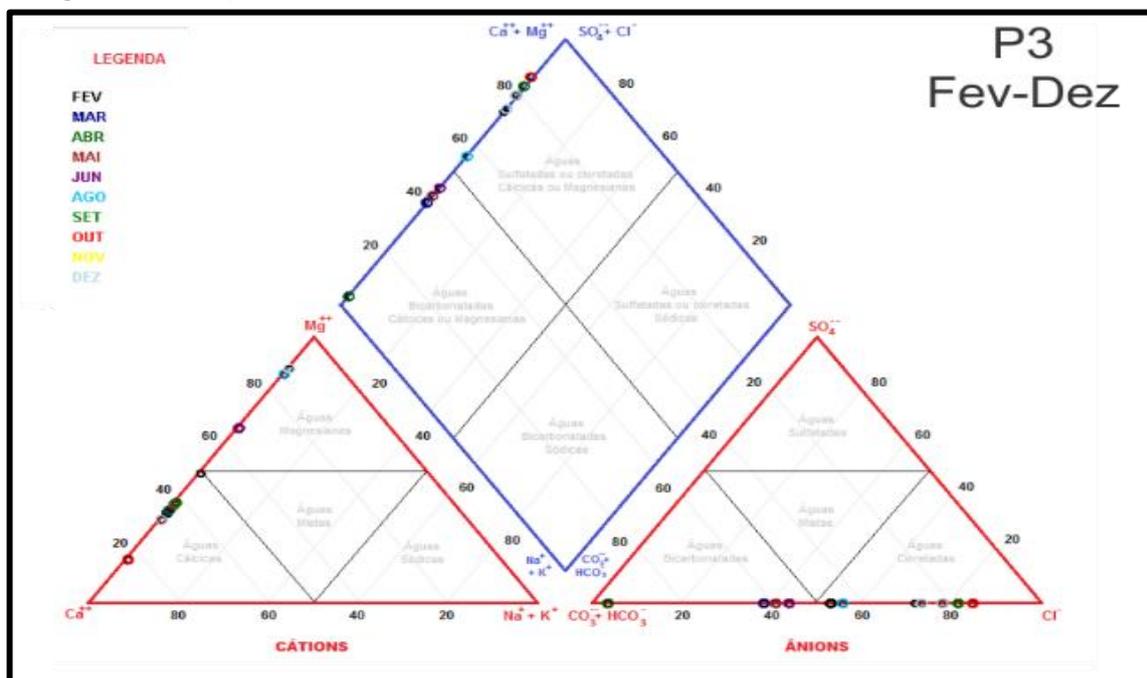
Mês	Classificação das águas
Fevereiro	Cloretada
Março	Cálcica bicarbonatada
Abril	Cálcica bicarbonatada
Maio	Magnesiana bicarbonatada
Junho	Magnesiana bicarbonatada
Julho	Magnesiana cloretada
Agosto	Magnesiana cloretada
Setembro	Cálcica cloretada
Outubro	Magnesiana cloretada
Novembro	Cálcica cloretada
Dezembro	Magnesiana cloretada

Fonte: Autor

### 6.14.3 PONTO 03

Para o P3 as variáveis químicas das águas, em sua maior parte, demonstraram comportamentos bicarbonatados, cálcicas, magnesianas e cloretadas onde seis dos onze meses amostrados apontaram maior concentração de cálcio e/ou cloretos, por três meses apresentaram características magnesianas. Com relação aos bicarbonatos, constatou-se a presença nos meses de março a junho.

**Diagrama de Piper 3 - P3**



Fonte: Autor

**Tabela 9 - Classificação das águas do P3**

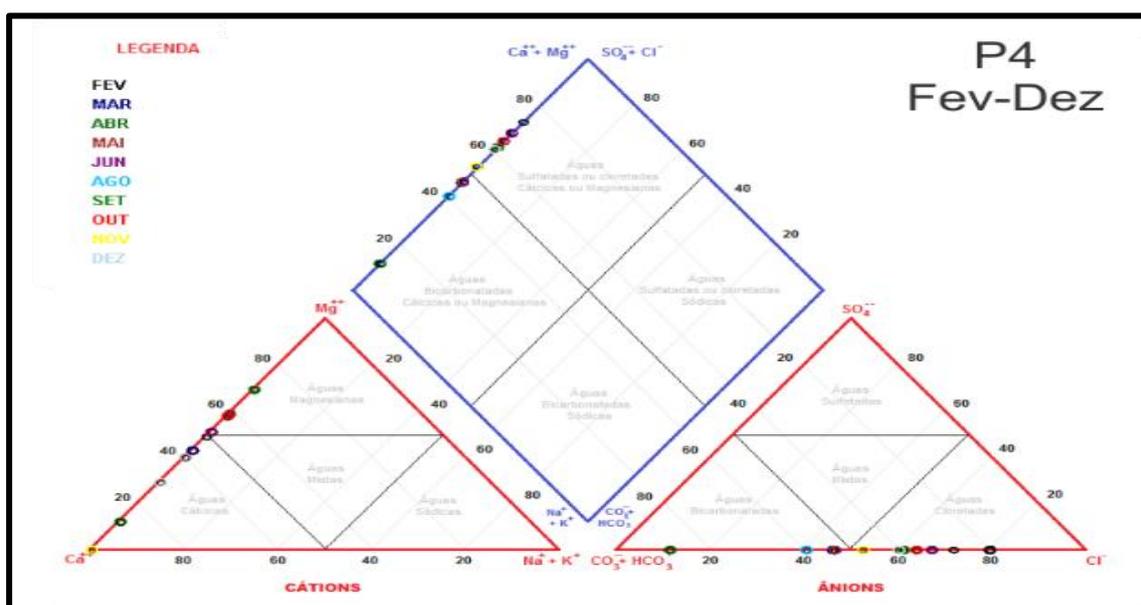
Mês	Classificação das águas
Fevereiro	Cloretada
Março	Cálcica bicarbonatada
Abril	Cálcica bicarbonatada
Maio	Cálcica bicarbonatada
Junho	Magnesianas bicarbonatada
Julho	Cálcica cloretada
Agosto	Magnesianas cloretada
Setembro	Cálcica cloretada
Outubro	Cálcica cloretada
Novembro	-
Dezembro	Magnesianas cloretada

Fonte: Autor

#### 6.14.4 PONTO 04

O P4 ao longo dos meses amostrados apresentou variações distintas que foram distribuídas quase que proporcionalmente entre as variáveis químicas de cloretos, bicarbonatos, cálcio e magnésio. Durante os nove meses analisados, cinco meses obtiveram comportamento catiônico para águas magnesianas e durante outros quatro meses as águas comportaram-se como cálcicas. Para os ânions de cloretos e bicarbonatos as águas apontaram características bicarbonatadas durante cinco meses enquanto que as características para águas cloretadas foram durante quatro meses.

**Diagrama de Piper 4 - P4**



Fonte: Autor

Ressalta-se que este ponto durante a pesquisa obteve melhores resultados durante os ensaios para acidez carbônica e o seu pH oscilou entre 5,4 e 6,22.

**Tabela 10 - Classificação das águas do P5**

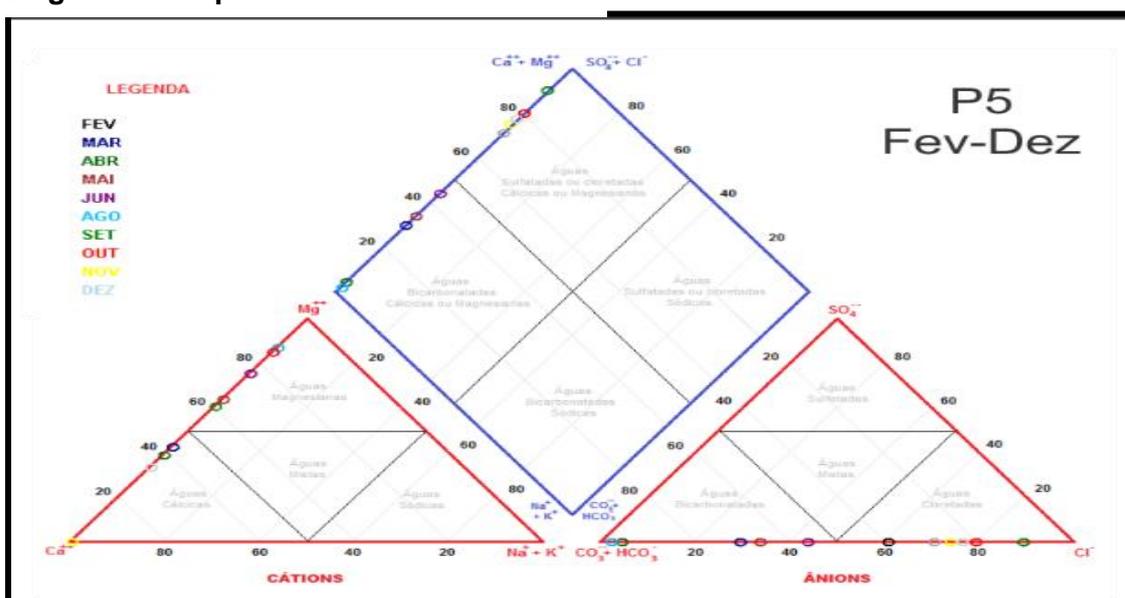
Mês	Classificação das águas
Fevereiro	Cloretada
Março	Cálcica bicarbonatada
Abril	Cálcica bicarbonatada
Mai	Magnesiana bicarbonatada
Junho	Magnesiana cloretada
Julho	Cálcica cloretada
Agosto	Magnesiana bicarbonatada
Setembro	Magnesiana cloretada
Outubro	Magnesiana cloretada
Novembro	Cálcica cloretada
Dezembro	Cálcica cloretada

Fonte: Autor

### 6.14.5 PONTO 05

Com relação ao P5, as águas demonstram maior comportamento dos cátions para o magnésio durante seis meses e para os cátions de cálcio foram três meses. Com relação aos ânions, durante sete meses as águas tiveram um comportamento cloretado e dois meses para bicarbonatos. Dessa forma, as caracterizações das águas durante sete meses ficaram entre cloretadas, cálcicas ou magnesianas e durante dois meses comportaram-se como bicarbonatadas, cálcicas ou magnesianas.

**Diagrama de Piper 5 - P5**



Fonte: Autor

Tabela 11 - Classificação das águas do P5

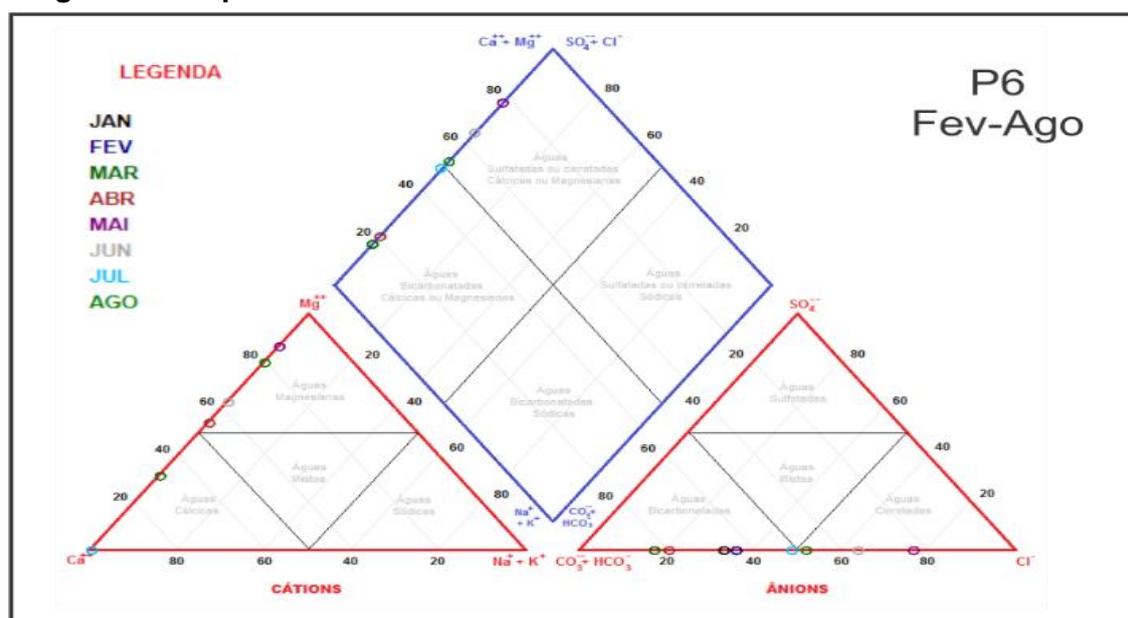
Mês	Classificação das águas
Fevereiro	Cloretada
Março	Cálcica bicarbonatada
Abril	Cálcica bicarbonatada
Maio	Magnesiana bicarbonatada
Junho	Magnesiana bicarbonatada
Julho	Magnesiana cloretada
Agosto	Magnesiana bicarbonatada
Setembro	Magnesiana cloretada
Outubro	Magnesiana cloretada
Novembro	Cálcica cloretada
Dezembro	Cálcica cloretada

Fonte: Autor

### 6.14.6 PONTO 06

O P6 apresentou características cloretadas, cálcicas, magnesianas e bicarbonatadas ao longo do estudo. Este poço está inserido no perímetro urbano do Distrito de Nova Itamarati e apresentou a menor média do pH (3,6) e foi desativado em setembro. No entanto, durante os sete meses estudados este ponto apresentou um comportamento catiônico para águas magnesianas durante quatro meses e comportamento cálcio por três meses. Com relação aos ânions, durante cinco meses apresentou tendências cloretadas enquanto que para bicarbonatos foram dois meses.

### Diagrama de Piper 6 - P6



Fonte: Autor

**Tabela 12 - Classificação das águas P6**

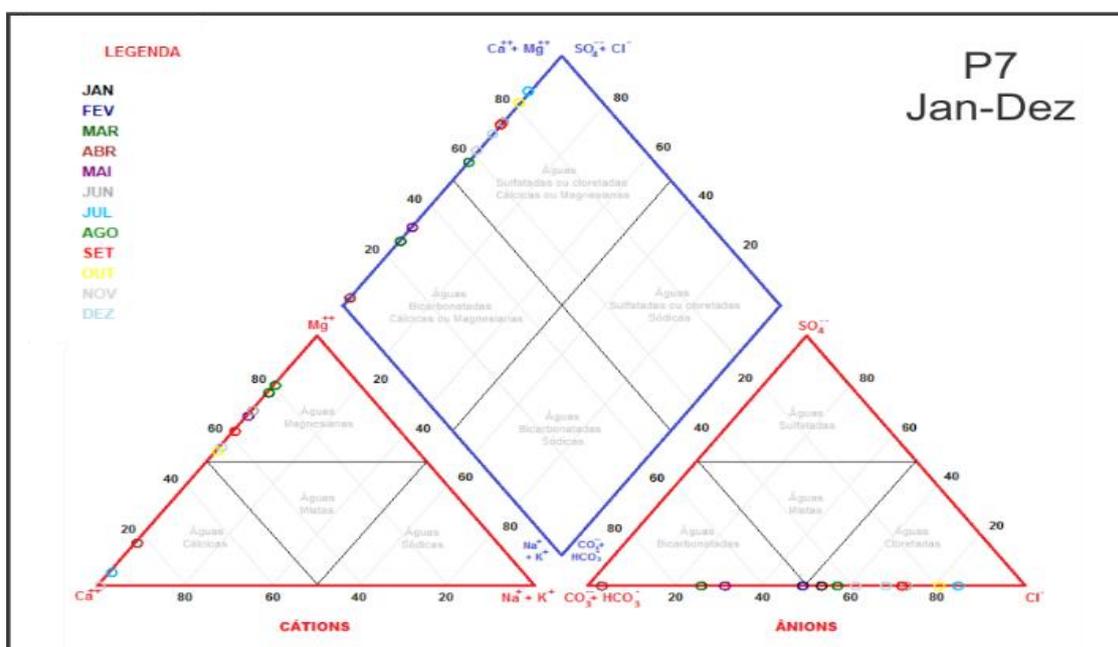
Mês	Classificação das águas
Fevereiro	Bicarbonatada
Março	Cálcica bicarbonatada
Abril	Magnesiana bicarbonatada
Maio	Magnesiana cloretada
Junho	Magnesiana cloretada
Julho	Cálcica bicarbonatada
Agosto	Magnesiana cloretada
Setembro	-
Outubro	-
Novembro	-
Dezembro	-

Fonte: Autor

### 6.14.7 PONTO 07

O P7 está situado em área de agricultura familiar orgânica próxima a rodovia. Durante os nove meses amostrados as águas apresentaram comportamentos bicarbonatadas ao longo do período estudado, não apresentando características aniônicas cloretadas, no entanto, 66,7% das amostras apresentaram características magnesianas e 33,3% características cálcicas.

**Diagrama de Piper 7 - P7**



Fonte: Autor

**Tabela 13 - Classificação das águas do P7**

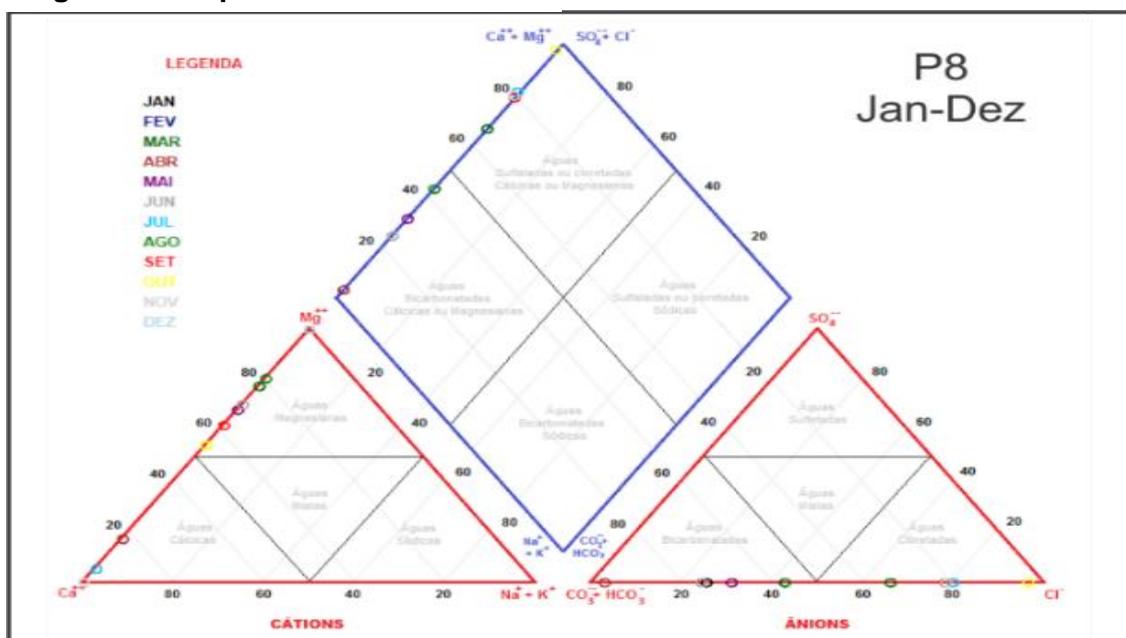
Mês	Classificação das águas
Fevereiro	Bicarbonatada
Março	Magnesiana bicarbonatada
Abril	Cálcica bicarbonatada
Maio	Magnesiana bicarbonatada
Junho	Magnesiana cloretada
Julho	Cálcica cloretada
Agosto	Magnesiana cloretada
Setembro	Magnesiana cloretada
Outubro	Magnesiana cloretada
Novembro	Cálcica cloretada
Dezembro	Magnesiana cloretada

Fonte: Autor

### 6.14.8 PONTO 08

Assim como o P7, o P8 apresentou características hidroquímicas similares para os cátions de cálcio e magnésio, ânions de bicarbonatos bem como a classificação das águas como bicarbonatadas e magnesianas. Este poço também não apresentou características aniônicas cloretadas, assim como o P7.

**Diagrama de Piper 8 - P8**



Fonte: Autor

**Tabela 14 - Classificação das águas do P8**

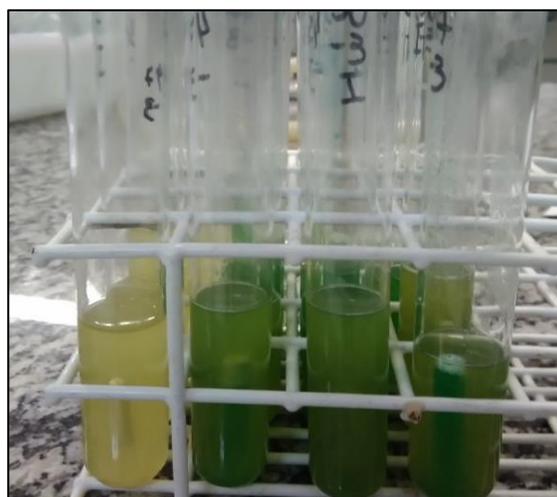
Mês	Classificação das águas
Fevereiro	Bicarbonatada
Março	Magnesiana cloretada
Abril	Cálcica bicarbonatada
Mai	Magnesiana bicarbonatada
Junho	Magnesiana bicarbonatada
Julho	Cálcica cloretada
Agosto	Magnesiana bicarbonatada
Setembro	Magnesiana cloretada
Outubro	Magnesiana cloretada
Novembro	Cálcica cloretada
Dezembro	Magnesiana

Fonte: Autor

#### 6.14.9 RESULTADOS DAS ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

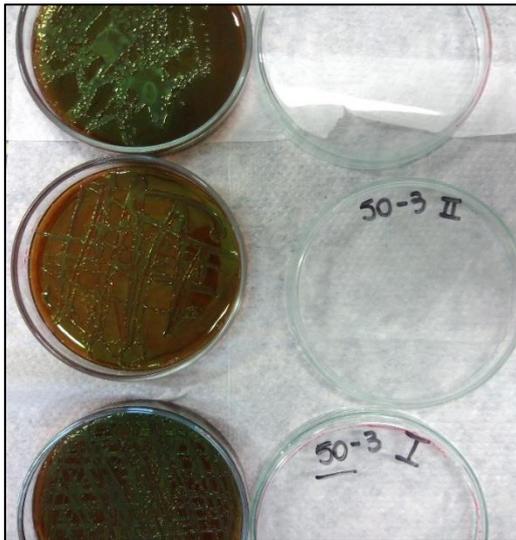
Considerando os parâmetros exigidos pela Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde de que as águas para consumo humano advindas de solução individual (poços rasos) não devam apresentar microrganismos potencialmente patogênicos (coliformes totais e termotolerantes), portanto, ao considerarmos um total de 8 poços amostrados (coletados no mês de julho), seis 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.

**Figura 12 - Tubos de ensaios contendo meio de cultura e tubos de Durham**



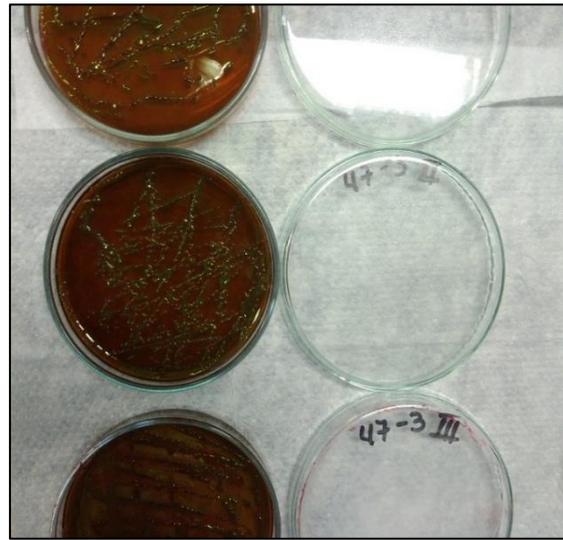
Fonte: Autor

Figura 13 - Presença de *E. coli* no P7



Fonte: Autor

Figura 14 - Presença de *E. coli* no P4



Fonte: Autor

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

## 7. 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 higiênicossanitárias 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.

A partir da representação hidroquímica dos poços pode-se caracterizar a presença de íons de cálcio, magnésio, cloretos e bicarbonatos nas águas e assim qualificar as águas servidas com base na presença de elementos químicos. Sendo assim, os poços monitorados apresentaram características bicarbonatadas, cálcicas e magnesianas em quatro poços amostrados; características cloretadas, cálcicas ou magnesianas para três poços e bicarbonatadas sódicas para um poço.

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.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adelana, Michael et al. 2016. "Nitrogen Species Distribution in Groundwater : A Review of Historical Data with Recent Sampling in the Gippsland , Victoria ( Australia )." *2016 International Nitrogen Initiative Conference*. [www.ini2016.com](http://www.ini2016.com).

Águas, Tratamento de. 2008. *DETERMINAÇÃO DE OXIGÊNIO CONSUMIDO*. <https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/determinacao-do-oxigenio-consumido/>.

Alvim, Renata Barbosa. 2016. "Dinâmica Do Nitrogênio E Fósforo Em Águas Fluviais de Uma Bacia Hidrográfica Com Diferentes Usos Do Solo No Sudeste Do Brasil." Universidade Federal Fluminense. <http://www.repositorio.uff.br/jspui/handle/1/3076%0A>.

ANA. 2010. "Atlas Brasil: Abastecimiento Urbano de Agua. PANORAMA NACIONAL Volumen 1." 1: 1–72.

APHA/AWWA/WEF. 2012. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater." *Standard Methods*: 541.

BAIRD, Colin. 2002. "Química Ambiental." In New York: Bookman, 622.

Brasil. 2006. *Vigilância E Controle Da Qualidade Da Água Para Consumo Humano*. Brasília - DF.

BRASIL. 2014. 1 ed. Fundação Nacional de Saúde- FUNASA *Manual de Controle Da Qualidade Da Água Para Técnicos Que Trabalham Em Etas*. Brasília - DF. <http://www.funasa.gov.b>.

Burgos, Tatiane das Neves et al. 2014. "ÁGUA DE CONSUMO HUMANO PROVENIENTE DE POÇOS RASOS COMO FATOR DE RISCO DE DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA." *Revista Ciência e Saúde* 16: Pag: 34–38.

CHAVES, ALAN DÉL CARLOS GOMES. 2014. "Irrigação de Hortaliças Dm Comunidades Rurais No Município de Pombal / Pb." Universidade Federal de Campina Grande. Disponível em: <http://periodicos.ccta.ufcg.edu.br/index.php/PPSA/article/viewFile/75/31>.

- CPRM. 2010. "Geodiversidade Do Estado de Mato Grosso Do Sul." 1: 179.
- Esteves, Francisco de Assis. 2011. *Fundamentos Da Limnologia*. 3<sup>o</sup>. Rio de Janeiro: Interciência.
- Froehner, Sandro, and Raquel Fernandes Martins. 2008. "Avaliação da Composição Química de Sedimentos do Rio Barigui na Região Metropolitana de Curitiba." *Quimica Nova* 31(8): 2020–26.
- Galloway, James N. et al. 2003. "The Nitrogen Cascade." *American Institute of Biological Sciences* 53(4): 341. <http://www.jstor.org/stable/1314367>.
- Hirata, Ricardo. 2000. "Decifrando a Terra." : 285–304.
- Instituto Trata Brasil. 2017. "Instituto Trata Brasil - Benefícios Econômicos E Sociais Do Saneamento Para O Brasil." <http://www.tratabrasil.org.br/beneficios-economicos-e-sociais-do-saneamento-para-o-brasil> (August 1, 2017).
- KARMANN, IVO. 2000. *Decifrando a Terra*. 2<sup>a</sup> edição. São Paulo - SP.
- KOTTWITZ, JANNICE. 2012. "Avaliação Espacial E Sazonal Da Qualidade Da Água Do Rio Dourados." UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS - Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Dourados-MS, 2012.
- LIBÂNIO, M. 2005. *Fundamentos de Qualidade E Tratamento de Água*. 1<sup>o</sup>. Campinas.
- Maroneze, Mariana Manzoni et al. 2016. "A Tecnologia de Remoção de Fósforo: Gerenciamento Do Elemento Em Resíduos Industriais." *Revista Ambiente e Agua* 9(3): 445–58.
- MATTOS, J. B.; CRUZ M. J. M.; DE PAULA, F. C. F.; SALES E. F. 2017. "Tipologia Hidrogeoquímica e Qualidade das Águas Subterrâneas na Área Urbana do Município de Lençóis, Bahia, Nordeste Do Brasil." *Revista Águas Subterrâneas* 31: 62–64. <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28852>.
- Mubarak, Naima et al. 2015. "Spatial Distribution of Sulfate Concentration in Groundwater of South-Punjab, Pakistan." *Water Quality, Exposure and Health* 7(4): 503–13. <http://link.springer.com/10.1007/s12403-015-0165-7>.

Ribeiro, Wallace et al. 2017. “Análise da Potabilidade das Águas dos Poços Rasos Escavados da Comunidade do Taim em São Luís – Maranhão.” 31.

RICHTER, C. A., and J. AZEVEDO NETTO. 1991. *Tratamento de Água: Tecnologia Atualizada*. 7th ed. São Paulo.

Saling, Caroline, Eniz Conceição Oliveira, and Womir José Böckel. 2017. “AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS RASOS NO MUNICÍPIO DE COLINAS-RS.” (1982–6573): 59–64. <https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/7901/6084>.

Terra, Ademir. 2010. “O Assentamento Itamarati no Contexto dos Megaempreendimentos em Território Su I- Mato - Grossense.” *Revista de Geografia Agrária*: 166–202, 2010.

Todd, David K., and Larry W. Mays. 2005. *Groundwater Hidrology*. 3rd ed. New York.

URCHEI, M. A.; FIETZ, C. R.; COMUNELLO, E.; LIMA FILHO, O. F. de L.; SILVA, W. M. 2002. “Caracterização Edafoclimática Do Assentamento Itamarati, MS, E Análise Socioeconômica Regional.” *EMBRAPA*: 50. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/247989/caracterizacao-edafoclimatica-do-assentamento-itamarati-ms-e-analise-socioeconomica-regional>. Acessado em: 22-06-2016

Vasconcelos, Maiana Azevedo, and Iara Brandão de Oliveira. 2016. “SUBTERRÂNEA NO ESTADO DA BAHIA QUANTO AOS TEORES DE.” *Revista Águas Subterrâneas* (71): 1–12.

9. ANEXO



Universidade Estadual do Oeste do Paraná

CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
LABORATÓRIO DE QUÍMICA AMBIENTAL E INSTRUMENTAL

**ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA DE ÁGUA**

Nome : Prof. Dr. Ivan Ramires														
Fone: _____		Localidade : UFGD												
Endereço: UFGD														
CPF: _____		Município : Dourados						Estado: MS						
Entrada: 05/07/2017														
Saída: 07/07/2017														
O(s) resultado(s) desta(s) análise(s) limitam-se apenas às amostras enviadas ao laboratório														
Amostra		ANÁLISES												
Nº Lab.	Descrição Amostra	Unid.	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe	Cd	Pb	Cr
		LQ	(mg L <sup>-1</sup> )											
	A1		0,10	0,01	0,01	0,005	0,005	0,005	0,005	0,01	0,01	0,005	0,01	0,01
	A2		1,25	<LQ	0,11	<LQ	0,06	<LQ	<LQ	0,05	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	A3		0,60	<LQ	0,15	<LQ	0,06	<LQ	<LQ	0,04	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	A4		0,21	<LQ	0,08	<LQ	0,06	<LQ	<LQ	0,04	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	A5		0,30	<LQ	0,12	0,35	0,97	<LQ	<LQ	0,03	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	A6		0,25	<LQ	0,09	<LQ	0,08	<LQ	<LQ	0,01	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	A7		0,40	<LQ	0,28	0,14	0,80	<LQ	<LQ	0,02	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	A8		0,45	<LQ	0,05	<LQ	0,31	<LQ	<LQ	0,02	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
	A8		0,40	<LQ	0,09	<LQ	0,16	<LQ	<LQ	0,03	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Nº Lab.	Descrição Amostra	Unid.	Al	Cond.	O.D	Óleos e Gorduras	Areal.	Sólidos Totais	DOO	Carbono Total	Turbidez	T(°C)		
		LQ	(mg L <sup>-1</sup> )	µS cm <sup>-1</sup>	(mg L)	(mg L-1)	(mg L-1)	(mg L-1)	(mg L-1)	(mg L-1)	NTU	°C		
	A1		<LQ	***	***	***	***	***	***	***	***	***		
	A2		<LQ	***	***	***	***	***	***	***	***	***		
	A3		<LQ	***	***	***	***	***	***	***	***	***		
	A4		<LQ	***	***	***	***	***	***	***	***	***		
	A5		<LQ	***	***	***	***	***	***	***	***	***		
	A6		<LQ	***	***	***	***	***	***	***	***	***		
	A7		<LQ	***	***	***	***	***	***	***	***	***		
	A8		<LQ	***	***	***	***	***	***	***	***	***		
OBSERVAÇÕES:							RESPONSÁVEL:							
LQ: Limite de quantificação dos métodos							Prof. Dr. Afonso Celso Gonçalves Jr. Coordenador do Laboratório de Química Ambiental e Instrumental Químico Industrial CRQ 09200670							
INFORMAÇÕES :														
LABORATÓRIO (0xx45) 3284-7924 rondon.labambiental@unicesta.br Técnico : Emerson /Gilmar / Secretária: Ricardo														

## 10. APÊNDICES

Tabela de parâmetros analisados – P1

PARÂMETROS													
P1	FÍSICOS				QUÍMICOS (mg L <sup>-1</sup> )								
	pH	STD	C.E.	Turbidez	Alcalinidade	Ac. Total	Ac. Carbônica	Dureza Total	Dureza Ca	Dureza Mg	Cloretos	O <sub>2</sub> Dissolvido	O <sub>2</sub> Consumido
JAN	4,88	-	-	-	7,00	25,50	20,00	25,00	-	-	38,64	-	0
FEV	4,98	-	-	-	6,33	11,75	18,69	4,00	-	-	15,60	-	0
MAR	5,22	10,40	16,30	-	7,33	21,00	19,50	3,33	7,67	0,56	9,69	4,47	0
ABR	5,08	7,90	9,40	-	5,67	18,50	16,58	3,17	1,67	1,26	0,83	5,07	0
MAI	4,53	195,00	265,00	-	5,00	12,25	9,25	12,67	7,67	4,2	9,10	3,63	0
JUN	5,02	53,70	56,80	2,52	8,83	11,17	9,83	6,33	2,33	3,36	9,22	4,20	0
JUL	4,84	13,00	16,90	2,66	4,33	4,33	3,67	3,67	1,33	1,96	9,69	3,20	0
AGO	5,08	33,40	46,60	9,36	6,00	3,33	1,00	5,67	2,33	2,8	6,62	3,13	0
SET	5,79	7,5	9,8	1,6	4,00	2,33	-	5,00	3,00	1,68	11,82	0,87	0
OUT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEZ	6,28	5,85	9	39,3	4,66	3,16	2,83	3,67	3,00	0,56	11,7	2,93	0

Fonte: Autor (-) parâmetros não analisados

Tabela de parâmetros analisados – P2

PARÂMETROS													
P2	FÍSICOS				QUÍMICOS (mg L <sup>-1</sup> )								
	pH	STD	C.E.	Turbidez	Alcalinidade	Ac. Total	Ac. Carbônica	Dureza Total	Dureza Ca	Dureza Mg	Cloretos	O <sub>2</sub> Dissolvido	O <sub>2</sub> Consumido
JAN	5,25	-	-	-	22,00	19,00	15,00	11,00	-	-	18,08	-	0
FEV	5,21	-	-	-	10,00	12,51	7,25	18,67	-	-	27,65	-	0
MAR	5,97	13,70	19,30	-	11,33	8,92	7,50	8,33	7,33	0,84	8,63	4,53	0
ABR	5,41	6,00	2,50	-	6,00	9,75	8,17	5,17	4,33	0,70	1,12	4,70	0
MAI	4,54	75,80	108,08	-	7,67	15,00	12,33	10,67	5,67	4,20	7,80	5,17	0
JUN	5,44	52,20	47,90	0,40	9,67	13,83	10,83	13,33	2,00	9,52	16,43	4,57	0
JUL	4,88	2,80	3,90	1,04	4,67	4,83	4,33	3,67	1,33	1,96	19,14	3,07	0
AGO	5,38	16,30	20,90	9,69	8,33	2,50	0,33	3,33	1,67	1,40	5,91	3,40	0
SET	5,53	5,53	7,50	1,08	4,00	1,50	-	4,00	2,67	1,12	12,29	4,62	0
OUT	4,89	32,11	44,40	1,00	3,00	1,67	0,33	5,33	2,33	2,52	15,24	5,22	0
NOV	6,45	4,55	7,30	1,51	3,00	3,83	2,67	5,00	0,00	0,00	13,35	3,04	0
DEZ	5,92	4,55	6,70	5,69	3,67	4,25	3,75	5,00	2,33	2,24	18,97	4,25	0

Fonte: Autor (-) parâmetros não analisados

**Tabela de parâmetros analisados - P3**

PARÂMETROS													
P3	FÍSICOS					QUÍMICOS (mg L <sup>-1</sup> )							
	pH	STD	C.E.	Turbidez	Alcalinidade	Ac. Total	Ac. Carbônica	Dureza Total	Dureza Ca	Dureza Mg	Cloretos	O <sub>2</sub> Dissolvido	O <sub>2</sub> Consumido
JAN	5,20	-	-	-	17,00	26,00	24,00	33,00	-	-	10,81	-	0
FEV	5,40	-	-	-	6,17	14,75	9,78	5,67	-	-	17,02	-	0
MAR	4,91	7,60	10,70	-	6,33	8,17	6,67	5,50	4,00	1,26	7,09	3,57	0
ABR	5,05	6,20	9,60	-	5,33	25,33	23,67	5,33	3,83	1,26	1,00	4,40	0
MAI	5,33	18,20	28,00	-	7,17	15,17	12,83	10,00	7,00	2,52	13,23	5,47	0
JUN	5,95	7,60	10,60	1,54	12,00	12,83	10,50	13,67	5,67	6,72	15,01	4,13	0
JUL	4,73	2,70	3,70	0,52	3,67	4,50	3,83	2,67	2,00	0,56	23,52	2,63	0
AGO	5,10	12,60	17,60	0,7	8,67	3,67	1,17	9,33	1,67	6,44	8,04	2,60	0
SET	5,41	5,41	4,60	0,08	5,67	1,50	-	4,33	3,00	1,12	14,42	5,04	0
OUT	5,03	11,40	16,20	2,65	3,67	1,50	0,33	2,67	2,33	0,28	13,94	5,60	0
NOV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEZ	5,80	3,9	5,7	5,67	4,00	4,00	3,42	17,67	2,66	12,6	17,49	4,22	0

Fonte: Autor

(-) parâmetros não analisados

**Tabela de parâmetros analisados – P4**

PARÂMETROS													
P4	FÍSICOS					QUÍMICOS (mg L <sup>-1</sup> )							
	pH	STD	C.E.	Turbidez	Alcalinidade	Ac. Total	Ac. Carbônica	Dureza Total	Dureza Ca	Dureza Mg	Cloretos	O <sub>2</sub> Dissolvido	O <sub>2</sub> Consumido
JAN	6,03	-	-	-	13,00	16,50	-	36,00	-	-	40,59	-	0
FEV	5,83	-	-	-	8,67	15,76	F	18,00	-	-	31,55	-	0
MAR	6,01	14,90	21,20	-	16,67	13,17	F	16,00	10,33	4,76	8,27	3,10	0
ABR	5,52	28,70	39,30	-	15,33	46,50	F	6,33	6,67	0,56	1,12	4,47	0
MAI	5,92	86,40	128,60	-	18,67	14,00	F	23,83	11,67	10,22	9,45	5,57	0
JUN	6,03	28,40	39,50	0,15	15,33	11,83	F	17,00	9,67	6,16	18,32	4,00	0
JUL	5,32	16,60	22,90	0,43	9,33	5,83	5,00	14,33	9,67	3,92	17,96	2,93	0
AGO	6,22	28,30	39,60	6,97	14,67	3,00	0,17	17,67	6,67	9,24	5,91	4,07	0
SET	6,02	6,02	23,70	0,17	11,33	1,67	-	15,00	5,67	7,84	10,40	5,24	0
OUT	5,63	17,80	24,80	1,21	10,67	1,67	F	14,00	7,00	5,88	10,99	5,30	0
NOV	6,46	18,20	30,30	9,56	9,00	2,00	1,17	8,00	11,33	0,00	7,33	4,18	0
DEZ	5,79	3,90	5,80	1,22	12,67	3,67	3,17	4,33	3,33	0,84	16,78	3,85	0

Fonte: Autor

(-) parâmetros não analisados

(F) reação com fenoltaleína

**Tabela de parâmetros analisados P5**

PARÂMETROS													
P5	FÍSICOS				QUÍMICOS (mg L <sup>-1</sup> )								
	pH	STD	C.E.	Turbidez	Alcalinidade	Ac. Total	Ac. Carbônica	Dureza Total	Dureza Ca	Dureza Mg	Cloretos	O <sub>2</sub> Dissolvido	O <sub>2</sub> Consumido
JAN	6,06	-	-	-	14,00	14,50	13,50	13,00	-	-	23,04	-	0
FEV	5,63	-	-	-	8,00	15,25	12,90	10,67	-	-	30,84	-	0
MAR	5,17	1,00	-	-	7,33	21,00	19,25	6,67	4,33	1,96	11,23	4,47	0
ABR	5,31	3,10	4,40	-	6,33	19,00	17,42	3,17	6,83	2,66	1,06	4,60	0
MAI	5,18	15,60	21,50	-	7,00	14,50	13,17	9,17	4,00	4,34	9,93	5,50	0
JUN	5,55	28,60	40,50	1,07	10,67	12,50	11,17	8,67	2,67	5,04	15,01	3,57	0
JUL	4,90	2,60	3,50	1,03	3,33	4,83	3,50	6,00	1,00	4,20	14,53	4,13	0
AGO	5,27	3,90	12,40	1,06	8,67	3,33	F	10,00	1,67	7,00	10,16	3,47	0
SET	5,44	5,44	2,00	0,58	3,67	1,17	-	5,67	2,67	2,53	17,96	4,96	0
OUT	4,30	4,50	6,20	0,98	4,33	1,00	0,83	8,67	1,67	5,88	13,47	5,43	0
NOV	5,74	4,55	7,6	0,48	4,66	5,66	5,00	3,00	2,66	0,28	24,58	3,56	0
DEZ	6,09	21,45	32,80	2,14	13,00	3,16	F	14,33	10,50	3,22	24,58	5,10	0

Fonte: Autor

(-) parâmetros não analisados

(F) reação com fenolftaleína

**Tabela de parâmetros analisados P6**

PARÂMETROS													
P6	FÍSICOS				QUÍMICOS (mg L <sup>-1</sup> )								
	pH	STD	C.E.	Turbidez	Alcalinidade	Ac. Total	Ac. Carbônica	Dureza Total	Dureza Ca	Dureza Mg	Cloretos	O <sub>2</sub> Dissolvido	O <sub>2</sub> Consumido
JAN	5,56	-	-	-	13,00	25,50	24,00	19,00	-	-	17,73	-	0
FEV	5,53	-	-	-	8,00	30,75	22,02	4,67	-	-	17,13	-	0
MAR	5,60	28,80	40,40	-	11,33	32,33	31,00	10,67	8,00	2,24	8,86	4,00	0
ABR	3,51	159,00	223,00	-	8,67	20,17	F	2,83	4,50	3,22	1,30	4,10	0
MAI	5,47	54,40	76,10	-	9,00	31,00	F	9,33	1,67	6,44	17,13	5,03	0
JUN	5,21	18,40	26,00	12,30	12,67	31,17	F	23,00	10,33	10,64	13,02	4,07	0
JUL	5,44	19,70	27,50	0,61	11,67	2,33	1,67	6,33	6,33	0,00	8,27	3,87	0
AGO	5,48	36,90	63,20	1,58	12,00	4,83	1,50	7,67	2,00	4,76	9,45	4,20	0
SET	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OUT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEZ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autor

(-) parâmetros não analisados

(F) reação com fenolftaleína

**Tabela de parâmetros analisados P7**

PARÂMETROS													
P7	FÍSICOS				QUÍMICOS (mg L <sup>-1</sup> )								
	pH	STD	C.E.	Turbidez	Alcalinidade	Ac. Total	Ac. Carbônica	Dureza Total	Dureza Ca	Dureza Mg	Cloretos	O <sub>2</sub> Dissolvido	O <sub>2</sub> Consumido
JAN	5,94	-	-	-	32,00	10,00	0,00	32,00	-	-	21,27	-	0
FEV	5,48	-	-	-	7,17	67,00	19,25	8,67	-	-	25,88	-	0
MAR	5,42	6,80	9,70	-	8,33	18,67	17,00	9,33	2,67	5,60	8,63	3,33	0
ABR	5,18	4,80	6,70	-	5,33	29,50	27,92	3,83	3,33	0,42	1,06	3,87	0
MAI	5,39	7,40	13,20	-	8,67	23,00	21,17	9,50	3,67	4,76	13,59	5,07	0
JUN	5,19	12,50	17,50	0,51	8,33	19,50	F	6,33	2,33	3,36	13,00	3,73	0
JUL	5,29	6,10	8,30	1,02	5,33	4,17	F	8,33	8,00	0,28	17,25	2,97	0
AGO	5,50	2,18	3,08	24,30	15,33	5,17	F	12,00	3,00	7,56	11,82	3,87	0
SET	5,46	5,46	12,70	0,30	7,33	3,33	-	8,00	3,67	3,64	10,87	5,38	0
OUT	4,41	6,70	7,90	0,20	6,33	1,33	1,33	8,67	4,67	3,36	21,51	5,28	0
NOV	5,61	10,40	16,20	0,19	5,33	9,67	9,17	6,33	6,00	0,28	21,98	2,65	0
DEZ	5,89	7,80	12,20	0,26	6,00	5,17	4,92	7,00	3,66	2,80	19,85	4,36	0

Fonte: Autor

(-) parâmetros não analisados

(F) reação com fenoltaleína

**Tabela de parâmetros analisados P8**

PARÂMETROS													
P8	FÍSICOS				QUÍMICOS (mg L <sup>-1</sup> )								
	pH	STD	C.E.	Turbidez	Alcalinidade	Ac. Total	Ac. Carbônica	Dureza Total	Dureza Ca	Dureza Mg	Cloretos	O <sub>2</sub> Dissolvido	O <sub>2</sub> Consumido
JAN	5,83	-	-	-	7,00	17,50	31,00	18,00	-	-	13,83	-	0
FEV	5,11	-	-	-	5,67	19,25	19,80	9,00	-	-	19,97	-	0
MAR	5,44	4,30	6,30	-	8,33	19,17	F	12,33	5,00	6,16	9,45	2,63	0
ABR	5,42	5,70	7,90	-	7,33	27,00	25,25	3,33	1,83	1,26	1,00	4,20	0
MAI	5,04	9,10	9,80	-	5,00	23,25	21,92	10,00	6,00	3,36	12,88	4,93	0
JUN	4,80	21,40	31,50	0,08	5,83	26,00	24,00	6,33	3,00	2,80	10,16	3,33	0
JUL	4,89	7,20	9,60	0,20	9,33	4,17	F	5,67	5,67	0,00	21,62	3,00	0
AGO	5,39	10,80	24,50	0,60	10,00	7,33	5,83	12,67	1,83	9,10	9,45	2,07	0
SET	5,70	5,70	5,00	1,01	5,33	1,33	-	5,33	2,33	2,52	11,11	5,22	0
OUT	4,11	4,30	6,10	0,40	0,67	1,67	0,17	6,67	3,33	2,80	17,13	5,30	0
NOV	5,76	5,85	9,30	0,55	5,00	3,00	1,83	4,33	5,33	0,84	18,43	4,39	0
DEZ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

Fonte: Autor

(-) parâmetros não analisados

(F) reação com fenoltaleína



