



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – UFFS**  
**CAMPUS ERECHIM**  
**CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**ANA FLÁVIA ROESLER MOHR**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS POÇOS ARTESIANOS QUE  
ABASTECEM O DISTRITO DE CAPO-ERÊ, MUNICÍPIO DE ERECHIM/RS**

**ERECHIM - RS**

**2020**

**ANA FLÁVIA ROESLER MOHR**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS POÇOS ARTESIANOS QUE  
ABASTECEM O DISTRITO DE CAPO-ERÊ, MUNICÍPIO DE ERECHIM/RS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado na  
Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS  
como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Ambiental e  
Sanitária.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cristiane Funghetto  
Fuzinato.

ERECHIM – RS

2020

**Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Mohr, Ana Flávia Roesler

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS POÇOS ARTESIANOS QUE  
ABASTECEM O DISTRITO DE CAPO-ERÊ, MUNICÍPIO DE  
ERECHIM/RS / Ana Flávia Roesler Mohr. -- 2020.

51 f.

Orientadora: Dra Cristiane Funghetto Fuzinatto

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária,  
Erechim, RS, 2020.

I. Fuzinatto, Cristiane Funghetto, orient. II.  
Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**ANA FLÁVIA ROESLER MOHR**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS POÇOS ARTESIANOS QUE  
ABASTECEM O DISTRITO DE CAPO-ERÊ, MUNICÍPIO DE ERECHIM/RS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção de grau de  
Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária da  
Universidade Federal da Fronteira Sul.

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 09/09/2020

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cristiane Funghetto Fuzinatto  
Orientador(a)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marília Teresinha Hartmann  
UFFS

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Letícia Flohr  
IFC - Camboriu

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais e irmã que me deram todo suporte emocional e estrutura ao longo da graduação. Ao meu companheiro Alexandre e a nossa filha Estela, que foi a maior motivação para a conclusão dessa etapa.

Agradeço a minha orientadora e amiga Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristiane F. Fuzinato por ter me auxiliado, sempre respeitando meus limites e dificuldades e fornecendo apoio e incentivo para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos colegas e amigos que fiz durante esses anos, em especial a Andressa e a Brenda que se dispuseram a contribuir com as atividades laboratoriais no meu período de afastamento. Ao técnico do laboratório de geoprocessamento Bruno Prina pelo auxílio no desenvolvimento de elementos do trabalho.

Agradeço à todos os professores e servidores do curso e à UFFS por ter tido a oportunidade de fazer parte da história dessa Instituição.

## RESUMO

A demanda por água potável acentua a exploração dos recursos hídricos subterrâneos, sendo esta a principal fonte de abastecimento público em áreas rurais. Como toda água utilizada para o abastecimento coletivo deve ser objeto de controle e vigilância de sua qualidade, este trabalho objetivou avaliar a qualidade da água dos poços artesianos que abastecem o distrito de Capo-erê no município de Erechim-RS. Foram avaliados os parâmetros de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, demanda bioquímica de oxigênio, turbidez, sólidos totais dissolvidos, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, fósforo total e coliformes totais. Para isso, amostras de água de 2 poços foram coletadas e analisadas nos meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019. Os resultados possibilitaram realizar o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA), bem como avaliar os parâmetros individualmente e compará-los com os padrões de potabilidade exigidos na Portaria de Consolidação nº 5/2017. Ainda foi possível correlacioná-los com o uso e ocupação do solo no entorno dos poços. Quanto aos parâmetros físico-químicos, as amostras de água dos dois poços artesianos apresentaram valores fora dos padrões de potabilidade estabelecidos pela PRC nº 5/2017 do Ministério da Saúde, para os parâmetros de pH e Nitrato no mês de agosto. Recomenda-se um acompanhamento em relação a concentração de Nitrato, cujo consumo pela população humana em concentrações elevadas pode causar inúmeros problemas de saúde.

**Palavras-chave:** Água subterrânea. Padrões de potabilidade. IQA.

## ABSTRACT

The demand for drinking water accentuates the exploitation of underground water resources, which is the main source of public supply in rural areas. As all water used for collective supply must be subject to quality control and surveillance, this study aimed to assess the water quality of artesian wells that supply Capo-Erê district in Erechim-RS municipality. Parameters of temperature, dissolved oxygen, pH, electrical conductivity, biochemical demand of oxygen, turbidity, total dissolved solids, ammoniacal nitrogen, nitrite, nitrate, total phosphorus and total coliforms were assessed. Therefore, water samples from 2 wells were collected and analyzed in the months of May, June, August, and September 2019. The results made it possible to calculate the Water Quality Index (WQI), as well as to assess the parameters individually and compare them with potability standards required by the Consolidation Regulation N. 5/2017. It was also possible to correlate them with the use and occupation of soil around the wells. As for physical-chemical parameters, the water samples from both artesian wells presented values out of potability standards established by PRC N. 5/2017 of the Ministry of Health, for parameters of pH and Nitrate in the month of August. It is recommended to monitor the Nitrate concentration, which consumption by human population in high concentrations may cause numerous health problems.

**Keywords:** Groundwater. Potability standards. WQI.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização geográfica e vista aérea do Distrito de Capo-Erê. ....	24
Figura 2 - Vista aérea da localização do Poço 1. ....	25
Figura 3 - Vista aérea da localização do Poço 2. ....	26
Figura 4 – Mapa de uso e ocupação da terra do distrito de Capo-Erê, município de Erechim/RS. .....	30
Figura 5 – (A) Poço 1 e entorno com plantação de aveia. (B) Reservatório 1 com entorno residencial.....	31
Figura 6 - (A) Poço 2 e entorno no estágio posterior a colheita de milho. (B) Reservatório 2 e entorno com cultivo de aveia.....	32
Figura 7 – Temperatura (°C) da água nos poços P1 e P2 em Capo-Erê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019. ....	35
Figura 8 - Concentrações de Oxigênio Dissolvido (mg/L) nos poços P1 e P2 em Capo-Erê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019. ....	36
Figura 9 – Valores de pH nos poços P1 e P2 em Capo-Erê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019.....	37
Figura 10 – Valores de Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) nos poços P1 e P2 em Capo-Erê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019. ....	38
Figura 11 - Concentrações de $\text{DBO}_{5,20}$ nos poços P1 e P2 em Capo-Erê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019. ....	39
Figura 12 – Valores de turbidez (UNT) nos poços P1 e P2 em Capo-Erê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019. ....	40
Figura 13 - Concentrações de Sólidos Totais (mg/L) nos poços P1 e P2 em Capo-Erê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019. ....	41
Figura 14 - Concentrações de Nitrogênio Amoniacal (mg/L) nos poços P1 e P2 em Capo-Erê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019. ....	42
Figura 15 - Concentrações de Nitrito (mg/L) nos poços P1 e P2 em Capo-Erê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019.....	43
Figura 16 - Concentrações de Nitrato (mg/L) nos poços P1 e P2 em Capo-Erê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019.....	44
Figura 17 - Concentrações de Fósforo Total (mg/L) nos poços P1 e P2 em Capo-Erê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019.....	45



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais parâmetros de qualidade a serem investigados numa análise de água subterrânea.....	23
Quadro 2 - Parâmetros de qualidade da água do IQA e respectivo peso.....	28
Quadro 3 - Classificação da qualidade das águas.....	29

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação, porcentagem e área de uso e ocupação da terra no distrito de Capoeirê, município de Erechim/RS .....	30
Tabela 2 - Valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos apresentados nas amostras analisadas nos meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019.....	33
Tabela 3 - Resultados do IQA e classificação.....	46

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>17</b>
3.1	Objetivo Geral.....	17
3.2	Objetivos específicos .....	17
<b>4</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
4.1	Recursos hídricos e uso da água .....	18
4.2	Água subterrânea .....	19
4.3	Impactos sobre as águas subterrâneas.....	20
4.3.1	Superexploração.....	20
4.3.2	Impermeabilização do solo .....	21
4.3.3	Poluição .....	21
4.4	Legislação brasileira .....	21
4.5	Parâmetros de qualidade da água.....	22
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>24</b>
5.1	Área de estudo .....	24
5.2	Coleta das amostras .....	26
5.3	Análises laboratoriais.....	26
5.4	Índice de Qualidade da Água.....	27
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>29</b>
6.1	Uso e ocupação da terra nos locais de coleta.....	29
6.2	Testes físico-químicos .....	32
6.3	Análises individuais dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos.....	34
6.3.1	Temperatura .....	34
6.3.2	Oxigênio Dissolvido (OD) .....	35

6.3.3	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	36
6.3.4	Condutividade Elétrica .....	37
6.3.5	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO <sub>5,20</sub> ).....	38
6.3.6	Turbidez.....	39
6.3.7	Sólidos Totais Dissolvidos.....	40
6.3.8	Nitrogênio Amoniacal .....	41
6.3.9	Nitrito .....	42
6.3.10	Nitrato.....	43
6.3.11	Fósforo Total.....	44
6.3.12	Coliformes Termotolerantes .....	45
6.4	Índice de Qualidade da Água (IQA).....	46
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>47</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>48</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização da água como recurso natural indispensável à vida no planeta tem sido tema recorrente em diversos espaços. Essa preocupação circula desde os meios acadêmicos até outras esferas sociais, como os meios de comunicação, espaços de debates públicos e atuação de grupos e movimentos ambientalistas.

Como consenso, é reconhecido o agravamento da disponibilidade de água potável em diversas regiões do planeta, a tendência é essa demanda aumentar significativamente nas próximas décadas. O setor industrial, de produção de energia e o setor agrícola são responsáveis pelo crescente consumo da água, sendo o setor agrícola responsável por 70% das captações de água (ONU, 2018).

Mas além da escassez, um fator que tem gerado grandes preocupações é a qualidade da água ofertada para o consumo das populações. Nesse sentido, as dificuldades encontradas não se limitam apenas aos espaços urbanos.

A qualidade de água utilizada para abastecimento público no Brasil deve estar de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/2017 (PRC Nº5/2017) do Ministério da Saúde. A Portaria 2914/2011 que anteriormente dispunha sobre os padrões de potabilidade foi revogada através do Art. 864, inciso CXXXIII da PRC Nº5/2017, o que significa que embora não esteja mais vigente, o seu conteúdo foi consolidado. Ou seja, está inserido dentro da Portaria de Consolidação nº5/2017. Na prática, não houveram mudanças nos parâmetros e concentrações máximas permitidas.

Testes físicos, químicos e biológicos devem ser feitos com periodicidade mensal, a fim de diagnosticar possíveis alterações nas características da água e, a partir disso, desenvolver ações para que haja o controle de sua qualidade. A legislação prevê que toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água (BRASIL, 2017).

Nesse sentido, o trabalho investigativo tem a intenção de analisar a qualidade da água para o abastecimento público no distrito rural de Capo-Erê, localizado no interior do município de Erechim/RS.

O distrito de Capo-Erê tem dois poços artesianos que disponibilizam água para as residências da região e são gerenciados pela Prefeitura Municipal de Erechim-RS, mais precisamente pela Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Segurança Alimentar. Essa instância garante que os poços do distrito recebam a desinfecção com uso de pastilhas de

hipoclorito de cálcio (PME, 2019).

Para a efetivação desta pesquisa, foram realizados ensaios físico-químicos e biológicos em amostras de água coletada em dois poços artesianos localizados no distrito de Capo-Erê pertencente ao município de Erechim-RS, a fim de caracterizar a qualidade da água quanto aos parâmetros investigados.

## 2 JUSTIFICATIVA

Sabe-se que a água é um elemento essencial para a manutenção da vida e dos ecossistemas. No ano de 2010, através da Resolução nº64/292, a Organização das Nações Unidas (ONU) reconheceu a água limpa e segura como um direito humano, na intenção de que houvesse um compromisso mundial acerca das questões que envolvem a disponibilidade, qualidade e acessibilidade a água (ONU, 2010).

No Brasil, o Estatuto Jurídico das Águas tem suas bases na Constituição Federal de 1988, abrangendo a proteção dos direitos humanos e a proteção do meio ambiente e dos recursos hídricos e naturais (BRASIL, 1988). A Lei 9.433/97 que regulamenta o Art. 21, inciso XIX da Constituição Federal assegura, à atual e às futuras gerações, a disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável; e, a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrente do uso inadequado dos recursos naturais (BRASIL, 1997).

Nesse contexto, os estudos em torno dos Recursos Hídricos estão entre os eixos prioritários do campo da Engenharia Ambiental, tendo, além de relevância acadêmica e científica, importância em todas as esferas da dinâmica social. Afinal, a existência de água potável é condição básica para a sobrevivência de qualquer grupo, desde os tempos mais remotos até os dias atuais.

Na atualidade, os problemas relacionados à qualidade da água para abastecimento público envolvem inúmeros fatores e uma complexidade de relações. Isso inclui pouco planejamento, ausência de mecanismos regulatórios e/ou fiscalização, falta de recursos materiais e até desconhecimento sobre o tema.

Delimitar o que configura uma água de boa qualidade, que se encontre apropriada para o consumo humano, requer uma análise criteriosa a partir de recomendações exigidas em Lei, mas que, muitas vezes não são realizadas.

A principal finalidade deste trabalho é conhecer a atual situação da qualidade da água distribuída à população do distrito de Capó-Erê, a partir da realização de análises de parâmetros físicos, químicos e biológicos contemplados na legislação vigente, comparando-a com critérios e normas já estabelecidas e recomendadas.

Os resultados poderão subsidiar estudos posteriores, bem como a elaboração de estratégias futuras para o bom uso da água disponível, a fim de garantir que seja ofertada com qualidade e de acordo com a legislação vigente. Tal condição é importante pela sua relevância

social e comprometimento para com o desenvolvimento local e regional.



### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Analisar a qualidade da água dos poços artesianos que abastecem o Distrito de Capo-Erê, município de Erechim/RS.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Monitorar a qualidade da água dos poços artesianos do Distrito de Capo-Erê, município de Erechim/RS durante os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019, através de parâmetros físico-químicos e biológicos;
- Analisar parâmetros físico-químicos de turbidez, temperatura, pH, nitrogênio, fósforo, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos totais e oxigênio dissolvido (OD) nas amostras de água coletadas nos poços artesianos do Distrito de Capo-Erê, município de Erechim/RS;
- Analisar parâmetros microbiológicos relativos a coliformes totais e termotolerantes nas amostras de água coletadas nos poços artesianos do Distrito de Capo-Erê, município de Erechim/RS;
- Comparar os resultados obtidos com os padrões de potabilidade exigidos na legislação;
- Relacionar os resultados com o uso e ocupação do solo no entorno de onde estão localizados os poços.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Recursos hídricos e uso da água

A atual situação de escassez de água potável nos obriga a repensar a questão do uso desse recurso, bem como desenvolver práticas que possibilitem sua preservação.

Considerando dados básicos sobre a água no planeta Terra, sabe-se que a água salgada corresponde a 97,5% do volume total e a água doce a apenas 2,5%. Da proporção de água doce, 29,9% encontra-se na forma subterrânea e apenas 0,3% representa as águas superficiais (rios e lagos). Quanto ao uso destes 0,3%, 70% destinam-se à irrigação na agricultura e 20% à indústria, restando apenas 10% para uso humano (TELLES, 2013).

Em relação aos diversos usos da água, cabe destacar que o abastecimento doméstico, o consumo industrial, irrigação e dessedentação de animais implicam na retirada da água das coleções hídricas onde se encontram. Destes, apenas os abastecimentos doméstico e industrial estão frequentemente associados a um tratamento prévio da água, devido aos seus requisitos de qualidade mais exigentes (SPERLING, 2005).

O crescimento populacional, sobretudo nos países em desenvolvimento, e a maior demanda de água para usos agrícola e industrial, provocaram o aumento do consumo global de cerca de 1000 km<sup>3</sup>/ano para aproximadamente 4100 km<sup>3</sup>/ano, nos últimos 50 anos. O volume de água na Terra é fixo, não cresce nem decresce, mas a qualidade piora consideravelmente (TELLES, 2013).

Um elemento que pesa no caso brasileiro é a utilização do recurso no setor agropecuário. Segundo dados do Censo Agropecuário realizado em 2017, houve um grande aumento da prática de irrigação na agricultura. Foi apurado que, de um universo de 5 milhões de estabelecimentos rurais, mais de 500 mil têm áreas irrigadas, correspondendo a um total de 6.694.245 hectares no país, do (IBGE, 2017).

O Brasil possui uma diversidade climática, na qual predominam o tipo tropical e subtropical úmido. O clima semiárido ocupa menos de 10% do território brasileiro, sendo que os 90% restantes recebem abundantes chuvas, entre 1000 e 3000 milímetros anuais. Detendo aproximadamente 12% da produção mundial (1.488.000 m<sup>3</sup>/s) e 53% da sul-americana (334.000 m<sup>3</sup>/s) a população brasileira é levada à cultura da abundância e do desperdício de água, quando relacionados às disponibilidades mundiais (TELLES, 2013).

A água tem sido considerada um bem livre de uso comum e inesgotável, sendo assim, não foram efetivados planejamentos adequados nem a devida aplicação de recursos necessários à sua proteção e ao seu uso sustentável.

O município de Erechim é um divisor de águas para duas bacias hidrográficas em termos de Estado do Rio Grande do Sul, para Norte, Leste e Sudeste as águas são drenadas em sentido a Bacia Hidrográfica Apuaê-Inhandava tendo como orientação hidrográfica no sentido Oeste/Leste e posteriormente para Norte em direção a calha do Rio Uruguai. A porção Oeste e Sudoeste do município apresentam como sentido de drenagem para a Bacia Hidrográfica do Rio Passo Fundo, o qual tem com sentido de drenagem Oeste/Leste e posteriormente Norte, desaguando primeiramente na Barragem do Rio Passo Fundo e posteriormente no Rio Uruguai (BERNARDI, 2014).

## **4.2 Água subterrânea**

Água subterrânea é aquela que ocupa todos os espaços vazios de uma formação geológica, os chamados aquíferos. Nem toda água que está no subsolo é considerada subterrânea por haver uma distinção daquela que ocupa o lençol freático, denominada água de solo. Normalmente, as águas subterrâneas são armazenadas em rochas sedimentares porosas e permeáveis ou em rochas não porosas fraturadas (TELLES, 2013).

De modo geral, a água subterrânea é formada por parte da precipitação atmosférica que se infiltra no solo. Neste solo, distinguem-se duas zonas principais (ARENZON, 2004):

- Zona insaturada: os poros contêm água e ar, ou vapor de água. É limitada pela superfície do terreno e pela linha de saturação;
- Zona saturada: todos os espaços vazios encontram-se completamente ocupados pela água. É limitada pela linha de saturação e por uma barreira impermeável.

Da água presente na Zona Insaturada, parte é absorvida pelas plantas, parte retorna à atmosfera por evapo-transpiração e parte penetra por gravidade e atinge a Zona Saturada, o que fornece a recarga para as águas subterrâneas (ARENZON, 2004).

Telles (2013) alega que a utilização das águas subterrâneas data dos tempos mais remotos da civilização humana, e a evolução desse uso tem acompanhado a história da humanidade. Melhoramentos nas técnicas de exploração, possibilitando a retirada de água em volumes e profundidades maiores, permitiram o acompanhamento das crescentes demandas para fins potáveis, de irrigação e industriais.

Com a crescente degradação da qualidade das águas superficiais, as águas subterrâneas tendem a assumir uma posição de maior importância. Possuem características e propriedades que exercem diferentes funções

A água subterrânea aflora naturalmente como fontes de descarga nos córregos e rios, mas sua exploração se dá por meio de poços perfurados com perfuratrizes, com diâmetros entre 20 e 40 cm e profundidades de dezenas a centenas de metros, conforme a situação do aquífero (TELLES, 2013).

### **4.3 Impactos sobre as águas subterrâneas**

A Resolução nº 396/2008 do CONAMA considera a necessidade de se promover a proteção da qualidade das águas subterrâneas, uma vez que, poluídas ou contaminadas, sua remediação é lenta e onerosa. Ainda, afirma que a prevenção e o controle da poluição estão diretamente relacionados aos usos e classes de qualidade de água exigidas para um determinado corpo hídrico subterrâneo (CONAMA, 2008).

O aumento da produção e dispersão de poluentes aumentou o risco de contaminação das águas, tanto as superficiais quanto as subterrâneas. No Brasil, os problemas mais comuns das águas subterrâneas estão relacionados com a superexploração, impermeabilização do solo e com a poluição (MMA, 2007).

#### **4.3.1 Superexploração**

A superexploração acontece quando a extração de água ultrapassa o volume infiltrado. A Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS), aponta alguns problemas decorrentes da superexploração: pode afetar o escoamento básico dos rios, secar nascentes, influenciar os níveis mínimos dos reservatórios, provocar subsidência (afundamento) dos terrenos, induzir o deslocamento de água contaminada, salinizar, provocar impactos negativos na biodiversidade e até mesmo a exaurir completamente o aquífero. Em áreas litorâneas, a superexploração de aquíferos pode provocar a movimentação da água do mar no sentido do continente, ocupando os espaços deixados pela água doce (processo conhecido como intrusão da cunha salina) (MMA, 2007).

### 4.3.2 Impermeabilização do solo

A impermeabilização do solo está relacionada ao crescimento das cidades, que reduz a capacidade de infiltração da água no solo. Como a água não encontra locais para infiltrar, acaba escoando pela superfície em direção às partes baixas do relevo. Os resultados desse processo são bastante conhecidos: redução do volume de água na recarga dos aquíferos, erosão dos solos, enchentes e assoreamento dos cursos de água (JUSTINO *et al.*, 2011).

### 4.3.3 Poluição

A poluição das águas subterrâneas pode se dar de forma direta ou indireta. As fontes diretas mais comuns são deposição de resíduos sólidos no solo, esgotos e fossas, atividades agrícolas, mineração, vazamento de substâncias tóxicas, cemitérios e poços mal construídos (MMA, 2007).

Os primeiros estudos sobre o impacto da intensiva prática agrícola sobre a água subterrânea são datados dos anos 1970, quando concentrações de nitrato foram encontradas excedendo o limite permitido pela União Europeia (RIBEIRO *et al.*, 2005).

Uma variedade de fontes importantes de nitrogênio na agricultura pode ser convertida a nitrato e incorporado na recarga da água subterrânea. Em adição aos fertilizantes nitrogenados e esterco orgânicos, a liberação pela matéria orgânica do solo, pré-existente ou resíduo de culturas (mineralização do nitrogênio), é uma das principais fontes de nitrogênio identificadas. É importante considerar que o nitrogênio pode ser lixiviado (movimento na solução do solo) e atingir a água subterrânea (BÖHLKE, 2002).

## 4.4 Legislação brasileira

No Brasil, para poder ser ingerida ou utilizada em outras atividades humanas sem que haja riscos à saúde, a água tem de apresentar características que atendam às legislações em vigor, principalmente aquelas determinadas pela PRC N°5/2017, que apresenta os parâmetros de qualidade e os procedimentos de controle e vigilância da água para o consumo humano.

Considerando que a prevenção e o controle da poluição estão diretamente relacionados aos usos e classes de qualidade de água exigidos para um determinado corpo hídrico subterrâneo, a Resolução n° 396/2008 do CONAMA, em seu Art. 3º, classifica as águas subterrâneas em:

Classe Especial: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porções desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial;

Classe 1: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

Classe 2: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

Classe 3: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

Classe 4: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo;

Classe 5: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso (CONAMA, 2008, p. 66).

#### **4.5 Parâmetros de qualidade da água**

A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas (SPERLING, 2005). No caso das águas subterrâneas para abastecimento, o quadro 1 apresenta os parâmetros mais usualmente investigados.

Quadro 1 - Principais parâmetros de qualidade a serem investigados numa análise de água subterrânea.

Características	Parâmetro	Água subterrânea	
		Bruta	Tratada
Parâmetros físicos	Cor	x	x
	Turbidez	x	x
	Sabor e odor	x	x
	Temperatura	x	
Parâmetros químicos	pH	x	x
	Alcalinidade	x	
	Acidez	x	
	Dureza	x	x
	Ferro e manganês	x	x
	Cloretos	x	
	Nitrogênio	x	x
	Fósforo		
	Micropoluentes inorgânicos	x	x
	Micropoluentes orgânicos	x	x
Parâmetros biológicos	Organismos indicadores	x	x

Fonte: adaptado SPERLING, 2005.

Os requisitos de qualidade de uma água são função do seu uso previsto. Para vários usos não há padrões específicos, mas sim o objetivo do atendimento a determinados requisitos de qualidade. Para o abastecimento doméstico, a qualidade requerida exige a isenção de substâncias químicas prejudiciais à saúde, isenção de organismos prejudiciais à saúde, baixa agressividade e dureza, esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor; ausência de macrorganismos e que seja adequada para serviços domésticos (SPERLING, 2005).

O Índice de Qualidade da água (IQA) foi criado em 1970, como uma alternativa para avaliar a qualidade da água bruta tendo em vista a sua utilização para abastecimento público após tratamento, com parâmetros selecionados rigorosamente e com pesos atribuídos a cada parâmetro (ANA, 2016; ABBASI, 2012). Em 1975, a CETESB aderiu ao IQA e após alguns anos, outros estados também iniciaram a sua utilização, hoje é a metodologia mais utilizada no Brasil (ANA, 2016).

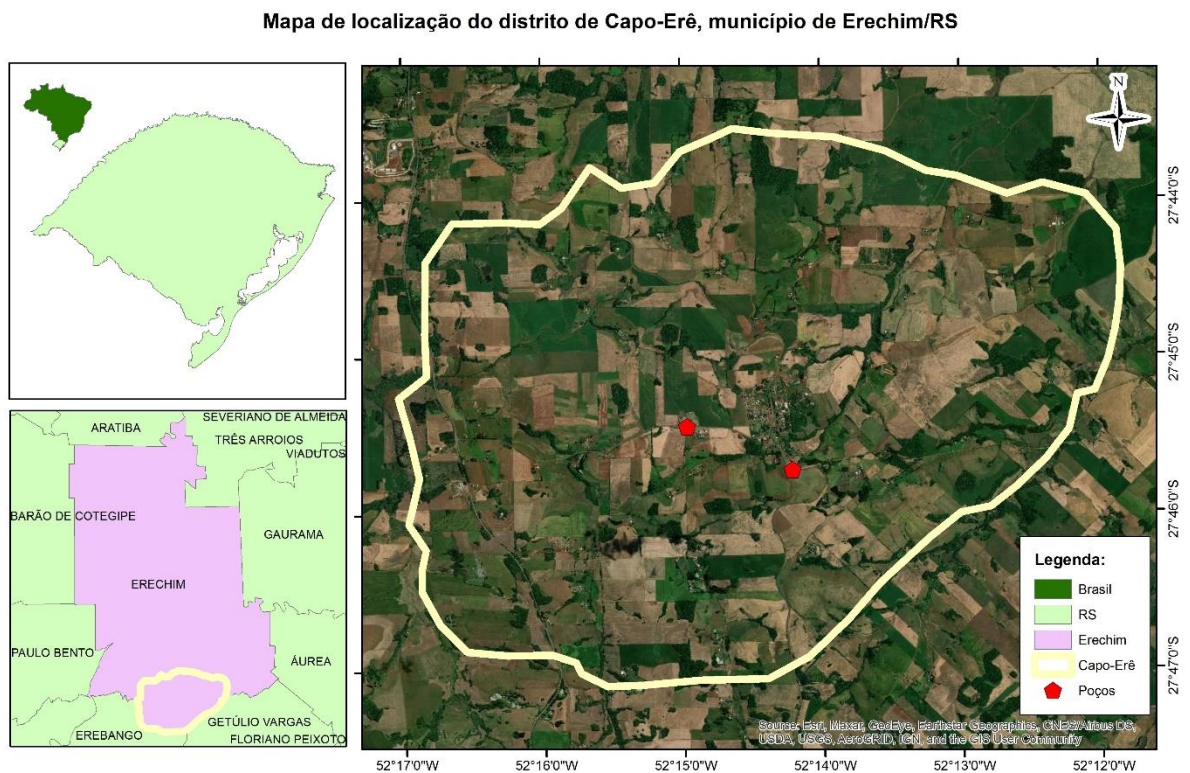


## 5 METODOLOGIA

### 5.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado no distrito de Capo-Erê, localizado na zona rural do município de Erechim, no norte do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 1).

Figura 1 - Localização geográfica e vista aérea do Distrito de Capo-Erê.



Segundo o IBGE (2010) o distrito tem cerca de 1100 habitantes e sua população é totalmente abastecida por poços artesianos. Além das residências, o distrito conta com uma Escola de Ensino Fundamental, uma Unidade Básica de Saúde, cerca de 10 estabelecimentos comerciais, silos de armazenamentos de grãos, além de áreas de cultivo agropecuário.

O uso do solo é caracterizado principalmente por atividade agrícola, com constante plantio de culturas de verão (milho ou soja) e culturas de inverno (trigo e aveia).

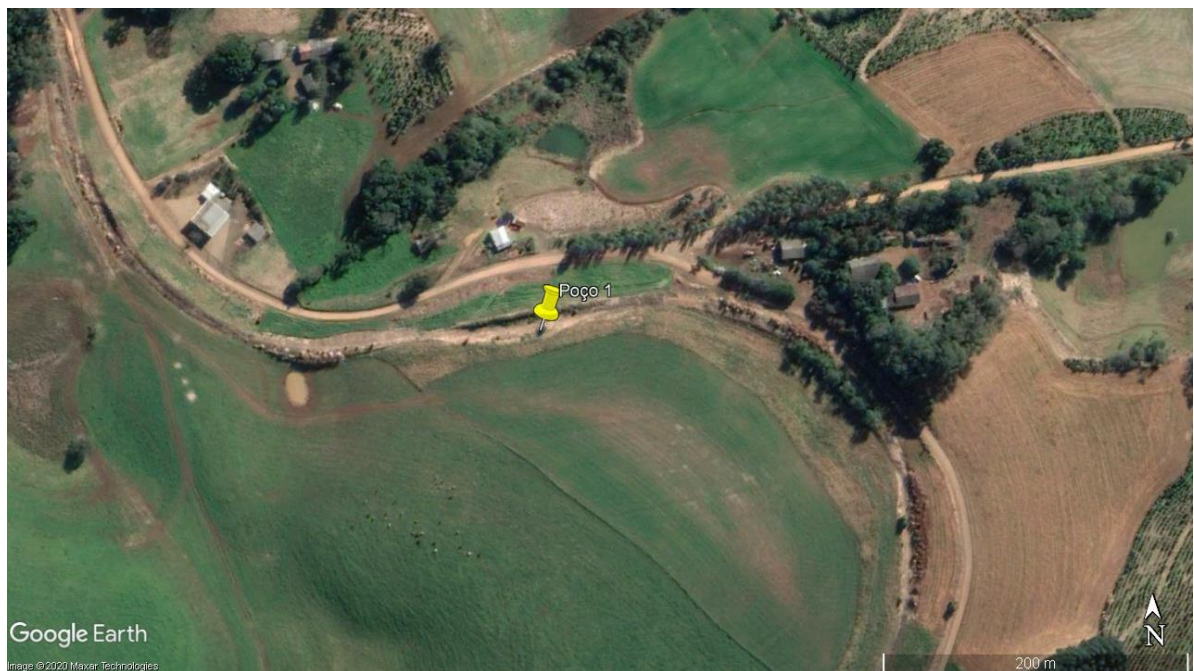
Segundo a Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Segurança Alimentar do município de Erechim, o distrito possui atualmente 2 poços cadastrados, que recebem desinfecção com cloro e passam por monitoramento mensal (PME/PMSB, 2019).



Os poços deste estudo foram denominados Poço 1 e Poço 2. O Poço 1 (Figura 2) apresenta as coordenadas geográficas  $27^{\circ}45'43.64''S$ ;  $52^{\circ}14'12.76''O$  e altitude de 787 metros. Seu entorno é caracterizado por uma extensa área de lavoura e algumas residências. A Secretaria Municipal de Abastecimento não possui arquivos de dados que constem ano de perfuração e profundidade deste poço. O Poço 2 (Figura 3) tem profundidade de 84 metros, coordenadas  $27^{\circ}45'27.05''S$ ;  $52^{\circ}14'57.52''O$  e 782 metros de altitude. Seu entorno também é caracterizado por áreas extensas de lavoura, além de uma empresa de silo e residências.

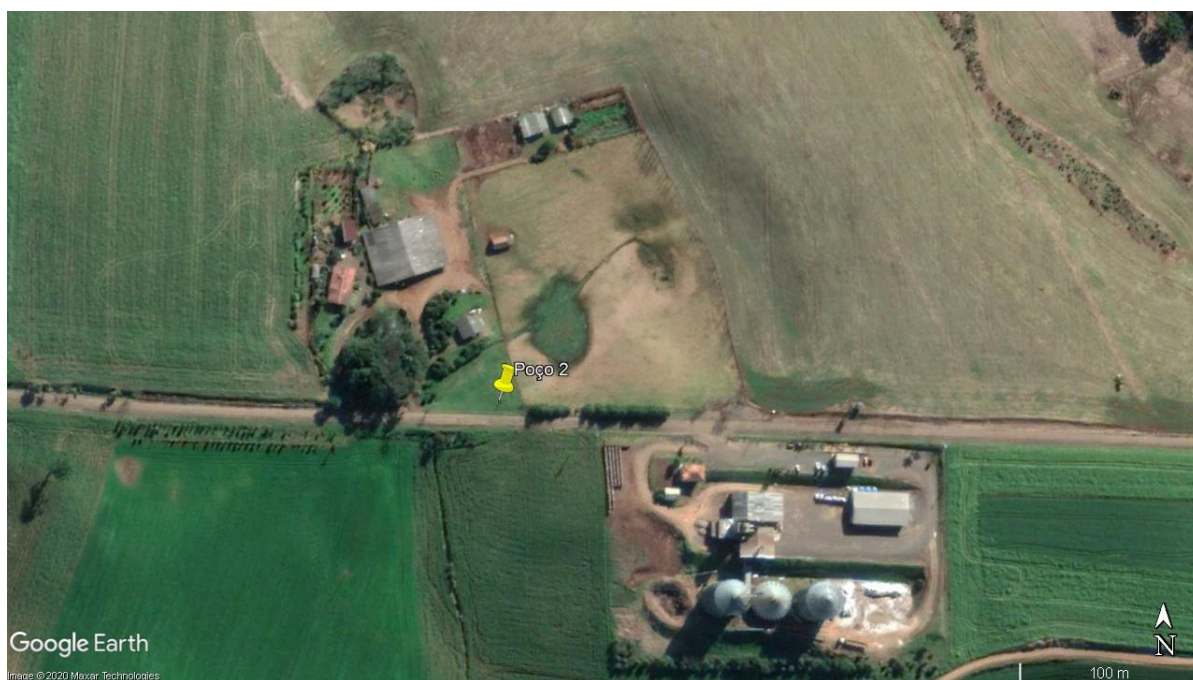
Cada poço tem um reservatório de 20.000 L, de onde é feita a distribuição para as residências do distrito. Como não havia possibilidade de realizar a coleta diretamente dos poços, esta foi realizada nos reservatórios.

Figura 2 - Vista aérea da localização do Poço 1.



Fonte: Google Earth, 2019.

Figura 3 - Vista aérea da localização do Poço 2.



Fonte: Google Earth, 2019.

## 5.2 Coleta das amostras

As amostras foram coletadas nos meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019. Para cada mês coletou-se uma amostra do Poço 1 e uma amostra do Poço 2. Todas as coletas foram realizadas entre os horários de 7:00 e 8:00 e levadas diretamente ao laboratório localizado na Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim para análise dos parâmetros.

Os parâmetros de temperatura, pH e OD foram realizados *in situ*, no momento da coleta das amostras, para garantir resultados mais precisos. Para esse processo utilizou-se o medidor multiparâmetro Professional Plus, da marca YSI®.

## 5.3 Análises laboratoriais

Para monitorar a qualidade das águas realizaram-se análises de parâmetros que englobam variáveis físicas, químicas e microbiológicas. Cada parâmetro e sua respectiva metodologia estão descritas a seguir:

- Turbidez: medida através do Método Nefelométrico utilizando Turbidímetro de bancada HACH® modelo 2100N;

- Temperatura: medida através do termômetro acoplado à sonda do medidor multiparâmetro Professional Plus, da marca YSI®;
- pH: medidor multiparâmetro Professional Plus, da marca YSI®;
- Nitrato: determinado por espectrofotometria – Standard Methods 4500 – NO<sub>3</sub><sup>-</sup> B. (APHA, 1998);
- Nitrito: método Colorimétrico – Standard Methods 4500 – NO<sub>2</sub> - B. (APHA, 1998);
- Nitrogênio Amoniacal: Metodologia de Macro Kjehldhal – Standard Methods 4500 Norg B. (APHA, 1998);
- Nitrogênio Total: determinado a partir da soma das concentrações de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal;
- Fósforo Total: as análises foram realizadas via espectrofotometria, utilizando como solução indicadora a fenolftaleína, de acordo com metodologia adaptada do APHA, (1998) método número 4500;
- Oxigênio Dissolvido: a medição do oxigênio dissolvido foi realizada com o auxílio do medidor multiparâmetro Professional Plus, da marca YSI®;
- DBO: foi determinada pelo Método de Winkler, que consistiu em medidas da concentração de oxigênio dissolvido nas amostras, antes e após o período de incubação de 5 dias a 20 °C. Durante esse período ocorrerá redução da concentração de OD na água, consumido por microrganismos aeróbios nas reações bioquímicas de decomposição de compostos orgânicos biodegradáveis do STANDARD METHODS, methods 4500 - O C & 5210 B (APHA, 1998);
- Sólidos Totais: Seco a 104 ± 1°C – Standard Methods 2540 B. (APHA, 1998);
- Coliformes Totais: para o teste dos parâmetros microbiológicos utilizou-se o método da fermentação de tubos múltiplos. Primeiro, verificou-se a presença de coliformes totais através do teste presuntivo em Caldo Lauril Sulfato Triptose (Caldo LST) (FUNASA, 2013).

#### **5.4 Índice de Qualidade da Água**

O Índice de Qualidade da Água (IQA) é composto por nove parâmetros e cada um possui um peso (w) de acordo com a sua importância para a conformação global da qualidade da água (Quadro 2). Além disso, para cada parâmetro existe um valor de qualidade (q) atribuído, obtido a partir do gráfico de qualidade em função de sua concentração (ANEXO A).

Quadro 2 - Parâmetros de qualidade da água do IQA e respectivo peso.

Parâmetro de qualidade da água	Peso (w)
Oxigênio Dissolvido (% OD)	0,17
Coliformes termotolerantes (NPM/100mL)	0,15
Potencial hidrogeniônico (pH)	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO <sub>5,20</sub> ) (mg/L)	0,10
Temperatura da água (°C)	0,10
Nitrogênio total (mg/L)	0,10
Fósforo total (mg/L)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Resíduo total (mg/L)	0,08

Fonte: ANA, 2015.

Dessa forma, o cálculo do IQA é feito por meio do produto ponderado dos nove parâmetros, a partir das equações 1 e 2 (ANA, 2015).

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Equação (1)

Onde:

IQA: Índice de Qualidade da água, varia entre 0 e 100;

$q_i$ : Qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro. Varia entre 0 e 100 e é obtido a partir do gráfico de qualidade (Figura 3) em função da concentração medida;

$w_i$ : Peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro fixado em função de sua importância para conformidade global da qualidade. Varia entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Equação (2)

Sendo  $n$  o número de parâmetros utilizados para o cálculo do IQA.

Dessa forma, pode-se determinar a qualidade da água calculada pelo IQA. Os valores são classificados por faixas de cores e os valores do IQA correspondentes variam de acordo com os estados brasileiros. No caso do Rio Grande do Sul, essa classificação é apresentada no Quadro 3.

Hoje já existem sistemas e programas para cálculo do IQA, onde introduz-se os valores de entrada de cada parâmetro e o cálculo do IQA é feito automaticamente. No trabalho, se utilizou o programa SisAQuA (Sistema de Análise de Qualidade da Água), que é um software desenvolvido para um programa de mestrado em análise Geoambiental da Universidade de Guarulhos e está disponível de forma online (SISAQUA, 2016).

Quadro 3 - Classificação da qualidade das águas.

<b>VALOR DO IQA</b>	<b>QUALIDADE</b>
91 – 100	ÓTIMA
71 – 90	BOA
51 – 70	ACEITÁVEL
25 – 50	RUIM
0 – 25	PÉSSIMA

Fonte: Adaptado de ANA (2004).

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

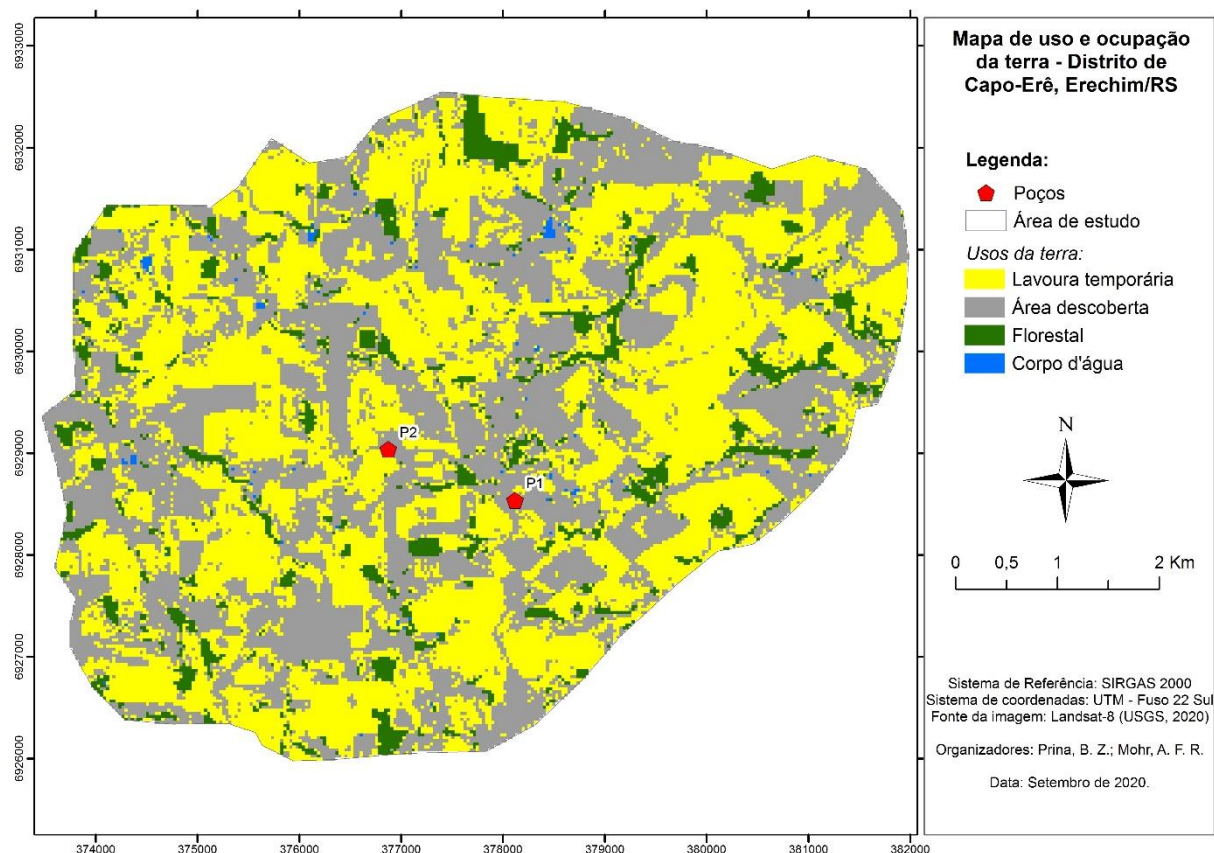
### **6.1 Uso e ocupação da terra nos locais de coleta**

O mapa de uso e ocupação da terra, permite ter uma melhor visualização da área onde estão localizados os poços, bem como as características e usos predominantes do solo. Pode-se observar no mapa (Figura 4), que os poços estão localizados em meio a extensas áreas de lavouras e solo exposto, com mínimas áreas de floresta.

A Tabela 1 apresenta detalhadamente quais classes estão presentes no local de estudo e suas respectivas porcentagens e áreas.



Figura 4 – Mapa de uso e ocupação da terra do distrito de Capo-Erê, município de Erechim/RS.



Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Tabela 1 - Classificação, porcentagem e área de uso e ocupação da terra no distrito de Capo-Erê, município de Erechim/RS

Classe	Porcentagem	Área (ha)
Lavoura Temporária	49,7%	2030,02
Área descoberta	42,4%	1729,01
Florestal	7,6%	311,17
Corpos d'água	0,3%	11,25
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>4081,45</b>

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

A área florestal está presente em menos de 8% da área estudada, ou seja, mais de 90% da área é composta por lavoura ou área descoberta. Essas características se tornam desfavoráveis considerando que um solo desprotegido e/ou com constante uso de fertilizantes está mais suscetível a infiltração de poluentes.

O Reservatório 1, fica a uma distância de aproximadamente 706 metros do Poço 1, ambos podem ser visualizados na Figura 5.

Figura 5 – (A) Poço 1 e entorno com plantação de aveia. (B) Reservatório 1 com entorno residencial.



Fonte: Arquivo pessoal, 2020.

Nota-se que o Poço 1 está localizado em meio a área de plantação de aveia, esta cultura é comumente cultivada nos meses de agosto e setembro.

O Reservatório 2 fica mais próximo do Poço 2, com uma distância de aproximados 200 metros. A área do entorno, no momento do registro das imagens, está caracterizada pelo estágio posterior à colheita de milho. O Poço 2 e seu Reservatório podem ser observados na Figura 6.

Figura 6 - (A) Poço 2 e entorno no estágio posterior a colheita de milho. (B) Reservatório 2 e entorno com cultivo de aveia.



Fonte: Arquivo pessoal, 2020.

## 6.2 Testes físico-químicos

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nos meses de maio, junho, agosto e setembro foram comparados aos valores exigidos pelo CONAMA para águas subterrâneas, cuja Resolução nº 396/2008 estabelece os Valores Máximos Permitidos (VMP) para consumo humano. Estes resultados podem ser observados na Tabela 2.



Tabela 2 - Valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos apresentados nas amostras analisadas nos meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019.

Parâmetros	Unidade	VMP	Maio		Junho		Agosto		Setembro	
			P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
<b>Parâmetros físico-químicos</b>										
Temperatura	°C	-	17,2	18,6	18,4	16,4	12,6	14,0	20,8	20,7
OD	mg/L	-	4,7	7,4	4,6	4,8	8,2	8,3	4,4	3,0
pH	-	6 - 9,5	7,51	7,87	7,7	7,7	<b>5,5*</b>	<b>5,8*</b>	7,8	7,4
Condutividade Elétrica	µS/cm	-	53,4	42,5	198,8	150,3	154,8	132,3	154,6	144,5
DBO <sub>5</sub>	mg/L	-	<0,01	<0,01	0,26	0,16	0,85	0,62	0,05	0,64
Turbidez	UNT	1 em 95% das amostras	0,32	0,47	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sólidos Totais	mg/L	1.000	125	132	161	161	160	163	646	672
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	1,5	0,06	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	<0,01
Nitrito	mg/L	-	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03
Nitrato	mg/L	10	6,93	4,72	5,09	7,30	<b>18,74*</b>	<b>9,07*</b>	6,90	6,39
Fósforo Total	mg/L	-	0,04	0,06	0,04	0,06	0,05	0,06	0,01	0,04
<b>Parâmetros Microbiológicos</b>										
Coliformes Totais	NMP/100mL	Ausentes	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	Ausentes	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0

VMP: Valores máximos permitidos de acordo com a Resolução CONAMA 396/2008.

(\*): Valores excedentes aos máximos permitidos pela legislação.

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Percebe-se que, para os meses de maio e junho, os parâmetros para classificação de água subterrânea estão com seus valores dentro dos limites para consumo humano, exigidos pela legislação. Se compararmos os parâmetros individualmente para os dois meses, não existe uma diferença significativa dos valores.

Os meses de agosto e setembro apresentam diferenças mais significativas quando comparados entre ambos e quando comparados a maio e junho. O mês de agosto apresenta pH abaixo do valor mínimo exigido para os dois poços, o que caracteriza um pH ácido. Segundo Lima e Kobayashi (1988) a presença de CO<sub>2</sub> e ácidos húmicos livres em solução, pode

contribuir para acidez das águas subterrâneas, além do perfil geológico da área. Para Esteves (1998), devido à grande quantidade de fatores que podem influenciar a mudança de pH, essa variável torna-se difícil de ser interpretada, todavia, é considerada uma variável importante na determinação da qualidade das águas.

Para o Poço 1 a concentração de nitrato está bem acima do permitido, no Poço 2 esta concentração está quase no limite, o que indica uma situação preocupante já que concentrações elevadas desta substância podem causar sérios problemas de saúde.

O mês de setembro, apesar de abaixo do valor máximo permitido, apresentou o parâmetro de sólidos totais bem acima daqueles apresentados nos meses anteriores, para ambos os poços.

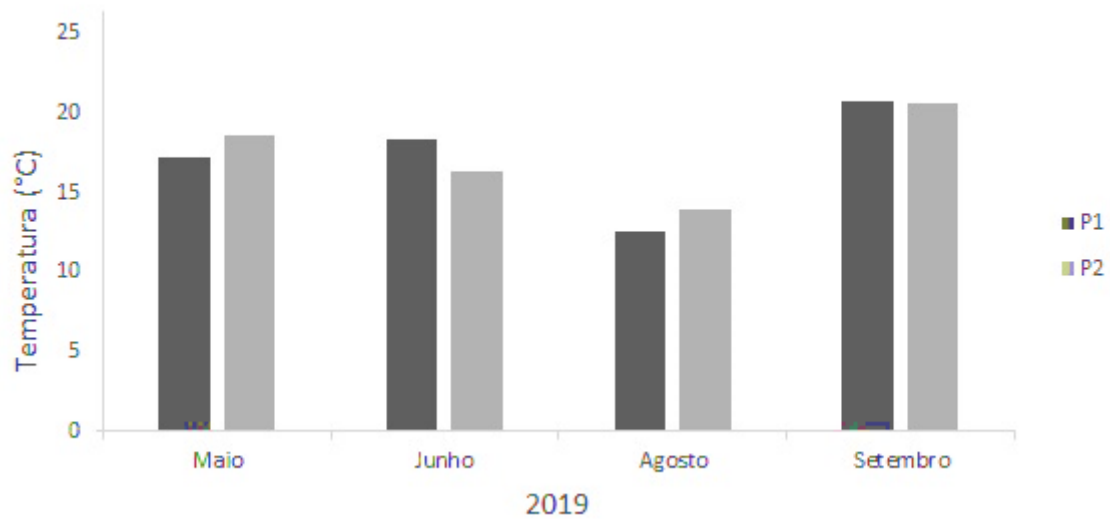
### **6.3 Análises individuais dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos**

#### **6.3.1 Temperatura**

O parâmetro de temperatura não apresenta valores máximos e/ou mínimos exigidos na legislação. Porém, é um parâmetro que está incluso no cálculo do IQA pois de acordo com a PRC N°5/2017 do Ministério da Saúde, no processo de cloração para finalidade de desinfecção, o tempo de contato do cloro com a água varia de acordo com a temperatura da mesma.

As temperaturas foram medidas *in situ* e pode-se observar através da Figura 7 que não houveram grandes variações ao longo dos meses. As temperaturas no mês de agosto tiveram os menores valores registrados, com 12,6°C e 14°C nos Poços 1 e 2, respectivamente. No mês de setembro foram registradas as maiores temperaturas, com 20,8°C para o Poço 1 e 20,7°C para o Poço 2. A temperatura média foi de 17,3°C o que é coerente para as estações em que foram realizadas as coletas (outono e inverno).

Figura 7 – Temperatura (°C) da água nos poços P1 e P2 em Capo-Erê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019.



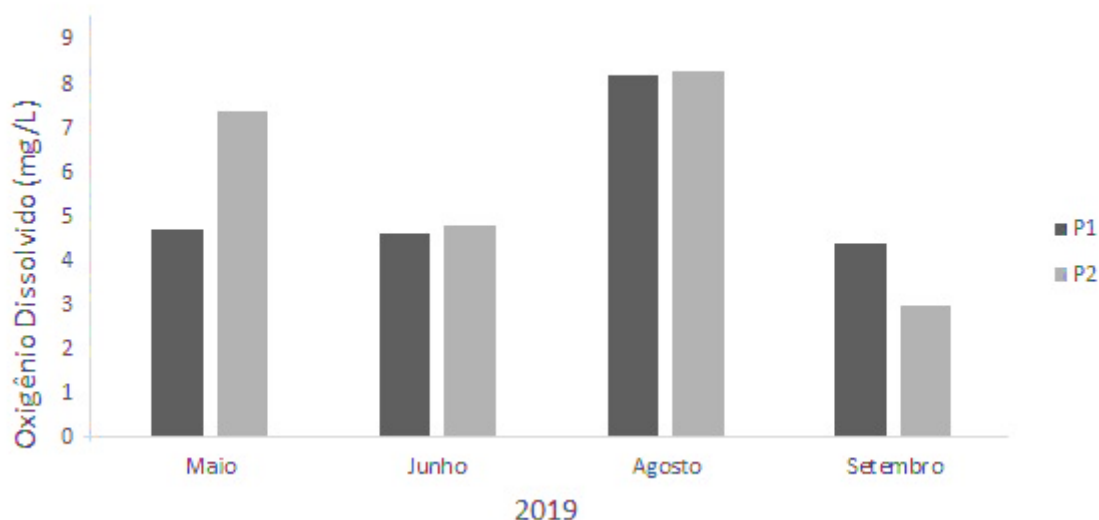
Fonte: Elaborado pela autora (2020).

### 6.3.2 Oxigênio Dissolvido (OD)

Para água subterrânea, as concentrações de OD são menores quando comparadas às de água superficial. Estas, variam entre 0 e 5mg/L pelo fato de não estarem em contato direto com a atmosfera (FEITOSA; MANOEL FILHO, 1997).

Os valores de OD durante o período de estudo para os poços P1 e P2 foram medidos *in situ* e podem ser observados na Figura 8.

Figura 8 - Concentrações de Oxigênio Dissolvido (mg/L) nos poços P1 e P2 em Capó-Erê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

O P2 no mês de setembro foi o que apresentou menor concentração de OD (3,0 mg/L), e o mesmo poço para o mês de agosto apresentou a maior concentração (8,3 mg/L).

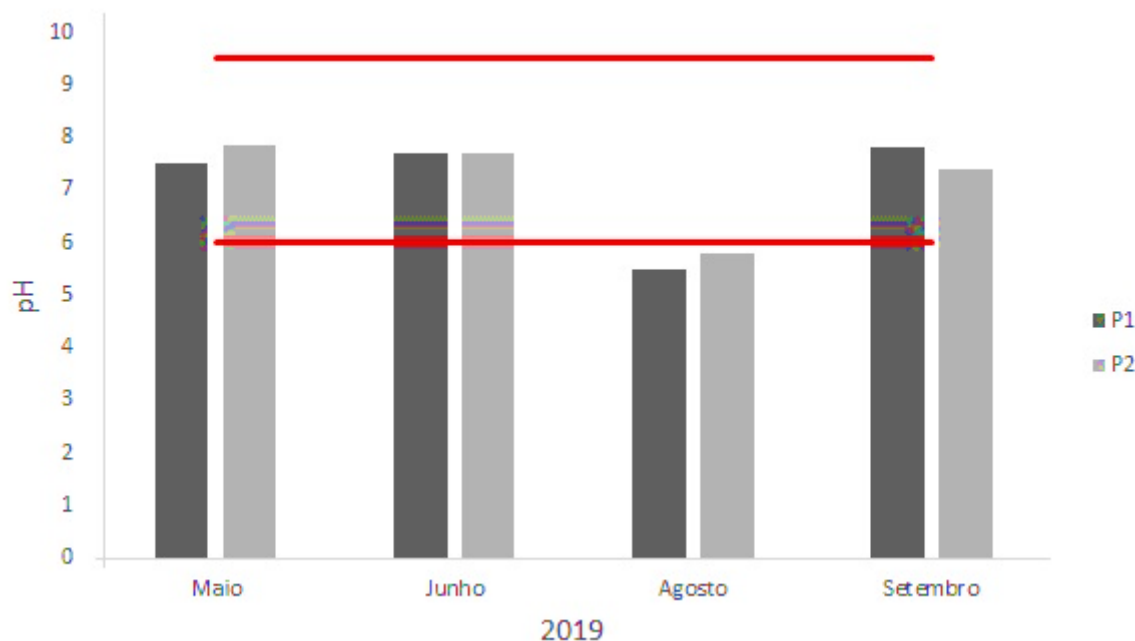
Nota-se que as maiores e menores concentrações de OD estão presentes nas mesmas coletas respectivas em que se observou as menores e maiores temperaturas. Isso porque a concentração de OD varia de acordo com a temperatura, em temperaturas menores a solubilidade do oxigênio aumenta e em temperaturas maiores essa concentração diminui.

Como a coleta da água para medição era feita nos reservatórios, que ficam em uma estrutura que varia de 7 a 10 metros de altura, os valores altos encontrados podem estar relacionados com a aeração da água no momento da coleta. Todavia, este parâmetro não é estabelecido pela PRC N°5/2017 (BRASIL, 2017).

### 6.3.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

A PRC N°5/2017 (BRASIL, 2017) recomenda que o pH seja mantido na faixa entre 6,0 e 9,5. Para o período de estudo, a maioria dos meses apresentou pH dentro do intervalo recomendado, apresentando poucas variações entre os mesmos. A exceção foi o mês de agosto que apresentou pH ácido para os dois poços, como pode-se observar na Figura 9.

Figura 9 – Valores de pH nos poços P1 e P2 em Capó-Erê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Os valores de 5,5 e 5,8 caracterizam um pH ácido. Danelon (2015) afirma que a presença da matéria orgânica fosfatada oriunda de fertilizantes utilizados em áreas de agricultura apresentam leves características de acidez, que nesse caso podem ter contribuído para a redução nos valores de pH, já que os poços estão localizados em áreas de produção agrícola.

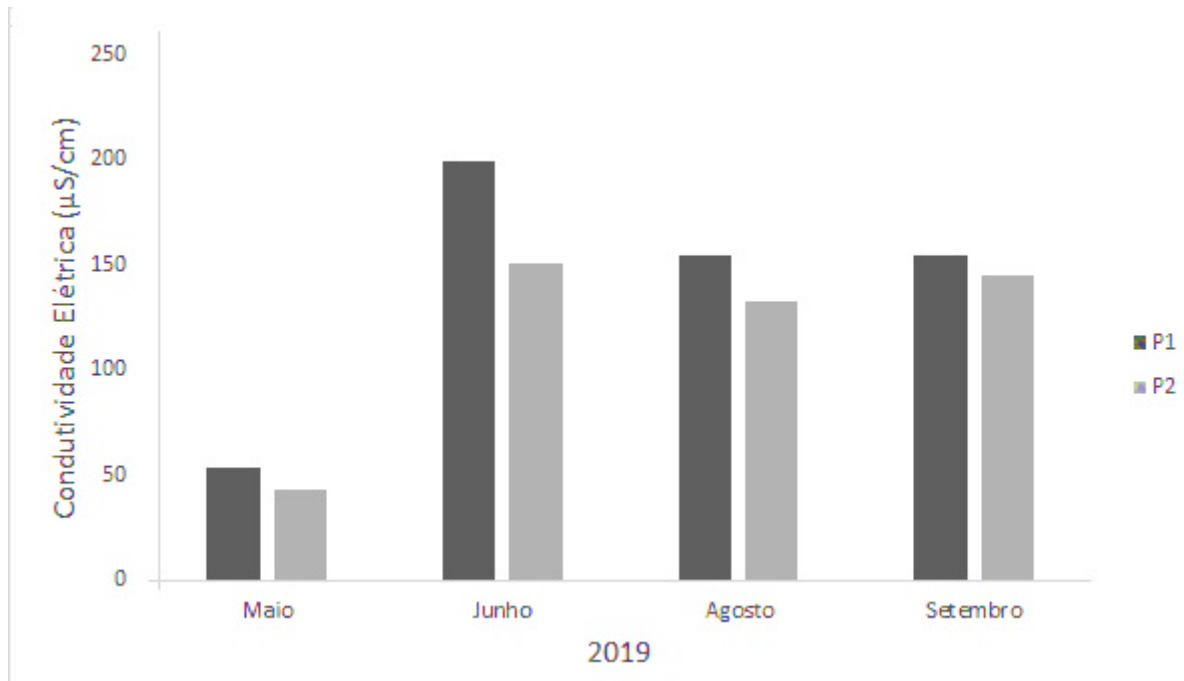
### 6.3.4 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica indica a capacidade da água natural de transmitir a corrente elétrica em função da presença de íons dissolvidos, carregados eletricamente. Quanto maior a quantidade de íons, maior a condutividade (MESTRINHO, 2013).

Apesar de ser um parâmetro de qualidade da água, a legislação não apresenta valores máximos e/ou mínimos que indiquem o padrão de potabilidade.

Durante o período de estudo os valores de condutividade elétrica apresentaram algumas variações significativas, sendo o valor mínimo decorrente no mês de maio para o P2 e o máximo no mês de junho para o P1, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Valores de Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) nos poços P1 e P2 em Capo-Erê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019.



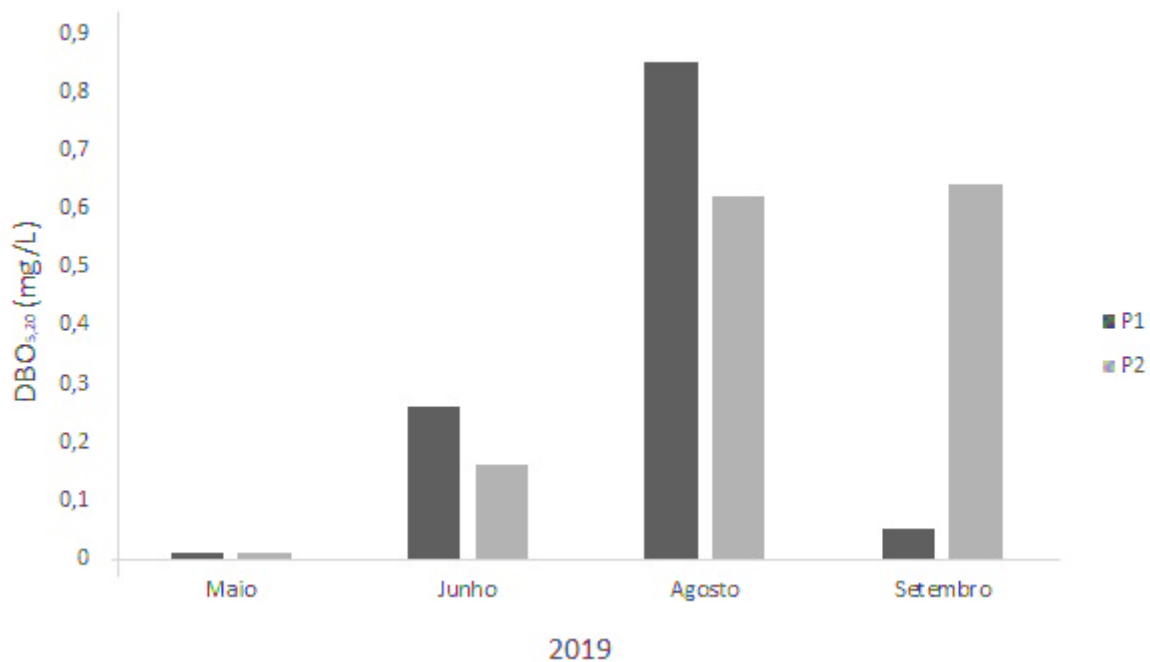
Fonte: Elaborado pela autora (2020).

De acordo com Mendes e Oliveira (2004), se a água apresenta uma condutividade maior que  $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$  ela é classificada como dificilmente utilizável, pois pode causar a salinização do solo em caso de irrigação e sabor desagradável em caso de consumo humano. Portanto, os valores de condutividade elétrica medidos nos poços P1 e P2 podem ser classificados como aceitáveis pois apresentam valores entre  $42,5 \mu\text{S}/\text{cm}$  e  $198,8 \mu\text{S}/\text{cm}$ .

### 6.3.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $\text{DBO}_{5,20}$ )

Os valores da  $\text{DBO}_{5,20}$  das amostras (Figura 11) são característicos de água não contaminada, já que a  $\text{DBO}_{5,20}$  é um parâmetro indicador de contaminação orgânica. Segundo Bahia et al (2008), valores abaixo de  $5 \text{ mg}/\text{L}$  não indicam presença de matéria orgânica possível de ser estabilizada pela via biológica.

Figura 11 - Concentrações de  $DBO_{5,20}$  nos poços P1 e P2 em Capo-Erê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

O mês de maio apresentou as menores concentrações de  $DBO_{5,20}$  para P1 e P2, abaixo de 0,01 mg/L. Os meses de junho, agosto e setembro, os valores de  $DBO_{5,20}$  ficaram abaixo de 0,9 mg/L para os dois poços.

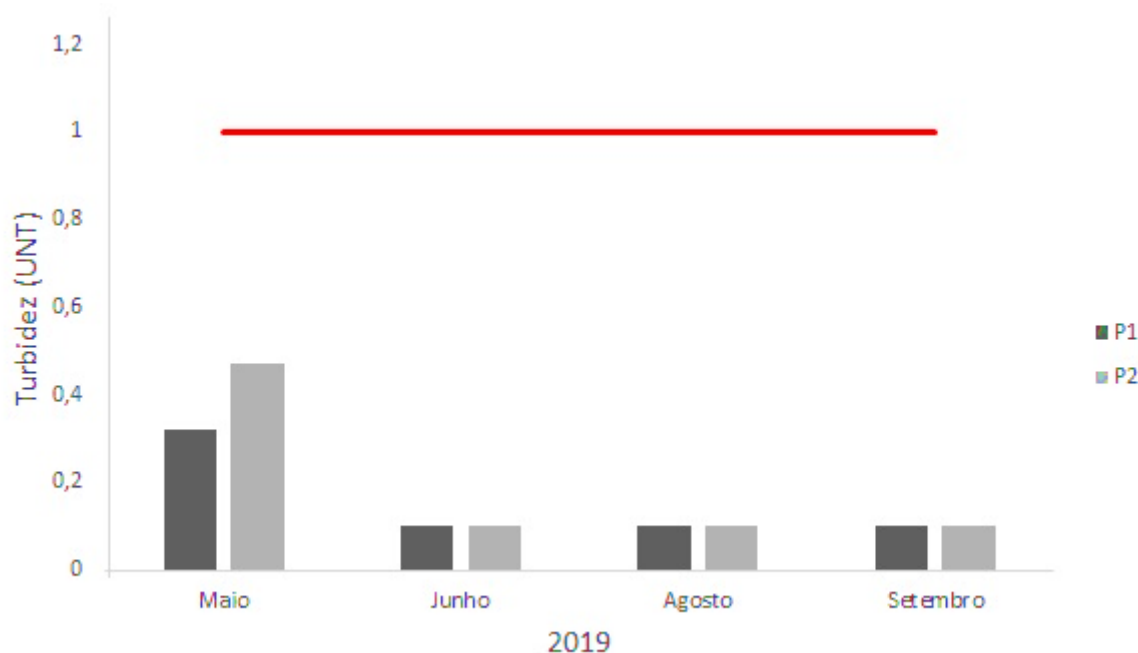
### 6.3.6 Turbidez

A PRC N°5/2017 determina, para águas subterrâneas, um padrão de turbidez abaixo de 1,0 UT em 95% das amostras, e, entre os 5% permitidos o limite máximo é de 5,0 UT.

A turbidez é provocada por partículas em suspensão, sendo, portanto, reduzida quando ocorre a sedimentação. É um parâmetro importante pois possui influência nos processos usuais de desinfecção, atuando como escudo aos micro-organismos patogênicos, minimizando a ação do desinfetante (FUNASA, 2014).

Nos meses de estudo, todos os poços apresentaram turbidez abaixo do valor máximo estipulado pela legislação, conforme apresenta a Figura 12.

Figura 12 – Valores de turbidez (UNT) nos poços P1 e P2 em Capo-Erê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

### 6.3.7 Sólidos Totais Dissolvidos

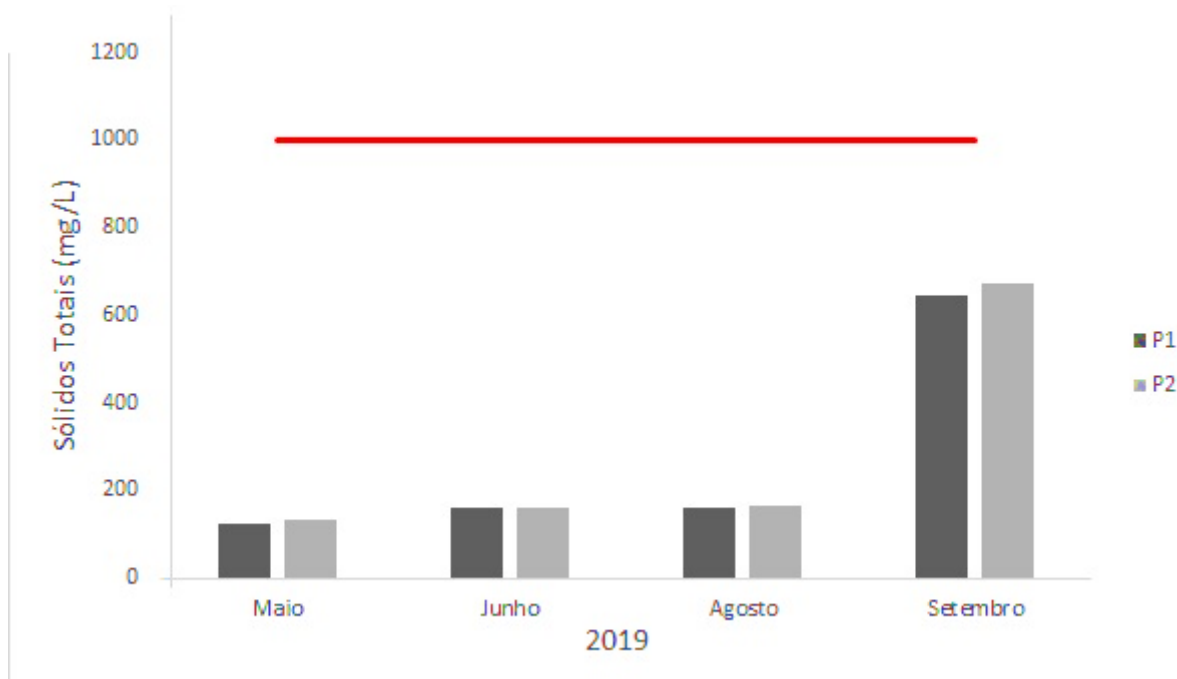
De acordo com a PRC N°5/2017 do Ministério da Saúde, o valor máximo de sólidos totais dissolvidos (STD) é de 1000 mg/L para consumo humano.

Observa-se, através da Figura 13, que o mês de setembro apresentou um aumento significativo na concentração de Sólidos Totais, quando comparado aos demais meses, o que pode estar relacionado ao aumento da precipitação pluviométrica nos dias próximos a coleta.

Ademais, as amostras de água tanto do P1 quanto do P2 em todos os meses de análise atenderam ao estabelecido pela PRC N°5/2017 do Ministério da Saúde, uma vez que ficaram entre o valor máximo permitido que é de 1000 mg/L. Dessa forma a qualidade da água torna-se própria para o consumo humano.



Figura 13 - Concentrações de Sólidos Totais (mg/L) nos poços P1 e P2 em Capo-Erê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019.



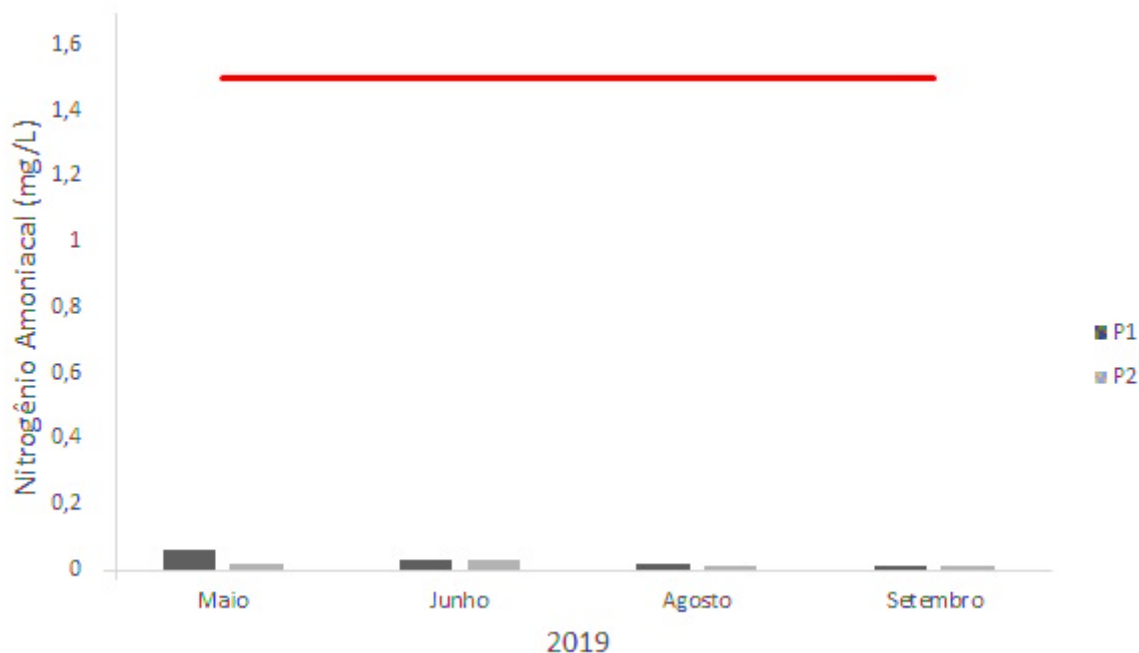
Fonte: Elaborado pela autora (2020).

### 6.3.8 Nitrogênio Amoniacal

A amônia é formada no processo de decomposição de matéria orgânica (ureia-amônia) e pode estar presente naturalmente na água subterrânea. Sua importância é por ser o primeiro produto da decomposição de substâncias nitrogenadas, indicando uma poluição orgânica recente. A amônia, assim como o nitrito, costuma estar ausente, pois são rapidamente convertidos a nitrato pelas bactérias (ARAUJO, HIPÓLITO & WAICHMAN, 2013).

Através da Figura 14, pode-se confirmar que os valores obtidos nas análises de nitrogênio amoniacal, mantiveram-se bem abaixo do valor máximo permitido (1,5 mg/L) pela PRC N°5/2017 nos dois poços durante todo o período amostral.

Figura 14 - Concentrações de Nitrogênio Amoniacoal (mg/L) nos poços P1 e P2 em Capoeirê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

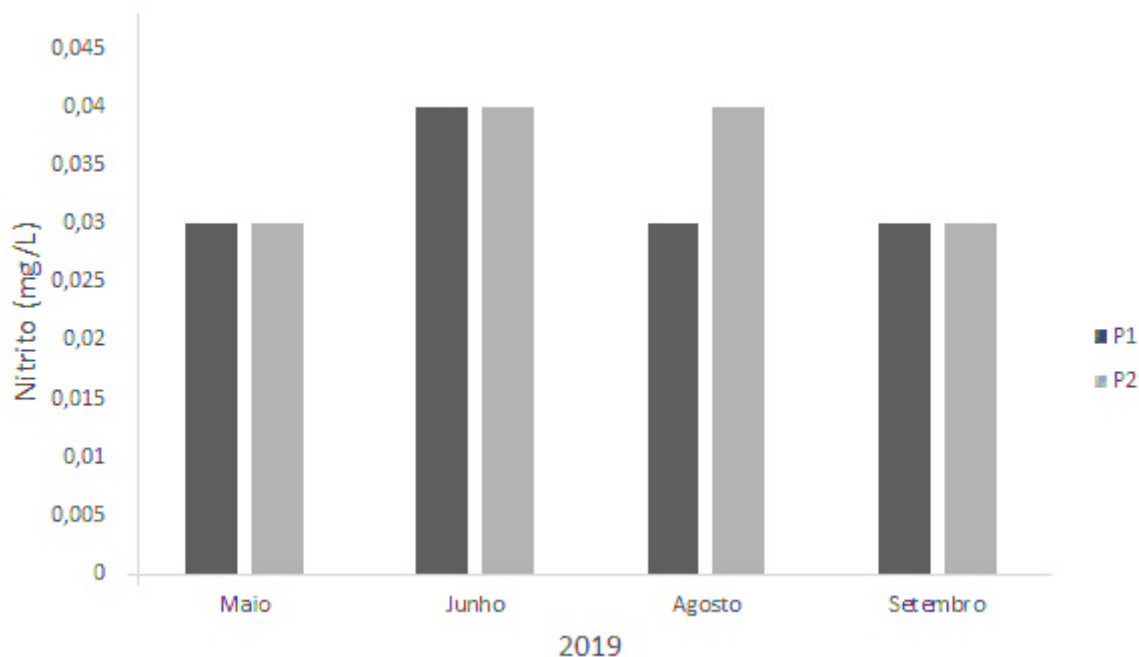
### 6.3.9 Nitrito

O nitrito é uma forma química do nitrogênio normalmente encontrado em pequenas quantidades nas águas subterrâneas, pois o nitrito é instável na presença de oxigênio. A sua presença indica a ocorrência de processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica (BASTOS; BEZERRA; BEVILACQUA, 2007).

É um parâmetro importante a ser observado, pois quando ingerido diretamente, pode ocasionar metemoglobinemia (BATALHA; PARLATORE, 1993). A metemoglobinemia é um distúrbio sanguíneo caracterizado pela presença circulante da metemoglobina e no qual menos oxigênio do que de costume é fornecido às células do corpo. Normalmente, o oxigênio é transportado pela corrente sanguínea apegado à hemoglobina e é liberado para as células do corpo. No entanto, a metemoglobina é um tipo específico de hemoglobina que também transporta oxigênio pelo sangue, mas não o libera para as células (NASCIMENTO *et al*, 2008).

Durante os meses de análises, todas as amostras apresentaram concentrações baixas de nitrito, variando entre 0,03 e 0,04 mg/L para os dois poços, como pode-se observar na Figura 15.

Figura 15 - Concentrações de Nitrito (mg/L) nos poços P1 e P2 em Capo-Erê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

### 6.3.10 Nitrato

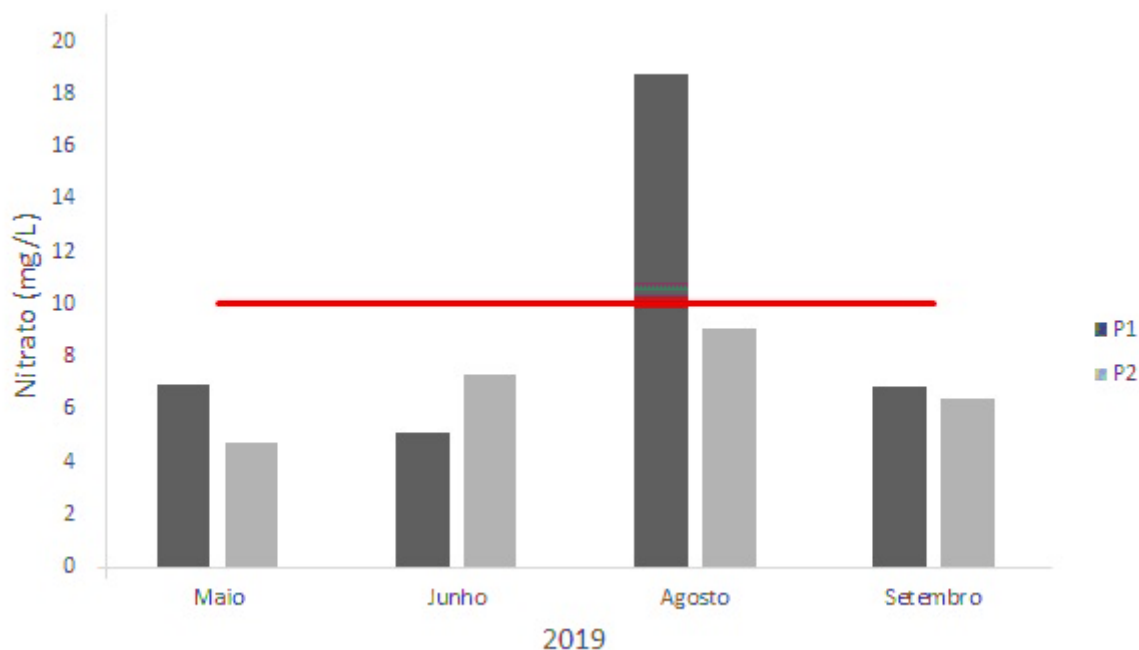
Altas concentrações de nitrato na água potável apresentam um grande risco para a saúde pública e animal. Em recém-nascidos também pode causar metemoglobinemia e em adultos, pode ser responsável por causar câncer de estômago e aumentar a probabilidade de câncer de mama em mulheres (BAIRD; CANN, 2011).

Já em animais, o excesso de nitrato na água pode ocasionar problemas nos ruminantes (bovinos e ovinos) e alguns monogástricos (equinos) que apresentam certas bactérias no trato digestivo que convertem nitrato em nitrito, levando a uma forma de envenenamento (RESENDE, 2002).

A PRC N°5/2017 estabelece o valor máximo de 10 mg/L para esse parâmetro, pois em concentrações maiores pode ser fatal para crianças com idades inferiores a seis meses e causar problemas na saúde dos animais (QUEIROZ, 2004).

As concentrações de nitrato durante o período amostral podem ser observados na Figura 16.

Figura 16 - Concentrações de Nitrato (mg/L) nos poços P1 e P2 em Capo-Erê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

O mês de agosto demonstrou um resultado preocupante para os dois poços. O P1 apresentou concentração acima do limite máximo estabelecido pela legislação e o P2 teve essa concentração bem próxima a máxima permitida.

Em águas subterrâneas, o nitrato é originado principalmente através da aplicação de fertilizantes nitrogenados, tanto inorgânicos, como proveniente de esterco animal (FRANCA *et al*, 2006).

Segundo Baird (2002), áreas com pouca vegetação também contribuem para um maior risco de contaminação por nitrato, que é o caso da área onde está localizado o P1 (Figura 5), cuja cobertura se dá por culturas agrícolas em alguns períodos do ano e solo exposto em outros períodos, demonstrados no mapa de uso e ocupação da terra (Figura 4).

Por outro lado, no mês seguinte as concentrações diminuíram, o que leva a entender que a contaminação do mês anterior pode ter ocorrido de forma pontual, não possibilitando um tempo suficiente para oxidação do nitrato, que pode ter ocorrido no mês seguinte.

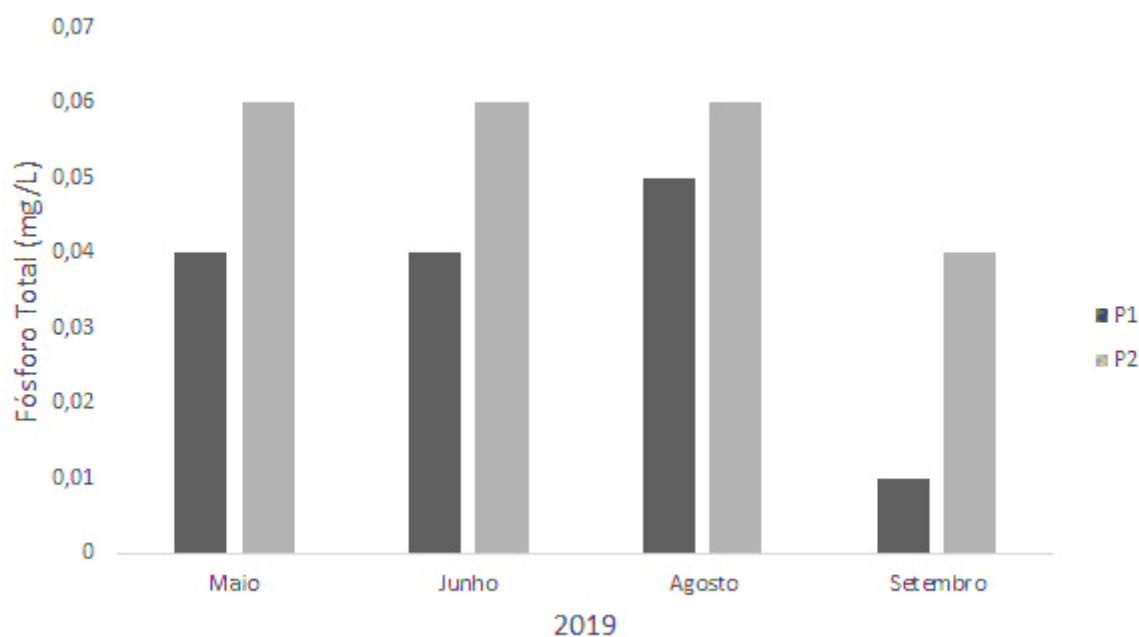
### 6.3.11 Fósforo Total

Apesar da legislação não apresentar um valor máximo para concentração de fósforo em águas subterrâneas, é um parâmetro importante a ser investigado pois sua presença em

concentrações elevadas indica contaminações derivadas de fertilizantes, detergentes, efluentes domésticos, inseticidas e pesticidas (FEITOSA; MANOEL FILHO, 2008). Em águas naturais não poluídas, as concentrações de fósforo estão entre 0,01 e 0,05 mg/L.

No presente estudo, as maiores concentrações de fósforo total foram encontradas no Poço 2 para os meses de maio, junho e agosto, como observado na Figura 17.

Figura 17 - Concentrações de Fósforo Total (mg/L) nos poços P1 e P2 em Capo-Erê/RS para os meses de maio, junho, agosto e setembro de 2019.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

### 6.3.12 Coliformes Termotolerantes

Os coliformes termotolerantes são um grupo de microrganismos indicadores de contaminação fecal que possuem capacidade de resistir a altas temperaturas e são predominantes nos intestinos de animais e humanos. A *Escherichia* é o gênero mais conhecido desse grupo e tem uma grande importância como parâmetro, uma vez que a presença dela na água indica contaminação de origem fecal (SPERLING, 2007).

De acordo com a PRC N°5/2017, para água de sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20000 habitantes, que é o caso da região do estudo, apenas uma amostra entre as examinadas no mês poderá apresentar resultado positivo para *Escherichia coli*. Sendo que para consumo humano essa concentração é a ausência em 100 mL.

Os resultados das análises durante todo o período amostral para ambos os poços foram negativos para o parâmetro de coliformes termotolerantes. Ou seja, não foi detectada presença destes microrganismos.

#### 6.4 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Com a metodologia apresentada no item 5.4, foi possível calcular o IQA para o Poço 1 e Poço 2, nos meses de maio, junho, agosto e setembro. Posteriormente, as amostras foram classificadas de acordo com o Quadro 3.

Os valores do IQA e a relativa classificação estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados do IQA e classificação.

	Maio		Junho		Agosto		Setembro	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
<b>IQA</b>	<b>78</b>	<b>84</b>	<b>78</b>	<b>78</b>	<b>75</b>	<b>76</b>	<b>71</b>	<b>68</b>
<b>Classificação</b>	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Aceitável

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

De acordo com o Quadro 3 de classificação, o Poço 2 no mês de setembro apresentou qualidade “Aceitável”. Nos demais meses para ambos os poços a qualidade foi classificada como “Boa”.

É interessante analisar que o mês de agosto apresentou dois parâmetros em desacordo com a legislação (pH e nitrato) para os dois poços e ainda assim estes apresentam um IQA mais elevado que o mês de setembro para o P2. Isso se deve ao fato de que no mês de setembro, a temperatura foi a de maior registro, a concentração de oxigênio dissolvido foi a menor e os sólidos totais apresentaram concentrações em torno de seis vezes mais elevadas, quando comparados aos registros dos demais meses. Como resultado, o peso e somatório desses fatores fizeram com que o IQA do mês de setembro ficasse abaixo dos demais meses.

Portanto, ainda que o IQA seja o método mais utilizado atualmente para classificar a qualidade das águas de uma maneira geral, é importante observar cada um dos parâmetros individualmente. Essa análise mais criteriosa permite que haja uma maior compreensão dos possíveis problemas existentes nos corpos hídricos, já que o IQA não apresenta de uma forma pontual.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No geral, o cálculo do Índice de Qualidade da Água indicou uma classe “Boa”, segundo a classificação da ANA (2014) para o estado do Rio Grande do Sul. Com exceção do Poço 2 no mês de setembro, que teve a água classificada como “Aceitável”.

Os testes físico-químicos e microbiológicos permitiram realizar uma análise mais aprofundada em relação a potabilidade dessas águas no período de estudo.

O mês de agosto apresentou dois parâmetros em desacordo com os estabelecidos na PRC Nº5/2017 para os dois poços. Os pHs apresentaram valores abaixo dos estabelecidos na legislação e o nitrato valor acima do máximo permitido para o P1 neste mesmo mês.

Neste estudo, fica evidente que a análise individual dos parâmetros permite uma visão mais específica sobre a qualidade da água dos poços, pelo fato de que o mês de agosto apresenta um IQA bom nos dois poços, mesmo com dois parâmetros em desacordo com a legislação e o mês de setembro apresenta um IQA aceitável para o P2 mesmo com todos os parâmetros em acordo com a mesma.

Uma observação importante acerca do nitrato no mês de agosto, é em relação a causa e frequência em que estas concentrações se mantenham acima das estabelecidas pela PRC Nº5/2017, já que como apresentado, o consumo da água com grandes concentrações dessa substância pode trazer consequências graves a saúde. Essa concentração elevada pode estar relacionada ao uso de fertilizantes nas áreas de lavoura combinado com a falta de cobertura no solo, como demonstrado no mapa de uso e ocupação da terra. O recomendado seria um monitoramento frequente para concluir se esta amostragem aconteceu de forma única e pontual ou se será recorrente.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília, 2015. Disponível em: <[http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura\\_informe\\_2015.pdf](http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_informe_2015.pdf)>. Acesso em: 04 set. 2020.

\_\_\_\_\_. **Indicadores de Qualidade: Índice de qualidade das águas (IQA)**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#>>. Acesso em: 01 set. 2020.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION. **76 Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington, 1998.

ARAÚJO C. F.; HIPÓLITO J. R.; WAICHMAN A. V. Avaliação da qualidade da água de poço. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, 2013; 72(1):53-8.

ARENZON, A. **Ensaio ecotoxicológico no monitoramento da qualidade de águas subterrâneas potencialmente impactadas**. 2004. 127 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Ecologia, Instituto de Biociências, Ufrgs, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5367/000469394.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 17 set. 2020.

BAHIA, V. et. al. **Caracterização da qualidade das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do utinga/belém (pa) - a partir de dados hidrogequímicos**. In: XV Congresso brasileiro de águas subterrâneas, 2008. Anais eletrônicos, Natal, 2008. 20 p. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewfile/23413/15499>>. Acesso em: 22 jun. 2020.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2ª edição. Porto Alegre: Bockman, 2002

BASTOS, R. K., BEZERRA, N. R., BEVILACQUA, P. D. **Planos de segurança da água: novos paradigmas em controle de qualidade da água para consumo humano em nítida consonância com a legislação brasileira**. 2007. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, (p. 391). Belo Horizonte.

BATALHA B. H. L., PARLATORE A. C. **Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais**. São Paulo, CETESB, 1993. 198p.

BERNARDI, L. Análise da gestão dos recursos hídricos no município de Erechim. **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM: Revista Monografias Ambientais - REMOA**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 3026-3039, mar. 2014. Disponível em: <[file:///D:/Meus%20documentos/Downloads/10944-57364-1-PB%20\(1\).pdf](file:///D:/Meus%20documentos/Downloads/10944-57364-1-PB%20(1).pdf)>. Acesso em: 29 jul. 2020.



BÖHLKE, J-K. **Groundwater recharge and agriculture contamination**. Hydrogeology Journal, v.10, p.153-79, 2002

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1988.

\_\_\_\_\_. Lei nº. 9.433, em 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº. 7.990, de 28 de dezembro de 1989**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 9 de janeiro de 1997.

\_\_\_\_\_. Portaria de Consolidação Nº 5 de 28 de setembro de 2017. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**. Publicada no DOU nº 190 de 03 de outubro de 2017. Disponível em:

<<https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

\_\_\_\_\_. Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Data da legislação: 12/12/2011 – Publicação DOU, de 14/12/2011. Disponível em:

<<http://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/PORTARIA%20No-%202.914,%20DE%2012%20DE%20DEZEMBRO%20DE%202011.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2020.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 396, de 3 de ABRIL DE 2008. **Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências**. Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>>. Acesso em: 17 set. de 2020.

DANELON, J. R. B. **Avaliação hídrica da bacia hidrográfica do Córrego do Glória, Uberlândia – MG**. 2015. 84 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2015.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos da Limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro, FINEP, 1998.

FEITOSA, A. C. F.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia - conceitos e aplicações**. 3. ed. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Editora Gráfica LCR: Rio de Janeiro, 2008. 812p.

FRANCA, R.M.; FRISCHKORN, H.. SANTOS, M.R.P.; MENDONÇA, L.A.R.; BESERRA, M.C. **Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte/CE**. Engenharia Sanitária Ambiental, 2006.

FUNASA - FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Impactos na saúde e no sistema único de saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2010. 246 p.

\_\_\_\_\_. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em**

ETAs. Brasília: Fundação Nacional da Saúde, 2014. 112 p.

\_\_\_\_\_. **Manual prático de análise de água**. 4 ed. Brasília. *Funasa*, 2013. 150 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/erechim.html>>. Acesso em: 17 set. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <[https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo\\_agro/resultadosagro/estabelecimentos.html](https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/estabelecimentos.html)>. Acesso em: 10 ago 2020.

JUSTINO, E. A. *et al.* ANÁLISE DO EFEITO DA IMPERMEABILIZAÇÃO DOS SOLOS URBANOS NA DRENAGEM DE ÁGUA PLUVIAL DO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA-MG. **Espaço em Revista**, Goiás, v. 13, n. 2, p. 16-38, Não é um mês valido! 2011. Disponível em: <<file:///D:/Meus%20documentos/Downloads/16884-Texto%20do%20artigo-70142-1-10-20120207.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2020.

LIMA, W. N.; KOBAYASHI, C. N. Sobre o quimismo predominante nas águas do sistema flúvio-estuarino de Barcarena, Pa. **Geochimica Brasiliensis**, v. 2, n.1, p.53- 71, 1988.

MENDES, B.; OLIVEIRA, J. F. S. **Qualidade da água para consumo humano**. 1.a ed. Lisboa : Lidel. 2004. (Edições técnicas).

MESTRINHO, S. S. P. Qualidade e classificação das águas subterrâneas. In: GIAMPÁ, Carlos Eduardo Quaglia; GONÇALES, Valter Galdiano (Org.). **Águas subterrâneas e poços tubulares profundos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. Cap. 14. p. 18-496.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. Águas subterrâneas: **Um recurso a ser conhecido e protegido**. Brasília, 2007. Disponível em: <[https://www.mma.gov.br/estruturas/167/\\_publicacao/167\\_publicacao28012009044356.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/167/_publicacao/167_publicacao28012009044356.pdf)>. Acesso em: 01 set. 2020.

NASCIMENTO, T. S. et al . Metemoglobinemia: do diagnóstico ao tratamento. **Rev. Bras. Anestesiol.**, Campinas , v. 58, n. 6, p. 651-664, dez. 2008 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-70942008000600011&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-70942008000600011&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 17 set. 2020.

ONU – Organização das Nações Unidas. Assembleia Geral das Nações. Resolução nº64/292 (2010).

\_\_\_\_\_. Relatório das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, 2018.

PME/PMSB – PREFEITURA MUNICIPAL DE ERECHIM. SECRETARIA DE AGRICULTURA, ABASTECIMENTO E SEGURANÇA ALIMENTAR. 2019. **Atualização Parcial do Plano Municipal de Saneamento Básico de Erechim – RS**. Disponível em: <<https://uploads.preferechim2.astrusweb.dataware.com.br/uploads/preferechim2.astrusweb.dataware.com.br/uploads/uploads/36/162c4b31e248b332a2e5e1d580231ae4.pdf>>. Acesso em 14 ago. 2020.

QUEIROZ, E.T. **Diagnóstico de águas minerais e potáveis de mesa do Brasil**. In: Anais. Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas, 13., Cuiabá, 2004. Cuiabá: ABAS, 2004.

RESENDE, Á. V. Agricultura e Qualidade da Água: **Contaminação da Água por Nitrato**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 29p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 57).

RIBEIRO, M. L. *et al.* Cenários de Contaminação da Água Subterrânea por Atividades Agrícolas. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 181-194, 13 jan. 2005. Revista Brasileira Multidisciplinar - Rebram. <http://dx.doi.org/10.25061/2527-2675/rebram/2006.v9i2.274>. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/320995083\\_Cenarios\\_de\\_Contaminacao\\_da\\_Agua\\_Subterranea\\_por\\_Atividades\\_Agricolas](https://www.researchgate.net/publication/320995083_Cenarios_de_Contaminacao_da_Agua_Subterranea_por_Atividades_Agricolas)>. Acesso em: 29 ago. 2020.

SISAQUA – SISTEMA DE ANÁLISE DE QUALIDADE DA ÁGUA. 2016. Disponível em: <<http://www.intersist.com.br/sisaqua/index.php>>. Acesso em: 12 jul 2020.

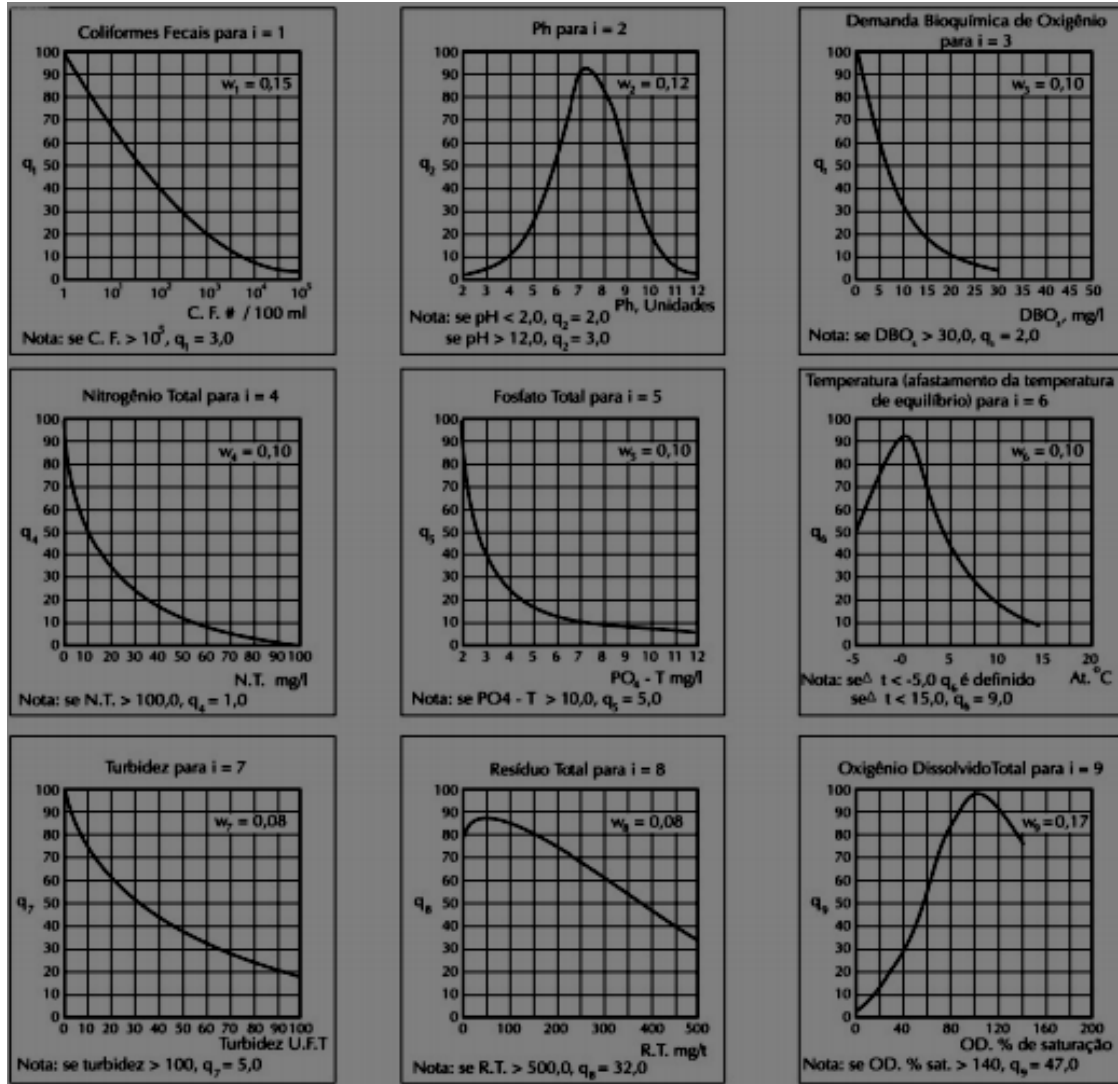
SPERLING, M. **Estudos e Modelagem da Qualidade da Água de Rios**. v.7. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. 588 p.

\_\_\_\_\_. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª ed.,v.I. Belo Horizonte, Minas Gerais: UFMG, 2005.

TELLES, D. D. (Org.). **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. São Paulo: Blücher, 2013.

## ANEXOS

ANEXO A - Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA.



Fonte: ANA (2017).