

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS COM ÊNFASE EM GESTÃO  
AMBIENTAL MARINHA E COSTEIRA**

**MÁRCIA NETO DA SILVEIRA**

**ANÁLISE QUALITATIVA SIMPLIFICADA DA CONCENTRAÇÃO DE FERRO  
NA ÁGUA SUBTERRÂNEA DO MUNICÍPIO DE OSÓRIO UTILIZADA PARA  
CONSUMO HUMANO – RIO GRANDE DO SUL – BRASIL**

**IMBÉ  
2020**

**MÁRCIA NETO DA SILVEIRA**

**ANÁLISE QUALITATIVA SIMPLIFICADA DA CONCENTRAÇÃO DE FERRO  
NA ÁGUA SUBTERRÂNEA DO MUNICÍPIO DE OSÓRIO UTILIZADA PARA  
CONSUMO HUMANO – RIO GRANDE DO SUL – BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciência Biológicas com ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira na Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Profa. Dra. Ester Wolff Loitzenbauer

**IMBÉ**

**2020**

**MÁRCIA NETO DA SILVEIRA**

**ANÁLISE QUALITATIVA SIMPLIFICADA DA CONCENTRAÇÃO DE FERRO  
NA ÁGUA SUBTERRÂNEA DO MUNICÍPIO DE OSÓRIO UTILIZADA PARA  
CONSUMO HUMANO – RIO GRANDE DO SUL – BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciência Biológicas com ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira na Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador (a): Prof<sup>a</sup>. Dra. Ester Wolff Loitzenbauer

Aprovado em \_\_/\_\_/\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Me. Anelise Huffner  
Ministério Público Estadual

---

Dr<sup>a</sup>. Cacinele Mariana da Rocha  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

Prof. Dr. Felipe Caron  
Coordenador da atividade  
Trabalho de Conclusão II – CBM

Aos examinadores,

Este trabalho está formatado segundo “HENTGES, C. S. L. *et al.* **Manual para publicação de trabalhos acadêmicos e científicos da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: UERGS, 2018. 106 p.” disponível em: <<https://uergs.edu.br/upload/arquivos/201808/06103007-manual-de-trabalhos-academicos-versao-final-publicar-em-0608.pdf>>. consulta: 06/11/2020

#### CIP - Catalogação na Publicação

Silveira, Márcia Neto da  
ANÁLISE QUALITATIVA SIMPLIFICADA DA CONCENTRAÇÃO DE FERRO NA ÁGUA SUBTERRÂNEA DO MUNICÍPIO DE OSÓRIO UTILIZADA PARA CONSUMO HUMANO - RIO GRANDE DO SUL - BRASIL / Márcia Neto da Silveira. -- 2020.  
59 f.  
Orientadora: Ester Wolff Loitzenbauer.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Curso de Ciências Biológicas: Gestão Ambiental Marinha e Costeira, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Kit analítico simplificado. 2. Poço ponteira. 3. Potabilidade. 4. Rede de abastecimento. 5. Concentração de ferro. I. Loitzenbauer, Ester Wolff, orient. II. Título.

## AGRADECIMENTOS

Andar é indiscutivelmente praticável, mas andar acompanhada é que me faz mais feliz, mais plena. Para tanto, começo agradecendo minha companheira de estrada, Fernanda, que me inseriu neste caminho, sinuoso, cheio de obstáculos porém repleto de belas paisagens, e aos nossos filhos, Pedro, Gabriel e Leonardo, que embarcaram nessa, conosco, mesmo passivamente, mas não sem ter que abrir mão da nossa presença, em muitos momentos, física (aulas e campos maravilhosos) ou espiritual (adentrando o mundo de Nárnia para estudo das provas, infinitos seminários, projeto e por fim, trabalho de conclusão). Vocês sempre foram compreensivos. Amo-os! Gratidão, sempre.

Sou grata a minha família, mães (Clarinda e Lorena) e pais (Ivo e Manoel), sem os quais este agradecimento e trabalho não existiriam; irmãs (Astir, Liége, Camila, Janete, Patrícia e Fabiana) e irmãos (Janquiel, Ronaldo e Henrique) que nos empurram adiante, embalam, acolhem, suportam, amam; aos sobrinhos amados que recheiam nossas vidas (Douglas, Carolina, Gabriela, Eduardo, Bruna, Raul, Samuel, Rafael, Sofia, Joaquim, Teodoro, Tomás, Raiana, Benício). Amo-os!

Gratidão, também, àqueles que foram surgindo ao longo da jornada e se estabeleceram em minha vida, com presença marcada por momentos inesquecíveis que suavizaram o caminhar (Dú, Cris, Kênia, Suzi, Marcon, Grazi, Pri, Ingridi, Kris, Léo, entre tantos). Amo-os! Carrego vocês por onde eu vou!

Aos mestres, com muito carinho, obrigada por existirem e deixarem em mim uma parte de vocês, e pelas boas lembranças dos momentos compartilhados que carregarei: Ênio Lupischinski, Juçara Bordini, Daiana Mafessoni, Ayup Zoan, Maria Luiza, Gabrielli Marcon, Lisiane Acosta, João Prado, Geraldo Gonçalves, Jorge Waechter, Nelson Gruber, Gabriela Rockett, Gerson Fernandino, ... Gratidão!

Aos meus colegas de trabalho e de vida Marcinha e Dênis. Gratidão é o mínimo que posso expressar por vocês. Amo-os.

Sou imensamente grata a professora Ester Wolff Loitzenbauer que com sua calma e tranquilidade aceitou o desafio de ser minha orientadora, comprando a ideia deste trabalho sem pestanejar, contribuindo com seu conhecimento. Agradeço imensamente pela paciência e compreensão disponibilizadas. Gratidão, gratidão, gratidão!

Agradeço, por fim, a oportunidade fornecida pelas Instituições, de excelente ensino e pessoas, UFRGS e UERGS, que possibilitaram que tudo acontecesse, com seus espaços, ferramentas, instrumentos, equipamentos e funcionários. Sou grata!

*A vida é uns deveres que nós trouxemos para  
fazer em casa.*

*Quando se vê, já são 6 horas: há tempo...*

*Quando se vê, já é 6ª-feira...*

*Quando se vê, passaram 60 anos!*

*Agora, é tarde demais para ser reprovado...*

*E se me dessem – um dia – uma outra  
oportunidade, eu nem olhava o relógio seguia  
sempre em frente...*

*E iria jogando pelo caminho a casca dourada e  
inútil das horas.*

Mário Quintana

## RESUMO

Por se apresentar solubilizado, o ferro muitas vezes não é percebido em águas naturais, como as subterrâneas. A partir do momento que há o contato do ferro em sua forma ferrosa com o ar atmosférico ele oxida, formando precipitados insolúveis que dão coloração de ferrugem para a água. Estas águas, quando utilizadas sem algum tratamento, podem causar tanto danos materiais pelo aparecimento de manchas ferruginosas e incrustações por onde circulam ao longo do tempo, quanto danos à saúde e ao bem estar de quem as utiliza. O kit analítico simplificado (Baumgarten *et al.*, 2014) aplicado neste estudo tem por objetivo verificar se as concentrações de ferro em residências que captam água subterrânea por poços do tipo ponteira no município de Osório estão acima do valor máximo permitido pela legislação. Das 25 residências analisadas, 24% apresentaram concentração de ferro acima do valor máximo permitido pela Portaria da Consolidação nº 05/2017, do Ministério da Saúde, que estipula que o ferro em águas para consumo não ultrapasse concentrações de 0,3 mg/L. A avaliação do pH demonstrou que apenas quatro pontos de coleta apresentaram valores dentro do que recomenda a legislação (de 6,0 a 9,5) durante todos os períodos amostrados, sendo assim 84% das águas consumidas foram levemente ácidas a ácidas. A condutividade elétrica se manteve baixa ao longo das coletas, com valores que variaram entre 38 e 236  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , condizente com o encontrado em trabalhos para a região. Os pontos amostrados que tiveram concentração de ferro acima de 0,3 mg/L estão localizadas em dois bairros do município. Ambos próximo a áreas de banhado, ricos em matéria orgânica, e utilizados para atividades agropastoris, o que pode indicar uma influência sobre as águas subterrâneas consumidas. O aquífero onde o município se encontra é pouco profundo, localizado em sedimentos arenosos, mais suscetível a contaminação. Contudo, lentes de material argiloso criam condições para ocorrência de aquíferos semiconfinados, mais protegidos que aquíferos livres, contra eventuais contaminantes. Os pontos com elevadas concentrações de ferro podem estar relacionados a poços perfurados em aquíferos mais rasos. Durante este estudo foi possível avaliar as concentrações de ferro, bem como compartilhar os resultados obtidos e sugerir medidas para melhoria da qualidade da água consumida pela população local.

**Palavras-chave:** Kit analítico simplificado. Poço ponteira. Potabilidade. Rede de abastecimento.



## ABSTRACT

Iron, due to solubilization, is often not perceived in natural waters, such as groundwater. From the moment that iron, in the ferrous form, contacts the air, it oxidizes, forming insoluble precipitates that give rust color to the water. These waters, when used without any treatment, can cause both material damage, by the appearance of rust stains and incrustations where they circulate over time, and damage to the health and well being of those who drink them. This study applies the simplified analytical kit (Baumgarten *et al.*, 2014) to verify whether the iron concentrations in houses that capture groundwater through tip-type wells in the municipality of Osório are above the maximum value allowed by legislation. The water analyzes were carried out in 25 residences. The results showed that 24% of the houses had iron concentration above the maximum allowed by Consolidation Ordinance No. 05/2017, of the Ministry of Health, which stipulates that iron in drinking water does not exceed concentrations of 0.3mg / L. The pH evaluation showed that only four points showed values within the recommended by law (from 6.0 to 9.5) during all sampled periods, so 84% of the water consumed was slightly acidic to acidic. The electrical conductivity remained low throughout the collections, with values that varied between 38 and 236  $\mu\text{S} / \text{cm}$ , consistent with that found in studies for the region. The sampled points that had an iron concentration above 0.3 mg / L are located in two districts of the municipality. Both are close to wetlands, rich in organic matter, and used for agricultural activities, which may indicate an influence on the consumed groundwater. The aquifer where the municipality is located is freatic, located in sandy sediments, more susceptible to contamination. However, clay lenses create conditions for the occurrence of semiconfined aquifers, more protected than free aquifers, against possible contaminants. The high iron concentrations may be linked to wells drilled in more shallower aquifers. During this study it was possible to assess iron concentrations, as well as share the results and suggest measures to improve the quality of the water consumed by the local population.

**Keywords:** Simplified analytical kit. Well Tip. Potability. Water Supply Network.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
1.1	OBJETIVOS	10
1.1.1	Objetivo Geral	10
1.1.2	Objetivos Específicos	11
1.1.3	Justificativa	11
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>13</b>
2.1	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	13
2.2	FERRO E OS TIPOS DE SOLOS E AQUÍFEROS	17
2.3	FERRO E SEU EXCESSO NA ÁGUA PARA ABASTECIMENTO	24
2.4	FERRO NA LEGISLAÇÃO	26
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>30</b>
3.1	ÁREA DE ESTUDO	30
3.2	AMOSTRAGENS	31
3.3	ANÁLISE DOS PARÂMETROS	34
3.4	KIT ANALÍTICO SIMPLIFICADO	35
<b>4</b>	<b>RESULTADOS e discussão</b>	<b>39</b>
4.1	TEMPERATURA	40
4.2	PH	41
4.3	CONDUTIVIDADE	43
4.4	FERRO	44
4.5	RELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS	53
4.6	ORIENTAÇÕES AOS MORADORES	53
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>55</b>
	REFERÊNCIAS	56

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais importantes em nosso planeta, e insubstituível, sendo fundamental para a existência e sobrevivência de todas as espécies (BARRETO e GARCIA, 2010).

A ausência de uma rede de abastecimento hídrico, em algumas localidades, impõe aos moradores a busca por alternativas para suprir a carência trazida pela falta de abastecimento público (BAUMGARTEN *et al.*, 2017; SOARES, 2016).

Uma das alternativas mais eficientes, para a região costeira do RS, que permite solucionar tal problema de forma rápida e menos onerosa, é a perfuração de poços do tipo ponteira que permitem a captação de águas em profundidades de perfuração de aproximadamente 20 metros (REGINATO *et al.*, 2017).

Entre os parâmetros importantes para a potabilidade da água está a concentração de ferro. É comum águas subterrâneas possuírem teores naturais de ferro acima dos padrões de potabilidade em decorrência da origem do sedimento a que estão associadas (MELO *et al.*, 2008). Sabendo que o consumo de água com excesso de ferro pode causar danos à saúde e ao bem-estar humano, é importante a análise das águas captadas por poços ponteira, utilizadas para consumo humano.

Desta forma, o presente trabalho propõe uma análise qualitativa do ferro dissolvido em águas subterrâneas captadas por poços do tipo ponteira do município de Osório, utilizadas para consumo humano, tendo como ferramenta de análise o Kit Analítico Simplificado (BAUMGARTEN *et al.*, 2014), que permite identificar *in situ*, por colorimetria visual, os níveis de ferro destas águas. Os resultados obtidos são apresentados para os moradores residentes participantes da coleta junto com uma proposta de solução simples para contornar o problema no caso de amostras que ultrapassem o valor máximo permitido pela legislação.

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.1 Objetivo Geral

Verificar as concentrações de ferro na água subterrânea que é utilizada para consumo humano, captada por poços do tipo ponteira no município de Osório.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Coletar amostras de água subterrânea captadas por poços do tipo ponteira em pontos distribuídos dentro do município de Osório.

Avaliar qualitativamente os níveis de ferro, para cada amostra coletada, através do uso do Kit Analítico Simplificado.

Apresentar o resultado obtido para os moradores residentes participantes da coleta, propondo uma solução simples para contornar o problema.

### 1.1.3 Justificativa

O adensamento populacional a que está submetida a região litorânea do norte do Rio Grande do Sul leva a uma demanda por água potável acima da capacidade instalada do sistema público de abastecimento. Desta forma, em localidades não abastecidas pelo sistema, a perfuração de poços do tipo ponteira é a solução prática na aquisição de água para consumo humano. Quando a água destes poços não é submetida a análises periódicas para confronto com os padrões de potabilidade, este recurso pode se tornar um problema àqueles que o utilizarem, causando, além de danos materiais, danos também a saúde do consumidor.

O lençol freático sob o qual o município de Osório se encontra é pouco profundo, podendo ser alcançado com perfurações de 0,5 a 30 metros, sendo o mais comum perfurações entre 10 e 20 metros, que captam água dos aquíferos granulares livres, em sua grande maioria (REGINATO *et al.*, 2017).

Segundo o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS, 2020), da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), o estado do Rio Grande do Sul contabiliza, atualmente, 18.518 poços registrados e o município de Osório conta com o registro de 116 poços, em sua base de dados. Porém estes dados podem estar subestimados em decorrência da quantidade de poços que não são cadastrados.

Em estudo realizado no Litoral Norte do estado, Troian *et al.* (2014) observaram teores de ferro acima do valor máximo estabelecido pela Resolução nº 396/2008 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), no Sistema Aquífero Quaternário Costeiro (SAQC).

A presença de ferro em águas subterrâneas pode estar associada à litologia local que é determinante na composição química dos aquíferos, sendo o ferro um parâmetro importante a ser avaliado dentro do padrão organoléptico de potabilidade, segundo a Portaria de Consolidação nº 05/2017, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), uma vez que tanto a insuficiência quanto seu excesso podem causar distúrbios à saúde humana.

O presente trabalho vem para verificar se a concentração de ferro em poços utilizados para abastecimento público sem nenhum tipo de tratamento localizados sob os Sistema Aquífero Quaternário Costeiro no município de Osório, aquífero com indícios de concentrações altas de ferro na água, está acima do valor máximo permitido pela Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017). Então, o resultado poderá ser utilizado para verificar a necessidade de ampliação do sistema público de abastecimento de água.

Visto que, com a metodologia empregada, o resultado é expresso no próprio local da coleta, pode ser útil também para ampliar o conhecimento da população acerca da qualidade da água consumida.

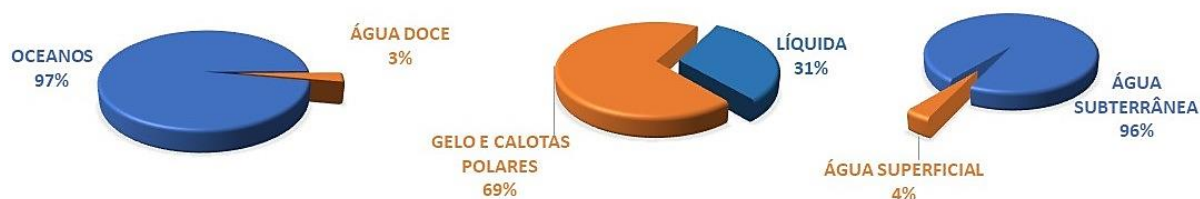
## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 396/2008 (BRASIL, 2008) define águas subterrâneas como sendo aquelas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo, resultantes, como explica Rebouças (2008), principalmente da infiltração nos terrenos onde foram esculpidas as respectivas bacias hidrográficas de parcela das águas precipitadas da atmosfera na forma de chuva, neblina ou neve. Silveira *et al.* (1997) descrevem a infiltração como sendo a passagem de água superficial para o interior do solo, processo este dependente da água disponível para infiltrar, da natureza do solo, do estado da sua superfície e das quantidades de água e ar presentes no seu interior.

Rebouças (2002) estima que 97,5% do volume total de água da Terra formam oceanos e mares restando somente 2,5% de água doce. Deste pequeno percentual, 68,9% formam as calotas polares, as geleiras e neves eternas que cobrem o cume das montanhas mais altas da Terra, 29,9% constituem as águas subterrâneas, 0,9% representam a umidade do solo e 0,3% compõe a água doce de rios e lagos (Figura 1).

Figura 1 - Distribuição aproximada das águas na Terra, em percentuais.

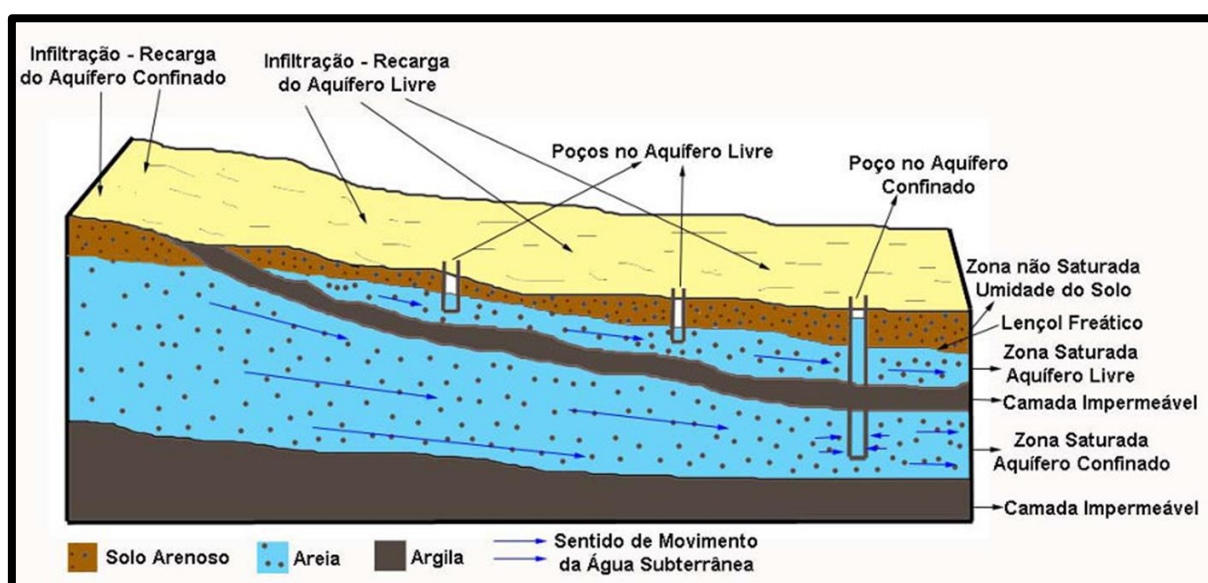


Fonte: Adaptado de Rebouças *et al.* (2002).

Dentro desta estimativa, Rebouças (2008) reafirma que, o manancial subterrâneo constitui o maior volume de água doce que ocorre na Terra na forma líquida, da ordem de 10,3 milhões de km<sup>3</sup>, enquanto rios e lagos acumulam cerca de 104 mil km<sup>3</sup>, representando uma alternativa segura e barata de abastecimento, atuando de forma integral, complementar ou estratégica de atendimento das demandas.

As águas subterrâneas ocupam espaços vazios (poros) existentes em sedimentos ou rochas, podendo saturá-los ou não dependendo da formação geológica local. Quando a formação geológica ou um grupo destas está saturada de água em seus espaços e há uma movimentação natural e em quantidades significativas da mesma, este sistema hidrogeológico é denominado de aquífero (CAICEDO, 1997). Caicedo (1997) também identifica que, de acordo com a proporção dos espaços ocupados por água formam-se zonas de umidades que podem estar saturadas, onde todos os espaços vazios estão completamente preenchidos por água, ou zona de aeração (não saturada), onde os espaços estão ocupados por água e ar (ou vapor de água). Quanto à classificação dos aquíferos estes podem ser confinados e não confinados (livre) (CAICEDO, 1997). Aquíferos livres estão próximos à superfície, tendo influência direta da pressão atmosférica sob suas águas, já os aquíferos confinados estão limitados por camadas impermeáveis, impondo à água que nele se encontra uma pressão maior do que a atmosférica (Figura 2). Quando poços confinados são perfurados, o nível estático (nível de água no poço) sobe, podendo chegar até a superfície, conforme observam Reginato *et al.* (2017).

Figura 2 - Representação esquemática dos tipos de aquíferos.



Fonte: Modificado de Shäfer *et al.* (2013).

Conforme o mapa hidrogeológico do Rio Grande do Sul (MACHADO; FREITAS, 2005), o município de Osório abrange três grandes sistemas aquíferos: o

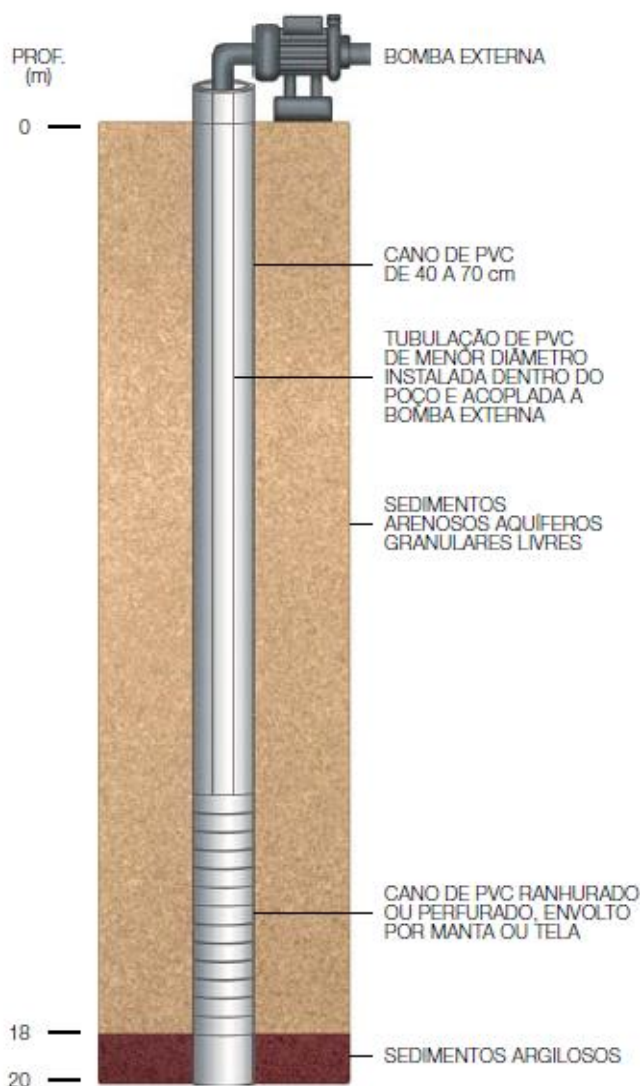
Sistema Aquífero Quaternário Costeiro (SAQC), Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) e Sistema Aquífero Guarani (SAG). O Sistema Aquífero Quaternário Costeiro, subdividido em Sistema Aquífero Quaternário Costeiro I e II (SAQCI e SAQCII), é o principal recurso hídrico do município, localizado em sedimentos arenosos de característica livre ou confinado (REGINATO *et al.*, 2017).

A captação das águas subterrâneas no município, se dá através da perfuração de poços do tipo ponteira, tubular, cacimba ou escavado. Os poços do tipo ponteira são muito utilizados para captação de águas superficiais de aquíferos freáticos (livres). Estes são de baixo custo e, após a instalação, que leva algumas horas apenas, o uso é imediato, utilizando para isso um motor bomba acoplado ao cano de PVC que penetra o solo até o nível de água fazendo a elevação da mesma até a residência. No metro final, o cano se encontra perfurado e revestido por uma tela fina que serve como elemento filtrante. Reginato *et al.* (2017) descrevem, também, que a perfuração deste tipo de poço na região é muito comum, sendo que facilmente se atinge o lençol freático, com perfurações entre 10 e 30 metros, e que 60% dos poços do município, conforme os autores, estão entre 15 e 20 metros de profundidade, com o nível estático (nível de água no interior do poço) geralmente inferior a 5 metros. As camadas de sedimento perfuradas são compostas, comumente, por areia fina (Figura 3).

Os aquíferos livre ou não confinados e semiconfinados são mais sujeitos à contaminação por receberem diretamente a carga lixiviada de contaminantes que possam estar em solo, oriundos de atividades antrópicas ou animais que, localizados na superfície, impactam diretamente estes aquíferos. O tipo de solo sobre o aquífero também lhe trará características químicas decorrentes da composição do sedimento que está sendo percolado, pois a água, por ser um solvente natural, carregará, consigo, boa parte dos minerais constituintes deste solo ao precipitar sobre este. Aquíferos livres e pouco profundos são, por conseguinte, mais expostos a contaminação seja ela natural ou antrópica (FOSTER *et al.*, 2002).



Figura 3 - Perfil esquemático de um poço do tipo ponteira.



Fonte: Modificado de Reginato *et al.* (2017).

Comumente, em residências desassistidas pela rede pública de abastecimento há também a inoperância e até mesmo a inexistência de um sistema de esgotamento sanitário o que impõe aos residentes a construção de um sistema de tanque séptico para o tratamento do esgoto doméstico. A construção deste sistema deve atender a NBR nº 7229/1993 (ABNT, 1993), onde se observa que a distância regulamentar entre o sistema de tanques sépticos e o poço freático não deve ser inferior a 15 metros a fim de evitar contaminação da água consumida.

Troian *et al.* (2014) observam que muitas das residências não abastecidas pelo sistema público e sem rede de esgotamento pública e que captam água do SAQC, não obedecem a norma tanto no que diz respeito à construção dos sistema

tanque séptico quanto a distância que deve ser observada entre a fossa séptica e o poço. O adensamento da região litorânea acaba por comprometer a qualidade da água subterrânea, pois onde não há uma rede pública de abastecimento e coleta por rede pública de esgoto, as soluções individuais passam a ser utilizadas com pouco ou nenhum controle de construção.

## 2.2 FERRO E OS TIPOS DE SOLOS E AQUÍFEROS

Segundo Reginato *et al.* (2017), água subterrânea é a que está presente no subsolo, que infiltra pelos poros da superfície, preenchendo espaços vazios em sedimentos ou rochas e quando saturada é denominada aquífero.

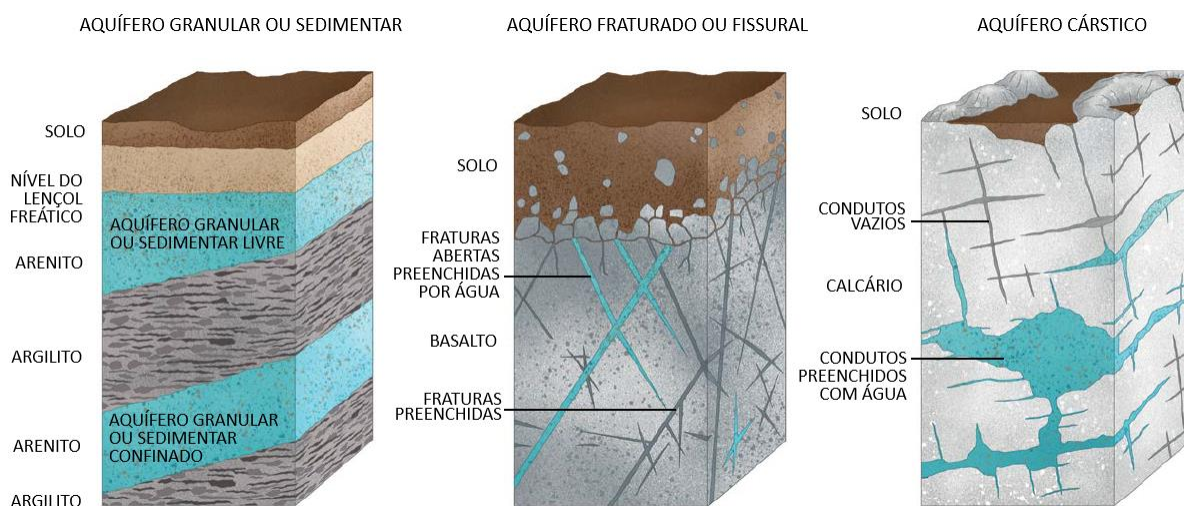
A Resolução CONAMA nº 396 (BRASIL, 2008) define aquífero como “*Corpo hidrogeológico com capacidade para acumular e transmitir água através de seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos*”.

De acordo com os tipos de porosidade apresentadas pelas rochas e sedimentos os aquíferos podem ser classificados em: granulares ou sedimentares, que apresentam porosidade primária intergranular, representada pelos espaços formados entre os grãos de minerais ou rocha, sendo estes localizados em sedimentos e rochas sedimentares; fraturados ou fissurais, que apresentam porosidade por fraturas, sendo estes aquíferos localizados em rochas ígneas intrusivas (granitos) e vulcânicas (basaltos), e também em rochas metamórficas (gnaises, xistos, entre outras); e cársticos, que apresentam porosidade por condutos ou vazios, gerados pela dissolução de rochas calcárias, conforme relata Reginato *et al.* (2017) (Figura 4).

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) é uma sobreposição de depósitos sedimentares recente, oriundos de processos erosivos das terras altas adjacentes, que se desenvolveu ao longo dos últimos 400.000 anos, formando o pacote de sedimentos mais superficial da Bacia de Pelotas, e formada por eventos transgressivos-regressivos da linha de costa que se ajustava às oscilações oceânicas decorrentes de períodos interglaciais (TOMAZELLI e VILLWOCK, 2000). Reginato *et al.* (2017) apontam que a geologia do município de Osório é constituída de rochas sedimentares (arenitos Formação Botucatu), rochas ígneas vulcânicas (basaltos da Formação Serra Geral) e por depósitos sedimentares (Sistemas

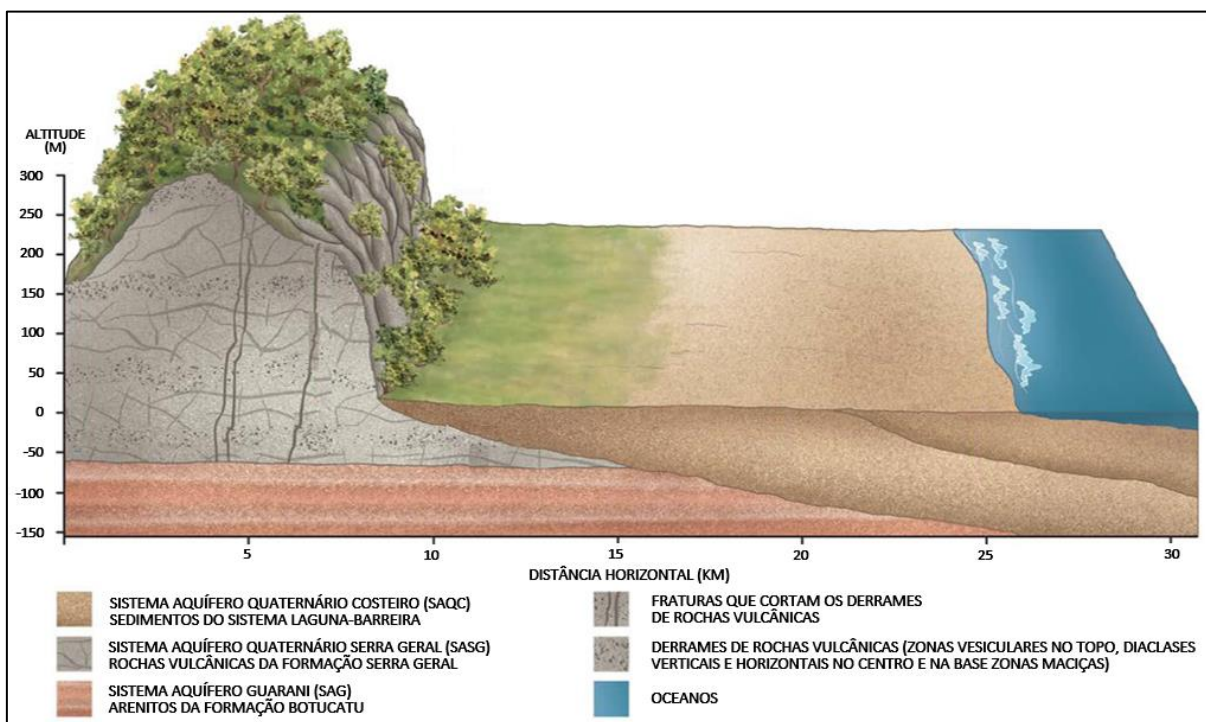
Laguna-Barreira II, III e IV) (Figura 5), caracterizada em sua grande parte por sedimentos arenosos, silticos e argilosos, com ou sem presença de matéria orgânica associada.

Figura 4 - Classificação dos aquíferos de acordo com o tipo de porosidade da rocha.



Fonte: Modificada de Reginato *et al.* (2017).

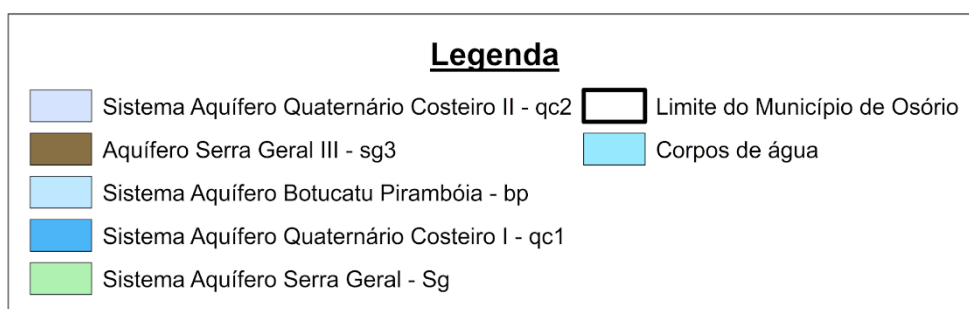
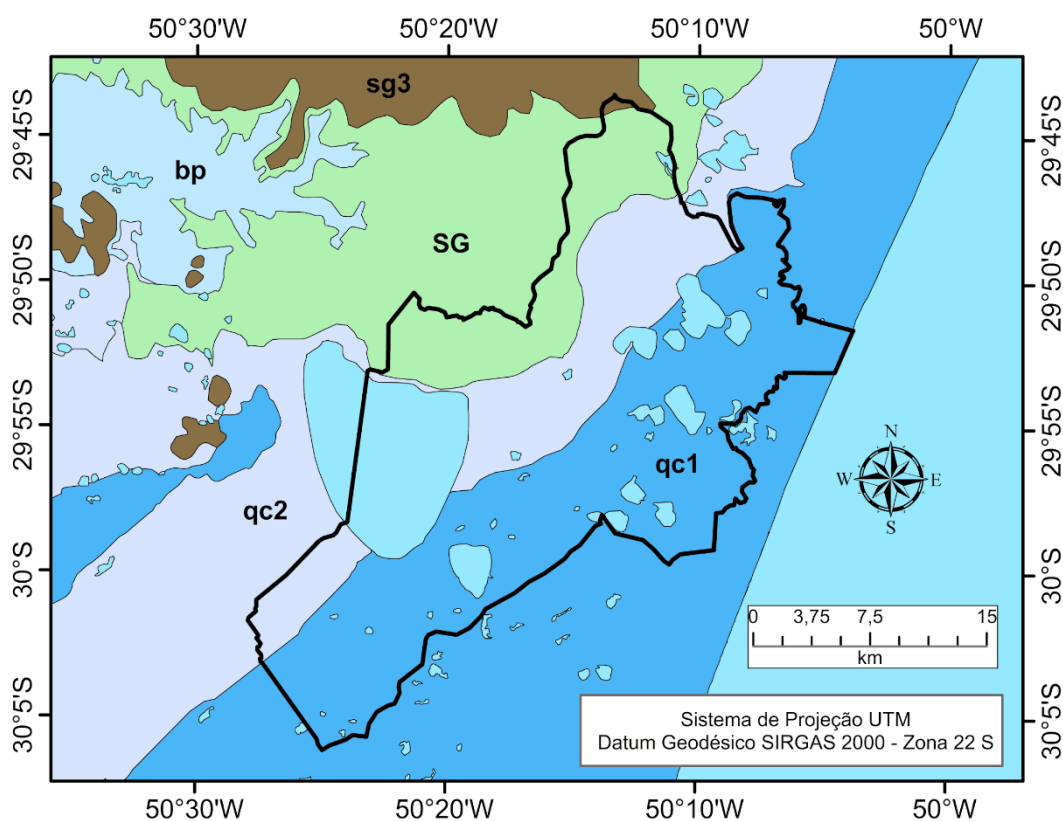
Figura 5 - Perfil esquemático de representação da ocorrência dos três sistemas aquíferos.



Fonte: Modificada de Reginato *et al.* (2017).

As águas subterrâneas que ocorrem no município de Osório, região norte da PCRS, pertencem ao Sistema Aquífero Guarani (SAG), Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) e Sistema Aquífero Quaternário Costeiro (SAQC) (Figura 6), sendo este último importante reservatório de água subterrânea para o litoral do Rio Grande do Sul. De porosidade intergranular, e comportamento livre, semiconfinado ou confinado, o SAQC está associado a diferentes camadas sedimentares da PCRS (SOARES, 2016).

Figura 6 - Mapa hidrogeológico da região onde está inserida a área de estudo.



Fonte: Autora (2020).

Conforme a água percola o solo, elementos são carregados associados ao sedimento. A princípio, a água tende a aumentar concentrações de substâncias dissolvidas à medida que se desloca lentamente nos diferentes aquíferos (SANTOS, 2008). Desta forma, o ferro presente em águas naturais é resultado da interação da água com o solo (BARROS, 2001). Melo *et al.* (2008) indicam ainda que a presença de ferro em águas naturais é bastante comum, por serem estes constituintes naturais do solo e das rochas, compondo 6% da massa da crosta terrestre (PRESS, 2006). Os principais minerais portadores de ferro são os minerais ferromagnesianos, componentes dos diversos litotipos ou de solos lateríticos, tais como piroxênios, olivinas e biotita. Nos arenitos e nos folhelhos, os óxidos, os carbonatos e os hidróxidos de ferro constituem, muitas vezes, o material de cimentação, segundo Santos (2008).

As formações litológicas da região onde o município de Osório está inserido são apresentadas na Figura 7.

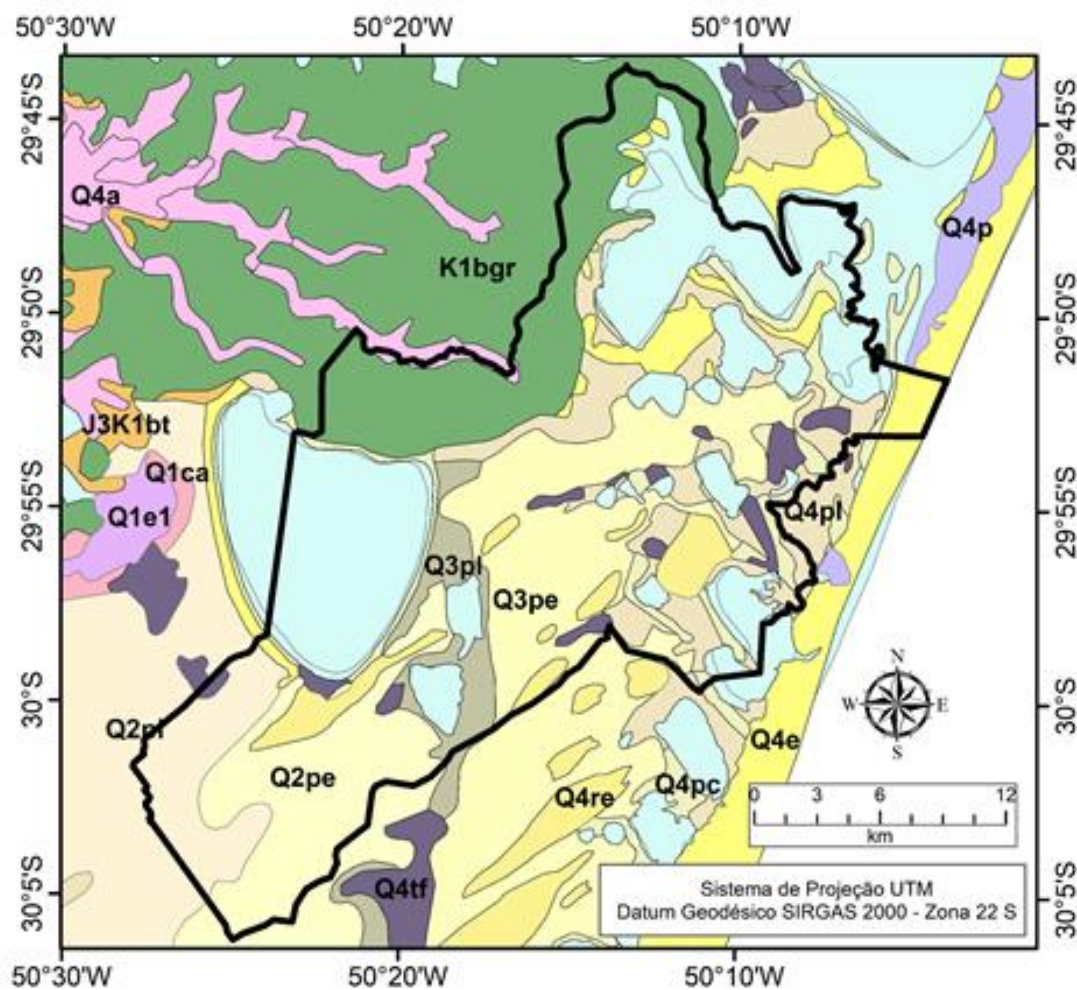
A água, por ser um solvente, concentra substâncias na forma de sólidos suspensos, colóides e íons em solução. Interações iônicas podem aumentar ou diminuir concentrações dos elementos dissolvidos em água ou aumentar a precipitação destes elementos, quando estes alcançarem os limites de saturação ou por mudanças de pH e de Eh (potencial oxi-redutor) do meio (MESTRINHO, 2008).

Substâncias dissolvidas, em sua grande maioria, são encontradas no estado iônico (cátions e ânions) em águas subterrâneas (SANTOS, 2008) e em quase todas há ocorrência de ferro, geralmente em baixos teores ( $< 0,3$  mg/L), e sob diversas formas químicas, porém ele ocorre predominantemente como hidróxido férrico  $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$  (forma ionizada  $\text{Fe}^{3+}$ ) e hidróxido ferroso  $[\text{Fe}(\text{OH})_2]$  (forma ionizada  $\text{Fe}^{2+}$ ). Quando na presença do oxigênio atmosférico o ferro ferroso, que é mais instável, muda para o estado férrico (CUSTODIO; LLAMAS, 1983 *apud* SANTOS, 2008), passando do estado reduzido ao estado oxidado, precipitando, ocasionando o aparecimento de manchas avermelhadas encontradas em bombas que extraem águas subterrâneas ou nas paredes dos poços (MESTRINHO, 2008).

Em geral, o limite das condições oxidantes no subsolo corresponde à zona de variação do nível do lençol freático e a profundidade desta zona depende das condições climáticas e geológicas. Águas ricas em oxigênio podem penetrar através das fendas e fissuras das rochas e alcançar maiores profundidades. Nas zonas de

variação do nível freático, condições oxidantes e redutoras podem ser alternadas em função de estações secas e chuvosas. Estas mudanças são relativamente rápidas e se traduzem por variações também abruptas na composição das águas subterrâneas, especialmente na concentração de sulfatos (MESTRINHO, 2008).

Figura 7- Mapa geológico com indicação da litologia associada, compreendendo a área de estudo.



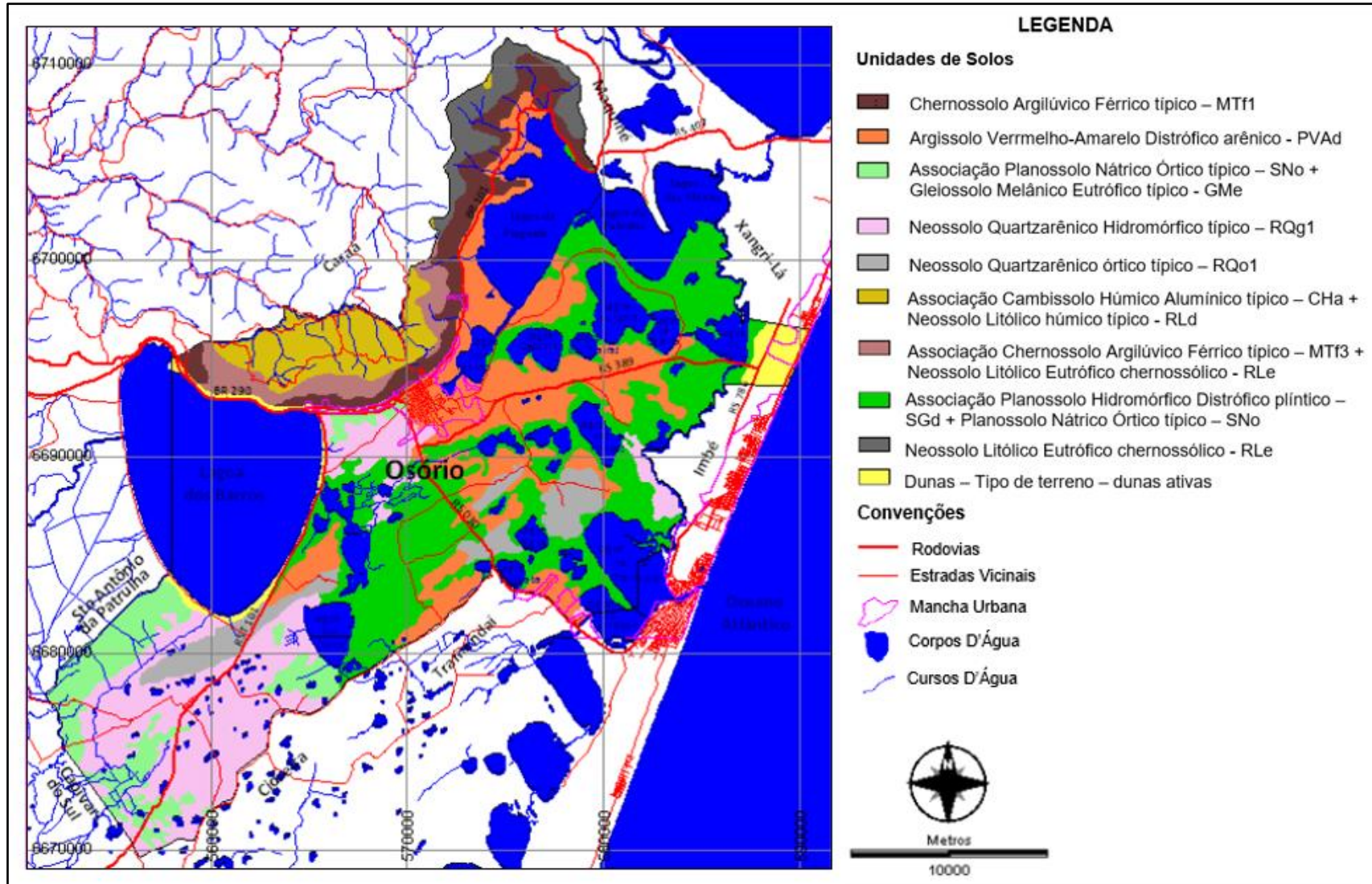
Fonte: Autora (2020).

Para Santos (2008), os processos e fatores que influem na evolução da qualidade das águas subterrâneas podem ser intrínsecos e extrínsecos ao aquífero, uma vez que a água subterrânea tende a aumentar concentrações de substâncias dissolvidas à medida que se desloca lentamente nos diferentes aquíferos. No entanto, clima, composição da água de recarga, tempo de contato água/meio físico, litologias atravessadas, além da contaminação antrópica são, também, fatores que interferem na sua qualidade.

O solo do município de Osório tem sua origem pela evolução do sistema deposicional Laguna-Barreira II, III e IV (TOMAZELLI e VILLWOCK, 2000), onde predominam Argissolos (solos com presença de argila em horizonte subsuperficial), Gleissolos (massa de solo pastosa, forte presença de água (hidromórfico)), Planossolos (solos planificados, de relevo horizontal, desenvolvidos com encharcamento (hidromórficos)), Neossolos (solos novos, em início de formação, de pouco desenvolvimento), Chernossolos (solos escuros, ricos em matéria orgânica, com alta fertilidade química), Cambissolos (solos em processo inicial de formação/transformação) e solos Quartzarênicos (solos de composição essencialmente quartzosa, podendo ser Hidromórficos, com ocorrência de lençol freático elevado ou Órticos, solos que variam de bem a excessivamente drenados) (SILVA, 2011; MELLO e CASTRO, 2019) (Figura 8). Organossolos (solos turfosos, mal drenados, ocorrem em depressões no terreno, são muito ácidos e rico em matéria orgânica, associados à vegetação de banhado), também são encontrados em algumas áreas do município (MELLO e CASTRO, 2019).

Conforme o mapeamento de solos do município de Osório (SILVA, 2011), as coletas ocorreram predominantemente sobre duas unidades de solo, que são: Associação Planossolo Hidromórfico Distrófico plíntico + Planossolo Nátrico Órtico típico e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico arênico. A característica plíntico se dá pela presença de material com teores elevados de ferro associado a outros elementos como argila e quartzo.

Figura 8 - Mapa dos solos do município de Osório.



Fonte: Modificada de Silva (2011).



## 2.3 FERRO E SEU EXCESSO NA ÁGUA PARA ABASTECIMENTO

Elevadas concentrações de ferro em águas subterrâneas utilizadas para consumo humano podem causar danos tanto materiais quanto à saúde (PRÁ, 2008).

O ferro é um micronutriente essencial, ou elemento-traço, assim como outros minerais, e deve fazer parte da dieta e nutrição dos organismos vivos (BARRETT *et al.*, 2014). Por ser um micronutriente essencial para todas as formas de vida o ferro pode ser assimilado em sua forma heme ou inorgânica (ARIGONY, 2013). Constitui o átomo ligante de oxigênio na hemoglobina e mioglobina, atuando, também, como componente de enzimas no transporte de elétrons (SADAVA *et al.*, 2009). É mais facilmente absorvido no estado ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ), porém boa parte do ferro alimentar encontra-se na forma férrica ( $\text{Fe}^{3+}$ ). A quantidade absorvida pelo organismo equivale as perdas que variam entre 3 a 6% do total ingerido. A necessidade diária de ingestão de ferro, variável de acordo com sexo, idade e condição fisiológica, é de aproximadamente 20 mg, sendo as perdas insignificantes e a velocidade da absorção intestinal ser regulada de acordo com os estoques corporais (BARRETT *et al.*, 2014). Sua deficiência, no corpo humano, causa anemia e seu acúmulo pode afetar tecidos desencadeando hemocromatose, síndrome caracterizada por pigmentação de pele, lesão pancreática, cirrose hepática, alta incidência de carcinoma do fígado e atrofia das gônadas. A hemocromatose pode ser hereditária ou adquirida, esta última desencadeada por sobrecarga do sistema regulador devido a destruição crônica de hemácias, doença hepática, ou transfusões repetidas como tratamento de anemias intratáveis (BARRETT *et al.*, 2014).

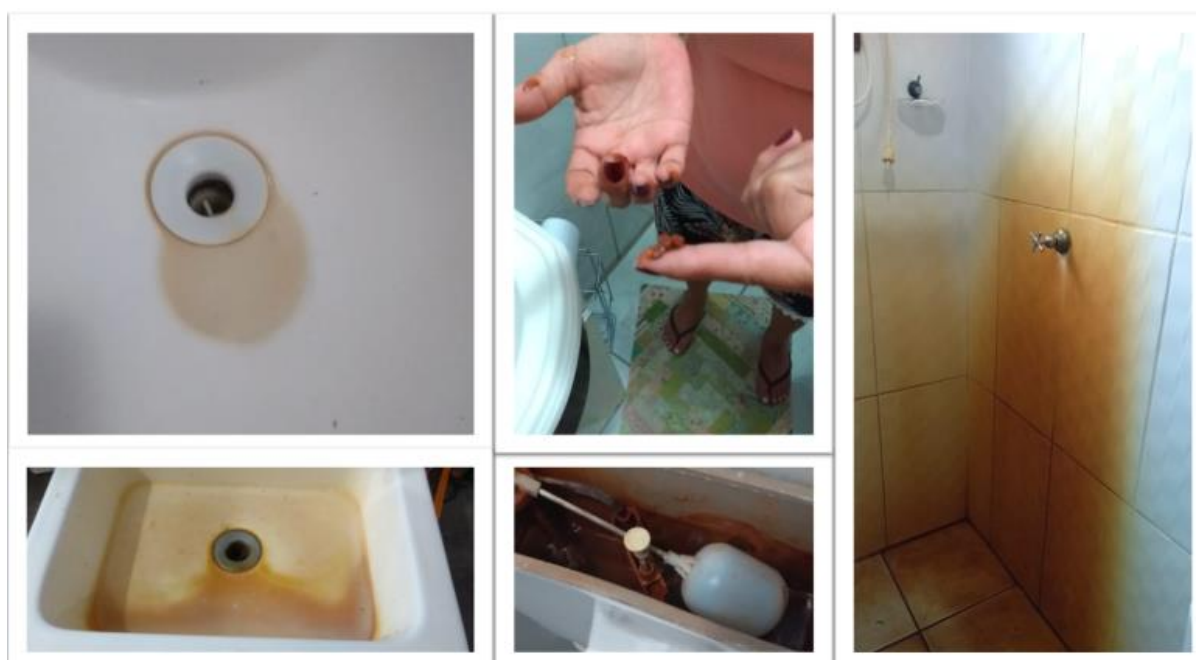
A biodisponibilidade de substâncias, tais como os metais, sob diversas formas físico-químicas (íons livres, formas orgânicas e inorgânicas complexadas ou partículas) podem ser incorporadas e acumuladas na biomassa. A bioacumulação pode ocorrer tanto de forma passiva como ativa; a passiva é pela deposição e absorção da pele ou pelas guelras de peixes, por exemplo; a ativa ocorre pela ingestão, passando pelo trato digestivo (ROCHA *et al.*, 2009). Conforme Rocha *et al.* (2009) a biodisponibilidade de íons livre na água é influenciada pela dureza, salinidade e pH.

No caso da toxicidade em humanos, que também podem bioacumular metais como o ferro, quantidades elevadas de ferro no organismo são relacionadas

a diversas condições patológicas, tais como (PRÁ, 2008): doenças hepáticas e cardíacas, diabetes, anormalidades hormonais, doenças neurodegenerativas como o Alzheimer, câncer, e anormalidades do sistema imune. Para Prá (2008), as patologias associadas a sobrecarga de ferro podem estar vinculadas a ingestão de grandes doses de ferro ou relacionadas a doenças congênitas.

Moruzzi e Reali (2012) e Madeira (2003) indicam que águas subterrâneas utilizadas para abastecimento humano com a presença de íons ferro em níveis acima do permitido, causam sérios transtornos como a formação de depósitos, incrustações e ainda possibilitam o aparecimento de bactérias ferruginosas nocivas nas redes de abastecimento, alteram o gosto e o odor da água e ainda produzem manchas nas roupas e aparelhos sanitários (Figura 9). Estas águas, quando utilizadas para consumo humano, sem tratamento prévio, submetem seus consumidores a riscos de intoxicação por ferro (BAUMGARTEN *et al.*, 2014).

Figura 9 - Problemas causados por águas subterrâneas com teores de ferro acima do permitido pela legislação.



Fonte: Autora (2019).

## 2.4 FERRO NA LEGISLAÇÃO

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) n° 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Define ainda que águas doces são aquelas com salinidade igual ou inferior a 0,5‰, águas salobras são águas com salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰, e águas salinas possuem salinidade igual ou superior a 30‰. Determina por enquadramento o estabelecimento de meta ou objetivo de qualidade de água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, de um segmento de corpo de água, passando a classificar os corpos de águas doces em classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4, sendo a classe especial de melhor qualidade e com uso mais restritivo e a classe 4 a de pior qualidade, com uso apenas para a navegação e harmonização paisagística. A classificação das águas salinas e salobras se assemelham, sendo classificadas de especial à classe 3, onde o pior cenário seria esta última. Apenas os corpos de água doce são destinados a irrigação, dessedentação animal e consumo humano, este após tratamento de acordo com a classe em que se enquadra o corpo hídrico.

Em seu capítulo III, a resolução trata das condições e padrões de qualidade das águas estabelecendo limites individuais para cada substância em cada classe. A Tabela 1 faz um apanhado com relação aos níveis de ferro para cada enquadramento, observando que, conforme o art. 13° desta Resolução, as águas de classe especial não deverão ter alteradas as suas condições naturais, não havendo a necessidade de estabelecer padrões qualitativos.

Em sete de abril de 2008 foi publicada no Diário Oficial da União a Resolução do CONAMA n° 396/2008 (BRASIL, 2008) que passa a tratar da classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, sua prevenção e controle da poluição.

No art. 3º, desta resolução, é dada a classificação das águas subterrâneas como segue:

I - Classe Especial: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção 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;

II - 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;

III - 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;

IV - 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;

V - 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; e

VI - 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.

Tabela 1 – Padrão estabelecido para o parâmetro ferro dissolvido em corpos de água, adaptada da Resolução do CONAMA nº 357/2005.

CORPO DE ÁGUA	ENQUADRAMENTO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO mg.L <sup>-1</sup>
Águas doces	Classe 1	0,3
	Classe 2	0,3
	Classe 3	5,0
Águas salinas	Classe 1	0,3
	Classe 2	0,3
Águas salobras	Classe 1	0,3
	Classe 2	0,3

Fonte: Adaptado de Brasil (2005).

Estabelece ainda que, as águas subterrâneas da Classe Especial deverão ter suas condições de qualidade naturais mantidas, como expressado pelo art. 5º desta resolução (BRASIL, 2008). Em seu anexo I, são apresentados os parâmetros com maior probabilidade de ocorrência em águas subterrâneas, seus respectivos valores máximos permitidos (VMP) para cada um dos usos considerados como preponderantes e os limites de quantificação praticáveis (LQP), considerados como aceitáveis para aplicação desta resolução (Tabela 2). Já o anexo II apresenta um exemplo de estabelecimento de padrões por classe para parâmetros selecionados

de acordo com o art. 12º, da referida resolução, considerando o uso concomitante para consumo humano, dessedentação, irrigação e recreação (Tabela 3).

Tabela 2 – Valor máximo permitido para ocorrência do parâmetro ferro (efeito organoléptico), em águas subterrâneas. Modificada do anexo I da resolução CONAMA nº 396/2008.

USOS PREPONDERANTES DA ÁGUA				LQP PRATICÁVEL – LQP (g.L <sup>-1</sup> )
CONSUMO HUMANO	DESSEDENTAÇÃO ANIMAL	IRRIGAÇÃO	RECREAÇÃO	
300		5.000	300	100

Fonte: Adaptado de Brasil (2008).

Tabela 3 – Estabelecimento de padrões por classe para parâmetro ferro, considerando o uso concomitante para consumo humano, dessedentação, irrigação e recreação. Modificada do ANEXO II da Resolução do CONAMA nº 396/2008.

MOTIVO DA INCLUSÃO	PARÂMETROS SELECIONADOS PASSÍVEIS DE SER DE ORIGEM NATURAL	PADRÕES POR CLASSE – CONCENTRAÇÃO (g.L <sup>-1</sup> )		
		CLASSES E. E 2 (VRQ)	CLASSE 3	CLASSE 4
Características hidrogeológicas	Ferro	Se VRQ < 300 classe 1	300	5.000
		Se VRQ > 300 classe 2		

Fonte: Adaptado de Brasil (2008). VRQ – valor de referência de qualidade, definido pelos órgãos competentes, de acordo com o art. 6º da Resolução.

Outra legislação importante para a temática, e mais recente, é do Ministério da Saúde, Portaria nº 2.914 de 2011 (BRASIL, 2011), que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, que em seu capítulo II, artigo 5º define:

- I - água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem;
- II - água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecida nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde;
- III - padrão de potabilidade: conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, conforme definido nesta Portaria;

Também dispõe, em seu capítulo V, art. 39, que a água potável deve estar em conformidade com o padrão organoléptico de potabilidade, onde o VMP para concentrações de ferro em águas para consumo humano é de 0,3 mg.L<sup>-1</sup>.

O padrão de aceitação para consumo humano é estabelecido baseado em critérios de ordem estética e organoléptica (gosto ou odor) e objetiva evitar a rejeição ao consumo e a busca por outra fonte do recurso, que possam ser menos seguras do ponto de vista da saúde. Mesmo apresentando risco à saúde, algumas substâncias apresentam um limiar de percepção de gosto e odor abaixo dos valores estabelecidos, tornando estes valores apenas como um padrão de aceitação para consumo, (BRASIL, 2011). É também definido, pela Portaria nº 2.914 de 2011 (BRASIL, 2011) o padrão organoléptico como sendo o conjunto de parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde.

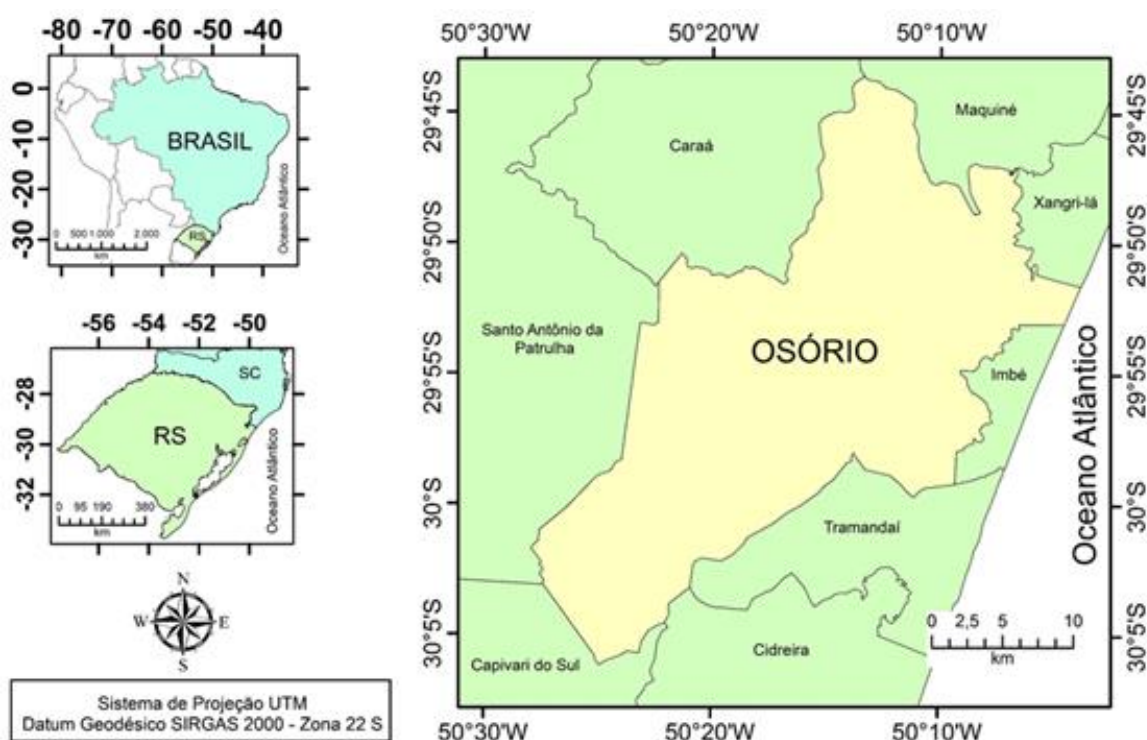
Esta portaria foi consolidada pela Portaria de Consolidação N° 5, de 28 de setembro de 2017, que normatiza as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde (SUS) (BRASIL, 2017).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Osório está localizado no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, fazendo limite com os municípios de Caraá e Maquiné ao norte, Imbé e Xangri-lá ao leste, Santo Antônio da Patrulha a oeste e Tramandaí, Cidreira e Capivari do Sul ao sul (Figura 10). Possui uma área de 663,55 Km<sup>2</sup>, estando 20 metros acima do nível do mar, distante aproximadamente 100 Km da capital Porto Alegre (IBGE, 2020). Conta com uma população de 40.906 habitantes pelo último censo em 2010, sendo a estimativa atual para 2020 de 46.414 habitantes. Osório possui cinco distritos: Santa Luzia, Atlântida Sul, Aguapés, Passinhos e Borússia. O município está inserido na região norte da PCRS, parte emersa da Bacia de Pelotas, tendo sua área preenchida por sedimentos erodidos das terras altas adjacentes, que se acumularam, desde o Cretáceo e principalmente do Cenozóico, se desenvolvendo em sistemas deposicionais continentais, transicionais e marinhos (TOMAZELLI; VILLWOCK, 2000).

Figura 10 - Localização do município de Osório, RS, Brasil.



Fonte: Autora (2019).

O território do município está incluído em três bacias hidrográficas: Rio dos Sinos, Litoral Médio e Rio Tramandaí, sendo que 95% da área do município está encerrada no Litoral Norte do RS (FEPAM, 2020).

Caicedo (1998) considera que as águas dos aquíferos da região norte litorânea do Rio Grande do Sul são aptas para o consumo humano, mesmo identificando alguns problemas como coloração, pela forte presença de ferro; coliformes, que deve ser encarada como um sinal de alerta pela possibilidade de contaminação fecal; e a salinização.

Conforme Troian *et al.* (2014), as águas subterrâneas para consumo humano são utilizadas dentro do Litoral Norte onde não há abastecimento público por parte da companhia responsável. Nestas residências, geralmente ocorre a perfuração de poços ponteira muito próximos das fossas sépticas, sendo que, na maioria das vezes, não possuem acompanhamento técnico durante o projeto ou execução.

O Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS, 2020), da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), contabiliza atualmente o registro de 19.652 poços perfurados no estado do Rio Grande do Sul. Já, o município de Osório consta nos registros do SIAGAS com 116 poços perfurados, atualmente. Do começo do projeto deste trabalho até o presente momento houve um acréscimo nos registros de poços perfurados de 1.134 poços, e para o município de Osório os registros sofreram um acréscimo de 15 poços. Dos 116 poços registrados pelos munícipes 33 são do tipo ponteira. Em busca feita por registros de captação de águas subterrâneas para consumo através do Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul (SIOUT), da Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA), foram encontrados ao todo 164 poços registrados, dos quais 50 são do tipo ponteira. Porém, estes dados podem estar subestimados em decorrência da quantidade de poços que não são cadastrados.

### 3.2 AMOSTRAGENS

Foram realizadas 4 coletas em cada ponto, entre o período de 03 de maio de 2019 e 14 de março de 2020, em residências do município de Osório localizadas em bairros desassistidos pela rede de abastecimento público. Sendo, a 1ª coleta (C1) realizada entre 03 de maio e 08 de maio de 2019 (outono); a 2ª



coleta (C2) entre 21 de agosto e 24 de agosto de 2019 (inverno); a 3ª coleta (C3) entre 18 de novembro e 21 de novembro de 2019 (primavera); e a 4ª coleta (C4) nos dias 13 e 14 de março de 2020 (verão).

As águas que abastecem as casas são captadas do lençol freático através de perfurações de poços rasos. Estes poços não possuem cadastro no SIOUT ou SIAGAS. As amostras foram adquiridas preferencialmente da torneira da cozinha, uma vez que o uso do recurso é contínuo para atender as demandas dos moradores, e por serem estas utilizadas para consumo humano. Os frascos utilizados para as coletas foram lavados, esterilizados, tampados e acondicionados numa caixa apropriada no laboratório da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), previamente. Os reagentes utilizados foram preparados no laboratório da UERGS e para as coletas eram acondicionados em uma caixa de isopor contendo gelo rígido reutilizável. Antes de coletar a água, a torneira foi aberta deixando a água correr por alguns instantes até que a água contida nos canos refrescasse. O frasco coletor foi homogeneizado com a água amostrada antes das análises serem efetuadas.

Todas as residências avaliadas foram georreferenciadas para coletas e estudos futuros. Os parâmetros amostrados foram a temperatura da água, pH, condutividade e ferro. Cada parâmetro teve seu registro feito na planilha de campo, individualizado por ponto amostrado.

As quatro coletas coincidiram com as estações do ano. Os dados obtidos foram relacionados entre si, com precipitação na estação climatológica automática de Tramandaí (INMET), e com o mapa hidrogeológico do município (Figura 11).

Ao todo foram amostrados 25 pontos de coleta (Figura 11) e os dados originados foram tabulados em planilha Excel® e trabalhados posteriormente para geração de tabelas e gráficos e análises estatísticas. As coordenadas de cada ponto foram inseridas no programa ArcGis®, versão 10.5, gerando mapas e são apresentadas na Tabela 4.

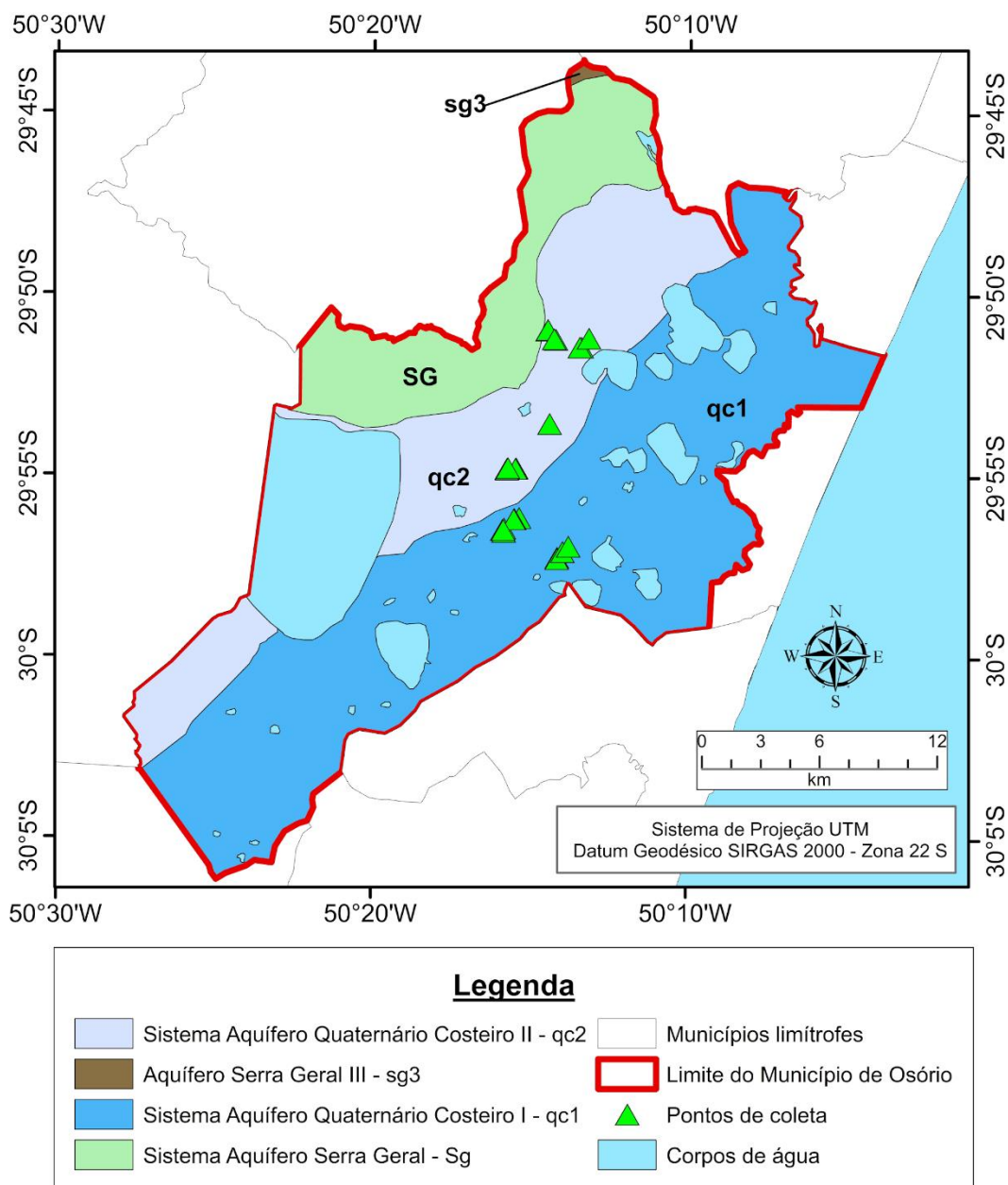
Tabela 4 – Localização geográfica de cada ponto, conforme Projeção Universal Transversal de Mercator (UTM) e respectiva profundidade do poço em metros.

Ponto	UTM ZONA 22S		Prof. poço
	UTM E	UTM N	
P1	571665.40	6690567.27	16
P2	571623.08	6690545.72	S/D
P3	573372.00	6692832.00	S/D
P4	573739.41	6686019.60	S/D
P5	575013.51	6696714.39	S/D
P6	574916.46	6696718.26	16
P7	573267.98	6697585.65	21
P8	573277.70	6697594.82	S/D
P9	573292.86	6697615.04	S/D
P10	573731.20	6685946.19	23
P11	574023.20	6686305.61	13
P12	574319.40	6686584.55	23
P13	571039.02	6687504.69	22
P14	571811.53	6688043.26	23
P15	573695.16	6697116.61	25
P16	573608.41	6697144.88	20
P17	575381.18	6697175.89	14
P18	571574.40	6687985.62	S/D
P19	571535.61	6687973.02	12
P20	571196.26	6690558.88	24
P21	571196.28	6690516.88	24
P22	570954.15	6687423.56	12
P23	571028.31	6687339.42	13
P24	571000.83	6687433.79	15
P25	571245.69	6690585.73	14 (17)

S/D – Sem dados de profundidade do poço; P25 apresenta dois poços perfurados estando identificado entre parênteses a profundidade do segundo poço.

Fonte: Autora (2020).

Figura 11 - Mapa hidrogeológico sobre o qual está inserido o município de Osório com os pontos onde foram realizadas as coletas.



Fonte: Autora (2019).

### 3.3 ANÁLISE DOS PARÂMETROS

Para a análise do pH foi utilizado um pHmetro digital, modelo pHmetro AT 315 SP Alfakit, o qual foi introduzido na amostra aguardando até a estabilização da leitura.

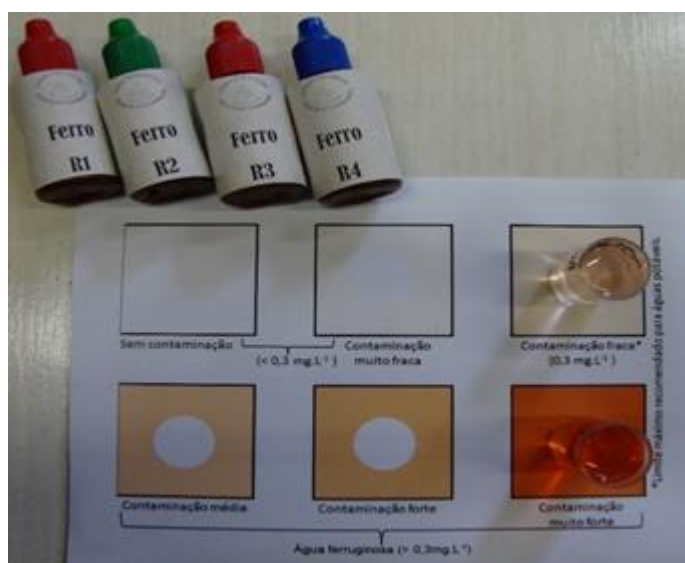
Para a análise do parâmetro condutividade e temperatura foi utilizado um condutivímetro digital, modelo ATM 215 Alfakit, que após ser introduzido no frasco contendo a amostra fez a leitura de ambos os parâmetros. Quando a leitura no mostrador digital estabilizou, os valores de condutividade e temperatura foram apontados na planilha de campo.

A análise do parâmetro ferro foi feita no local, utilizando-se para isso o Kit Analítico Simplificado desenvolvido por Baumgarten *et al.* (2014). Antes de cada coleta foi adotada a prática de homogeneizar o frasco com a água do local que seria analisada. No vidro com a amostra de água, foram aplicados os reagentes do kit, conforme as orientações do autor. Em seguida, o vidro foi invertido e colocado sobre a cartela colorimétrica onde foi possível comparar visualmente a cor da reação com a cor da cartela, determinando se o teor de ferro contido na amostra.

### 3.4 KIT ANALÍTICO SIMPLIFICADO

O kit é apresentado na Figura 12. O protocolo original conforme proposto por Baumgarten *et al.* (2014) foi modificado por indicação do próprio autor, em conversa informal, visando que os resultados sejam aparentes num período mais curto de espera, após a adição dos reagentes à amostra.

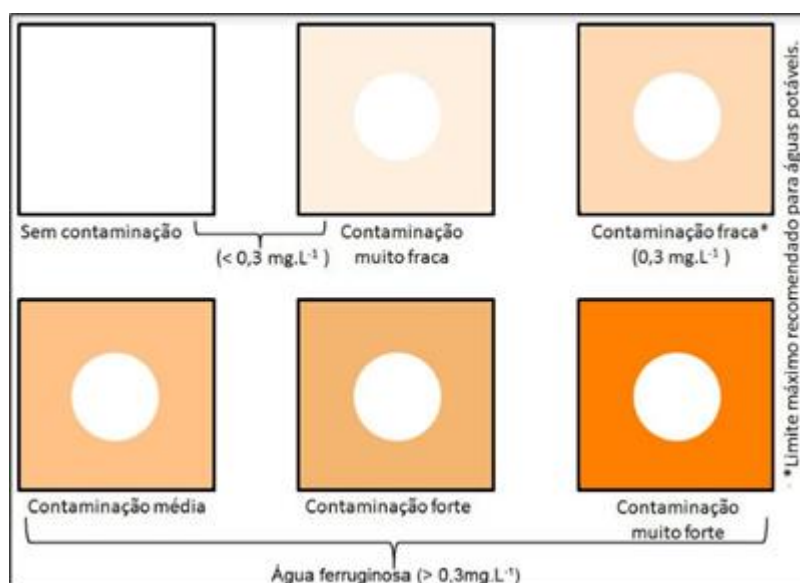
Figura 12 – O kit analítico simplificado



Fonte: Baumgarten *et al.* (2014)

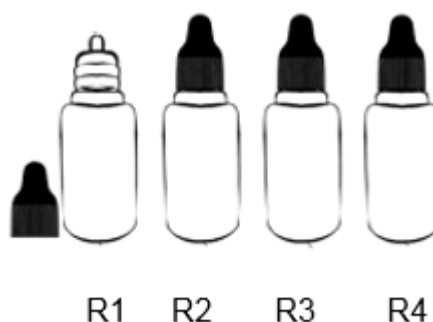
O kit é composto por uma caixa polipropileno; 1 cartela identificadora dos níveis de ferro na amostra (Figura 13); 1 manual de uso; 4 frascos de 100mL com tampa dosadora de gotas (Figura 14), de polipropileno, contendo os reagentes R1, R2, R3 e R4; frascos com tampa para análise das amostras; uma tabela para anotação dos resultados obtidos; um frasco de 250ml para recolher os resíduos das análises.

Figura 13 - cartela identificadora dos níveis de ferro nas amostras.



Fonte: Baumgarten *et al.* (2014).

Figura 14 - Quatro frascos contendo os reagentes (R1 a R4);



Fonte: Baumgarten *et al.* (2014).

Foram utilizados frascos de vidro transparente para a reação durante a análise, de formato cilíndrico e uma tampa de encaixe na cor branca ou transparente.

### ***O preparo dos reagentes***

Reagente 1 (R1): 100mL de ácido clorídrico de pureza analítica (p.a.). Conservar no frasco com tampa dosadora de gotas de 100mL (R1).

Reagente 2 (R2): 20 g de cloridrato de hidroxilamina dissolvidos em 100mL de água destilada. Conservar no frasco com tampa dosadora de gotas de 100mL (R2).

Reagente 3 (R3): 0,2 g de 1,10-fenantrolina monohidratada dissolvidos em 100mL de água destilada quente (80°C) e agitação. Conservar no frasco com tampa dosadora de gotas de 100 mL (R3).

Reagente 4 (R4): 72 g de acetato de amônio dissolvidos em 22 mL de água destilada. Adicionar 100mL de ácido acético glacial de pureza analítica (p.a.). Conservar no frasco com tampa dosadora de gotas de 100mL (R4).

O kit foi conservado em refrigeração enquanto não está sendo utilizado. Na etiqueta de cada reagente, anotar a data da validade (2 meses após o preparo). Após este período os reagentes foram feitos novamente.

### ***Procedimento da análise***

O procedimento seguido para cada amostra de água coletada foi o seguinte:

- 1) Foram colocados 5mL da amostra, medidos com uma seringa lavada e homogeneizada com a amostra, no frasco de análise.
- 2) Adicionado: a) 4 gotas de R1. Tampe e agite. b) 6 gotas de R2. Tampado e agitado. c) 17 gotas de R3. Tampado e agitado. d) 14 gotas de R4. Tampado e agitado.
- 3) Após dez minutos, o vidro foi virado e colocado sobre cartela identificadora dos níveis de ferro;
- 4) O resultado foi marcado na tabela, seguindo a quantificação com valores de 0 até 5, onde: 0 equivale a água sem contaminação ( $<0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ); 1 equivale a água com contaminação muito fraca ( $<0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ); 2 equivale a água com contaminação fraca ( $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ), sendo este o limite máximo de concentração de ferro permitido pela legislação; 3 equivale a água com contaminação média ( $>0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ); 4 equivale a água com contaminação forte ( $>0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ) e 5 equivale a água com contaminação muito forte ( $>0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ).

Em seguida, a amostra já analisada foi colocada no frasco de descarte. Este depois de cheio deve ser descartado em local apropriado que receba resíduos químicos.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos em cada um dos pontos de coleta para os parâmetros ferro, pH, condutividade e temperatura estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados de cada ponto de coleta ao longo das quatro coletas realizadas.

	Ferro *				pH				Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )				Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
P1	0	0	0	0	4,4	5,1	4,7	4,7	100	118	94	98	23,2	18,0	24,2	25,1
P2	0	1	0	***	4,6	5,5	5,3	***	80	78	60	***	23,8	18,1	26,0	***
P3	0	0	0	0	5,3	5,6	5,3	5,2	40	54	60	53	23,6	17,1	26,0	25,3
P4	0	0	0	0	6,4	6,3	6,5	6,2	64	68	68	101	22,6	15,5	25,0	25,8
P5	0	0	0	***	5,5	5,9	5,4	***	66	68	60	***	25,0	21,0	26,0	***
P6	0	0	0	***	5,9	6,3	5,9	***	60	54	50	***	22,6	21,4	24,0	***
P7	0	0	0	0	5,4	6,0	5,7	5,5	82	80	70	93	25,0	16,4	26,0	25,0
P8	0	0	0	0	4,7	5,3	4,9	4,8	88	90	80	108	26,0	18,5	25,0	25,1
P9	0	0	0	0	4,7	5,4	4,9	4,7	94	102	90	117	26,0	18,0	25,0	25,0
P10	0	1	1	0	5,3	5,8	5,3	5,2	44	46	62	52	22,6	19,5	22,6	26,3
P11	0	1	1	1	5,0	5,5	5,1	5,0	114	118	118	176	23,2	17,5	23,8	25,1
P12	0	0	0	0	5,7	5,8	5,2	4,6	236	118	82	221	22,6	16,2	23,2	25,4
P13	1	1	3	2	5,4	5,8	5,4	5,1	64	70	62	116	22,6	19,1	25,0	28,0
P14	0	0	0	***	5,5	5,8	5,2	***	138	178	80	***	23,4	17,5	26,0	***
P15	0	0	0	***	6,3	6,0	5,8	***	48	46	38	***	22,6	15,7	23,0	***
P16	0	0	0	***	6,3	6,0	5,8	***	56	56	76	***	22,2	18,1	23,4	***
P17	0	0	0	0	6,1	6,4	6,4	6,1	56	56	62	52	22,6	17,0	25,0	25,0
P18	0	0	1	0	4,9	5,4	5,2	4,9	68	64	54	60	22,4	21,8	22,4	26,0
P19	5	1	0	***	5,6	5,8	5,4	***	96	98	94	***	22,2	15,8	25,0	***
P20	0	1	1	***	6,5	6,8	6,8	***	96	74	74	***	25,0	17,8	23,6	***
P21	1	0	1	***	5,2	5,5	5,2	***	148	220	176	***	25,0	18,8	24,7	***
P22	5	5	5	***	5,0	5,6	5,2	***	70	70	60	***	22,8	17,0	23,2	***
P23	1	**	5	5	6,1	**	5,8	6,1	160	**	126	168	23,0	**	27,0	25,0
P24	5	4	2	2	5,4	5,7	5,5	5,5	90	90	80	103	23,6	20,8	22,4	26,4
P25	5	5	5	***	6,7	6,4	6,4	***	122	116	106	***	17,0	20,6	21,2	***

\* Sendo, 0 = sem concentração ( $<0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ), 1 = concentração muito fraca ( $<0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ), 2 = concentração fraca ( $<0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ) (equivale ao VMP), 3 = concentração média ( $>0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ), 4 = concentração forte ( $>0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ), 5 = concentração muito forte ( $>0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ );

\*\* Residência não habitada durante a coleta;

\*\*\* Residências onde não ocorreram coleta em decorrência do início do isolamento social consequente a pandemia do novo coronavírus (Sars-Cov-19).

Fonte: Autora (2020).



O ponto P23 não apresenta dados para a 2ª coleta pois durante este período a residência encontrava-se desabitada, portanto, sem acesso a residência para proceder a coleta e análise da amostra. Posteriormente a residência voltou a estar habitada o que permitiu a geração de dados para a 3ª e 4ª coletas.

Os pontos P2, P5, P6, P14, P15, P16, P19, P20, P21, P22 e P25 não possuem dados para a 4ª coleta devido ao início do período de isolamento social, em consequência da pandemia do novo coronavírus (Sars-Cov-19).

#### 4.1 TEMPERATURA

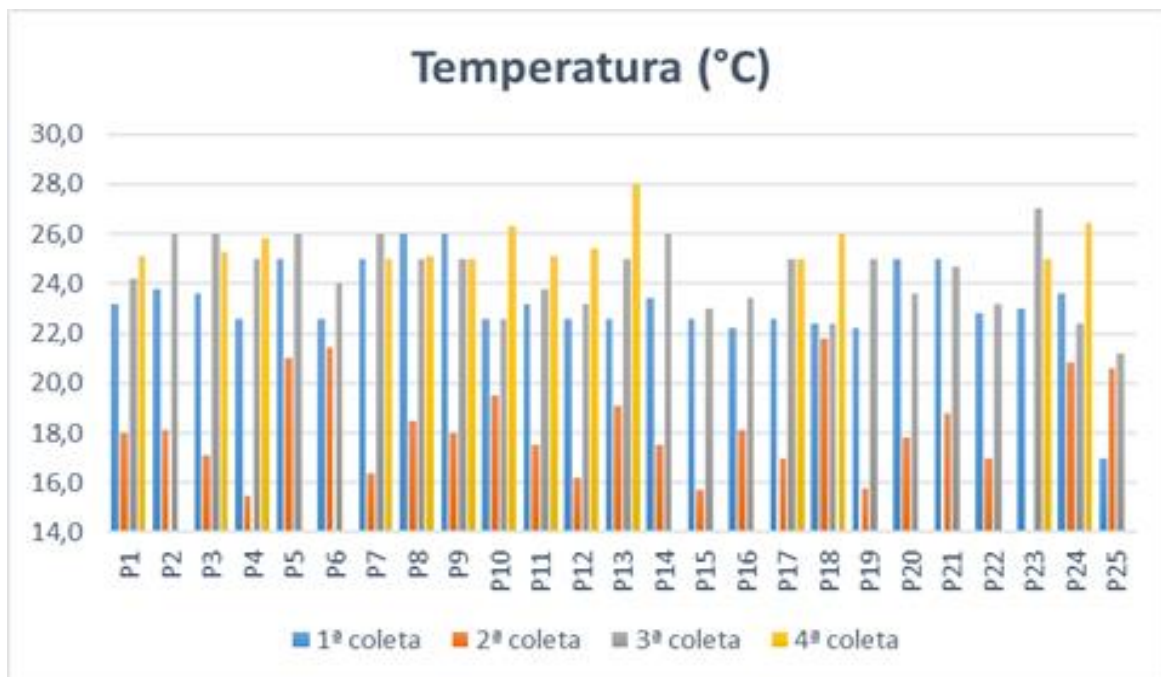
A variação de temperatura encontrada ao longo das coletas pode ser vista na Tabela 6. É característica de aquíferos freáticos possuírem temperatura um pouco inferior à temperatura atmosférica (SANTOS, 2008). Os valores ficaram de acordo com Barrufi (2017), que encontrou uma pequena amplitude térmica, entre 18°C e 22°C, sendo que nesse trabalho sua coleta se deu diretamente da saída da água dos poços e o monitoramento ocorreu ao longo de oito meses com coletas mensais. A Figura 15 traz um demonstrativo gráfico da oscilação de temperatura para cada ponto amostrado ao longo do período das coletas.

Tabela 6 - Mínima, máxima e média de temperatura para a primeira, segunda, terceira e quarta coletas respectivamente (C1, C2, C3 e C4).

	Temperatura (°C)		
	Mín.	Máx.	Méd.
C1	17,0	26,0	23,2
C2	15,5	21,8	18,2
C3	21,2	27,0	24,3
C4	25,0	28,0	25,6

Fonte: Autora (2020).

Figura 15 - Temperaturas apontadas para cada ponto amostrado ao longo do período de coletas.



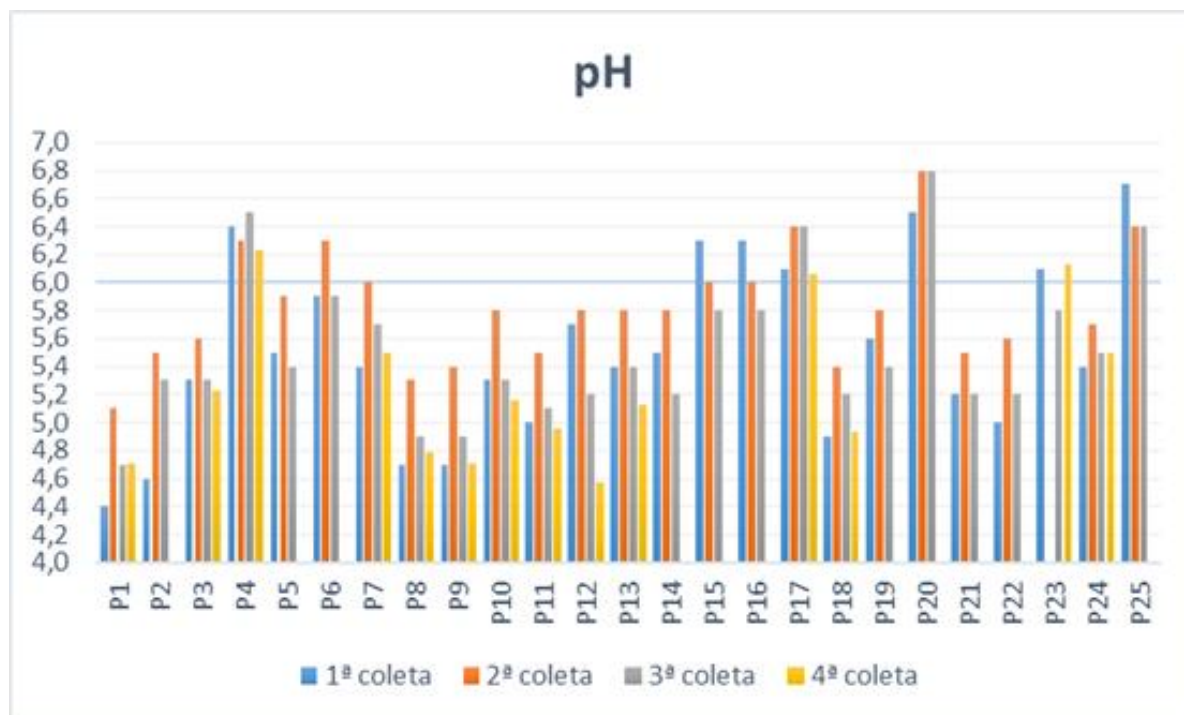
Fonte: Autora (2020).

#### 4.2 PH

Os valores de pH amostrados durante as coletas variaram entre 4,4 a 6,8, demonstrando que as amostras coletadas das águas subterrâneas do aquífero livre se caracterizam como águas ácidas (Figura 16).

Dos 25 pontos, foi possível analisar que, 9 pontos se encontravam dentro da faixa de valores recomendados (de 6,0 a 9,5) pela Portaria de Consolidação nº 05 de 2017 (BRASIL, 2017) em ao menos uma das coletas, e, destes 9, apenas 4 pontos demonstraram o pH dentro do recomendado ao longo de 3 coletas ou mais (Tabela 7). Desta forma foi possível avaliar que apenas os pontos P4, P17, P20 e P25 apresentaram níveis de pH adequado ao consumo, segundo a legislação, em todas as suas coletas. Sendo assim, 84% das águas amostradas estiveram com valores de pH abaixo do recomendado em ao menos uma das amostras.

Figura 16 - Gráfico demonstrativo dos valores de pH encontrados para os pontos de coleta para o período deste trabalho, com indicação, em linha, para o limite mínimo preconizado pela Portaria de Consolidação N° 05 de 2017 (BRASIL, 2017), para águas destinadas ao consumo humano.



Fonte: Autora (2020).

O consumo de águas ácidas, fora dos padrões recomendados, pode provocar doenças como gastrite e câncer gástrico e geralmente estão associadas a aquíferos pouco profundos (GOMES *et al.*, 2016), pois estes estão mais suscetíveis à contaminação tanto naturais, características do solo a que estão associados, quanto antrópicas, em decorrência do descarte inadequado de resíduos ou pela falta de esgotamento sanitário adequado o que é um problema em regiões com adensamento populacional (MENEZES, 1992).

Águas ácidas podem favorecer o desenvolvimento de bactérias ferruginosas, que produzem cor e odor na água e são causadoras de incrustação em tubulações e nos reservatórios que armazenam água.

Os resultados obtidos estão de acordo com diversos autores que analisaram o pH na região. Soares (2016), em seu trabalho, identificou que as águas do Aquífero Quaternário Costeiro apresentam um potencial hidrogeniônico (pH) com valores entre 3,84 e 8,3, sendo que dos 54 pontos analisados há um predomínio de 63% de águas ácidas e levemente ácidas e o restante (37%) de águas com carácter mais alcalino. Barrufi (2017) apontou um percentual de 60% de águas

mais ácidas nas suas amostras coletadas em águas subterrâneas do aquífero livre, o que as torna impróprias ao consumo humano. E Paim (2018), em um estudo recente no qual avalia a qualidade da água subterrânea captada por poços ponteira no município de Osório, também identificou águas com características, em geral, ácidas e levemente ácidas, observando uma variação entre 5,6 e 6,5 para o pH. Reginato *et al.* (2017) salientam como característica do Aquífero Quaternário Costeiro águas levemente ácidas.

Tabela 7 – Pontos em que o pH esteve dentro da faixa de valores recomendados pela Portaria de Consolidação Nº 05/2017, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017).

	pH			
	C1	C2	C3	C4
P4	6,4	6,3	6,5	6,2
P6	5,9	6,3	5,9	***
P7	5,4	6,0	5,7	5,5
P15	6,3	6,0	5,8	***
P16	6,3	6,0	5,8	***
P17	6,1	6,4	6,4	6,1
P20	6,5	6,8	6,8	***
P23	6,1	**	5,8	6,1
P25	6,7	6,4	6,4	***

\*\* Residência não habitada durante a coleta;

\*\*\* Residências onde não ocorreram coleta em decorrência do início do isolamento social consequente a pandemia do novo coronavírus (Sars-Cov-19).

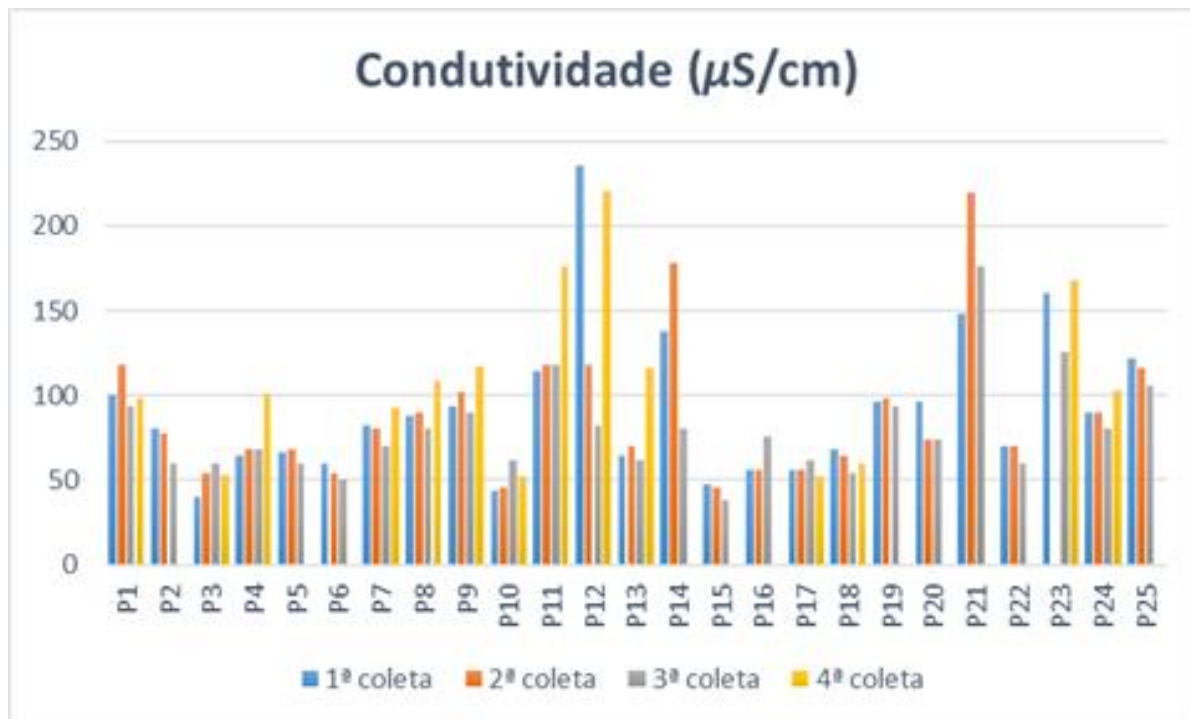
Fonte: Autora (2020).

#### 4.3 CONDUTIVIDADE

Nas análises realizadas foram encontrados valores de condutividade elétrica variando entre 38 e 236  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . A Figura 17 apresenta os valores encontrados para cada ponto de coleta.

Os resultados estão de acordo com Reginato *et al.* (2013), que associa valores de condutividade inferiores a 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e de pH menores que 7,5, a poços rasos, característica dos poços do município de Osório.

Figura 17 - Valores de condutividade encontrados em cada ponto amostrado ao longo do período das coletas.



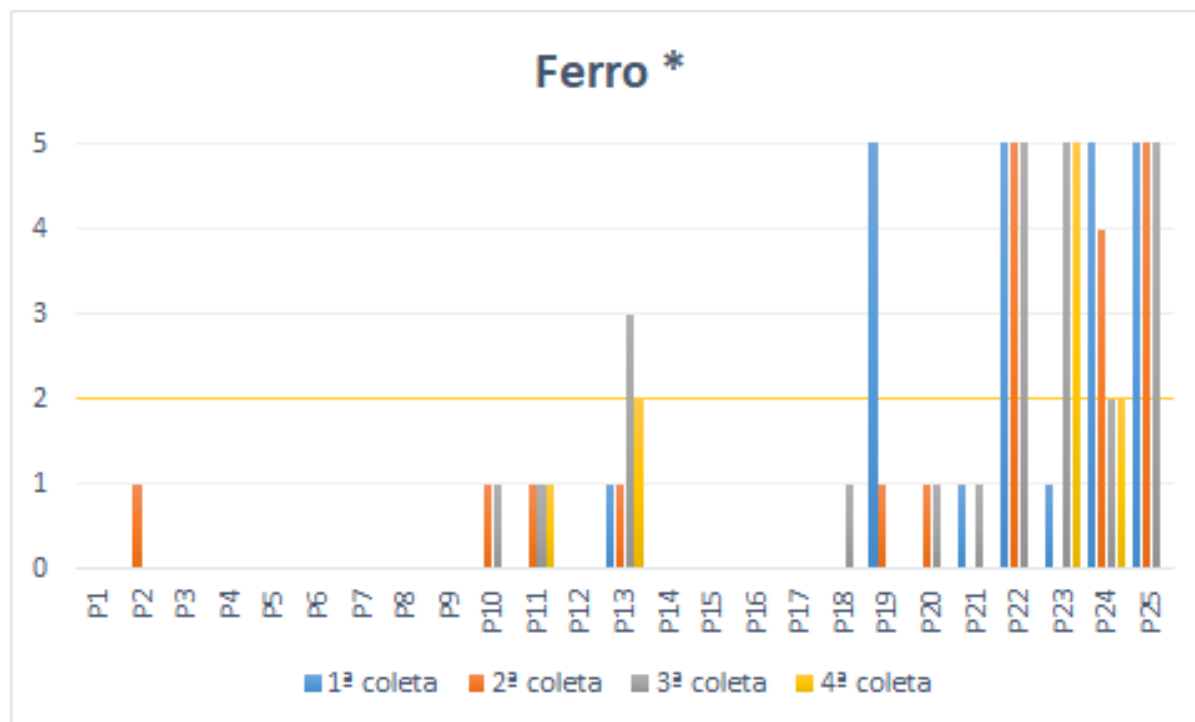
Fonte: Autora (2020).

Em estudo no município, Paim (2018) também obteve valores baixos de condutividade para os 26 pontos de coleta de seu trabalho, que ficaram entre 0 a 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , para a maioria das amostras. Já Soares (2016), em seu trabalho de caracterização das águas subterrâneas do município de Osório, apresenta valores de pH entre 3,84 e 8,3, e valores de condutividade entre 35,6 e 1580  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , para o Aquífero Quaternário Costeiro. Reginato *et al.* (2017) indica para o mesmo aquífero condutividades abaixo de 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , indicando baixa concentração de elementos dissolvidos e/ou salinidade, com exceções.

#### 4.4 FERRO

A variação dos níveis de ferro encontradas estão apresentadas na Figura 18. Em 6 pontos de coleta, dos 25 avaliados, as concentrações de ferro se mostraram acima do preconizado pela Portaria de Consolidação nº 05/2017 (BRASIL, 2017). Estes seis pontos estão distribuídos em dois bairros do município conforme Figura 18.

Figura 18 - Variação dos níveis de ferro para os pontos amostrados em cada estação de coleta. Sendo, 0 = sem concentração ( $<0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ), 1 = concentração muito fraca ( $<0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ), 2 = concentração fraca ( $<0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ) (equivalente ao VMP), 3 = concentração média ( $>0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ), 4 = concentração forte ( $>0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ), 5 = concentração muito forte ( $>0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ).



Fonte: Autora (2020).

Os pontos P13 e P19 tiveram apenas uma coleta com valores de ferro acima do VMP, os pontos P22, P23, P24 e P25 pontos apresentaram valores acima do VMP em duas das coletas ou mais.

Para a 1ª e 2ª coleta, P13 apresentou contaminação muito fraca (1), durante a 3ª coleta a contaminação foi média (3) e para a 4ª coleta a contaminação foi fraca (2) ficando no limite máximo recomendado para águas potáveis. Este poço está localizado em um terreno com ao menos três residências próximas, as quais se servem dele para abastecer suas residências, utilizando como forma de armazenamento uma caixa d'água. P19 também utiliza caixa d'água para armazenamento da água captada do poço, e durante a 3ª coleta foi informado que havia algum tempo que a caixa não era limpa, o que pode justificar a concentração de ferro acima do permitido. O processo de oxidação do ferro pode gerar acúmulo de lodo férrico no reservatório, conforme evidenciado por Baumgarten *et al.* (2014 e 2015) em estudo realizado na Ilha dos Marinheiros, em Rio Grande, onde através

do uso do kit analítico constataram que, aproximadamente 42% das residências que tiveram amostras coletadas apresentaram concentração de ferro, na água consumida, igual ou superior a  $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ . Os mesmos identificaram ainda em algumas residências, onde os limites estavam acima do permitido, o uso de reservatório do tipo caixa d'água, e estes se encontravam com depósitos de lodo férrico no fundo oriundos da atividade de bactérias ferruginosas, que tem seu desenvolvimento favorecido em pH reduzido. Estas bactérias se desenvolvem utilizando a energia gerada no processo de oxidação do ferro ferroso à ferro férrico (LIMA e PEDROSO, 2001; PIUCI e FENZL, 1981).

P19 durante a primeira coleta não utilizava sistema de filtragem e a partir da segunda coleta foi observado a utilização de um filtro conectado a torneira, o que se provou eficiente ao longo das demais coleta, onde a contaminação amostrada foi: muito fraca (1) para a 2ª coleta; e sem contaminação (0) para a 3ª coleta. Ainda, a moradora informou que alguns parentes, também residentes no local, têm a doença que “faz com que a pessoa tenha que ir com frequência tirar sangue, pois este está cheio de ferro”. Para estas pessoas a água consumida com qualquer concentração de ferro passa a ser prejudicial, pois a falha na regulagem dos estoques corpóreos tende a gerar acúmulos em órgãos e tecidos, podendo provocar doenças hepáticas, cardiopatias, câncer, doenças neurodegenerativas, entre outras (PRÁ, 2008).

Os pontos cujas concentrações de ferro ficaram acima do VMP são apresentados na Tabela 8 com os valores encontrados por coleta.

Ao colocar estes pontos sobre os mapas de aquífero do município, observa-se que não há relação específica entre os aquíferos costeiros (qc1 e qc2) (Figura 19). O resultado está de acordo com Reginato *et al.* (2017) que encontrou teores elevados de ferro em todos os aquíferos do município, contudo, indicou que os Sistemas de Aquíferos Quaternários Costeiro são os que apresentam maior quantidade de poços com concentrações de ferro acima do VMP. Troian *et al.* (2014) em vários pontos do Litoral Norte do RS também encontrou concentrações de ferro acima dos limites de potabilidade para a maioria de suas amostras, coletadas do aquífero costeiro.

Tabela 8 - Pontos cujos valores de ferro ficaram acima do VMP.

	Ferro*			
	C1	C2	C3	C4
P13	1	1	3	2
P19	5	1	0	***
P22	5	5	5	***
P23	1	**	5	5
P24	5	4	2	2
P25	5	5	5	***

\* Sendo, 0 = sem concentração ( $<0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ), 1 = concentração muito fraca ( $<0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ), 2 = concentração fraca ( $<0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ) (equivale ao VMP), 3 = concentração média ( $>0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ), 4 = concentração forte ( $>0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ), 5 = concentração muito forte ( $>0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ );

\*\* Residência não habitada durante a coleta;

\*\*\* Residências onde não ocorreram coleta em decorrência do início do isolamento social consequente a pandemia do novo coronavírus (Sars-Cov-19).

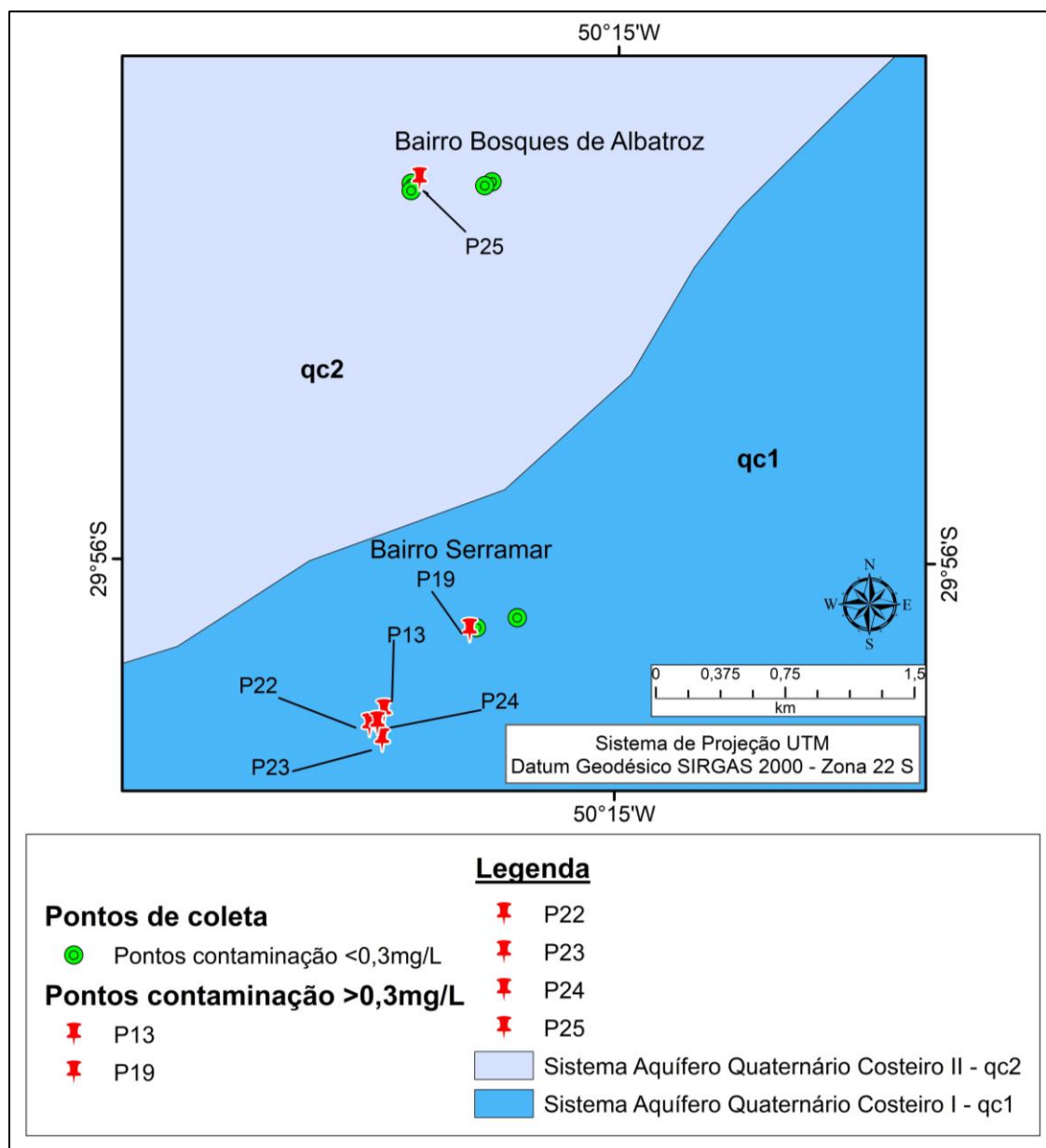
Fonte: Autora (2020).

Ao comparar os pontos com concentração de ferro acima do VMP com as unidades geológicas do município, observa-se que todos estão localizados na unidade depósitos praias eólicos (Q3pe) (Figura 20).

O ponto P25 fica localizado no bairro Bosques de Albatroz e na porção noroeste, fronteira ao terreno onde se localiza este ponto, há uma significativa área de banhado (unidade geológica turfeira, Q4tf), que serve de espaço para confinamento de gado em alguns períodos do ano. Regiões húmicas, onde há uma intensificação do metabolismo animal e vegetal, são regiões que favorecem o enriquecimento das águas subterrâneas em ferro, uma vez que estas atividades biológicas acidificam o solo aumentando a solubilidade de elementos metálicos, e a água que percola o solo vai lixiviando os materiais junto a esse (PIUCI e FENZL, 1981). O fato da área de estudo apresentar um lençol freático muito próximo a superfície faz com que este se torne mais suscetível a contaminação, seja ela natural ou antrópica, já que a água que infiltra rapidamente chega ao aquífero. Os demais pontos em que foram feitas coletas neste bairro não apresentaram alteração na concentração de ferro em suas águas, isto pode ser explicado pois alguns destes residentes, em geral os mais antigos, utilizam a água que é captada por um único poço de propriedade do loteador dos terrenos, que a distribui para estas residências. Provavelmente o poço, neste caso, é mais profundo.



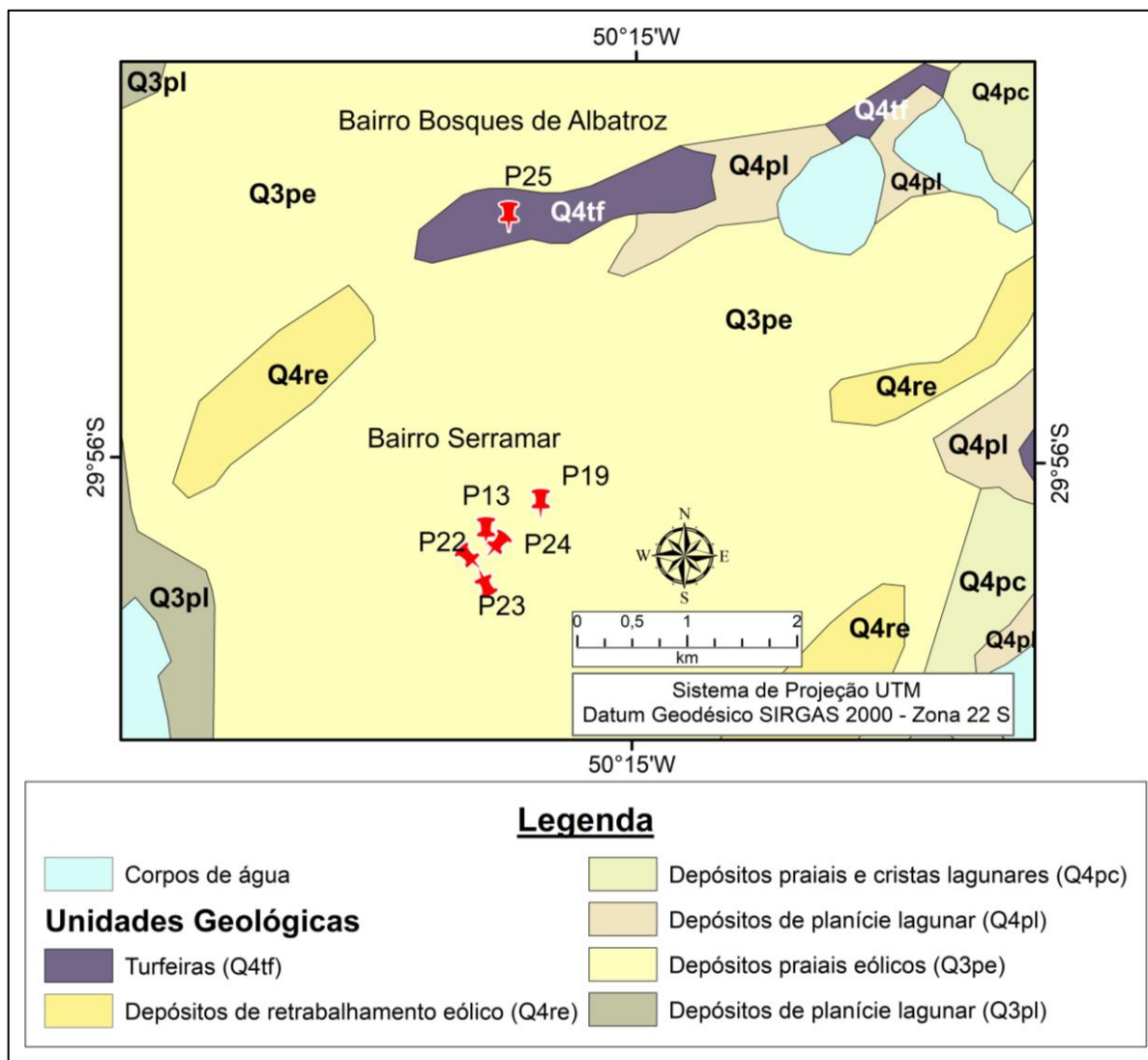
Figura 19 – Indicação dos pontos onde a água subterrânea utilizada se encontra com concentrações de ferro acima do VMP pela legislação pertinente e os aquíferos encontrados no município de Osório.



Fonte: Autora (2020).

Ao comparar os pontos com concentração de ferro acima do VMP com as unidades geológicas do município, observa-se que todos estão localizados na unidade depósitos praias eólicos (Q3pe) (Figura 17).

Figura 20 - Mapa geológico do município de Osório e suas unidades geológicas, apresentando os pontos onde as concentrações de ferro estiveram dentro do VMP (triângulos em verde) e os pontos onde as concentrações de ferro excederam o VMP (alfinetes em vermelho).



Fonte: Autora (2020).

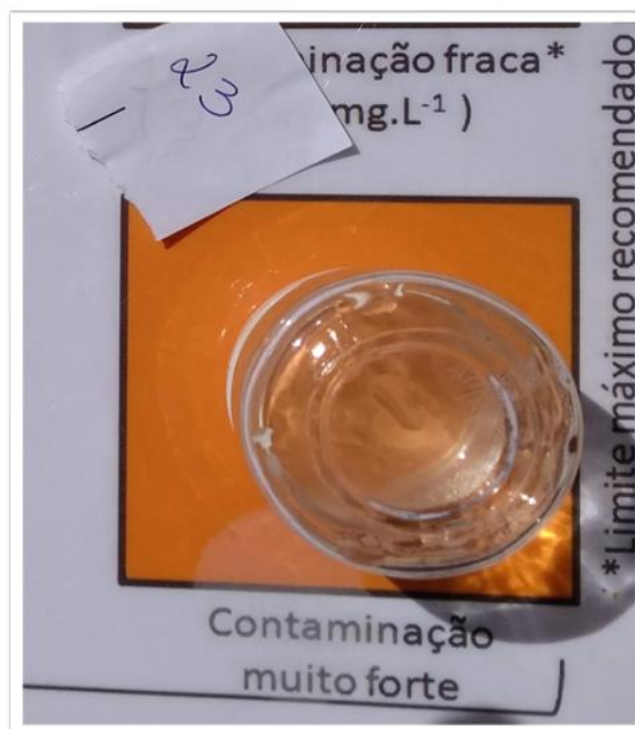
O ponto P25 fica localizado no bairro Bosques de Albatroz e na porção noroeste, fronteiro ao terreno onde se localiza este ponto, há uma significativa área de banhado (unidade geológica turfeira, Q4tf), que serve de espaço para confinamento de gado em alguns períodos do ano. Regiões húmicas, onde há uma intensificação do metabolismo animal e vegetal, são regiões que favorecem o enriquecimento das águas subterrâneas em ferro, uma vez que estas atividades biológicas acidificam o solo aumentando a solubilidade de elementos metálicos, e a água que percola o solo vai lixiviando os materiais junto a esse (PIUCI e FENZL,

1981). O fato da área de estudo apresentar um lençol freático muito próximo a superfície faz com que este se torne mais suscetível a contaminação, seja ela natural ou antrópica, já que a água que infiltra rapidamente chega ao aquífero. Os demais pontos em que foram feitas coletas neste bairro não apresentaram alteração na concentração de ferro em suas águas, isto pode ser explicado pois alguns destes residentes, em geral os mais antigos, utilizam a água que é captada por um único poço de propriedade do loteador dos terrenos, que a distribui para estas residências. Provavelmente o poço, neste caso, é mais profundo.

Os pontos P22, P23 e P24 estão localizados no bairro Serramar, onde os moradores do bairro tem solicitado à prefeitura municipal a instalação de um poço comunitário profundo, que capture água de aquíferos confinados, mais protegidos. Ao todo foram sete pontos de coleta para este bairro, dos quais em apenas dois as concentrações encontradas foram muito fracas ou sem concentração durante as 4 coletas, os demais pontos obtiveram concentrações de ferro fraca, média, forte ou muito forte em uma ou mais coletas. Com exceção de P13 e P19 que possuem reservatório para armazenamento da água subterrânea captada, os demais pontos consomem a água retirada diretamente do aquífero. A limpeza frequente dos reservatórios de água auxiliam na remoção do lodo ferruginoso acumulado o que reduz a concentração de ferro na água consumida, concomitante a isso, a utilização de filtros portáteis com vela cerâmica acabam por remover o ferro e outros resíduos que a água possa conter (BAUMGARTEN *et al.*, 2014)).

No ponto P23, a primeira coleta feita foi por indicação de alguns moradores do bairro que informaram que na residência a água saia com coloração ferruginosa muito forte e com forte odor e para esta primeira coleta a concentração de ferro se mostrou muito fraca. Porém no dia da coleta, foi observado que o vaso sanitário, pia e parede do chuveiro se encontravam completamente manchados (Figura 9). Durante a segunda coleta, fomos informados que a moradora havia mudado de residência, pois não conseguia mais conviver com os problemas causados pelo elevado teor de ferro na água utilizada: odor no corpo após tomar banho, as manchas em tecidos, que a impediam de adquirir e utilizar roupas brancas, assim como a indisponibilidade de água para beber e cozinhar, por conta do elevado odor. Na 3ª e 4ª coletas a residência estava novamente habitada e a concentração de ferro encontrada, para ambas, demonstrou-se muito forte, conforme mostrado na cartela comparativa (Figura 21).

Figura 21 - Concentração avaliada para P23 durante C3, onde se pode verificar a contaminação por ferro sendo muito forte.



Fonte: Autora (2019)

O ponto P22, para as 3 coletas feitas, apresentou concentração muito forte de ferro em suas amostras e um valor de pH que variou entre 5,0 e 5,6. Durante C3 foi observado que os residentes passaram a utilizar filtro de barro com vela cerâmica. A análise comparativa da água utilizada em P22 sem filtragem e após a filtragem (Figura 22), neste estudo, revelou a eliminação do ferro, e regulação do nível de pH. Quando esta foi realizada na água sem filtragem demonstrou uma concentração de ferro muito forte (5) e o pH foi medido em 5,2. Quando a análise foi feita na água coletada do filtro de barro não foi identificada concentração de ferro na amostra e o pH foi medido em 7,4, ficando este dentro do recomendado pela legislação pertinente (6,0 - 9,5), demonstrando possível influência do filtro de barro. Baumgarten *et al.* (2014) observaram que a utilização de filtro portátil com vela cerâmica se mostrou eficiente na remoção do ferro, podendo ser esta uma solução simples a ser adotada para adequação da água consumida.

Os elevados teores de ferro encontrados em alguns pontos coletados estão em conformidade com pesquisas de outros autores na Planície Costeira do Litoral Norte do RS (KOLLER e REGINATO, 2017) e no município de Osório (SOARES, 2016). O município se encontra inserido sobre depósitos pleistocênicos laguna-

barreira II e III, e depósitos holocênicos laguna-barreira IV (TOMAZELLI e VILLWOCK, 2000), sendo o primeiro e segundo sistemas caracterizados por depósitos de planície lagunar e praias eólicas, e o último sistema apresenta depósitos de planície lagunar, praias e cristas lagunares, eólicas, de retrabalhamento e de turfeira. Nestes sistemas, em geral, é comum a ocorrência de concreções carbonáticas ou ferruginosas. Os sedimentos que constituem o solo desta região são compostos por areia de granulometria variada (média, fina, muito fina, areno-argilosas, siltico-argilosas), rica em matéria orgânica (Sistema Laguna-Barreira III). Em determinadas camadas do solo pode ocorrer intercalações de sedimentos arenosos, siltico-argilosos com lama orgânica (SOARES, 2016). Lentes de material argiloso criam condições para ocorrência de aquíferos semiconfinados, mais protegidos que aquíferos livres, contra eventuais contaminantes. Estas características da planície costeira e sedimentos que constituem o solo da região participam na caracterização físico-químicas dos aquíferos presentes. Isto possibilita entender as altas concentrações de ferro encontradas para alguns pontos de coleta.

Figura 22 - Análise da água consumida pelos moradores de P22. Na imagem à direita inferior, podemos verificar a concentração muito forte causada pelo excesso de ferro na água captada pelo poço, e na imagem à direita superior, observa-se a ausência de ferro na água retirada do filtro. A imagem à esquerda é do filtro utilizado na residência.



Fonte: Autora (2019).

Contudo, o que pode gerar concentrações acima do VMP bem próximas de locais com concentrações baixas? Um dos fatores pode ser a profundidade do aquífero. O ponto P25 possui dois poços, o mais antigo com profundidade de 14 metros e mais novo com profundidade de aproximadamente 17 metros, conforme informou a moradora. O segundo poço foi perfurado na tentativa de captar água com melhor qualidade. Conforme relato da residente, a água era inadequada para tomar banho devido ao forte odor, e não era utilizada no preparo de alimentos e nem para beber. As coletas foram feitas no poço mais novo, que abastece a residência. Outros pontos vizinhos abastecem suas residências com água de um poço mais profundo, 24 metros segundo informaram os moradores, e para a água destas residências as concentrações de ferro foram muito fracas ou sem concentração.

Outro fator pode estar relacionado com as residências que retiram água diretamente do poço e as residências que possuem caixa d'água. A utilização da caixa d'água permite a aeração da água e precipitação do ferro. Com limpezas periódicas, o teor de ferro pode diminuir consideravelmente.

#### 4.5 RELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS

Foi realizada uma análise de correlação entre os parâmetros (ferro, pH, condutividade e temperatura), visando verificar a influência de alguma característica sobre outros resultados, com, por exemplo, a relação do pH com o ferro, pois quanto mais ácido o meio, maior a solubilidade do ferro em água. Assim como a relação entre ferro e condutividade, como um indicador de salinidade, visto que há relação entre ambos. Contudo, não foram encontradas correlações significativas ( $r > 0,95$ ) com nenhuma das variáveis testadas, nem com a precipitação acumulada no mês anterior a coleta ou com a profundidade do poço.

#### 4.6 ORIENTAÇÕES AOS MORADORES

Dos 25 pontos de coleta no município, a maioria não apresentou concentração por ferro que causasse algum tipo de transtorno aos seus consumidores, pelo menos durante as análises realizadas e considerando os relatos dos moradores. Entretanto, seis pontos apresentaram, em ao menos uma

das coletas, valores de concentração de ferro acima do VMP. Destes seis pontos 4 apresentaram de 50 a 75% das coletas com concentração forte ou muito forte. Somado a isso os residentes descreviam o quanto era difícil residir em um ambiente onde o bem mais necessário não era passível de consumo sem algum tipo de tratamento ou pela utilização de outros recursos, como a aquisição de água mineral para beber e para o preparo das refeições (o que gerava custo extra ao longo do mês). Nestes casos, a água do poço destinava-se apenas para banheiro e limpeza em geral, excluindo a lavagem de roupas claras, pois estas acabavam manchadas.

Os resultados gerados foram apresentados para os moradores das residências no momento das análises. Para os moradores que apresentaram valores elevados de ferro, foram passadas as seguintes instruções:

- Utilização de caixa de água na qual a água retirada do poço fique armazenada, e pela ação da oxigenação do ar, permita a floculação e precipitação do ferro. Esta deve passar por limpeza periódica, ao menos, a cada 6 meses. Tal medida auxilia na redução dos problemas estéticos decorrentes do excesso de ferro, como o surgimento de manchas de louças, aparelhos sanitários, máquinas, roupas, acúmulo de lodo férrico em chuveiros, encanamento entre outros.
- Adicionalmente, utilização de filtro de barro com vela cerâmica (sistema de filtragem interna ao filtro) com tripla ação de filtragem, indicada para quem utiliza água de poços sem tratamento prévio. Este sistema reduz os níveis de ferro, além de aumentar o pH da água.

## 5 CONCLUSÃO

As análises feitas através da utilização do kit analítico, proposto por Baumgarten *et al.* (2014), se mostraram eficientes na identificação das concentrações de ferro, nas águas utilizadas para consumo humano. O resultado foi gerado de forma imediata a coleta da amostra, possibilitando informar os usuários da qualidade da água utilizada em poucos minutos, no local. Os demais parâmetros verificados também tiveram seus resultados revelados no local da coleta.

Com este estudo foi possível verificar que, apesar de apenas 6 poços estarem com concentrações de ferro acima do VMP, contudo, 21 poços apresentaram suas águas com valores de pH inferiores ao recomendado como padrão de potabilidade em uma ou mais coletas. Tais valores estão de acordo com estudos pretéritos para os aquíferos da região. Contudo, o presente estudo amostrou pontos de água subterrânea em bairros no município de Osório não abrangido por estudos anteriores, complementando dados sobre as águas utilizadas para consumo no município.

Não foi possível observar correlação significativa entre os parâmetros estudados, e também com a precipitação. Desta forma, as concentrações de ferro acima do VMP decorrem, provavelmente, da litologia local.

O trabalho se mostrou interessante como ferramenta de divulgação do conhecimento sobre a qualidade das águas da qual a população está se servindo, especialmente quanto ao ferro e ao pH. Apesar do ferro dar indícios à população quando em concentrações elevadas, o pH não. Em associação, foi possível divulgar maneiras simples para contornar o problema de qualidade observado. A adoção de medidas de solução alternativa, pela comunidade desassistida de abastecimento público, serve para minimizar os problemas decorrentes da ingestão de águas com padrões inadequados de potabilidade.

Para estudos futuros, sugere-se que sejam feitas mais análises, em diferentes bairros, com coleta de água em dois pontos por residência, logo após a captação por poço, sem passar por filtros ou caixas de água, e, em seguida, após caixa de água e filtro. Além disso, atenção maior deva ser dada à profundidade dos poços, visto a possível relação da profundidade com os teores de ferro. Já que no presente estudo, muitos moradores não sabiam a profundidade do poço utilizado.



## REFERÊNCIAS

- ARIGONY, Ana Lúcia Vargas. Avaliação do efeito do micronutriente ferro (Fe) na viabilidade celular e estabilidade genômica de culturas celulares de fibroblasto pulmonar (MRC5) e hepatocarcinoma (HepG2) humanos. 2013. Tese (Doutorado em Ciências) Programa de pós-graduação em Biologia Celular e Molecular. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 15 p.
- BARRETO, P.R.; GARCIA, C.A.B. Caracterização da qualidade da água do açude Buri - Frei Paulo/SE. Scientia Plena, v.6, n.9, 2010.
- BARRETT, K.E.; et al. Fisiologia Médica de Ganong. 24. Ed. Porto Alegre: AMGH, 2014, 752p.
- BARROS, A. R. B. et al. Remoção de íons metálicos em água utilizando diversos adsorventes. 2001.
- BARRUFI, Charlott. Análise da qualidade das águas subterrâneas do aquífero livre utilizadas para abastecimento no bairro Parque Emboaba do município de Tramandaí/RS. Osório, RS. 2017. Monografia (especialização em Meio Ambiente e Biodiversidade) - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - Osório, 2017.
- BAUMGARTEN, M.G.Z.; PAIVA, M.L.; RODRIGUES, H.R.S. Kit analítico simplificado: uma ferramenta para avaliação massiva da qualidade da água subterrânea. Águas Subterrâneas, v. 28, n. 2, 2014.
- BAUMGARTEN, M.G.Zepka; PAIVA, M.L.; RODRIGUES, H.R.S. A extensão universitária atuando na avaliação e na melhoria da qualidade da água subterrânea consumida por comunidade carente de água potável. Experiência. Revista Científica de Extensão, v. 1, n. 1, 2015.
- BAUMGARTEN, M.G.Z. et al. "Vamos conversar sobre a água da Ilha dos Marinheiros?": um mini-curso de educação ambiental para estudantes do ensino fundamental de uma comunidade com problemas de água potável (Rio Grande/RS). Ambiente & Educação, v. 22, n. 2, p. 262-282, 2017.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente, Resolução Nº 357 de 17 de março de 2005. Disponível em:  
<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> Acesso em 12 nov. 2019.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente, Resolução Nº 396 de 03 de abril de 2008. Disponível em:  
<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> Acesso em 28 nov. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. 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. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 de dez. de 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. 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. Brasília, DF, 28 de set. de 2017.

CAICEDO, Nelson Luna. Hidrogeologia do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. Águas Subterrâneas, n. 1, 1998.

CAICEDO, N.L. Águas subterrâneas, p.289-333. In: TUCCI, C.E.M. (Org). Hidrologia: Ciência e Aplicação. 2. ed. Porto Alegre: EDUFRGS, 1997, 944p.

CASTRO, D. de; MELLO, R.S.P. (Org.). Atlas ambiental da bacia hidrográfica do Rio Tramandaí. 2.ed.rev. e atualizada. Porto Alegre: Via Sapiens, 2019, 180p.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Portal SIAGAS. Sistema de informação de águas subterrâneas – SIAGAS. Base de dados atualizada em 08 out. de 2020. Disponível em: < <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/index.php> >. Acesso em: 19 out. 2020.

FOSTER, Stephen et al. Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. The World Bank, 2002.

GOMES, M.C.R.; CAVALCANTE, I.N.; SILVA, M.P. Análise Qualitativa das Águas Subterrâneas de Fortaleza, Ceará. Estudos Geológicos, v. 26, p. 62-76, 2016.

I B G E. CIDADES. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/osorio/panorama>>. Acesso em: 19 out. 2020.

KOLLER, Débora Karine; REGINATO, Pedro Antonio Roehle. Avaliação do risco à saúde humana por meio do consumo de água subterrânea contendo metais, na zona rural do município de Palmares do Sul (RS). Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (22.: Florianópolis, 2017). Anais [recurso eletrônico].[Porto Alegre: ABRH, 2017], 2017. disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/173859>>. Acesso em: 04 nov. 2020.

LIMA, I. V.; PEDROZO, M. F. Ecotoxicologia do ferro e seus compostos. Salvador: CRA, 2001.

MADEIRA, V.S. Desenvolvimento de um carvão adsorvente para remoção de íons ferro em águas naturais. 2003. Dissertação Mestrado. UFSC, Centro Tecnológico, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Florianópolis, 2003

MELO, M.; COSTA, B.; DE AQUINO, O. Remoção de Ferro e Sílica de Água Subterrânea visando geração de vapor: estudo de caso. Águas Subterrâneas, 2008.

MENEZES, Maria Amélia Souza. Ferro-bactérias em água subterrânea: estudo de casos no Ceará. 1992. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992. doi:10.11606/D.44.1992.tde-05102015-143452. Acesso em: 22 out. 2020.

MESTRINHO, S.S.P. Geoquímica das águas subterrâneas, p.359-379. In: FEITOSA, F. A. C.; et al. (Org.). Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações - organização e coordenação científica. 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM, LABHID, 2008.

MORUZZI, R.B.; REALI, M.A.P. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial: Uma abordagem geral. Revista de Engenharia e Tecnologia, São Paulo, v. 4, n. 1, 2012.

PAIM, Rosana Alves. Avaliação da qualidade da água subterrânea de poços ponteira no município de Osório, RS. 2018. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre, 2018.

PIUCI, J.; FENZL, N. Ocorrência, consequência e remoção do ferro nas águas subterrâneas. Revista Águas Subterrâneas, v. 4, n. 1, 1981.

PRÁ, Daniel. Ferro e estabilidade genômica: uma análise nutrigenômica dos efeitos da deficiência e da sobrecarga. Tese de Doutorado, UFSC. 2008.

PRESS F., SIEVER R., GROTZINGER J., JORDAN T.H. 2006. Para entender a Terra. 4 ed., Trad. R. Menegat, P.C.D. Fernandes, L.A.D. Fernandes, C.C. Porcher. Porto Alegre, Bookman, 656p.

REBOUÇAS, A. C. Água Doce no Mundo e no Brasil, p.01-37. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Org.). Águas Doce no Brasil: capital ecológico, uso e conservação - organização e coordenação científica. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo, 2002a.

REBOUÇAS, A. C. Importância da água subterrânea, p.13-29. In: FEITOSA, F. A. C.; et al. (Org.). Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações - organização e coordenação científica. 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM, LABHID, 2008.

REGINATO, P. A.R.; AHLERT, S.; SCHNEIDER, V.E. Caracterização hidroquímica do sistema aquífero Serra Geral na região nordeste do Rio Grande do Sul. Águas Subterrâneas, v. 27, n. 1, 2013.

REGINATO, P.A.R.; MICHALSKI, E.Z.; PAIM, R.A. Água subterrânea, p.209-218. In: SCHÄFER, A.; LANZER, R.; SCUR, L. (Org.). Atlas socioambiental do município de Osório. Caxias do Sul: EDUCS, 2017, 237p.

ROCHA, J.C.; ROSA, A.H.; CARDOSO, A. A. Introdução à química ambiental. Artmed Editora, 2009. APA

SANTOS, A.C. Noções de hidroquímica, p.325-357. In: FEITOSA, F. A. C.; et al. (Org.). Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações - organização e coordenação científica. 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM, LABHID, 2008.

SCHÄFER, A.; LANZER, R.; SCUR, L. Atlas socioambiental: municípios de Cidreira, Balneário Pinhal e Palmares do Sul. EDUCS, Caxias do Sul, 2013.

SILVA, Cláudia Russo da. Áreas potenciais para o aterro de resíduos sólidos industriais classe II A: o caso do município de Osório/RS. 2011. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre, 2011.

SILVEIRA, A.L.; LOUZADA, J.A.; BELTRAME, L.F. Infiltração e armazenamento no solo, p.335-372. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). Hidrologia: Ciência e Aplicação. 2. ed. Porto Alegre: EDUFRGS, 1997, 944p.

S I O U T. R S. Disponível em:< <https://www.siout.rs.gov.br/consulta/#/>>. Acesso em: 19 out. 2020.

SOARES, Alice Dutra. Caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica das águas subterrâneas do município de Osório, RS. 2016. Monografia (Graduação em Geologia). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre, 2016.

TOMAZELLI, L.J. & VILLWOCK, J.A. 2000. O Cenozóico Costeiro do Rio Grande do Sul. In: HOLZ, M. & DEROS, L.F. (eds.). Geologia do Rio Grande do Sul. P. 375 - 406.

TROIAN, G.C.; GOFFERMANN, M.; FREITAS, M.A. Monitoramento qualitativo do aquífero costeiro no litoral norte do estado do Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas, 18, 2014, Belo Horizonte.

SADAVA, D.; et al. Vida: a ciência da biologia. 8. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. Vol. III, 2009.