

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA EM
FREDERICO WESTPHALEN
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

Milena Braitenbach Moura

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CONSUMO HUMANO
EM PROPRIEDADES RURAIS DO MUNICÍPIO DE CONDOR - RS**

Frederico Westphalen, RS
2022

Milena Braitenbach Moura

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CONSUMO HUMANO EM
PROPRIEDADES RURAIS DO MUNICÍPIO DE CONDOR - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para obtenção do grau de **Engenheira Ambiental e Sanitarista.**

Orientador: Prof. Dr. Willian Fernando de Borba

Frederico Westphalen, RS
2022

Milena Braitenbach Moura

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CONSUMO HUMANO EM
PROPRIEDADES RURAIS DO MUNICÍPIO DE CONDOR - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheira Ambiental e Sanitarista**.

Aprovado em 09 de agosto de 2022:

Willian Fernando de Borba, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Patrícia Rodrigues Fortes, Dr^a. (UFSM)

Kéli Hofstätter, Eng. Ambiental e Sanitarista (UFSM)

Frederico Westphalen, RS
2022

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Carlos de Oliveira Moura e Rosane Geni Braitenbach Moura, os quais sempre me incentivaram e deram apoio para que alcançasse meus objetivos, vocês são a base de toda a minha vida. Também dedico às minhas irmãs, que se fizeram presentes em todos os momentos dessa trajetória, amo muito todos vocês!

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Carlos de Oliveira Moura e Rosane Geni Braitenbach Moura, por todo apoio, incentivo e força prestados no decorrer de toda a minha trajetória acadêmica. Tudo o que conquistei até hoje é graças a vocês, os quais admiro e amo muito, obrigada por tudo!

Às minhas irmãs, Bianca Braitenbach Moura e Pietra Braitenbach Moura, por estarem comigo em inúmeros momentos, pela motivação e incentivo durante esses anos, amo vocês.

A toda minha família, que sempre me apoiou e amparou nos momentos que precisei.

Ao “Grupo di Jaque”, por ter me acolhido tão bem desde o primeiro ano de graduação, por toda ajuda durante as coletas e análises deste trabalho, agradeço imensamente por ter compartilhado experiências e ter feito amizades que levarei comigo por onde for.

Agradeço a professora Dra. Jaqueline Ineu Golombieski, que desde meu ingresso na graduação me acolheu, aconselhou e apoiou. És um exemplo e fonte de inspiração para mim. Obrigada por todo o auxílio durante a graduação, pela ajuda para a realização deste trabalho e pela amizade construída.

A minha amiga Ingrid Daniela Pacheco Batista, obrigada por ser minha parceira na realização deste trabalho, pelo auxílio, companheirismo, amparo e, principalmente, pela amizade cultivada durante toda a graduação. Gratidão por todo conhecimento e momentos compartilhados contigo.

Às minhas amigas Caroline da Silva Weschenfelder, Gabriela Sousa, Suzane Rodrigues e Tailine Ramos Vieira, por todos os momentos inesquecíveis compartilhados, pela força, apoio e motivação durante todos esses anos, tudo fica melhor quando estou com vocês!

Agradeço ao meu orientador Dr. Willian Fernando de Borba, por todo auxílio, compreensão e conselhos a mim transmitidos, os quais foram de grande importância para minha formação.

À minha banca examinadora, Kéli Hofstätter e Patrícia Rodrigues Fortes, obrigada por toda ajuda, conhecimento transmitido e conselhos, foram de grande importância para a realização deste trabalho.

Aos proprietários rurais, que disponibilizaram suas propriedades para a realização do presente estudo e tornaram este trabalho possível.

Aos demais professores da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* Frederico Westphalen, que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui.

EPÍGRAFE

“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas,
mas ao tocar uma alma humana, seja apenas outra
alma humana”.
Karl Jung

RESUMO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CONSUMO HUMANO EM PROPRIEDADES RURAIS DO MUNICÍPIO DE CONDOR - RS

AUTORA: Milena Braitenbach Moura
ORIENTADOR: Willian Fernando de Borba

A água é fundamental a todos os aspectos da vida, sendo necessário estar potável para o consumo humano, além de ser essencial para o desenvolvimento de diversas atividades antrópicas. Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água de consumo humano em poços de abastecimento de três propriedades rurais do município de Condor – RS. As amostras de água foram coletadas na torneira interligada ao poço de cada propriedade rural, no período de maio a agosto de 2021, uma vez a cada mês. As amostras de água coletadas foram submetidas a análises físicas, químicas e microbiológicas e posteriormente realizada comparação dos resultados encontrados com a Portaria do Gabinete do Ministro/Ministério da Saúde n.º 888 de 2021 e com as determinações da Organização Mundial da Saúde. Constatou-se que as variáveis cor aparente, turbidez, dureza total, fluoreto, nitrito, potencial hidrogeniônico e *Escherichia coli*, se encontravam em conformidade com a legislação vigente. Já as variáveis ferro total e coliformes totais, se apresentaram em desacordo com a legislação, em determinadas propriedades estudadas e em certos períodos. As variáveis condutividade elétrica, temperatura e alcalinidade total também foram avaliadas, mas não apresentaram valores máximos permitidos estabelecidos na legislação vigente. Com relação a análise macroscópica, os três poços estudados apresentaram grau de preservação razoável (C). Para a garantia de consumo de água segura, seria necessário realizar desinfecção através de um sistema de cloração nos poços analisados, bem como maior preservação no entorno dos mesmos, fatores que influenciam diretamente na qualidade da água.

Palavras-Chave: Água Subterrânea. Físico-química. Microbiológica. Poços.

ABSTRACT

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF WATER FOR HUMAN CONSUMPTION IN RURAL PROPERTIES IN THE MUNICIPALITY OF CONDOR - RS

AUTHOR: Milena Braitenbach Moura
ADVISOR: Willian Fernando de Borba

Water is fundamental to all aspects of life, and it is necessary to be drinkable for human consumption, in addition to being essential for the development of various human activities. This study aimed to evaluate the quality of water for human consumption in supply wells of three rural properties in the municipality of Condor - RS. Water samples were collected from the tap connected to the well of each rural property, from May to August 2021, once a month. The water samples collected were subjected to physical, chemical and microbiological analysis and subsequently compared the results found with the Ordinance of the Cabinet of the Minister/Ministry of Health n.º 888 of 2021 and with the determinations of the World Health Organization. It was found that the variables apparent color, turbidity, total hardness, fluoride, nitrite, hydrogenic potential and *Escherichia coli*, were in accordance with current legislation. On the other hand, the variables total iron and total coliforms were in disagreement with the legislation, in certain properties studied and in certain periods. The variables electrical conductivity, temperature and total alkalinity were also evaluated, but did not present maximum values established in the current legislation. Regarding the macroscopic analysis, the three wells studied showed a reasonable degree of preservation (C). In order to guarantee safe water consumption, it would be necessary to carry out disinfection through a chlorination system in the analyzed wells, as well as greater preservation around them, factors that directly influence the quality of the water.

Keywords: Groundwater. Physicochemical. Microbiological. Wells.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Localização geográfica do município de Condor.....	27
FIGURA 2 - Hidrografia do município de Condor.	28
FIGURA 3 - Localização das propriedades rurais.	29
FIGURA 4 - Poço e torneira da propriedade 1.....	30
FIGURA 5 - Poço e torneira da propriedade 2.....	30
FIGURA 6 - Poço e torneira da propriedade 3.....	31
FIGURA 7 - Coleta de amostra de água para análises microbiológicas.	32
FIGURA 8 - Processamento das amostras.	33

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Métodos utilizados para as análises físico-químicas e microbiológicas.	33
QUADRO 2 - Quantificação da análise dos parâmetros macroscópicos.	34
QUADRO 3 - Classificação quanto ao grau de preservação dos pontos de coleta.	35
QUADRO 4 - Resultados da análise macroscópica e grau de preservação no entorno dos poços de cada propriedade rural.....	36

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Média dos valores de cor aparente (uH) obtidos durante os meses de estudo.	39
TABELA 2 - Média dos valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) obtidos durante os meses de estudo.	39
TABELA 3 - Média dos valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) obtidos durante os meses de estudo. .	41
TABELA 4 - Média dos valores de turbidez (uT) obtidos para os meses estudados.	42
TABELA 5 - Média dos valores de alcalinidade total ($\text{mg}/\text{L CaCO}_3$) obtidos durante os meses de estudo	43
TABELA 6 - Média dos valores de dureza total ($\text{mg}/\text{L CaCO}_3$) obtidos durante os meses de estudo.	45
TABELA 7 - Média dos valores de ferro total (mg/L) obtidos durante os meses de estudo. .	46
TABELA 8 - Média dos valores de fluoreto (mg/L) obtidos durante os meses de estudo.	46
TABELA 9 - Média dos valores de nitrito (mg/L) obtidos durante os meses de estudo.	47
TABELA 10 - Média dos valores de pH obtidos durante os meses de estudo.	48
TABELA 11 - Quantificação das variáveis microbiológicas (NMP/100 mL) durante os meses de estudo.	50

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1.	OBJETIVOS	14
1.1.1.	Objetivo geral	14
1.1.2.	Objetivos específicos	14
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1.	RECURSOS HÍDRICOS.....	15
2.2.	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E AQUÍFEROS	15
2.3.	CICLO HIDROLÓGICO	17
2.4.	CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS	18
2.5.	DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA	19
2.6.	QUALIDADE DA ÁGUA	19
2.7.	LEGISLAÇÕES VIGENTES PARA ÁGUAS DESTINADAS AO CONSUMO HUMANO	20
2.8.	ANÁLISE MACROSCÓPICA	20
2.9.	VARIÁVEIS DA QUALIDADE DA ÁGUA	21
2.9.1.	Variáveis físicas	21
2.9.1.1.	Cor aparente.....	21
2.9.1.2.	Condutividade elétrica.....	21
2.9.1.3.	Temperatura.....	22
2.9.1.4.	Turbidez.....	22
2.9.2.	Variáveis químicas.....	23
2.9.2.1.	Alcalinidade total.....	23
2.9.2.2.	Dureza total.....	23
2.9.2.3.	Ferro total	24
2.9.2.4.	Fluoreto.....	24
2.9.2.5.	Nitrito	24
2.9.2.6.	Potencial hidrogeniônico (pH).....	25
2.9.3.	Variáveis microbiológicas	25
2.9.3.1.	Coliformes totais e <i>Escherichia coli</i>	25
3.	MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	27
3.1.1.	Localização dos poços analisados.....	29

3.2. COLETA DAS AMOSTRAS.....	31
3.3. ANÁLISE MACROSCÓPICA	34
3.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1. ANÁLISE MACROSCÓPICA	36
4.2. VARIÁVEIS FÍSICAS.....	38
4.2.1. Cor aparente	38
4.2.2. Condutividade elétrica.....	39
4.2.3. Temperatura.....	40
4.2.4. Turbidez.....	41
4.3. VARIÁVEIS QUÍMICAS.....	43
4.3.1. Alcalinidade total.....	43
4.3.2. Dureza total.....	44
4.3.3. Ferro total.....	45
4.3.4. Fluoreto	46
4.3.5. Nitrito.....	47
4.3.6. Potencial hidrogeniônico (pH).....	48
4.4. VARIÁVEIS MICROBIOLÓGICAS	49
4.4.1. Coliformes totais e <i>Escherichia coli</i>	49
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
REFERÊNCIAS	53

1. INTRODUÇÃO

A água é indispensável a todos os aspectos da vida e é o elemento básico para a sobrevivência do ser humano e de todos os seres existentes. E se tratando disso, ela precisa estar potável para o consumo humano, livre de contaminação e patógenos que possam vir a prejudicar a saúde (MELLO; OLIVO, 2016).

De acordo com Tsutiya (2010), o planeta Terra possui aproximadamente 1,5 bilhão de quilômetros cúbicos de água, sendo que 70% da extensão superficial da mesma é água, desses 70%, apenas 2,7% é água doce potável para o consumo humano, e ainda, a maior parte dessa água doce está presente na forma de geleiras. O autor ainda diz que, a água subterrânea é aproximadamente 0,7%, sendo que as águas superficiais são em torno de 0,007%, na forma de rios e lagos. Levando em conta a baixa disponibilidade de água doce, somado à poluição e contaminação da água em grandes cidades, em torno de dez milhões de pessoas acabam morrendo a cada ano por conta da ingestão de água imprópria para consumo humano (TSUTIYA, 2010).

Segundo Kuhn *et al.* (2015), o Brasil dispõe de uma das maiores reservas de água superficiais do planeta, além de possuir mananciais subterrâneos expressivos. As águas subterrâneas se tornaram fontes acessíveis e muitas vezes próprias para o consumo humano sem nenhum tipo de tratamento, pelo fato de estarem mais distantes da superfície e ainda possuem o solo que auxilia no processo de filtragem de contaminantes (HELLER; PÁDUA, 2010).

Classificadas comumente com excelente qualidade e ademais os aquíferos possuem capacidade de degradar substâncias contaminantes que possam vir a infiltrar no solo, dependendo da intensidade da contaminação. Sobretudo, após o avanço da urbanização e demais atividades antrópicas, a contaminação de aquíferos e águas subterrâneas têm se intensificado ao longo dos anos (HIRATA *et al.*, 2019).

Segundo Braga *et al.* (2018), a ocorrência de contaminação nas águas subterrâneas pode suceder de fontes resultantes de atividades antrópicas, bem como da exploração desenfreada de água. Além disso, segundo os autores, ausência de proteção nos poços ocasiona em alto risco de poluição, ou seja, a vedação evita a entrada de contaminantes no aquífero.

Segundo Coelho *et al.* (2017), em lugares onde o saneamento básico é ineficiente, pode haver ocorrência das doenças de veiculação hídrica, causada pela contaminação da água por dejetos, ou do contato com esgotos lançados em locais inapropriados. De acordo com Mello e Olivo (2016), com o passar dos anos ocorreram mudanças, e as águas subterrâneas tornaram-se

uma das principais fontes de abastecimento de água, pois a população passou a se preocupar com a disseminação desenfreada de poluição e doenças em mananciais.

Portanto, fica claro a necessidade de avaliar as variáveis da qualidade de água em poços profundos de propriedades rurais, essas que geralmente carecem de tratamento adequado e estão suscetíveis à contaminação e conseqüentemente, a veiculação de doenças. E este será o tema a ser tratado neste trabalho de conclusão de curso, sendo que serão avaliadas amostras de água retiradas de poços de três propriedades rurais do município de Condor – RS. Após, foram realizadas análises físicas, químicas e microbiológicas do material amostrado e os resultados deste estudo serão discutidos ao longo do texto.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Avaliar a qualidade da água de consumo humano em poços profundos de abastecimento de três propriedades rurais do município de Condor – RS.

1.1.2. Objetivos específicos

- Avaliar as variáveis físicas, químicas e biológicas de três poços profundos da zona rural do município de Condor - RS;
- Fazer a análise macroscópica no entorno dos poços a fim de verificar a conservação dos mesmos; e
- Comparar os resultados obtidos com a legislação vigente brasileira e a mundial, por meio da Organização Mundial da Saúde.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica irá apresentar, de maneira sucinta, as principais informações relacionadas aos recursos hídricos, como a qualidade da água, abrangendo as águas subterrâneas, que participam do ciclo hidrológico e podem servir de veículo de transmissão de doenças. Dessa forma, a legislação vigente determina valores máximos permitidos para as variáveis da qualidade da água, que podem ser físicas, químicas e biológicas. As variáveis abordadas neste trabalho serão mencionadas no decorrer da presente revisão bibliográfica, assim como a análise macroscópica realizada no entorno dos poços.

2.1. RECURSOS HÍDRICOS

Os recursos hídricos são toda água que vem da superfície da terra ou subsuperfície, responsáveis por satisfazer necessidades de subsistência, sendo também destinados para usos ou atividades antrópicas. Para sua utilização, é necessário que esse recurso esteja disponível, sendo ele rio, lago, lagoa, lençol freático, etc (EMBRAPA, 2021). Dessa forma, os recursos hídricos compõem um bem natural e renovável, tendo seu volume relativamente constante no decorrer dos anos, mas a distribuição varia de acordo com a região e estações climáticas, bem como devido as alterações causadas no meio ambiente (HELLER; PÁDUA, 2010).

Segundo Soldera (2017), a deficiência na gestão e a falta de gerenciamento dos recursos hídricos tem relação direta com a crise hídrica vivenciada nos dias atuais. Ainda de acordo com o autor, em áreas onde a água é utilizada de forma excessiva, é comum que a poluição chegue até os recursos hídricos, e águas superficiais e subterrâneas estão ligadas, portanto, precisam ser gerenciadas em conjunto.

O clima influencia no ciclo da água, sendo que qualquer alteração no regime de chuvas pode ocasionar em incidentes hidrológicos, tais como períodos de seca e inundações podendo afetar a disponibilidade dos recursos hídricos (ANA, 2022). No Brasil, a Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA) desempenha a função de estabelecer critérios para elevar a segurança hídrica.

2.2. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E AQUÍFEROS

Segundo Tsutiya (2010), a água subterrânea “ocorre em materiais rochosos consolidados, e em materiais desagregados não consolidados. Qualquer tipo de rocha,

sedimentar, ígnea ou metamórfica, seja consolidada ou não, pode constituir um aquífero se for suficientemente porosa e permeável.”, e os aquíferos “são camadas ou formações geológicas de material poroso e permeável que contém água subterrânea, permitem seu movimento através de seu espaço intersticial e podem fornecê-la em volumes apreciáveis”.

Os aquíferos também são chamados de reservatórios de água subterrânea (MIDÕES *et al.*, 2001).. Se tratando das rochas ígneas, o basalto também compõe bons aquíferos. As rochas metamórficas formam aquíferos pobres, sendo que a água é obtida a partir de fendas e fraturas (TSUTIYA, 2010). O perfil geológico, principalmente, que determina o potencial das águas subterrâneas de uma determinada região (HELLER; PÁDUA, 2010).

De acordo com Hirata *et al.* (2019), as águas subterrâneas correspondem a 97% da água doce e líquida presente no planeta. Dessa forma, representam grande importância no âmbito social e ambiental, sendo fundamental para as atividades urbanas e rurais. Também, fazem parte do ciclo hidrológico vertendo em rios e lagos, garantindo a sobrevivência de ambientes aquáticos. Sendo assim, a principal função ecológica das águas subterrâneas é a descarga em corpos hídricos superficiais. Acerca disso, o que relaciona a água subterrânea com a água superficial é o ciclo hidrológico (SHAMMAS; WANG, 2013).

Ainda segundo Hirata *et al.* (2019), além da excelente qualidade natural, as águas subterrâneas apresentam diversas vantagens, visto que os poços podem ser perfurados em quase todo lugar, ocasião que facilita o progresso de diversas atividades econômicas. Além disso, o poço é uma construção rápida e simples, possuindo vazões estáveis devido ao grande armazenamento de água que os aquíferos possuem.

Segundo Heller e Pádua (2010), a recarga das águas subterrâneas ocorre por meio de parte da chuva que se infiltra no subsolo até as camadas mais profundas, podendo ser por fraturas (no caso de aquíferos fraturados) ou ainda pelo perfil das rochas sedimentares em suas zonas de recarga. Ainda de acordo com o mesmo autor, devido ao aumento na sua exploração, mananciais subterrâneos, vêm sofrendo com a poluição, cada vez mais crescente, ocasionada principalmente por efluentes domésticos, industriais e agrícolas, e, portanto, a exploração desse recurso precisa ser realizada de forma sustentável e racional.

A água subterrânea possui muito mais potencial do que se tem conhecimento técnico, e por esse motivo seu aproveitamento é prejudicado. Porém, na medida em que tecnologias vão sendo desenvolvidas e estudos vão sendo realizados, o aproveitamento e conhecimento acerca das águas subterrâneas tendem a aumentar (TSUTIYA, 2010).

2.3. CICLO HIDROLÓGICO

Se entende como ciclo hidrológico a circulação constante e a distribuição da água sobre o planeta. As etapas básicas são as seguintes: evaporação, precipitação, infiltração, transpiração, escoamentos superficial e subterrâneo (HELLER; PÁDUA, 2010). A água na Terra se encontra em constante mudança de estado físico, bem como de lugar (BRASIL, 2019). Praticamente toda água presente no planeta é proveniente do ciclo hidrológico, no qual a água circula entre o oceano e atmosfera, voltando ao oceano superficial e subterraneamente (FEITOSA *et al.* 2008).

Segundo Feitosa *et al.* (2008), alguns fatores dirigem este ciclo no solo e subsolo, como a ação da gravidade e tipo e densidade da cobertura vegetal, e em águas superficiais agentes climáticos como a temperatura, umidade relativa do ar, ventos e insolação, em certa latitude. O fator responsável pela mudança de estado é a temperatura, que é mantida pelo fenômeno efeito estufa e o movimento de rotação da Terra, e já a radiação solar, a permeabilidade dos solos e das rochas, a inclinação do relevo e a ação da gravidade, promovem o movimento constante, bem como mantém a água no estado líquido nos reservatórios, permitindo que ocorra a precipitação (BRASIL, 2019).

Segundo Shammas e Wang (2013), a radiação solar esquentas as águas superficiais, fazendo com que ocorra a evaporação de parte destas águas, levando uma massa de ar úmido para a atmosfera, e juntamente, a água liberada através da evapotranspiração pelas plantas, e ainda, de modo direto, o gelo e a neve podem sublimar em forma de vapor d'água. De acordo com Feitosa *et al.* (2008), esse vapor precisa ser condensado a fim de ficar líquido ou sólido; as gotas de água precisam se agregar para dar origem as gotas de chuva, e ainda, para que as gotas de chuva não evaporem até chegar ao solo, precisam ter tamanho suficiente para que isso não ocorra.

De acordo com Netto e Fernández (2015), caso a condensação aconteça ao nível do solo, origina a geada ou o orvalho, fator que depende da temperatura do ar. Os autores ainda dizem que, uma parte da precipitação que cai sobre a superfície escoando dando origem as enxurradas e córregos, outra parte é interceptada pela vegetação, pode também infiltrar no solo, e ainda, uma parcela pode retornar aos corpos hídricos. Segundo Heller e Pádua (2010), uma parcela da água que infiltra no solo pode gerar o escoamento subsuperficial, por meio das vertentes e camadas mais externas do solo. Outra parte, irá percolar até encontrar os lençóis subterrâneos em camadas mais profundas.

2.4. CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS

A inserção de substâncias que possam vir a causar alterações que prejudicam o meio o ambiente, bem como o ser humano, é compreendida como contaminação, que acarreta na poluição, sendo assim, os principais contaminantes do ambiente aquático são: matéria orgânica, organismos patogênicos, compostos organossintéticos e os metais pesados (BRASIL, 2006). A maioria dos contaminantes das águas superficiais e subterrâneas são oriundos de produtos industrializados, e as fontes podem ser os esgotos domésticos, efluentes de hospitais e industriais, entre outros (SOARES; SOUZA, 2019).

Feitosa *et al.* (2018) citam algumas fontes de poluição, como aterros sanitários, poços mal construídos e poços escavados (fontes condutoras de água contaminada), as fossas sépticas, aplicações de lodo de estações de tratamento e esterco de animais como fertilizantes, e pesticidas, na qual as substâncias originadas dessas fontes podem vir a contaminar as águas subterrâneas (nitrogênio e fósforo). Nos países em desenvolvimento, por falta de informações e educação ambiental, os esgotos domésticos acabam sendo descartados em locais inapropriados diretamente na superfície do solo e como consequência, ocorre a contaminação do próprio solo e das águas superficiais e subterrâneas (BRASIL, 2019).

O despejo inadequado de esgotos acarreta tanto em problemas ambientais, quanto na saúde de pessoas e animais através da transmissão de doenças ocasionadas por organismos patogênicos presentes nesse esgoto. Em função disso, pode ocorrer mortes e enfermidades por doenças veiculadas através da água, se tornando um problema de saúde pública. Dessa forma, fica claro a importância de se evitar a contaminação da água por esgotos, bem como de animais vetores, como moscas, baratas, e ainda, de alimentos (BRASIL, 2019).

Segundo Vitó *et al.* (2016), a contaminação em zona rural é causada basicamente pela destinação de resíduos sólidos e orgânicos, bem como de esgoto doméstico no meio ambiente e pelo uso de agrotóxicos nas terras agrícolas, sendo que a utilização desses produtos em terras cultivadas faz com que íons penetrem no solo, sendo que alguns destes podem ser tóxicos. Ainda segundo os autores, a água é um solvente universal e carrega esses íons, sendo que quando algum indivíduo ingerir essa água, estará também consumindo essas substâncias que estarão dissolvidas.

2.5. DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA

De acordo com Brasil (2019), as doenças de veiculação hídrica ocorrem principalmente através da ingestão de água contaminada, sendo que a maioria dessas doenças são causadas por microrganismos. Além disso, existem doenças que apesar de não serem transmitidas pela água, tem relação com o seu abastecimento. A falta de higiene e de água suficiente também propagam doenças. Relacionado a isso, se destaca a importância do tratamento de água e o correto abastecimento da mesma, bem como do cuidado com a higiene pessoal (BRASIL, 2019).

De acordo com Heller e Pádua (2010), as doenças associadas ao abastecimento de água são classificadas em dois grupos. No primeiro grupo estão as doenças de transmissão feco-oral, relacionadas a ingestão da água, bem como pela higiene deficiente. São estas: diarreia por adenovírus e rotavírus, poliomielite e hepatite A, E e F, provindas de vírus. São causadas por bactérias: cólera, febre tifoide e paratifoide e infecção por *Escherichia coli*. A amebíase, giardíase e criptosporidíase são ocasionadas por protozoários, e os helmintos causam ascaridíase, enterobíase e tricuriase. O segundo grupo inclui as doenças ocasionadas exclusivamente pela escassez de água. São elas: doenças infecciosas dos olhos e da pele, assim como as doenças transmitidas por piolhos. Ainda, existem as doenças causadas por mosquitos que se reproduzem na água: dengue, febre amarela, malária e filariose.

2.6. QUALIDADE DA ÁGUA

Segundo Feitosa *et al.* (2018), a qualidade da água subterrânea é importante, pois através das características físicas, químicas, biológicas e radiológica que seus usos serão definidos, e, ainda, é determinada pelos seus constituintes e efeitos que eles possam causar. Segundo os autores Richter e Netto (1991), a água possui em sua constituição diversas impurezas provindas do solo – que foi se alterando de acordo com o avanço no setor da indústria e agricultura e com a expansão demográfica, e essas impurezas podem se apresentar de várias formas.

Ainda de acordo com Richter e Netto (1991), as impurezas podem causar alterações em algumas variáveis da qualidade da água, dependendo da concentração e de reações químicas que venham a ocorrer com outras substâncias. Portanto, para utilizar a água para consumo humano, é necessário avaliar a qualidade da mesma, visando o controle e ausência de substâncias e microrganismos que possam vir a causar efeitos fisiológicos prejudiciais, bem como doenças (RICHTER; NETTO, 1991).

De acordo com Von Sperling (2014), a qualidade da água pode ser expressada por meio de parâmetros que refletem suas principais características físicas, química e biológicas. Parâmetros físicos: cor, turbidez, sabor, odor, temperatura. Parâmetros químicos: pH, alcalinidade, acidez, dureza, ferro, manganês, cloretos, nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido, matéria orgânica, micropoluentes orgânicos e inorgânicos. Parâmetros biológicos: organismos indicadores, algas, bactérias. A qualidade de uma determinada água depende de condições naturais e do uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas (VON SPERLING, 2014).

2.7. LEGISLAÇÕES VIGENTES PARA ÁGUAS DESTINADAS AO CONSUMO HUMANO

O Brasil conta com uma ampla legislação ambiental, abrangendo a classificação dos corpos d'água, definida pela Resolução CONAMA, n.º 357, de 17 de março de 2005, a fim de realizar o enquadramento dos mesmos, estabelecendo os usos e critérios de qualidade da água para cada classe, bem como determina os padrões para lançamento de efluentes (BRASIL, 2005). A Resolução CONAMA n.º 430, de 13 de maio de 2011, complementa e altera a mesma (BRASIL, 2011).

Se tratando de padrões de controle de potabilidade de água, a Portaria do Gabinete do Ministro/Ministério da Saúde n.º 888, de 4 de maio de 2021 altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS n.º 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2021). A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017), estabelece os valores máximos permitidos para variáveis físicas, químicas e microbiológicas da qualidade da água. Além disso, seu documento fornece recomendações com relação a mudanças climáticas e riscos microbiológicos, os quais podem implicar em alterações nos regimes de chuva, entre outros padrões da qualidade da água.

2.8. ANÁLISE MACROSCÓPICA

De acordo com a Resolução CONAMA n.º 1/1986, impacto ambiental é definido como qualquer modificação causada por atividades antrópicas que venham a alterar as características físicas, químicas e biológicas do meio ambiente (BRASIL, 1986). A análise macroscópica no entorno dos poços permite identificar possíveis impactos ambientais que possam vir a influenciar na qualidade da água, até o ponto de torná-la imprópria para o consumo (HOFSTÄTTER, 2021).

Segundo Silva *et al.* (2015), a contaminação dos recursos hídricos, geralmente provocada por despejos de dejetos humanos, bem como a não preservação e desmatamento de matas ciliares, torna a degradação ambiental cada vez mais recorrente. Nesse sentido, se torna necessário aplicar ações de mitigação e prevenção dos impactos ambientais, como forma de garantir qualidade de vida para as presentes e futuras gerações. Além disso, o gerenciamento dos recursos naturais de modo racional auxilia neste objetivo.

2.9. VARIÁVEIS DA QUALIDADE DA ÁGUA

2.9.1. Variáveis físicas

Segundo Feitosa *et al.* (2008), as variáveis físicas da qualidade da água representam aspectos estéticos, sendo que valores elevados de certas características podem gerar em consumidores mais exigentes repulsa. Ainda de acordo com os autores, essas características geralmente não são notáveis em águas subterrâneas, com exceção do sabor em razão da presença de sais dissolvidos quando em excesso.

2.9.1.1. Cor aparente

A cor aparente é formada pelo reflexo da luz em coloides, sendo originada em sua maioria por partículas suspensas orgânicas que se fazem presentes no ambiente aquático (LIBÂNIO, 2010). Através dos despejos de resíduos industriais e esgotos domésticos, se dá a origem antropogênica de cor às águas (VON SPERLING, 2014).

Os compostos orgânicos presentes na água que dão origem a cor, podem naturalmente ocorrerem da decomposição da matéria orgânica, sendo que o ferro e o manganês também conferem cor às águas (VON SPERLING, 2014). A cor na água também pode ser causada por ácidos húmicos e taninos, provindos da decomposição de vegetais, não apresentando risco à saúde. Porém, a presença dessa variável pode fazer o consumidor ir em busca de outras fontes de água que possuam melhor aspecto (RICHTER; NETTO, 1991).

2.9.1.2. Condutividade elétrica

A condutividade da água é a capacidade que a mesma apresenta em conduzir corrente

elétrica, e isso ocorre pela presença de íons que se encontram dissociados em uma solução aquosa (ZUIN; IORIATTI; MATHEUS, 2009, apud SANTOS; MOHR, 2014). De acordo com Libânio (2010), a condutividade elétrica ocorre em função, principalmente, de compostos inorgânicos presentes na água que se encontram dissociados em cátions e ânions, como K^+ , Cl^- , Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , e soluções nas quais se apresentam em sua maioria esses compostos, apresentam valores elevados de condutividade. Já quando ocorrem na solução em sua maioria compostos orgânicos que não se dissociam, a condutividade elétrica é baixa (LIBÂNIO, 2010).

A formação geológica do local estudado tem influência nos resultados de condutividade elétrica, e “fontes não pontuais como efluentes, águas de drenagem de sistemas de irrigação e escoamento superficial de áreas agrícolas” (EMBRAPA, 2001). Dessa forma, esta variável pode servir como um indicador de contaminação (CABRAL, 2004).

2.9.1.3. Temperatura

A temperatura representa a intensidade de calor de um corpo hídrico, podendo ser originada naturalmente através da transferência de calor por radiação, condução e convecção, bem como de origem antropogênica por águas de torres de resfriamento e despejos industriais (VON SPERLING, 2014). Nas águas subterrâneas, existem basicamente duas fontes de calor, sendo que a primeira é a radiação solar, que esquentam o solo, e por meio da infiltração da água da chuva, esse calor é transferido para o aquífero; e, o gradiente geotermal, sendo que no Brasil a média é em torno de $30\text{ m}^\circ\text{C}$ (FAVARIN, 2017).

De acordo com Richter e Netto (1991), a importância da determinação da temperatura da água se dá pelo fato de que ela interfere em outras propriedades: as variáveis sabor e odor são intensificadas, há diminuição na solubilidade de gases, bem como pode acelerar reações químicas. Segundo ANA (2022), a temperatura também causa alterações em atividades biológicas, bem como no crescimento de organismos

2.9.1.4. Turbidez

A turbidez expressa a transparência da água, através da quantidade de luz que atravessa a mesma (SANTOS; MOHR, 2014). Segundo Zerwes *et al.* (2015), a medição da turbidez da água é diretamente afetada pelo material sólido em suspensão. Um poço com maior valor de turbidez tem maior valor no campo colorimétrico.

De acordo com Libânio (2010), os compostos que naturalmente produzem a turbidez são a matéria orgânica e inorgânica particulada, microrganismos, e fragmentos de silte, argila e plâncton. A precipitação de carbonato de cálcio em águas duras, óxido de ferro e compostos de alumínio presentes em águas tratadas, também pode originar a turbidez, mas não frequentemente. Quanto menor for a turbidez da água, mais eficaz será a desinfecção da mesma, principalmente para a inativação de vírus (RICHTER; NETTO, 1991).

2.9.2. Variáveis químicas

De acordo com Richter e Netto (1991), as características químicas da qualidade da água são de grande importância sanitária e econômica. Segundo os autores, certas variáveis possibilitam analisar o grau de poluição.

2.9.2.1. Alcalinidade total

Segundo Von Sperling (2014), alcalinidade se refere a capacidade que a água apresenta em neutralizar ácidos, e isso ocorre pela presença de íons que irão reagir com íons hidrogênio. Essa resistência às variações de pH é conhecida como capacidade tampão, sendo que constituem a alcalinidade: bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-) (VON SPERLING, 2014). Segundo Libânio (2010), “na potabilização das águas para consumo humano, a alcalinidade adquire função primordial no êxito do processo de coagulação minimizando a redução muito significativa do pH após a dispersão do coagulante”.

De acordo com Richter e Netto (1991), a alcalinidade não tem influência sanitária, a não ser que esteja colaborando excessivamente na quantidade de sólidos totais. A importância na determinação dessa variável está aliada ao fato de que ela está alusiva a redução de dureza.

2.9.2.2. Dureza total

A dureza está associada a quantidade de cátions de cálcio e magnésio na água, e com menor incidência de cátions de ferro, manganês, estrôncio e alumínio (BRASIL, 2006). A dureza pode ser classificada como temporária ou permanente, sendo que a temporária ocorre pela presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio, por isso também é conhecida como dureza de carbonato, que resiste a ação dos sabões (SANTOS; MOHR, 2014).

De acordo com Brasil (2014), a dureza pode ser classificada como: “mole ou branda: <

50 mg/L de CaCO₃; dureza moderada: entre 50 mg/L e 150 mg/L de CaCO₃; dura: entre 150 mg/L e 300 mg/L de CaCO₃; e muito dura: >300 mg/L de CaCO₃". Há indícios de que o consumo de águas com dureza elevada ajuda para menores ocorrências de doenças cardiovasculares (BRASIL, 2014).

2.9.2.3. Ferro total

Segundo Feitosa *et al.* (2018), o ferro se apresenta em baixos teores nos corpos d'água. Conforme os mesmos autores, em águas subterrâneas a sua ocorrência pode estar relacionada à presença de ferrobactérias, ou devido a corrosão do revestimento ou filtro do poço. Esse elemento se origina através da dissolução de compostos de solos e rochas se apresenta na forma insolúvel (Fe⁺³) e dissolvida, que é encontrado em poços artesianos, bem como no fundo de reservatórios e lagos onde não apresentam concentrações de oxigênio dissolvido (LIBÂNIO, 2010). Segundo Richter e Netto (1991), o ferro pode causar sabor amargo na água e uma coloração amarelada e turva, gerando manchas em roupas. Portanto, sua limitação está associada a razões estéticas.

2.9.2.4. Fluoreto

Segundo Santiago (2010), o flúor é um elemento abundante na superfície terrestre, mas não se encontra livre por ser bastante reativo. Quando encontrado na forma HF (ácido fluorídrico) o pH pode se apresentar ácido. Assim, o flúor é adicionado na água para ser consumido pela população por ser fundamental para a saúde humana, estando presente na composição dos ossos e dentes, porém em excesso pode causar fluorose dentária (SANTIAGO, 2010).

2.9.2.5. Nitrito

O presente composto se apresenta de forma bastante instável, na qual ocorre a oxidação da amônia em nitrito, e após, em nitrato, sendo que é indicador de poluição das águas podendo ser de grande importância em estudos relacionados, e dificilmente ultrapassa o valor de 0,1mg/L em águas subterrâneas (METCALF; EDDY, 2016). O nitrito é resultado de estados de oxidação do nitrogênio, o qual é formado pelo processo de nitrificação (FEITOSA, et al. 2008).

Conforme Brasil (2014), se estiver em altas concentrações, o nitrito pode causar em

bebês a doença da metaemoglobinemia, a qual dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea, já em adultos isso não ocorre, pois, a atividade metabólica interna impede a conversão do nitrato em nitrito. Portanto, é necessário que seja removida totalmente a amônia que se faz presente em águas brutas na estação de tratamento de água (BRASIL, 2006).

2.9.2.6. Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH ou potencial hidrogeniônico expressa a intensidade de acidez ou alcalinidade em soluções aquosas, em uma faixa que varia de 0 a 14. O pH é considerado ácido quando se encontra abaixo de 7, portanto, quanto mais próximo de 0, mais ácido o meio se encontra e acima de 7 se considera básico, então, quanto mais próximo de 14, mais alcalino está o meio. A neutralidade da solução é atingida quando o pH é igual a 7 (SANTOS; MOHR, 2014).

De acordo com Von Sperling (2014), os sólidos e gases dissolvidos são responsáveis pela intensidade de acidez ou alcalinidade, podendo ser naturalmente oriundos da dissolução de rochas, da absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica, e, ainda, da fotossíntese. Ainda segundo o mesmo autor, a origem antropogênica ocorre através de despejos domésticos e industriais. Se tratando de saúde humana, o pH só afeta a pele e olho com irritação se estiver em um valor extremamente alto ou baixo. Se o pH não expressar o valor 7, ou seja, não estiver neutro, pode vir a afetar a vida aquática.

2.9.3. Variáveis microbiológicas

Segundo Richter e Netto (1991), as características microbiológicas representam grande importância do ponto de vista sanitário. Diversos microrganismos são patogênicos e podem causar doenças, e até ser agentes de epidemias.

2.9.3.1. Coliformes totais e *Escherichia coli*

Os coliformes totais são um grande grupo de bactérias, bacilos gram-negativas que fermentam a lactose e produzem gás a 35°C, estando presentes abundantemente no trato gastrointestinal do ser humano e de alguns animais de sangue quente (CONTE *et al.*, 2004). Dessa forma, a presença desses microrganismos pode apontar que a água tenha sido contaminada por esgotos domésticos (RICHTER; NETTO, 1991). Ainda de acordo com Richter e Netto (1991), o Número Mais Provável (NMP) corresponde a quantidade mais provável de

coliformes presentes em 100 mL de água.

A *Escherichia coli* é uma bactéria que faz parte do grupo coliformes termotolerantes, e indica que há contaminação exclusivamente fecal no meio (BRASIL, 2019). Essa bactéria só não garante que a contaminação tenha ocorrido por humanos. Para isso, é necessário realizar testes bioquímicos complementares (VON SPERLING, 2014).

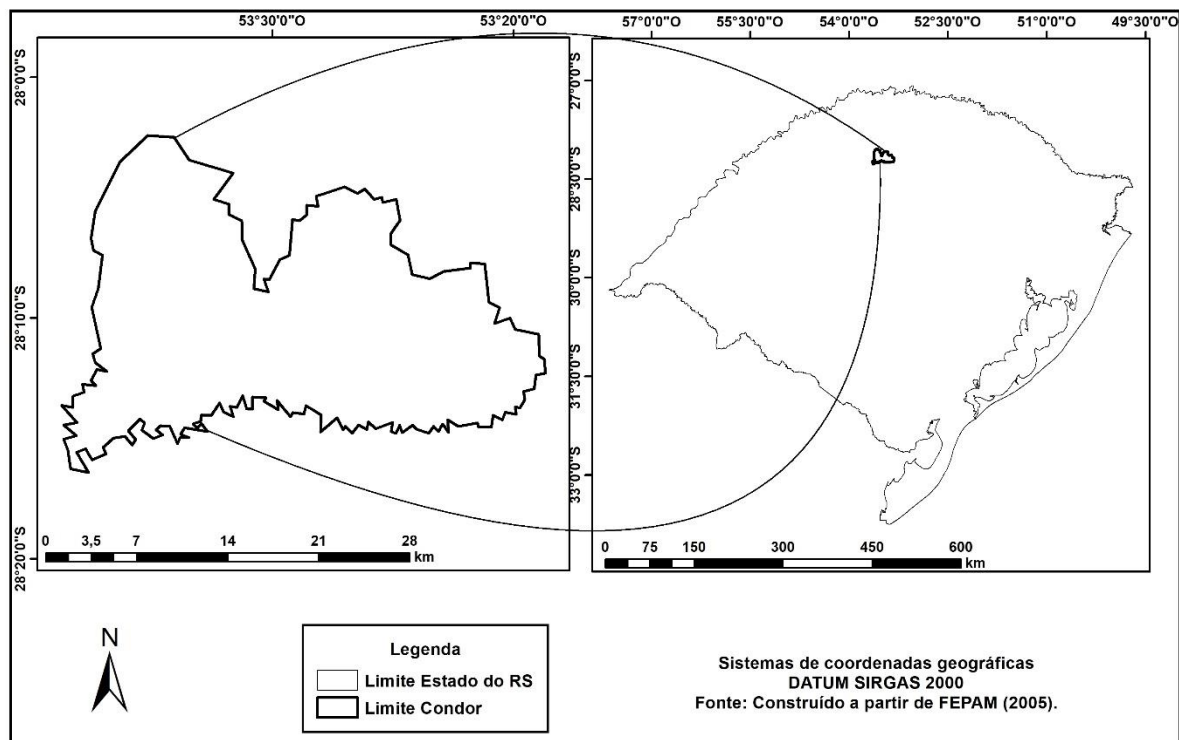
3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Condor se localiza na Mesorregião Noroeste Rio-Grandense e faz parte da microrregião Geográfica de Ijuí (Figura 1), fazendo divisa ao norte com a cidade de Palmeira das Missões, ao sul com Panambi, ao leste com Santa Bárbara do Sul e ao oeste com o município de Ajuricaba e Nova Ramada (CONDOR, 2013). De acordo com o IBGE (2010), a população de Condor no ano de 2010 era de 6.552 habitantes, estando na área rural 2.518 pessoas e na área urbana 4.034 pessoas. A área territorial do município é de 463,568 km².

O município está localizado, na região da grande Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, estando inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí, como mostra a Figura 2 (CONDOR, 2013). A Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí possui uma área territorial de 10.703,78 km², integrando 36 municípios. Seus principais rios são: Ijuí, Ijuizinho, Conceição, Caxambu e Potiribu (TOMASI; ROISENBERG, 2019).

Figura 1 - Localização geográfica do município de Condor.

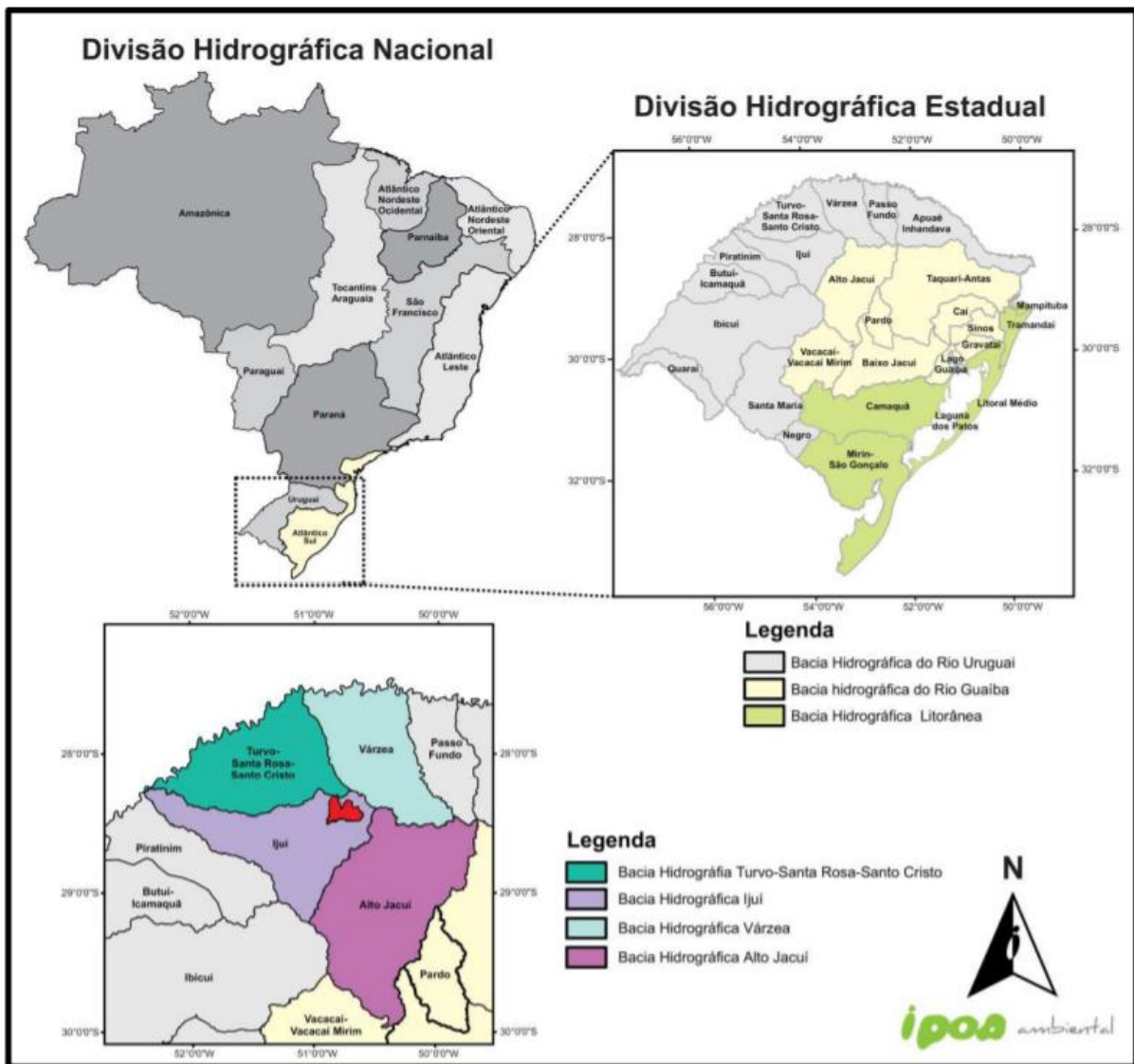


Fonte: Construído a partir de FEPAM (2005).

O município possui clima sub-tropical e a precipitação é uniforme no decorrer de todo o ano. Se tratando da geologia, Condor encontra-se inserido na Formação Serra Geral, que se localiza na parte sul da Bacia do Paraná (WHITE, 1908 apud CONDOR, 2013).

Condor, portanto, encontra-se situado no Sistema Aquífero Serra Geral I (MACHADO; FREITAS, 2005). Conforme descreve Tomasi e Roisenberg (2019), esse aquífero é do tipo fraturado, pois a água circula através das fraturas das rochas da Formação Serra Geral.

Figura 2 - Hidrografia do município de Condor.



Fonte: CONDOR (2013).

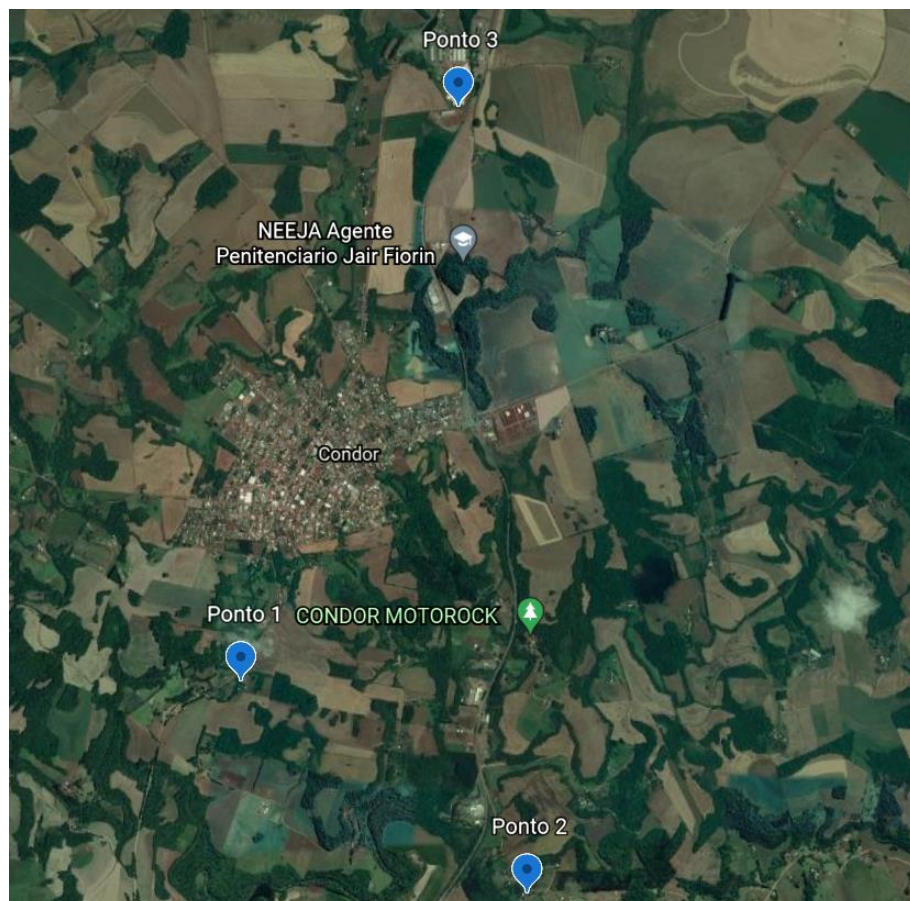
3.1.1. Localização dos poços analisados

As propriedades rurais em que foram realizadas as coletas de água se localizam na zona rural do município de Condor, como mostra a Figura 3. A atividade econômica realizada pela propriedade 1 é voltada para a agricultura familiar, envolvendo cultivo de soja, milho e demais alimentos para a subsistência familiar. A propriedade 2 conta com um balneário, promovendo também atividades de pesca, sendo que, nos arredores há lavouras para cultivo agrícola.

A propriedade 3 não realiza nenhum tipo de atividade direta envolvendo o solo, sendo que conta com uma empresa de pequeno porte que desenvolve atividades de montagem de silos para armazenagem de grãos. As três propriedades possuem poços tubulares sem tratamento para o abastecimento de água, sendo estes de uso coletivo.

A profundidade dos poços das propriedades 1, 2 e 3, é, respectivamente 102 metros, 151 metros e 160 metros. Em cada propriedade as coletas das amostras de água foram realizadas em torneiras interligadas diretamente aos poços, visando avaliar a qualidade da água que chega até as residências, como mostra as Figuras 4, 5 e 6.

Figura 3 - Localização das propriedades rurais.



Fonte: Google Earth (2022).

Figura 4 - Poço e torneira da propriedade 1.



Fonte: Autora (2021).

Figura 5 - Poço e torneira da propriedade 2.



Fonte: Autora (2021).

Figura 6 - Poço e torneira da propriedade 3.



Fonte: Autora (2021).

3.2. COLETA DAS AMOSTRAS

Em primeiro momento, realizou-se uma pesquisa por propriedades rurais que fizessem uso de poços tubulares para consumo humano, sem tratamento prévio da água. Foram elencadas as três propriedades citadas anteriormente, e feita uma visita a cada uma para explicar o objetivo do trabalho a ser realizado, bem como consultar os proprietários se iriam aceitar participar da pesquisa e explanar a eles a importância da análise pretendida.

As coletas e análises das amostras de água se procederam por quatro meses, de maio a agosto de 2021. Os dias foram respectivamente: 11 de maio, 22 de junho, 13 de julho e 03 de agosto. Todas as coletas ocorreram no período da manhã de cada dia.

Para a coleta das amostras de água foram devidamente desinfetadas com água sanitária cinco unidades de garrafas PET de 500 mL cada, por propriedade, para a realização das análises físico-químicas. Para as amostras que seriam utilizadas para realizar as análises microbiológicas, foram autoclavados um frasco de vidro de 250 mL por propriedade. Vale ressaltar, que em cada propriedade rural a variável temperatura foi medida in loco, onde o termômetro portátil foi inserido em uma das garrafas PET contendo a amostra de água coletada.

Antes de iniciar a coleta, a torneira foi devidamente higienizada com álcool 70%, a fim

de evitar contaminação da água por fatores externos. Após, a torneira foi aberta para que a água parada nos canos saísse, visando minimizar possíveis influências nos resultados das análises. A Figura 7 mostra a coleta de água para a análise das variáveis microbiológicas.

Figura 7 - Coleta de amostra de água para análises microbiológicas.



Fonte: Autora (2021).

Após cada coleta, os frascos contendo as amostras de água foram armazenados em caixas térmicas, para a preservação das características físicas, químicas e microbiológicas, conforme recomendado pela ABNT/NBR 9.898/1987 (ABNT, 1987). Depois do devido acondicionamento das amostras, essas foram transportadas até os laboratórios da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no campus de Frederico Westphalen, e processadas no mesmo dia (Figura 8). No Quadro 1 são apresentadas as variáveis analisadas, métodos utilizados e limite de detecção.

Figura 8 - Processamento das amostras.



Fonte: Autora (2021).

Quadro 1 - Métodos utilizados para as análises físico-químicas e microbiológicas.

Variáveis	Método utilizado
Alcalinidade total	Titulométrico – 2320 B (APHA, 2012)
Coliformes totais	Tubos múltiplos – 9221 D (APHA, 2012)
Condutividade elétrica	Condutivímetro – 2510 B (APHA, 2012)
Cor aparente	Espectrofotômetro – 2120 B (APHA, 2012)
Dureza total	Titulométrico – 2340 B (APHA, 2012)
<i>Escherichia coli</i>	Tubos múltiplos – 9221 D (APHA, 2012)
Ferro total	Espectrofotômetro – 2120 B (APHA, 2012)
Fluoreto	Espectrofotômetro – 2120 B (APHA, 2012)
Nitrito	Espectrofotômetro – 4500 - NO ₂ (APHA, 2012)
pH	pHmetro - (APHA, 2012)
Temperatura	Termômetro Portátil – 2550 B (APHA, 2012)
Turbidez	Turbidímetro – 2130 B (APHA, 2012)

Fonte: Autora (2022).

3.3. ANÁLISE MACROSCÓPICA

Foi realizada a análise macroscópica no entorno dos poços de cada propriedade rural, baseada na metodologia de Gomes, Melo e Vale (2005). O autor propõe a análise dos parâmetros macroscópicos apresentados no Quadro 2, o qual indica os impactos ambientais em cada local.

Quadro 2 - Quantificação da análise dos parâmetros macroscópicos.

Coloração da água	(1) Escura	(2) Clara	(3) Transparente
Odor	(1) Forte	(2) Fraco	(3) Sem cheiro
Resíduos ao redor	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Sem resíduos
Materiais flutuantes	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Ausente
Espumas	(1) Muita	(2) Pouca	(3) Ausente
Óleos	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Ausente
Esgoto doméstico	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Ausente
Vegetação (preservação)	(1) Alta degrad.	(2) Baixa degrad.	(3) Preservada
Uso por animais	(1) Presença	(2) Apenas marcas	(3) Não detect.
Uso por humanos	(1) Presença	(2) Apenas marcas	(3) Não detect.
Prot. do local (cercado)	(1) Sem	(2) Proteção - CA	(3) Proteção - SA
Prox. de residências	(1) Menos de 50 m	(2) Entre 50 a 100 m	(3) Mais de 100 m
Tipo de área de inserção	(1) Ausente	(2) Privada	(3) Áreas prot.

Fonte: Adaptado de Gomes et al. (2005). Prot. do local = Proteção do local; Prox. de residências = Proximidade de residências; Alta degrad. = Alta degradação; Baixa degrad. = Baixa degradação; Proteção – CA = Proteção com acesso; Não detect. = Não detectada; Proteção – SA = Proteção sem acesso; Áreas prot. = Áreas protegidas; m = metros.

Após a classificação utilizando os parâmetros apresentados no Quadro 2, é realizado o somatório total. A partir do resultado obtido, o grau de preservação no entorno dos poços é alcançado, podendo se enquadrar como ótimo, bom, razoável, ruim e péssimo, como mostra o Quadro 3.

Quadro 3 - Classificação quanto ao grau de preservação dos pontos de coleta.

Classe	Grau de preservação	Pontuação final
A	Ótima	Entre 37 a 39 pontos
B	Boa	Entre 34 a 36 pontos
C	Razoável	Entre 31 a 33 pontos
D	Ruim	Entre 28 e 30 pontos
E	Péssima	Abaixo de 28 pontos

Fonte: Gomes, Melo e Vale (2005).

3.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

O programa empregado para a realização da análise estatística foi o STATISTICA Software 7.0, sendo que o nível mínimo de significância adotado foi de 95% ($P < 0,05$). Os resultados expostos como média \pm erro padrão. A semelhança das variâncias entre os meses foi alcançada pelo teste de Levene, na qual as comparações entre os distintos meses foram avaliadas por meio da análise de variância (ANOVA), de uma via, e o teste de Tukey.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram comparados com a legislação vigente, sendo a Portaria GM/MS n.º 888, de 4 de maio de 2021, que “Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS n.º 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade” (BRASIL, 2021), e com a Organização Mundial da Saúde (2017). Os dados de precipitação pluviométrica totais também são apresentados, sendo que algumas variáveis analisadas no presente estudo foram comparadas com estes dados.

4.1. ANÁLISE MACROSCÓPICA

O Quadro 4 apresenta os resultados obtidos no que diz respeito a análise macroscópica no entorno dos poços. Também, o grau de preservação de cada uma das três propriedades rurais é apresentado.

Quadro 4 - Resultados da análise macroscópica e grau de preservação no entorno dos poços de cada propriedade rural.

	Propriedade 1	Propriedade 2	Propriedade 3
Coloração da água	3	3	3
Odor	3	3	3
Resíduos ao redor	3	3	3
Materiais flutuantes	3	3	3
Espumas	3	3	3
Óleos	3	3	3
Esgoto doméstico	3	3	3
Vegetação (preservação)	1	1	1
Uso por animais	3	3	3
Uso por humanos	1	1	1
Prot. do local (cercado)	3	3	2
Prox. De residências	1	1	2
Tipo de área de inserção	2	2	2
TOTAL	32	32	32
Classificação	C (Razoável)	C (Razoável)	C (Razoável)

Fonte: Autora (2022).

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4, a água do poço da propriedade 1 constituía-se de coloração transparente, sem odor, materiais flutuantes, espumas, óleos e esgoto doméstico. A vegetação no entorno do poço era pouco preservada, formada basicamente por vegetação rasteira, com poucas árvores próximas, o que caracteriza uma alta degradação. O poço apresentava estrutura de concreto com cobertura, a fim de evitar entrada de quaisquer animais, bem como de folhas e galhos. Como o cercado impede o acesso, não foi detectada presença de animais ao redor do poço, mas a sua água é utilizada para consumo humano, sendo que o poço está localizado próximo a residência a ser abastecida. Dessa forma, o poço da propriedade 1 foi classificado como razoável (C), estando o mesmo inserido em uma propriedade privada.

A propriedade 2, do mesmo modo que a propriedade 1, foi classificada como razoável (C). A estrutura se mostra bem vedada e com cercado ao redor, evitando que animais se aproximem, estando o poço localizado próximo a residência da propriedade privada. A água do referido poço é utilizada para consumo humano na propriedade e também nas demais propriedades da localidade. A vegetação se dá essencialmente por gramíneas com apenas uma árvore próxima. A coloração da água se mostrou transparente, sem odor, materiais flutuantes, espumas, óleos e esgoto doméstico.

A propriedade 3 se enquadrou como razoável (C), assim como as anteriores. O poço não possui cercado, permitindo o acesso de animais, mas é provido de uma estrutura de concreto, aparentemente bem selada. O mesmo era destinado ao uso para consumo humano de uma empresa privada. Nos meses que se sucederam as coletas das amostras, a água do poço se mostrou com a coloração transparente, sem odor, materiais flutuantes, espumas, óleos e esgoto doméstico. Há pouca vegetação no entorno deste poço, quase nula, formada essencialmente por gramíneas. A distância do local de abastecimento é estimada entre 50 e 100 metros, estando um pouco afastado.

A análise macroscópica visando avaliar os impactos ambientais, bem como o grau de preservação no entorno dos poços se mostrou bastante homogênea, sendo que as três propriedades foram classificadas como razoáveis. Basicamente três fatores influenciaram diretamente para este resultado: vegetação, uso por humanos, proximidade da residência, e em menor proporção, neste caso, a proteção do local.

De acordo com Rocha *et al.* (2017), em um estudo de “análise macroscópica e parâmetros microbiológicos de nascentes da área urbana de Cláudio, Minas Gerais, Brasil”, relataram que a proteção apropriada ao redor, vegetação conservada, bem como distâncias maiores das residências reduzem os impactos ambientais, ocasionando em melhor qualidade

ambiental. Aliado a isso, Souza *et al.* (2016), que realizaram pesquisa acerca de “metodologias de avaliação de impactos ambientais da área de preservação permanente”, afirmam que o isolamento da área com cerca, com o intuito de impedir a entrada de pessoas e animais, bem como um maior controle da vegetação exótica, e, ainda, em locais que não seja possível a regeneração da vegetação natural, espécies florestais nativas precisam ser plantadas, são algumas propostas de medidas mitigadoras.

Hofstätter (2021), Schneider (2019) e Menegazzo (2019), que realizaram a análise macroscópica no entorno de poços, encontraram resultados semelhantes com os do referido estudo, em sua maioria a classificação quanto ao grau de preservação também se enquadraram como razoável.

4.2. VARIÁVEIS FÍSICAS

4.2.1. Cor aparente

As propriedades 1 e 2 apresentaram valores abaixo do limite de detecção do método (<LOD), que foi de 0,002 uH, com exceção do mês de junho para ambas, onde as médias de cor aparente para a propriedade 1 e 2 no mês de junho foram de 0,4 uH. A propriedade 3 apresentou valores de cor aparente <LOD para todas as amostras de água coletadas nos meses estudados (Tabela 1).

De acordo com a Portaria n.º 888, de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021), o valor máximo permitido (VMP) para cor aparente é de 15 uH, e a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017), estabelece o mesmo valor, estando as três propriedades deste estudo em acordo com as legislações vigentes.

Os autores Bezerra *et al.* (2020), realizaram um estudo referente a qualidade da água subterrânea para consumo humano e sua correlação com fontes poluidoras na Sub-bacia do Rio Taperoá – PB, encontraram valores para cor aparente que variaram de 0,5 a 29,3 uH. Ainda, afirmam que essa variável provém de substâncias dissolvidas e monitorar a mesma é fundamental, em virtude de que atribui caráter de rejeição pelo consumidor, o levando a procurar nova fonte de abastecimento. Bezerra *et al.* (2018), executaram a análise situacional da qualidade de água subterrânea oriunda de 30 poços da região metropolitana de Fortaleza, Ceará, Brasil, e os valores da cor variaram de < LOD a 977 uH.

Tabela 1 - Média dos valores de cor aparente (uH) obtidos durante os meses de estudo.

Meses	Propriedade 1	Propriedade 2	Propriedade 3	Precipitação pluviométrica (mm)
Maio	LOD	LOD	LOD	133,00
Junho	0,4±0,18	0,4±0,41	LOD	280,00
Julho	LOD	LOD	LOD	35,50
Agosto	LOD	LOD	LOD	77,80

LOD = Abaixo do limite de detecção do método (<LOD = 0,002 uH). Fonte: Autora (2022).

Fonte: Autora (2022).

4.2.2. Condutividade elétrica

A média dos valores para condutividade elétrica (CE) nos meses estudados variaram de 124,00±0,17 a 227,75±1,59 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e são apresentados na Tabela 2. Salienta-se que a Portaria n.º 888, de 04 de maio de 2021, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021), e a OMS (2017), não estabelecem valores máximos permitidos (VMP) para a variável condutividade elétrica.

Na propriedade 1, o valor médio obtido para condutividade elétrica das amostras de água foi significativamente menor no mês de junho/21, quando comparado aos demais meses, e o mesmo ocorreu também com a propriedade 2. Na propriedade 3, os valores médios obtidos foram significativamente superiores no mês de junho/21.

Tabela 2 - Média dos valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) obtidos durante os meses de estudo.

Meses	Propriedade 1	Propriedade 2	Propriedade 3	Precipitação pluviométrica (mm)
Maio	215,73±0,37b	193,22±0,88b	143,37±0,04b	133,00
Junho	207,50±0,17c	186,50±1,79c	161,70±0,46a	280,00
Julho	211,95±0,32b	188,40±0,23c	124,00±0,17c	35,50
Agosto	227,75±1,59a	204,75±0,61a	144,40±0,40b	77,80

Letras iguais minúsculas (coluna) indicam que não existe diferença significativa entre os meses estudados, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Média \pm erro padrão. Fonte: Autora (2022).

Reginato *et al.* (2021), que analisaram águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral, na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, encontraram valores que variaram de 116,5 a 259,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$. De acordo com os autores, a condutividade elétrica $< 100 \mu\text{S}/\text{cm}$ podem representar baixo grau de mineralização, e $> 200 \mu\text{S}/\text{cm}$, pode indicar águas um pouco mais mineralizadas. Feitosa *et al.* (2008), afirmam que em regiões úmidas a mineralização da água

tende a ser mais baixa.

Para os autores Reginato *et al.* (2018), que realizaram monitoramento em poços tubulares no município de Carlos Barbosa - RS, os valores de CE variaram entre 114 e 167,1 uS/cm. Houve uma pequena correlação entre a condutividade elétrica e as médias de precipitação no período analisado.

Löbler, Borba e Silva (2015), em seu estudo relatam que os resultados de condutividade elétrica tiveram influência da precipitação. Os autores afirmam que os eventos chuvosos diminuem os valores de condutividade elétrica por meio da dissolução dos sais presentes na água.

Do mesmo modo, é possível relacionar os resultados de condutividade elétrica do presente trabalho, com a precipitação ocorrida no município no período amostrado. A precipitação média nos meses de maio, junho, julho e agosto, foi respectivamente, 133, 280, 35,5 e 77,8mm. No mês de junho ocorreu o maior valor de precipitação, e percebe-se que para as propriedades 1 e 2, os resultados de condutividade elétrica foram os menores quando comparados aos outros meses. Dessa forma, a precipitação influenciou nos resultados obtidos da variável em questão.

Vale ressaltar que a coleta das amostras de água foi realizada em maio, antes do período com precipitação elevada, portanto, a precipitação influenciou diretamente o mês de junho nas propriedades um e dois, na qual as coletas foram realizadas no período com elevada precipitação.

4.2.3. Temperatura

A Tabela 3 apresenta os valores médios obtidos para a temperatura nos quatro meses estudados em três poços profundos de propriedades rurais, sendo que variaram de 11 a 20 °C. Foi verificado que as temperaturas variaram um pouco nos meses avaliados.

O mês que apontou menor temperatura foi agosto de 2021, e a maior temperatura foi registrada em junho e julho de 2021. Esse fato pode estar associado a época do ano em que as coletas foram realizadas, de outono e inverno. De acordo com FUNASA (2013), “a temperatura está relacionada com o aumento do consumo de água, com a fluoretação, com a solubilidade e ionização das substâncias coagulantes, com a mudança do pH, com a desinfecção, etc”.

Tabela 3 - Média dos valores de temperatura (°C) obtidos durante os meses de estudo.

Meses	Propriedade 1	Propriedade 2	Propriedade 3	Precipitação pluviométrica (mm)
Maio	17,50±0,00	17,00±0,00	18,00±0,00	133,00
Junho	13,00±0,00	15,00±0,00	20,00±0,00	280,00
Julho	14,00±0,00	15,00±0,00	20,00±0,00	35,50
Agosto	11,00±0,00	11,00±0,00	19,00±0,00	77,80

Média ± erro padrão. Fonte: Autora (2022).

Scheffler *et al.* (2022), avaliaram a qualidade das águas subterrâneas de consumo humano em comunidades rurais no Noroeste do Rio Grande do Sul, e obtiveram valores semelhantes de temperatura nos meses de maio e junho, de 17 e 21 °C, respectivamente.

Em estudo de análise da participação pluviométrica sobre a temperatura, condutividade elétrica e total de sólidos suspensos da água do reservatório Ernestina, realizado por Kaiser *et al.* (2015), para o mês de maio e setembro encontraram valores médios de temperatura de 23,41 °C, menores que nos meses de dezembro e janeiro, estando os resultados relacionados as estações do ano.

A Portaria GM/MS n.º 888/2021 (BRASIL, 2021) e a OMS (2017), não apresentam VMP para a temperatura. Porém, segundo Heler e Pádua (2010), valores elevados podem acentuar a sensação de odor e sabor nas águas, bem como, a cor e corrosão. É indicado para o consumo humano temperaturas superiores a 5 °C a fim de evitar irritações na mucosa gástrica e inferiores a 15 °C, para permanecer agradável ao paladar.

4.2.4. Turbidez

A média dos valores para turbidez obtidos para as amostras de água coletadas ao longo dos meses estudados variaram de 0,04±0,00 a 0,20±0,01 uT e são apresentados na Tabela 4. Para a variável em questão, a Portaria n.º 888 de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde, e a OMS (2017), estabelecem VMP de 5,0 uT, portanto, os valores encontrados neste estudo estão em conformidade com estas legislações. No decorrer dos meses estudados nas três propriedades analisadas, o valor médio obtido para a turbidez foi significativamente maior nos meses de maio e julho/21.

Tabela 4 - Média dos valores de turbidez (uT) obtidos durante os meses de estudo.

Meses	Propriedade 1	Propriedade 2	Propriedade 3	Precipitação pluviométrica (mm)
Maio	0,09±0,00a	0,20±0,01a	0,08±0,00a	133,00
Junho	0,04±0,00b	0,04±0,00c	0,04±0,00b	280,00
Julho	0,09±0,00a	0,09±0,00b	0,09±0,00a	35,50
Agosto	0,05±0,00b	0,04±0,00c	0,05±0,01b	77,80

Letras iguais minúsculas (coluna) indicam que não existe diferença significativa entre os meses estudados, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Média \pm erro padrão. Fonte: Autora (2022).

A turbidez se origina principalmente devido a presença de sólidos em suspensão na água, e segundo Feitosa *et al.* (2008), esses sólidos praticamente não existem em águas subterrâneas, com exceção de águas em poços mal construídos, onde há presença de areia, silte e argila. É possível relacionar os resultados obtidos para turbidez com a precipitação média nos meses analisados, sendo que no mês de junho ocorreu maior valor de precipitação, e assim a turbidez foi significativamente mais baixa nas três propriedades.

Na propriedade 2, no mês de maio, observou-se um resultado significativamente maior nos níveis de turbidez da água das amostras quando comparado aos outros meses. Ao analisar o entorno da torneira durante a coleta, foi verificado que a mesma se encontrava bem próxima ao solo, podendo a mesma ter maior contato com fatores externos como a poeira e a sujeira, o que pode ter influenciado nos resultados.

Cardoso e Fermino (2018), avaliaram a qualidade da água para consumo humano em dois distritos na cidade de Osório - RS, no qual o distrito de Aguapés que a captação foi realizada em poço profundo, os resultados obtidos para turbidez variaram de 0,2 a 0,6 uT, estando próximos aos encontrados no presente trabalho, já no distrito de Passinhos onde os reservatórios poderiam estar em mau estado, os valores estimados para a turbidez da água se mostraram acima do que estabelece a legislação.

Scheffler *et al.* (2022), ao avaliarem a qualidade da água subterrânea para consumo humano, obtiveram resultados de turbidez que variaram de 0,07 a 0,09 uT, valores bem próximos aos apresentados na Tabela 4. Apenas no poço dois, analisado por Scheffler *et al.* (2022), que houve um registro de 1,2 uT, no mês de março de 2020.

Os resultados apresentados comprovam a natureza cristalina da água analisada no presente trabalho para as três propriedades rurais, em consonância com os valores registrados de cor aparente, também baixos, assim como relatam Scheffler *et al.* (2022).

4.3. VARIÁVEIS QUÍMICAS

4.3.1. Alcalinidade total

As médias dos valores para alcalinidade total das amostras de água coletadas nos meses estudados variaram de $30,00 \pm 0,00$ a $342,00 \pm 1,73$ mg/L CaCO_3 e são apresentadas na Tabela 5. O maior resultado ocorreu em maio, e o menor no mês de agosto, sendo assim, houve uma redução considerável de alcalinidade nos meses posteriores a maio em todas as propriedades estudadas. A Portaria GM/MS n.º 888 de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde e a OMS (2017), não estabelecem valores máximos permitidos para alcalinidade total.

Tabela 5 - Média dos valores de alcalinidade total (mg/L CaCO_3) obtidos durante os meses de estudo.

Meses	Propriedade 1	Propriedade 2	Propriedade 3	Precipitação pluviométrica (mm)
Maio	$342,00 \pm 1,73a$	$327,00 \pm 0,00a$	$219,00 \pm 1,73a$	133,00
Junho	$35,00 \pm 1,00b$	$39,00 \pm 0,00c$	$33,00 \pm 0,00c$	280,00
Julho	$37,50 \pm 0,87b$	$49,50 \pm 2,60b$	$58,50 \pm 2,60b$	35,50
Agosto	$30,00 \pm 0,00c$	$34,50 \pm 0,87c$	$30,00 \pm 0,00c$	77,80

Letras iguais minúsculas (coluna) indicam que não existe diferença significativa entre os meses estudados, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Média \pm erro padrão. Fonte: Autora (2022).

Uma possível relação com o aumento da concentração da alcalinidade pode ser em decorrência da precipitação no período. As maiores concentrações ocorreram nos meses de menor precipitação (maio, sendo que as coletas foram realizadas antes do período chuvoso), já as menores concentrações foram nos meses de maior volume precipitado (junho e agosto). Isso se dá em virtude da percolação da água pelo solo, e conseqüente recarga do aquífero. Como na região está presente um solo argiloso e um aquífero basáltico fraturado (MACHADO; FREITAS, 2005; CPRM, 2007), o movimento da água até a zona vadosa é mais lento. Característica semelhante foi descrita por Borba (2016), no mesmo tipo de aquífero, onde a precipitação acumulada apresentou correlação com o nível da água somente em 5 dias.

Segundo Santos e Mohr (2014), as águas de poços subterrâneos normalmente possuem a alcalinidade superior a 20 mg/L CaCO_3 , sendo que os resultados obtidos no presente trabalho estão acima do valor referido. Os autores Santos e Mohr (2014) encontraram valores inferiores a 20 mg/L CaCO_3 , que variaram entre 3,375 e 17,875 mg/L CaCO_3 .

Segundo Feitosa *et al.* (2008), de acordo com o pH da água é possível definir os tipos de alcalinidade, sendo que de 4,6 a 8,3 indica a alcalinidade de bicarbonatos, sendo que os

bicarbonatos podem precipitar facilmente como bicarbonato de cálcio (CaCO_3), variando de 50 a 350 mg/L em águas doces.

A variável pH variou entre 7 e 8 nos meses estudados, classifica-se como alcalinidade de bicarbonatos as águas dos poços das três propriedades analisadas, pois de acordo com Bittencourt et al. (2003), o bicarbonato é o principal ânion do SASG.

Fures (2018), em estudo sobre poços artesianos obtiveram resultados de alcalinidade de 13 poços analisados, entre 95,069 e 322,988 mg/L CaCO_3 . Agnes (2017), também em estudo de águas subterrâneas em 10 poços, encontrou resultados de alcalinidade, que de modo geral, variaram de 109,62 a 220,65 mg/L CaCO_3 . Bem como ainda Saidelles et al. (2014), em trabalho realizado acerca de poços artesianos em Alegrete – RS, encontraram para alcalinidade valores <LOD a 388,6 mg/L CaCO_3 .

4.3.2. Dureza total

A média dos valores para dureza total das amostras de água coletadas nos meses estudados variaram de $0,94 \pm 0,00$ a $103,87 \pm 0,27$ mg/L CaCO_3 e são apresentados na Tabela 6. De modo geral, o maior resultado ocorreu em maio, e o menor no mês de agosto. Na propriedade 1 ocorreu uma redução significativa da variável nos meses posteriores a maio. Na propriedade 2, houve diferença significativa entre os meses de maio e junho, sendo que maio apresentou valor semelhante a julho e agosto, porém em agosto, o resultado diferiu de julho. Na propriedade 3, houve diferença significativa ao longo de todos os meses estudados.

A Portaria n.º 888 de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde estabelece para a variável dureza total um VMP de 300 mg/L e a OMS (2017) estabelece um VMP de 500 mg/L. Portanto, os resultados encontrados neste trabalho se apresentam em conformidade com as presentes legislações.

A propriedade 1 nos meses de maio e junho possuía dureza moderada, e em julho e agosto branda. Na propriedade 2, a dureza total da água no mês de maio era branda, e nos demais meses moderada. Na propriedade 3, a água se enquadrava no decorrer de todos os meses analisados como tendo dureza total moderada.

Tabela 6 - Média dos valores de dureza total (mg/L CaCO₃) obtidos durante os meses de estudo.

Meses	Propriedade 1	Propriedade 2	Propriedade 3	Precipitação pluviométrica (mm)
Maio	103,87±0,27a	52,64±0,54ab	63,45±0,27c	133,00
Junho	71,44±3,80b	47,63±0,31c	76,14±0,54a	280,00
Julho	0,94±0,00c	50,29±0,27b	60,79±0,31d	35,50
Agosto	0,94±0,00c	54,99±0,81a	67,68±0,00b	77,80

Letras iguais minúsculas (coluna) indicam que não existe diferença significativa entre os meses estudados, pelo teste de Tukey (P<0,05). Média ± erro padrão. Fonte: Autora (2022).

Em estudo realizado por Zerwes *et al.* (2015), em poços artesianos na cidade de Imigrante – RS, as concentrações de dureza variaram de 30,3 a 162,3 mg/L CaCO₃. Silva *et al.* (2019), em monitoramento de um poço artesiano em Remígio – PB, encontrou o valor para dureza total de 92,67 mg/L de CaCO₃. Granoski (2019) e Menegazzo (2019), em análise de poço profundo no município de Planalto e Palmeira das Missões – RS, encontraram valores que variaram de 0,94 a 35,7 mg/L CaCO₃ e 18,0 a 37,60 mg/L CaCO₃ respectivamente, para a variável dureza total.

4.3.3. Ferro total

A média dos valores para ferro total nas amostras de água coletadas nos meses estudados variaram de 0,38±0,01 a 0,78±0,04 mg/L e são apresentados na Tabela 7. O maior resultado ocorreu em julho, e o menor no mês de maio.

A Portaria n.º 888, de 04 de maio de 2021, do Ministério da Saúde, e a OMS (2017), estabelecem valores máximos permitidos de 0,3 mg/L para a variável ferro, portanto, os valores encontrados nas amostras de água coletadas nas três propriedades estão em desacordo com as legislações) Os valores de ferro total encontrados nas amostras de água das três propriedades tiveram um aumento significativo no mês de julho.

Segundo Feitosa *et al.* (2008), o elemento ferro em águas subterrâneas pode estar relacionado à presença de ferrobactérias, ou devido a corrosão do revestimento ou filtro do poço. A ocorrência de óxidos de ferro é característica do intemperismo de climas tropicais, podendo alterar outras variáveis, como metais, por exemplo.

Tabela 7 - Média dos valores de ferro total (mg/L) obtidos durante os meses de estudo.

Meses	Propriedade 1	Propriedade 2	Propriedade 3	Precipitação pluviométrica (mm)
Maio	0,38±0,01c	0,44±0,01b	0,56±0,01b	133,00
Junho	0,49±0,02ab	0,50±0,03b	0,51±0,02b	280,00
Julho	0,57±0,04a	0,75±0,08a	0,78±0,04a	35,50
Agosto	0,42±0,00bc	0,45±0,00b	0,50±0,00b	77,80

Letras iguais minúsculas (coluna) indicam que não existe diferença significativa entre os meses estudados, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Média \pm erro padrão. Fonte: Autora (2022).

Segundo Silva *et al.* (2019), a presença de ferro em águas subterrâneas e superficiais é comum, tanto na forma insolúvel (Fe^{3+}), quanto dissolvida (Fe^{2+}). Estes autores encontraram o valor de 0,94 mg/L em um poço artesiano na cidade de Remígio – PB, estando este resultado próximo aos encontrados no presente trabalho.

Marcelino *et al.* (2017), ao realizar a análise da água de um poço tubular no qual a água era destinada ao beneficiamento de arroz em uma indústria, obtiveram o valor para ferro de 0,74 mg/L, sendo que esta concentração estava causando incrustações e corrosão em tubulações de caldeiras.

4.3.4. Fluoreto

Os valores médios obtidos para o íon fluoreto nas análises de água coletadas nos meses de estudo nas três propriedades rurais variaram de <LOD (0,02 mg/L) a 1,34±0,01 mg/L e são apresentados na Tabela 8. A Portaria n.º 888 de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde, e a OMS (2017), estabelecem valores máximos permitidos de 1,5 mg/L para a variável em questão, portanto, os valores encontrados estão em conformidade com estas legislações.

Tabela 8 - Média dos valores de fluoreto (mg/L) obtidos durante os meses de estudo.

Meses	Propriedade 1	Propriedade 2	Propriedade 3	Precipitação pluviométrica (mm)
Maio	LOD	LOD	LOD	133,00
Junho	1,09±0,04	0,83±0,31	0,52±0,22	280,00
Julho	1,18±0,00	1,34±0,01	0,62±0,00	35,50
Agosto	1,09±0,03	0,61±0,19	0,59±0,11	77,80

LOD = Abaixo do limite de detecção (<LOD = 0,02 mg/L). Média \pm erro padrão. Fonte: Autora (2022).

De acordo com Feitosa *et al.* (2008), os fluoretos se apresentam em baixas concentrações nas águas subterrâneas, de 0,1 a 1,5 mg/L, sendo que nestas concentrações contribuem favoravelmente na prevenção da cárie dentária e em dosagens superiores podem causar manchas nos dentes e deformação nos ossos.

Mancuso, Schroeder e Silva (2013), analisaram os teores de flúor em águas de abastecimento público sobre o Aquífero Serra Geral, no Rio Grande do Sul, e em 2010 o número de amostras analisadas foi de 974, sendo que apenas 14 se apresentaram acima do VMP em Sistema Alternativo Coletivo (SAC) e Sistema Alternativo Individual (SAI). Já no ano de 2011, das 747 amostras analisadas, 15% se apresentaram acima de 1,5 mg/L de fluoreto.

Devido a reduzida concentração de fluoreto nas litologias do aquífero fraturado, espera-se concentrações baixas de fluoreto nas águas do SASG, e, além disso, quanto maior a profundidade da água subterrânea, maior será a concentração de fluoreto (NANNI *et al.* 2008).

4.3.5. Nitrito

As médias dos valores para nitrito nas análises de água realizadas nos meses estudados variaram de $0,03\pm 0,00$ a $0,04\pm 0,01$ mg/L e são apresentadas na Tabela 9. Tanto a Portaria n.º 888, de 04 de maio de 2021, do Ministério da Saúde, como a OMS (2017), estabelecem valores máximos permitidos de 1,0 mg/L para a variável nitrito, portanto, os valores encontrados estão em conformidade com as legislações.

Os valores encontrados nos meses de maio e junho foram significativamente mais elevados na propriedade 1. Para a propriedade 2, o valor obtido para nitrito foi significativamente mais elevado no mês de maio.

Tabela 9 - Média dos valores de nitrito (mg/L) obtidos durante os meses de estudo.

Meses	Propriedade 1	Propriedade 2	Propriedade 3	Precipitação pluviométrica (mm)
Maio	$0,04\pm 0,00a$	$0,04\pm 0,00a$	$0,04\pm 0,00a$	133,00
Junho	$0,03\pm 0,00b$	$0,03\pm 0,00b$	$0,03\pm 0,00b$	280,00
Julho	$0,04\pm 0,00a$	$0,03\pm 0,00b$	$0,03\pm 0,00b$	35,50
Agosto	$0,03\pm 0,00b$	$0,03\pm 0,00b$	$0,03\pm 0,00b$	77,80

Letras iguais minúsculas (coluna) indicam que não existe diferença significativa entre os meses estudados, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Média \pm erro padrão. Fonte: Autora (2022).

Mesquita *et al.* (2016) obtiveram resultados máximos de nitrito de 0,05 mg/L quando houve menor precipitação, e de 0,18 mg/L com maior precipitação. O menor valor resultante pode estar associado ao processo vagaroso de nitrificação. Corroborando com o presente estudo, os resultados obtidos também podem estar associados a este fato.

De acordo com os estudos realizados por Silva *et al.* (2015), em poços e nascentes, os resultados para nitrito variaram de <LOD a 0,0584 mg/L, os quais afirmam que a ausência de nitrito nas águas pode estar relacionada com a ligeira conversão do nitrito a nitrato.

4.3.6. Potencial hidrogeniônico (pH)

As propriedades rurais 1, 2 e 3, apresentaram resultados de análise de amostras de água bastante homogêneos durante os meses amostrados, resultando em valores de pH em 7 para os meses de maio, abril e junho, e 8 para o mês de agosto. Dessa forma, tiveram um aumento significativo da variável em questão no mês de agosto. Os resultados são apresentados na Tabela 10.

A Portaria n.º 888, de 04 de maio de 2021, do Ministério da Saúde estabelece que a água deve apresentar pH entre 6,0 a 9,0 em mananciais subterrâneos. Neste caso, os resultados estão de acordo com a legislação de potabilidade vigente. A OMS (2017), estabelece valores entre 6,0 a 9,5 para o pH, estando também as águas das três propriedades dentro do estabelecido pela legislação.

Tabela 10 - Média dos valores de pH obtidos durante os meses de estudo.

Meses	Propriedade 1	Propriedade 2	Propriedade 3	Precipitação pluviométrica (mm)
Maio	7,00±0,00b	7,00±0,00b	7,00±0,00b	133,00
Junho	7,00±0,00b	7,00±0,00b	7,00±0,00b	280,00
Julho	7,00±0,00b	7,00±0,00b	7,00±0,00b	35,50
Agosto	8,00±0,00a	8,00±0,00a	8,00±0,00a	77,80

Letras iguais minúsculas (coluna) indicam que não existe diferença significativa entre os meses estudados, pelo teste de Tukey (P<0,05). Média ± erro padrão. Fonte: Autora (2022).

Segundo Coelho *et al.* (2017), o pH em valores baixos pode causar problemas como: irritação nos olhos, pele e mucosas. Níveis de pH muito baixos ou muito altos podem influenciar a eficácia da desinfecção da água. Em corpos d'água naturais, as diferenças nestes parâmetros normalmente advêm do consumo e/ou produção de dióxido de carbono (CO₂), efetuado pelos

organismos da fotossíntese e dos fenômenos de respiração e fermentação dos demais organismos existentes na água, resultando em ácidos orgânicos fracos.

Silva *et al.* (2019) realizaram um estudo de monitoramento físico-químico da água de um poço artesiano e obtiveram resultados de pH semelhantes, próximo de 7, que variaram de 6,40 a 6,67.

Mancuso *et al.* (2015) encontraram valores de pH que variaram entre 7,3 e 10, e Mendonça *et al.* (2019) também obtiveram valores semelhantes, entre 6,5 e 10,5. Os dois trabalhos analisaram águas subterrâneas de poços destinados ao abastecimento público na região Noroeste do Rio Grande do Sul.

4.4. VARIÁVEIS MICROBIOLÓGICAS

4.4.1. Coliformes totais e *Escherichia coli*

Se tratando de coliformes totais, a propriedade 1 apresentou resultados positivos em todos os meses analisados, que variaram de 50 a 300 NMP/100mL. As demais propriedades apresentaram <2 NMP/100 mL no decorrer dos meses estudados. Para *E. coli*, as três propriedades analisadas mostraram valores <2 NMP/100 mL desta variável durante o período em questão. Os resultados são apresentados na Tabela 11.

É estabelecido pela Portaria n.º 888, de 04 de maio de 2021, do Ministério da Saúde e a OMS (2017), que para estar adequada ao consumo humano, a água deve apresentar ausência de coliformes totais e *E. coli* em 100 mL de amostra. Dessa forma, apenas a propriedade 1 está em desacordo com as legislações em questão.

Conforme Cardoso e Fermino (2018), estas variáveis apontam a existência de microorganismos na água, sendo que resultados positivos para coliformes totais indicam a comparência de alguma bactéria do grupo coliformes, e para *E. coli*, confirma que houve uma contaminação fecal recente. Os autores não encontraram presença das variáveis em questão no distrito de Aguapés. Já para o distrito de Passinhos ocorreu presença de coliformes totais em duas amostras, podendo estar relacionada com a tubulação que leva a água até a residência.

Tabela 11 - Quantificação das variáveis microbiológicas (NMP/100 mL) durante os meses de estudo.

Coliformes totais				Precipitação pluviométrica (mm)
Meses	Propriedade 1	Propriedade 2	Propriedade 3	
Maio	300	<2	<2	133
Junho	300	<2	<2	280
Julho	50	<2	<2	35,5
Agosto	80	<2	<2	77,8
<i>Escherichia coli</i>				Precipitação pluviométrica (mm)
Meses	Propriedade 1	Propriedade 2	Propriedade 3	
Maio	<2	<2	<2	133
Junho	<2	<2	<2	280
Julho	<2	<2	<2	35,5
Agosto	<2	<2	<2	77,8

Fonte: Autora (2022).

Mendonça *et al.* (2019) realizaram a análise da qualidade da água no Noroeste do Rio Grande do Sul, encontraram presença de coliformes totais em 9 dos 20 poços analisados, e relacionam este fato com a proximidade da localidade com a área urbana, a qual possui fossa séptica e sumidouro ou apenas sumidouro, como sistemas individuais de tratamento de esgoto. Os autores ainda afirmam que áreas que utilizam o despejo de dejetos líquidos de suínos no solo como fertilizante ou disposição final, ocorrendo na propriedade em questão ou em áreas vizinhas, pode contribuir para a contaminação da água.

Assim sendo, os fatos citados podem ser associados com o presente trabalho, em que a propriedade 1 também é próxima da cidade e possui os mesmos sistemas para tratamento de esgoto citados, bem como a destinação final dos dejetos suínos ocorre com frequência diretamente no solo em áreas rurais do município. Além disso, pode haver falhas construtivas que intensificam a contaminação no poço analisado.

Colet *et al.* (2021), que avaliaram a qualidade microbiológica em poços artesianos no noroeste do Rio Grande do Sul obtiveram para coliformes totais em SAI 93% de resultados positivos e em SAC, 80%. Os autores associam a estes resultados a distribuição da água realizada por tubulações antigas, as quais podem concentrar resíduos, bem como a deficiência de tratamento de esgoto, somado a movimentação de bovinos nas propriedades. Estes fatores se assemelham com a propriedade 1 analisada neste trabalho.

Menegazzo (2019), em seu trabalho sobre “Avaliação de variáveis físicas, químicas e biológicas de água para consumo humano em poços de Palmeira das Missões-RS”, encontrou os mesmos valores para *E. coli*, <2 NMP/100mL e Granoski (2019), em análise realizada em poço tubular e poços rasos, o poço tubular também apresentou resultados iguais, <2 NMP/100mL, para a mesma variável.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para todas as propriedades rurais no decorrer dos meses estudados, as variáveis físicas cor aparente e turbidez, as variáveis químicas dureza total, fluoreto, nitrito e pH e a variável microbiológica *Escherichia coli*, se apresentaram em conformidade com as legislações vigentes. A variável química ferro total para as amostras de água das três propriedades analisadas se apresentou acima do estabelecido pelas legislações vigentes, e a variável microbiológica coliformes totais para a propriedade 1, se mostrou também em desacordo com as legislações de potabilidade. Como as bactérias do grupo coliformes totais comprometem a qualidade da água, se torna necessário realizar a desinfecção da água por meio de um sistema de cloração, a fim de torná-la segura para consumo humano.

As variáveis físicas condutividade elétrica e temperatura, bem como a variável química alcalinidade total, não possuem valores máximos permitidos estabelecidos em legislação. Contudo, buscou-se analisar trabalhos que contemplassem estas variáveis para a realização de comparações com o presente estudo, e neste caso se pode concluir que há concordância em valores estimados para tais variáveis.

A análise macroscópica que avalia o índice de impacto ambiental foi realizada para os três poços estudados, sendo os quais classificados quanto ao grau de preservação como em estado razoável (C). Todos os poços analisados apresentaram mesmo valor quantitativo (32), indicando haver semelhanças entre a conservação dos mesmos, sendo que os fatores que influenciaram diretamente neste resultado foram: vegetação, uso por humanos e proximidade de residências.

A realização deste estudo tem grande importância para a formação de Engenheiros Ambientais e Sanitaristas, pois possibilita avaliar com maior atenção a qualidade da água na zona rural de municípios, bem como as possíveis causas de contaminação e de geração de impactos ambientais. Com isso, fica claro a necessidade de efetuar análises físico-químicas e microbiológicas de água de consumo humano, visando o bem estar do consumidor. Ainda, realização de campanhas de sensibilização com a comunidade poderia servir de amparo para a correta preservação dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9898/1987**. Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. [s.l: s.n]. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-9.898-Coleta-de-Amostras.pdf>. Acesso em: 16 maio 2022.
- AGNES, F. **Análises limnológicas das águas subterrâneas utilizadas para abastecimento humano na área rural do município de Campina das Missões/RS**. 2017. 79 f. Trabalho de conclusão do curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2017. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/1750/1/AGNES.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2022.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Mudanças climáticas e recursos hídricos**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/panorama-das-aguas/mudancas-climaticas-recursos-hidricos>. Acesso em: 15 ago. 2022.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Monitoramento da qualidade da água de rios e reservatórios**. 2022.
- APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 2012.
- BEZERRA, A. D. A., *et al.* Análise situacional da qualidade de água subterrânea oriunda de poços da região metropolitana de Fortaleza, Ceará, Brasil. **Acta Biomedica Brasiliensia**, Ceará, v. 9, n. 1, p. 94-104, abr. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18571/acbm.158>. Acesso em: 26 maio 2022.
- BEZERRA, E. B. N., *et al.* Qualidade da água subterrânea para consumo humano e sua correlação com fontes poluidoras na Sub-bacia do Rio Taperoá - PB. **Dae**, São Paulo, v. 68, n. 223, p. 101-111, jul. 2020. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_223_n_1859.pdf. Acesso em: 26 maio 2022.
- BITTENCOURT, A. V. L., *et al.* Influência dos basaltos e de misturas com águas de aquíferos sotopostos nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra-Geral na Bacia do Rio Piquiri, Paraná - BR. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 17, n. 1, 2003. DOI: 10.14295/ras.v17i1.1313. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/1313>. Acesso em: 13 jun. 2022.
- BORBA, W. F. de. **Vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea em área ocupada por aterro sanitário em Seberi – RS**. 2016. 174f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.
- BRAGA, E. S., *et al.* Avaliação da qualidade de águas subterrâneas localizadas no litoral, serra e sertão do Estado do Ceará destinadas ao consumo humano. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 32, n. 1, p 17-24, 2018. Doi: <https://doi.org/10.14295/ras.v32i1.28969>. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28969/18841>. Acesso em: 01 jun. 2022.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 5 ed. Brasília; Ministério da Saúde, 2019. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/web/guest/saude-ambiental-para-reducao-dos-riscos-a-saude-humana?p_p_auth=f1tF3Rsg&p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=%2Fweb%2Fguest%2Fsaude-ambiental-para-reducao-dos-riscos-a-saude-humana&_101_assetEntryId=232228&_101_type=content&_101_urlTitle=manual-de-saneamen-1&redirect=http%3A%2F%2Fwww.funasa.gov.br%2Fweb%2Fguest%2Fsaude-ambiental-para-reducao-dos-riscos-a-saude-humana%3Fp_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dmaximized%26p_p_mode%3Dview%26_3_groupId%3D0%26_3_keywords%3Dmanual%2Bde%2Bsaneamento%26_3_struts_action%3D%252Fsearch%252Fsearch%26_3_redirect%3D%252Fweb%252Fguest%252Fsaude-ambiental-para-reducao-dos-riscos-a-saude-humana&inheritRedirect=true. Acesso em: 18 nov. 2021.

BRASIL. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAs**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 112 p., 2014. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/bitstream/handle/123456789/491/06%20-%20Manual%20de%20controle%20da%20qualidade%20da%20%20c3%a1%20gua%20para%20t%20c3%a9%20cnicos%20que%20trabalham%20em%20ETAS%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 13 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: MS, 2006. 212 p. Disponível em: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf. Acesso em: 10 jan. 2022.

BRASIL. **Portaria da Consolidação n.º 888, de 04 de maio de 2021**. Para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, [s.l.], p. 127, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 20 nov. 2021.

BRASIL. **Resolução Conama nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre a implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da união, Brasília, DF, 23 jan. 1986. Disponível em: <http://www.ima.al.gov.br/wizard/docs/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20N%C2%BA001.1986.pdf>. Acesso em: 16 maio 2022.

BRASIL. **Resolução 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, e dá outras providências. Brasil, Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>. Acesso em: 11 maio 2022.

BRASIL. **Resolução Conama N° 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasil, Disponível em: https://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/RE%20CONAMA%20403-2011_Lancamento%20de%20Efluentes.pdf. Acesso em: 11 maio 2022.

CABRAL, N. M. T. Comportamento dos indicadores de contaminação por efluentes domésticos nas águas do aquífero Barreiras nos bairros do Reduto, Nazaré e Umarizal - Belém/PA. 2004. **XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23412/15498>. Acesso em: 15 ago. 2022.

CARDOSO, E. N.; FERMINO, F. S. Comparação da qualidade da água para consumo humano de dois distritos do município de Osório/RS. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 32, n. 3, 2018. DOI: 10.14295/ras.v32i3.29219. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29219>. Acesso em: 3 jun. 2022.

COELHO, S. C., *et al.* Monitoramento da água de poços como estratégia de avaliação sanitária em Comunidade Rural na Cidade de São Luís, MA, Brasil como estratégia de avaliação sanitária em Comunidade Rural na Cidade de São Luís, MA, Brasil. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 12, n. 1, p. 156-167, fev. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/q6YqWdVZ5ctjNMYs3fzD8bg/?lang=pt>. Acesso em: 27 maio 2022.

CONDOR. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. 2013, p.171.

CONTE, V. D., *et al.* QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE ÁGUAS TRATADAS E NÃO TRATADAS NA REGIÃO NORDESTE DO RIO GRANDE DO SUL. **Revista Informa**, Caxias do Sul, v. 16, n. 11/12, p. 83-84, dez. 2004. Disponível em: <https://www.cff.org.br/sistemas/geral/revista/pdf/77/i02-qualidademicro.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2022.

COLET, C., *et al.* Qualidade microbiológica e perfil de sensibilidade a antimicrobianos em águas de poços artesanais em um município do noroeste do Rio Grande do Sul. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Ijuí, v. 26, n. 4, p. 683-690, ago. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/LnNF5nbRqyqwvBTfCfXcL9B/?lang=pt>. Acesso em: 09 jun. 2022.

CUNHA, G. G. da, *et al.* Hidrogeoquímica do Sistema Aquífero Serra Geral na região do Alto Rio Uruguai, Noroeste do Rio Grande do Sul e sua relação espacial com a tectônica rúptil. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 43, n. 1, p. 55-67, abr. 2016. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/15541>. Acesso em: 04 jun. 2022.

EMATER. Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural. **Dados pluviométricos**. Condor – RS. 2022.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Recursos hídricos**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/temamanejo-de-recursos-hidricos/perguntas-e-respostas>. Acesso em: 10 jan. 2022.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Condutividade**. 2001. Disponível em: <https://www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua/eco/condu.html>. Acesso em: 15 ago. 2022.

FAVARIN, V. J. **Mapeamento da temperatura das águas subterrâneas em área do Sistema Aquífero Bauru na estação ecológica de Santa Bárbara – SP.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Geografia), Universidade Estadual Paulista, Ourinhos, 2017.

FEITOSA, F. A. C., *et al.* **Hidrogeologia: conceitos e aplicações.** 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. 812 p.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler. **Arquivos digitais para uso em SIG - base cartográfica digital do RS 1:250.000.** Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp> Acesso em: 31 de mai. de 2022

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE - FUNASA. **Manual prático de análise da água,** 4 ed, Brasília, 2013. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf. Acesso em: 26 maio 2022.

FURES, C. **Caracterização físico-química de água de poços artesanais no município de Cerro Largo – RS.** 2018. 52 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Química Licenciatura) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2018. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/2477/1/Fures.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2022.

GRANOSKI, G. **Avaliação da qualidade da água de poços de consumo humano no município de Planalto - RS.** 2019. p. 60. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e sanitária), Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2019.

GOMES, P. M; MELO, C. de; VALE, V. S do. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia – MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza,** Uberlândia, v. 17, n. 32, p.103-120, 28 abr. 2005. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321327186009>. Acesso em: 16 maio 2022.

GOOGLE EARTH. **Condor, Rio Grande do Sul.** 2022. Disponível em: <https://earth.google.com/web/search/Condor,+Rio+Grande+do+Sul/@-28.20466616,-53.51823921,482.32982705a,22820.85123379d,35y,322.55374168h,0t,0r/data=CigiJgokCX93uS91KzzAEbPT63P5PTzAGTmJ3N5lskrAIY5YeN18xkrA>. Acesso em: 03 fev. 2022.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. de. **Abastecimento de água para consumo humano.** 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010. 418 p.

HIRATA, R., *et al.* **As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2019. 66 p. Disponível em: https://igc.usp.br/igc_downloads/Hirata%20et%20al%202019%20Agua%20subterranea%20e%20sua%20importancia.pdf. Acesso em: 12 maio 2022.

HOFSTÄTTER, K. **Caracterização da qualidade da água em poços rasos de consumo humano no município de Erval Seco/RS.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e sanitária), Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2021.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Condor. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/condor/panorama>. Acesso em: 03 fev. 2022.

KAISER, E. A., *et al.* **Análise da participação pluviométrica sobre a temperatura, condutividade elétrica e total de sólidos suspensos da água do reservatório Ernestina.** 2015. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1389.pdf>>. Acesso em: 26 maio 2022.

KUHN, M. R., *et al.* Avaliação físico-química e microbiológica da qualidade das águas dos poços artesianos que abastecem o distrito de Boa Vista, no município de Triunfo – RS. **Revista destaques acadêmicos**, v. 7, n. 4, 2015. Disponível em: <http://www.univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/505>. Acesso em: 22 jun. 2022.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** 3. ed. Campinas: Átomo, 2010. 494 p.

LÖBLER, C. A.; BORBA, W. F. de; SILVA, J. L. S. da. Relação entre a pluviometria e a condutividade elétrica em Zona de Afloramento do sistema Aquífero Guarani. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 115-121, dez. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/15833/pdf>. Acesso em: 03 jun. 2022.

MACHADO, J. L. F.; FREITAS, M. A. Projeto mapa hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul: escala 1:750.000, relatório final. Porto Alegre: CPRM, 2005.

MANCUSO, M. A., *et al.* Caracterização geoquímica das águas de poços do aquífero Serra Geral na região Noroeste do Rio Grande do Sul. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2015. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28328>. Acesso em: 27 maio. 2022.

MANCUSO, M. A; SCHROEDER, J. K.; SILVA, J. L. S. da. Análise dos teores de flúor nas águas de abastecimento público em municípios localizados sobre o Aquífero Serra Geral. RS. In: XX simpósio brasileiro de recursos hídricos, 20., 2013, Bento Gonçalves. **Anais XX Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos.** Bento Gonçalves: ABRH, 2013. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/155/89fad55793c4e9c85d65e3412b38a54e_1ce4638dfd915346f63f3f36baae486.pdf. Acesso em: 04 jun. 2022.

MARCELINO, K. M, *et al.* Remoção de ferro em águas subterrâneas de poços tubulares em uma indústria de beneficiamento de arroz. **Revista Vincci - Periódico Científico do UniSATC**, v. 2, n. 1, p. 161-182, 25 abr. 2017. Disponível em: <http://revistavincci.satc.edu.br/ojs/index.php/Revista-Vincci/article/view/80/25>. Acesso em: 4 jun. 2022.

MELLO, F. de A.; OLIVO, A. de M. Recursos hídricos: poluição, escassez, qualidade microbiológica e química da água. **Colloquium Vitae**, [S.L.], v. 8, n. , p. 36-42, 20 dez. 2016. Associação Prudentina de Educacao e Cultura (APEC). DOI: <http://dx.doi.org/10.5747/cv.2016.v08.nesp.000262>. Disponível em: <http://www.unoeste.br/site/enepe/2016/suplementos/area/Vitae/Biomedicina/RECURSOS%0H%C3%8DDRICOS%20POLUI%C3%87%C3%83O,%20ESCASSEZ,%20QUALIDADE20MICROBIOL%C3%93GICA%20...pdf>. Acesso em: 11 nov. 2021.

MENDONÇA, P. C. de, *et al.* Avaliação da qualidade das águas em poços destinados ao abastecimento público no Noroeste do Rio Grande do Sul. **Aidis**, Três Passos, v. 12, n. 3, p. 552-570, dez. 2019. Disponível em: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/63431/64124>. Acesso em: 27 maio 2022.

MENEGAZZO, K. **Avaliação de variáveis físicas, químicas e biológicas de água para consumo humano em poços de Palmeira das Missões-RS**. 2019. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2019.

MESQUITA, K. F. C., *et al.* Avaliação da concentração de metais na água subterrânea consumida em comunidades amazônicas brasileiras. **Ciência & Engenharia**, Belém, v. 25, n. 1, p. 91-96, jun. 2016. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/10/Avalia%C3%A7%C3%A3o-da-concentra%C3%A7%C3%A3o-de-metais-na-%C3%A1gua-subterr%C3%A2nea-consumida-em-comunidades-amaz%C3%B4nicas-brasileiras.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2022.

METCALF, L.; EDDY, H. P. Tratamento de efluentes e recuperação de recursos. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788580555240/>. Acesso em: 02 jun. 2022.

MIDÕES, C., *et al.* **Água subterrânea: conhecer para proteger e preservar**. 2001. Disponível em: <https://repositorio.ineg.pt/handle/10400.9/488>. Acesso em: 10 jan. 2022.

NANNI, A., *et al.* Fluoride characterization by principal component analysis in the hydrochemical facies of Serra Geral Aquifer System in Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 80(4): 693-702. Disponível em: https://www.academia.edu/26172631/Fluoride_characterization_by_principal_component_analysis_in_the_hydrochemical_facies_of_Serra_Geral_Aquifer_System_in_Southern_Brazil. Acesso em: 23 jun. 2022.

NETTO, J. M. de A.; FERNÁNDEZ, M. F. Y. **Manual de hidráulica**. São Paulo: Editora Blucher, 2015. 9788521208891. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521208891/>. Acesso em: 13 mai. 2022.

OMS. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Conferência Internacional sobre Cuidados Primários de Saúde. Brasília, DF: Ministério da Saúde. **Relatório mundial de saúde, 2006: trabalhando juntos pela saúde**. Brasília, DF: Ministério da Saúde/OMS, 2007.

REGINATO, P. A. R., *et al.* Análise da influência de fraturas, da precipitação e da produção de poços no pH e na condutividade elétrica (CE) das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), na região Nordeste do estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisas em Geociências**, [S. l.], v. 48, n. 2, 2021. DOI: 10.22456/1807-9806.103908. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/index.php/PesquisasemGeociencias/article/view/103908>. Acesso em: 27 maio. 2022.

REGINATO, P. A. R., *et al.* Monitoramento e Avaliação dos Parâmetros pH e CE da Água Subterrânea de Poços Tubulares Utilizados para Abastecimento no Município de Carlos Barbosa (RS). In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO

AMBIENTE, 6., 2018, Bento Gonçalves. **Anais Congresso Internacional De Tecnologias para o Meio Ambiente**. Bento Gonçalves, 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/180406/001070517.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 27 maio 2022.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. de A.. **Tratamento de Água**. São Paulo: Blucher, 1991. 332 p.

ROCHA, B. F., *et al.* Análise Macroscópica e Parâmetros Microbiológicos de nascentes da área urbana de Cláudio, Minas Gerais, Brasil. **Conexão Ciência**, Formiga/Mg, v. 12, n. 3, p. 17-33, dez. 2017. Disponível em: <https://periodicos.uniformg.edu.br:21011/ojs/index.php/conexaociencia/article/view/567>. Acesso em: 16 maio 2022.

SAIDELLES, A. P. F., *et al.* Indicativo sobre possíveis problemas de potabilidade em poços no município de Alegrete-RS. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 3, p. 511-518, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/12835/pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2022.

SANTIAGO, M. R. **Análises das ocorrências anômalas de fluoreto em águas subterrâneas**. 2010. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7753/SANTIAGO%2c%20MARIANA%20RIBEIRO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 jan. 2022.

SANTOS, R. de S.; MOHR, Tainara. Saúde e qualidade da água: Análises Microbiológicas e Físico-Químicas em Águas Subterrâneas. **Contexto & Saúde**, Ijuí, v. 13, n. 24/25, p. 46-53, abr. 2014. Disponível em: <https://revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoesaude/article/view/2877>. Acesso em: 15 jan. 2022.

SCHEFFLER, J., *et al.* QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE CONSUMO HUMANO EM COMUNIDADES RURAIS NO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL. **Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Três Passos, v. 11, n. 1, p. 72-92, mar. 2022. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/10062. Acesso em: 26 maio 2022.

SCHNEIDER, S. I. **Avaliação da potabilidade da água de consumo humano de propriedades rurais do município de Taquaruçu do Sul - RS**. 2019. Xp. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e sanitária), Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2019.

SHAMMAS, N. K.; WANG, L. K. **Abastecimento de Água e Remoção de Resíduos, 3ª edição**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2013. 978-85-216-2350-2. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2350-2/>. Acesso em: 13 mai. 2022.

SILVA, A. B., *et al.* Química ambiental: monitoramento físico-químico da água de um poço artesiano na cidade de Remígio-PB. **Águas Subterrâneas**, v. 33, n. 3, 2019. Disponível em:

<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29583>. Acesso em: 27 maio 2022.

SILVA, C. de O. *et al.* Degradação ambiental e sociedade: um estudo do manancial de abastecimento público da cidade de Santana do Mundaú - AL. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37 n. 4, p. 490-513, set-dez. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/17168>. Acesso em: 16 maio 2022.

SILVA, G. F. *et al.* Avaliação das concentrações de nitrato e nitrito à jusante do antigo lixão no município de Rolândia - PR. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2015. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28345>. Acesso em: 4 jun. 2022.

SOARES, A. F. S.; SOUZA, L. P. S. Contaminação das águas de abastecimento público por poluentes emergentes e o direito à saúde. **Direito Sanitário**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 100-133, out. 2019. Disponível em: http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/documentacao_e_divulgacao/doc_biblioteca/bibli_servicos_produtos/bibli_informativo/bibli_inf_2006/Rev-Dir-Sanit_v.20_n.2.07.pdf. Acesso em: 16 ago. 2022.

SOLDERA, B. C. **Água compensável (ac): definição de um novo indicador ambiental**, 2017. Tese de Doutorado (Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2017. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/152378/soldera_bc_dr_rcla.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 15 ago. 2022.

SOUZA, P. A. de, *et al.* Metodologias de avaliação de impactos ambientais da APP, rancho Tutty Falcão Gurupi-TO. **Enciclopédia Biosfera**, [S.L.], v. 13, n. 24, p. 704-714, 6 dez. 2016. Centro Científico Conhecer. http://dx.doi.org/10.18677/encibio_2016b_066. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2016b/agrarias/metodologias%20de%20avaliacao.pdf>. Acesso em: 16 maio 2022.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 3 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 646 p.

TOMASI, L. C.; ROISENBERG, A. Influência da Tectônica-Rúptil na Hidrogeoquímica do Sistema Aquífero Serra Geral na Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí, RS. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 33, n. 3, p. 292–302, 2019. DOI: 10.14295/ras.v33i3.29262. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29262>. Acesso em: 3 fev. 2022.

VITÓ, C. V. G. *et al.* Avaliação da qualidade da água: determinação dos possíveis contaminantes da água de poços artesianos na região Noroeste Fluminense. **Acta Biomedica Brasiliensia**, Itaperuna, v. 7, n. 2, p. 59-75, dez. 2016. Disponível em: <https://www.actabiomedica.com.br/index.php/acta/article/view/154>. Acesso em: 11 nov. 2021.

VON SPERLING, M. **Introdução á qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 470 p.

ZERWES, C. M. *et al.* Análise da qualidade da água de poços artesianos do município de Imigrante, Vale do Taquari/RS. **Ciência e Natura**, Santa Maria - RS, v. 37, n. 4, p. 651-663, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/17385/pdf>. Acesso em: 11 nov. 2021.