

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

DANIELA ALMEIDA MOTA

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM POÇOS NAS
ÁREAS RURAIS DE CAÇAPAVA DO SUL - RS**

Caçapava do Sul

2019

DANIELA ALMEIDA MOTA

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM POÇOS NAS
ÁREAS RURAIS DE CAÇAPAVA DO SUL - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título Bacharela em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Maria Amélia Zazycki

Coorientador: Eng. Paulo Castro Cardoso da Rosa

Caçapava do Sul

2019

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo (a) autor (a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

M917 Mota, Daniela Almeida

Índice de Qualidade da Água Subterrânea em Poços na Zona Rural de Caçapava do Sul - RS / Daniela Almeida Mota.

44p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)- Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA, 2018

. "Orientação: Maria Amélia Zazycki".

"Coorientação: Paulo Castro Cardoso da Rosa".

1. Recursos Hídricos. 2. Água Potável. 3. Análise Físico-química e microbiológica. I. DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM POÇOS NAS ÁREAS RURAIS DE CAÇAPAVA DO SUL - RS.

DANIELA ALMEIDA MOTA

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM POÇOS NAS
ÁREAS RURAIS DE CAÇAPAVA DO SUL - RS**

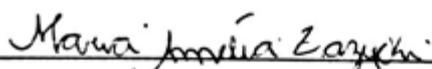
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharela em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Maria Amélia Zazycki

Coorientador: Eng. Paulo Castro Cardoso da Rosa

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 25 de novembro de 2019

Banca examinadora:



Prof^a. Dr^a. Maria Amélia Zazycki

Orientador

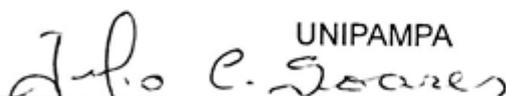
UNIPAMPA



Eng. Paulo Castro Cardoso da Rosa

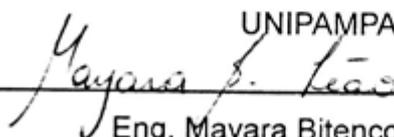
Coorientador

UNIPAMPA



Prof. Dr. Júlio César Mendes Soares

UNIPAMPA



Eng. Mayara Bitencourt Leão

UNIPAMPA

Dedico esse trabalho a todos os que me apoiaram de forma significativa. Em especial à minha avó Dazinha (in memoriam), por ser meu alicerce.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por ser meu escudo protetor em todos os momentos, pois sem Ele nada seria e nada faria.

Aos meus pais: Wilson (in memoriam) e Valdeci, meus irmãos (Gugu, Anne e Loyse), à minha cunhada, Géssica, os meus sobrinhos, João Felipe e Wilson Neto, por trazerem cor e alegria para minha vida.

Aos meus tios: em especial Derlinda, Orlando e Regina, por acreditar e torcer por mim de todas as formas possíveis.

Ao Paulo, por todo o seu amor e por compartilhar sua vida ao meu lado, além de me coorientar.

Aos demais familiares que sempre estiveram comigo.

À segunda família que ganhei no Rio Grande do Sul, e que me acolheu de braços abertos, Paulo e Eluza.

Aos meus amigos: Adriana, Aline, Géssica, Ilana, Júlio, Natália, Rafa, Romer e Tamires por sua amizade verdadeira e me ouvir a qualquer momento que eu precisar. Aos amigos que ganhei durante a minha jornada acadêmica: Andressa, Cátia, Ewerton, Jandir e Gabrieli, e que foram essenciais para a elaboração desse trabalho.

À minha orientadora, Maria Amélia Zazycki, por não hesitar em contribuir a todo o tempo em que precisei.

Aos professores, por todo o seu ensinamento e contribuição para a minha formação, em especial os professores Osmar Francisco Giuliani e Ricardo Machado Ellensohn.

À Universidade Federal do Pampa.

RESUMO

A água é um recurso vital à vida na Terra e tem grande importância para o desenvolvimento socioeconômico. Por essa razão é imprescindível procurar formas de preservação das fontes para que a água esteja livre de contaminação e adequada ao consumo humano. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade físico-química e microbiológica da água subterrânea de quatro poços situados na zona rural de Caçapava do Sul – RS. Para isso, foram analisadas as amostras de água dos poços predeterminados, denominados Ponto 1, Ponto 2, Ponto 3 e Ponto 4. Os parâmetros avaliados foram alcalinidade total, cloretos, coliformes totais, condutividade, dureza total, nitrato, pH, sólidos totais e turbidez. Os resultados obtidos foram comparados com a Resolução CONAMA 396/2008 e pela Portaria 2.941/2011 do Ministério da Saúde e demonstraram estar dentro dos padrões exigidos, com exceção da alcalinidade e turbidez, que assumiram valores elevados para todos os pontos. Sendo assim, com os resultados dessa pesquisa, constatou-se a importância de analisar a qualidade dos recursos hídricos subterrâneos para o abastecimento em áreas com limitações hídricas.

Palavras-Chave: Recursos hídricos. Água potável. Análise físico-química e microbiológica

ABSTRACT

Water is a vital resource for life on earth and is of great importance for socioeconomic development. For this reason it is essential to look for ways to preserve the sources so that the water is free of contamination and suitable for human consumption. Thus, the objective of this work was to evaluate the physicochemical and microbiological quality of groundwater from four wells located in rural Caçapava do Sul - RS. For this, the water samples from the predetermined wells, named Point 1, Point 2, Point 3 and Point 4 were analyzed. The parameters evaluated were total alkalinity, chlorides, total coliforms, conductivity, total hardness, nitrate, pH, total solids and turbidity. The results obtained were compared with CONAMA Resolution 396/2008 and Ordinance 2.941 / 2011 of the Ministry of Health and demonstrated to be within the required standards, except for alkalinity and turbidity, which assumed high values for all points. Thus, with the results of this research, it was found the importance of analyzing the quality of groundwater resources to supply in areas with water limitations.

Keywords: Water resources. Potable water. Physicochemical and microbiological analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização dos pontos de coleta.....	27
Figura 2 – Valores da alcalinidade nos quatro pontos analisados.....	33
Figura 3 – Valores encontrados para a análise de cloretos nos quatro pontos analisados.....	33
Figura 4 – Valores da condutividade nos quatro pontos estudados.....	34
Figura 5 – Valores da análise de dureza nos quatro pontos analisados.....	33
Figura 6 – Valores encontrado para o pH nos quatro pontos estudados.....	36
Figura 7 – Valores para os sólidos totais encontrados nos quatro pontos estudados.....	36
Figura 8 – Valores da turbidez encontrados nos quatro pontos analisados.....	37
Figura 9 – Valores do nitrato encontrados nos quatro pontos estudados.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação das águas de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.....	19
Tabela 2 – Conformidade do padrão microbiológico de qualidade da água.....	21
Tabela 3 – Valores máximos permitidos pelo Ministério da Saúde.....	21
Tabela 4 – Classificação das águas subterrâneas de acordo com a Resolução 396/2008.....	22
Tabela 5 – Coordenadas dos quatro pontos de coleta.....	27
Tabela 6 – Comparação entre os valores encontrados e os valores permitidos.....	32

LISTA DE SIGLAS

ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

AgNO₃ - Nitrato de Prata

Ca²⁺ - Cálcio

CaCO₃ – Carbonato de Cálcio

Cl⁻ - Cloreto

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

Fe - Ferro

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

HCl – Ácido Clorídrico

Mg²⁺ - Cátion Bivalente de Magnésio

mg/L – Miligrama por Litro

MS – Ministério da Saúde

pH – Potencial Hidrogeniônico

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

UT – Unidade de Turbidez

UTM - Universal Transversa de Mercator

VMP – Valores Máximos Permitidos

Zn - Zinco

μS/cm – Microsiemens por Centímetro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Geral.....	16
2.2 Específicos.....	16
2.3 Justificativa.....	16
3 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	17
3.1 Caracterização da água.....	17
3.2 Caracterização da água subterrânea.....	17
3.2.1 <i>Qualidade das águas subterrâneas</i>	18
3.3 Poços como fonte de água potável.....	18
3.4 Legislação e características para água potável.....	19
3.4.1 <i>Legislação para águas subterrâneas</i>	22
3.5 Análises físico-químicas.....	22
3.5.1 <i>Alcalinidade total</i>	23
3.5.2 <i>Cloreto</i>	23
3.5.3 <i>Condutividade</i>	23
3.5.4 <i>Dureza total</i>	24
3.5.5 <i>pH</i>	25
3.5.6 <i>Nitrato</i>	25
3.5.7 <i>Sólidos totais</i>	25
3.5.8 <i>Turbidez</i>	25
3.6 Análises microbiológicas.....	25
3.6.1 <i>Coliformes Totais</i>	25
4 METODOLOGIA	27
4.1 Área de estudo.....	27
4.2 Coletas.....	27
4.3 Análises físico-químicas.....	28
4.3.1 <i>Alcalinidade total</i>	28
4.3.2 <i>Cloreto</i>	28
4.3.3 <i>Condutividade</i>	29
4.3.4 <i>Dureza total</i>	29
4.3.5 <i>Nitrato</i>	29
4.3.6 <i>pH</i>	29

4.3.7 Sólidos totais.....	30
4.3.8 Turbidez.....	30
4.4 Análises microbiológicas.....	30
4.4.1 Coliformes Totais.....	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
5.1 Análises físico-químicas.....	32
5.1.1 Alcalinidade total.....	32
5.1.2 Cloreto.....	33
5.1.3 Condutividade.....	34
5.1.4 Dureza total.....	34
5.1.5 pH.....	35
5.1.6 Sólidos totais.....	36
5.1.7 Turbidez.....	37
5.1.8 Nitrato.....	37
5.2 Análises microbiológicas.....	38
5.2.1 Coliformes totais.....	38
5.3 Tratamento dos dados.....	38
6 CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

A qualidade dos recursos hídricos designados para o consumo humano é um tema bastante relevante e tem causado preocupação em esfera da saúde pública. O consumo de água contaminada ou fora dos padrões mínimos de qualidade torna-se um risco à saúde, devido à presença de elementos patogênicos ou substâncias químicas prejudiciais, bem como substâncias orgânicas não degradáveis.

A água subterrânea é um recurso de grande importância mundialmente e os lugares que a utilizam como fonte potável demonstram interesse no aprimoramento de índices de qualidade, buscando reduzir as medições indispensáveis para caracterizar um corpo hídrico, bem como facilitar o processo de informação dos níveis desejados de qualidade com o usuário final. De acordo com a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS, 2016), água subterrânea ocorre quando o fluxo desta circula abaixo da superfície terrestre e pode ser encontrado devido aos poros e fissuras das rochas sedimentares e compactas que permite o curso da água.

Cerca de 2,5 bilhões de pessoas no mundo utilizam água subterrânea, com atendimento para consumo humano de menos 50% da população e é responsável por 43% de toda a água usada para irrigação (CONNOR, 2015). Segundo a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA, 2016), 66,6% das residências nas zonas rurais captam água sem tratamento. Com isso, a população fica suscetível à ocorrência de doenças com propagação hídrica, tais como: amebíase, cólera, diarreia, disenterias, giardíase e teníase.

Nos últimos anos, a inserção de novas áreas a programas habitacionais tem colaborado para a perda da qualidade dos recursos hídricos (BARROS et al., 2016). Se por um lado, a qualidade da água nas zonas urbanas tem preocupado as organizações, por outro, na zona rural, ainda se mostra incipiente (SCALIZE et al., 2014; MORAIS et al., 2016; PIRATOBA et al., 2017). Para muitos, a utilização dos recursos hídricos subterrâneos oriundos de poços é uma importante fonte de abastecimento de água para consumo humano. Desse modo, é imprescindível uma maior atenção com relação ao controle da qualidade dessas águas (VOLKWEIS et al., 2015; LÖBLER; SILVA, 2015). Logo, a aplicação de índices de avaliação da qualidade da água subterrânea como mecanismos de normatização, agregação e monitoramento da qualidade da água deve ser priorizada.

Desta forma, este trabalho se propôs a realizar uma análise da qualidade da água subterrânea apropriada para o consumo humano, bem como procurou distinguir, em

função de sua aplicação, condições da qualidade do recurso hídrico, interferências naturais e antrópicas, número e tipos de parâmetros utilizados, normas de referência (padrões nacionais e internacionais) e usos preponderantes da água.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a qualidade da água subterrânea de poços que abastecem quatro localidades rurais no município de Caçapava do Sul - RS.

2.2 Específicos

1. Analisar os parâmetros físico-químicos da água de poços que abastecem quatro localidades rurais no município de Caçapava do Sul – RS;
2. Classificar a água dos poços de acordo com a legislação vigente;
3. Avaliar por meio de análises microbiológicas a água utilizada para consumo humano nestas localidades.

2.3 Justificativa

Aproximadamente 97% da água doce disponível para consumo humano pode ser encontrada em níveis subterrâneos (MEIRA et al., 2014), no entanto, a qualidade natural dessas reservas hídricas estão em risco devido à sua grande exploração, bem como à ocupação do solo de forma desenfreada e ao negligenciar a legislação (RIBEIRO et al., 2011). Pode ser consequência de eventuais lançamentos de poluentes que ocorrem na superfície do solo que, por ter um meio propício de infiltração e percolação, podendo atingir os aquíferos (BATISTA et al., 2016).

A utilização da água para consumo da população precisa passar por vários processos para se tornar potável. Por isso, é imprescindível que se tenha uma avaliação de qualidade da água que possibilita identificar diferentes parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Desse modo, essa pesquisa justifica-se pelo fato de ter avaliado a qualidade da água de poços que estão sendo utilizados para consumo humano em diferentes áreas rurais de Caçapava do Sul.

3 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

3.1 Caracterização da água

A água é o solvente universal, que carrega gases, elementos e substâncias, e compostos orgânicos dissolvidos que são fundamentais à vida no planeta (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008). A maior parte da superfície da Terra é composta por recursos hídricos, no entanto, apenas 2,5% são de água doce, com um mínimo de 0,06% correspondente à água dos rios, lagos, biomassa entre outros. O excedente da água doce está no subsolo e nas calotas polares sendo estas duas de difícil acesso (ESTEVEES, 2011).

Nas últimas décadas, o ciclo hidrológico global tem sido alterado por mudanças climáticas de forma visível, fazendo com que toda a biosfera seja ameaçada. Além disso, o uso insustentável dos recursos hídricos subterrâneos leva a impactos sociais e ambientais negativos. (JACOBSEN et al., 2012; VAN VLIET et al., 2013).

A qualidade da água é tão importante quanto à quantidade, visto que a disponibilidade dos recursos hídricos para determinados usos depende fundamentalmente da característica físico-química e biológica das águas (SANTOS, 1997).

3.2 Caracterização da água subterrânea

O manancial subterrâneo é uma das reservas indispensáveis para o aproveitamento de água. Em sua maioria, não é necessário o tratamento desta água, devido ao meio de filtragem natural do subsolo. Estão inclusos neste manancial: poços rasos e profundos, nascentes e galerias de infiltração. Os aquíferos são as camadas subterrâneas que podem conter água, além disso, são designados como formações geológicas com poros ou espaços abertos (fissuras ou fraturas) em seu interior (PHILIPPI, 2005).

As águas subterrâneas são as maiores reservas de água doce disponível, representam cerca de um terço das retiradas de água doce em todo o mundo (FAMIGLIETTI, 2014; GORELICK & ZHENG, 2015; SIEBERT et al., 2010). A água no subsolo se origina por meio da infiltração, porém o movimento e o armazenamento dessas águas são controlados pela ação da força gravitacional e pelas características dos materiais presentes (SCHMIDT, 2006).

3.2.1 Qualidade das águas subterrâneas

A água subterrânea é um elemento de grande importância para o abastecimento público, agricultura, pecuária e indústria, mas pode trazer riscos à saúde quando consumida com má qualidade. A qualidade desse recurso é determinada por sua composição química, física e bacteriológica. As características necessárias se baseiam para qual será sua finalidade. Para o consumo humano, é imprescindível uma água pura e saudável, livre de matéria suspensa visível, cor, gosto, de organismos patogênicos e de quaisquer substâncias orgânicas ou inorgânicas que provocam efeitos fisiológicos prejudiciais ao ser humano. As impurezas dissolvidas na água constituem as características do solo por onde as águas escoam (MORGADO, 1999).

As águas subterrâneas transportam sais em solução, onde as quantidades e concentrações desses sais necessitam do ambiente, do fluxo e da fonte de água subterrânea. Esses sais solúveis identificados resultam da dissolução dos minerais das rochas. (CAPUCCI et al.,2001). A qualidade das águas subterrâneas tem como objetivo a preservação da saúde pública e controle de substâncias nocivas ao ser humano, como microrganismos patogênicos, substâncias tóxicas e compostos radioativos (SANTOS, 2000).

3.3 Poços como fonte de água potável

Com a instabilidade dos recursos hídricos, a população buscou novas fontes para seu abastecimento, algumas pessoas perfuram poços e cisternas nos pátios de suas residências para o seu fornecimento. Entretanto, a qualidade destas fontes é duvidosa devido a fatores antrópicos, bem como naturais. (MOREIRA; CONDÉ, 2015).

Poço artesiano é um poço perfurado com diâmetro pequeno, grande profundidade, onde a água flui do solo naturalmente, pois sua pressão é suficiente para levá-la à superfície. Já o semi-artesiano requer o uso de equipamentos específicos, como bomba, para captar a água. Ambos são denominados tecnicamente de poço tubular profundo e são escavados por furadeiras gigantes, usando uma broca desenvolvida pela indústria petrolífera (HIRATA, 2002).

Segundo Tundisi (2003), um poço artesiano perfurado de acordo com as normas técnicas e dentro de uma tecnologia que proporcione segurança promoverá condições para o aproveitamento da água subterrânea, apresentando as seguintes vantagens:

- Custo por m³ menor a qualquer outra forma de abastecimento;

- Fornecimento constante de água independente das redes de abastecimento, livre de defeitos, rupturas de canalizações e cortes temporários;
- Redução dos problemas de estiagem.

Além disso, também buscam no subsolo os chamados aquíferos, que são regiões com grande acúmulo de água infiltrada em rochas e sedimentos, ocupando os poros e fraturas. Os aquíferos estão protegidos da contaminação por ações antrópicas e, muitas vezes, não é necessário tratamento antes do consumo (GRAY, 1994).

3.4 Legislação e características para água potável

O Brasil possui legislações específicas relacionadas à qualidade da água. Uma delas é a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357, de 2005 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos hídricos, determinando limites distintos a cada substância a ser analisada. Com base nessa legislação, as águas podem ser classificadas como mostra a Tabela 1:

Tabela 1 - Classificação das águas de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.

TIPOS DE ÁGUAS	CLASSES
Água Doce	Especial, 1, 2, 3 e 4
Água Salina	Especial, 1,2 e 3
Água Salobra	Especial, 1,2 e 3

Fonte: Autora, 2019.

De acordo com esta Resolução, tem-se que:

- Águas doces: salinidade igual ou inferior a 0,5%;
 - Águas salobras: salinidade superior a 0,5% e inferior a 30%;
 - Águas salinas: salinidade igual ou superior a 30%
- (CONAMA, 2005).

Para cada classe, são determinados valores de parâmetros de qualidade e indicadores específicos, com o objetivo de proporcionar a qualidade mínima para seus possíveis usos. O foco da presente pesquisa é dado na seção das Águas Doces, que na mesma resolução tem-se:

Seção I, Águas Doces.

As águas doces podem ser classificadas em (CONAMA, 2005):

I – classe especial: águas destinadas:

- a) Ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;*
- b) À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;*
- c) À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;*

II – classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;*
- b) À proteção das comunidades aquáticas;*
- c) À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho;*
- d) À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas, sem remoção de película;*
- e) À proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas;*

III – classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;*
- b) À proteção das comunidades aquáticas;*
- c) À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho;*
- d) À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;*
- e) À aquicultura e à atividade de pesca;*

IV – classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;*
- b) À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;*
- c) À pesca amadora;*
- d) À recreação de contato secundário*
- e) À dessedentação de animais;*

V – classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) À navegação;*
- b) À harmonia paisagística.*

A Portaria Nº 518, de 25 de Março de 2004, do Ministério da Saúde, designa as metodologias e atribuições relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. É citado, no art. 2º, que toda água atribuída ao consumo humano precisa obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água. Ainda, água deve estar em conformidade com o padrão microbiológico mostrado na Tabela 2:

Tabela 2 – Conformidade do padrão microbiológico de qualidade da água.

PARÂMETRO	VMP ⁽¹⁾
Água para consumo humano⁽²⁾	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes Termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100 mL
Água na saída do tratamento	
Coliformes totais	Ausência em 100 mL
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100 mL
Coliformes totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: <ul style="list-style-type: none"> • Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês. • Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: • Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100 mL.

Notas: (1) valor máximo permitido;

(2) água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras;

(3) a detecção de *Escherichia coli* deve ser preferencialmente adotada.

Fonte: Portaria Nº 518/2004, do Ministério da Saúde.

Os padrões físico-químicos são mostrados na Tabela 3:

Tabela 3 – Valores máximos permitidos pelo Ministério da Saúde

PARÂMETRO	VMP
Alcalinidade Total	Faixa entre 6,0 e 9,5
Cloro Residual Livre	Entre 0,2 mg/L e 2,0 mg/L
Condutividade	Até 1000 µS/cm
Cor Aparente	15 UH
Dureza Total	500 mg/L
Fluoretos	0,8 mg/L para o Rio Grande do Sul
Oxigênio Dissolvido	Entre 2,0mg/L e 9mg/L
Turbidez	Para água subterrânea desinfectada 1,0 UT; Para consumo humano 5,0 UT; Para água resultante de filtração lenta 2,0 UT.

Fonte: Portaria Nº 518/2004, do Ministério da Saúde.

3.4.1 Legislação para águas subterrâneas

A Resolução no 396/2008 do CONAMA determina a integração desejada entre a PNMA (Política Nacional do Meio Ambiente) e a PNRH (Política Nacional de Recursos Hídricos), objetivando assegurar as funções social, econômica e ambiental das águas subterrâneas, ao estabelecer que “Art. 1º Esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento, prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas” (CONAMA, 2008). A seguir, na Tabela 4 é mostrada a classificação das águas subterrâneas de acordo com a Resolução 396/2008:

Tabela 4 - Classificação das águas subterrâneas de acordo com a Resolução 396/2008

PARÂMETRO	VMP
Alcalinidade Total	Não há parâmetro definido
Cloreto	250 mgCl/L
Coliformes Totais	Ausência em 100 mg/L
Condutividade	Não há parâmetro definido
Dureza Total	500 mgCaCO ₃ /L
Nitrato	10 mgNO ₃ ⁻ /L
pH	6,0 à 9,0
Sólidos Totais	1.000 mg/L
Turbidez	1,0 UT à 5,0 UT

Fonte: CONAMA, 2008 (Adaptado).

3.5 Análises Físico-Químicas

A água empregada para o consumo humano é a potável, onde os parâmetros físicos, químicos e biológicos devem atender ao padrão de potabilidade e não oferecer riscos à saúde humana (BRASIL, 2011).

Os padrões químicos são os mais significativos para determinar a qualidade da água, pois possibilita classificá-la através da sua capacidade mineral, definir o grau de contaminação, caracterizar picos de concentração de poluentes tóxicos e as prováveis fontes e avaliar o equilíbrio bioquímico fundamental para a preservação da vida aquática (MACÊDO, 2001).

3.5.1 Alcalinidade Total

A alcalinidade é a medida total da presença de substâncias na água, que possuem a capacidade de neutralizarem ácidos. Em outras palavras, tem função de tamponamento da água, ou seja, de manter o pH estável. Além disso, depende de alguns compostos principalmente carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. A alcalinidade aumenta o pH e conseqüentemente a amônia torna-se mais tóxica (WURTS & DURBOROW, 1992).

3.5.2 Cloreto

A determinação de cloretos é efetuada com o intuito de analisar a dissolução de sais e o lançamento de efluentes domésticos e industriais em um corpo hídrico (LOIOLA, 2012; LIBÂNIO, 2005). A concentração elevada de cloretos em água pode afetar o desenvolvimento das plantas e acarretar danos à saúde pública, provocando doenças como, hipercloremia, doenças renais, como também desidratação na população (FREITAS, 2001).

3.5.3 Condutividade

É um parâmetro que possui uma relação direta com a quantidade de íons dissolvidos nos corpos hídricos. Esses íons são levados para um local com fluxo d'água por meio das águas pluviais ou da disposição de esgotos contaminados, como por exemplo, com íons de cloro provenientes de substâncias como água sanitária. A Portaria 2914/2011 e a Resolução do CONAMA 357/2005 não apresentam VMP para avaliar condutividade (ZUMACH, 2003).

3.5.4 Dureza Total

A dureza é designada à água com grandes concentrações de íons polivalentes dissolvidos. Já dureza total é oriunda da presença de cálcio, magnésio, ferro, bário, estrôncio, entre outros. No entanto, na prática, é determinado na dureza total apenas as concentrações de cálcio e magnésio (BLANK; VIEIRA, 2014)

A soma de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) é considerada uma medida da capacidade da água de precipitar sabão. Em grandes concentrações consomem muito sabão na limpeza em geral, deixam resíduos insolúveis e provocam corrosão, além de incrustações nas tubulações. Frequentemente, a dureza representa a capacidade que a

água possui em reagir com sabões (GORELICK, 2015). A dureza total da água é expressa em concentração de CaC_3/L (GARCEZ, 2004).

3.5.5 Nitrato

O nitrato é o resultado da estabilização aeróbia do nitrogênio orgânico. Altos níveis de nitratos significam prováveis índices de contaminação por disposição inadequada de dejetos humanos, industriais ou de indústrias alimentícias, bem como utilização de fertilizantes nitrogenados na agricultura. A contaminação por nitrato na água potável pode acarretar muitos danos à saúde, uma vez que, no organismo humano, é convertido em nitrito que, por sua vez, se associa à hemoglobina formando a metaemoglobina, que impede o fluxo de oxigênio no sangue (SILVA, 2003).

A Resolução CONAMA no. 396 (BRASIL, 2008), prevê que a concentração máxima permitida de nitrato, para consumo humano, em águas subterrâneas, é de $10 \text{ mgNO}_3^-/\text{L}$ ou $45 \text{ mgNO}_3/\text{L}$. Este íon geralmente ocorre em níveis menores nas águas superficiais, no entanto, pode atingir concentrações elevadas em águas profundas (FRANCA, 2006; BAIRD, 2002; APHA, 2005).

3.5.6 pH

O pH (potencial hidrogeniônico) é um parâmetro indispensável nos estudos ambientais, principalmente pelo fato de influenciar no equilíbrio químico de diversas reações que ocorrem de forma natural ou em processos de tratamento de água sendo frequentemente utilizado na caracterização destas águas (CESTESB, 2015; SPERLING, 2005).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 determina que em águas doces, independente da classe, o pH deve estar entre 6,0 e 9,0. Abaixo de 7,0, a água é considerada ácida e acima de 7,0, alcalina. Água com pH 7,0 é neutra. O termo pH está relacionado a concentração de íons hidrogênio em uma solução, e pode ser estabelecido através de aparelhos chamados de potenciômetros ou colorímetros (FUNASA, 2016).

3.5.7 Sólidos Totais

A existência de sólidos nos corpos hídricos pode ocorrer de maneira natural através dos processos erosivos, organismos e resíduos orgânicos, pelas diferentes

formas de utilização do solo no entorno e, ainda, de forma antrópica, por meio do lançamento de efluentes (SANTOS & MORAES, 2012).

As Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 396/2008 determinam limites para sólidos totais de 1.000 mg/L, além dos limites para sólidos dissolvidos e em suspensão, sendo de 500 e 100 mg/L para corpos de água doce classes 2 e 1, respectivamente.

3.5.8 Turbidez

A turbidez da água é causada pela presença de materiais sólidos em suspensão que provocam a diminuição da sua transparência. É ocasionada também pela presença de metais, como Fe e Zn, algas, areia, entre outros. Além disso, a turbidez pode gerar risco indireto à saúde devido à possibilidade de que as partículas presentes na água auxiliem os microrganismos contra a ação dos desinfetantes (DI BERNARDO & PAZ, 2008; LIBÂNIO, 2010).

O aumento sensível da turbidez dá-se quando há poluição por esgotos domésticos, bem como por diversos tipos de despejos. Turbidez elevada diminui a entrada da luz na água e com isso reduz a fotossíntese dos organismos do fitoplâncton, algas e vegetação aquática e os esgotos domésticos. Além disso, muitos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas (CETESB, 2011).

3.6 Análises Microbiológicas

3.6.1 Coliformes Totais

Os coliformes totais são um conjunto de bactérias capazes de fermentar a lactose com a produção de ácido e gás, em 24 à 48 horas, quando são incubados a uma temperatura de 35°C. Elas possuem bacilos gram-negativos, não formadores de esporos, aeróbicos ou anaeróbicos facultativos (SILVA, 2014).

A determinação de coliformes assume importância como parâmetro da possibilidade de haver de microrganismos patogênicos, agentes de transmissão de doenças de propagação hídrica, tais como febre tifoide, febre paratifoide, disenteria bacilar e cólera (CASTANIA, 2009). Em geral, para determinar coliformes, realiza-se a diferenciação entre os de origem fecal e não-fecal (ZULPO et al., 2006).

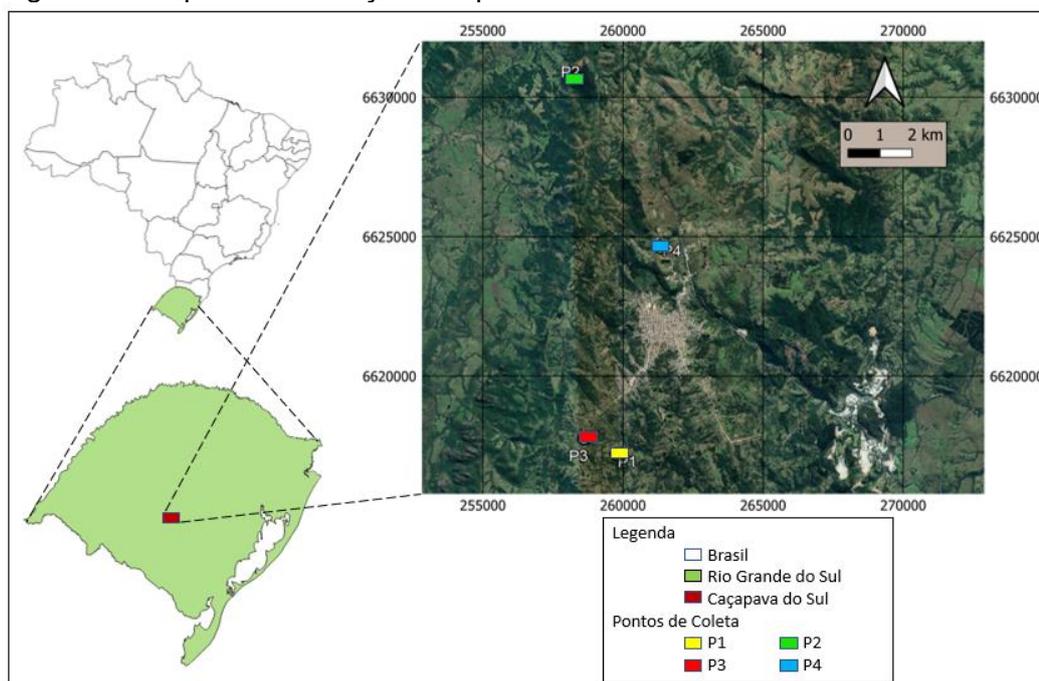
A identificação de coliformes totais em amostras de água não é obrigatoriamente um indício de contaminação fecal, já que neste grupo inclui representantes de origem não-fecal (SOUZA, 2000).

4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

A área de estudo abrange quatro pontos distintos na zona rural do município de Caçapava do Sul, localizado no estado do Rio Grande do Sul, a cerca de 270 km de Porto Alegre. O mapa de localização da área pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Mapa de localização dos pontos de coleta.



Nota: Sistemas de Coordenadas UTM, Datum: Sirgas 2000, zonas: 22 e 23.
Fonte: A autora, 2019.

Na Tabela 5 são apresentadas as coordenadas dos quatro pontos de coleta.

Tabela 5 - Coordenadas dos quatro pontos de coleta.

PONTOS	COORDENADA (S)	COORDENADA (W)
Ponto 1	30°33'12.7"	53°30'16.8"
Ponto 2	30°25'53.9"	53°30'58.0"
Ponto 3	30°32'53.9"	53°30'58.0"
Ponto 4	30°29'13.47"	53°29'13.37"

Fonte: A autora, 2019.

4.2 Coletas

Realizaram-se as coletas durante o mês de novembro em quatro diferentes pontos. As amostras foram coletadas utilizando garrafas plásticas de 2L previamente preparadas e identificadas como P1, P2, P3 e P4. Logo após, foram encaminhadas para o laboratório de análises químicas.

4.3 Análises Físico-Químicas

As análises físico-químicas foram determinadas de acordo com os seguintes parâmetros: alcalinidade total, cloreto, condutividade, dureza total, nitrato, pH, sólidos totais e turbidez (ELOI; BARRETO, 2011). Todas as análises foram realizadas em triplicatas para garantir a confiabilidade dos dados.

4.3.1 Alcalinidade Total

Foram utilizados 50 mL de cada amostra e colocada em *erlenmeyer* de 250 mL. Adicionaram-se três gotas da solução indicadora conhecida por mistura verde de bromocresol/vermelho de metila. Posteriormente, titulou-se com a solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,02 N, anotando-se o volume gasto. Por fim, calculou-se a alcalinidade total utilizando a seguinte equação:

$$\text{Alcalinidade total em mg/L de CaCO}_3 = V \times 20 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

- V = volume gasto (H_2SO_4)

4.3.2 Cloreto

Utilizou-se 100 mL de cada amostra, incluindo o branco (usou água destilada), em *erlenmeyer* de 250 mL, em seguida, adicionou-se 1,0 mL do indicador cromato de potássio (K_2CrO_4) e foi titulado com a solução de nitrato de prata ($AgNO_3$), anotando o volume gasto. Logo após, calculou-se a quantidade de cloreto presente com a equação abaixo:

$$\text{mgCl}^-/\text{L} = \frac{(A-B) \times M \times 35453}{V_{am}} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

- A = volume da solução de AgNO₃ gasto para titular a amostra, em mL;
- B = volume da solução de AgNO₃ gasto para titular o branco, em mL;
- M = concentração molar da solução de AgNO₃;
- V_{am} = volume utilizado na amostra, em mL.

4.3.3 Condutividade

A condutividade é uma expressão numérica com capacidade de carregar a corrente elétrica resultante da presença de substâncias dissolvidas, ou seja, quanto maior a concentração de íons maior será a capacidade de condução elétrica. Para isso, foi utilizado o condutivímetro.

4.3.4 Dureza Total

É calculada como a soma da concentração de íons cálcio e magnésio presentes na água e expressadas como carbonato de cálcio. Para a análise da dureza total foram adicionados 25 mL de cada amostra em um béquer de 100 mL e diluída em 50 mL de água destilada. Em seguida, adicionou-se 2 gotas da solução tampão para elevar o pH. Então, transferiu-se para um erlenmeyer de 250 mL acrescentando 0,05 g do indicador negro de eriocromo T e titulado com EDTA 0,01M. Por fim, anotou o volume gasto e calculou-se a dureza total usando a equação a seguir:

$$\text{Cálculo Dureza Total em mg/l CaCO}_3 = \frac{\text{ml de EDTA} \times 1000 \times Fc}{\text{ml de amostra}} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

- FC = fator de correção.

4.3.5 Nitrato

Foram transferidas 50 mL de cada amostra, além do branco (água destilada), para um balão volumétrico de 50 mL, adicionou-se 1,0 mL de ácido clorídrico (HCl) 1,0 mol/L. Logo após, foi medida a absorvância em espectrofotômetro na região do ultravioleta a 205 nm.

4.3.6 pH

O parâmetro é baseado na determinação potenciométrica da concentração de H⁺, com o auxílio de dois eletrodos, sendo um de referência e outro de vidro. A membrana do eletrodo de vidro age como uma membrana semipermeável possibilitando a passagem de cátions, principalmente H⁺, que vai desde a solução de maior concentração até a mais diluída. Esse procedimento define uma carga positiva numa superfície e uma negativa na outra, dando origem a uma diferença de potencial, que pode ser mensurada em relação a um potencial de referencial, concedido por um eletrodo de referência.

4.3.7 Sólidos Totais

Adicionou-se 100 mL das amostras em seis cadinhos que, em seguida, foram transferidas para a estufa, a 35° C durante 72 horas. Após esse período, pesaram-se os cadinhos para analisar os resultados.

$$\text{mg de sólidos totais/L} = \frac{(A-B) \times 1000}{V_{am}} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

- A = peso da amostra com o cadinho, em mg;
- B = peso do cadinho vazio, em mg;
- V_{am} = volume utilizado na amostra, em mL.

4.3.8 Turbidez

O método baseia-se na comparação da intensidade da luz que se espalha pela amostra em condições estabelecidas. A turbidez é proporcional à intensidade da luz, ou seja, quanto mais intensa a luz espalhada maior será a turbidez. O equipamento utilizado na análise foi o turbidímetro, que por sua vez, é constituído de nefelômetro, contendo uma fonte com o objetivo de iluminar a amostra e um espalhador fotoelétrico, que indica a intensidade da luz em ângulo reto ao caminho da luz incidente.

4.4 Análise Microbiológica

A caracterização microbiológica da água foi realizada através da análise de coliformes totais.

4.4.1 Coliformes totais

Foram inoculados 10 tubos contendo 10 mL das amostras e um como o controle (água destilada). Logo após acrescentou-se 10 mL de água com o indicador microbiológico Colitag. Então os tubos foram mantidos à temperatura de 35°C durante 48 horas. Posteriormente, realizou-se o teste visual de identificação da presença de coliformes.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 6 são apresentados os resultados médios obtidos das análises comparados aos valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA 396/2008.

Tabela 6 - Comparação entre os valores encontrados e os valores permitidos

PARÂMETRO	VALOR ENCONTRADO				VALOR MÁXIMO PERMITIDO
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	
Alcalinidade Total	20	33	20	71,2	Não há parâmetro definido
Cloretos	2,99	3,49	13,14	12,34	250 mgCl ⁻ /L
Coliformes Totais	Ausência				Ausência em 100 mg/L
Condutividade	35,23	45,53	52,4	118,8	Não há parâmetro definido
Dureza Total	15,68	17,64	25,49	59,90	500 mgCaCO ₃ /L
Nitrato	ND	ND	5,7	5,8	10 mgN/L
pH	6,07	6,47	6,23	6,41	6,0 à 9,0
Sólidos Totais	23,4	18,4	3,6	26,8	1.000 mg/L
Turbidez	6,44	6,73	71,33	1,5	1,0UT à 5,0 UT

Nota: ND – Não Detectado

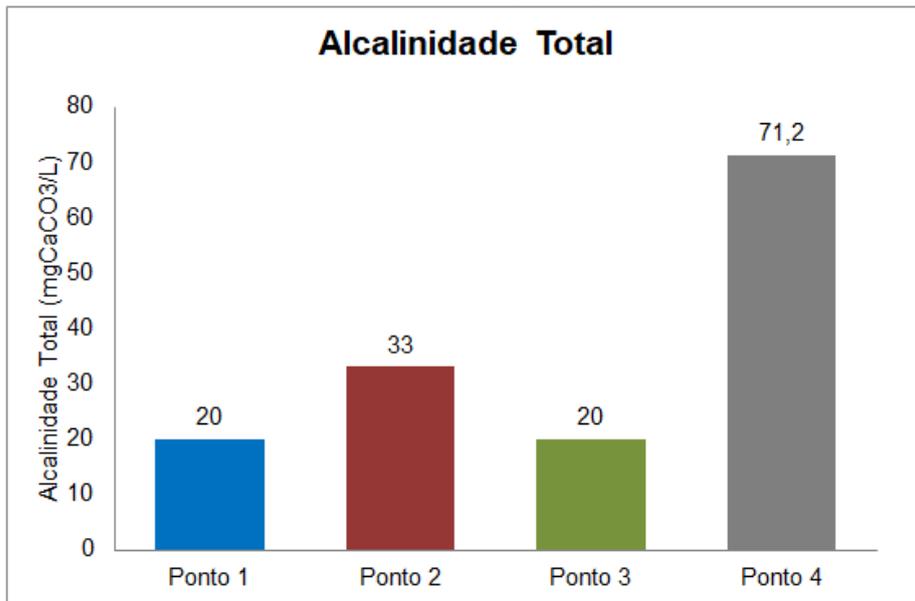
Fonte: A autora, 2019.

5.1 Análises físico-químicas

5.1.1 Alcalinidade total

A Resolução CONAMA 396/2008 para qualidade das águas subterrâneas não estabelece parâmetros para a alcalinidade total. Nos quatro pontos, os valores da alcalinidade apresentaram valores elevados, isso pode ser explicado, possivelmente, devido a utilização do solo para a agricultura, no entorno do ponto. Abaixo, a Figura 2 apresenta os valores obtidos para todos os pontos.

Figura 2 - Valores da alcalinidade nos quatro pontos analisados

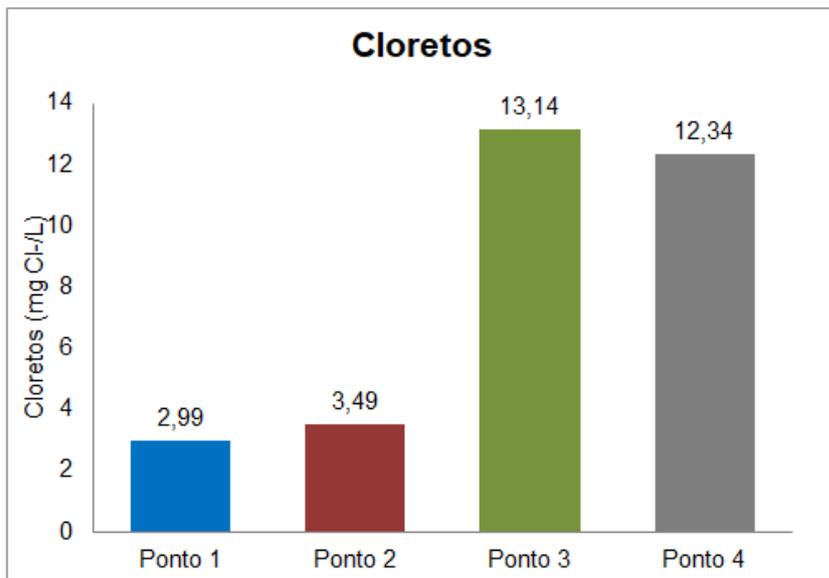


Fonte: A autora, 2019.

5.1.2 Cloretos

A Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (MS) e a Resolução CONAMA 396/2008 estabelecem que o teor máximo de cloreto permitido, para águas potáveis, é de 250 mg/L em cloro. Logo, o consumo inapropriado com níveis elevados, pode ocasionar efeito laxativo no ser humano (BRASIL, 2011). Os resultados obtidos para o cloreto demonstraram que em todos os pontos os níveis estão de acordo com o recomendado pela legislação. A seguir, são apresentados na Figura 3.

Figura 3 - Valores encontrados para a análise de cloretos nos quatro pontos analisados

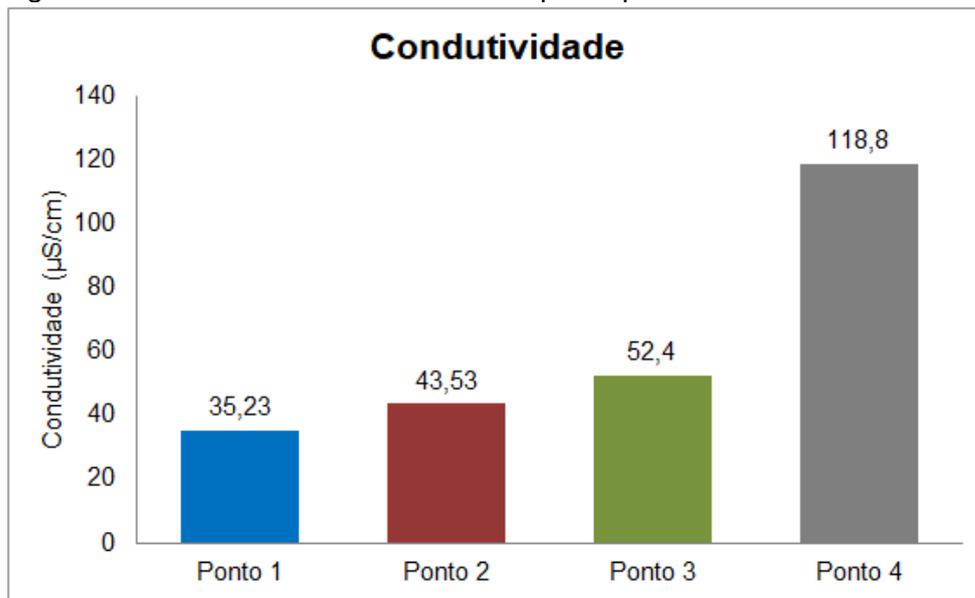


Fonte: A autora, 2019.

5.1.3 Condutividade

A condutividade elétrica de uma substância está relacionada diretamente ao número de íons dissolvidos da amostra (PALUDO, 2010). A condutividade não representa um grande risco para a saúde humana, desde que seu consumo não seja excessivo, pois pode causar o acúmulo de sais na corrente sanguínea e possibilitar a formação de cálculos renais. Para as águas subterrâneas, não há valores permitidos na legislação. Os resultados encontrados são apresentados na Figura 4.

Figura 4 - Valores da condutividade nos quatro pontos estudados

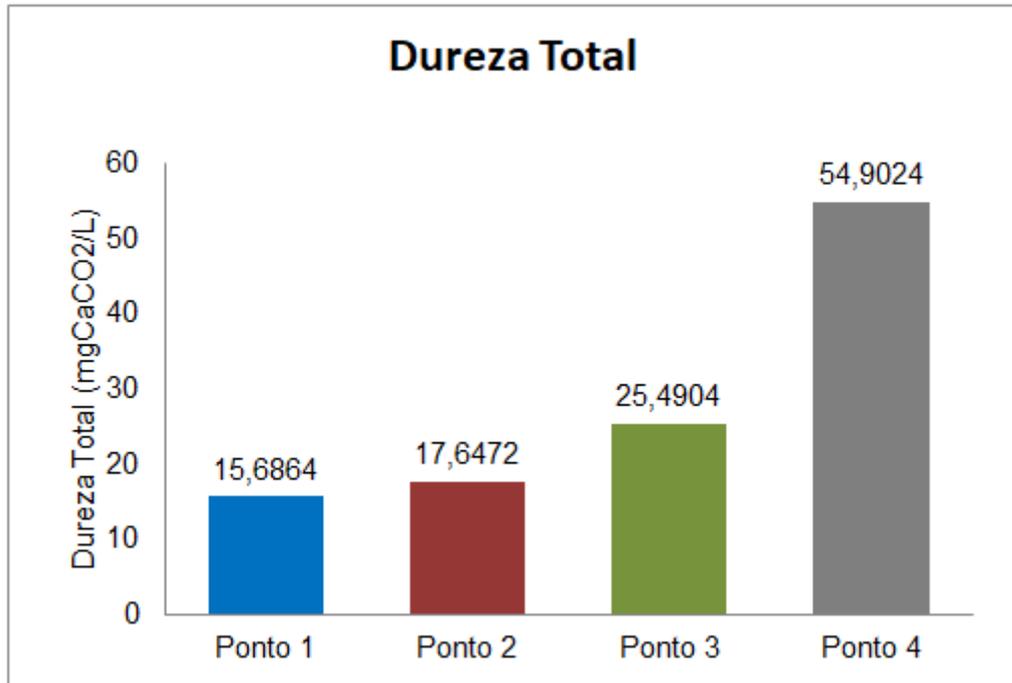


Fonte: A autora, 2019.

5.1.4 Dureza Total

A dureza está ligada diretamente com a presença de sais de cálcio e de magnésio, frequentemente encontrada em águas subterrâneas devido às rochas que se localizam no canal do poço (GUARIROBA, 2017). De acordo com a legislação, os valores máximos permitidos são de 500 mg/L de CaCO_3 . Os resultados encontrados evidenciam que todas as amostras estão em conformidade com o que é exigido pela legislação. A seguir, os valores obtidos estão apresentados na Figura 5.

Figura 5 - Valores da análise de dureza nos quatro pontos analisados

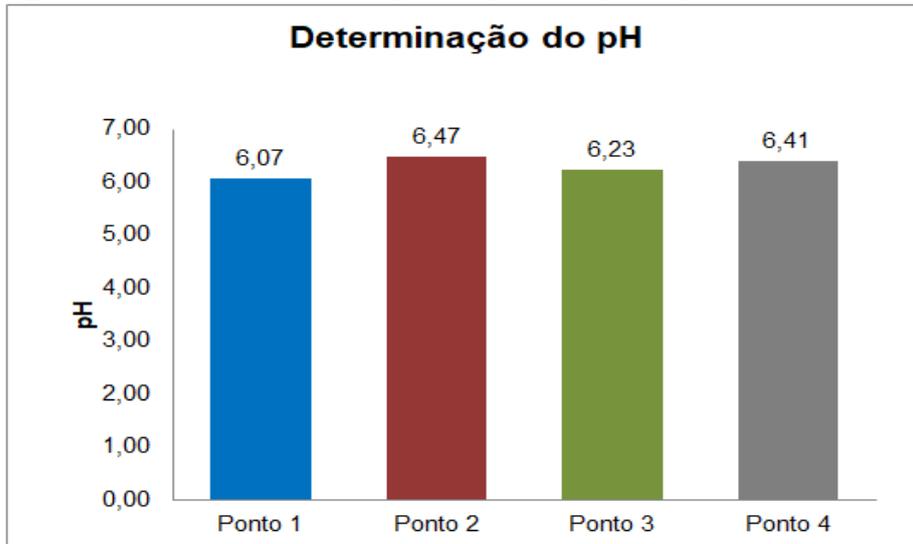


Fonte: A autora, 2019.

5.1.5 pH

A análise de pH demonstrou que em todos os pontos apresentados os valores estão dentro dos padrões permitidos para consumo humano. O pH não afeta tanto a saúde pública, somente se estiver em valores muito baixos ou elevados, podendo causar irritação na pele e nos olhos. Destaca-se a sua importância durante o tratamento da água nos estágios como a coagulação, desinfecção e remoção da dureza e na distribuição. Uma água com baixo pH provoca a corrosão das tubulações e peças do abastecimento, já o pH elevado favorece a formação de incrustações nas tubulações e nas peças das águas de abastecimento (VON SPERLING, 2017). A Figura 6 apresenta os valores encontrados em todos os pontos.

Figura 6 - Valores encontrado para o pH nos quatro pontos estudados

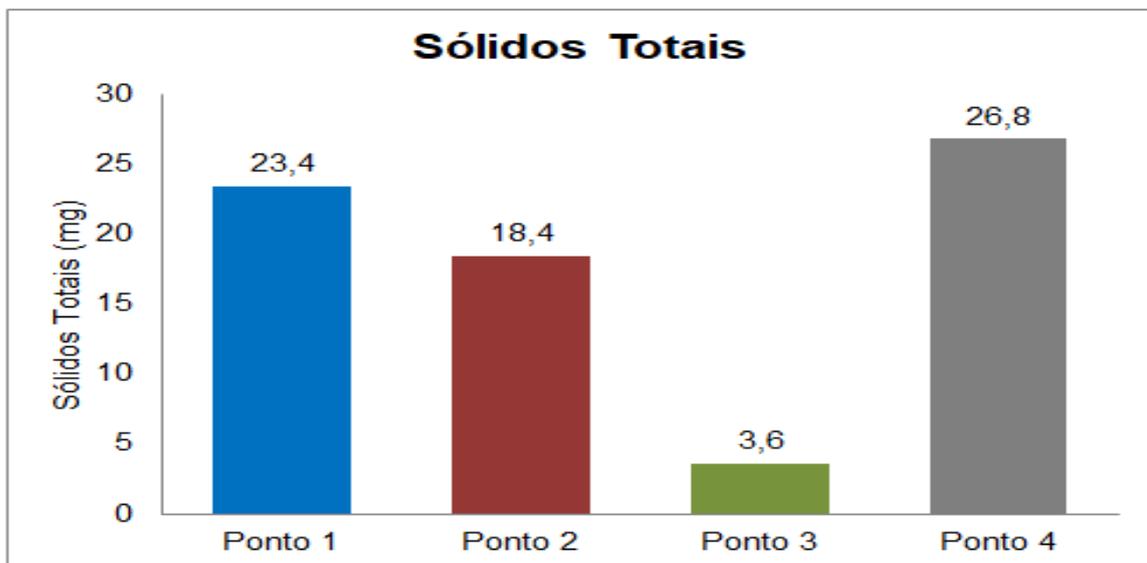


Fonte: A autora, 2019.

5.1.6 Sólidos totais

Os sólidos totais presentes na água não podem exceder 1.000 mg/L. A entrada de sólidos na água pode causar alterações de gosto se estiverem em níveis acima do aceitável. Os resultados demonstrados na Figura 7 apontam que todas as amostras encontraram-se dentro do limite permitido para consumo humano (BRASIL, 2011). Portanto, estão em conformidades com os padrões previstos pela Resolução CONAMA 396/2008.

Figura 7 - Valores para os sólidos totais encontrados nos quatro pontos estudados

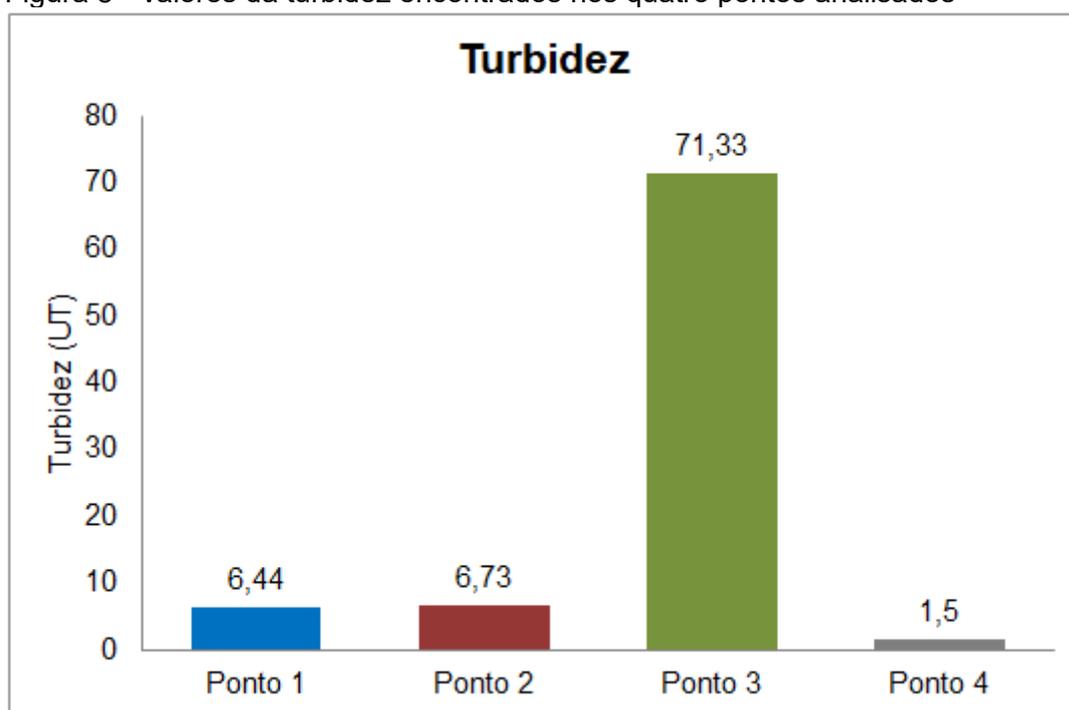


Fonte: A autora, 2019.

5.1.7 Turbidez

Os valores encontrados para a turbidez demonstraram que todas as amostras, com exceção do Ponto 4 que obteve um valor de 1,5 UT, estão acima dos valores permitidos, previstos pela Resolução CONAMA 396/2008. A concentração mais crítica foi a do Ponto 3, que teve um resultado de 71,33 UT, onde há a presença da agricultura e pecuária. Na Figura 8 estão apresentados os valores encontrados em todos os pontos.

Figura 8 - Valores da turbidez encontrados nos quatro pontos analisados

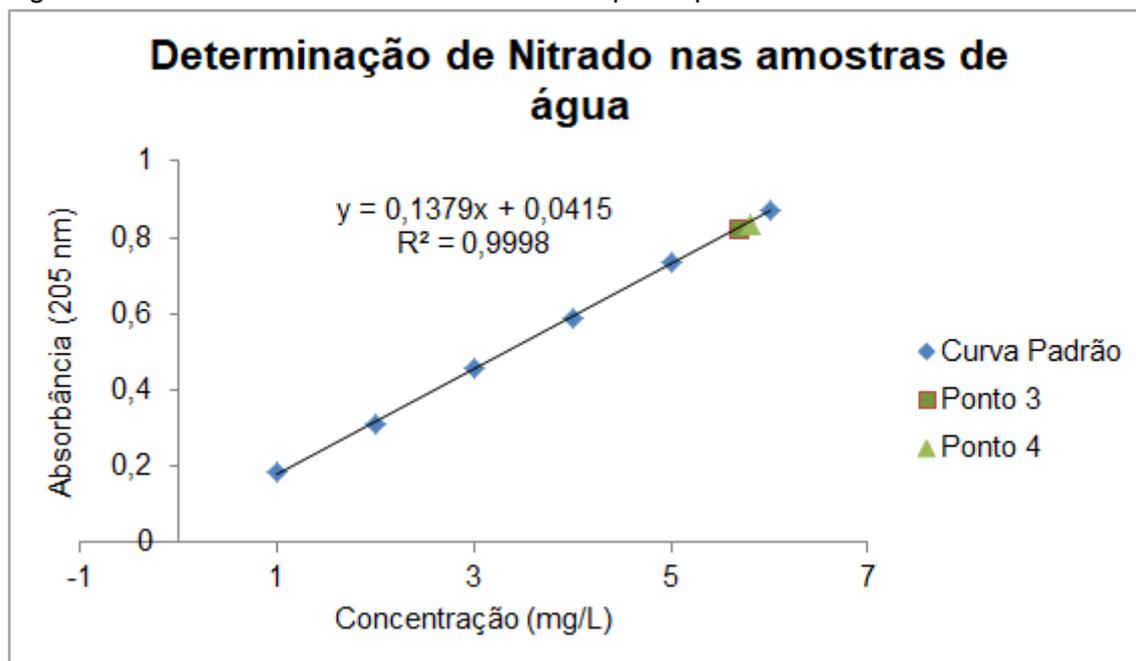


Fonte: A autora, 2019.

5.1.8 Nitrato

As amostras dos Pontos 1 e 2 tiveram valores inferiores para o limite de detecção do método utilizado. Os Pontos 3 e 4 apresentaram valores dentro desses limites, entretanto, estão de acordo com os padrões permitidos para a potabilidade da água exigidos pela legislação. Esses resultados são apresentados na Figura 9. Com base na Resolução CONAMA 396/2008, a concentração máxima permitida de nitrato, em águas subterrâneas, é 10 mg/L para consumo humano.

Figura 9 - Valores do nitrato encontrados nos quatro pontos estudados



Fonte: A autora, 2019.

5.2 Análises microbiológicas

5.2.1 Coliformes totais

Os padrões aceitos para a água potável é de que esta esteja aparentemente isenta de contaminantes químicos e microbiológicos (ALVES et al., 2010). As águas subterrâneas, se comparadas às águas superficiais, possuem um melhor desempenho de qualidade física química e bacteriológica por serem naturalmente protegidas (FERREIRA et.al., 2007). As análises de todos os pontos não apresentaram presença de coliformes totais, logo, estão em conformidade com a Portaria 2.941/2011 e a Resolução CONAMA 396/2008.

5.3 Tratamento dos dados

Os resultados dos parâmetros analisados foram tratados por métodos estatísticos no *software* EXCEL 2010 e para a elaboração do mapa de localização foi utilizado o QGIS 2015.

6 CONCLUSÃO

Com base nos objetivos propostos para a elaboração do trabalho, constatou-se que os resultados obtidos das análises físico-químicas dos quatro pontos estão em conformidade com a legislação vigente para o consumo humano, com exceção da alcalinidade e turbidez, que apresentaram valores acima do que é permitido. Vale ressaltar que nenhum ponto recebe algum tipo de tratamento ou passa por desinfecção, e isso é comprovado devido aos valores baixos de cloreto nas amostras. Quanto às análises microbiológicas, os testes não detectaram presença de microrganismos.

Considerando os VMP da Resolução 396/2008 do CONAMA e da Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, a água atende aos padrões de potabilidade, podendo ser classificada também como Água Doce de Classe I. Portanto, o consumo humano desta água não é considerado fator de risco à saúde, porém, é recomendado que seja submetida a um tratamento simplificado, como utilização de filtro clarificador, adição de cloro e até mesmo correção de pH.

Observou-se que o recurso hídrico subterrâneo é um fator muito relevante para o desenvolvimento econômico de uma região que precisa ser protegido contra a contaminação. Sendo assim, através da pesquisa realizada, verificou-se a importância da utilização da água subterrânea no abastecimento de áreas onde a rede pública ainda é escassa, devido a sua grande quantidade, qualidade e seu baixo custo de captação, tornando-se indispensável, uma vez que a região analisada sofre com a limitação de recursos hídricos superficiais.

REFERÊNCIAS

ABAS - **Associação Brasileira de Águas Subterrâneas**. Disponível em: <http://www.abas.org/educacao_pocos.php>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

ÁGUAS GUARIROBA. Disponível em: <http://www.aguasguariroba.com.br/sagua/info2.php>. Acesso em: 26 de outubro de 2019.

ALMEIDA, R. A. S. OLIVEIRA, I. B. **Aplicação do Índice de Qualidade de Água Subterrânea (IQUAS) destinado ao uso para Consumo Humano**. In: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008, Natal - RN. Anais - XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008.

APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21 ed. Washington D.C. APHA-AWWAWPCF, 2005.

ALVES, M.G.; et al. **Qualidade das águas de poços rasos provenientes de áreas urbanas e rurais de campos dos goytacazes (RJ)**. Disponível em: <<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22944/15081>>. Acesso em: 29 outubro de 2019.

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

BARROS, M. de B. RUFINO, I.A.A.; MIRANDA, L.I.B. de. **Mecanismos poupadores de água como suporte ao planejamento urbano**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v.21,n.1, p.251-262, 2016.

BATISTA, Carla Sales Polon et al. **Aplicação do método GOD para avaliação de vulnerabilidade de aquífero livre em bacia hidrográfica**. Águas Subterrâneas, 2016.

BLANK, D. E.; VIEIRA, J. G. **Caracterização físico-química e microbiológica de água de poços rasos do bairro Três Vendas**. *Vetor*, Rio Grande. v. 24, n. 1, p. 2-17, 2014. Pelotas - RS, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria Nº 518, de 25 de Março de 2004**. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=22322>>. Acesso em: 12 de outubro de 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria No 2914, de Dezembro de 2011**. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 18 de outubro de 2019.

CADILHAC, Laurent; ALBINET, Maurice. **Système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines-Rapport de présentation**, Version 0, Agences de l'Eau et le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, France, Août 2003.

CAPUCCI, Egmont et al. **Poços Tubulares e outras Captações de Águas Subterrâneas**. Rio de Janeiro: Governo do Estado do Rio de Janeiro, 70 p., 2001.

CASTANIA, J. **Qualidade da água utilizada para consumo em escolas públicas municipais de ensino infantil de Ribeirão Preto-SP**. Ribeirão Preto, 2009.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Método de Ensaio L**, v. 5, 2011.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade das águas superficiais. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade - Apêndice D**, 2015.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 357 de 17 de março de 2005**. Brasília. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>> Acesso em: 12 de outubro de 2019.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008**. <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>> Acesso em: 05 de novembro de 2019.

CONNOR, Richard. **The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World**. UNESCO publishing, 2015.

DI BERNANDO, L.; PAZ, L.P.S. **Soluções de Tecnologias de Tratamento de Água**. Editora LDIBE LTDA. São Carlos, 2008.

ELOI, W. M.; BARRETO, F. M. S. **Qualidade microbiológica da água**. In: **Nildo da Silva Dias; Márcia Regina Farias da Silva; Hans Raj Gheyi. (Org.). Recursos Hídricos: usos e manejos**. São Paulo: Editora Livraria da Física, v.; p. 129-148, 2011.

ESTEVES, F. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 826 p. 2011.

FAMIGLIETTI, James S. **The Global Groundwater Crisis**. Nature Climate Change, v. 4, n. 11, p. 945, 2014.

FERREIRA, A. N. P. et al. **Águas Subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido**. Secretária de Recursos Hídricos e Ambiente, 2007.

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

FREITAS, S. S.; **Eutrofização no Reservatório Marcela em Itabaiana – SE, e suas implicações ambientais**. Universidade Federal de Sergipe, 50p. Monografia – Especialização em Gestão de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, 2001.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Panorama do Saneamento Rural no Brasil. Brasília, 2016**. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/site/engenharia-de-saude-publica-2/saneamento-rural/panorama-do-saneamento-rural-no-brasil/>>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/Web%20Funasa/pub/pdf/Mnl%20analise%20agua.pdf>>. Acesso em: 09 de outubro de 2019.

GARCEZ, L. N. **Manual de Procedimento e técnicas Laboratoriais voltadas para análises de águas e esgotos sanitário e industrial**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2004.

GORELICK, Steven M.; ZHENG, Chunmiao. **Global change and the groundwater management challenge**. *Water Resources Research*, v. 51, n. 5, p. 3031-3051, 2015.

JACOBSEN, D.; MILNER, A.; BROWN, L.; DANGLES, O. **Biodiversity under threat in Glacier-Fed River Systems**. *Nature Climate Change*, v. 2, p. 361–364, 2012.

HIRATA, Ricardo. **Manejo integrado de aguas subterráneas: 3-18 (2002) contaminación del agua subterránea: mejor prevenir que remediar. Manejo integrado de aguas subterráneas: un reto para el futuro**, p. 3, 2002.

LIBÂNIO, M.; **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Editora Átomo. 2005.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. Campinas, SP. Editora Átomo, 2010.

LOIOLA, H. G. et al.; **Influência dos íons cloreto na qualidade das águas subterráneas de Crateús - CE**. In: VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 2012. Anais. Palmas: SETEC, 2012

MACÊDO, Jorge A. B. de. **Águas e Águas**. São Paulo: Varela, 2001.

MEIRA, José Carlos Rodrigues et al. **Vulnerabilidade Natural e Perigo à Contaminação De Zona De Recarga Do Aquífero Guarani**. José Carlos Rodrigues Meira, p. 46, 2014.

MOREIRA, D. A.; CONDÉ, N. M. **Qualidade das águas de minas no perímetro urbano do município de Ubá - MG**. *Multi-Science Journal*, v. 1, n. 1, p. 84-89, 2015.

MORGADO, Ayres F. Apostila: **Águas naturais**. UFSC/ENQ, 1999. Disponível em: <<http://lema.enq.ufsc.br/Arquivos/AGUAS%20NATURAIS.htm>>. Acesso em: 23 de outubro de 2019.

OLIVEIRA, I. B., NEGRÃO, F. I, e SILVA, A. G. L.S. **Mapeamento dos Aquíferos do Estado da Bahia utilizando o Índice de Qualidade Natural das Águas Subterráneas – IQNAS**. *Revista Científica Água Subterrânea*, V.21, No. 1, p. 123-137. 2007.

PHILLIPPI, Jr. A. **Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Barueri, 2005.

PORTO, R. L. L. **Estabelecimento de Parâmetros de Controle da Poluição**. In: Porto, R.L.L., Brando, S. M., Cleary, R. W. et al., *Hidrologia Ambiental*. São Paulo, Associação brasileira de Recursos Hídricos, ABRH, 1991.

RIBEIRO, D. M.; ROCHA, W. F.; GARCIA, A. J. V. **Vulnerabilidade natural à contaminação dos aquíferos da sub-bacia do rio Siriri, Sergipe**. *Águas Subterráneas*, v. 25, n. 1, p. 91-102, 2011.

SANTOS, Almany Costa. Noções de hidroquímica. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**, v. 3, p. 325-358, 1997.

SANTOS, Almany Costa. Noções de Hidroquímica. In: FEITOSA, Fernando A.c.; FILHO, João Manoel (Org.). **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. 2. ed. Fortaleza: Cprm, 2000.

SANTOS, H.C.R.G. & MORAES, M.E.B. **Variáveis limnológicas da água e usos do solo: elementos fundamentais para a avaliação de duas microbacias da Bacia Hidrográfica do Rio Almada, Sul da Bahia/Brasil**. In: Seminário Nacional de Gestão de Ecossistemas Aquáticos, 1., 2012.

SCALIZE, P.S.; BARROS, E.F. dos S.; SOARES, L.A.; HORA, K.E.R.; FERREIRA, N.C.; BAUMANN, L.R.F. **Avaliação da qualidade da água para abastecimento no assentamento de reforma agrária Canudos, Estado de Goiás. Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v.9, n.4, p.696-707, out./dez. 2014.

SCHMIDT, Elisabete I. **Estudo e Qualidade das Águas Subterrâneas na Região Sudoeste do Município de Estrela – RS**. 2006. 91 f. Monografia (Graduação) – Curso de Ciências Biológicas, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2006.

SIEBERT, Stefan et al. **Groundwater Use for Irrigation – a Global Inventory**. Hydrology and earth system sciences, v. 14, n. 10, p. 1863-1880, 2010.

SILVA, R. de C. A. da; ARAÚJO, T. M. de.; **Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA)**. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, p. 1.019-1.028, 2003.

SILVA, P. A. J.G., LIMA, S., Golin, R., FIGUEIREDO, D., LIMA, Z., MORAIS, E., & DORES, E. **Qualidade da água de uma microbacia com fins de abastecimento público, Chapada dos Guimarães, MT**. HOLOS, vol 4, 2014.

SOUZA, D. A. **Desenvolvimento de metodologia analítica para determinação de multiresíduos de pesticidas em águas de abastecimento de São Carlos – SP**, São Carlos, 2000.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 632 p., 2008.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: Imprensa Universitária da UFMG, 452 p, 2005.

WURTS, William A.; DURBOROW, Robert M. **Interactions of pH, carbon dioxide, alkalinity and hardness in fishponds**. Southern Regional Aquaculture Center publication no. 464. Liming Fishponds 3. In: Auburn University For. 1992.

ZULPO, D. L., PERETTI, J., ONO, L. M., GARCIA, J. L. **Avaliação microbiológica da água consumida nos bebedouros da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, Paraná, Brasil**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.27, n.1, p. 107-110, 2006.

ZUMACH, Rosalene et al. **Enquadramento de curso de água: rio Itajaí-Açu e seus principais afluentes em Blumenau, 2003.**