

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

MARIA ANGÉLICA LUIZ GOMES

**ANÁLISE DA EFICIENCIA DE UM ABRANDADOR DE PARTÍCULAS NA ESCOLA
JOSÉ ERNESTO ANNONI**

São Gabriel, RS, Brasil

2015

MARIA ANGÉLICA LUIZ GOMES

**ANÁLISE DA EFICIENCIA DE UM ABRANDADOR DE PARTÍCULAS NA ESCOLA
JOSÉ ERNESTO ANNONI**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Gestão Ambiental da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Gestão Ambiental.

Orientador: Dr. André Carlos Cruz Copetti

São Gabriel, 2015

MARIA ANGÉLICA LUIZ GOMES

**ANÁLISE DA EFICIENCIA DE UM ABRANDADOR DE PARTÍCULAS NA ESCOLA
JOSÉ ERNESTO ANNONI**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Gestão Ambiental da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Gestão Ambiental.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 22 de janeiro de 2015.

Banca examinadora:

Prof. Dr. André Carlos Cruz Copetti
Orientador
Universidade Federal do Pampa

Dra. Ana Paula Fleig Saidelles
Universidade Federal do Pampa

Ms. Beatriz Stoll Moraes
Universidade Federal do Pampa

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais pelo carinho e incentivo.

Aos meus irmãos pela amizade e companheirismo.

Aos meus familiares pelo apoio incondicional.

Ao Professor Dr. André Carlos Cruz Copetti pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho.

A comunidade escolar e direção da Escola José Ernesto Annoni pela colaboração.

Agradeço aos meus colegas ao longo dos anos de faculdade que com certeza tornaram-se futuros excelentes profissionais.

Aos meus amigos, antigos e novos, pelas alegrias e tristezas compartilhadas, com vocês as pausas entre uma aula e outra melhora tudo o que tenho produzido na vida.

Aos colegas que me acompanharam nessa jornada, para aqueles que já ultrapassaram e aqueles que ainda continuam, guardarei com carinho cada momento compartilhado dentro da Universidade.

A todos os professores por me proporcionarem o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que dedicaram-se a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

E a todos aqueles que de alguma forma me deram razões para continuar.

Muito obrigada.

RESUMO

Níveis elevados de dureza são característicos de águas subterrâneas e com rochas de formação calcária, como na localidade de Cerrito, zona rural em que a escola esta inserida. A água utilizada na Escola José Ernesto Annoni é proveniente de um poço tubular, logo a necessidade de tratamento se fez necessária a partir da identificação de um alto teor de dureza na água consumida pela comunidade. Apesar de não se constituir fora do padrão estabelecido pela Portaria Nº 2.914/11 do Ministério da Saúde, a água acabava por provocar incrustações em equipamentos, criando problemas de ordem econômica. O Sistema de Abastecimento de Água na escola hoje passa por um equipamento denominado abrandador de partículas, que realiza um processo de troca catiônica e diminui a dureza da água. Entretanto desse processo resulta uma água rica em sódio (Na), a escolha de tecnologias que proporcionem qualidade de vida e bem estar a comunidade deve se basear em um conjunto de diretrizes econômicas, sociais e ambientais. Dessa forma o acompanhamento da qualidade da água tratada se faz necessário para que essas diretrizes sejam respeitadas, principalmente no que refere-se aos teores de sais e o seu consumo em excesso que pode acabar levando a graves problemas cardíacos e renais. O trabalho visa identificar os teores de sódio, cálcio e magnésio da água consumida na Escola José Ernesto Annoni, localizada no interior do município de São Gabriel, relacionando os dados obtidos com os padrões de potabilidade de água para consumo humano do Ministério da Saúde, Portaria Nº 2.914/11, no que se refere ao teor de Sódio.

Palavras-chave: Consumo de água; Dureza; Troca catiônica; Abrandamento de partículas; Teor de Na.

ABSTRACT

High hardness levels are characteristic of groundwater and rocks of limestone formation , as in the town of Cerrito , rural area where the school is located. The water used in the School José Ernesto Annoni is coming from a tube well , so the need for treatment was needed from the identification of a high hardness levels in the water consumed by the community. Despite not being the non-standard established by Decree No. 2,914 / 11 of the Ministry of Health , the water would eventually cause fouling in equipment, creating problems of economic order. The Water Supply System in school today goes through a device called softener particles, which performs a process of cation exchange and reduces water hardness. However this process results in a water rich in sodium (Na) , the choice of technologies that provide quality of life and wellness community should be based on a set of economic , social and environmental guidelines. Thus the monitoring of treated water quality is necessary for these directives are complied with especially as relates to the salt contents and its excess consumption that can eventually lead to serious heart and kidney problems. The work aims to identify the levels of sodium , calcium and magnesium in the water consumed in the School José Ernesto Annoni , located within the municipality of São Gabriel , relating the data obtained with the standards of water potability for human consumption Ministry of Health Ordinance No. 2,914 / 11 , in relation to the sodium content

.

Keywords: Water consumption; Hardness ;Cation exchange ; Slowdown particles; Na content .

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Distribuição da Água no Globo.....	20
Figura 2 -	Soluções para captação de água em região rural.....	25
Figura 3 -	Ciclo da Água.....	27
Figura 4 -	Zona não saturada e Zona saturada no subsolo.....	29
Figura 5 -	Aquíferos.....	30
Figura 6 -	Mapa Político-Administrativo de São Gabriel.....	38
Figura 7 -	Incrustação em Tubulação da Escola.....	45
Figura 8 -	Equipamento Abrandador Instalado.....	47

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Relação Sódio x Dureza	56
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Área das Classes de Solos em São Gabriel.....	39
Tabela 2 -	Classificação da Dureza da Água.....	43
Tabela 3 -	Consumo de Água.....	53
Tabela 4 -	Grupo 1.....	54
Tabela 5 -	Grupo 2.....	55
Tabela 6 -	Grupo 3.....	55
Tabela 7 -	Amostras Saturadas por Longo Período.....	56
Tabela 8 -	Elementos Contaminantes da Água.....	57
Tabela 9 -	Custos do Tratamento com Sal Industrial.....	58
Tabela 10 -	Custos do Tratamento com Sal Comum sem lodo.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Conversão da Dureza da Água Expressa em Diferentes Unidades.....	43
Quadro 2 - Reações Envolvidas.....	47

LISTA DE ANEXOS

Anexo A - Valores Máximos Permitidos.....	65
Anexo B - Mapa Pedológico de São Gabriel.....	67
Anexo C - Mapa Geológico de São Gabriel.....	67
Anexo D - Mapa Hidrogeológico de São Gabriel.....	68
Anexo E - Laudo do Laboratório de Solos da Universidade Federal de Santa Maria.....	68

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas

CNUMD - Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

EDTA - Ácido Etileno Diamino Tetracético

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MS – Ministério da Saúde

OMS - Organização Mundial de Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

PLANASA – Plano Nacional de Saneamento

PNRH - Plano Nacional de Recursos Hídricos

SAA – Sistema de Abastecimento de Água

SAC – Sistema Alternativo Coletivo

SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná

SEME – Secretaria Municipal de Educação

UNESCO – United Nation Educational, Scientific, and Cultural Organization

VMP - Valores Máximos Permitidos

LISTA DE SÍMBOLOS

Ca – Cálcio

CaO – Óxido de Cálcio (Cal)

Cl - Cloro

CO₂ - Dióxido de Carbono

CO₃⁻² - Carbonatos

F - Flúor

Fe - Ferro

H₂SO₄ - Ácido Sufúrico

H₄ - Ácido Clorídrico

HCO₃⁻ - Bicarbonatos

L – Litros

m - Metros

m³ – Metros Cúbicos

Mg – Magnésio

mg/l - Miligramas por litro

Mn - Manganês

NaOH – Soda Caústica

Na - Sódio

Na₂CO₃ - Carbonato de Sódio

NO₃⁻ - Nitratos

O₂ – Oxigênio Livre

P - Fósforo

pH – Potencial Hidrogênionico

SO₄²⁻ - Sulfatos

Sr – Estrôncio

Zn – Zinco

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
2. REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 Panorama Mundial dos Recursos Hídricos:	19
2.2 Recursos Hídricos no Brasil	22
2.3 Água para Consumo Humano no Meio Rural.....	24
2.3.1 Coleta direta	24
2.3.2 Coleta de poços.....	24
2.3.3 Coleta da água da chuva	25
2.4 Ciclo Hidrológico	25
2.4.1 Águas Superficiais	28
2.4.2 Águas Subterrâneas	28
2.4.3 Aquíferos	29
2.5 Principais Características da Água.....	30
2.5.1 Características Químicas.....	31
2.5.1.1 pH	31
2.5.1.2 Acidez	31
2.5.1.3 Alcalinidade	32
2.5.1.4 Dureza	32
2.5.1.5 Cloretos	32
2.5.1.6 Sólidos	33
2.5.1.7 Condutividade Elétrica	33
2.5.1.8 Compostos Químicos Especiais	33
2.5.1.9 Gases dissolvidos mais comuns	34
2.6 Legislação.....	34
2.6.1 Sistema de Abastecimento de Água	35
2.6.2 Água para consumo Humano	35
2.6.3 Potabilidade	36
2.7 Características do Município e Local de Estudo	37
2.8 Problemas de Abastecimento	42
2.9.1 Cálcio (Ca)	44

2.9.2 Magnésio (Mg)	44
2.9.3 Deterioração de Canalizações e Equipamentos	45
2.9.4 Alternativas de Tratamento	45
2.9.4.1 Desmineralização	46
2.9.4.2 Abrandamento	46
3. OBJETIVOS	50
3.1 Objetivo Geral	50
3.2 Objetivos Específicos	50
4. MATERIAL E MÉTODOS	51
4.1 Pesquisa Bibliográfica	51
4.2 Amostragem	51
4.3 Análise da Água	51
4.4 Consumo e Custos com Regeneração	52
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
5.1 Consumo de Água na Comunidade Escolar	53
5.2 Parâmetros de Qualidade	53
5.3 Custos do Tratamento	57
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS	61
ANEXOS	65

INTRODUÇÃO

O acesso á água potável ainda é um dos principais desafios no Brasil e no mundo. As dificuldades são relacionadas, principalmente quanto à disponibilidade, a poluição, a qualidade da água e a debilidade do acesso às mesmas.

No município de São Gabriel localizado na fronteira oeste do Rio Grande do Sul, as comunidades situadas em zonas rurais também enfrentam problemas de abastecimento, e implantar sistemas que levem o acesso à água potável e de qualidade para esses locais tem sido um desafio que vem sendo cumprido a cada nova iniciativa.

Nem sempre é possível implantar sistemas de abastecimento que utilizem águas superficiais; na maioria das vezes pela dificuldade tecnológica e de acesso à essas regiões e outras vezes, por esse tipo de recurso ser disponibilizado para outros fins, como produção agrícola e dessedentação de animais.

Dessa forma muitas vezes as águas subterrâneas passam a ter um papel fundamental para o abastecimento de propriedades rurais, apesar de nem sempre elas atenderem a padrões de qualidade para o consumo. Devido às características hidrogeológicas da região, a qualidade das águas subterrâneas apresentam alguns problemas químicos e de potabilidade. O local a ser estudado, a Escola Municipal José Ernesto Annoni, situado na localidade de Cerrito, através de pesquisas anteriores realizadas por projetos de pesquisa e extensão desenvolvidos pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) tem demonstrado problemas relacionados quanto a dureza da água, com teores elevados de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), que em si, não representam restrições quanto a potabilidade, porém podem acabar causando problemas em tubulações e equipamentos a medida que formam incrustações.

Através da parceria entre Círculo de Pais e Mestres (CPM), Secretaria Municipal de Educação (SEME) e UNIPAMPA foi instalado na Escola alvo da pesquisa um filtro de abrandamento de partículas, com a finalidade de diminuir a dureza da água e garantir o abastecimento. Entretanto, apenas garantir acesso á água não é suficiente.

Faz-se necessário também assegurar que o processo de tratamento adotado respeite critérios de saúde, econômicos, ambientais e sociais. Dessa forma, é

necessário otimizar o processo de tratamento através de um melhor planejamento do uso a fim de garantir uma maior eficiência do produto e identificar através de um acompanhamento dos padrões químicos da água tratada, a qualidade da mesma que esta sendo consumida pela comunidade escolar.

Contudo, antes de um maior aprofundamento no assunto, é necessária a apropriação de alguns conceitos relacionados a hidrologia, química da água e legislação vigente para o melhor desenvolvimento das ideias centrais do trabalho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Panorama Mundial dos Recursos Hídricos:

Desde os primórdios da humanidade as comunidades se estabeleceram próximas a uma fonte de abastecimento de água, sendo este um dos principais fatores que garantiriam sua sobrevivência e desenvolvimento. Esse fato ainda é uma realidade nos dias de hoje. A necessidade do abastecimento de água é indissociável da história da humanidade, sendo um dos fatores principais que determinou até mesmo a localização das primeiras comunidades.

Ao longo do crescimento histórico da civilização a necessidade de abastecimento e uso de água foi tornando-se cada vez mais exigente e diversificada, tanto em questões de qualidade como quantidade. Em um mundo cada vez mais globalizado e exigente, impulsionado pelo surgimento de novas tecnologias, de indústrias e formas intensivas de agricultura, aumentou-se intensamente a demanda pelos recursos naturais, especialmente os recursos hídricos.

No cenário atual onde a cada dia é maior a tensão entre a demanda em relação à oferta desse recurso caminha-se em direção a um conflito cada vez mais iminente que acabará por afetar a toda sociedade direta ou indiretamente tanto na esfera social e ambiental como na econômica. Estudos apontam que, atualmente, mais de um bilhão de pessoas não tem acesso à água potável e a serviços de saneamento básico. Segundo os autores Barlow e Clarke (2003), estima-se que em um período de 25 anos, até 2/3 da população mundial estará vivendo com severa escassez de água doce.

A crise discutida em nível global torna-se mais grave neste segundo milênio, por um lado, devido ao crescente aumento populacional, ao aumento da poluição dos recursos naturais e ao consumo excessivo; por outro lado, ocasionada pela falta generalizada de políticas que orientem a minimização dos desperdícios em diferentes escalas e de políticas de reuso de água (BRASIL, 2004; FREITAS E SANTOS, 1999).

Mudar esta situação é, sem dúvida, um dos maiores desafios que a humanidade enfrenta, a crise da água deve situar-se em uma perspectiva maior de

solução e de resolução de conflitos, como estabelecido pela Comissão sobre o Desenvolvimento Sustentável, em 2002 (UNESCO, 2003).

A falta de planejamento, manutenção e gerenciamento desse recurso além de ser responsável pela degradação ambiental, incentivando a poluição e deterioração do mesmo, compromete ainda a saúde humana principalmente a população de baixa renda que são as principais vítimas de doenças de veiculação hídrica, tais como diarreia, cólera, amebíase, giardíase, febre tifóide, esquistossomose, entre outras ligadas diretamente a falta de saneamento ambiental (SANEPAR, 2014).

Embora a maioria da superfície da Terra seja coberta por água, cerca de 97,5%, esse recurso encontram-se nos mares e oceanos não sendo possível a utilização dos mesmos para atividades agrícolas e dessedentação humana e animal, devido aos elevados teores de sais (Figura 1).

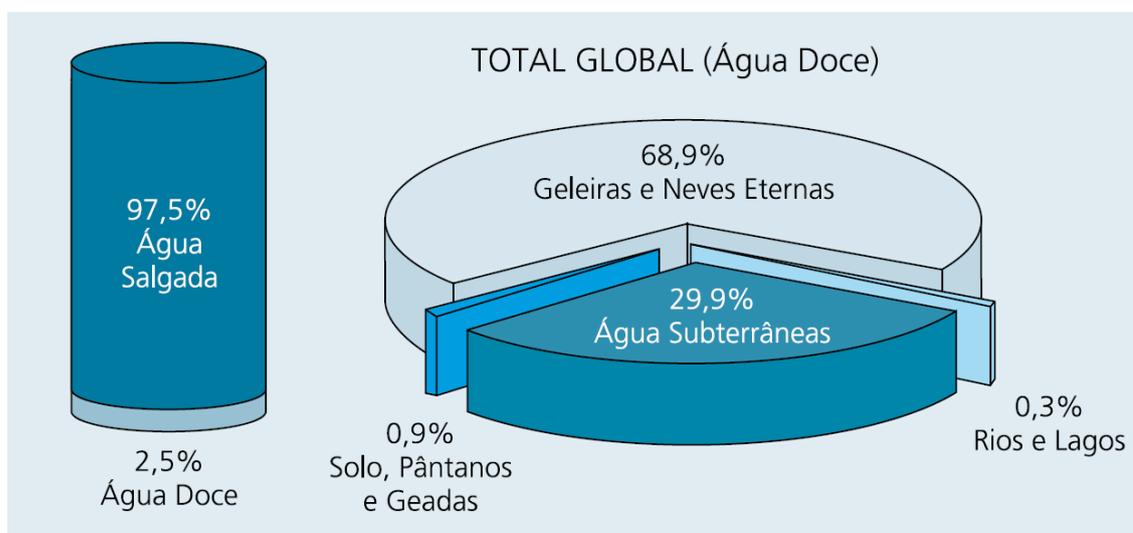


FIGURA 1 - Distribuição da Água no Globo. Fonte: Adaptado de Shiklomanov (1998), citado por Tundisi (2003)

A água doce, portanto, corresponde a apenas 2,5% do total disponível. Desse total (2,5%), 68,9% correspondem às geleiras e calotas polares situadas em regiões montanhosas; 29,9% são águas subterrâneas; 0,9% compõe a umidade do solo e pântanos e apenas 0,3% constitui a água doce armazenada nos rios e lagos, efetivamente disponível para uso em diferentes atividades (SHIKLOMANOV, 1998, citado por TUNDISI, 2003).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) e o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005), dispõem sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, e estabelecem as condições e padrões de lançamento de efluentes, além de classificar as águas quanto ao teor de sais como água doce¹, água salobra² e água salina³.

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMD), realizada no Rio de Janeiro (1992), desenvolveu o que ficou conhecido como Agenda 21, que contém sete propostas de ação no âmbito das águas doces, visando contribuir com ações de mobilização da população sobre as práticas de gestão da água, são elas:

- Desenvolvimento e manejo integrado dos recursos hídricos;
- Avaliação dos recursos hídricos;
- Proteção dos recursos hídricos, da qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos;
- Abastecimento de água potável e saneamento;
- Água e desenvolvimento urbano sustentável;
- Água para produção sustentável de alimentos e desenvolvimento rural sustentável;
- Impactos da mudança do clima sobre os recursos hídricos.

Ainda em 1992, em Havana, foi assinada uma declaração para a proteção da qualidade da água, sendo instituído o Dia Interamericano da Água (BRASIL, 2006). Segundo a Declaração Universal dos Direitos da Água, o direito à água é um dos direitos fundamentais do ser humano: o direito à vida, tal qual é estipulado na Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano Secretaria de Vigilância em Saúde 19 artigo 30 da Declaração Universal dos Direitos do Homem (BRASIL, 2006).

¹ Água doce: água com salinidade igual ou inferior a 0,5 %.

² Água salobra: águas com salinidade superior a 0,5% e inferior a 30%.

³ Água salina: água com salinidade igual ou superior a 30 %.

A importância do acesso e conservação da água doce é portanto essencial a vida e ao desenvolvimento das comunidades. As preocupações quanto aos níveis de qualidade, contaminação das águas e manutenção dos recursos hídricos cada vez mais assume vital importância, à medida que este recurso se torna cada vez mais escasso e é imprescindível para a dessedentação humana e para a produção de alimentos para a população.

2.2 Recursos Hídricos no Brasil

O Brasil está incluído entre os países de maior reserva de água doce, ou seja, 13,8% do deflúvio médio mundial, com uma disponibilidade hídrica per capita variando de 1.835 m³/hab./ano, na bacia hidrográfica do Atlântico Leste, a 628.938 m³/hab./ano, na bacia Amazônica (FREITAS E SANTOS, 1999).

Conforme o relatório da conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (2012), da Agência Nacional das Águas (ANA), cerca de 80% de sua disponibilidade hídrica está concentrada na Região Hidrográfica Amazônica. Os potenciais de água doce são extremamente favoráveis para os diversos usos, entretanto processos de urbanização, industrialização e produção agrícola acabam por afetar drasticamente o potencial hídrico dessas regiões à medida que contribuem para a degradação do ecossistema local.

Um exemplo atual do panorama hídrico em algumas regiões do Brasil é a situação da cidade de São Paulo, localizada na região Sudeste, que enfrentou uma das piores crises da falta desse recurso devido a diversos fatores incluindo a falta de gerenciamento e urbanização descontrolada, mas principalmente a poluição dos mananciais e degradação do meio ambiente que apenas veio agravando-se com o passar dos anos na cidade.

A gestão das águas no Brasil tem base na legislação vigente, destacando-se a *Lei Federal Nº 9.433*, de 8 de janeiro de 1997, que define planos de recursos hídricos como planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da *Política Nacional de Recursos Hídricos* (BRASIL, 1997), e contempla a elaboração do Plano Nacional de Recursos Hídricos PNRH (BRASIL,2006), como

instrumento de gestão, definido para fundamentar e orientar a implementação dessa política, tendo por objetivo geral:

Estabelecer um pacto nacional para a definição de diretrizes e políticas públicas voltadas para a melhoria da oferta de água, em qualidade e quantidade, gerenciando as demandas e considerando a água um elemento estruturante para a implementação das políticas setoriais, sob a ótica do desenvolvimento sustentável e da inclusão social.

Os objetivos estratégicos desta política foram estabelecidos considerando três dimensões essenciais à sua eficácia:

- A melhoria das disponibilidades hídricas, superficiais e subterrâneas, em qualidade e quantidade;
- A redução dos conflitos reais e potenciais de uso da água, bem como dos eventos hidrológicos críticos;
- A percepção da conservação da água como valor socioambiental relevante.

O Plano Nacional dos Recursos Hídricos contém principalmente um diagnóstico atual dos aspectos de qualidade e quantidade da água, entre disponibilidades de demandas atual e futura, a identificação de conflitos potenciais e a proposição de medidas para o aumento da oferta hídrica, e acima disso esta a prioridade de garantir em tempos de escassez, o uso prioritário de água para dessedentação humana.

O modelo brasileiro de gestão das águas, fortemente alicerçado no modelo Francês, é considerado exemplo pela Organização das Nações Unidas (ONU). Diversos relatórios demonstram que o Brasil apresenta progressos importantes em políticas de recursos hídricos nos últimos anos, no entanto vem acompanhada de um grande crescimento populacional, urbanização, mudanças de ecossistemas, produção de alimentos, saúde, indústria e energia. Os maiores desafios permanecem ao nível local, em particular, no que se refere à capacidade das autoridades locais para gerenciar e implantar eficazmente políticas públicas e socioeconômicas (REIS; QUEVEDO; NAIME, 2013).

2.3 Água para Consumo Humano no Meio Rural

No âmbito rural, a questão do fornecimento de água se difere de regiões urbanizadas no qual a população se apresenta de forma mais concentrada. Utilizam-se soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano, distintas do sistema de abastecimento de água encontrado nos grandes centros, no meio rural é comum servir-se de poços, fontes, distribuição por veículo transportador, entre outras, chamadas soluções individuais, geralmente aplicadas em áreas de população mais dispersa, referindo-se exclusivamente ao domicílio tanto a tecnologia como o custo, levando em conta as características de cada local (FUNASA, 2006).

2.3.1 Coleta direta

Este tipo de abastecimento de água é utilizado no meio rural em rios, represas, barragens, açudes, lagoas, fontes naturais, onde a coleta é feita em recipientes e transportados manualmente para as residências, ou utilizando sistemas de bombeamento.

2.3.2 Coleta de poços

Este é meio de obtenção de água mais utilizado nas zonas rurais do Brasil, os poços podem ser rasos, quando a água é captada nos lençóis mais próximos à superfície, ou profundos, quando a água captada provém de lençóis inferiores. Quando o nível da água em um poço fica sob pressão atmosférica, tem-se um poço freático. Quando o nível da água do poço (geralmente profundo) fica sujeito a uma pressão superior à atmosférica, tem-se um poço artesianos.

Os poços são classificados ainda em escavados – conhecidos como cacimbas ou cacimbões – ou tubulares, em que a própria tubulação serve como parede lateral. Os poços tubulares podem ser rasos ou profundos e os poços escavados são,

geralmente, rasos.

2.3.3 Coleta da água da chuva

Em regiões semiáridas são mais utilizadas cisternas para o armazenamento de água que serão utilizadas nos períodos de estiagem, as cisternas têm o objetivo de armazenar a água acumulada na superfície dos telhados das casas, galpões, calhas, etc., durante os períodos de precipitações, conforme figura 2.

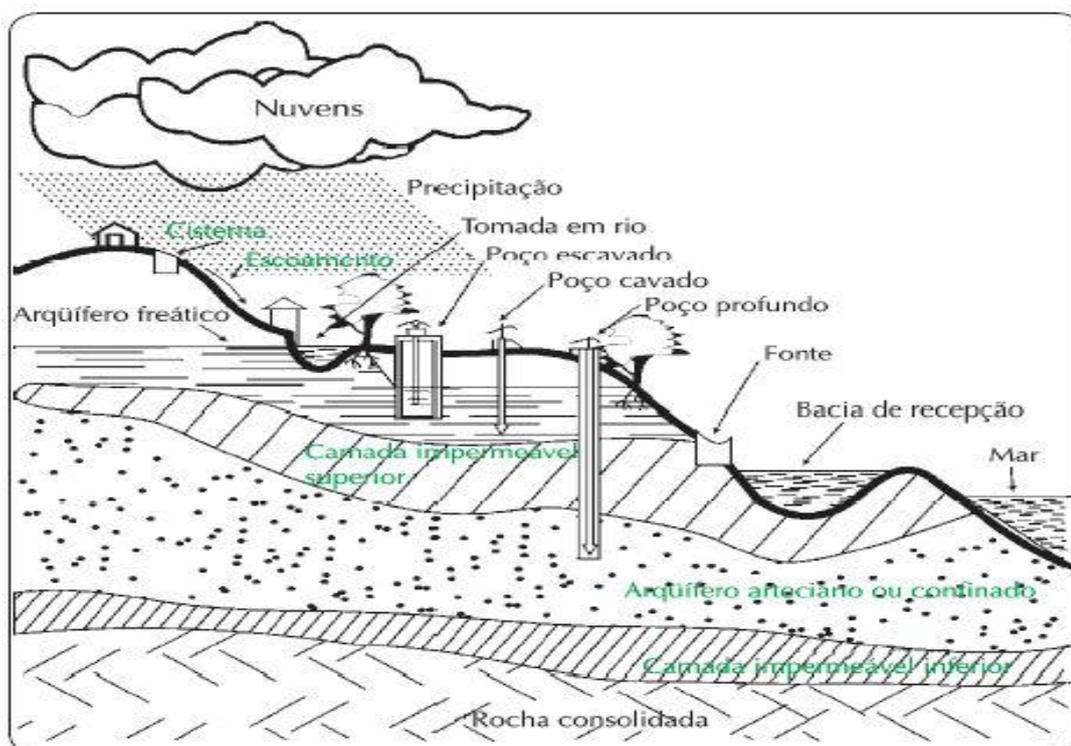


Figura 2: Soluções para captação de água em região rural. Fonte: FUNASA (2006)

2.4 Ciclo Hidrológico

O Ciclo hidrológico é um fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre, durante esse processo há

sucessivas mudanças de estado da água (sólido, líquido ou gasoso) e de posição (superficial, subterrânea ou atmosférica) em relação à superfície terrestre. Portanto, o conceito de ciclo hidrológico (Figura 3) está ligado ao movimento constante e à troca de água nos seus diferentes estados físicos, que ocorre na Hidrosfera, entre os oceanos, as calotas de gelo, as águas superficiais, as águas subterrâneas e a atmosfera (TELLES, 2010).

Esse sistema é composto dos seguintes processos:

- **Precipitação:** consiste no vapor de água condensado que cai sobre a superfície terrestre (chuva);
- **Infiltração:** consiste no fluxo de água da superfície que se infiltra no solo;
- **Escoamento superficial:** entendido como movimento das águas na superfície terrestre, ou do solo em direção aos mares;
- **Evaporação:** transformação da água no seu estado líquido para o estado gasoso à medida que se desloca da superfície para a atmosfera;
- **Transpiração:** a forma como a água existente nos organismos passa para a atmosfera;
- **Evapotranspiração:** processo conjunto pelo qual a água que cai é absorvida pelas plantas, voltando à atmosfera através da transpiração ou evaporação direta (quando não absorvida). Este processo ocorre no topo da zona não saturada, ou seja, na zona onde os espaços entre as partículas de solo contêm tanto ar como água;
- **Condensação:** a transformação do vapor de água em água líquida, com a criação de nuvens e nevoeiro.

A figura a seguir demonstra estes processos e sua inter-relação em um mesmo esquema:



Figura 3: Ciclo da Água. Fonte: U.S. Geological Survey (2012)

A quantidade de água e a velocidade com que ela circula nas diferentes fases do ciclo hidrológico são influenciadas por diversos fatores como, por exemplo, a cobertura vegetal, altitude, topografia, temperatura, tipo de solo e geologia, no entanto, fatores antropológicos como desmatamento, produção agrícola, crescimento urbano e industrial, podem acabar alterando esse ciclo hidrológico.

Segundo estudos realizados pela ONU o desmatamento e o pastoreio excessivo estão cada vez mais diminuindo a capacidade do solo em atuar como agente principal da infiltração e escoamento superficial (SOUZA, 2010).

Na ausência de coberturas vegetais, e com solos compactados, a tendência das chuvas é escorrer pela superfície e escoar rapidamente pelos cursos de água, o que traz como consequência inundações, acelerando o processo de erosão e diminuindo a estabilidade dos cursos de água ocasionando graves problemas de ordem ambiental, social e econômica. O desmatamento é um dos principais fatores que contribui para a diminuição de precipitações levando a escassez de disponibilidade hídrica, diminuindo o nível de águas superficiais e também dos lençóis freáticos.

2.4.1 Águas Superficiais

São as águas que não penetram no subsolo, correndo ao longo da superfície do terreno, através do processo de escoamento superficial, conforme figura 3, e que pela ação da gravidade tendem a concentrar-se em porções mais baixas do relevo como os vales e depressões, acumulando-se na superfície do solo formando rios, riachos, lagos, lagoas, pântanos e barramentos artificiais (açudes ou barragens) (TELLES, 2010).

As águas superficiais têm uma composição muito variável, diferenciando-se devido a fatores climáticos, geográficos, químicos e principalmente antropológicos que podem alterar drasticamente a qualidade da água.

2.4.2 Águas Subterrâneas

Todos os solos possuem ao longo de sua estrutura uma certa quantidade de poros (Figura 4), estes poros podem estar preenchidos por água, dependendo de fatores como clima, posição do solo no relevo, textura, entre outros. A acumulação de água nesses poros acaba formando um reservatório natural de água o qual podemos caracterizar como lençol freático ou aquífero. A quantidade de infiltração da água no solo, pode variar devido á fatores como precipitação, mudança de temperatura, umidade, tipo de solo, cobertura vegetal e estado da superfície do solo. As águas subterrâneas exercem grande influencia em rios e lagos em épocas de estiagem, são elas que mantêm a maioria dos rios perenes.

Mesmo que a gestão dos recursos hídricos no Brasil tenha dado maior ênfase às águas superficiais, não se pode desconsiderar a importância das águas subterrâneas, dado que ambas as frações se intercomunicam fazendo parte, em conjunto com a porção atmosférica, do ciclo hidrológico (ZARPELON, 2007).

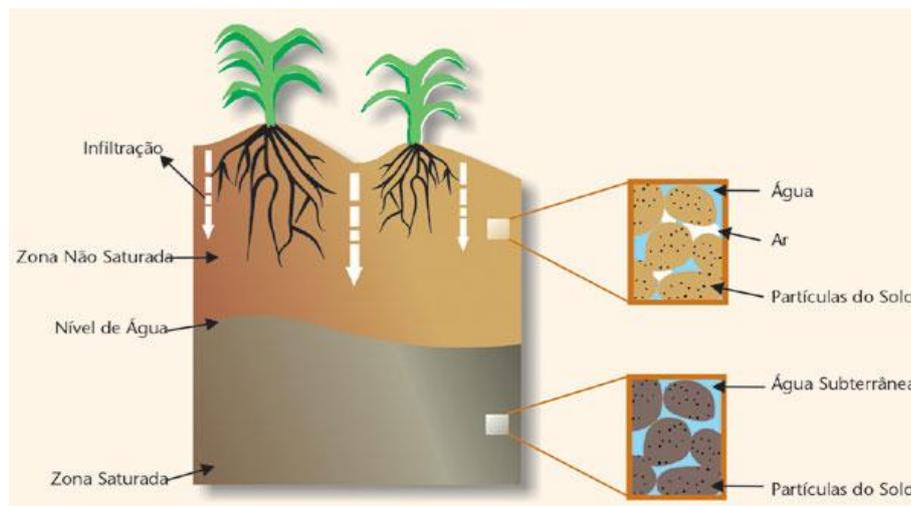


FIGURA 4: Zona não saturada e Zona saturada no subsolo. Fonte: Laboratório Nacional de Energia e Geologia – LNEG/ Portugal.

2.4.3 Aquíferos

Segundo Telles (2010), aquífero é uma formação geológica com suficiente permeabilidade e porosidade interconectada para armazenar e transmitir quantidades significativas de água, sob gradientes hidráulicos naturais.

Os aquíferos têm importância estratégica e suas funções são ainda pouco exploradas, tais como: produção, armazenamento, transporte, regularização, filtragem e auto-depuração, além da função energética, quando as águas saem naturalmente quentes do subsolo (CLEARY, 2007). Conforme demonstra figura 5, os aquíferos são classificados em confinados e não confinados (livres), dependendo da presença de um lençol freático. Entende-se como lençol freático a região de superfície superior a zona de saturação, que esta em contato direto com a pressão do ar atmosférico.

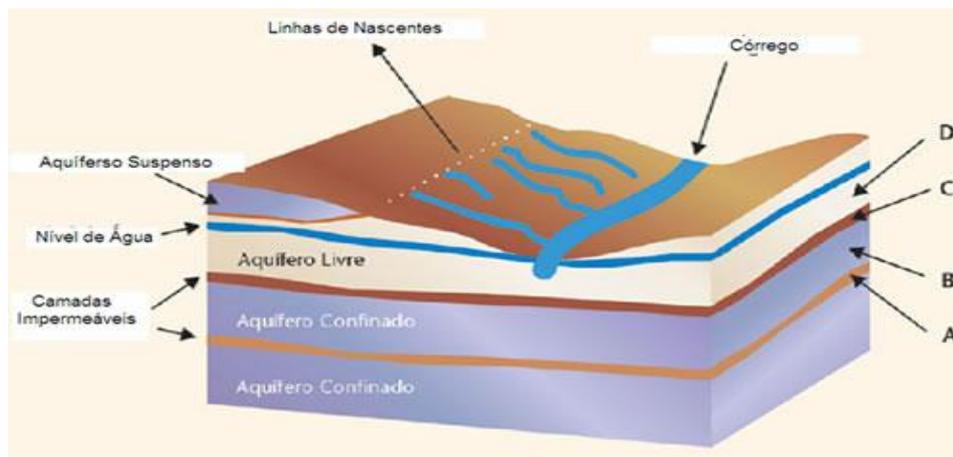


FIGURA 5: Tipos de Aquíferos. Fonte: CPRM-Serviço Geológico do Brasil

2.5 Principais Características da Água

Não há água pura na natureza devido a seu alto poder de dissolução de gases, corantes, coloides, sais, etc. Este poder químico faz com que a água seja denominada de solvente universal. Devido a esta efetiva propriedade de solvência e ao seu alto poder de transportar partículas em seu meio, podem ser encontrados diversas impurezas que normalmente definem sua qualidade. (MEDEIROS FILHO, 2009).

Ainda segundo Medeiros Filho, essas impurezas podem ser agrupadas da seguinte forma:

- Em suspensão: algas, protozoários, fungos e vírus; vermes e larvas; areia, argila e silte; resíduos industriais e domésticos;
- Estado coloidal: corantes vegetais, sílica e vírus;
- Em dissolução: sais de cálcio e magnésio (bicarbonatos, carbonatos, sulfatos ou cloretos), sais de sódio (bicarbonatos, carbonatos, sulfatos fluoretos e cloretos), óxidos de ferro e manganês, chumbo, cobre, zinco, arsênio, selênio e boro, iodo, flúor e compostos fenólicos;
- Substâncias albuminóides: nitratos e nitritos, gases (O_2 , CO_2 , H_2S , N_2).

2.5.1 Características Químicas

As características mais importantes para se qualificar quimicamente uma água são: pH⁴, acidez, alcalinidade, dureza, cloretos, sólidos, condutividade elétrica, compostos químicos especiais e gases dissolvidos.

2.5.1.1 pH

O pH é um índice que caracteriza o grau de acidez ou de alcalinidade de um determinado ambiente (HARRIS, 2005). Por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas, o pH é um parâmetro importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental. Em relação ao abastecimento de água o pH intervém na coagulação química, controle da corrosão, abrandamento e desinfecção. Águas com baixos valores de pH tendem a ser agressivas para instalações metálicas, de um modo geral as alterações naturais do pH têm origem na decomposição de rochas em contato com a água, absorção de gases da atmosfera, oxidação de matéria orgânica, fotossíntese, além da introdução de despejos domésticos e industriais.

2.5.1.2 Acidez

Segundo o químico sueco Arrhenius (1887), um ácido é toda substância molecular que, em solução aquosa, sofre ionização e produz como único cátion, o íon H⁺. Quimicamente acidez é a capacidade de neutralização de soluções alcalinas, ou seja, é a capacidade da água em resistir às mudanças de pH em função da introdução de bases. A acidez esta ligada a presença de CO₂ livre, a presença de ácidos orgânicos é mais comum em águas superficiais, enquanto que nas águas subterrâneas é menos frequente a ocorrência de ácidos em geral. Em algumas ocasiões as águas subterrâneas poderão conter ácido sulfúrico (H₂SO₄) derivado da

⁴ O termo pH ou Potencial hidrogeniônico foi introduzido, em 1909, pelo bioquímico dinamarquês Søren Peter Lauritz Sørensen.

presença de sulfetos metálicos (MEDEIROS FILHO, 2009). A grande importância no controle da acidez das águas reside nos estudos de corrosão, que pode ser provocada tanto pelo CO_2 como pelos ácidos minerais. O parâmetro “acidez” não se constitui, em qualquer tipo de padrão, seja de potabilidade, de classificação das águas naturais ou de emissão de esgotos.

2.5.1.3 Alcalinidade

Quimicamente alcalinidade é a propriedade inversa da acidez, é a capacidade de neutralização dos ácidos (MORAES, 2008). As alterações nos valores de alcalinidade ocorrem devido a processo de decomposição de rochas em contato com a água, reações que envolvam CO_2 e introdução de despejos industriais. As relações entre pH, Acidez e Alcalinidade estão intimamente ligadas e não é possível tratar de um processo sem que esteja correlacionado com um dos outros.

2.5.1.4 Dureza

A dureza da água é provocada pela presença de sais de Ca e de Mg (bicarbonatos, sulfatos, cloretos e nitratos) encontrados em solução (ROLOFF, 2006). Assim, os principais íons causadores de dureza são Ca e Mg tendo um papel secundário o zinco (Zn) e o estrôncio (Sr). Algumas vezes, alumínio (Al) e íon férrico (Fe III) são considerados como contribuintes da dureza.

2.5.1.5 Cloretos

O cloro (Cl), na forma de íon cloreto (Cl^-), é um dos principais ânions inorgânicos em águas naturais e residuais. O sabor produzido pelo íon varia em função da sua concentração e composição química da água. Assim, águas contendo 250 mg Cl^-/l podem ter um sabor salino detectável, se o cátion que propicia o

equilíbrio iônico da solução for o sódio (Na^+). Enquanto que, no caso do cátion predominante for Ca ou Mg o gosto salino pode ser perceptível somente se a concentração de cloreto for acima de 1000 mg/l.

2.5.1.6 Sólidos

De um modo geral todas as impurezas presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos, têm sua origem nos sólidos incorporados ao seu meio. São caracterizadas como sólidos todas as partículas presentes em suspensão ou em solução, sedimentáveis ou não, orgânicas ou minerais (SANTOS, 2009) A determinação da quantidade total de sólidos presentes em uma amostra é chamada de sólidos totais. A separação dos tipos de sólidos presentes na mistura é feita em laboratório e classificados em totais, minerais (fixos), orgânicos (voláteis), em suspensão, coloidais e dissolvidos.

2.5.1.7 Condutividade Elétrica

A água pura é um meio isolante, porém sua capacidade de solvência das substâncias, principalmente de sais, faz com que as águas naturais tenham, em geral, alto poder de condutividade elétrica (SANTOS, 2009) Esta condutividade depende do tipo de mineral dissolvido bem como da sua concentração, o aumento da temperatura tende a aumentar a condutividade da água.

2.5.1.8 Compostos Químicos Especiais

Dentre os principais elementos químicos que podem ser encontrados em corpos hídricos naturais estão: Ferro (Fe), Manganês (Mn), Flúor (F), Sódio (Na), Nitratos (NO_3^-), Fósforo (P), e Sulfatos (SO_4^{2-}). Os parâmetros desses elementos são importantes em diversos estudos tais como os relacionados à de projetos de

redes coletoras e tratamentos de esgotos sanitários, e água para abastecimento, além de estar ligados ao surgimento de algas nos mananciais.

2.5.1.9 Gases dissolvidos mais comuns

Em relação aos gases os mais comuns são o Oxigênio Livre (O_2), que interfere diretamente na presença de organismos aeróbicos presentes na água, o Dióxido de Carbono (CO_2) significativo em termos químicos na captação de águas subterrâneas com presença de carbonatos (CO_3^{-2}) e bicarbonatos (HCO_3^-) e o Gás sulfúrico (SO_4^{2-}), sendo este último mais comum em águas subterrâneas, águas de fundos de lagos ou represas profundas ou em superficiais poluídas com esgotos.

2.6 Legislação

O conceito de saneamento, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), esta ligado ao controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem efeitos nocivos sobre o seu bem estar físico, mental e social, pode-se relacionar o saneamento ao estado de salubridade ambiental⁵, alcançado através de um conjunto de medidas socioeconômicas, na superação de barreiras, tanto tecnológicas, quanto políticas e gerenciais, que tem anulado a ampliação dos benefícios nesse sentido, principalmente as comunidades de áreas rurais, pequenos municípios ou localidades mais distanciadas (FUNASA, 2006).

A Política Federal de Saneamento, estabelecida pela *Lei N° 11.445/07*, considera saneamento básico o conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007).

⁵ É o estado de higidez (estado de saúde normal) em que vive a população urbana e rural, tanto no que se refere a sua capacidade de inibir, prevenir ou impedir a ocorrência de endemias ou epidemias veiculadas pelo meio ambiente, como no tocante ao seu potencial de promover o aperfeiçoamento de condições mesológicas (que diz respeito ao clima e/ou ambiente) favoráveis ao pleno gozo de saúde e bem-estar.

O emprego do saneamento como instrumento para melhoria da saúde pressupõe a superação dos entraves tecnológicos, políticos e gerenciais que tem impedido a expansão dos seus benefícios aos residentes de áreas rurais, municípios e localidades de pequeno porte (FUNASA, 2006).

2.6.1 Sistema de Abastecimento de Água

O Ministério da Saúde – MS, define o sistema de abastecimento de água para consumo humano (SAA) como a instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinada a produção e distribuição canalizada de água potável para populações, sob responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão e permissão (BRASIL, 2011).

O MS, ainda define através da *Portaria Nº 2.914/11* como solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano (SAC) toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do SAA, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical, entre outros. Os SAA contemplam a extração de água da natureza tornando-a potável para posterior armazenamento e distribuição (SANEPAR, 2010).

2.6.2 Água para consumo Humano

A Portaria mais recente emitida pelo MS, Nº 2.914/11, relacionada aos recursos hídricos é considerada mais um avanço na atualização da legislação brasileira sobre a qualidade da água para consumo humano. Segundo a referida portaria, nos Artigos 3º e 4º, do Capítulo I afirma:

Art. 3º Toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água.

Art. 4º Toda água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância da qualidade da água.

Nesse contexto, água para consumo humano é tida como água potável⁶ ou uma água de boa qualidade que será destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e higiene pessoal, independentemente da sua origem. O manual para boas práticas para o abastecimento de água, do MS cita:

A qualidade de uma água é um atributo determinado por suas características, decorrentes das substâncias e dos microorganismos nela presentes. A qualidade da água é um conceito relativo aos usos de uma determinada fonte. A qualidade da água é variável (dinâmica) no tempo e no espaço. Há uma estreita interdependência entre qualidade da água bruta, tratamento da água e qualidade da água tratada (BRASIL, 2006).

2.6.3 Potabilidade

A Potabilidade é conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, valores máximos permitidos (VMP) ou concentrações-limite (Anexo A), conforme definido na Portaria Nº 2.914/11 MS (BRASIL, 2011). Compete ao nível Federal, através do MS, pela Secretaria de Vigilância em Saúde, a normatização das ações, e execução de ações de vigilância da qualidade da água em caráter complementar, no nível estadual competem ações normativas, de apoio e execução de ações de vigilância da qualidade da água em caráter complementar, aos municípios entre seus deveres e obrigações, cabe executar ações de vigilância da qualidade da água em sua área de competência, efetuar avaliações de risco a saúde humana de cada sistema de abastecimento ou solução alternativa por meio de informações sobre:

- A ocupação da bacia contribuinte ao manancial e o histórico das características de suas águas;
- A característica física dos sistemas pratica operacional e de controle da qualidade da água;
- O histórico da qualidade da água produzida e distribuída;
- A associação entre agravos a saúde e situações de vulnerabilidade do sistema, além de garantir a população informações sobre a qualidade da água e riscos a saúde;

⁶ Água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde; (Portaria 2.914/11 MS, Cap II; Art. 5; inciso II)

- Manter mecanismos para recebimento de queixas referentes às características da água e para a adoção das providências pertinentes;
- Definir o responsável pelo controle da qualidade da água de solução alternativa.

2.7 Características do Município e Local de Estudo

O município de São Gabriel localizado na Microrregião da Campanha Central do Rio Grande do Sul, tem uma população de aproximadamente 60.000 habitantes, segundo Censo (2010) do IBGE. Divide-se em seis distritos (Figura 6): Catuçaba, Tiarajú, Azevedo Sodré, Cerro do Batovi, Vacacaí e Suspiro e o Quilombo Cerro do Ouro. A Escola Municipal José Ernesto Annoni esta inserida na zona rural ao nordeste do município, no distrito de Catuçaba, na localidade de Cerrito. As características físicas da região como relevo, tipo de solo, geologia e uso do solo influenciam diretamente na composição e qualidade tanto de águas superficiais como subterrâneas. De maneira simplificada será abordado os aspectos mais relevantes na caracterização do município e principalmente da zona em que esta inserida a Escola.

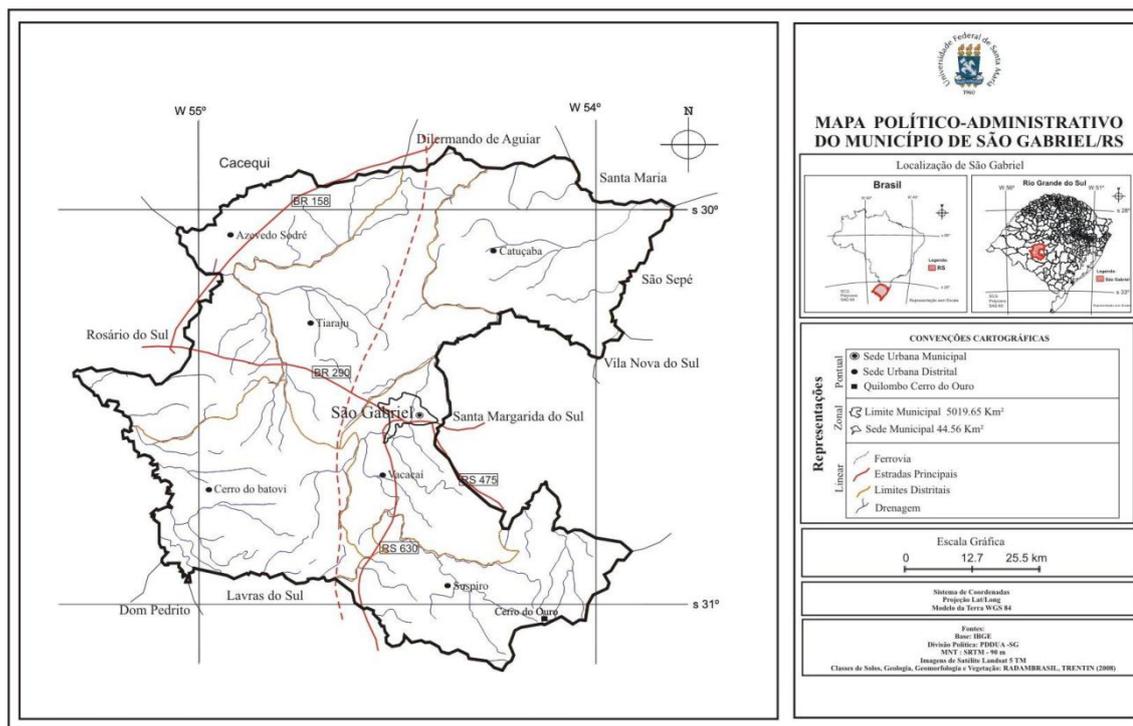


Figura 6: Mapa Político-Administrativo de São Gabriel. Fonte: Adaptado de ARRUDA (2011)

No município e região predominam os campos típicos do sul do Brasil, pela classificação do IBGE (2004), estão incluídos no bioma Pampa, metade sul e fronteira oeste do Rio Grande do Sul. O município de São Gabriel apresenta a paisagem típica da fronteira gaúcha, onde o uso pecuário se mescla com a orizicultura.

A rede hidrográfica regional está inserida nas bacias dos Rios Santa Maria e Vacacaí. O Rio Vacacaí, principal afluente do baixo rio Jacuí, nasce no município de São Gabriel, na Serra granítica do Babaraquá, divisa do município de Lavras do Sul, em um lugar denominado Pedra do Bicho, onde estão as vertentes que originam o rio (ARRUDA, 2011).

Segundo Arruda (2011), a região corresponde a um baixo estrutural característico da denominada Depressão Central Gaúcha, podendo a mesma ser subdividida em duas unidades principais: A Depressão do Rio Negro-Ibicuí, que ocupa a maior parte da região, enquanto a Depressão do Rio Jacuí está restrita a porção nordeste da área.

A partir da mapa pedológico (Anexo B) do município pode-se observar as classes de solos que mais ocorrem em São Gabriel.

Há uma predominância dos Argissolos que ocupam em torno de 60 % do município, em segundo lugar os Brunizém ocupando 21% seguidos dos Planossolos com 17% em área no município, o quarto tipo de solo é o Neossolo, ver tabela 1, porém é pouco representativo com apenas 1% da área total. Na área alvo de estudo, região do Cerrito, predominam os Cambissolos, PBPe - Podzólico Brumo Acinzentado planossólico eutrófico caracterizados por horizonte A, B (argiloso) e C com profundidade em torno de 1m. Horizonte A de textura média (composições granulométricas com menos de 35% de argila e mais de 15% de areia) ou arenosos as cores são muito claras quando seco, apresentando-se com aspecto maciço e duro. O horizonte B possui textura argilosa ou média, sendo os teores de silte geralmente elevados. Os solos apresentam drenagem moderada ou imperfeita (lenta remoção da água do solo após as chuvas), ocorrendo normalmente em relevo suave ondulado e plano, ocasionalmente ondulado, em uma posição intermediária entre os Planossolos e os Podzólicos Vermelho-Escuros.

Tabela 1: Área das Classes de Solos em São Gabriel.

Classes de Solos	Subclasse	Área (Km)	Área (%)
Argissolo,	PEa - Podzól. Vermelho Escuro álico	2236	28
Podzólico ou	PVd - Podzól. Vermelho Escuro distrófico	514	6
Cambissolo	PEd - Podzól. vermelho-amarelo distrófico	57	1
	PBPa - Podzól. Brumo Acinzentado plano álico	117	2
	PBPe - Podzól. Brumo Acinzentado plano eutrófico	1918	24
Planossolo	PLe - Planossolo eutrófico	1358	17
Chernossolo	BV - Brunizém Avermelhado	889	11
ou Brunizém	BT - Brunizém Vértico	791	10
Neossolo	Rd - Solo litólico distrófico	103	1
	Re - Solo Litólicos eutrófico	3	0

Fonte: Adaptado de ARRUDA (2011)

Segundo Kaul (1990), o Rio Grande do Sul é constituído por terrenos rochosos cuja origem ou transformação remontam a diferentes períodos geológicos da crosta terrestre, trazendo o registro de distintos eventos geodinâmicos. Conforme o mapeamento geológico do projeto Radam Brasil-IBGE (1995), as formações geológicas identificadas no município de São Gabriel, foram: Arroio das ilhas, Complexos do Vacacaí e do Cambaí sendo estas as mais antigas datando do

précambriano médio (2.500 Milhões de anos), na sequência vem formação Rio do Sul, Formação Iratí, Subgrupo estrada Nova e formação Rio do Rasto que datam do período permiano, após vem às formações da era mesozóica, sendo a Formação Rosário do Sul do período triássico e os depósitos aluvionares do período juro-cretássio (250 a 65 Milhões de anos), e por último a formação Santa Tecla, a mais recente que corresponde ao início do período terciário (65 Milhões de anos).

Conforme mapa geológico (Anexo C) a região em que a Escola esta localizada predomina a formação Iratí. A Formação Iratí, no Rio Grande do Sul, é caracterizada pela ocorrência de camadas centimétricas a métricas de folhetos pretos pirobetuminosos, associados com lentes calcárias fossilíferas. As camadas de folhelhos pretos contêm, entre elas, um pacote de folhelhos cinza, com concreções calcárias de coloração amarelo-palha. Estas três camadas estão sobrepostas a um folhelho semelhante ao que está intercalado aos folhelhos pretos e contêm as mesmas lentes calcárias (RAMGRAMB, 2000). Em relação a hidrogeologia situa-se sobre os Aquitardos⁷ Permianos (AP), que englobam as Formações Iratí, Sub-grupo Estrada Nova e Formação Rio do Rasto, constituindo-se de siltitos argilosos, argilitos cinza escuros, folhelhos pirobetuminosos e pequenas camadas de calcários e arenitos.

As capacidades específicas dos poços que captam água deste sistema são normalmente baixas, inferiores a 1m³ por hora. (MACHADO; FREITAS, 2005). Estas unidades estão sobrejacentes ao Aquífero Rio Bonito (ARB), possuindo baixíssima condutividade hidráulica. Entretanto as lentes calcárias, camadas de arenitos, planos entre os folhelhos e estruturas frágeis (planos de falhamentos e fraturas) podem promover um aumento da circulação de água nestas unidades.

Em função do ambiente deposicional (marinho), associados à mineralogia destas rochas, os AP podem se constituir em horizontes contaminantes do ARB, principalmente quando estão em contato com os folhelhos pirobetuminosos da Formação Iratí (HAUSMAN, 1995). Suas espessuras na região de São Gabriel,

⁷Camada de formação semipermeável, delimitada no topo e/ou na base por camadas de permeabilidade muito maior. O aquífero funciona como uma membrana semipermeável através da qual pode ocorrer uma filtração vertical ou drenança.

podem atingir até 40m, conforme dados de sondagens (SZUBERT; TONIOLO, 1981).

O ARB, dentre suas características possui também águas do tipo geoquímico sulfatado, pois concentra grande quantidade de minerais sulfetados nas porções carbonosas. Em geral as águas sulfatadas têm grande tempo de residência no aquífero e também ocorrem em grandes profundidades nas camadas aquíferas permianas do Rio do Rastro. São águas com pH alcalino, dureza predominantemente permanente e os teores de sais são mais elevados.

A qualidade das águas varia das zonas em que ele se encontra aflorante, próximos às zonas de recarga, para as regiões em que ele se encontra confinado pelos Aquitardos Permianos. No primeiro caso têm-se as concentrações dos principais cátions nas seguintes proporções: $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$. No segundo, $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$. Os ânions predominantemente são os bicarbonatos (HCO_3^-) e secundariamente os sulfatos (SO_4^{2-}), estes ocorrendo em concentrações significativas quando o Aquífero Rio Bonito encontra-se sob a influência dos Aquitardos Permianos. Com relação as ações antrópicas da área há uma predominância de atividades relacionadas a produção agrícola, destacando-se o plantio de arroz e também a pecuária extensiva. Estas formações de solo calcário, com presença de carbonatos de cálcio (CaCO_3 -calcário), contribui para a dureza nas águas subterrâneas, todas as águas naturais contém Ca porém águas duras apresentam um valor mais elevado dessa substancia.

Análises realizadas a partir de projetos de extensão desenvolvidos pela UNIPAMPA, identificaram que apesar da água proveniente do poço tubular que abastece a Escola estar dentro dos parâmetros permitidos por lei, apresentava uma quantidade de Ca e Mg alta, o que acaba comprometendo equipamentos domésticos, tubulações, além do processo de cloração da água utilizada. Segundo relatório emitido pelo Laboratório da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) a dureza da água proveniente do abastecimento da escola ficou no valor de 163 mg/l de CaCO_3 (Anexo E), considerada portanto uma Água Dura, segunda a tabela de classificação.

2.8 Problemas de Abastecimento

A partir da caracterização do local será abordado, de forma mais profunda a questão da *dureza* da água, assim como suas possíveis alternativas de tratamento. A dureza como dito anteriormente indica a concentração de cátions multivalentes em solução na água, tais como Ca e Mg, e em menor escala, Fe, Mn, Sr, e Al. A origem da dureza das águas pode ser natural, por exemplo, a dissolução de rochas calcária rica em cálcio e magnésio ou pela ação do homem através de lançamento de efluentes industriais. Também pode ser definida como a dificuldade de uma água na formação de espuma, levando a um maior consumo de sabões e xampus. Além de formar deposições e sais em equipamentos e tubulações, é desagradável o paladar.

A dureza pode se expressar de diferentes formas, tais como dureza temporária, permanente e total:

- A *dureza temporária* é ocasionada pela combinação dos íons Ca e Mg com os íons bicarbonato e carbonato na presença de aquecimento; os compostos formados podem ser eliminados através de fervura;
- A *dureza permanente* é ocasionada pela combinação dos íons Ca e Mg com os íons sulfato, cloreto, nitrato e outros, dando origem a compostos solúveis que não podem ser retirados pelo aquecimento;
- A *dureza total* é a soma da dureza temporária com a permanente.

A dureza pode ser expressa em mg/l de carbonato de cálcio (CaCO_3), em graus franceses, em graus alemães, entre outros (Quadro 1). A dureza da água varia geograficamente, dada a natureza geológica dos terrenos que a água atravessa e com os quais tem contato. Uma água dura está associada a zonas onde os solos são de natureza calcária ou dolomítica, e uma água macia, a zonas onde os solos são de natureza granítica ou basáltica. Em geral, as águas subterrâneas, pelo seu maior contato com as formações geológicas, são mais duras que as águas de superfície (APDA, 2012).

Quadro 1: Conversão da Dureza da água expressa em diferentes unidades

	Graus Franceses (°F)	Graus Ingleses (°E)	Graus Alemães (°D)	mg/l Ca	mmol/l Ca	mg/l CaCO ₃
Graus Franceses(°F)	1	0,70	0,56	4	0,1	10
Graus Ingleses(°E)	1,43	1	0,80	5,73	0,143	14,3
Graus Alemães(°D)	1,79	1,25	1	7,17	0,179	17,9
mg/L Ca	0,25	0,175	0,140	1	0,025	2,5
mmol/l Ca	10	7	5,6	40	1	100

. Fonte: APDA- Associação Portuguesa de Drenagem e Distribuição de Água.

Segundo a OMS, uma água é considerada muito dura quando apresenta uma concentração em CaCO₃ superior a 180 mg/L; dura com concentração entre 120 e 180 mg/L, moderadamente dura entre 60-120 mg/L e macia quando os teores em carbonato de cálcio são <60 mg/L (Tabela 2).

Tabela 2: Classificação da dureza da água

Qualidade da Água	CaCO ₃ (mg/L)
Água mole	< 60
Água moderadamente dura	60 - 120
Água dura	120 - 180
Água muito dura	> 180

Fonte: Organização Mundial da Saúde - OMS

Para um número vasto de aplicações, como combate a incêndio ou lavagem das ruas, a água teria de ser muito dura antes de causar problemas, entretanto para outros usos, tanto domésticos como industriais, a água dura causa muitos inconvenientes provocados pela incrustação dos sais, além da incapacidade ou dificuldade de o sabão fazer espuma e interferir no processo de cloração da mesma,

outro fator associado a elevados graus de dureza é a ocorrência de calculo renal em determinados indivíduos.

2.9.1 Cálcio (Ca)

O cálcio é, frequentemente, encontrado em águas devido à riqueza do elemento em rochas silicatadas e carbonatadas na litosfera (FALCÃO, 1978) e está geralmente sob a forma de carbonato e bicarbonato. As principais fontes de cálcio são calcita, aragonita, dolomita, anidrita e gesso, o carbonato de cálcio é muito pouco solúvel em água pura. Segundo Pedrosa e Caetano (2002) devido ao intemperismo, o cálcio é solubilizado sob a forma de bicarbonato e sua solubilidade se altera em função da quantidade de gás carbônico dissolvido, que por sua vez, dependerá da temperatura e da pressão no ambiente.

2.9.2 Magnésio (Mg)

O elemento magnésio possui um comportamento geoquímico semelhante ao cálcio e, geralmente, estão sempre acompanhados, entretanto diferente do Ca o Mg forma sais mais solúveis. O magnésio pode ser oriundo da dissolução de minerais como biotita, anfibólios (ZIMBRES, 2005) e ferro magnesianos (piroxênios e olivinas) (SCOPEL, 2005). Esses minerais são mais estáveis ao intemperismo químico, por isso sua concentração nas águas subterrâneas é menor do que a concentração de minerais de cálcio. Em regiões onde ocorre a presença de rochas carbonáticas, o mineral dolomita é grande fornecedor de magnésio. O magnésio também pode ter origem a partir do mineral epsomita, associado aos minerais sulfatados, o qual está depositado como eflorescência sobre as rochas, nas galerias das minas e sobre as paredes das rochas (PERONI, 2003).

2.9.3 Deterioração de Canalizações e Equipamentos

Para alguns usos, tanto domésticos como industriais, a água dura causa muitos inconvenientes provocados pela incrustação dos sais em equipamentos como máquinas de lavar, chuveiros, chaleiras, ferros de passar, entre outros e também em tubulações de água.



Figura 07: Incrustação em tubulação da escola. Fonte: COPETTI (2012)

Os problemas originados pela formação de depósitos nas canalizações e equipamentos em geral, são a diminuição do seu tempo de vida, aumento dos custos de manutenção, diminuição da qualidade da água potável, perturbações na circulação de água e também a perfuração das canalizações. Estas incrustações surgem como consequência da baixa solubilidade dos compostos incrustantes (sobretudo CaCO_3 - calcário), a qual diminui com a elevação da temperatura, que provoca a precipitação dos mesmos.

2.9.4 Alternativas de Tratamento

Diversas técnicas podem ser utilizadas para o tratamento da dureza da água, porém as mais comuns são a desmineralização e o abrandamento. Para definir-se o melhor processo de tratamento da água é preciso saber primeiro qual a finalidade e o destino que essa água abrandada terá, também devem ser

levados em considerações alguns outros fatores como custos de operação, geração de efluentes, qualidade da água produzida, qualidade de água de alimentação requerida, consumo energético, segurança no trabalho, manuseio de produtos químicos, entre outros.

2.9.4.1 Desmineralização

É o processo de tratamento no qual há uma redução dos sais dissolvidos, catiônicos e aniônicos. Nesse caso são utilizadas resinas de troca iônica específicas para cátions e ânions. A reativação das resinas obtém-se por regeneração de sua capacidade de troca com soluções básicas como soda cáustica (NaOH) e soluções ácidas, ácido sulfúrico (H_2SO_4) ou clorídrico (HCl).

A desmineralização por troca iônica é o processo de remoção de minerais dissolvidos em soluções aquosas pelo emprego de compostos orgânicos ou inorgânicos insolúveis especiais conhecidos como "zeólitos" ou "resinas de troca iônica". No processo de troca iônica, qualquer substância a ser removida da solução (ou a sofrer troca) deve ser ionizável, substâncias não-ionizáveis tais como os compostos orgânicos, estão, portanto, excluídas desse processo.

O problema ocasionado pela desmineralização de água para o consumo é a retirada total de sais, até mesmo aqueles que são necessários para o organismo, esse tipo de tratamento é mais indicado para águas cujo destino seja uso industrial.

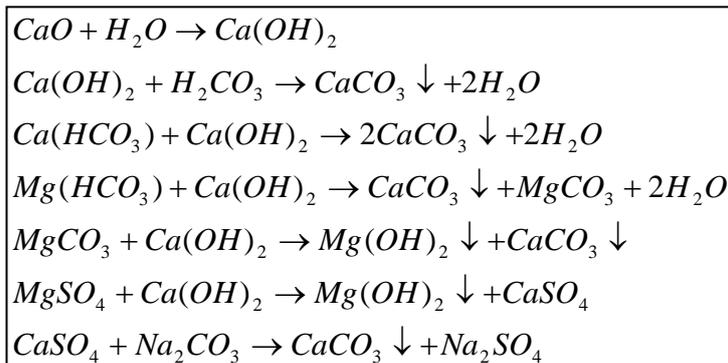
2.9.4.2 Abrandamento

Os abrandadores são vasos de pressão geralmente construídos em aço carbono revestido ou fibra de vidro, em seu interior é inserido as resinas catiônicas responsáveis pela remoção da dureza. O abrandamento pode ser feito de duas maneiras, tanto por precipitação química, quanto por troca iônica.

a) Precipitação química:

Esse processo é geralmente utilizado para águas com elevada concentração de dureza, possibilita remover da água alguns outros contaminantes e até mesmo metais pesados, além disso há uma clarificação da água tratada. Neste caso, o processo se dá por adição de cal (CaO) e carbonato de sódio (Na₂CO₃). A cal é utilizada para elevar o pH da água fornecendo a alcalinidade necessária, enquanto o carbonato de sódio pode fornecer a alcalinidade para a reação e também os íons carbonato necessários. As desvantagens em relação a esse processo se dão pela geração de lodo residual.

Quadro 2: Reações Envolvidas.



. Fonte: Autora

b) Troca catiônica:

Indicado quando a concentração da dureza é baixa, há uma grande eficiência para remoção dos íons responsáveis pela dureza nesse processo. Os trocadores iônicos utilizados são silicatos complexos de Na e Al (zeólitos), que tem a capacidade de trocar o sódio de sua composição por outros íons, como os de Ca e Mg responsáveis pela dureza. Depois de os zeólitos terem cedido todos os seus íons de sódio à água, deve-se inverter o processo, submetendo-se o leito de permutadores ao contato com uma solução concentrada de sal comum, para a sua regeneração. Em contato com a salmoura, os zeólitos fazem nova troca iônica, retendo novamente o Na e libertando os íons cálcio e magnésio na água de lavagem, que é descartada.

As resinas são então regeneradas e não há formação de lodo no processo. Dentre as vantagens da utilização deste processo estão o baixo custo operacional,

custo e disponibilidade de matéria prima, eliminação de problemas com transporte, armazenamento e manuseio de materiais tóxicos/agressivos, além de apresentar um baixo consumo de energia. Quanto as desvantagens, são em relação a saturação da resina que exigem a sua regeneração em determinados intervalos de tempo é um pré-tratamento da água.

A partir das análises feitas pelo projeto *Caracterização Higiênico-Sanitária e Educação Ambiental em Escolas Pólo Da Zona Rural de São Gabriel/RS* e da parceria estabelecida entre Escola, UNIPAMPA e SEME, foi financiado pelo CPM a compra do Equipamento ABRANDADOR 400–1200lh, da empresa RDA Equipamentos Ltda,(Figura 8), o preço do kit de equipamentos foi de R\$ 5.653,00. A compra foi destinada para o tratamento de água na Escola, a instalação ficou por conta da UNIPAMPA e sob responsabilidade do professor Dr. André Carlos Cruz Copetti, esse sistema foi fornecido com 01 pré-filtro, com cartucho para retenção de sólidos e filtro de carvão e o abrandador, além de outros acessórios para a instalação.



Figura 8: Equipamento Abrandador instalado. Fonte: Autora

A água do poço tubular é bombeada através de bomba de pressão com ar comprimido para uma caixa d'água, posteriormente é encaminhada ao pré-filtro de retenção de sólidos, onde se processa a redução dos sólidos em suspensão e na sequência passa pelo filtro de carvão, após pré filtração a água chega ao abrandador onde será reduzido a dureza presente na água, e por último a água é

encaminhada á outra caixa d'água onde fica armazenada e então é distribuída para o uso.

Apesar das vantagens já descritas que propiciaram a escolha do tratamento, ainda restam questões a serem discutidas que garantam a eficiência do processo e equipamento, fazendo-se necessário o acompanhamento da qualidade da água tratada e da regeneração das resinas iônicas.

O processo catiônico faz com que a água resultante do tratamento apresente baixos teores de Mg e Ca garantindo assim um abastecimento de água de qualidade e estendendo a vida útil do produto.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Realizar uma avaliação da eficiência do filtro de troca catiônica instalado na Escola Municipal Ernesto José Annoni como forma de tratamento alternativo da qualidade de água da escola, relacionando os níveis de Na decorrentes do processo de tratamento, com o padrão de potabilidade do Ministério da Saúde.

3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Determinar o consumo de água da comunidade escolar;
- Determinar o período mais adequado para a regeneração das resinas do aparelho;
- Estimar os custos de manutenção (regeneração) do aparelho.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Pesquisa Bibliográfica

O trabalho foi desenvolvido primeiramente a partir de um levantamento bibliográfico, foram obtidos trabalhos técnico-científicos relacionados à fatores geológicos, hidrológicos, ambientais e sociais do Brasil e da região de estudo que influenciam ou são influenciados pelos recursos hídricos. Além de uma pesquisa referente às legislações vigentes relacionadas ao saneamento básico e hidrologia brasileira, principalmente aquelas ligadas aos padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano.

4.2 Amostragem

A segunda etapa compreendeu o acompanhamento do aparelho e a coleta das amostras da água consumida pelos usuários da escola selecionada. A coleta e o armazenamento das amostras foram efetuados em frascos de 500ml durante os meses de outubro, novembro e dezembro de 2014, através do auxílio de funcionários e gestores da escola. Decidiu-se que para uma visão mais ampla da pesquisa que fazia-se necessário a realização de coletas exploratórias levando em consideração diferentes situações com relação ao tempo e condições de regeneração. Ao final contou-se com a coleta de um total de 22 amostras, que simulam diferentes intervalos de regeneração das resinas do equipamento.

4.3 Análise da Água

As análises foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Santa Maria. Os parâmetros verificados para a avaliação da qualidade da água tratada foram:

- Teor de Magnésio (Mg)
- Teor de Cálcio (Ca)
- Teor de Sódio (Na)

4.4 Consumo e Custos com Regeneração

Para a otimização da matéria-prima utilizada e custos de manutenção (regeneração) foi feita a análise do volume de consumo da comunidade escolar. Durante as coletas de amostras de água e de períodos de regeneração das resinas foi verificado *in loco*, através do painel da válvula automática próprio do equipamento, o consumo durante o intervalo das visitas e calculado os valores de volume utilizado ao dia.

5 Resultados e Discussões

5.1 Consumo de Água na Comunidade Escolar

A tabela abaixo demonstra o volume de água consumido na Escola durante a pesquisa realizada:

Tabela 3: Consumo de Água.

	Nº de dias	Vol. Inicial (m ³)	Vol. Final (m ³)	Vol. Gasto (m ³)	L/dia
	13	974,05	978,49	4,44	341,5
	4	970,39	974,05	3,66	915,0
	13	955,68	970,39	14,71	1131,5
	17	942,22	952,21	9,99	587,6
	7	935,88	942,22	6,34	905,7
	12	928,29	935,88	7,59	632,5
Total:	66	5706,51	5753,24	46,7	4513,9

Fonte: Autora

Considerando que o volume total de consumo foi de 46,7 m³, e dividindo-se esse valor pelo número total de dias (66), obteve-se o volume diário de consumo 0,7075 m³ ou então 707,5 litros por dia. Ressalta-se que esses valores representam a média de consumo em uma pequena escala de tempo (outubro, novembro, dezembro) sendo que deveria ser necessário o maior acompanhamento ao longo do ano para um valor mais específico para cada um dos meses, também não foram calculados os domingos da semana, visto que nesses dias não há atividade letiva na Escola.

5.2 Parâmetros de Qualidade

No primeiro grupo de amostras (1-6) foi realizada a maneira mais adequada de regeneração, na qual é necessário o esvaziamento da caixa d'água e posteriormente o seu enchimento apenas com água tratada, sendo que a solução

salina utilizada na regeneração foi preparada no dia anterior à coleta e o equipamento programado para regeneração automática em intervalos de 2 dias, o processo ainda contou com mais adição de solução salina na 1ª regeneração (Amostra 2) e as demais (Amostras 4 e 6) sem adição de sal. Ainda foi coletada uma amostra de água bruta (Amostra 7) e uma amostra de água antes do início da regeneração (Amostra 8).

Tabela 4: Grupo 1

	Amostra	Na (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	Dureza (CaCO ₃ mg/l)
Terça	1	144,5	0,80	1,84	7,90
Quarta	2	144,5	0,76	1,78	7,58
Quinta	3	136	0,84	1,68	7,66
Sexta	4	127,5	4,42	3,96	28,07
Sábado	5	136	4,57	4,23	29,41
Segunda	6	127,5	4,64	4,33	29,93
Água bruta	7	25,5	38,08	51,18	284,61
Água tratada saturada	8	51	28,52	46,06	232,44

Fonte: Autora

Analisando os valores percebe-se a diminuição da dureza da amostra 8 em relação à água tratada com regeneração de forma adequada, sendo mais expressiva no dia posterior ao tratamento (Amostra 1), o teor de Na variou de 25,5 mg/l para 144,5 mg/l. No segundo grupo de amostras (9-14), não foi realizado o esvaziamento prévio da caixa d'água, sendo que a água tratada com as resinas regeneradas misturou-se a água já saturada, o intervalo entre as regenerações continuou o mesmo (2 dias), porém a adição de solução salina foi feita em 2 regenerações, amostra 12 e amostra 14, na amostra 10 a regeneração foi realizada porém sem a adição de sal.

Tabela 5: Grupo 2

	Amostra	Na (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	Dureza (CaCO ₃ mg/l)
Quarta	11	59,5	25,09	39,51	201,98
Quinta	12	136	1,20	1,75	9,32
Sexta	13	136	4,13	3,02	24,55
Sábado	14	127,5	1,07	1,89	9,14
Segunda	9	153	1,94	2,43	14,07
Terça	10	136	2,20	2,02	14,10

Fonte: Autora

Conforme os valores demonstram, apesar da regeneração ser realizada a dureza ainda manteve-se elevada (Amostra 11) devido a mistura com a água saturada da caixa, porém o valor tendeu a diminuir conforme houve a diluição da água tratada com a mesma ao longo da semana. Demonstrando que se faz então necessário o esvaziamento da caixa para uma melhor diminuição da dureza da água tratada.

O terceiro grupo de amostras (15-20), houve o esvaziamento da caixa como no primeiro grupo, porém a regeneração com solução só foi realizada no dia anterior a primeira amostra (19).

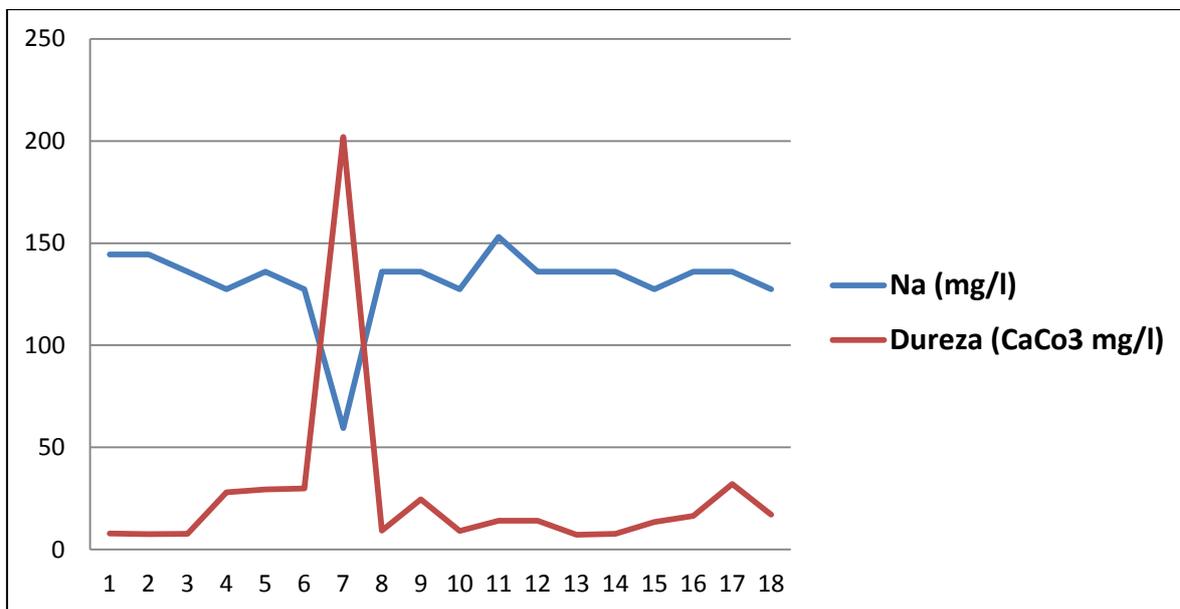
Tabela 6: Grupo 3

	Amostra	Na (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	Dureza (CaCO ₃ mg/l)
Sexta	19	136	0,82	1,59	7,34
Sábado	20	136	0,90	1,61	7,73
Segunda	15	127,5	1,95	2,22	13,55
Terça	16	136	2,56	2,41	16,55
Quarta	17	136	3,33	7,37	32,10
Quinta	18	127,5	2,25	3,11	17,04

Fonte: Autora

Neste terceiro grupo a dureza manteve-se relativamente estável apesar do longo período sem regeneração, contudo apesar da não adição de mais sal para a regeneração os níveis de Na ainda mantiveram-se altos, acima de 125 mg/l até mesmo na amostra mais saturada (18).

Para uma melhor visualização dos resultados, o gráfico 1 demonstra os 3 grupos de amostras na inter-relação da dureza com o teor de sódio, excluindo-se as amostras de água bruta (amostra 7) e saturada (amostra 8).

Gráfico 1: Relação Sódio x Dureza

. Fonte: Autora

Nas duas últimas amostras coletadas (Tabela 7) houve um longo período em que não foi realizado o processo de regeneração das resinas que já encontravam-se muito saturadas, a amostra 21 foi coletada da cozinha da Escola e a amostra 22 da caixa d'água em que a água tratada é armazenada, nota-se que os valores de dureza ou CaCO₃ encontravam-se relativamente próximos aos valores da água bruta (284,61 mg/l).

Tabela 7: Amostras saturadas por longo período

Amostra	Na (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	Dureza (CaCO ₃ mg/l)
21	34	26,00	52,96	239,30
22	34	28,10	49,04	238,18

Fonte: Autora

Para enriquecer os resultados da pesquisa foi verificado ainda outros parâmetros de qualidade da água importantes do ponto de vista químico e da saúde da comunidade, onde o comparativo foi entre a saída de água tratada e a caixa d'água que liga-se diretamente com o poço e não recebe tratamento.

Tabela 8:Elementos Contaminantes da Água

Elemento	Saída Tratada (mg/L)	Sem tratamento (mg/L)
Alumínio	0,000*	0,050
Bário	0,019	0,124
Lantânio	0,000*	0,001
Manganês	0,000*	0,003
Niquel	0,000*	0,004
Estrôncio	0,041	0,428
Zinco	0,000*	0,000*
Potássio	0,882	1,690
Titânio	0,000*	0,002
Cádmio	0,001	0,001
Chumbo	0,004	0,007
Selênio	0,082	0,058
Cobre	0,000*	0,000*
Cromo	0,002	0,000*
Ferro	0,004	0,017
Boro	0,041	0,004
Berílio	0,010	0,015
Cobalto	0,000*	0,000*
Fósforo	0,031	0,108
Antimônio	0,017	0,000*
Silício	2,930	1,457
Vanádio	0,065	0,021

Fonte: Autora

*Os valores representam um teor abaixo do LD (Limite Detectável).

5.3 Custos do Tratamento

Para cada regeneração onde há a adição de solução salina são utilizados 5 kg de sal fino sem iodo, conforme a recomendação do fabricante, de acordo com as regenerações feitas em cada um dos 3 grupos de amostras da pesquisa e o preço atual do produto, R\$ 5,00 o Kg temos a seguinte tabela para o valor do sal indicado para processos industriais:

Tabela 9: Custos do Tratamento com Sal Industrial

	Regenerações (mês)	Kg Sal (mês)	Custo Mensal (R\$)	Custo Anual (R\$)
Grupo 1	8	40	200,00	2.400,00
Grupo 2	12	60	300,00	3.600,00
Grupo 3	4	20	100,00	1.200,00

Fonte: Autora

Entretanto, durante a realização da pesquisa apenas na primeira regeneração foi utilizado sal industrial, nas demais utilizou-se do sal comum de cozinha, devido a maior facilidade de acesso e também ao baixo custo, em torno de R\$ 0,70 o Kg:

Tabela 10: Custos do Tratamento com Sal Comum

	Regenerações (mês)	Kg Sal (mês)	Custo Mensal (R\$)	Custo Anual (R\$)
Grupo 1	8	40	28,00	336,00
Grupo 2	12	60	42,00	504,00
Grupo 3	4	20	14,00	168,00

Fonte: Autora

6 Considerações Finais

A pesquisa foi satisfatória durante o período em que foi realizada, o consumo de água na escola estabeleceu-se dentro do esperado com um valor menor de 1000 L/dia para uma comunidade escolar de cerca de 200 pessoas, sendo que a capacidade do aparelho conforme fabricante é de 10.000L/ dia, esta então, portanto dentro dos padrões recomendados pela empresa. Com relação ao intervalo entre as regenerações num comparativo entre as 3 situações analisadas, conclui-se que o tipo de regeneração mais vantajoso com a inter-relação qualidade x custo é a do Grupo 3, que atendeu as expectativas quanto a diminuição da dureza mesmo com o mínimo de regenerações semanais, 1 vez na semana, a qual também apresenta o menor custo.

Em relação aos teores de sódio, todas as águas naturais contêm Na já que é um dos elementos mais abundantes na terra e seus sais são altamente solúveis em água porém na avaliação dos dados foi visível o aumento do teor de Na após a realização das regenerações sendo que o maior valor registrado na amostra 9, foi de 153 mg/l um aumento de 600% em comparação com o teor da água bruta, 25,5 mg/l. Mesmo no Grupo 3 de amostras em que houve um grande período sem adição de Na os teores de sal ainda permaneceram elevados não baixando de 127,5 mg/l, um aumento de 500%.

Há uma recomendação no controle do consumo de sódio diário devido à existência de uma relação entre a sua ingestão e a hipertensão arterial uma das doenças que é uma das principais causas de morte, segundo a OMS, 17 milhões de pessoas morrem afetados por doenças cardiovasculares a cada ano. A hipersensibilidade ao sódio dá-se principalmente em pessoas com hipertensão arterial grave, em obesos, aquelas que possuem histórico familiar positivo de hipertensão arterial, e que sofram problemas endocrinológicos, assim é muito importante controlar o consumo de sódio para evitar problemas de hipertensão e renais. A *portaria Nº2.914/11*, prevê que a concentração de sódio em águas destinadas ao consumo humano não pode ultrapassar 200 mg/l.

Portanto é necessário uma maior amplitude de dias entre as regenerações com adição de sal, que mesmo no menor período de simulação manteve taxas altas

de Na, apesar em nenhuma das amostras os valores terem ultrapassado a recomendação do Ministério da Saúde, um consumo diário com uma água de 153 mg/l de sal pode ser considerado alto.

Conforme a classificação de dureza da água um valor abaixo de 60 mg/l de CaCO_3 é considerada uma água mole, dessa forma o mais adequado seria um intervalo de tempo em que a dureza da água se mantivesse nessa faixa, consumindo assim uma água de qualidade e com um baixo teor de sódio, mantendo o zelo pela saúde da comunidade escolar.

Ao final, o contínuo monitoramento se faz necessário para obter-se um valor mais aproximado do real consumo de água em que sejam consideradas outras variáveis tais como dias sem aula e número de alunos, e também do teor de sais o qual pode acabar variando durante os intervalos de tempo, devido as próprias características naturais do ambiente.

REFERÊNCIAS

- AISSE, M. M. **Sistemas Econômicos de Tratamento de Esgotos Sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2000.
- APDA (Associação Portuguesa de Tratamento de Água) **Comissão Especializada da Qualidade da Água**, 2012.
- ARRUDA, H. M. R. F., **Cartografia de síntese para análise integrada da paisagem do município de São Gabriel/RS: uma proposta de zoneamento ambiental**. 2011; UFSM; Programa de pós-graduação em geografia e geociências; Santa Maria-RS; Brasil.
- BARLOW, B.; CLARKE, T. **Ouro Azul**. São Paulo: Makron Books. 2003. 331 p.
- BRASIL - Agência Nacional de Águas – ANA. (2012). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012**. Ed. Especial. Brasília.
- BRASIL. **Lei Nº 9.605**, de 12 de Fevereiro de 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm Acesso em: 01 de novembro de 2014.
- BRASIL. **Lei Nº 11.445**, de 05 de janeiro de 2007. Política Federal de Saneamento. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm Acesso em: 28 de outubro de 2014.
- BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria Nº 2.914**, de 12 de dezembro de 2011. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html Acesso em: 28 de outubro de 2014.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional dos Recursos Hídricos**. 2006; Brasília, DF, Disponível em: <http://www.mma.gov.br/>. Acesso em: 20 de novembro de 2014.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Nacional dos Recursos Hídricos**: iniciando um processo de debate nacional. Brasília, DF, 2004. 51 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução Nº 357**, de 17 de março de 2005. Brasília. Disponível em : <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> Acesso em: 30 de outubro de 2014.
- BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos, **Lei Nº 9.433**, 08 de janeiro de 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm Acesso em: 05 de novembro de 2014.
- CETESB - **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental** – Disponível em www.cetesb.sp.gov.br Acesso em: 25 de novembro de 2014.

CLEARY, R. W., 2007; **Águas Subterrâneas**; Disponível em www.clean.com.br
Acesso em: 10 de novembro de 2014.

DGC – **Diretoria de Geociências IBGE**. Cartas Geológicas.

FALCÃO, H. (1978). **Perfil Analítico de águas minerais**. Rio de Janeiro, DNPM, B.49 v.2. (Brasil – Departamento Nacional de Produção Mineral).

FREITAS, M. A. V. de; SANTOS, A. H. M. Importância da água e da informação hidrológica. In: FREITAS, M. A. V. de. (Ed.). **O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos**. Brasília, DF: ANEEL/MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p. 13-16. il.

FUNASA. Manual de Saneamento. Brasília: FUNASA, 2006.

HARRIS, D. C. Medida do pH com um eletrodo de vidro. **Análise Química Quantitativa**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005. cap. 15-5, p. 312-319.

HAUSMAN, Abrão. 1995. Províncias Hidrogeológicas do Estado do Rio Grande do Sul - RS. **Acta Geológica Leopoldensia**, São Leopoldo, RS, n. 2, p. 1-127. (Série mapas).

IBGE. **Censo Populacional 2010** (29 de novembro de 2010).

IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia** (Coord. Bernardo de Almeida Nunes et al). Série Manuais Técnicos em Geociências. Número 5, R. de Janeiro, 1995.

IBGE. **Mapa da vegetação do Brasil e Mapa dos biomas do Brasil**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, projeto RADAMBRASIL, 2004. Disponível em:< www.ibge.gov.br> acesso em 14 novembro de 2014.

KAUL, P.F.T. **Introdução Geografia do Brasil**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1990.

MACHADO, J.L.F.; FREITAS, M.A., 2005. **Projeto Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul: Relatório Final**. Porto Alegre, RS: CPRM, 65p. 1 CD – ROM.

MEDEIROS FILHO, C. F., **Abastecimento de Água**. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande – PB

MORAES, P. B., Tratamento Biológico de Efluentes Líquidos; 2008; Universidade Estadual de Campinas; Curso Superior de Tecnologia em Saneamento Ambiental.

PEDROSA, A.C.; CAETANO, F.A. (2002). **Águas subterrâneas**. Agência Nacional de Águas (ANA). Superintendência de Informações Hidrogeológicas. p. 85.

PERONI, R. (2003). **Mineralogia – Estudo dos Minerais**. Departamento de Engenharia de Minas. Geologia da Engenharia I. UFRGS. p. 10.

RAMGRAB, G.E.; Toniolo, J.A.; Ferrera, J.A.; Machado, J.L.F.; Branco, P.M.; Suffer, T. 2000. **Principais recursos minerais do Rio Grande do Sul**. In: Geologia do Rio Grande do Sul. ed.Holz, M. & De Ros, L.F. Editora da Universidade, UFRGS, Porto Alegre, 445p.

REIS, D. I.; QUEVEDO, M.; NAIME, R. H.; **Gestão de recursos hídricos: panorama mundial, brasileiro e desafios institucionais**; XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos 2013; Disponível em: <https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/825436ef93b2ce7e8b23ddf2a649d174_0c6e293059356614509759452be9fba9.pdf> Acesso em 10 de novembro de 2014.

ROLOFF, T.A., **Efeitos da não aplicação do controle de qualidade da água nas indústrias alimentícias**. SaBios: Revista de Saúde e Biologia, Campo Mourão, v.1, n.1, p.52-57, 2006.

SANEPAR. **Saneamento Rural: Programa de Atuação Social**. 2010.

SANEPAR. **Doenças relacionadas com a falta de saneamento**, 2014. Disponível em : http://educando.sanepar.com.br/ensino_medio/doen%C3%A7as-relacionadas-com-falta-de-saneamento Acesso em: 10 de novembro de 2014

SANTOS, J. S., **Parâmetros indicativos do processo de salinização em rios urbanos do semi-árido brasileiro**. Revista Quim. Nova, Vol. 32, No. 6, 1534-1538, 2009.

SCOPEL, R. M.; TEIXEIRA, E. C.; BINOTTO, R. B. (2005). **Caracterização hidrogeoquímica de água subterrânea em área de influência de futuras instalações de usinas hidrelétricas – Bacia Hidrográfica do Rio Taquarintas/RS, Brasil**. Química Nova. São Paulo. Vol. 28, n. 3. p. 383-392.

SOUZA, M. N., **Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável**; 2004, UFV; Viçosa MG/Brasil.

SZUBERT, E. C.; TONIOLO, J. A.; 1981. **Carvão Energético no Estado do Rio Grande do Sul – Mapeamento Geológico do “Arco” São Gabriel-Bagé**: Mapa Geológico do Bloco São Gabriel. Porto Alegre, RS: CPRM. 1 mapa. Escala 1:50.000.

TELLES, D. D., **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**, 2010; 1ª edição - 2013 Editora Edgard Blücher Ltda.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos, SP: RiMa, 2003. 248 p.

UNESCO. **Água para todos, água para a vida**. Paris, 2003. 36 p.

ZARPENON, J. T. G., **Da solução ao problema: um estudo sobre os conflitos, os impactos sócio-ambientais e as representações sociais envolvidas no uso e na gestão da água do Aquífero Karst no Município de Colombo-PR.** 2007; UFSC; Programa de pós-graduação em sociologia política-mestrado; Florianópolis. Brasil.

ZIMBRES, EURICO. (2005). **Águas Subterrâneas** – Disponível em: <www.meioambiente.pro.br> Acesso em: 01 de dezembro de 2014

ANEXOS

Anexo A: Padrões de Potabilidade do Ministério da Saúde

Parâmetros	N° CAS	Usos Preponderantes da Água				Limite de Quantificação Praticável - LQP
		Consumo Humano	Dessedentação de animais	Irrigação	Recreação	
Inorgânicos		$\mu\text{g.L}^{-1}$				
Alumínio	7429-90-5	200 (1)	5.000	5.000	200	50
Antimônio	7440-36-0	5				5
Arsênio	7440-38-2	10	200		50	8
Bário	7440-39-3	700			1.000	20
Berílio	7440-41-7	4	100	100		4
Boro	7440-42-8	500 (2)	5.000	500 (4)	1.000	200
Cádmio	7440-43-9	5	50	10	5	5
Chumbo	7439-92-1	10	100	5.000	50	10
Cianeto	57-12-5	70			100	50
Cloreto	16887-00-6	250.000 (1)		100.000 - 700.000	400.000	2000
Cobalto	7440-48-4		1.000	50		10
Cobre	7440-50-8	2.000	500	200	1.000	50
Crômio (Cr III + Cr VI)	Cr III (16065831) Cr VI (18540299)	50	1.000	100	50	10
Ferro	7439-89-6	300 (1)		5.000	300	100
Fluoreto	7782-41-4	1.500	2.000	1.000		500
Lítio	7439-93-2			2.500		100
Manganês	7439-96-5	100 (1)	50	200	100	25
Mercurio	7439-97-6	1	10	2	1	1
Molibdênio	7439-98-7	70	150	10		10
Níquel	7440-02-0	20 (3)	1.000	200	100	10
Nitrato (expresso em N)	14797-55-8	10.000	90.000		10.000	300
Nitrito (expresso em N)	14797-65-0	1.000	10.000	1.000	1.000	20
Prata	7440-22-4	100			50	10
Selênio	7782-49-2	10	50	20	10	10
Sódio	7440-23-5	200.000 (1)			300.000	1000
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)		1.000.000 (1)				2000
Sulfato		250.000 (1)	1.000.000		400.000	5.000
Urânio	7440-61-1	15 (2,3)	200	10 (4) 100 (5)		50
Vanádio	7440-62-2	50	100	100		20
Zinco	7440-66-6	5.000 (1)	24.000	2.000	5.000	100
Orgânicos		$\mu\text{g.L}^{-1}$				
Acrilamida	79-06-1	0,5				0,15
Benzeno	71-43-2	5			10	2
Benzo antraceno	56-55-3	0,05				0,15
Benzo fluoranteno	205-99-2	0,05				0,15
Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	0,05				0,15
Benzo pireno	50-32-8	0,05			0,01	0,15
Cloreto de vinila	75-01-4	5				2
Clorofórmio	67-66-3	200	100			5
Criseno	218-01-9	0,05				0,15
1,2-Diclorobenzeno	95-50-1	1.000 (1)				5
1,4-Diclorobenzeno	106-46-7	300 (1)				5
1,2-Dicloroetano	107-06-2	10	5		10	5
1,1-Dicloroetano	75-35-4	30			0,3	5
1,2-Dicloroetano (cis + trans)	cis (156-59-2) trans (156-60-5)	50				5 para cada
Dibenzo antraceno	53-70-3	0,05				0,15
Diclorometano	75-09-2	20	50			10
Estireno	100-42-5	20				5
Etilbenzeno	100-41-4	200 (1)				5
Fenóis (10)		3	2		2	10
Indeno(1,2,3)pireno	193-39-005	0,05				0,15
PCBs (somatória de 7) (9)	(9)	0,5			0,1	0,01 para cada

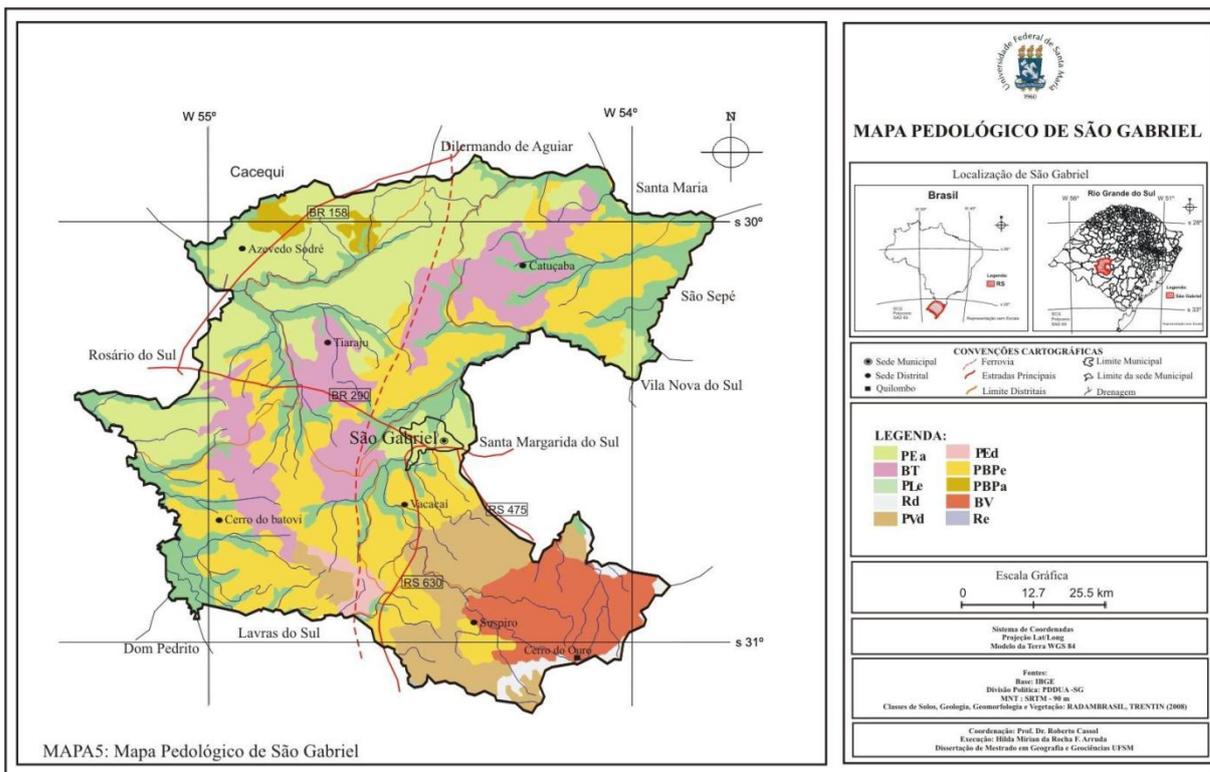
Tetracloro de carbono	56-23-5	2	5		3	2
Triclorobenzenos (1,2,4-TCB + 1,3,5-TCB + 1,2,3)	1,2,4-TCB(120-82-1); 1,3,5-TCB(108-70-3); 1,2,3-TCB(87-61-6)	20				5 para cada
Tetracloroeteno	127-18-4	40			10	5
1,1,2Tricloroeteno	79-01-6	70	50		30	5
Tolueno	108-88-3	170 (*)	24			5
Xileno Total (o+m+p)	m (108-38-3); o (95-47-6); p (106-42-3)	300 (*)				5 para cada
Agrotóxicos		µg.L⁻¹				
Alaclor	15972-60-8	20			3	0,1
Aldicarb + ald. sulfona + ald. sulfóxido	Aldicarb (116-06-3), ald. sulfona (1646-88-4) e ald. sulfóxido (1646-87-3)	10	11	54,9		3 para cada
Aldrin + Dieldrin	Aldrin (309-00-2) Dieldrin (60-57-1)	0,03			1	0,005 para cada
Atrazina	1912-24-9	2	5	10		0,5
Bentazona	25057-89-0	300			400	30
Carbofuran	1563-66-2	7	45		30	5
Clordano (cis + trans)	cis (5103-71-9) e trans (5103-74-2)	0,2			6	0,01 para cada
Clortalonil	1897-45-6	30	170	5,8		0,1
Clorpirifós	2921-88-2	30	24		2	2
2,4-D	94-75-7	30			100	2
DDT (p,p'- DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	p,p'-DDT (50-29-3) p,p'-DDE (72-55-9) p,p'-DDD (72-54-8)	2			3	0,01 para cada
Endosulfan (I + II + sulfato)	I (959-98-8) II (33213-65-9) sulfato (1031-07-8)	20			40	0,02 para cada
Endrin	72-20-8	0,6			1	0,01

Glifosato + Ampa	1071-83-6	500	280	0,13 (6); 0,06 (7); 0,04 (8)	200	30
Heptacloro + heptacloro epóxido	Heptacloro (76-44-8); Heptacloro epóxido (1024-57-3)	0,03			3	0,01 para cada
Hexaclorobenzeno	118-74-1	1	0,52			0,01
Lindano (gama-BHC)	58-89-9	2	4		10	0,01
Malation	121-75-5	190				2
Metolaclo	51218-45-2	10	50	28	800	0,1
Metoxicloro	72-43-5	20				0,1
Molinato	2212-67-1	6			1	5
Pendimetalina	40487-42-1	20			600	0,1
Pentaclorofenol	87-86-5	9			10	2
Permetrina	52645-53-1	20			300	10
Propanil	709-98-8	20			1.000	10
Simazina	122-34-9	2	10	0,5		1
Trifuralina	1582-09-8	20	45		500	0,1
Microorganismos						
<i>E. coli</i>	-	Ausentes em 100ml	200/100 ml		800/100mL	--
Enterococos	-	-	-	-	100/100mL	--
Coliformes termotolerantes	-	Ausentes em 100ml	200/100 ml		1000/100 mL	--

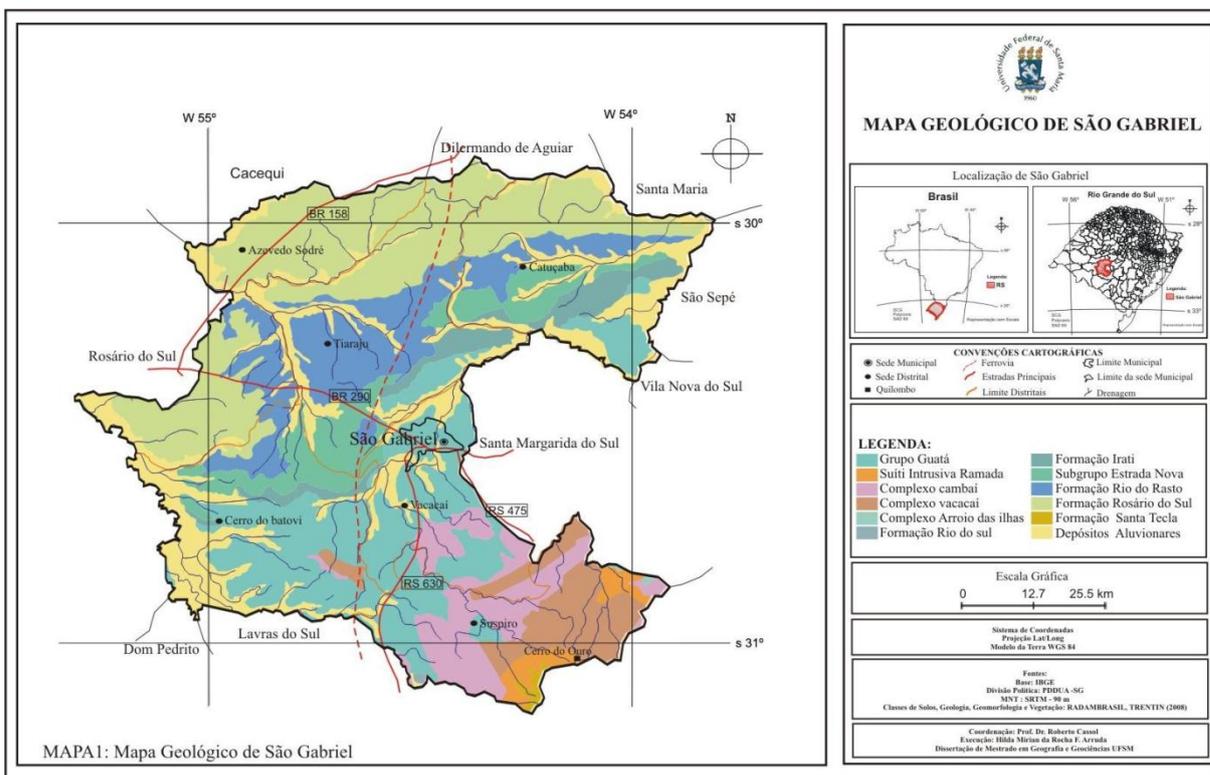
Legendas

1. Efeito organoléptico
2. Máxima concentração de substância na água de irrigação em 100 anos de irrigação (proteção de plantas e outros organismos).
3. Máxima concentração de substância na água de irrigação em 20 anos de irrigação (proteção de plantas e outros organismos).
4. Taxa de irrigação $\leq 3500 \text{ m}^3/\text{ha}$
5. $3500 < \text{Taxa de irrigação} \leq 7000 \text{ m}^3/\text{ha}$
6. $7000 < \text{Taxa de irrigação} \leq 12000 \text{ m}^3/\text{ha}$
7. PCBs = somatória de PCB 28 (2,4,4'-triclorobifenila - n°CAS 7012-37-5), PCB 52 (2,2',5,5'-tetraclorobifenila - n° CAS 35693-99-3), PCB 101(2,2',4,5,5'-Pentaclorobifenila - n°CAS 37680-73-2), PCB 118 (2,3',4,4',5-pentaclorobifenila - n°CAS 31508-00-6), PCB 138 (2,2',3,4,4',5'-hexaclorobifenila - n° CAS 35056-28-2), PCB 153 (2,2',4,4',5,5'- hexaclorobifenila - n°CAS 3505-

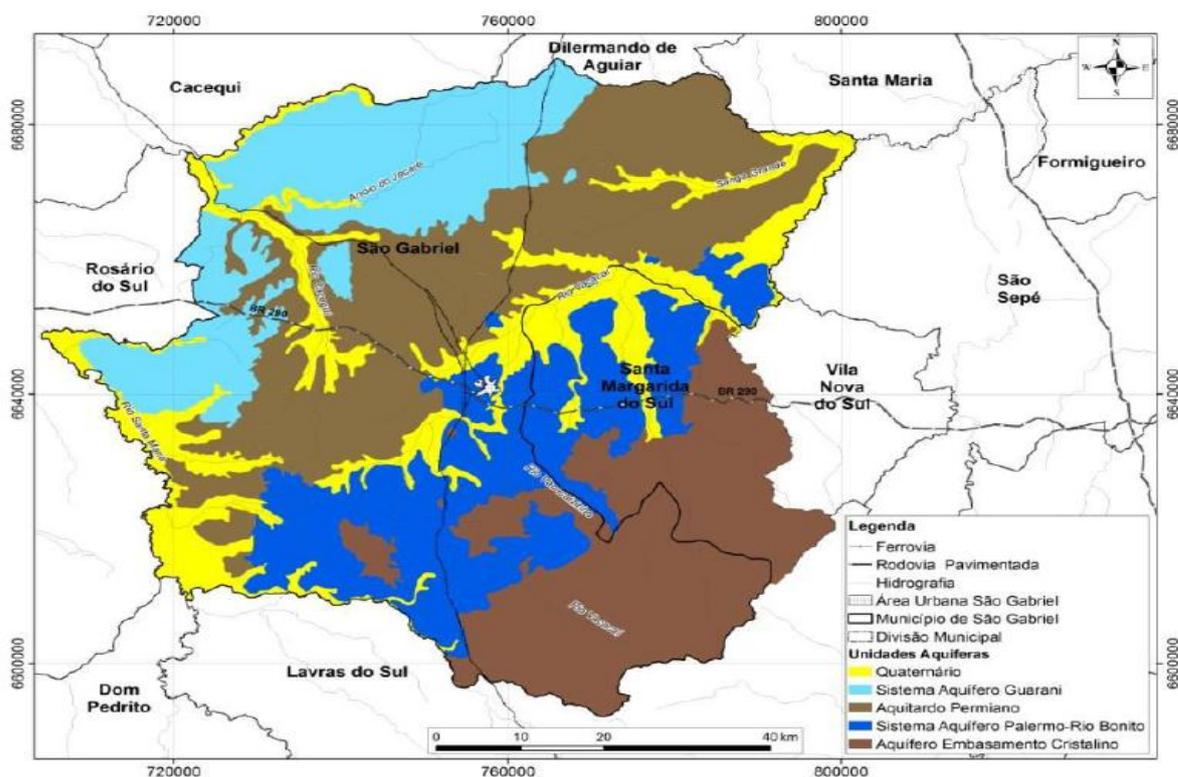
Anexo B : Mapa Pedológico de São Gabriel



Anexo C: Mapa Geológico de São Gabriel



Anexo D: Mapa Hidrogeológico de São Gabriel



Anexo E: Laudo do Laboratório de Solos da Universidade Federal de Santa Maria

LAUDO DE ANÁLISE DE ÁGUA

Nº	Alcalinidade	Colif. Totais	Esch. coll	pH	Cond. Elétr.	Cor	Turbidez	
		NMP 100ml ⁻¹			µSm cm ⁻¹	mg Pt-Co L ⁻¹	UNT	
1	-	-	-	7,72	570	0	0	
Padrão*		0	0	6 a 9,50	-	15	5,0	
Nº	Ca	Mg	Dureza	Fe	Zn	Mn	Cu	Fosfato
	mg L ⁻¹		mg CaCO ₃ L ⁻¹			mg L ⁻¹		
1	42,72	13,68	162,98	nd	nd	nd	nd	-
*	-	-	500,00	0,30	5,00	0,10	2,00	-
Nº	K	Na	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	Nitrato	Fluoreto	Cloreto	Sulfato
			mg L ⁻¹					
1	3,50	40	-	0,50	nd	0,30	1,50	5,50
*	-	200	1,50	10,00	1	1,5	250	250
Nº	COs	COT	Ps	Pt	DBO	DQO	ST	SDT
	mg L ⁻¹							
1	4,73	-	0,01	-	-	-	-	-
*	-	-	-	-	-	-	1000	-