



Fundação Educacional do Município de Assis  
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis  
Campus "José Santilli Sobrinho"

LUCAS VICENTE IGINO

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DOS  
POÇOS ARTESIANOS DO BAIRRO ÁGUA DA JACUTINGA, NA  
CIDADE DE ANDIRÁ – PR

Assis  
2014

LUCAS VICENTE IGINO

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DOS  
POÇOS ARTESIANOS DO BAIRRO ÁGUA DA JACUTINGA, NA  
CIDADE DE ANDIRÁ – PR

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao Instituto Municipal  
de Ensino Superior de Assis, como  
requisito do Curso de Graduação.

Orientador: Prof<sup>a</sup> Ms. Patrícia Cavani Martins de Mello  
Área de Concentração: Química

Assis  
2014

## FICHA CATALOGRÁFICA

IGINO, Lucas Vicente

Análise microbiológica e físico-química da água dos poços artesianos do bairro Água da Jacutinga, na cidade de Andirá – PR / Lucas Vicente Igino. Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA – Assis, 2014.

67p.

Orientador: Patrícia Cavani Martins de Mello

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

1. água subterrânea; 2. poluição da água; 3. qualidade da água.

CDD: 660

Biblioteca da FEMA

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DOS  
POÇOS ARTESIANOS DO BAIRRO ÁGUA DA JACUTINGA, NA  
CIDADE DE ANDIRÁ – PR

LUCAS VICENTE IGINO

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto Municipal  
de Ensino Superior de Assis, como  
requisito do Curso de Graduação,  
analisado pela seguinte comissão  
examinadora:

Orientador: Prof<sup>a</sup> Ms. Patrícia Cavani Martins de Mello.

Analisador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Silvia Maria Batista De Souza

Assis  
2014

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe Maria Inêz da Silva, que mesmo nas horas difíceis, jamais deixou de mostrar-me o caminho reto.

## AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus, pois é somente por Ele e através Dele que dou continuidade nesta longa caminhada chamada vida.

A todos os mestres que nestes anos de graduação despertaram através do conhecimento e persistência o desejo de tornar-me um profissional.

À minha professora e orientadora Patrícia Cavani de Mello, pela colaboração no rumo da minha pesquisa.

A você minha amada irmã Taisa, que em muitos momentos foram meus olhos, meus braços e meu porto seguro.

A minha namorada Bruna, que do seu jeito único e especial sempre encontrou a melhor forma de aliviar-me e reerguer-me mesmo quando tudo parecia ter se perdido.

E a você em especial minha querida e guerreira Maria Inêz, mãe preciosa e rara, base e suporte, aquela que também foi um pai e exemplo, e que sempre nos colocou acima de tudo em sua vida.

E assim, a todos vocês amigos que acreditaram e acompanharam a conquista desta graduação, e que junto a mim estejam prontos para verem a minha vitória.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.”

Marthin Luther King

## RESUMO

A água subterrânea é a parcela da água que permanece no subsolo, onde flui lentamente até descarregar em corpos de água de superfície, ou ser extraída de poços. Tem papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos. Cerca de 97% da água doce disponível para o consumo, encontra-se em forma de água subterrânea. A qualidade da água para consumo está diretamente associada com a saúde do ser humano, ela é o elemento mais importante do corpo, pois todas as reações químicas internas dependem dela. Há várias doenças que são transmitidas pela água por causa dos microrganismos e fatores físico-químicos da água mal tratada. Nesse aspecto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a qualidade microbiológica e físico-química da água de 5 poços de água do Bairro Água da Jacutinga da cidade de Andirá-PR, para assegurar sua aptidão para o consumo da população local. As amostras foram submetidas a análise de cor, turbidez, pH, dureza total, amônia, nitrito, nitrato, fluoreto, ferro, cloretos e *E. coli*. Os parâmetros de potabilidade utilizados foram com base na Portaria nº 2.914 de 12 de Dezembro de 2011 do Ministério da Saúde. Os resultados das análises dos cinco poços de água apresentaram-se em conformidade com os valores admissíveis pela norma. Assim, conclui-se que todos os locais do Bairro Água da Jacutinga recebem água de qualidade.

**Palavras-chave:** água subterrânea; poluição da água; qualidade da água.

## ABSTRACT

Ground water is the portion of water that remains underground, where it flows slowly to discharge into surface water, or be extracted from wells. Have an essential role in maintaining soil moisture, the flow of rivers, lakes and swamps. About 97% of the fresh water available for consumption is in the form of groundwater. The quality of drinking water is directly associated with the health of human being, it is the most important element of the body, because all internal chemical reactions depend on it. Several diseases are transmitted by water because of microorganisms and physico-chemical factors of poorly treated water. In this aspect, the present work aimed to analyze the microbiological and physico-chemical quality of water from 5 wells in Água da Jacutinga District in the city of Andirá-PR, to ensure its suitability for consumption of local population. The samples were analyzed for color, turbidity, pH, total hardness, ammonia, nitrite, nitrate, fluoride, iron, chlorides and E. coli. Potability parameters used were based on Ordinance No. 2914 of December 12, 2011 of the Ministry of Health. Analysis results of the five wells presented in accordance with the permissible standard values. Thus, it is concluded that all of the local in Água da Jacutinga District receiving water of quality

**Keywords:** ground water; water pollution; water quality.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Investimento no abastecimento urbano de água para 2015.....	19
Figura 2	- Ciclo Hidrológico.....	21
Figura 3	- Tipos de Aquíferos.....	24
Figura 4	- Tipos de Poluições Causadas pelo Homem.....	27
Figura 5	- Aparelho colorímetro.....	35
Figura 6	- Aparelho Turbidímetro.....	36
Figura 7	- Aparelho pHmetro de Bancada.....	37
Figura 8	- Filtro de água montado com garrafa PET.....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Principais doenças vinculadas à água.....	33
Tabela 2	- Padrões organolépticos e microbiológicos da água bruta para o consumo humano.....	44
Tabela 3	- Resultados das análises físico-químicas das amostras de água dos 5 poços.....	57
Tabela 4	- Resultados das análises microbiológicas das amostras de água dos 5 poços.....	58

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional das Águas
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
mg/L	Miligrama por Litro
mL	Mililitros
MS	Ministério da Saúde
N	Normalidade
NBR	Norma Brasileira Registrada
Nm	Nanômetro
NTU	Unidade Nefolométrica de Turbidez
°C	Graus Celsius
PET	Polietileno Tereftalato
pH	Potencial hidrogeniônico
uH	Unidade Hazen
uT	Unidade de Turbidez
VMP	Valor Máximo Permitido

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>A PROBLEMÁTICA DA ÁGUA NO BRASIL.....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>CICLO HIDROLÓGICO.....</b>	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....</b>	<b>23</b>
4.1	TIPOS DE AQUÍFEROS.....	23
4.1.1	Aquífero Livre ou Freático.....	23
4.1.2	Aquífero Confinado ou Artesiano.....	24
4.2	PERMEABILIDADE DA ZONA DE AERAÇÃO E DO AQUÍFERO.....	25
4.3	PROFUNDIDADE DO NÍVEL ESTÁTICO.....	25
4.4	TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA EXISTENTE SOBRE O SOLO.....	25
4.5	TIPOS DE ÓXIDOS E MINERAIS DE ARGILA EXISTENTES NO SOLO.....	26
<b>5</b>	<b>POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....</b>	<b>27</b>
5.1	FATORES QUE INFLUENCIAM A POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	28
5.2	POLUIÇÃO URBANA E DOMÉSTICA.....	28
5.3	POLUIÇÃO AGRÍCOLA.....	29
5.4	POLUIÇÃO INDUSTRIAL.....	29
<b>6</b>	<b>ÁGUA E SAÚDE.....</b>	<b>30</b>
6.1	PRINCIPAIS DOENÇAS TRANSMITIDAS PELA ÁGUA CONTAMINADA.....	31
<b>7</b>	<b>QUALIDADE DA ÁGUA.....</b>	<b>34</b>
7.1	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁGUA.....	34

7.1.1	Cor.....	34
7.1.2	Turbidez.....	36
7.2	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA ÁGUA.....	36
7.2.1	pH.....	36
7.2.2	Dureza Total.....	38
7.2.3	Amônia.....	38
7.2.4	Nitrito e Nitrato.....	39
7.2.5	Fluoreto.....	39
7.2.6	Ferro.....	40
7.2.7	Cloretos.....	40
7.3	CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA.....	41
7.3.1	Coliformes.....	41
8	<b>LEGISLAÇÃO.....</b>	<b>43</b>
9	<b>APLICAÇÃO NO ENSINO MÉDIO: CONSTRUÇÃO DE UM FILTRO DE ÁGUA COM GARRAFAS PET.....</b>	<b>45</b>
9.1	MATERIAIS.....	46
9.2	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	46
10	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>48</b>
10.1	AMOSTRAGEM.....	48
10.1.1	Poço 1.....	48
10.1.2	Poço 2.....	49
10.1.3	Poço 3.....	49
10.1.4	Poço 4.....	50
10.1.5	Poço 5.....	50
10.2	EQUIPAMENTOS.....	51
10.3	REAGENTES.....	51

10.4	PROCEDIMENTOS.....	52
<b>10.4.1</b>	<b>Análises Físico-Químicas.....</b>	<b>52</b>
10.4.1.1	Cor.....	52
10.4.1.2	Turbidez.....	53
10.4.1.3	pH.....	53
10.4.1.4	Dureza total.....	53
10.4.1.5	Amônia.....	53
10.4.1.6	Nitrato.....	54
10.4.1.7	Nitrito.....	54
10.4.1.8	Fluoreto.....	55
10.4.1.9	Ferro.....	55
10.4.1.10	Cloretos.....	55
<b>10.5.2</b>	<b>Análise Microbiológica.....</b>	<b>56</b>
10.5.2.1	Escherichia coli.....	56
<b>11</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>57</b>
<b>12</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>60</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>61</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A água é uma substância indispensável para a vida do homem e dos demais seres vivos que habitam nosso planeta. Mesmo estando  $\frac{3}{4}$  da Terra coberta por esse líquido, menos de 1% encontra-se armazenada nos lençóis subterrâneos, lagos e rios, em condições de ser captada para o consumo humano (CASTRO, 2010).

O Brasil é um país privilegiado, pois possui cerca de 12% da água doce disponível no globo terrestre, no entanto, o crescimento populacional, a industrialização, os aglomerados urbanos, a falta de consciência ambiental, vem contribuindo com a diminuição desse índice no nosso país e no mundo (CIRILO et al., 2003).

A saúde do ser humano também está diretamente associada com a qualidade da água consumida, pois ela representa cerca de 60% do peso de um adulto. Ela é o elemento mais importante do corpo, o principal componente das células e um solvente biológico universal, por isso todas as nossas reações químicas internas dependem dela (PINSKY, 2012).

A água também é essencial para transportar alimentos, oxigênio e sais minerais, além de estar presente em todas as secreções (como o suor), no plasma sanguíneo, nas articulações, nos sistemas respiratório, digestivo e nervoso (PEIXOTO, 2014).

Há doenças que são transmitidas pela água por causa dos micro-organismos presentes em reservatórios, habitualmente após contaminação dos mesmos por fezes humanas ou de animais. A transmissão do agente infeccioso através da água pode ocorrer pela ingestão, pelo contato com a pele, na preparação de alimentos, ou pelo consumo de alimentos lavados com água infectada (PINHEIRO, 2013).

Além disso, os parâmetros físico-químicos da água (sabor e cheiro, turbidez, condutividade e resistividade, pH, dureza, alcalinidade, sólidos dissolvidos, sólidos em suspensão, cloretos e sulfatos) também determinam a sua qualidade e subsidiam o seu enquadramento para uso preponderante pretendido, ao longo do tempo (SZCZEPANIAK et al., 2009).

Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a qualidade, por meio de análises físico-químicas e microbiológicas, da água do Poço Artesiano do Bairro Água da Jacutinga, na cidade de Andirá – PR, para assegurar a sua aptidão para o consumo da população local.

## 2 A PROBLEMÁTICA DA ÁGUA NO BRASIL

Estudiosos preveem que em breve a água será causa principal de conflitos entre nações. Há sinais dessa tensão em áreas do planeta como Oriente Médio e África. Mas também os brasileiros, que sempre se consideraram dotados de fontes inesgotáveis, veem algumas de suas cidades sofrerem falta de água (SOCIOAMBIENTAL, 2005).

O abastecimento público de água em termos de quantidade e qualidade é uma preocupação crescente, em função da escassez do recurso água e da decadência da qualidade dos mananciais (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Atualmente cerca de 30% da população brasileira abastece-se de água proveniente de fontes inseguras, sendo que boa parte daqueles atendidos por rede pública nem sempre recebe água com qualidade adequada e em quantidade suficiente (COPASAD, 1995).

Por muito tempo no Brasil a problemática da qualidade da água foi deixada de lado. A falha na cobertura da população brasileira com sistemas de abastecimento de água dirigiu as políticas de saneamento para o atendimento da demanda reprimida, com a implantação e a ampliação de sistemas. Em função disso, as ações de controle e vigilância da qualidade da água foram colocadas em segundo plano (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006)

É fato que as atividades humanas têm determinado alterações significativas no meio ambiente, influenciando a disponibilidade de uma série de recursos. A água, em alguns territórios, tem se tornado um recurso escasso e com qualidade comprometida. Os crescentes desmatamentos, os processos de erosão/assoreamento dos mananciais superficiais, os lançamentos de efluentes e despejos industriais e domésticos nos recursos hídricos tem contribuído para essa situação (COPASAD, 1995).

No Brasil, os potenciais de água doce são extremamente favoráveis para os diversos usos, no entanto, as características de recurso natural renovável, em várias regiões do país, têm sido drasticamente afetadas. Os processos de urbanização, de industrialização e de produção agrícola não têm levado em conta a capacidade de suporte dos ecossistemas (REBOUÇAS, 1997).

Este quadro está sensivelmente associado ao lançamento – deliberado ou não – de mais de 90% dos esgotos domésticos e cerca de 70% dos efluentes industriais não tratados, o que tem gerado a poluição dos corpos de água doce de superfície em níveis nunca antes imaginados (SOCIOAMBIENTAL, 2005).

Pode-se sentir o resultado da má conscientização humana pelas recentes pesquisas que estimam a falta de água em metade dos municípios brasileiros em 2015. Segundo a ANA (Agência Nacional das Águas), a maior parte dos problemas de abastecimento urbano do país está relacionada com a capacidade dos sistemas de produção, e estão impondo alternativas técnicas para a ampliação das unidades de captação, adução e tratamento, mas para isso será necessário o investimento de R\$ 22 bilhões, conforme mostra a figura 1 (LOURENÇO, 2014).

Tal problema não seria tão agravante se o Brasil seguisse o exemplo de alguns países focando no reuso do esgoto. Windhoek, capital da Namíbia, transforma esgoto em água potável há cerca de 40 anos. Cingapura, além de cidades do México, Israel e Estados Unidos criaram projetos de reuso bem-sucedidos na última década (DANTAS, 2014).

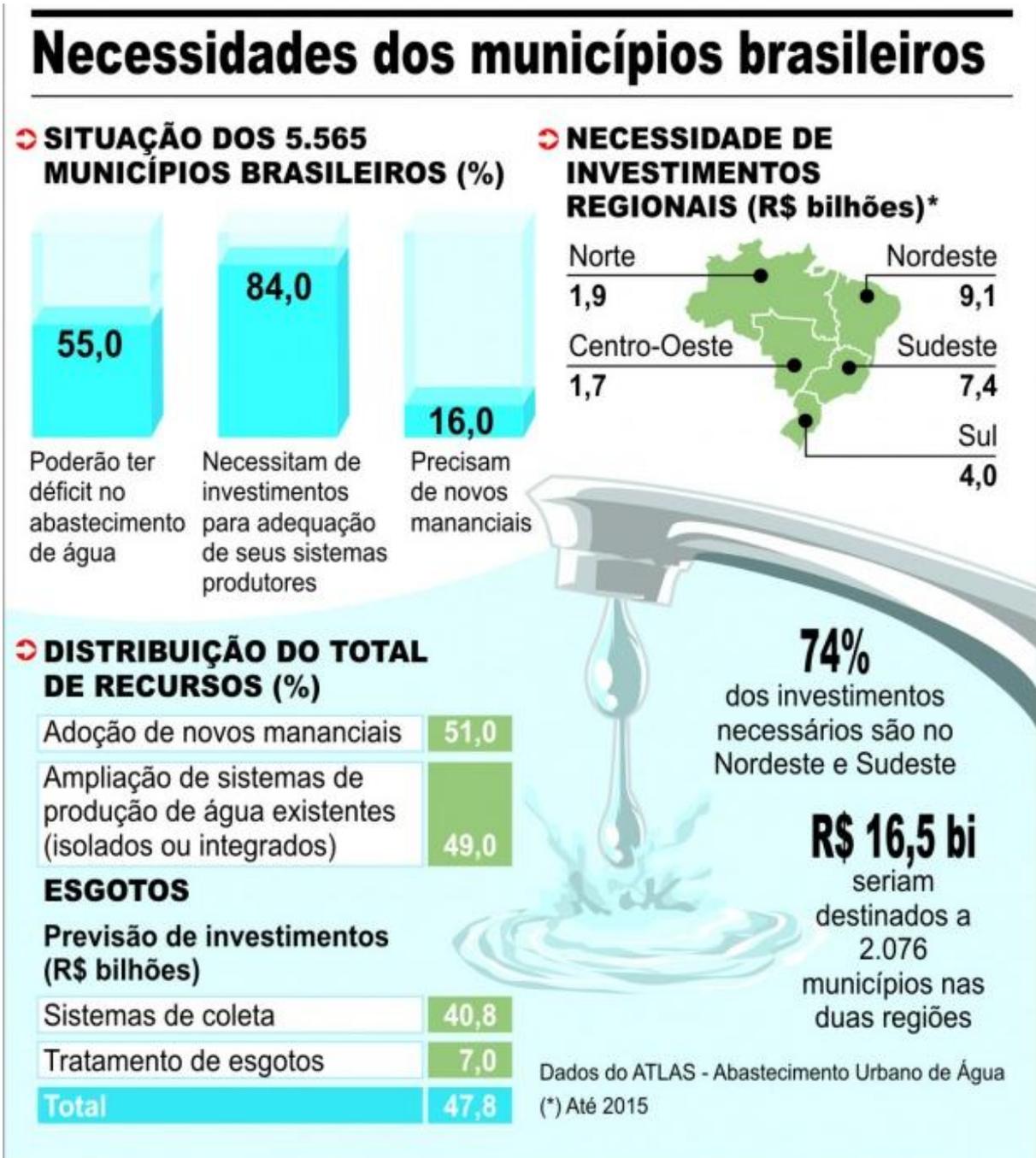
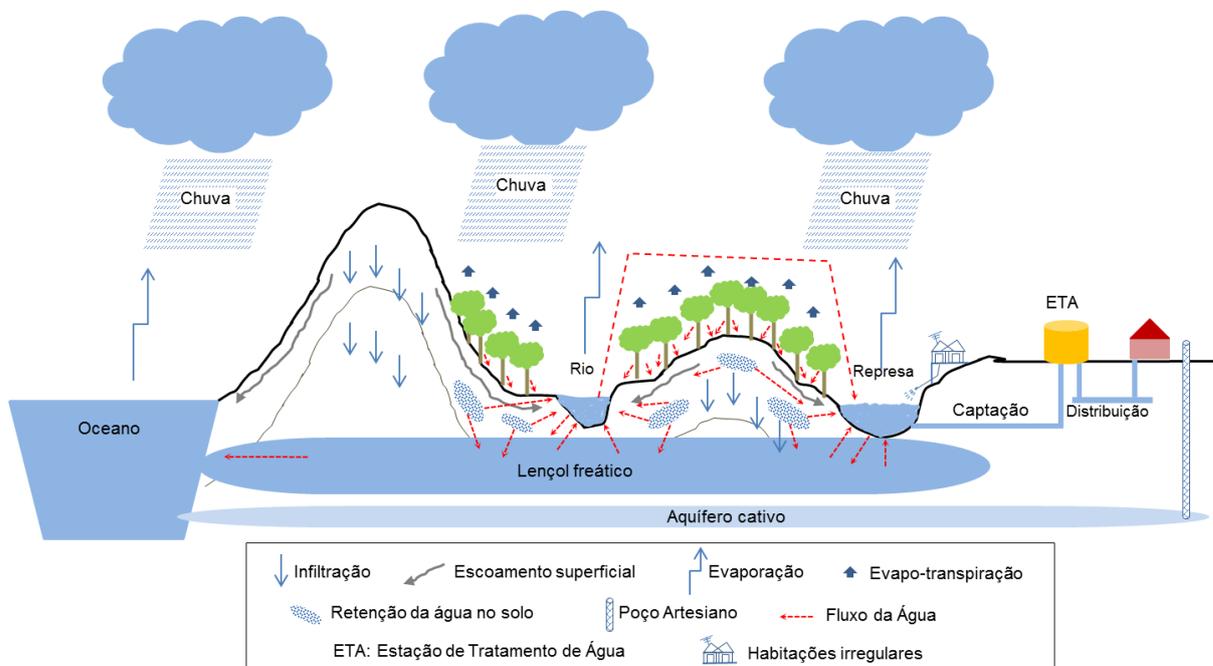


Figura 1 – Investimento no abastecimento urbano de água para 2015 (In: LOURENÇO, 2014).

### 3 CICLO HIDROLÓGICO

Ciclo hidrológico ou ciclo da água, como também é chamado, está ligado ao movimento e à troca de água nos seus diferentes estados físicos, que ocorrem na Hidrosfera entre os oceanos, as calotas de gelo, as águas superficiais, as águas subterrâneas e a atmosfera (MIDÕES; FERNANDES, 2001).

Esse movimento permanente deve-se ao sol, que fornece energia para elevar a água da superfície terrestre para a atmosfera (evaporação), e à gravidade que faz com que a água condensada caia (precipitação), e que uma vez na superfície, circule através de rios até que atinjam os oceanos (escoamento superficial), ou se infiltre no solo e nas rochas, através de seus poros, fissuras e fraturas (escoamento subterrâneo) (ARAÚJO; SANTOS; DIAS, 2007). A figura 2 ilustra os diferentes processos do ciclo hidrológico, sendo a precipitação, evaporação, retenção de água no solo, escoamento superficial e infiltração.



**Figura 2 – Ciclo Hidrológico (In: RIBEIRO, 2014).**

Nem toda a água precipitada alcança a superfície terrestre, já que uma parte em sua queda, volta a evaporar-se. A água que se infiltra no solo é sujeita a evaporação direta para a atmosfera e é retida pela vegetação, que através da respiração a devolve para a atmosfera. A água que continua a infiltrar-se e atinge a zona saturada das rochas, entra na circulação subterrânea e contribui para um aumento da água armazenada (recarga dos aquíferos) (MIDÕES; FERNANDES, 2001).

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 (CARVALHO; SILVA, 2006).

## 4 AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A água subterrânea é a parcela da água que permanece no subsolo, onde flui lentamente até descarregar em corpos de água de superfície, ser interceptada por raízes de plantas ou ser extraída de poços. Tem papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos. É também responsável pelo fluxo de base dos rios e, conseqüentemente, pela sua perenização durante os períodos de estiagem (HOSTER et al., 2008).

Sabe-se que cerca de 97% da água doce disponível para uso da humanidade encontra-se na forma de água subterrânea. Atualmente, mais da metade da água de abastecimento público no Brasil provém das reservas subterrâneas. A crescente preferência pelo uso desses recursos hídricos se deve ao fato de que, em geral, eles apresentam excelente qualidade e menor custo (CAETANO, 2002).

### 4.1 TIPOS DE AQUÍFERO

Os aquíferos são classificados em função da pressão das águas nas suas superfícies limítrofes e o armazenamento das mesmas, sendo eles de dois tipos: aquífero livre ou freático e aquífero confinado ou artesianos (MARTINEZ, 2014).

#### 4.1.1 Aquífero Livre ou Freático

É um extrato permeável, parcialmente saturado de água, cuja base é uma camada impermeável ou semipermeável. O topo é limitado pela própria superfície livre da água também chamado de superfície freática, sobre pressão atmosférica. Ele tende a ter um perfil mais ou menos semelhante ao perfil da superfície do terreno. O lençol freático está geralmente perto da superfície, em vales de rios e a maiores

profundidades em altos topográficos. Este por sua vez, é mais vulnerável à poluição (ÁGUAS PARANÁ, 2014).

#### 4.1.2 Aquífero Confinado ou Artesiano

Os aquíferos artesianos são aqueles que estão entre camadas de rochas permeáveis ou semipermeáveis a profundidades maiores, onde a circulação de água é menos intensa que nos aquíferos freáticos. Em função da grande profundidade e da pressão exercida pelas camadas adjacentes de rocha, a pressão nos aquíferos artesianos é maior que a pressão atmosférica, portanto a maioria dos poços perfurados nesse tipo de aquífero tende a jorrar. Por isso, essas águas são menos poluídas (EDUCACIONAL, 2013).

A figura 3 ilustra os dois tipos de aquíferos (confinado e livre) de acordo com o que foi descrito acima.



Figura 3 – Tipos de Aquíferos (In: ABAS, 2014).

## 4.2 PERMEABILIDADE DA ZONA DE AERAÇÃO E DO AQUÍFERO

A permeabilidade da zona de aeração é fundamental quando se pensa em poluição. Uma zona de aeração impermeável ou pouco permeável é uma barreira à penetração de poluentes no aquífero. Aquíferos extensos podem estar parcialmente recobertos por camadas impermeáveis em algumas áreas enquanto em outras acontece o inverso. Estas áreas de maior permeabilidade atuam como zona de recarga e têm uma importância fundamental em seu gerenciamento (MEIO AMBIENTE, 2014).

## 4.3 PROFUNDIDADE DO NÍVEL ESTÁTICO

Como esta zona atua como um reator físico-químico, sua espessura tem papel importante. Espessuras maiores permitirão maior tempo de filtragem, além do que aumentarão o tempo de exposição do poluente aos agentes oxidantes e adsorventes presentes na zona de aeração (GUILHERME, 2013).

## 4.4 TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA EXISTENTE SOBRE O SOLO

A matéria orgânica tem grande capacidade de adsorver uma gama variada de metais pesados e moléculas orgânicas. Estudos no Estado do Paraná, onde está muito difundida a técnica do plantio direto, têm mostrado que o aumento do teor de matéria orgânica no solo tem sido responsável por uma grande diminuição do impacto ambiental da agricultura. Têm diminuído a quantidade de nitrato e sedimentos carregados para os cursos d'água. Segundo técnicos estaduais isto tem modificado o próprio aspecto da água da represa de Itaipu (GLOAGUEN, 2009).

#### 4.5 TIPO DOS ÓXIDOS E MINERAIS DE ARGILA EXISTENTES NO SOLO

Sabe-se que estes compostos, por suas cargas químicas superficiais, têm grande capacidade de reter uma série de elementos e compostos.

Na contaminação de um solo por nitrato, sabe-se que o manejo de fertilizantes, com adição de gesso ao solo, facilita a reciclagem do nitrogênio pelos vegetais e, conseqüentemente, a penetração do nitrato no solo é menor. Da mesma forma, a mobilidade dos íons nitratos é muito dependente do balanço de cargas. Solos com balanço positivo de cargas suportam mais nitrato. Neste particular, é de se notar que nos solos tropicais os minerais predominantes são óxidos de ferro e alumínio e caolinita, que possuem significante cargas positivas, o que permite interação do tipo íon-íon (interação forte) com uma gama variada de produto que devem sua atividade pesticida a grupos moleculares iônicos e polares (MEIO AMBIENTE, 2014).

Um poluente após atingir o solo, poderá passar por uma série reações químicas, bioquímicas, fotoquímicas e inter-relações físicas com os constituintes do solo antes de atingir a água subterrânea. Estas reações poderão neutralizar, modificar ou retardar a ação poluente (MARTINEZ, 2014).

Em muitas situações a biotransformação e a decomposição ambiental dos compostos fitossanitários pode conduzir à formação de produtos com uma ação tóxica aguda mais intensa ou, então, possuidores de efeitos injuriosos não caracterizados nas moléculas precursoras. Exemplos: Dimetoato, um organofosforado, degrada-se em dimetoxon, cerca de 75 a 100 vezes mais tóxico. O malation produz, por decomposição, o trimetilfosforotioato, que apresenta uma ação direta extremamente injuriosa no sistema nervoso central e nos pulmões, provocando hipotermia e queda no ritmo respiratório (EDUCACIONAL, 2013).

## 5 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Inúmeras atividades do homem introduzem no meio ambiente substâncias ou características físicas que ali não existiam antes, ou que existiam em quantidades diferentes. A este processo chamamos de poluição. Assim como as atividades desenvolvidas pela humanidade são muito variáveis, também o são as formas e níveis de poluição (QUEIROZ; PEREIRA; CARDOSO, 2004). A figura 4 ilustra alguns meios de poluição que estão diretamente ligadas à ação do homem, como a chuva ácida, poluição das águas, poluição do ar, entre outras.

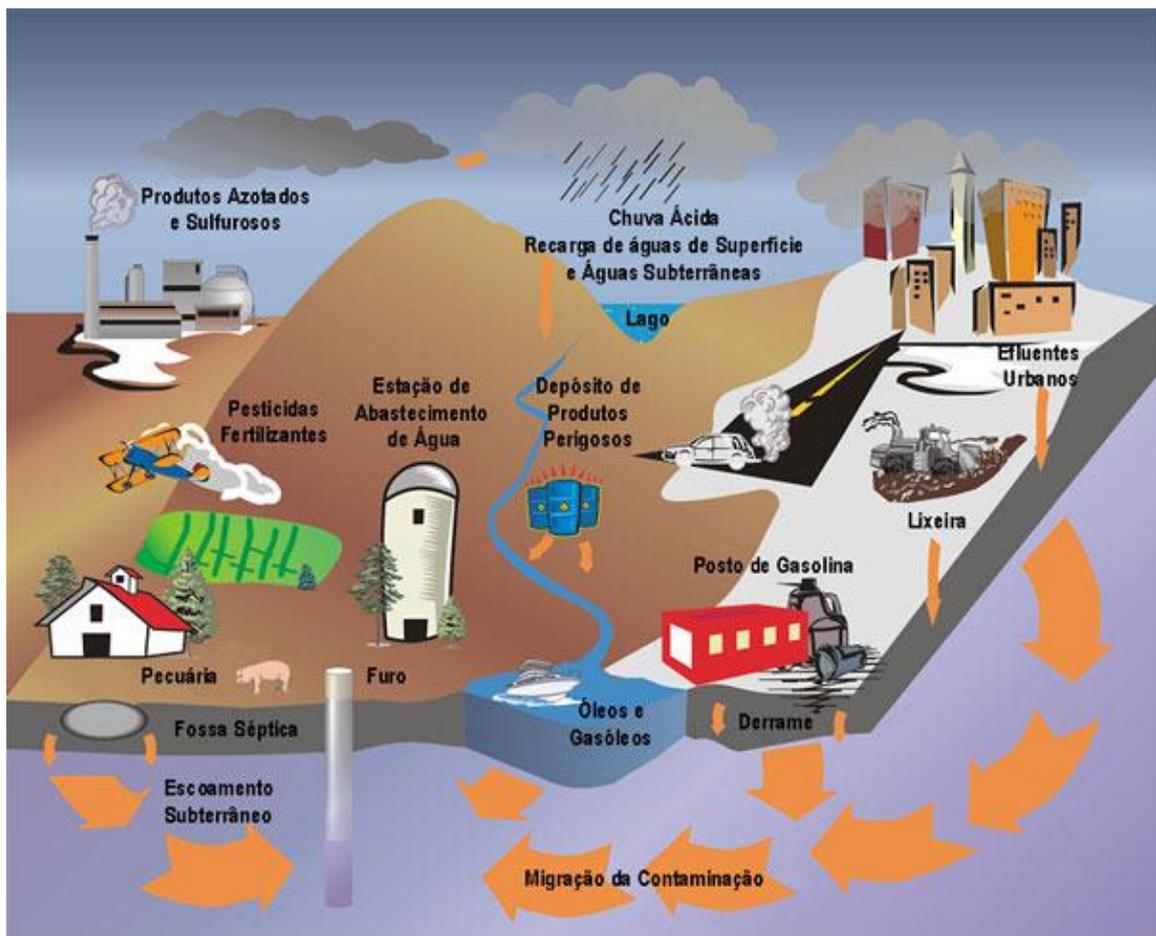


Figura 4 – Tipos de Poluições Causadas pelo Homem (In: LNEG, 2001).

## 5.1 FATORES QUE INFLUENCIAM NA POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

No geral os depósitos de água subterrânea são bem mais resistentes aos processos poluidores dos que os de água superficial, pois a camada de solo sobrejacente atua como filtro físico e químico. A facilidade de um poluente atingir a água subterrânea dependerá dos seguintes fatores: tipo de aquífero, permeabilidade da zona de aeração e do aquífero, profundidade do nível estático (espessura da zona de aeração), teor de matéria orgânica existente sobre o solo e tipo dos óxidos e minerais de argila existentes no solo (MEIO AMBIENTE, 2014).

## 5.2 POLUIÇÃO URBANA E DOMÉSTICA

É provocada pela descarga de efluentes domésticos não tratados na rede hidrográfica, fossas sépticas e lixeiras. Os efluentes domésticos contêm sais minerais, matéria orgânica, restos de compostos não biodegradáveis, vírus e microrganismos fecais (RIBEIRO, 2007).

Os lixiviados das lixeiras, resultantes da circulação de água através da lixeira, são altamente redutores e enriquecidos em amônio, ferro ferroso, manganês e zinco, para além de apresentarem valores elevados da dureza, do total de sólidos dissolvidos e da concentração de cloreto, sulfato, bicarbonato, sódio, potássio, cálcio e magnésio. Esse tipo de poluição ao atingir o aquífero origina um aumento de mineralização, elevação da temperatura, aparecimento de cor, sabor e odor desagradáveis (GUILHERME, 2013).

### 5.3 POLUIÇÃO AGRÍCOLA

Esse tipo de poluição, consequência das práticas agrícolas, será a mais generalizada e importante na deterioração das águas subterrâneas. A diferença desse tipo de poluição e os outros, é o fato de apresentar um caráter difuso sendo responsável pela poluição a partir da superfície de extensas áreas, ao passo que os outros tipos correspondem a focos pontuais de poluição (SÃO FRANCISCO, 2014).

Os contaminantes potencialmente mais significativos nesse campo são os fertilizantes, pesticidas e indiretamente as práticas de regadio. A reciclagem e a reutilização da água subterrânea para regadio, provoca um aumento progressivo da concentração de sais que, a longo prazo, a inutiliza para este fim (LIMA, 2012).

Os fertilizantes inorgânicos como o amoníaco, sulfato de amônio, nitrato de amônio e carbonato de amônio e os orgânicos, como a ureia, são os responsáveis pelo incremento de nitrato, nitrito e amônio nas águas subterrâneas. Isso se deve ao fato da quantidade de fertilizantes aplicada ser superior a quantidade necessária para o desenvolvimento das plantas (MIDÕES; FERNANDES, 2001).

### 5.4 POLUIÇÃO INDUSTRIAL

A poluição industrial possui um caráter tipicamente pontual e está relacionada com a eliminação de resíduos de produção através da atmosfera, do solo, das águas superficiais e subterrâneas e de derrames durante o seu armazenamento e transporte. As principais indústrias poluentes, são as indústrias alimentares, metalúrgicas, petroquímicas, nucleares, minerais, farmacêuticas, eletroquímicas, de fabricação de inseticidas e pesticidas, entre outras (RIBEIRO, 2007).

## 6 ÁGUA E SAÚDE

A água pode veicular um elevado número de enfermidades e essa transmissão pode se dar por diferentes mecanismos. O mecanismo de transmissão de doenças mais comumente lembrado e diretamente relacionado à qualidade da água é o da ingestão, por meio do qual um indivíduo sadio ingere água que contenha componente nocivo à saúde e a presença desse componente no organismo humano provoca o aparecimento de doença (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

A contaminação da água de poços, rios, lagos, córregos e, em alguns casos, até mesmo do mar, pode ocorrer na maioria das vezes, por dejetos humanos e de animais. Estudos mostram que quantidades mínimas de fezes, como apenas 1 grama, pode conter cerca de 10 milhões de vírus, 1 milhão de bactérias ou até 1000 parasitas (PINHEIRO, 2013).

Outros meios de transmissão de doenças pode ocorrer pelo contato da água contaminada com a pele durante o banho, na preparação de alimentos, ou pelo consumo de alimentos lavados com água infectada (COPASA, 2014).

Além disso, a quantidade de água insuficiente pode resultar em deficiências na higiene; acondicionamento da água em vasilhames, para fins de reserva, podendo esses recipientes tornar-se ambientes para procriação de vetores e vulneráveis à deterioração da qualidade; e a procura por fontes alternativas de abastecimento, que constituem potenciais riscos à saúde, seja pelo contato das pessoas com tais fontes (risco para esquistossomose, por exemplo), seja pelo uso de águas de baixa qualidade microbiológica (GALDINO, 2009).

As estatísticas impressionam: há mais de um bilhão de pessoas a quem se nega o direito a água potável e 2,6 bilhões de pessoas sem acesso a um saneamento adequado. Cerca de 1,8 milhões de crianças morrem em decorrência de diarreia e outras doenças provocadas por água contaminada e por más condições de saneamento. Isto representa uma média de 5 mil mortes diárias de crianças por

causa de doenças que poderiam ser evitadas, todas relacionadas à má qualidade da água ou falta de saneamento básico (GUEDES, 2013).

## 6.1 PRINCIPAIS DOENÇAS TRANSMITIDAS PELA ÁGUA CONTAMINADA

Além das infecções transmitidas diretamente pela água, há também outras doenças relacionadas à água, como infecções causadas por mosquitos que se reproduzem em água doce parada, nomeadamente dengue e febre amarela. O consumo de água contaminada por substâncias químicas, como chumbo, arsênico e flúor, também pode levar a doenças (PINHEIRO, 2013).

Na tabela 1 podemos verificar os principais microrganismos causadores de doenças transmitidas pela água e seus respectivos sintomas.

DOENÇA	AGENTE CAUSADOR	SINTOMAS
Amebíase	<i>Entamoeba histolytica</i>	Cólicas abdominais; Evacuação de 3 a 8 fezes semiformadas por dia; Fadiga; Gases em excesso; Dor retal durante evacuação; Perda de peso involuntária.
Cólera	Vibrião Colérico ( <i>Vibrio cholerae</i> )	Diarreia abundante; Náuseas e vômitos; Hipotermia; Taquicardia; Dores abdominais; Anúria; Câimbras; Olhos turvos.
Dengue	Vírus da Dengue	Febre alta com início súbito (39 a 40°C); Forte dor de cabeça; Dor atrás dos olhos, que piora com o movimento dos mesmos; Perda do paladar e apetite; Manchas e erupções na pele semelhantes ao sarampo; Náuseas e vômitos; Tontura; Extremo cansaço; Moleza e dor no corpo; Muitas dores nos ossos e articulações.

Doenças Diarréicas Agudas	<p><b>Bactérias:</b> Staphylococcus aureus; Campylobacter jejuni; Escherichia coli; Salmonelas; Shigella dysenteriae; Yersinia enterocolítica.</p> <p><b>Vírus:</b> Astrovírus; Calicivírus; Adenovírus; Entérico; Norovírus; rotavírus grupos A, B e C.</p> <p><b>Parasitas:</b> Entamoeba histolytica; Cryptosporidium; Balatidium coli; Giardia lamblia; Isospora belli.</p>	Aumento do número de evacuações, com fezes aquosas ou de pouca consistência; Vômitos; Febres; Dores Abdominais.
Esquistossomose	<i>Schistosoma</i>	Infestação severa (muitos parasitas) pode ocasionar febre, calafrios, aumentos dos nódulos linfáticos e aumento do fígado e baço; A invasão inicial da pele pode causar coceira e erupção cutânea; Os sintomas intestinais incluem dor abdominal e diarreia; Os sintomas urinários podem incluir urinação freqüente, urinação dolorosa (disúria) e sangue na urina (hematúria).
Filariose	<i>Wuchereria bancrofti</i>	Fenômenos inflamatórios, como a inflamação dos vasos linfáticos e linfadenites; Febre; Dor de cabeça; Mal estar; Inchaço de membros, e/ou mamas no caso das mulheres, e inchaço por retenção de líquido nos testículos no caso dos homens; Doenças infecciosas da pele são frequentes e presença de gordura na urina são outras possíveis manifestações.
Febre Tifóide	<i>Salmonella typhi</i>	Febre alta (40 graus); Forte diarreia; Mal estar; Tosse seca; Dor de cabeça; Dor de barriga.

Giardiase	<i>Giardia lamblia</i>	Dor abdominal; Diarreia; Gases ou inchaço; Dor de cabeça; Perda de apetite; Febre baixa; Náusea; Inchaço ou distensão do abdome; Vômitos.
Hepatite A	Vírus da Hepatite A	Urina escura; Fadiga; Coceira; Perda de apetite; Febre baixa; Náuseas e vômitos; Fezes pálidas ou com cor de argila; Pele amarelada (icterícia)
Leptospirose	<i>Leptospira</i>	Os mais frequentes são parecidos com os de outras doenças, como a gripe e a dengue

**Tabela 1 – Principais doenças vinculadas à água (In: MINHA VIDA, 2014).**

## 7 QUALIDADE DA ÁGUA

Água de qualidade é aquela que está dentro dos padrões de potabilidade determinados por órgãos responsáveis. Para determinar as normas máximas de impurezas presentes na água é levado em consideração o uso em que ela será conduzida para não ocorrer prejuízos na entidade destinada (CASALI, 2008).

Os parâmetros utilizados para definir a qualidade da água podem ser classificados em três grandes grupos: físicos, químicos e microbiológicos.

### 7.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁGUA

#### 7.1.1 Cor

A cor é a capacidade de absorver certas radiações de forma visível. Não pode ser atribuída a nenhum constituinte em exclusivo, ainda que certas cores em águas naturais são indicativas de presença de certos contaminantes (UNITEK, 2014).

Há dois tipos de cores: cor aparente (aquele aspecto em si, ou seja, com todas as matérias em suspensão) e a verdadeira (após a remoção de todas as matérias em suspensão) (RONCON, 2013).

A cor afeta esteticamente a potabilidade das águas e pode representar um potencial colorante de certos produtos quando se utiliza como material de processo, e um potencial espumante no uso em caldeiras (UNITEK, 2014).

A medição da cor pode ser feita através do aparelho colorímetro. Este é um aparato que permite a determinação da absorbância de uma solução em uma frequência particular cores. Os colorímetros tornam possíveis as verificações de concentração

de um soluto, desde que esta seja proporcional à absorbância (INSTRUTHERM, 2014). A figura 5 ilustra o aparelho colorímetro.



**Figura 5 – Aparelho Colorímetro (In: METROLÓGICA, 2014).**

### 7.1.2 Turbidez

A turbidez é a dificuldade da água para transmitir a luz, devido aos materiais insolúveis em suspensão, coloidais ou muito finos, que se apresentam principalmente em águas superficiais (CASALI, 2008).

Quando há o mau uso dos solos, a vegetação não consegue aderir dentro desse meio causando erosões. Esse acontecimento, na margem dos rios, é um causador do aumento de turbidez na água, assim como esgotos e efluentes de indústrias. Com a dificuldade da luz em atravessar águas naturais quando essas apresentam turbidez, todo seu ecossistema fica comprometido (RONCON, 2013).

A turbidez é medida através do turbidímetro, comparando-se o espalhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra com o espalhamento de um feixe de igual intensidade ao passar por uma suspensão padrão. Quanto maior o espalhamento (por causa das partículas em suspensão) maior será a turbidez. O resultado é obtido através do cálculo ( $TURBIDEZ (UNT) = A \times F$ ), onde A= leitura da amostra e F= fator da diluição (CORREIA et al., 2008). Na figura 6 é apresentado o aparelho turbidímetro.



**Figura 6 – Aparelho Turbidímetro (In: GEHAKA, 2014).**

As águas subterrâneas normalmente não apresentam problemas devido ao excesso de turbidez. Em alguns casos, águas ricas em íons Fe, podem apresentar uma elevação de sua turbidez quando entram em contato com o oxigênio do ar (UNITEK, 2014).

## 7.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA ÁGUA

### 7.2.1 pH

O pH (potencial hidrogeniônico) da água é a medida da atividade de íons  $H^+$  e expressa a condição do meio, ácido ( $pH < 7,0$ ) ou alcalino ( $pH > 7,0$ ), os principais

fatores que determinam o pH da água são o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade, além de outros fatores de origem antropogênica ou natural (MACÊDO, 2007).

A sua quantificação é importante para águas destinadas ao consumo humano por ser um fator preponderante de reações e solubilização de várias substâncias. Valores fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água e contribuir para corrosão dos sistemas de distribuição de água, ocorrendo com isso, uma possível extração do ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio, e dificultar a despoluição das águas (CASALI, 2008).

Água com pH baixo compromete o gosto, a palatabilidade e aumenta a corrosão, enquanto que águas com pH elevado comprometem a palatabilidade, aumentam a formação de crustrações e diminuem a eficiência da desinfecção por cloração (PRADO, 2010).

O pH de uma solução pode ser medido por aparelhos chamados pHmetros, bastando introduzir os eletrodos do pHmetro na solução a ser analisada e fazer a leitura do pH conforme ilustra a figura 6.



**Figura 7 – Aparelho pHmetro de Bancada (In: CQA, 2014).**

### 7.2.2 Dureza Total

A dureza é uma característica natural das águas, quando a água entra em contato com rochas calcárias e rochas dolomíticas, sais de cálcio e magnésio, são dissolvidos dando a propriedade de dureza. Denomina água dura, aquelas com presença de íons metálicos polivalentes dissolvidos, predominantemente os cátions de cálcio e os de magnésio (JUNIOR, 2007).

Estudos indicam que a dureza da água causa sabor desagradável, efeitos laxativos e reduz a formação da espuma do sabão, pode provocar incrustações nas tubulações de caldeiras e em tubulações para abastecimento de águas domésticas. A água dura também pode causar náuseas, vômitos, letargia, fraqueza muscular intensa e hipertensão arterial em sessões de hemodiálise (SANTOS; FELICIANO, 2008).

### 7.2.3 Amônia

Amoníaco, gás amoníaco ou amônia ( $\text{NH}_3$ ), é um gás incolor, alcalino e irritante em condições normais de temperatura e pressão, bastante solúvel em água em baixos valores de pH (ácidos). Um odor pungente é detectável em concentrações acima de 30 mg/L, ocorre irritação ocular e nasal a 50 mg/L, disfunção pulmonar a 1000 mg/L e há risco de morte se uma pessoa for exposta a concentrações acima de 1500 mg de  $\text{NH}_3$ /L. Ocorre em vários efluentes domésticos e industriais e também resulta da decomposição natural da matéria orgânica (MACÊDO, 2007).

Os níveis de amônia na superfície da água doce crescem com o aumento do pH e temperatura. Em baixos pH e temperatura, a amônia se combina com a água para produzir um íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e um íon hidróxido ( $\text{OH}^-$ ). O íon amônio não é tóxico e não causa problemas para os organismos, enquanto que a forma não ionizada tem efeito tóxico. Acima de pH 9,0 a amônia não ionizada é a forma predominante no meio e pode atravessar membranas celulares mais rápido à medida que aumentam os valores de pH. A magnificação da concentração de amônia que pode penetrar no organismo potencializa o seu efeito tóxico (CETESB, 2014).

#### 7.2.4 Nitrito e nitrato

A decomposição da matéria orgânica nitrogenada leva à formação de nitrogênio amoniacal nas águas, nas formas de gás amônia ( $\text{NH}_3$ ) ou do íon amônia ( $\text{NH}_4^+$ ). Nas águas o nitrogênio amoniacal é oxidado a nitrito ( $\text{NO}^{2-}$ ) pelas bactérias Nitrossomonas e, posteriormente, a nitrato ( $\text{NO}^{3-}$ ) pelas bactérias Nitrobacter, num processo conhecido por nitrificação. Esse processo implica no consumo de  $\text{O}_2$  dissolvido do meio, e pode afetar a vida aquática (PEREIRA; MERCANTE, 2005).

Uma poluição recente está associada ao nitrogênio na forma orgânica ou de amônia, enquanto uma poluição mais remota está associada ao nitrogênio na forma de nitrato. Os nitratos são tóxicos, pode causar uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que é letal para crianças (o nitrato se reduz a nitrito na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre, tornando o sangue azul) (ÁGUA AZUL, 2014).

#### 7.2.5 Fluoreto

O flúor é o décimo terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre e, também, o mais eletronegativo dos halogênios. Possui grande capacidade de reagir com outros elementos químicos, formando compostos orgânicos e inorgânicos, é raramente encontrado em seu estado rudimentar, geralmente está na forma iônica, eletrovalente ou covalente (PRADO, 2010).

Os fluoretos estão presentes no ar, no solo e nas águas, alcançando a hidrosfera pela lixiviação dos solos e minerais nas águas subterrâneas. Erupções vulcânicas e tempestades de areia em áreas ricas em rochas vulcânicas adicionam fluoretos à atmosfera. Em sua maioria, são solúveis em água, no entanto alguns, como o fluoreto de cálcio, são fracamente solúveis (CASTRO, 2010).

O fluoreto é um elemento essencial à saúde humana devido ao seu caráter preventivo de cárie dentária. Água consumida com teor de fluoreto abaixo de 0,5 mg/L pode proporcionar elevada incidência de cárie o que torna imprescindível a sua presença em águas para consumo humano. Entretanto, o seu excesso também é

um problema de saúde pública, devido à agressividade que este elemento tem sobre estruturas ósseas, podendo causar fluorose dentária e lesões esqueléticas (CASALI, 2008).

### **7.2.6 Ferro**

O ferro está presente no solo e em minerais, principalmente como óxido férrico insolúvel. As águas subterrâneas podem apresentar apreciáveis quantidades de dióxido de carbono dissolvido (30-50 mg/L) e os carbonatos podem ser dissolvidos para formas solúveis, como o bicarbonato ferroso ou ainda na forma de sulfato (MORUZZI, 2012).

O caminho percorrido pelas águas na natureza condiciona as impurezas que elas adquirem. Às vezes, além de compostos de ferro, ocorrem também impurezas de manganês. Nas águas subterrâneas os teores elevados de ferro são encontrados, com maior frequência em poços, fontes e galerias (de infiltração agressivas – pH baixo, ricas em gás carbônico e sem oxigênio dissolvido), sob a forma de bicarbonato ferroso dissolvido (PELLEGRINI, 2012).

Os íons de ferro e manganês em águas destinadas ao abastecimento causam depósitos, incrustações e possibilitam o aparecimento de bactérias ferruginosas nocivas nas redes de abastecimento, além de serem responsáveis pelo aparecimento de gosto e odor, manchas em roupas e aparelhos sanitários e interferir em processos industriais (MORUZZI, 2010).

### **7.2.7 Cloretos**

Essencial no tratamento da água, o cloro possui a propriedade de eliminar muitas bactérias que podem causar doenças como a febre tifóide e a cólera. Pode ocasionar a criação de trihalometanos quando reage com elementos naturais de decomposição de plantas e de origem animal. Este elemento ajuda na produção de radicais livres quando ingerido causando danos celulares. Quando em quantidades excessivas, além de provocar odores e sabores na água, pode também ocasionar o

aparecimento de câncer do rim, bexiga e vias urinárias. Seu controle deve ser rígido em estações de tratamentos (RONCON, 2013).

O cloro existente na água se identifica em duas formas:  $\text{HClO}$  ou  $\text{ClO}^-$  em relação aos valores de pH. Essas duas maneiras, mais tarde, são transformadas em ácido clorídrico e há perda de cloro livre. O cloro que ainda não se transformou em ácido clorídrico é chamado de cloro residual. Em virtude dessa instabilidade na água, é recomendado que a análise seja imediatamente realizada após a coleta (JUNIOR, 2007).

## 7.3 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA

### 7.3.1 Coliformes

As bactérias são importantes dentro o grupo de micro-organismos, pois são capazes de realizar a decomposição da matéria orgânica tanto na natureza quanto no tratamento biológico. Porém, os micro-organismos denominados patogênicos, quando presentes na água para consumo humano, são causadores de doenças. Em águas residuais de origem fecal, é levado em conta a contagem de coliformes totais, fecais e *Escherichia coli* (RONCON, 2013).

O grupo dos coliformes totais pode ser definido como todas as bactérias aeróbias e anaeróbias, gram negativas, não esporuladas e na forma de bastonete, as quais fermentam a lactose com formação de gás e avalia as condições higiênicas da água. Nesse grupo incluem-se organismos que diferem nas características bioquímicas, sorológicas e no seu habitat. Classificadas em: *Escherichia*, *Aerobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e outros gêneros que quase nunca aparecem em fezes como a *Serratia*. (ALVES; ODORIZZI; GOULART, 2002).

A detecção de coliformes termotolerantes em água indica contaminação por fezes humana e animal. Grande parte da população desse grupo é formada pela *Escherichia coli* e, dessa forma, sua presença sugere a possibilidade de haver, naquele local, micro-organismos intestinais capazes de provocar doenças. A *E. coli*

habita o intestino sem causar problemas de saúde. No entanto, ao se direcionar para a circulação sanguínea ou outras regiões do corpo, é capaz de provocar infecções (WISBECK et al., 2011)

## 8 LEGISLAÇÃO

O Ministério da Saúde publicou no Diário Oficial da União do dia 14 de dezembro de 2011 a Portaria nº 2.914, de 12/12/2011. Trata-se da atual norma que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Essa portaria revoga e substitui integralmente a Portaria MS nº 518, de 25-03-2004, que estabelecia os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (CABRAL, 2011).

A revisão que ocorreu teve como objetivo, assimilar e realizar novas atualizações tanto na questão do tratamento com novos métodos técnicos como na dos termos para controle e tratamento da água (RONCON, 2013).

A tabela 2 apresenta os parâmetros de potabilidade da água da Portaria nº 2.914 de 12/12/2011.

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>VMP (Valor Máximo Permitido)</b>
Cor Aparente	uH	15,0
Turbidez	uT	5,0
pH	-	6,0 a 9,5
Dureza Total	mg/L	500,0
Amônia	mg/L (como NH <sub>3</sub> )	1,5
Nitrito	mg/L	1,0
Nitrato	mg/L	10,0
Fluoreto	mg/L	1,5

Ferro	mg/L	0,3
Cloretos	mg/L	250,0
Escherichia coli	-	Ausência em 100,0 mL

**Tabela 2 – Padrões organolépticos e microbiológicos da água bruta para o consumo humano (In: MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).**

## **9 APLICAÇÃO NO ENSINO MÉDIO: CONSTRUÇÃO DE UM FILTRO DE ÁGUA COM GARRAFAS PET**

Estudar Química não só nos permite compreender os fenômenos naturais. O seu conhecimento nos ajuda a entender o complexo mundo social em que vivemos. A aplicação de práticas que ilustrem a teoria consegue despertar o interesse da maioria dos alunos, principalmente se forem relacionadas com o cotidiano (BERNARDES, 2012).

A experimentação pode ser uma estratégia eficiente para a criação de problemas reais que permitam a contextualização e o estímulo de questionamentos de investigação do aluno (GUIMARÃES, 2009).

Os serviços municipalizados responsáveis pelo abastecimento de água fazem seu trabalho para que tenhamos uma qualidade de água aceitável para o consumo. Porém as canalizações por onde passa a água pode estar deficiente e comprometer sua qualidade final (AQUAFILTROS, 2009).

Mas mesmo depois do tratamento da água nos reservatórios públicos, é possível que diversos contaminantes sejam misturados com a água que sai das nossas torneiras, como por exemplo, o chumbo, considerado um metal pesado que pode afetar severamente as funções cerebrais, sangue, rins, sistema digestivo e reprodutor (MAGAZINELUIZA, 2014).

Assim, o método mais eficaz para prevenir a ingestão de água contaminada, é filtrá-la antes do seu uso. Os filtros, em geral, servem para barrar as impurezas contidas na água. A constituição deste aparelho é baseada em camadas, que servem como redes de diversos tamanhos, responsáveis pela captura das impurezas (UNESP, 2014).

Basicamente, o que diferencia essas camadas é a afinidade que elas apresentam em relação ao tamanho dos componentes impuros. A parte superior do filtro seleciona as sujeiras maiores, que vão deixando espaço para a passagem das

menores que vão sendo capturadas pelas camadas inferiores até chegarem ao algodão, que mostra-se como finalizador da purificação (UNESP, 2014).

## 9.1 MATERIAIS

- 1 Garrafa PET 2L;
- 1 Copo de Areia Grossa (limpa);
- 1 Copo de Areia Fina (limpa);
- Pedras pequenas e limpas;
- Carvão em pó;
- Algodão;
- Tesoura.

## 9.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Cortar a garrafa em duas partes tendo cuidado para que a parte do gargalo tenha aproximadamente 20 centímetros. Na parte do gargalo colocar um chumaço de algodão na ponta.

Logo acima do bico da garrafa, forrar uma camada de carvão, outra de areia fina e areia grossa respectivamente, e por fim, fazer uma camada com as pedras. Encaixe a parte das camadas com a outra metade vazia. Assim, a parte que ficou separada dará apoio ao filtro e servirá como um pequeno reservatório da água filtrada, conforme mostra a figura 8.

Para usar o filtro, basta pegar água barrenta e colocar no filtro. A água que ficará no seu reservatório estará filtrada. Para melhores resultados, pode-se passar mais de uma vez a água para que a sujeira toda fique retida.



**Figura 8 – Filtro de água montado com garrafa PET (In: ATITUDES SUSTENTÁVEIS, 2014).**

## **10 METODOLOGIA**

### **10.1 AMOSTRAGEM**

Através da pesquisa de campo, foi feito o levantamento da existência e quantidade de poços de captação de água no Bairro Água da Jacutinga, da cidade de Andirá – PR. Tais entrevistas coletaram informações a respeito das características dos poços, como data da perfuração, vazão e finalidade da água, como pode ser observado a seguir.

#### **10.1.1 Poço 1**

*Local:* Rancho Fernandes

*Tipo de Poço:* semi-artesiano

*Profundidade:* 12 metros por 06 polegadas

*Capacidade de produção de água:* 06 metros de água por hora

*Ano da Perfuração:* 2010

*Tipo de Bomba:* submersa

*Observações:* Hoje a água desse poço semi-artesiano é usada para o abastecimento de piscina, burrificar um espaço enorme de gramados e para consumo humano.

### **10.1.2 Poço 2**

*Local:* Rancho Dois Adélio

*Tipo de Poço:* caipira

*Profundidade:* 18 metros por 1 metro de largura

*Capacitação de produção de água:* 04 a 05 metros de água por hora

*Ano da Perfuração:* 1952

*Tipo de Bomba:* flutuante

*Observações:* No ano que foi perfurado a capacidade de produção de água era usada no abastecimento de 10 casas com famílias de 03 a 07 pessoas cada casa, junto abastecia uma cerâmica de tijolos e telhas. Já se passaram vários anos e o poço está com a mesma capacitação de água produzida, só alterou o abastecimento de 10 casas e uma cerâmica para o Rancho Dois Adélio.

### **10.1.3 Poço 3**

*Local:* Rancho Dalossi

*Tipo de Poço:* artesiano

*Profundidade:* 110 metros por 30 cm de largura

*Capacitação de produção de água:* 8.000 litros de água por hora

*Ano da Perfuração:* 1985

*Tipo de Bomba:* submersa

*Observações:* Hoje a água desse poço artesiano é usada para consumo humano, e para o abastecimento de piscina e irrigação do pomar.

#### **10.1.4 Poço 4**

*Local:* Rancho Orsine I

*Tipo de Poço:* caipira

*Profundidade:* 17 metros por 2 metros de largura

*Ano de Perfuração:* 1967

*Capacidade de produção de água:* 3 metros de água por hora

*Tipo de Bomba:* flutuante

*Observações:* Hoje a água desse poço caipira é usada para consumo humano, e pra uma granja de porcos.

#### **10.1.5 Poço 5**

*Nome:* Rancho Orsine II

*Tipo de Poço:* caipira

*Profundidade:* 18 metros por 2 metros de largura

*Ano de Perfuração:* 1960

*Capacidade de produção de água:* 3 metros de água por hora

*Tipo de Bomba:* flutuante

*Observações:* Hoje a água desse poço caipira é usada para consumo humano e lavagem de implementos agrícolas.

## 10.2 EQUIPAMENTOS

- Aparelho Colorímetro DELLAB/DELFINI e disco de cores (análise de cloro);
- Aparelho Colorímetro HACH Modelo CO-1 e disco de cores (para análise de cor);
- Aparelho Fluorímetro HACH DR/100;
- Auto Clave PHOENIX;
- Espectrofotômetro FEMTO – 6005;
- Estufa Microbiológica FANEM – Orion 515;
- Fluxo Laminar TROX TECHNIK;
- pHmetro TECNAL – MPA-210;
- Turbidímetro JUNDILAB – 2100N-HACH.

## 10.3 REAGENTES

- Ácido clorídrico p.a;
- Ácido fenoldissulfônico;
- Ágar para coliforme;
- Água destilada;
- Cloridrato hidroxilamina;
- Fenato;
- Hidróxido de sódio;
- Nitroprussiato de sódio;
- Reagente SPADNS;

- Solução de hipoclorito de sódio;
- Solução de N-(1-naftil)etilenodiamina;
- Solução de nitrato de prata
- Solução de orto-fenantrolina;
- Solução de sulfanilamida;
- Solução de tartarato de sódio;
- Solução EDTA;
- Solução indicadora de cromato de potássio;
- Solução indicadora Negro de Eriocromo T;
- Solução tampão pH: 4,0;
- Solução tampão pH: 7,0;
- Solução tampão pH: 10,0.

## 10.4 PROCEDIMENTOS

Foram coletadas amostras de água dos poços e as mesmas foram submetidas às análises físico-químicas e microbiológicas descritas abaixo.

### 10.4.1 Análises Físico-Químicas

#### 10.4.1.1 Cor

Inseriu-se o tubo de amostra no colorímetro e comparou-se com o disco de cores, usando como padrão água destilada. O resultado foi obtido diretamente pela leitura do valor de unidades Hansen (uH) indicado o disco.

#### 10.4.1.2 Turbidez

Calibrou-se o turbidímetro com os padrões 0, 0-20, 0-200, 1000 e 200-4000 NTU. Posteriormente inseriu-se a cubeta com a amostra e fez-se a leitura da mesma. O resultado foi obtido diretamente da leitura em unidades nefelométricas de turbidez (NTU).

#### 10.4.1.3 pH

Calibrou-se o pHmetro com os tampões de pH 4,0 e pH 7,0; lavou-se o eletrodo e inseriu-se o mesmo na amostra contida em um béquer. O resultado foi obtido diretamente pela leitura do pH pelo eletrodo.

#### 10.4.1.4 Dureza total

Adicionou-se 50 mL da amostra em um erlenmeyer, juntamente com 1 mL de tampão amônio/cloreto de amônio (pH= 10) e uma porção de indicador Negro de Eriocromo T. Titulou-se a amostra com solução padronizada de EDTA 0,01 N até a viragem para Azul. O teor de dureza total das amostras de água foi determinado pela fórmula descrita abaixo.

$$\text{Dureza total} = V_{\text{gasto (mL)}} \cdot 10 \cdot f_c$$

#### 10.4.1.5 Amônia

Transferiu-se 50 mL da amostra para um balão volumétrico de 100 mL, adicionou-se 3 gotas de tartarato sódio e potássio; 1 mL de NaOH 6M; 3 mL de fenato 2M; 1 mL de hipoclorito de sódio 20% e 0,5 mL de Nitroprussiato de sódio. Avolumou-se o

balão e aguardou-se 45 minutos. Decorrido o tempo efetuou-se a leitura da amostra no espectrofotômetro, no comprimento de onda de 660 nm.

O teor de amônia nas amostras foi determinado pelo uso da curva de calibração, fabricada a partir de soluções com concentrações conhecidas.

#### 10.4.1.6 Nitrato

50 mL de amostra foram transferidos para um erlenmeyer de 250 mL e levados a ebulição para redução do volume, até a produção de um pequeno filete de vapor, tomando-se o cuidado para não queimar os resíduos. Após o resfriamento, adicionou-se 1 mL de ácido fenoldissulfônico ao erlenmeyer, juntamente com 10 mL de água destilada e 5 mL de NaOH 50%. Transferiu-se a mistura para um balão volumétrico de 50 mL e avolumou-se o mesmo. Após o repouso de 10 min, foi feita leitura da absorbância no espectrofotômetro, no comprimento de onda de 410nm.

O teor de nitrato das amostras foi determinado pelo uso da curva de calibração, fabricada a partir de soluções com concentrações conhecidas.

#### 10.4.1.7 Nitrito

Em um tubo de ensaio foi colocado 50 mL de amostra e 1 mL de solução sulfanilamida. A amostra foi agitada e aguardou-se 5 min. Decorrido o tempo adicionou-se 1 mL de solução N-(1-naftil)etilenodiamina 0,005M , agitou-se e novamente e aguardou-se 10 minutos para a efetivação da leitura da absorbância no espectrofotômetro, no comprimento de onda de 423 nm.

O teor de nitrito nas amostras foi determinado pelo uso da curva de calibração, fabricada a partir de soluções com concentrações conhecidas.

#### 10.4.1.8 Fluoreto

Calibrou-se o fluorímetro conforme indicação do fabricante. Transferiu-se a amostra para a cubeta de leitura, juntamente com 1mL do reagente SPADNS, aguardou-se 1 minuto e fez-se a leitura da absorbância do fluoreto, dada diretamente em mg/L no visor do aparelho.

#### 10.4.1.9 Ferro

Adicionou-se 50 mL de amostra em um erlenmeyer, juntamente com 2 mL de cloridrato de hidroxilamina e 1 mL de ácido clorídrico concentrado. Ebuliu-se a solução até a formação de um pequeno filete. Após resfriamento, transferiu-se os resíduos para um balão volumétrico de 50 mL que foi avolumado com água. 10 mL da solução do balão foram transferidos para um tubo de ensaio, onde foi adicionado 5 mL de tampão acetato e 2 mL de orto-fenantrolina. Após 15 minutos, foi feita a leitura no espectrofotômetro, no comprimento de onda de 510nm.

O teor de ferro das amostras foi determinado pelo uso da curva de calibração fabricada a partir de soluções com concentrações conhecidas.

#### 10.4.1.10 Cloretos

50 mL da amostra foi colocado em um erlenmeyer. Esta foi titulada com Nitrato de Prata 0,1 N na presença de 2 mL de indicador cromato de potássio até a viragem.

O teor de cloretos das amostras de água foi determinado pela fórmula descrita abaixo.

$$\text{Cloretos} = V_{\text{gasto (mL)}} \cdot 20 \cdot f_c.$$

## 10.4.2 Análise Microbiológica

### 10.4.2.1 Escherichia coli

Transferiu-se 0,5 mL de amostra para uma placa contendo ágar hicoliforme rápido estéril e espalhou-se com o auxílio de alça de Drigalsky. A placa foi incubada em estufa bacteriológica regulada a 37°C, verificou-se a presença de *E.coli* pela formação de colônias azuis-esverdeadas.

O resultado é expresso como ausente caso não sejam observadas as formações de colônias características. O resultado será expresso como presente independentemente do número de colônias formadas.

## 11 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 3 apresenta os resultados obtidos das análises físico-químicas das amostras de água coletadas nos 5 poços.

Determinações	Padrão	Rancho Fernandes	Rancho 2 Adélio	Rancho Dalossi	Rancho Orsine I	Rancho Orsine II
Cor (uH)	15,0	0	10	15	10	0
Turbidez (uT)	5,0	0,703	1,25	0,309	0,410	0,296
pH	6,0 a 9,5	6,08	7,08	7,83	6,16	6,19
Dureza total (mg/L)	500,0	35,44	60,46	62,55	29,19	29,19
Amônia (mg/L)	1,5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Nitrato (mg/L)	10,0	0,08	0,41	0,23	0,05	0,14
Nitrito (mg/L)	1,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fluoreto (mg/L)	1,5	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Ferro (mg/L)	0,3	0,13	0,10	0,10	0,10	0,10
Cloretos (mg/L)	250,0	4,14	2,07	4,14	4,14	4,14

**Tabela 3 – Resultados das análises físico-químicas das amostras de água dos 5 poços.**

Os resultados observados nas análises físico-químicas das amostras de água de todos os poços pesquisados, não apresentaram qualquer alteração da qualidade quando comparados com aqueles estabelecidos pela legislação vigente.

O tempo decorrido da perfuração dos poços pode contribuir para a estabilização da água e assim, alterações provenientes do solo, como a turbidez, o teor de ferro, não são observadas.

Os teores de dureza total, ferro total e fluoretos em águas oriundas de poços subterrâneos, estão intimamente relacionados ao meio geológico onde houve a perfuração dos poços. Sendo assim, níveis abaixo daqueles estabelecidos pela legislação indicam baixo conteúdo de minerais na água.

Os parâmetros amônia, nitrato e nitrito, normalmente estão associados ao conteúdo orgânico das águas, estando presentes em níveis anormais quando da contaminação das mesmas por esgotos, animais mortos, ou da matéria orgânica em decomposição. Estando em níveis baixos nas águas, pode-se inferir que as fontes de contaminação das mesmas são inexistentes.

A tabela 4 apresenta os resultados obtidos das análises microbiológicas das amostras de água coletadas nos 5 poços.

		<b>Amostras</b>				
<b>Determinações</b>	<b>Padrão</b>	<b>Rancho Fernandes</b>	<b>Rancho 2 Adélio</b>	<b>Rancho Dalossi</b>	<b>Rancho Orsine I</b>	<b>Rancho Orsine II</b>
<b><i>E.coli</i></b>	Ausência em 100,0 mL	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

**Tabela 4 – Resultados das análises microbiológicas das amostras de água dos 5 poços.**

Os resultados observados na análise de *E.coli* das amostras de água de todos os poços pesquisados, não apresentaram qualquer alteração da qualidade quando comparados com aqueles estabelecidos pela legislação vigente.

Assim como para alguns parâmetros químicos, a presença de *E.coli* em águas está associada ao conteúdo orgânico, estando presente quando da contaminação das mesmas por esgotos, animais mortos, ou da matéria orgânica em decomposição, especificamente quando a contaminação é de origem fecal de animais de sangue quente, incluindo humanos. Estando ausente, pode-se inferir que as fontes de contaminação das mesmas são inexistentes.

## 12 CONCLUSÃO

Por meio dos resultados obtidos pelas análises físico-químicas (cor, turbidez, pH, dureza total, amônia, nitrato, nitrito, fluoreto, ferro e cloretos) e microbiológica (*E.coli*), das amostras de água dos poços dos ranchos: Rancho Fernandes, Rancho Dois Adélio, Rancho Dalossi, Rancho Orsine I e Rancho Orsine II, conclui-se que os mesmos apresentam poços com água de qualidade para o consumo humano, pois seus resultados estão dentro do parâmetro exigido pela atual Portaria nº 2.914, de 12/12/2011 do Ministério da Saúde.

## REFERÊNCIAS

ABAS. **Águas Subterrâneas, O que são?** Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Disponível em: <<http://www.abas.org/educacao.php>>. Acesso em: 29 mar. 2014.

ÁGUA AZUL. **Nitrito e Nitrato.** Disponível em: <[http://www.programaaguaazul.rn.gov.br/indicadores\\_13.php](http://www.programaaguaazul.rn.gov.br/indicadores_13.php)>. Acesso em: 16 jul. 2014.

ÁGUAS PARANÁ. **O Que é um Aquífero?** Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=63>>. Acesso em: 29 mar. 2014.

ALVES, Nilton César; ODORIZZI, Augusto Cesar; GOULART, Flávia Cristina. Análise microbiológica de águas minerais e de água potável de abastecimento, Marília, SP. **Revista Saúde Pública.** v. 36, n. 6, jul, 2002. p.749-751.

AQUAFILTROS. **A sua saúde em primeiro lugar – produtos.** Disponível em: <<http://www.aquafiltros.com.br/produtos.html>>. Acesso em: 27 set. 2014.

ARAÚJO, Márcia; SANTOS, Maria Fátima; DIAS Sara. **É Hora de Acordar! O Planeta Ontem, Hoje e Amanhã.** Disponível em: <[http://issuu.com/meninasemsois/docs/\\_\\_hora\\_de\\_acordar\\_](http://issuu.com/meninasemsois/docs/__hora_de_acordar_)>. Acesso em: 28 mar. 2014.

ATITUDES SUSTENTÁVEIS. **Filtro de Água com Garrafa PET.** Disponível em: <<http://www.atitudessustentaveis.com.br/atitudes-sustentaveis/filtro-de-agua-com-garrafa-pet/>>. Acesso em: 03 jul. 2014.

BERNARDES, Bruno José. **Síntese Do Pigmento Azul Da Prússia E Sua Utilização Para A Produção De Tinta Do Tipo Guache.** 2012. 55p. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA. FEMA (Fundação Educacional do Município de Assis. Assis, 2012.

CABRAL, Carolina Castelli. **Revogada Portaria Ms Nº 518-2004 Que Estabelecia Parâmetros Para O Controle Da Qualidade Da Água Para Consumo Humano.** 2011. Canal VG. Disponível em: <<http://www.canalvg.com.br/index.php/canalvg/descricao/geral/58/REVOGADA+PORTARIA+MS+N%C2%BA+518-2004+QUE+ESTABELECEIA+PAR%C3%82METROS+PARA+O+CONTROLE+DA+QUALIDADE+DA+%C3%81GUA+PARA+CONSUMO+HUMANO.html>>. Acesso em: 10 jul. 2014.

CAETANO, Célio Augusto Pedrosa e Francisco A. **Águas Subterrâneas.** Agência Nacional de Águas (ANA). Disponível em: <<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CDIQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww2.uefs.br%2Fgeotec%2Fgeotec%2Festudoaguassubterraneasana22-08-02.doc&ei=Lr01U9H9A8PgsATR5oLIDw&usg=AFQjCNHXOVfh0Tx4hw3pECtewC0eBhi6xg&bvm=bv.63808443,d.cWc>>. Acesso em: 28 mar. 2014.

CARVALHO, Daniel Fonseca de; SILVA, Leonardo Duarte Batista da. **Capítulo 2: Ciclo Hidrológico.** Apostila. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Ago. 2006.

CASALI, Carlos Alberto. **Qualidade Da Água Para Consumo Humano Ofertada Em Escolas E Comunidades Rurais Da Região Central Do Rio Grande Do Sul.** 2008. 173p. Dissertação. Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, 2008.

CASTRO, Tatiane Almeida. **Fluoretos Em Águas Minerais, Poços Artesianos E Cisternas Em Campo Alegre De Lourdes-Ba: Determinação De Risco Para Consumo Humano.** 2010. 48p. Trabalho de Conclusão de Curso (Odontologia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa – 2010.

CETESB. **Alterações físicas e químicas – Amônia.** Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/mortandade/causas\\_contaminantes\\_amonia.php](http://www.cetesb.sp.gov.br/mortandade/causas_contaminantes_amonia.php)>. Acesso em: 16 jul. 2014.

CIRILO, J. A. ABREU, G. H. F. G.; COSTA, M. R.; GOLDEMBERG, D.; COSTA, W. D. Soluções para o Suprimento de Água de Comunidades Rurais Difusas no Semi-Árido Brasileiro: Avaliação de Barragens Subterrâneas. **Rev. Brasileira de Recursos Hídricos.** v. 8, n. 4, 2003. p. 5-24.

COPASA. **Saneamento, Tratamento e Abastecimento de Água**. Educação Sanitária e Ambiental da Copasa. Disponível em: <[http://www.copasa.com.br/media2/PesquisaEscolar/COPASA\\_Agua.pdf](http://www.copasa.com.br/media2/PesquisaEscolar/COPASA_Agua.pdf)>. Acesso em: 11 jul; 2014.

COPASAD. Plano Nacional de Saúde e Ambiente no Desenvolvimento Sustentável. In: CONFERÊNCIA PAN-AMERICANA SOBRE SAÚDE E AMBIENTE NO DESENVOLVIMENTO HUMANO SUSTENTÁVEL, 1995, Brasília, Brasil. **Diretrizes para Implementação - Ministério da Saúde**, 1995. 104p.

CORREIA, Aislan; BARROS, Erick; SILVA, Jadiael; RAMALHO, Jamilson. Análise da Turbidez da Água em Diferentes Estados de Tratamento. In: 8º Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional, 10, 2008, Natal – RN. Brasil. **Resumos**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.

DANTAS, Tiago. **Falta de obras pode levar metrópoles a enfrentar escassez de água, prevê ANA**. O Globo. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/brasil/falta-de-obras-pode-levar-metropoles-enfrentar-escassez-de-agua-preve-ana-11963992>>. Acesso em: 24 jun. 2014.

EDUCACIONAL. **Alter do Chão, Um Mar Subterrâneo**. Disponível em: <<http://www.educacional.com.br/reportagens/alterchao/parte-02.asp>>. Acesso em: 29 mar. 2014.

GALDINO, Fábio Augusto Gomes. **Indicadores Sentinelas Para A Formulação De Um Plano De Amostragem De Vigilância Da Qualidade Da Água De Abastecimento De Campina Grande (Pb)**. 2009. 107 p. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2009.

GEHAKA. **Turbidímetro de Bancada – Lovibond**. Disponível em: <<http://www.gehaka.com.br/produto/turbidirect-lovibond/>>. Acesso em: 27 set. 2014.

GIRARDI, Ana Paula. **Avaliação Da Qualidade Bacteriológica Da Água Das Instituições De Ensino Do Município De São Miguel Do Oeste/Sc**. 2012. 42p. Monografia. MBA Gestão Ambiental. Universidade do Oeste de Santa Catarina. SC – São Miguel do Oeste. 2012.

GLOAGUEN, Thomas Vincent. **Recursos Hídricos – Águas Subterrâneas**. Disponível em: <<http://geologiaufrb.files.wordpress.com/2009/01/13-agua.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2014.

GONÇALVES, Ricardo Franci. **Desinfecção de Efluentes Sanitários**. Projeto PROSAB. 2003. 438p. Vitória, Espírito Santo.

GUEDES, Valdir Lamim. **Acesso a Água: desenvolvimento humano, saúde e educação**. Disponível em: <<http://www.globaleducationmagazine.com/acesso-agua-desenvolvimento-humano-saude-educacao/>>. Acesso em: 01 abr. 2014.

GUILHERME, Pedro. **Hidrologia**. Disponível em: <<http://www.passeidireto.com/arquivo/1082299/03phidrologiaamb-grh-220909/20>>. Acesso em: 29 mar. 2014.

GUIMARÃES, Cleidson Carneiro. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa. **Revista Química Nova na Escola**. Vol. 31, N° 3, Ago/2009. 198-202.

INSTRUTHERM. **Colorímetro**. Disponível em: <<http://instrutherm.com.br/colorimetro-colorimetros.php>>. Acesso em: 28 jul. 2014.

JUNIOR, Osvaldo KARNITZ. **Modificação química do bagaço de cana e celulose usando anidrido do EDTA. Uso destes materiais na adsorção de metais pesados em solução aquosa**. 2007. 113p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2007.

LIMA, Larisse Araújo. **Solo e Águas Subterrâneas**. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico – CDT/UnB – 26 jun. 2012.

LNEG. **Água Subterrânea: Conhecer para Proteger e Preservar (2001)**. Investigação para a Sustentabilidade. Disponível em: <[http://www.lneg.pt/CienciaParaTodos/edicoes\\_online/diversos/agua\\_subterranea/texto](http://www.lneg.pt/CienciaParaTodos/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/texto)>. Acesso em: 31 mar. 2014.

LOURENÇO, Luana. **Brasil pode enfrentar falta de água.** Disponível em: <<http://www.progresso.com.br/caderno-a/brasil-mundo/brasil-pode-enfrentar-falta-de-agua>>. Acesso em: 24 jun. 2014.

MACÊDO, Jorge Antônio Barros de. **Aquicultura – Águas & Águas.** Disponível em: <<http://www.jorgemacedo.pro.br/Cap%C3%ADtulo12%20%20AQUICULTURA%20INTINTER%20.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2014.

MAGAZINELUIZA. **Água potável a toda hora.** Disponível em: <<http://www.magazineluiza.com.br/portaldalu/agua-potavel-a-toda-hora/3113/>>. Acesso em: 27 set. 2014.

MARTINEZ, Marina. **Aquífero.** Disponível em: <<http://www.infoescola.com/hidrografia/aquifero/>>. Acesso em: 29 mar. 2014.

MEIO AMBIENTE. **Poluição da Água Subterrânea.** Disponível em: <<http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/poluicao.htm>>. Acesso em: 29 mar. 2014.

METROLÓGICA. **Colorímetro Digital – cor de água.** Disponível em: <[http://www.metrologicasc.com.br/detalhes\\_produtos\\_para\\_laboratorio.php?id=21](http://www.metrologicasc.com.br/detalhes_produtos_para_laboratorio.php?id=21)>. Acesso em: 27 set. 2014.

MIDÕES, Carla; FERNANDES, Judite. **Água Subterrânea, Conhecer para Proteger e Preservar.** Disponível em: <[http://www.cienciaviva.pt/img/upload/agua\\_subterranea\\_LNEG.pdf](http://www.cienciaviva.pt/img/upload/agua_subterranea_LNEG.pdf)>. Acesso em: 28 mar. 2014.

MINHA VIDA. **Doenças Causadas pela água.** Disponível em: <<http://www.minhavidacom.br/saude/temas>>. Acesso em: 12 jul. 2014.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Vigilância e Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano.** Brasília, 2006.

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](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>. Acesso em: 10 jul. 2014.

MORUZZI, Rodrigo Braga. Oxidação E Remoção De Ferro E Manganês Em Águas Para Fins De Abastecimento Público Ou Industrial – Uma Abordagem Geral. **Revista de Engenharia e Tecnologia**. V. 4, N. 1, Abr/2012. P. 29-43.

PEIXOTO, Diego. **Seu corpo pede água**. Disponível em: <<http://napampulha.com.br/artigo/seu-corpo-pede-agua.html>>. Acesso em: 24 jun. 2014.

PELLEGRINI, Edson Ricardo. **Transcrição de Cloretos, ferro e manganês**. Disponível em: <[http://prezi.com/\\_htqnorym9h5/cloretos-ferro-e-manganes/?html5=0](http://prezi.com/_htqnorym9h5/cloretos-ferro-e-manganes/?html5=0)>. Acesso em: 17 jul. 2013.

PEREIRA, Lilian Paula Faria; MERCANTE, Cacilda Thais Janson. A Amônia Nos Sistemas De Criação De Peixes E Seus Efeitos Sobre A Qualidade Da Água. Uma Revisão. **B. Inst. Pesca**, V. 31, N.1, São Paulo, 2005. P. 81-88.

PINHEIRO, Pedro. **Doenças Transmitidas Pela Água**. MD Saúde. Disponível em: <<http://www.mdsaude.com/2012/01/doencas-da-agua.html>>. Acesso em: 25 mar. 2014.

PINSKY, Luciana. **Quais São as Funções da Água no Corpo Humano?** Mundo Estranho – Abril. Disponível em: <<http://mundoestranho.abril.com.br/materia/quais-sao-as-funcoes-da-agua-no-corpo-humano>>. Acesso em: 26 mar. 2014.

PRADO, Eliana Leão do. **Qualidade da água utilizada por uma população de zona rural de Fortaleza de Minas – MG: um risco à saúde pública**. 2010. 196 p. Tese (Doutorado) – Saúde Ambiental. Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto (USP/SP). Ribeirão Preto, 2010.

QUEIROZ, Livia Freire; PEREIRA, Paula Cristina Veríssimo; CARDOSO, Rafael Vieira. **Avaliação Qualitativa Dos Poços Artesianos Do Setor Oeste, Goiânia – Go**. 2004. 19p. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Ambiental – Universidade Católica de Goiás. Goiânia, 2004.

REBOUÇAS, Aldo Cunha. Panorama da água doce no Brasil. In: Panorama da degradação do ar, da água doce e da terra no Brasil. São Paulo: IEA/USP; Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1997. p. 59-107.

RIBEIRO, Alex. **A Água na Natureza – Poluição**. Disponível em: <<http://alexribeiro.awardspace.com/poluicao.html>>. Acesso em: 04 abr. 2014.

RONCON, Bruna Mazzante. **Controle de qualidade da água distribuída para consumo em escolas do Município de Cândido Mota**. 2013. 72p. Trabalho de Conclusão de Curso. Química Industrial. Fundação Educacional do Município de Assis (FEMA). Assis, 2013.

SANTOS, F. G.; FELICIANO, S. Determinação Da Dureza Total Da Água De Poços Artesianos No Município De Ourinhos – Sp. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 7, 2008, Ourinhos – SP. **Resumos**. Departamento de Ciências Biológicas Faculdades Integradas de Ourinhos – FIO/FEMM.

SÃO FRANCISCO. **Poluição das Águas Subterrâneas**. Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/meio-ambiente-poluicao-da-agua/poluicao-das-aguas-subterraneas.php>>. Acesso em: 04 abr. 2014.

SOCIOAMBIENTAL. **Água o risco da escassez – Água doce e limpa: de “dádiva” a raridade**. Disponível em: <<http://www.socioambiental.org/esp/agua/pgn/>>. Acesso em: 24 jun. 2014.

SZCZEPANIAK, Roberta Foerstnow; ALMEIDA, Manoela Terra; MATTOS, Maria Laura Turino; GALARZ, Liane Aldrighi; SANTOS, Ieda Maria Baade. **Qualidade De Água De Poço Artesiano Para Consumo Humano**. XVIII CIC – XI ENPOS (I Mostra Científica). Disponível em: <[http://www2.ufpel.edu.br/cic/2009/cd/pdf/CA/CA\\_01004.pdf](http://www2.ufpel.edu.br/cic/2009/cd/pdf/CA/CA_01004.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2014.

UNESP. **Princípio de Funcionamento de um Filtro Doméstico**. Disponível em: <[http://www.ibb.unesp.br/Home/Graduacao/ProgramadeEducacaoTutorial-PET/ProjetosFinalizados/PRINCIPIO\\_DE\\_FUNCIONAMENTO\\_DE\\_UM\\_FILTRO\\_DOMESTICO.pdf](http://www.ibb.unesp.br/Home/Graduacao/ProgramadeEducacaoTutorial-PET/ProjetosFinalizados/PRINCIPIO_DE_FUNCIONAMENTO_DE_UM_FILTRO_DOMESTICO.pdf)>. Acesso em: 27 set. 2014.

UNITEK. **Ultravioleta > Parâmetros físico-químicos da água**. Disponível em: <[http://www.unitekdo brasil.com.br/produtos-radiacao.php?id\\_lib\\_tecnica=6](http://www.unitekdo brasil.com.br/produtos-radiacao.php?id_lib_tecnica=6)>. Acesso em: 15 jul. 2014.

WISBECK, Elisabeth; SANDRI, Edgar K; SOARES, Andrea L M; MEDEIROS, Sandra H W. Desinfecção de água de chuva por radiação ultravioleta. **Eng Sanit Ambient**. v.16, n.4. out-dez, 2011. P.337-342