

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Paulo Roberto Cardoso**

**A PRESENÇA DE AGROTÓXICOS, FÁRMACOS E METAIS  
PESADOS NOS EFLUENTES TRATADOS**

**Taubaté**  
**2019**

**Paulo Roberto Cardoso**

**A PRESENÇA DE AGROTÓXICOS, FÁRMACOS E METAIS  
PESADOS NOS EFLUENTES TRATADOS**

Trabalho de Graduação apresentado para  
obtenção do Certificado de Título de  
Bacharel pelo Curso de Engenharia Civil do  
Departamento de Engenharia Civil da  
Universidade de Taubaté,  
Área de Concepção: Saneamento Básico  
Orientador: Prof. Dr. Paulo Fortes Neto

**Taubaté  
2019**

**Sistema Integrado de Bibliotecas SIBi/UNITAU**  
**Biblioteca Setorial de Gestão e Negócios/Civil**

C268p Cardoso, Paulo Roberto  
A presença de agrotóxicos, fármacos e metais pesados nos efluentes tratados / Paulo Roberto Cardoso. - 2019.  
58f.:il.

Monografia (graduação) - Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Civil, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Paulo Fortes Neto, Departamento de Ciências Agrárias.

1. Poluentes emergentes. 2. Qualidade das águas. 3. Efluentes tratados. I. Título.

CDD 628.35

**Paulo Roberto Cardoso**

**A presença de agrotóxicos, fármacos e metais pesados nos efluentes tratados**

Trabalho de Graduação apresentado para  
obtenção do Certificado de Título de  
Bacharel pelo Curso de Engenharia Civil do  
Departamento de Engenharia Civil da  
Universidade de Taubaté,  
Área de Concepção: Saneamento Básico

Data: 13 de novembro de 2019

Resultado: Aprovado

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Paulo Fortes Neto

Universidade de Taubaté

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Ademir Fernando Morelli

Universidade de Taubaté

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Me. Jairo Cabral Júnior

Universidade de Taubaté

Assinatura: \_\_\_\_\_

Dedico este trabalho aos meus pais, Paulo Sérgio Cardoso e Isabel Cristina da Silva Cardoso, *in memoriam*.

## AGRADECIMENTO

Agradeço à minha mãe, *in memoriam*, minha maior incentivadora e inspiração, e que plantou em mim o prazer pelo conhecimento.

Ao meu pai por todo o companheirismo, força e suporte durante todos os momentos do curso.

A todos os professores de minha jornada acadêmica por todo conhecimento compartilhado, em especial, aos professores da graduação e ao meu orientador, professor Dr. Paulo Fortes Neto.

Aos meus irmãos de banda, Fabiana, Joel, Iury, Bruno e Lucas, pela compreensão, paciência e apoio.

Aos amigos Fernando, Anderson, Ingrid, Bruna, Larissa e Mikaela que, por grande parte da graduação, dividiram comigo momentos de aflição e preocupação nos grupos de estudo, mas que também compartilharam muitas risadas e momentos de alegria e descontração, tanto na faculdade quanto fora dela. Sucesso!

Aos amigos Hemerson Máximo de Oliveira e Jurandir Machado Filho.

Aos demais colegas de curso.

Aos meus familiares pelo incentivo, apoio e compreensão nos meus momentos de ausência.

*Na vida, não existe nada a se temer, apenas a ser  
compreendido.  
Marie Curie*

## RESUMO

A água é o bem mais precioso da Terra e fonte de toda vida. Todo ser humano tem direito ao acesso à água potável e de qualidade assegurado pela ONU. Com o desenvolvimento populacional, aliado à atividade industrial dos grandes centros, diversas substâncias são descartadas de maneira inadequada na natureza que acabam comprometendo a qualidade da água. Os chamados poluentes emergentes incluem agrotóxicos, fármacos, hormônios, metais pesados, dentre outros. Diversos estudos vêm sendo realizados ao longo dos últimos anos em diferentes localidades a fim de identificar a presença dessas substâncias nos corpos d'água e as possíveis consequências na sociedade e no meio ambiente. Foi proposta a análise e discussão de artigos e trabalhos acadêmicos sobre o tema. Nos estudos abordados, foi identificada a presença de diferentes hormônios; a presença de metais pesados; a contaminação de efluentes por defensores agrícolas; resíduos de compostos fármacos, devido ao descarte indevido de medicamentos. Em todos os trabalhos analisados foi identificada a necessidade de uma fiscalização mais efetiva, além do desenvolvimento de leis mais rígidas e de um programa de conscientização da população quanto ao uso e descarte indevido de substâncias nocivas à saúde. Os poluentes emergentes podem causar grandes danos à saúde e ao meio ambiente como o desenvolvimento de doenças cardiovasculares e respiratórias, câncer, alterações endócrinas, esterilidade, contaminação do solo, má formação de animais, etc. Sugere-se a conscientização da população e implementação de normas e leis mais rigorosas para descarte de medicamentos; a fiscalização e cumprimento da legislação já existente; redução do uso de agrotóxicos na agricultura, buscando novos métodos menos nocivos; investir, desenvolver e implementar novas tecnologias para combater e eliminar os poluentes emergentes.

Palavras-chave: Poluentes emergentes; qualidade das águas; efluentes tratados.



## **ABSTRACT**

Water is the most precious asset on earth and the source of all life. Everyone has the right to access to safe drinking water and quality assured by the UN. With population development, coupled with the industrial activity of large centers, various substances are improperly disposed of in nature that end up compromising water quality. The so-called emerging pollutants include pesticides, drugs, hormones, heavy metals, among others. Several studies have been carried out over the last years in different locations in order to identify the presence of these substances in water bodies and the possible consequences on society and the environment. It was proposed the analysis and discussion of articles and academic papers on the subject. In the studies approached, the presence of different hormones was identified; the presence of heavy metals; effluent contamination by agricultural defenders; residues of pharmaceutical compounds due to improper disposal of medicines. In all the studies analyzed, the need for more effective supervision was identified, as well as the development of stricter laws and a program of awareness of the population regarding the improper use and disposal of substances harmful to health. Emerging pollutants can cause major damage to health and the environment such as the development of cardiovascular and respiratory diseases, cancer, endocrine disorders, sterility, soil contamination, animal malformation, etc. It is suggested to raise public awareness and implement stricter norms and laws for drug disposal; oversight and compliance with existing legislation; reduction of the use of pesticides in agriculture, seeking new less harmful methods; invest, develop and implement new technologies to combat and eliminate emerging pollutants.

Keywords: Emerging pollutants; water quality; treated effluents.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclos do Saneamento.....	17
Figura 2 - Aqueduto Romano. "Pont du Gard, Roman Empire".....	18
Figura 3 - Etapas do processo de tratamento de água.....	22
Figura 4 - Etapas do processo de tratamento de esgoto.....	24
Figura 5 - Distribuição da água na Terra.....	26
Figura 6 - Distribuição de água doce no mundo.....	26
Figura 7 - Formas dos fármacos.....	30
Figura 8 - Amostras de alimentos com resíduos de agrotóxicos.....	34
Figura 9 - Exemplos de metais pesados.....	37
Figura 10 - Funcionamento dos hormônios.....	38
Figura 11 - Índice de cafeína presente na água de 20 capitais do Brasil.....	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades físico-químicas dos compostos peneirados nas águas superficiais .....	28
Tabela 2 - Classificação dos fármacos .....	31
Tabela 3 - Classificação dos agrotóxicos quanto à natureza da praga.....	35
Tabela 4 - Classificação dos agrotóxicos quanto à toxicidade .....	36

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**µg/L** – Micrograma por litro

**ABCON** – Associação Brasileira das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto

**Al** – Alumínio

**Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>** – Sulfato de Alumínio

**AMPA** – Ácido Aminometilfosfônico

**ANA** – Agência Nacional de Águas

**ANVISA** – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

**Bi** – Bismuto

**Cd** – Cádmiio

**CETESB** – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

**Cu** – Cobre

**DBO 5,20** – Demanda Biológica de Oxigênio

**DDT** – Dicloro-Difenil-Tricoloroetano

**EE** – Etinilestradiol

**ETA** – Estação de Tratamento de Água

**ETAR** – Estação de Tratamento de Águas Residuais

**ETE** – Estação de Tratamento de Esgoto

**FUNASA** – Fundação Nacional de Saúde

**H<sub>2</sub>O** - Água

**Hg** – Mercúrio

**IDH** – Índice de Desenvolvimento Humano

**INCTAA** – Instituto Nacional de Ciências e Tecnologias Analíticas Avançadas

**IQ** – Instituto de Química

**IQA** – Índice de Qualidade da Água

**MS** – Ministério da Saúde

**N** – Nitrogênio

**ng/l** – Nanograma por litro

**Ni** – Níquel

**O** – Oxigênio

**OMS** – Organização Mundial de Saúde

**ONU** – Organização das Nações Unidas

**P** – Fósforo

**Pb** – Chumbo

**pH** – Potencial Hidrogeniônico

**SESP** – Serviço Especial de Saúde Pública

**SNIS** – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

**SNS** – Secretaria Nacional de Saneamento

**SNSA** – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental

**U** – Urânio

**UNICAMP** – Universidade de Campinas

**VMP** – Valor Máximo Permitido

## ÍNDICE

1. Introdução .....	15
2. Objetivo.....	16
3. Revisão de literatura .....	17
3.1. Saneamento Básico .....	17
3.1.1. Definição .....	17
3.1.2. Resumo Histórico .....	18
3.1.3. Saneamento Básico no Brasil.....	19
3.1.3.1. Índices e indicadores.....	21
3.1.4. Estação de Tratamento de Água (ETA) .....	21
3.1.5. Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) ou Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR).....	23
3.2. A importância da água .....	25
3.2.1. Índice de Qualidade das Águas (IQA) .....	26
3.3. Poluentes emergentes em corpos d'água.....	27
3.3.1. Fármacos.....	30
3.3.1.1. Classificação .....	31
3.3.2. Agrotóxicos .....	34
3.3.2.1. Classificação .....	35
3.3.3. Metais Pesados .....	36
3.3.4. Hormônios .....	37
3.4. Estudos de caso .....	39
3.4.1. “Estudo acha hormônio sexual em água na região de Campinas”, por Simionato (2006).....	39
3.4.2. “Poluição do ambiente aquático por hormônios naturais e sintéticos: um estudo em Poços de Caldas/MG”, por Andrade (2013).....	39
3.4.3. “Água de 20 capitais tem ‘contaminantes emergentes’”, por Orsi (2013) .....	41
3.4.4. Parecer técnico sobre a presença de contaminantes na água de abastecimento público do município de Santo André/SP, por Hess (2015).....	42

4. Resultados .....	44
5. Conclusão .....	46
5.1. Sugestão para estudos futuros .....	46
6. Referências .....	48
<b>ANEXO A – DECLARAÇÃO UNIVERSAL DO DIREITO DA ÁGUA .....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXO B – TABELA PERIÓDICA .....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXO C – “Anexo VII da Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde – ‘Tabela de padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde’” .....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXO D – “Anexo X da Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde – ‘Tabela de padrão organoléptico de potabilidade’” .....</b>	<b>58</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

O presente estudo pretende mediante pesquisa bibliográfica verificar a presença de agrotóxicos, fármacos e metais pesados em efluentes tratados e suas influências em relação ao meio ambiente e a sociedade.



## **2. OBJETIVO**

Analisar e discutir sobre estudos e pesquisas que constataam a presença dos principais poluentes emergentes nos efluentes tratados e o seu impacto no meio ambiente e na sociedade.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Saneamento Básico

##### 3.1.1. Definição

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) o saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre seu bem-estar físico, mental e social.

O saneamento é reconhecido desde 2015 pela ONU – Organização das Nações Unidas – como um direito humano, sendo distinto do direito ao acesso à água potável, apenas, uma vez que a sua ausência tende a prejudicar a busca e o desfrute de outros direitos humanos, como o direito à saúde, à vida e à educação.

Saneamento é o conjunto de medidas que visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde, melhorar a qualidade de vida da população e à produtividade do indivíduo e facilitar a atividade econômica (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2007).

A figura 1 ilustra o ciclo do saneamento nas suas diversas fases.

Figura 1 - Ciclos do Saneamento.



Fonte: Instituto Trata Brasil

Em suma, o saneamento é definido como um conjunto de ações de extrema importância socioeconômica, sendo fator substancial para o IDH de um país, uma vez que o mesmo está diretamente ligado à infraestrutura física e tem por objetivo melhorar as condições de saúde e vida da população, abrangendo: a) os processos para abastecimento de água, atuando desde sua captação e adução, passando pelos processos de tratamento, armazenagem, até a distribuição, assegurando, assim, a redução e controle de doenças causadas por vermes e demais agentes patológicos; b) serviços de esgotamento sanitário, sendo responsável pela coleta,

tratamento e disposição final dos esgotos sanitários, sejam estes rejeitos provenientes das atividades doméstica, comercial e de serviços, industrial e pública; c) disposição de resíduos sólidos, oferecendo coleta regular, transporte, reciclagem e disposição final, a fim de diminuir a incidência de casos de pestes e demais doenças epidêmicas; d) serviços de drenagem urbana, atuando na coleta de águas pluviais, manutenção de cursos d'água de pequeno e médio porte e contenção de encostas, contribuindo para a eliminação, redução ou modificação dos criadouros de vetores transmissores de doenças. (BRASIL, 2007)

### 3.1.2. Resumo Histórico

“Sanear” é uma palavra que vem do latim e significa “tornar saudável”, “higienizar” e “limpar”.

Segundo Barros (2014), desde a Antiguidade, o homem entende que a água suja e o acúmulo de lixo disseminam doenças. Assim, surge a ideia de saneamento básico, a qual se admite a necessidade de buscar técnicas para obter água limpa e medidas seguras para a disposição de resíduos. As primeiras galerias de esgoto da história foram construídas na Babilônia. Outros exemplos de ações de saneamento desta época são as fontes públicas da Roma antiga, tida como a primeira civilização a se preocupar, de fato, com questões sanitárias, visto que os romanos foram responsáveis por criar grandes aquedutos, conforme exemplo da figura 2, que separavam a água para consumo e a conduzia para reservatórios e chafarizes para abastecimento da população, além da criação de banheiros públicos, e da nomeação de um responsável efetivo como Superintendente de Águas de Roma.

Figura 2 - Aqueduto Romano. "Pont du Gard, Roman Empire".



Fonte: Wikipedia

Outro fato da Antiguidade que demonstrava sinais de preocupação e cuidado com a saúde é o costume da população da Grécia antiga de enterrar suas fezes ou as deslocarem para lugares distantes de suas residências. Além disso, o tratado de Hipócrates “Ares, Águas e Lugares” instruía aos médicos a ligação entre o ambiente e a saúde (SOUSA, 2009).

Já na Idade Média, com a queda do Império Romano, o abastecimento sofreu um retrocesso nos aspectos sanitários, quando o consumo per capita de certas cidades europeias chegou a 1 litro por habitante por dia, uma vez que o conhecimento adquirido ficou arquivado em mosteiros religiosos, ignorando todo e qualquer conhecimento sobre saneamento, hidráulica e suas respectivas gestões, causando, conseqüentemente, sucessivas epidemias (BARROS, 2014).

Durante a Idade Moderna, com a reestruturação da Europa, pouco se pode destacar em inovações sanitárias, tendo maior relevância a retomada de técnicas e ações desenvolvidas durante a Antiguidade e esquecidas durante a Idade Média.

Somente no século passado, com as descobertas de diversos cientistas que relacionavam a água e a transmissão de muitas doenças por agentes físicos, químicos e biológicos, foi que se começou a dispensar maior atenção à proteção da qualidade de água, desde sua captação até sua entrega ao consumidor. Entretanto, mesmo com os diversos meios de comunicação existentes, observa-se a falta de conhecimentos, principalmente em áreas rurais, onde a população é recorrente o uso de recursos para construir suas casas sem incluir as facilidades sanitárias indispensáveis, como poço protegido, fossa séptica, etc. Assim sendo, o processo saúde versus doença não deve ser entendido como uma questão puramente individual e sim como um problema coletivo. (GUIMARÃES; CARVALHO e SILVA, 2007).

### **3.1.3. Saneamento Básico no Brasil**

O primeiro registro de saneamento no Brasil data de 1561, quando o primeiro poço foi escavado para abastecer o Rio de Janeiro, a mando do fundador Estácio de Sá. Ainda na capital, o primeiro chafariz foi construído em 1744. No período colonial as ações de saneamento se resumiam à drenagem de terrenos e instalação de chafarizes para abastecimento público e o recolhimento de dejetos e lixos eram feitas de forma individual, não havendo um sistema público para tais finalidades. (SOUSA, 2009).

Durante a história do saneamento no Brasil existiram fatores que dificultaram o progresso e desenvolvimento ao longo dos anos e que refletem ainda hoje na sociedade. Dentre esses fatores podem ser destacados a falta de planejamento adequado, o volume insuficiente de investimentos, a deficiência na gestão das companhias de saneamento, a baixa qualidade técnica dos projetos e a dificuldade para obter financiamentos e licenças para as obras.

Conforme Barros (2014), as questões sanitárias passaram a receber maior atenção a partir dos anos 1940, quando surgem as autarquias e os mecanismos de financiamento para o abastecimento de água, dando início a comercialização dos serviços de saneamento, sob influência do Serviço Especial de Saúde Pública (SESP), hoje denominada Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), devido ao fracasso e péssima qualidade do serviço prestado por empresas estrangeiras que atuaram no país a partir do final do século XIX.

Atualmente, no Brasil o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição e definido pela Lei nº. 11.445/2007 como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2007).

Embora o conceito de Saneamento Ambiental seja utilizado no Brasil atualmente para descrever todos os serviços citados anteriormente, é comum utilizar o termo “saneamento” para os serviços de acesso à água potável e à coleta e ao tratamento de esgoto.

A Lei Federal nº 11.445/17 fixa os direitos e obrigações da União, definindo diretrizes nacionais para a prestação de serviços de água e esgoto e estabelecendo regulação, inspecionando e planejando políticas para o setor no país. Essa lei determinou ainda a criação de entidade reguladora específica em cada instância governamental, afim de estabelecer objetivos para o planejamento municipal de saneamento, criando, assim, mecanismos legais e políticos de pressão para atingir metas. Desde sua implementação, a participação de empresas privada no setor de saneamento é crescente, sendo pouco mais de 10% em 2014, com expectativa de que chegasse a 30% em 2017, segundo a ABCON (Associação Brasileira das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto), quando o marco regulatório completou 10 anos (BARROS, 2014).

Segundo dados de 2017 do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, a média nacional de atendimento total com rede de coleta de

esgotos nos municípios é igual a 52,4%, sendo que o índice médio de tratamento dos esgotos coletados, que representa a parcela do volume de esgotos tratado em relação ao volume de esgotos coletado, é igual a 73,7%. Ainda, conforme dados do SNIS de 2017, o índice médio de atendimento total com rede de abastecimento de água é de 83,5% no país (SNS, 2019).

Os índices apresentados pela Secretaria Nacional de Saneamento em 2019, referentes ao levantamento de 2017 mostram evolução da infraestrutura no Brasil, se comparados aos índices de 2010, quando cerca de apenas 50% dos municípios possuíam rede de coleta de esgoto, e desses, apenas 38% possuía tratamento. (SNSA, 2011).

Entretanto, mesmo com o desenvolvimento do saneamento básico, os dados atuais ainda apresentam uma porcentagem aquém da desejada, podendo ser ainda mais preocupante pelo fato de que muitos compostos não são degradados durante o tratamento de esgoto convencional, retornando ao meio ambiente posteriormente (PADOVAN, 2015).

#### **3.1.3.1. Índices e indicadores**

Atualmente, no Brasil os dados e informações referentes aos serviços de água, esgotos, resíduos sólidos urbanos e águas pluviais urbanas são fornecidos ao Governo Federal pelas empresas prestadoras de serviço ou entidades que possuem concessão ou delegação dos serviços de água e esgotos. Criado em 1996, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS é um sistema de informações do setor de saneamento vinculado à Secretaria Nacional de Saneamento (SNS) do Ministério do Desenvolvimento Regional, responsável por coletar e tornar público os dados fornecidos pelas empresas prestadoras de serviço de saneamento. O SNIS publica anualmente os Diagnósticos da situação da prestação de serviços de saneamento básico, sendo desde 1996 para Água e Esgotos, desde 2002 para Resíduos Sólidos Urbanos e desde 2015 para Águas Pluviais Urbanas (BRASIL, 2015).

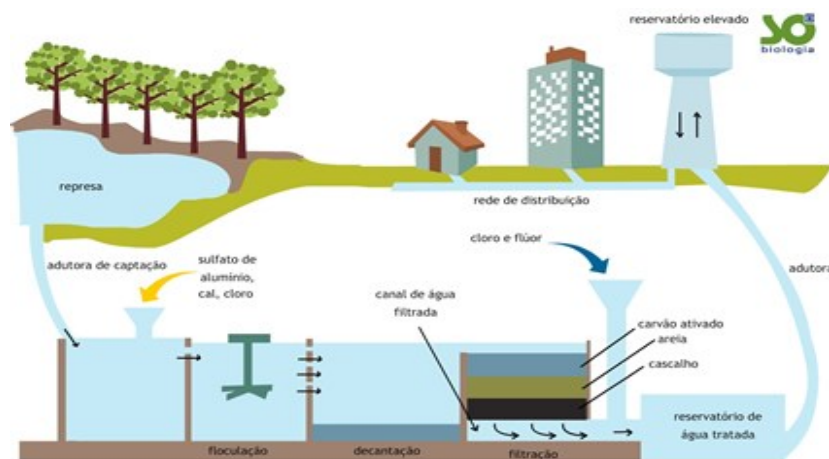
#### **3.1.4. Estação de Tratamento de Água (ETA)**

O Instituto Trata Brasil (2019) define Estação de Tratamento de Água (ETA) como o local em que se realiza o processo de tratamento e purificação da água bruta captada de alguma fonte para torná-la própria para o consumo e poder abastecer uma determinada população. De modo geral, a captação da água bruta é

feita em rios ou represas que possam atender a demanda de água da população e das indústrias abastecidas. Pode, ainda, haver a captação das águas superficiais através da perfuração de poços.

A figura 3 exemplifica de maneira simplificada as etapas do processo de tratamento de água.

Figura 3 - Etapas do processo de tratamento de água



Fonte: Só Biologia

No primeiro estágio, a água bruta é captada do rio ou da represa e passa por um processo de gradeamento que consiste num sistema de grades que impede a entrada de elementos grosseiros da água na ETA. Em seguida, a água é bombeada por canos grossos, chamados adutoras, e enviada para estações de tratamento de água.

Na terceira etapa do processo de tratamento ocorre a chamada “coagulação”. Neste processo são acrescentados à água alguns coagulantes químicos para a sedimentação de pequenas partículas que não sedimentam ou sedimentam lentamente sob a ação da gravidade. No Brasil, o coagulante mais utilizado é o sulfato de alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ ), que favorece a união de partículas e impurezas da água, contribuindo, assim com a remoção na decantação, sendo estes coagulantes insolúveis na água e geram íons positivos (cátions) que atraem as impurezas carregadas negativamente nas águas.

Na etapa seguinte, para que as impurezas formem flocos maiores e mais pesados, a água é agitada fortemente por cerca de 30 segundos por um agitador mecânico para que possa aumentar a dispersão do coagulante adicionado à água na fase anterior. Depois o sistema agita a água mais lentamente, permitindo o contato entre as partículas. Essa etapa do processo recebe o nome de “floculação”.

Em seguida, ocorre o processo de decantação, onde, por meio da gravidade, os sólidos são separados da solução líquida. Os sólidos sedimentados no fundo do decantador são removidos como lodo e o efluente livre dos sólidos decanta pelo vertedouro e segue para a próxima etapa.

No processo de filtração, a água decantada passa por algumas unidades filtrantes formadas por camadas de carvão ativado, areia grossa, areia fina, cascalho e pedregulho, capazes de reter os flocos residuais do processo anterior.

Na última fase de tratamento dentro da ETA, antes de ser transportada para um reservatório, a água recebe a adição de cloro líquido e flúor e passa pelo controle de pH, afim de garantir que a água fornecida chegue até o consumidor isenta de bactérias e vírus.

Após todas essas etapas que envolvem a captação e o tratamento da água, o produto final é armazenado em reservatórios, que garantem a regularidade do abastecimento da rede de distribuição daquela região. (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2019; PORTAL SÓ BIOLOGIA, 2008; SABESP, 2018)

### **3.1.5. Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) ou Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR)**

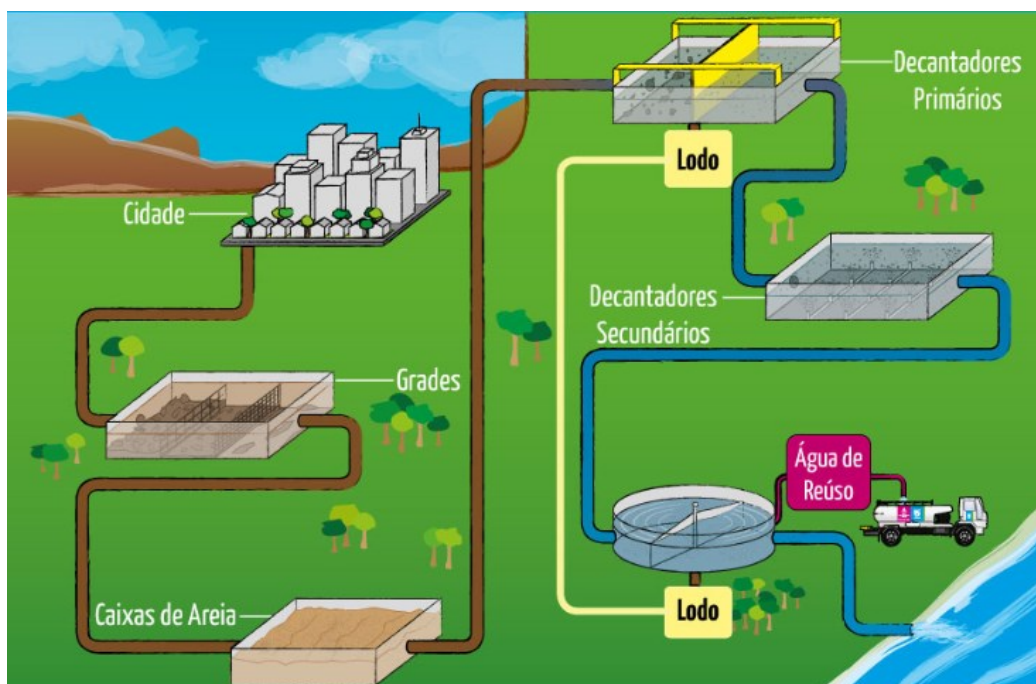
As Estações de Tratamento de Esgoto (ETA) ou Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) “[...] são unidades operacionais do sistema de saneamento que especificamente recebem as cargas poluentes do esgoto e devolvem o efluente tratado a corpos d`água como rios, [...]”. (TERA AMBIENTAL, 2018)

A ETA ou ETAR tem como objetivo reduzir os eventuais impactos ambientais que a água não tratada pode causar, caso seja descartada sem o devido tratamento.

A figura 4 ilustra as etapas do processo de tratamento de esgoto.



Figura 4 - Etapas do processo de tratamento de esgoto



Fonte: Inside, 2018

No processo de tratamento do esgoto líquido, os efluentes líquidos brutos são captados das residências e indústrias através das redes coletoras e são encaminhadas para as estações de tratamento.

Em um primeiro momento, assim como na ETA, o efluente recebido passa pelo processo de gradeamento para a remoção de sujeiras. Em seguida, é encaminhado para as caixas de areia, onde passa pelo processo de desarenação, no qual são removidas as areias contidas no material recebido.

No processo seguinte, o efluente é enviado ao decantador primário, onde o material sólido presente no esgoto é sedimentado e removido em forma de lodo.

A seguir, o esgoto é enviado para o tanque de aeração. No tanque de aeração é fornecido ar para que os microrganismos se multipliquem e se alimentem da matéria orgânica, transformando-a em gás carbônico.

Logo após o processo de aeração, o esgoto segue para mais uma etapa de sedimentação em decantadores secundários para remoção de sedimentos sólidos residuais. Ao final desta etapa, a parte líquida já deve estar livre de cerca de 90% das impurezas.

Após, o efluente tratado está pronto para ser lançado ao rio ou ser reaproveitada em limpeza de vias e praças públicas, não podendo ser bebida. (SABESP, 2018; TERA AMBIENTAL, 2018; INSIDE VIP, 2018)

### 3.2.A importância da água

A água (H<sub>2</sub>O) é uma das substâncias mais abundantes da natureza, disponível em diversas formas físicas, sendo a origem e a fonte mantenedora de todos os seres vivos que habitam o nosso planeta. A água de boa qualidade é indispensável para a saúde e desenvolvimento do ser humano. Especialistas estimam que o consumo mínimo de água per capita, por ano, seja de, aproximadamente, 1.000 m<sup>3</sup>. Estima-se ainda que cerca de 30 países já se encontram abaixo desse valor, sendo a maioria do continente africano, e esse valor tende a aumentar devido ao rápido crescimento da população (ANDRADE, 2013).

Conforme a Declaração Universal dos Direitos da Água (ANEXO A), “O direito à água é um dos direitos fundamentais do ser humano – o direito à vida, tal qual é estipulado no artigo 3º da Declaração Universal dos Direitos do Homem”

Embora seja indispensável ao organismo humano, a água pode conter determinadas substâncias, elementos químicos e microrganismos que devem ser eliminados ou reduzidos a concentrações que não sejam prejudiciais à saúde do ser humano (DI BERNARDO; DI BERNARDO; CENTURIONE FILHO, 2002).

Devido à deterioração dos mananciais, a quantidade e qualidade da água para o abastecimento público tem-se tornado uma grande preocupação para a humanidade, agravando a escassez de recursos hídricos em vários pontos do nosso planeta, uma vez que, embora 71% da superfície do planeta Terra seja constituída por água, aproximadamente 97% dessa água é imprópria para o consumo e, dos 3% restantes, conforme gráfico ilustrado na figura 5, que traz a distribuição de água na Terra, grande parte encontra-se retida no solo, no subsolo e em massas de gelo. Apenas 0,0082% da água doce e potável são de fácil acesso, como em rios, lagos e pântanos, conforme figura 6, que ilustra a distribuição de água doce no mundo. (BRANCO apud BRANDT et al., 2015; ANDRADE, 2013).

Figura 5 - Distribuição da água na Terra

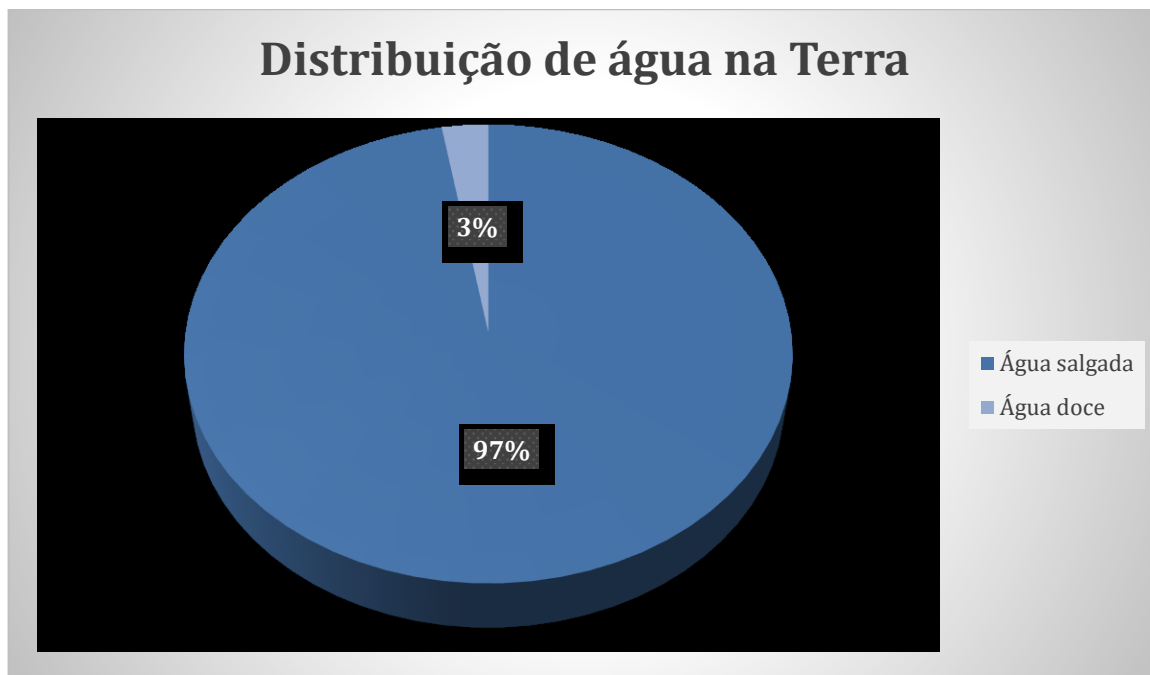
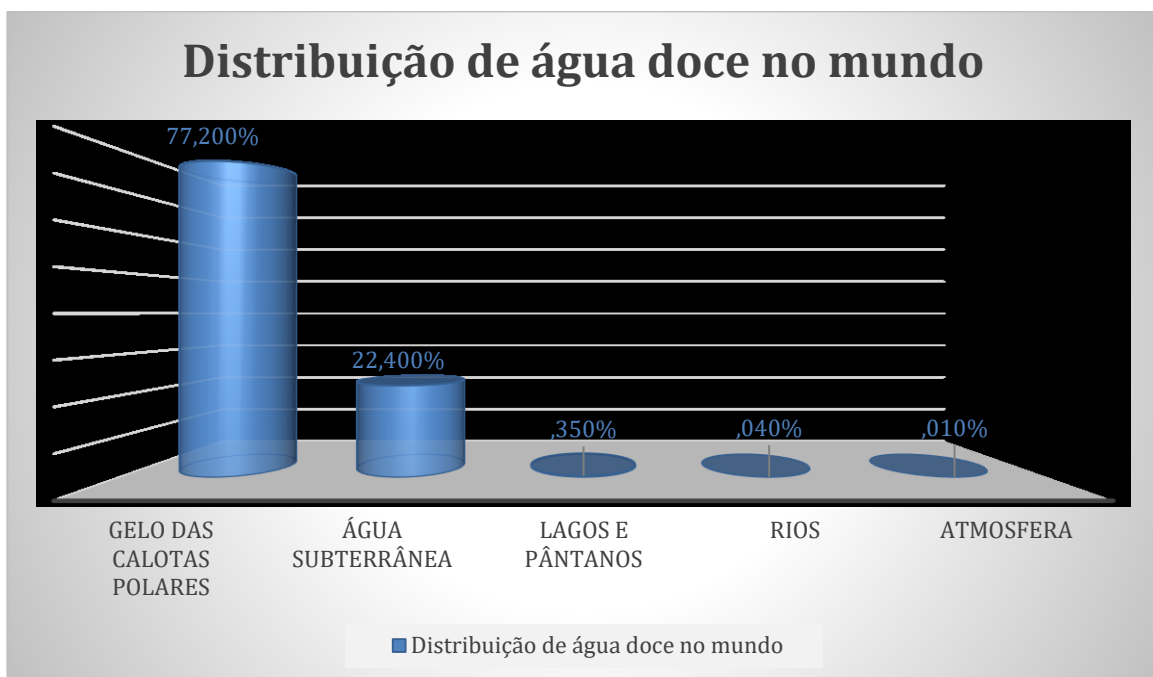


Figura 6 - Distribuição de água doce no mundo



Fonte: [www.rededasaguas.org.br](http://www.rededasaguas.org.br)

### 3.2.1. Índice de Qualidade das Águas (IQA)

O Índice de Qualidade das Águas foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela National Sanitation Foundation, o qual utiliza indicadores de contaminação

causada pelo lançamento de esgotos doméstico para cálculo de avaliação da qualidade da água bruta, visando seu uso para abastecimento público, após tratamento. O primeiro estado brasileiro a utilizar o IQA foi São Paulo, em 1975, pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo); é adotado nas décadas seguintes pelos outros Estados brasileiros, sendo considerado hoje o principal índice de qualidade da água utilizado no país (ANA, 2004).

*“O Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos.” (ANA, 2015).*

O IQA é composto por nove parâmetros, e mede os níveis de:

- Oxigênio (O) dissolvido;
- Coliformes termotolerantes;
- Potencial hidrogeniônico – pH;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO 5,20;
- Temperatura da água;
- Nitrogênio (N) total;
- Fósforo (P) total;
- Turbidez;
- Resíduo total.

Entretanto, a avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA é limitada, uma vez que este índice não analisa vários parâmetros importantes para a determinação da qualidade da água para abastecimento público, como, por exemplo, a concentração de substâncias tóxicas como metais pesados, pesticidas e compostos orgânicos e inorgânicos, além de protozoários patogênicos e demais substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água.

### **3.3. Poluentes emergentes em corpos d'água**

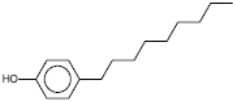
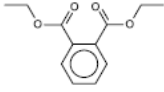
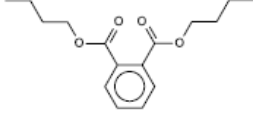
Poluentes emergentes são definidos como substâncias ou produtos químicos presentes nos efluentes urbanos e industriais. Devido ao crescimento populacional humano desordenado, a variedade desses compostos antropogênicos encontrados no meio ambiente é cada vez maior.

Estudos recentes sobre a qualidade dos efluentes tratados apontam a maior incidência de alguns poluentes emergentes específicos, dentre os quais podemos

destacar: os fármacos, os hormônios naturais e sintéticos, agrotóxicos, substâncias tensoativas, polímeros de baixa massa molecular e outros poluentes orgânicos. (ANDRADE, 2013; MONTAGNER; JARDIM, 2011)

Tabela 1 - Propriedades físico-químicas dos compostos peneirados nas águas superficiais

Componente	Nº CAS	Estrutura Química	Fórmula Molecular	Massa molar / (g mol <sup>-1</sup> )	pK <sub>a</sub>	log K <sub>ow</sub>	Φ <sub>sat</sub> 25° C / (mg L <sup>-1</sup> )
Ácido Acetilsalicílico (AAS)	50-78-2		C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>	180.16	2.19 <sup>18</sup>	2.3 <sup>18</sup>	3,333 <sup>19</sup>
Acetaminofeno	103-90-2		C <sub>8</sub> H <sub>9</sub> NO <sub>2</sub>	151.17	9.4 <sup>20</sup>	0.46 <sup>20</sup>	-
Cafeína	58-08-2		C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	194.19	10.4 <sup>9</sup>	0.01 <sup>21</sup>	21,700 <sup>19</sup>
Diclofenaco	15307-79-6		C <sub>14</sub> H <sub>11</sub> C <sub>12</sub> NO <sub>2</sub>	296.15	4.2 <sup>18</sup>	4.5 <sup>18</sup>	2.4 <sup>22</sup>
Ibuprofeno	15687-27-1		C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	206.28	4.9 <sup>18</sup>	3.97 <sup>18</sup>	21 <sup>22</sup>
17α-Etinilestradiol	57-63-6		C <sub>20</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	296.41	10.4 <sup>9</sup>	3.7 <sup>23</sup>	4.8 <sup>24,25</sup>
Levonorgestrel	797-63-7		C <sub>21</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	312.45	-	-	2.1 <sup>25</sup>
17β-Estradiol	50-28-2		C <sub>18</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	272.39	10.4 <sup>9</sup>	4.0 <sup>23</sup>	13 <sup>24</sup>
Estrona	53-16-7		C <sub>18</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	270.37	10.4 <sup>9</sup>	3.1 <sup>23</sup>	30 <sup>19</sup>
Progesterona	57-83-0		C <sub>21</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	314.47	-	3.9 <sup>23</sup>	8.8 <sup>26</sup>
Bisfenol A	80-05-7		C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	228.29	10.2 <sup>20</sup>	3.3 <sup>23</sup>	120 <sup>27</sup>
4-octilfenol	84-66-2		C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O	206.32	-	4.1 <sup>26</sup>	5.0 <sup>27</sup>

4-nonilfenol	104-40-5		$C_{15}H_{24}O$	220.35	10.3 <sup>19</sup>	4.5 <sup>23</sup>	7.0 <sup>24</sup>
Dietilftalato	1806-26-4		$C_{12}H_{14}O_4$	222.24	-	3.2 <sup>23</sup>	400 <sup>27</sup>
Dibutilftalato	84-74-2		$C_{16}H_{22}O_4$	278.35	-	4.57 <sup>27</sup>	11.2 <sup>27</sup>

Fonte: MONTAGNER; JARDIM, (2011)

Os efeitos destes compostos ainda não são totalmente conhecidos, entretanto, diversas pesquisas vêm correlacionando a presença dos poluentes com o aumento da incidência de doenças (PADOVAN, 2015).

Segundo Barceló (2003) e Lopes et. al. (2008), citados por Andrade (2013), as ações desses poluentes no meio ambiente podem ser responsáveis por algumas anomalias fisiológicas, podendo acarretar em disfunção reprodutiva e, ainda, serem indutores de cânceres, devido à ação desreguladora endócrina, tanto em humanos quanto em animais.

Ainda, segundo Montagner e Jardim (2011), muitas das substâncias presentes nesses poluentes encontradas na água podem ser classificadas como disruptores endócrinos, que podem interferir no sistema endócrino de animais devido a constante exposição. Entretanto, os possíveis efeitos que podem ser causados a saúde humana ainda são preliminares.

Disruptores endócrinos podem ser definidos como agentes e substâncias químicas responsáveis por alterações no sistema endócrino humano e nos hormônios. Diversas terminologias vêm sendo utilizadas em estudos sobre o assunto, como desreguladores endócrinos, disruptores endócrinos e interferentes endócrinos. Já pela comunidade científica internacional o termo mais utilizado é *endocrine disruptors* (GUIMARÃES, 2007).

Além dos compostos citados anteriormente, a presença de metais pesados como chumbo (Pb), cádmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni), alumínio (Al) e urânio (U) nos efluentes tratados vem se tornando recorrente, uma vez que materiais como o níquel, muito utilizado na produção de equipamentos e materiais de construção, e o cobre, empregado na fabricação de fios elétricos, canos e automóveis, são muito comuns nos centros urbanos e estão sempre presentes no dia-a-dia de nossa sociedade. Ainda que os metais possam ser encontrados naturalmente no meio

ambiente, são as propriedades químicas das substâncias que dizem se eles serão mais ou menos absorvidos pela biota e o seu impacto na natureza devido ao seu potencial tóxico ao ambiente aquático, além de serem elementos bioacumulativos e persistentes. (LIMA & MERÇON apud SANTOS et. al., 2018; NOVAES et. al., 2018)

### 3.3.1. Fármacos

A palavra “fármaco” é derivada do grego “pharmak” e significa "aquilo que tem o poder de transladar as impurezas". Ou seja, o phármakon, para os gregos, poderia significar tanto remédio como veneno, podendo manter a vida ou causar a morte. O que interferia no resultado era a dose. (KAWANO et. al., 2006)

Segundo a definição estabelecida pelo Ministério da Saúde, por meio da portaria nº 3.916, de 30 de outubro de 1998, fármaco é a substância química que é o princípio ativo do medicamento.

A figura 7 ilustra as diferentes formas as quais os medicamentos podem ser comercializadas.

Figura 7 - Formas dos fármacos



Fonte: Farmalex

De acordo com a lei 5991, de 17 de dezembro de 1973, medicamento é produto farmacêutico, tecnicamente obtido ou elaborado, com finalidade profilática, curativa, paliativa ou para fins de diagnóstico.

Assim sendo, estabelece-se a relação entre fármaco e medicamento, sendo o fármaco o princípio ativo para a formulação dos medicamentos que são o produto final para ingestão do paciente.

### 3.3.1.1. Classificação

Os fármacos podem ser classificados quanto à sua origem, seu modo de ação, seus efeitos e suas formas farmacêuticas.

A tabela 2 traz a classificação dos fármacos quanto a sua origem, ação, efeitos e formas

Tabela 2 - Classificação dos fármacos

ORIGEM	Naturais	Inorgânico	Tem como principais substâncias em sua composição elementos como sais, fosfatos, cálcio, sódio, magnésio e ferro, por exemplo.
		Animal	Compostos por hormonas, óleos de peixes, sais biliares, etc.
		Vegetal	Constituem a maioria dos fármacos de origem natural e utilizam em sua fabricação substâncias como alcaloides, taxol e glicosídeos cardiotônicos.
	Sintéticos ou Artificiais	Tratam-se de fármacos manipulados e sintetizados pelo homem em laboratórios, eventualmente melhorados ou simplificados, cuja produção não depende de fornecimentos botânicos.	
	Intermediários	Compostos oriundos de fermentação (ex.: vitaminas, antibióticos e aminoácidos) e resultantes de engenharia genética (ex.: insulina recombinante).	
AÇÃO	Etiológicos	Usados para tratar doenças infecciosas (agentes antibacterianos, antifúngicos e	



		antivirais) e doenças provocadas por parasitas.
	Substituição	Tomam o lugar de uma substância em falta, podendo ser uma deficiência por dietas pobres (ex., deficiências vitamínicas) ou a uma perturbação fisiológica (ex., insulina na diabetes, estrogénios na menopausa). O tratamento de substituição pode ser temporário (ex., re-hidratação intravenosa em casos de hemorragia ou diarreia) ou permanente (ex., tratamento hormonal na doença de Addison).
	Sintomáticos	Utilizados para atenuar ou neutralizar perturbações resultantes de um estado patológico. Eliminam sintomas 'gerais' (ex., febre, dor, insónias). A sua atividade pode ser dirigida para sistemas particulares (ex., cardiovascular, neuropsiquiátrico, respiratório, digestivo).
EFEITOS	Terapêuticos	Dão origem aos medicamentos em um determinado grupo terapêutico.
	Laterais ou secundários	Proporcionam efeitos que não concorrem com a melhoria da situação patológica a ser tratada. Entretanto, eles podem ser adversos quando indesejáveis ou quando interagem com outras formas desconhecidas que podem ser prejudiciais.

	Reações adversas	Aparecimento de sintomas indesejáveis, ou até mesmo toxicidade. Além disso, pode proporcionar interações prejudiciais com outros princípios farmacêuticos usados concomitantemente
	Tóxicos	Reações provocadas por dose excessiva ou acumulação anormal do fármaco no organismo.
	Locais	Reações que acontecem somente no local de administração e atuação do fármaco.
	Sistêmicos	Podem ocorrer em um órgão ou sistema diferente do tratado originalmente
	Sinérgicos	Combinações dos efeitos de dois ou mais fármacos administrados simultaneamente em que se consegue um efeito final superior à soma dos efeitos de cada um deles isoladamente.
	Antagônicos	Efeitos contrários aos esperados entre dois fármacos distintos que podem reduzir a ação e eficácia de um deles.
FORMAS	Sólidas	Comprimidos
		Pastilhas
		Pílulas
		Supositórios
	Semissólidas	Cremes
		Emplastos
		Gel

		Pasta
		Pomadas
	Líquidas	Colírios
		Injetáveis
		Xaropes

Fonte: TAVEIRA & GUIMARÃES, 2014; IBECO, 2019; ULISBOA, 2019.

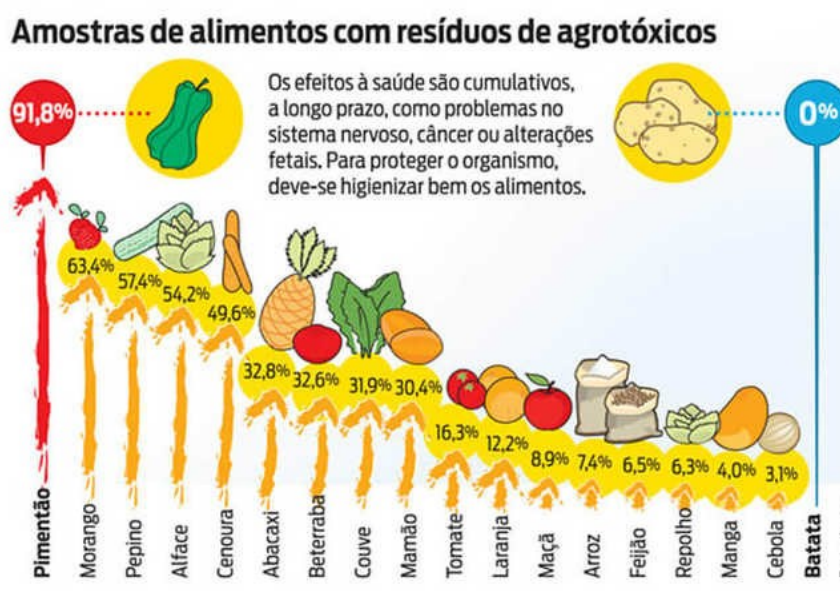
Os fármacos podem, ainda, serem classificados quanto à natureza da enfermidade, de acordo com um esquema constante do Manual of the International Statistical Classification of Diseases (OMS,1977); quanto à sua estrutura química; quanto ao grupo anatómico de atuação.

### 3.3.2. Agrotóxicos

O termo agrotóxico é o utilizado pela legislação brasileira para referir-se aos defensivos agrícolas, que são produtos químicos, físicos ou biológicos usados no controle de seres vivos considerados nocivos ao homem, sua criação e suas plantações, podendo, ainda, receberem o nome de pesticidas, praguicidas ou produtos fitossanitários (SCHIESARI, 2012).

A figura 8 ilustra as amostras de alimentos com resíduos agrotóxicos.

Figura 8 - Amostras de alimentos com resíduos de agrotóxicos



Fonte: eCycle

Historicamente, os agrotóxicos foram desenvolvidos durante a Primeira Guerra Mundial (1914-1918) e extremamente utilizados na Segunda Guerra Mundial

(1939-1945) como armas químicas. Após o fim da guerra, passaram a ser utilizados como defensores agrícolas, sendo amplamente utilizada durante a “revolução verde”, que tinha como objetivo aumentar a produção de alimentos para combater a fome estabelecida na Europa no período pós-guerra (MELDAU, 2019).

Ainda segundo o autor, o primeiro composto dessa classe foi criado em 1874 pelo químico australiano Othomar Zeidler (1850-1911), denominado DDT (dicloro-difenil-tricloroetano). Entretanto, foi somente em 1939 que o químico suíço Paul Muller (1899-1965) evidenciou suas propriedades inseticidas, utilizando o DDT no combate contra o mosquito disseminador da malária, sendo laureado com o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina<sup>1</sup> de 1948 pela descoberta. Tempos depois, descobriu-se que o DDT é um composto cancerígeno, teratogênico e cumulativo no organismo.

### 3.3.2.1. Classificação

Segundo Sousa (2019), os agrotóxicos são classificados conforme a natureza da praga a ser combatida, conforme tabela 3, ao grupo químico ao qual pertence, bem como aos danos relacionados ao meio ambiente e à saúde humana, conforme tabela 4.

Tabela 3 - Classificação dos agrotóxicos quanto à natureza da praga

CLASSIFICAÇÃO	PRAGA COMBATIDA	EXEMPLOS
Inseticidas	Insetos	Aldrin, Carbofuran, Deltametrina
Fungicidas	Fungos	Mancozeb, Binapacril, Brestam
Herbicidas	Ervas daninha	Profam, Diquat, Diclobenil
Desfoliantes	Folhas indesejadas	Paraquat e Dinoseb
Fumigantes	Bactérias do solo	Dazomet e Cloropicrina

Fonte: Adaptado de Sousa (2019)

Existe, ainda, uma classificação dos defensivos agrícolas quanto à sua toxicológica, que, por determinação da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância

<sup>1</sup> Prêmio Nobel é um conjunto de cinco premiações internacionais concedidas anualmente por instituições suecas e norueguesas a indivíduos ou instituições que tenham contribuído significativamente na área acadêmica, cultural ou científica (TANCREDI, 2019).

Sanitária), todo agrotóxico comercializado no Brasil deve exibir no seu rótulo um código de cores que representa o seu potencial de danos à saúde humana e ao meio ambiente.

Tabela 4 - Classificação dos agrotóxicos quanto à toxicidade

<b>CLASSIFICAÇÃO TOXICOLÓGICA</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO AMBIENTAL</b>
<b>CLASSE I</b> <b>Extremamente tóxico</b>	<b>CLASSE I</b> <b>Altamente perigoso ao meio ambiente</b>
<b>CLASSE II</b> <b>Altamente tóxico</b>	<b>CLASSE II</b> <b>Muito perigoso ao meio ambiente</b>
<b>CLASSE III</b> <b>Medianamente tóxico</b>	<b>CLASSE III</b> <b>Perigoso ao meio ambiente</b>
<b>CLASSE IV</b> <b>Pouco tóxico</b>	<b>CLASSE IV</b> <b>Pouco perigoso ao meio ambiente</b>

Fonte: SCHIESARI, 2012.

É importante notar que todos os defensivos agrícolas são tóxicos à saúde humana e ao meio ambiente. De tal forma, os defensivos que trazem a faixa vermelha apresentam riscos mesmo quando a exposição é pequena, seja ela por pouco tempo ou em pequenas doses. No entanto, os defensivos de faixa verde também trazem riscos se a exposição a ele for grande, seja por longo tempo ou altas doses (SCHIESARI, 2012).

### **3.3.3. Metais Pesados**

Segundo Bacchan (citado por CASTRO, 2006), metais são os elementos químicos sólidos à temperatura ambiente (25°C), com exceção do mercúrio (Hg), do grupo que tem por característica físicas a boa condutividade elétrica e térmica, brilho, cor que varia entre a amarelada e prateada, dureza, maleabilidade, flexibilidade, ductibilidade, além de possuir elevado ponto de fusão e ebulição.

A figura 9 apresenta alguns exemplos de metais pesados.

Figura 9 - Exemplos de metais pesados



Fonte: YouTube

Os metais pesados são quimicamente muito reativos e bioacumulativos, ou seja, o organismo não é capaz de eliminá-los de uma forma rápida e eficaz, e definidos como um grupo de elementos situados entre o Cobre (Cu) e o Chumbo (Pb) na tabela periódica (ANEXO B) (ROCHA, 2009).

O termo "metais pesados" é empregado para elementos metálicos com uma densidade superior a  $5 \text{ g/cm}^3$ , capazes de formar sulfuretos (ADRIANO, apud MORASSUTI et. al., 2018).

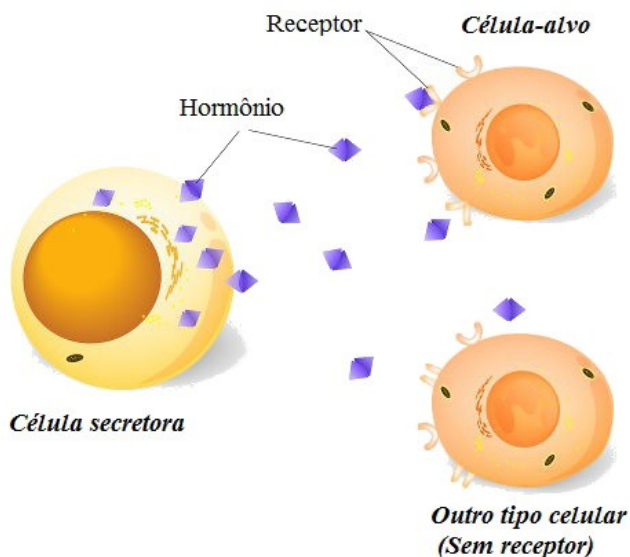
Para Hillert (citado por CASTRO, 2006), o termo "metal pesado" teria surgido como uma conveniência para os legisladores para referir-se a metais com potencial tóxico e que tem aumentado a sua concentração no ambiente devido a atividade humana, tais como cádmio (Cd), mercúrio (Hg), chumbo (Pb) e bismuto (Bi) têm sido frequentemente mencionados porque a atividade humana aumentou a sua concentração no ambiente.

### 3.3.4. Hormônios

Os hormônios são substâncias químicas produzidas por glândulas do sistema endócrino ou por neurônios especializados, considerados de extrema importância para o controle do funcionamento do corpo, sendo responsáveis pelo metabolismo, crescimento, sexualidade, dentre outros (SOUZA, 2019; DIANA, 2019).

A figura 10 ilustra o funcionamento dos hormônios no organismo.

Figura 10 - Funcionamento dos hormônios



Fonte: Brasil Escola, 2019

Ainda, segundo os autores, existem aproximadamente 50 hormônios naturais produzidos pelo organismo humano, dentre os principais, podem-se destacar:

- **Testosterona** – Hormônio masculino produzido nos testículos e que tem a ação de desenvolver as características sexuais e das características masculinas nos homens;
- **Estrógeno** - Hormônio feminino produzido pelo ovário e atua no desenvolvimento de características sexuais nas mulheres.
- **Progesterona** - Hormônio feminino produzido pelo corpo lúteo, sendo responsável pela produção de leite e manutenção das células de revestimento do útero;
- **Insulina** – Hormônio produzido pelo pâncreas, responsável pela absorção de glicose e redução da glicemia, taxa de glicose no sangue;
- **Serotonina** - Neurotransmissor que atua na comunicação entre os neurônios. Age na regulação do apetite, atividade sexual, sono e ritmo circadiano.

Esses hormônios destacados são comumente encontrados na composição de fármacos utilizados para controle e reposições hormonais.

Ainda, pode-se classificar os hormônios denominados “sintéticos”, que são preparações quimicamente idênticas ou similares aos hormônios produzidos pelo

corpo e podem ser de origem animal, de plantas ou sintéticas, e não podem ser distinguidos dos hormônios produzidos naturalmente pelo corpo.

### **3.4. Estudos de caso**

#### **3.4.1. “Estudo acha hormônio sexual em água na região de Campinas”, por Simionato (2006)**

Um estudo realizado por Ghiselli em 2006 sobre a qualidade da água para consumo e de rios da região metropolitana de Campinas, publicado por Simionato pela Folha de São Paulo, revela a presença da contaminação da água por hormônios sexuais e de compostos derivados de produtos farmacêuticos e industriais. As amostras foram coletadas da bacia do rio Atibaia, responsável por cerca 92% do abastecimento da região.

O monitoramento foi realizado para detectar a presença de 21 compostos nas águas, sendo seis hormônios sexuais, quatro esteroides derivados do colesterol, cinco produtos farmacêuticos e seis produtos industriais.

No resultado da pesquisa, foram identificadas na água potável que abastece a região a presença de contaminantes desde progesterona até cafeína, além de colesterol e os hormônios estradiol e etinilestradiol. Foram encontrados ainda compostos fármacos usados em remédios, como analgésicos, anti-inflamatórios e antitérmicos e na indústria, sendo que as concentrações de fármacos na água bruta do rio foram maiores do que na água potável.

A matéria informa ainda que, segundo aponta o estudo, a concentração de alguns hormônios femininos chega a 2 µg/L.

#### **3.4.2. “Poluição do ambiente aquático por hormônios naturais e sintéticos: um estudo em Poços de Caldas/MG”, por Andrade (2013)**

O segundo trabalho analisado trata-se de um estudo realizado nas águas cidade de Poços de Caldas – MG, e tinha por objetivo verificar a presença de hormônios nos efluentes do município, por meio da coleta e análise de amostras nas estações de tratamento de água e esgoto (ETA's e ETE's), antes e depois dos tratamentos, assim como nas fontes de águas minerais, em corpos d'água próximos ao lixão, de criadores de suínos, próximo ao frigorífico, bebedouros públicos, represas, água engarrafada industrialmente e águas residenciais.

Na primeira fase da pesquisa, foram coletadas amostras as águas de seis pontos no município de Poços de Caldas, Minas Gerais, para investigação



laboratorial da presença dos hormônios femininos estradiol, estrona e estriol e o sintético etinilestradiol (EE), muito utilizado na formulação de pílulas anticoncepcionais.

Segundo os resultados apresentados pelo laboratório para as amostras coletadas no contorno da ETE, afluente e efluente, não foram detectadas concentrações maiores que 1 µg/L para os hormônios da pesquisa. Entretanto, detectou-se a presença da cafeína que, apesar de não ter sido o objetivo da pesquisa, é uma substância considerada pelos estudiosos uma indicadora da qualidade dos mananciais e do tratamento de água, já que podem ser encontrados em fármacos, refrigerantes, chás, bebidas à base de café, bebidas energéticas e produtos de higiene pessoal, além de poder indicar que outros poluentes químicos também não tenham sido eliminados no processo de tratamento dos efluentes.

Ainda segundo Andrade (2013), autor da pesquisa, o Conselho da Associação Médica dos Estados Unidos em Assuntos Científicos (American Medical Association on Scientific Affairs) recomenda consumo moderado da cafeína em até 250mg ao dia, uma vez que a mesma, em alguns casos, é associada à elevada concentração de nitrato no meio aquático, ainda que não seja vista como substância suspeita de agir interferindo no sistema endócrino e seus efeitos na biota sejam desconhecidos.

No estudo ainda foram detectadas substâncias como colesterol, coprostanol, estigmasterol, dibutilfitalato e colestanol que não foram previamente definidas para análise, mas que devem ser consideradas pela forma e concentração que apareceram nas amostras. Essas substâncias têm se tornado presentes no meio ambiente, indicando poluição de resíduos medicamentosos.

Na segunda fase do estudo apresentado por Andrade, não houve a constatação de presença dos hormônios estradiol, estrona e estriol e o sintético etinilestradiol para concentrações superiores a 1 ng/L para as amostras de águas coletadas nas residências, bebedouros públicos bem como na água engarrafada industrialmente, fontanários, águas das represas e demais córregos da bacia hidrográfica da região, além da ETE e ETA's. Porém, em uma das amostras do efluente no entorno de Poços de Caldas, verificou-se a presença do hormônio estriol na concentração de 16.300 ngL<sup>-1</sup>. O estriol foi detectado somente para esta amostra devido a sua alta concentração, que pode ter sido ocultada das demais amostras por micropoluentes presentes na primeira fase do estudo.

### 3.4.3. “Água de 20 capitais tem ‘contaminantes emergentes’”, por Orsi (2013)

Em uma publicação do Jornal da Unicamp, Orsi traz a pesquisa realizada pelo Instituto Nacional de Ciências e Tecnologias Analíticas Avançadas (INCTAA), sediado do Instituto de Química (IQ) da Unicamp, a qual Wilson Jardim, pesquisador responsável, revela estudos em mananciais e na água que sai das torneiras em 20 capitais do Brasil, de acordo com parâmetros estabelecidos pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, que normatiza a qualidade da água potável.

O estudo apresenta os índices de cafeína, usado como indicador da presença de contaminantes que têm ação estrógena, ou seja, um efeito semelhante ao do hormônio feminino, presente na água tratada, conforme figura 11:

Figura 11 - Índice de cafeína presente na água de 20 capitais do Brasil

Ranking	Capital	Cafeína média (ng/l)	Mínimo (ng/l)	Máximo (ng/l)	Pontos amostrais
1º	Porto Alegre	2257	1342	2769	3
2º	Campo Grande	900	6	1793	2
3º	Cuiabá	222	9	629	3
4º	Belo Horizonte	206	8	599	3
5º	Vitória	196	157	267	3
6º	Teresina	188	180	196	2
7º	Curitiba	116	25	167	3
8º	São Paulo	107	38	198	3
9º	Belém	82	51	133	3
10º	Goiânia	56	41	70	2
11º	Natal	53	8	98	2
12º	João Pessoa	40	5	74	2
13º	Rio de Janeiro	31	26	36	2
14º	Brasília	31	11	62	6
15º	Florianópolis	19	19	19	1
16º	Manaus	18	8	35	3
17º	Salvador	16	7	34	3
18º	São Luís	8	4	12	2
19º	Recife	4	<ld	8	4
20º	Fortaleza	2	<ld	5	4

Fonte: UNICAMP (2013)

De acordo com os dados apresentados, a cidade de Porto Alegre/RS apresenta a maior média (2257 ng/L) de cafeína das 20 capitais pesquisadas enquanto Fortaleza/CE apresenta menor média (2 ng/L).

#### **3.4.4. Parecer técnico sobre a presença de contaminantes na água de abastecimento público do município de Santo André/SP, por Hess (2015)**

O estudo de Hess (2015) foi realizado na cidade de Santo André – SP e teve por objetivo aferir a concentração de substâncias poluentes nas águas de abastecimento público. Para a pesquisa, foram adotadas as substâncias listadas na no anexo VII da Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, que traz a “tabela de padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde” (ANEXO C), e as substâncias listadas no anexo X da mesma portaria, descrita como “tabela de padrão organoléptico de potabilidade” (ANEXO D).

No trabalho de Hess, os resultados apresentados das análises realizadas com a água tratada proveniente das ETA's que abastecem Santo André contemplam apenas os dados aferidos para a concentração de algumas substâncias listadas no Anexo VII da Portaria do MS (ANEXO C), como cádmio total, chumbo total, fluoreto, níquel total, urânio, glifosato (agrotóxico herbicida) + AMPA (derivado do glifosato) e trihalometanos, não sendo descritos outros parâmetros por não haver concentração presente nas aferições ou estarem em poucas amostras e em concentrações muito baixas em relação aos parâmetros estabelecidos pela referida Portaria.

Para a água tratada coletada em diferentes amostras de uma das ETA's para aferição de contaminantes, foram constatados, de acordo com os parâmetros estabelecidos em relação ao VMP (valor máximo permitido) pela Portaria MS 2914/11, anexo VII, índices: superiores a 10% para a concentração de cádmio (Cd); de até 70% do VMP para chumbo (Pb); próximos a 50% do VMP para íons fluoretos; de aproximadamente 6% do VMP para níquel (Ni); variando de 17% a 33% do VMP para urânio (U); correspondente a 10% de glifosato e seu derivado AMPA; correspondendo a 40% do VMP para trihalometanos. Quanto às substâncias descritas no Anexo X da Portaria 2914/2011, a água de saída da ETA apresentou: teores superiores a 15% do VMP para alumínio (Al); concentrações de 4% a 10% do VMP para surfactantes.

Em outra ETA que teve a água tratada coletada em diferentes amostras para aferição de contaminantes, foram constatadas, de acordo com os parâmetros estabelecidos em relação ao VMP (valor máximo permitido) pela Portaria MS 2914/11, anexo VII, índices: superiores a 20% para a concentração de cádmio (Cd); de 80% e 140% do VMP para chumbo (Pb); próximos a 50% do VMP para íons

fluoretos; de 5% a 16% do VMP para níquel (Ni); de 67% do VMP para urânio (U); de 21% e 29% de glifosato e seu derivado AMPA; que chegaram a 87% do VMP para trihalometanos. Quanto às substâncias descritas no Anexo X da Portaria 2914/2011, a água de saída da ETA apresentou: teores superiores a 10% do VMP para alumínio (Al); concentrações de 6% a 8% do VMP para surfactantes.

Na terceira ETA que teve a água tratada coletada em diferentes amostras para aferição de contaminantes, foram constatadas, de acordo com os parâmetros estabelecidos em relação ao VMP (valor máximo permitido) pela Portaria MS 2914/11, anexo VII, índices: de 16% e 20% para a concentração de cádmio (Cd); de 70% e 90% do VMP para chumbo (Pb); próximos a 50% do VMP para íons fluoretos; de 4% e 21% do VMP para níquel (Ni); de 26% e 64% de glifosato e seu derivado AMPA; de 29% a 77% do VMP para trihalometanos. Quanto às substâncias descritas no Anexo X da Portaria 2914/2011, a água de saída da ETA apresentou: teores superiores a 10% do VMP para alumínio (Al); concentrações de 4% a 8% do VMP para surfactantes.

Já na quarta e última ETA que teve a água tratada coletada em diferentes amostras para aferição de contaminantes, os dados indicam apenas o teor de fluoreto, que alcançou valores próximos a 50% do VMP, de acordo com a Portaria MS 2914/2011.

#### 4. RESULTADOS

Conforme os resultados apresentados pelos estudos e pesquisas abordados, pode-se estabelecer uma relação de causa e consequência dos poluentes emergentes presentes no meio ambiente.

Quanto aos agrotóxicos, além dos resíduos que acabam indo para os efluentes após a lavagem de alimentos, segundo Schiesari (2012), alguns dos defensivos agrícolas têm por característica a contaminação de águas subterrâneas, podendo contaminar a fonte de água. Uma das formas de contaminação por agrotóxicos pode acontecer por contato indireto, que pode ocorrer justamente através da ingestão de água e alimentos contaminados, podendo ocasionar em intoxicação aguda, que ocorre quando o indivíduo é exposto a doses altas de agrotóxicos e os sintomas aparecem rapidamente, variando de acordo com os tipos de defensivos, podendo causar dores de cabeça e abdominal, diarreia, náusea, vômito, irritação de olhos e pele, dificuldade respiratória, dentre outros sintomas e até em morte; ou crônica que, devido às baixas concentrações nos efluentes, seria a maior probabilidade de ocorrência, dado que a intoxicação crônica ocorre por exposição a doses menores, mas por muito tempo, como meses e anos, podendo trazer consequências graves a saúde humana, como esterilidade, paralisia, abortos, danos ao desenvolvimento de fetos e câncer, entre outros.

Ainda, segundo Pignati (2012), além da contaminação do solo e da água, os agrotóxicos podem trazer danos ambientais como a má formação de animais aquáticos e anfíbios (peixes, sapos, rãs, etc.).

No que se refere à contaminação por fármacos e medicamentos, conforme estudo apresentado por Andrade (2013), a falta de informação e de fiscalização levam a população a realizar o descarte de medicamentos de forma inadequada, tendo como destino final aterros sanitários comuns, que podem contaminar o solo e corpos d'água. As substâncias de origem farmacológicas presentes nos medicamentos podem causar danos à saúde humana, atuando como disruptores endócrinos, ou seja, causar alterações no sistema endócrino humano e nos hormônios, uma vez que, por definição, tem-se que a diferença entre o fármaco e o veneno está na dose administrada.

Quanto aos metais pesados, sua maior fonte de contaminação deve-se à atividade industrial, sendo utilizados na fabricação e revestimento de peças

automobilísticas, utensílios domésticos e materiais de construção civil. Ainda podem ser advindos de atividades como a mineração e do despejo de efluentes domésticos. Metais como o cádmio (Cd) e o chumbo (Pb) podem, ainda, ser encontrados na composição de agrotóxicos. Como consequência, podemos destacar a característica de bioacumulação dos metais, ou seja, os metais não são absorvidos ou digeridos pelo organismo humano e animal, podendo causar problemas endócrinos e digestivos (HESS, 2015).

Ainda conforme destaca Hess (2015), o bioacumulo dos metais pesados pode causar problemas ainda mais sérios à saúde, tais como hipertensão arterial e arritmias cardíacas, infertilidade masculina, hipotireoidismo, transtornos mentais e insuficiência renal.

## **5. CONCLUSÃO**

Os estudos apresentados no capítulo 4 deste trabalho mostram que a carência de informação e falta de conscientização da população, aliadas a falta de uma legislação mais específica e rigorosa quanto ao descarte e disposição de medicamentos, que podem conter altos índices de hormônios e demais substâncias nocivas à saúde e ao meio ambiente, que tem se tornado recorrente na contaminação das águas.

A atividade industrial também pode contribuir para o aumento de poluentes emergentes em corpos d'água visto que resíduos de determinadas substâncias são identificadas na saída de efluentes tratados de ETAR's.

Tem-se, ainda, que, devido à grande demanda de produtos agrícolas para abastecimento da população, a utilização de agrotóxicos é comum e os mesmos podem contaminar os corpos d'água e o solo.

Portanto, é válido afirmar que existe a necessidade de elaboração de um trabalho de conscientização da população e implementação de normas e leis mais rigorosas para descarte de medicamentos e fiscalizar e fazer cumprir-se a legislação já existente para proteção, manutenção e melhoria dos corpos d'água. Ainda, a utilização de agrotóxicos na agricultura deve ser reduzida, controlada e até mesmo evitada, buscando novos métodos menos nocivos de cultivo que não comprometam o desenvolvimento econômico; e também que as ETA's, ETAR's e ETE's devem investir, desenvolver e implementar novas tecnologias que possam combater e eliminar os poluentes emergentes.

### **5.1. Sugestão para estudos futuros**

Sugere-se a continuação deste trabalho com estudos e pesquisas para a identificação de poluentes emergentes nas bacias que abastecem a cidade de Taubaté/SP.

Sugere-se, ainda, o estudo, pesquisa e desenvolvimento de wetlands construídos, sistema para tratamento de águas e efluentes de mecanismo natural e de baixo custo (WETLANDS CONSTRUÍDOS, 2018), que sejam eficientes e eficazes para tratamento diferentes substâncias contaminantes, e que ainda sejam de fácil acesso a população, que possam ser instaladas em regiões as quais sejam

identificadas a presença de poluentes emergentes e que não possuam sistema de coleta para tratamento de água e de esgoto.



## 6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Indicadores de qualidade**. [S. l.], 2004. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/qualidade-da-agua/indicadores-de-qualidade>. Acesso em: 11 set. 2019.

ANDRADE, Leida Ramos de. **Poluição do ambiente aquático por hormônios naturais e sintéticos**: um estudo em Poços de Caldas/MG. Orientador: Prof. Dr. Olímpio Gomes da Silva Neto. 2013. Dissertação (Mestrado) - CENTRO DAS FACULDADES ASSOCIADAS DE ENSINO – FAE, São João da Boa Vista/SP, 2013. Disponível em: <http://www.fae.br/mestrado/dissertacoes/2013/Polui%C3%A7%C3%A3o%20do%20Ambiente%20Aqu%C3%A1tico%20por%20Horm%C3%B4nios%20Naturais%20e%20Sint%C3%A9ticos%20-%20um%20estudo%20em%20Po%C3%A7os%20de%20Caldas%20-%20MG..pdf>. Acesso em: 8 ago. 2019.

BARROS, Rodrigo. **A história do saneamento básico na Idade Antiga**. [S. l.], 3 dez. 2014. Disponível em: <http://www.rodoinside.com.br/historia-saneamento-basico-na-idade-antiga/> Acesso em: 30 de agosto de 2019.

BARROS, Rodrigo. **A história do saneamento básico no Brasil**. [S. l.], 3 dez. 2014. Disponível em: <http://www.rodoinside.com.br/a-historia-do-saneamento-basico-no-brasil/> Acesso em: 30 de agosto de 2019.

BRANDT, Cassiano Ricardo; KUHN, Daniel; KUFFEL, Fernando José Malmann; HOEHNE, Lucélia; SCHEIBEL, Matheus. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA POTÁVEL DE DIFERENTES PRÉDIOS DO CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES. **REVISTA DESTAQUES ACADÊMICOS**, [s. l.], v. 7, n. 4, 2015. Disponível em: <http://www.univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/506>. Acesso em: 15 set. 2019.

BRASIL. **Lei nº 5991, de 17 de dezembro de 1973**. Dispõe sobre o Controle Sanitário do Comércio de Drogas, Medicamentos, Insumos Farmacêuticos e Correlatos, e dá outras Providências. [S. l.], 17 dez. 1973. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l5991.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5991.htm). Acesso em: 25 out. 2019.

BRASIL. **Lei nº 11445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília/DF, Brasil, 5 jan. 2007.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS. **Institucional**. [S. l.], 22 abr. 2015. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/institucional-snis>. Acesso em: 20 set. 2019.

CASTRO, Sebastião Venâncio de. **EFEITOS DE METAIS PESADOS PRESENTES NA ÁGUA SOBRE A ESTRUTURA DAS COMUNIDADES BENTÔNICAS DO ALTO RIO DAS VELHAS-MG**. Orientador: Dr. Eduardo von Sperling. 2006. Dissertação

(Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte/MG, Brasil, 2006. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/ENGD-6RFQPN>. Acesso em: 25 out. 2019.

DIANA, Juliana. **Hormônios**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/hormonios/>. Acesso em: 22 out. 2019.

DI BERNARDO, Luiz; DI BERNARDO, Angela; CENTURIONE FILHO, Paulo Luiz. **Ensaio de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água**. 1. ed. São Carlos: RiMa, 2002.

GUIMARÃES, Alexandre José Athayde; CARVALHO, Daniel Fonseca De; SILVA, Leonardo Duarte Batista Da. **Saneamento Básico**. In: APOSTILA de Saneamento Básico. Rio de Janeiro/RJ: UFRJ, 2007. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/>. Acesso em: 25 ago. 2019.

HESS, Sonia Corina. PARECER TÉCNICO N. 02/2015. **Análise técnica abordando a presença de contaminantes na água de abastecimento público do município de Santo André, São Paulo**, [S. l.], Curitiba/SC, Brasil. 2 out. 2015. Acesso em: 02 out. 2019.

IBECO. **Você sabe o que é fármaco?**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://ibeco.com.br/voce-sabe-o-que-e-farmaco/>. Acesso em: 25 out. 2019.

INSIDE VIP. **OBRAS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO**. [S. l.], 22 fev. 2018. Disponível em: <https://insidevip.com.br/noticia/994/obras-da-estacao-de-tratamento-de-esgoto>. Acesso em: 1 nov. 2019.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **O Que é Saneamento?**. São Paulo/SP, Brasil, 2007. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/o-que-e-saneamento>. Acesso em: 30 ago. 2019.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Manual do Saneamento Básico**. [S. l.: s. n.], 2012.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Venha conhecer as etapas para o tratamento de água**. [S. l.], 18 abr. 2019. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2019/04/18/venha-conhecer-as-etapas-para-o-tratamento-de-agua/>. Acesso em: 23 out. 2019.

KAWANO, Daniel Fábio; PEREIRA, Leonardo Régis Leira; UETA, Julieta Mieke; FREITAS, Osvaldo de. Acidentes com os medicamentos: como minimizá-los?. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo/SP, Brasil, v. 42, ed. 4, 24 nov. 2006. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-93322006000400003>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-93322006000400003&lng=pt&nrm=iso&tling=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-93322006000400003&lng=pt&nrm=iso&tling=pt). Acesso em: 25 out. 2019.

MELDAU, Débora Carvalho. **Agrotóxicos**. [S. l.], 2019. Portal InfoEscola. Disponível em: <https://www.infoescola.com/ecologia/agrotoxicos/>. Acesso em: 23 out. 2019.

LIMA, Verônica Ferreira; MERÇON, Fábio. Metais Pesados no Ensino de Química. *In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA (org.). Química Nova na Escola*. 33. ed. [S. l.: s. n.], 2011. v. 4, p. 199-205. Disponível em: [http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc33\\_4/199-CCD-7510.pdf](http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc33_4/199-CCD-7510.pdf). Acesso em: 22 set. 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). PORTARIA Nº 3.916, DE 30 DE OUTUBRO DE 1998. **POLÍTICA NACIONAL DE MEDICAMENTOS**, [S. l.], 30 out. 1998. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1998/prt3916\\_30\\_10\\_1998.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1998/prt3916_30_10_1998.html). Acesso em: 20 out. 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011**. [S. l.], 12 dez. 2011. Disponível em: [http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/asabesp\\_doctos/PortariaMS291412122011.pdf](http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/asabesp_doctos/PortariaMS291412122011.pdf). Acesso em: 29 out. 2019.

MONTAGNER, Cassiana C.; JARDIM, Wilson F. **Spatial and Seasonal Variations of Pharmaceuticals and Endocrine Disruptors in the Atibaia River, São Paulo State (Brazil)**. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, São Paulo/SP, Brasil, v. 22, n. 8, agosto 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-50532011000800008>. Acesso em: 25 set. 2019.

NOVAES, Glaucia Helena Castro de Freitas; AURELIANO, Bianca Cadurim; FRAGOSO-MOURA, Evelise Nunes; CAVALCANTE, Werbate; FRACÁCIO, Renata. **Toxicidade Dos Metais Níquel E Cobre E Sua Possível Atuação Como Interferentes Endócrinos Em Ambientes Aquáticos**. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, [s. l.], ed. 48, p. 128-141, junho 2018. DOI 10.5327/Z2176-947820180329. Disponível em: [http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/Ed48/RBCIAMB\\_n48\\_128-141.pdf](http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/Ed48/RBCIAMB_n48_128-141.pdf). Acesso em: 22 out. 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Proper sanitation becomes separate UN human right in enhanced fight against deadly infections**. [S. l.], 31 dez. 2015. Disponível em: <https://news.un.org/en/story/2015/12/519192-proper-sanitation-becomes-separate-un-human-right-enhanced-fight-against-deadly>. Acesso em: 30 ago. 2019.

ORSI, Carlos. Água de 20 capitais tem 'contaminantes emergentes'. **Jornal da Unicamp**, [S. l.], n. 576, p. 03, 29 set. 2013. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/ju/576/agua-de-20-capitais-tem-contaminantes-emergentes>. Acesso em: 30 ago. 2019.

PADOVAN, Rodrigo Nogueira. **Degradação de hormônios em águas de abastecimento público por fotocatalise heterogênea solar**. Orientador: Prof. Dr. Eduardo Bessa Azevedo. 2015. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo - Instituto de Química de São Carlos, São Carlos/SP, 2015. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75135/tde-18082015-104331/publico/RodrigoNogueiraPadovanoriginal.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2019.

PIGNATI, Wanderlei. **Agrotóxicos, alimentos e impactos na saúde e no ambiente**. Brasília/DF, Brasil: [s. n.], 2012.

PORTAL SÓ BIOLOGIA. "**As estações de tratamento da água**". Virtuuous Tecnologia da Informação, 2008-2019. Consultado em 22/10/2019 às 17:17. Disponível na Internet em [https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Agua/Agua7\\_2.php](https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Agua/Agua7_2.php)

ROCHA, Adriano Ferreira da. **Cádmio, Chumbo, Mercúrio – A problemática destes metais pesados na Saúde Pública?**. Orientador: Dr. Raul Gonçalves. 2009. Trabalho de graduação (Ciências da Nutrição) - Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009. Disponível em: [https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/54676/4/127311\\_0925TCD25.pdf](https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/54676/4/127311_0925TCD25.pdf). Acesso em: 25 out. 2019.

SABESP. **Relatório de Sustentabilidade**. São Paulo/SP, Brasil: [s. n.], 2018. Disponível em: [http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/relatorios\\_sustentabilidade/sabesp\\_rs\\_2018\\_portugues\(1\).pdf](http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/relatorios_sustentabilidade/sabesp_rs_2018_portugues(1).pdf). Acesso em: 4 set. 2019.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos. "**Hormônios**"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/hormonios.htm>. Acesso em 01 de novembro de 2019.

SCHIESARI, Luis. **Defensivos agrícolas**: Como evitar danos à saúde e ao meio ambiente. [S. l.]: IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2012. v. 8. Disponível em: <http://www.ipam.org.br/download/livro/Defensivos-agricolas-Como-evitar-danos-a-saude-e-ao-meio-ambiente/681>. Acesso em: 23 out. 2019.

SIMIONATA, Mauricio. **Estudo acha hormônio sexual em água na região de Campinas**. [S. l.], 9 dez. 2006. Folha de São Paulo Online. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u129198.shtml>. Acesso em: 8 ago. 2019.

SOUSA, Francisco Salviano de. COMISSÃO DE SERVIÇOS DE INFRAESTRUTURA DO SENADO FEDERAL SANEAMENTO BÁSICO, 2009, Brasília/DF. **Situação do País e Propostas de Soluções Terceiro Desafio: Infraestrutura e Políticas Públicas [...]**. [S. l.: s. n.], 2009. Disponível em: [http://www.senado.leg.br/comissoes/ci/ap/AP20091130\\_FranciscodeAssisSalvianodeSousa.pdf](http://www.senado.leg.br/comissoes/ci/ap/AP20091130_FranciscodeAssisSalvianodeSousa.pdf). Acesso em: 26 ago. 2019.

SOUSA, Rafaela. "**Agrotóxicos**"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/agrotoxicos.htm>. Acesso em 25 de outubro de 2019.

SOUZA, Elaine Barbosa. **Hormônios Humanos**: O que são Hormônios, funções, produção, resumo, glândulas que produzem, efeitos no corpo humano, principais hormônios humanos. [S. l.], 24 jan. 2019. Disponível em: <https://www.todabiologia.com/anatomia/hormonios.htm>. Acesso em: 26 out. 2019.

TAVEIRA, Clarice Cunha; GUIMARÃES, Ringo Star Fernandes. **Fundamentos de Farmacologia**. Brasília/DF, Brasil: NT, 2014. 156 p. Disponível em: [https://avant.grupont.com.br/dirVirtualLMS/portais/livros/pdfs\\_demo/Fundamentos\\_d\\_e\\_Farmacologia\\_demo.pdf](https://avant.grupont.com.br/dirVirtualLMS/portais/livros/pdfs_demo/Fundamentos_d_e_Farmacologia_demo.pdf). Acesso em: 23 out. 2019.

TERAAMBIENTAL. **Estação de Tratamento de Esgoto**: conheça as principais etapas. [S. l.], 18 jan. 2018. Disponível em: <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/estacao-de-tratamento-de-esgoto-etapas-dos-tratamentos>. Acesso em: 22 out. 2019.

## **ANEXO A – DECLARAÇÃO UNIVERSAL DO DIREITO DA ÁGUA**

Em 22 de março de 1992, a Organização das Nações Unidas (ONU) publicou um documento intitulado Declaração Universal dos Direitos da Água, instituindo o “DIA MUNDIAL DA ÁGUA”, o qual tem por objetivo o desenvolvimento do respeito e obrigações para preservação da Natureza.

### **Declaração Universal dos Direitos da Água - 1992**

Art. 1º - A água faz parte do patrimônio do planeta. Cada continente, cada povo, cada nação, cada região, cada cidade, cada cidadão é plenamente responsável aos olhos de todos.

Art. 2º - A água é a seiva do nosso planeta. Ela é a condição essencial de vida de todo ser vegetal, animal ou humano. Sem ela não poderíamos conceber como são a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura. O direito à água é um dos direitos fundamentais do ser humano: o direito à vida, tal qual é estipulado do Art. 3º da Declaração dos Direitos do Homem.

Art. 3º - Os recursos naturais de transformação da água em água potável são lentos, frágeis e muito limitados. Assim sendo, a água deve ser manipulada com racionalidade, precaução e parcimônia.

Art. 4º - O equilíbrio e o futuro do nosso planeta dependem da preservação da água e de seus ciclos. Estes devem permanecer intactos e funcionando normalmente para garantir a continuidade da vida sobre a Terra. Este equilíbrio depende, em particular, da preservação dos mares e oceanos, por onde os ciclos começam.

Art. 5º - A água não é somente uma herança dos nossos predecessores; ela é, sobretudo, um empréstimo aos nossos sucessores. Sua proteção constitui uma necessidade vital, assim como uma obrigação moral do homem para com as gerações presentes e futuras.

Art. 6º - A água não é uma doação gratuita da natureza; ela tem um valor econômico: precisa-se saber que ela é, algumas vezes, rara e dispendiosa e que pode muito bem escassear em qualquer região do mundo.

Art. 7º - A água não deve ser desperdiçada, nem poluída, nem envenenada. De maneira geral, sua utilização deve ser feita com consciência e discernimento para que não se chegue a uma situação de esgotamento ou de deterioração da qualidade das reservas atualmente disponíveis.

Art. 8º - A utilização da água implica no respeito à lei. Sua proteção constitui uma obrigação jurídica para todo homem ou grupo social que a utiliza. Esta questão não deve ser ignorada nem pelo homem nem pelo Estado.

Art. 9º - A gestão da água impõe um equilíbrio entre os imperativos de sua proteção e as necessidades de ordem econômica, sanitária e social.

Art. 10º - O planejamento da gestão da água deve levar em conta a solidariedade e o consenso em razão de sua distribuição desigual sobre a Terra.

Histoire de L'Eau, Georges Ifrah, Paris, 1992





**ANEXO C – “Anexo VII da Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde – ‘Tabela de padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde’”**

Parâmetro	CAS <sup>(1)</sup>	Unidade	VMP <sup>(2)</sup>
<b>INORGÂNICAS</b>			
Antimônio	7440-36-0	mg/L	0,005
Arsênio	7440-38-2	mg/L	0,01
Bário	7440-39-3	mg/L	0,7
Cádmio	7440-43-9	mg/L	0,005
Chumbo	7439-92-1	mg/L	0,01
Cianeto	57-12-5	mg/L	0,07
Cobre	7440-50-8	mg/L	2
Cromo	7440-47-3	mg/L	0,05
Fluoreto	7782-41-4	mg/L	1,5
Mercúrio	7439-97-6	mg/L	0,001
Níquel	7440-02-0	mg/L	0,07
Nitrato (como N)	14797-55-8	mg/L	10
Nitrito (como N)	14797-65-0	mg/L	1
Selênio	7782-49-2	mg/L	0,01
Urânio	7440-61-1	mg/L	0,03
<b>ORGÂNICAS</b>			
Acilamida	79-06-1	µg/L	0,5
Benzeno	71-43-2	µg/L	5
Benzo[a]pireno	50-32-8	µg/L	0,7
Cloreto de Vinila	75-01-4	µg/L	2
1,2 Dicloroetano	107-06-2	µg/L	10
1,1 Dicloroetano	75-35-4	µg/L	30
1,2 Dicloroetano (cis + trans)	156-59-2 (cis) 156-60-5 (trans)	µg/L	50
Diclorometano	75-09-2	µg/L	20
Di(2-etilhexil) ftalato	117-81-7	µg/L	8
Estireno	100-42-5	µg/L	20
Pentaclorofenol	87-86-5	µg/L	9
Tetracloroeto de Carbono	56-23-5	µg/L	4
Tetracloroetano	127-18-4	µg/L	40
Triclorobenzenos	1,2,4-TCB (120-82-1) 1,3,5-TCB (108-70-3) 1,2,3-TCB (87-61-6)	µg/L	20
Tricloroetano	79-01-6	µg/L	20

AGROTÓXICOS			
2,4 D + 2,4,5 T	94-75-7 (2,4 D) 93-76-5 (2,4,5 T)	µg/L	30
Aclor	15972-60-8	µg/L	20
Aldicarbe + Aldicarbesulfona + Aldicarbesulfóxido	116-06-3 (aldicarbe) 1646-88-4 (aldicarbesulfona) 1646-87-3 (aldicarbe sulfóxido)	µg/L	10
Aldrin + Dieldrin	309-00-2 (aldrin) 60-57-1 (dieldrin)	µg/L	0,03
Atrazina	1912-24-9	µg/L	2
Carbendazim + benomil	10605-21-7 (carbendazim) 17804-35-2 (benomil)	µg/L	120
Carbofurano	1563-66-2	µg/L	7
Clordano	5103-74-2	µg/L	0,2
Clorpirifós + clorpirifós-oxon	2921-88-2 (clorpirifós) 5598-15-2 (clorpirifós-oxon)	µg/L	30
DDT+DDD+DDE	p,p'-DDT (50-29-3) p,p'-DDD (72-54-8) p,p'-DDE (72-55-9)	µg/L	1
Diuron	330-54-1	µg/L	90
Endossulfan (α, β e sais) <sup>(3)</sup>	115-29-7; I (959-98-8); II (33213-65-9); sulfato (1031-07-8)	µg/L	20
Endrin	72-20-8	µg/L	0,6
Glifosato + AMPA	1071-83-6 (glifosato) 1066-51-9 (AMPA)	µg/L	500
Lindano (gama HCH) <sup>(4)</sup>	58-89-9	µg/L	2
Mancozebe	8018-01-7	µg/L	180
Metamidofós	10265-92-6	µg/L	12
Metolacoloro	51218-45-2	µg/L	10
Molinato	2212-67-1	µg/L	6
Parationa Metílica	298-00-0	µg/L	9
Pendimentalina	40487-42-1	µg/L	20
Permetrina	52645-53-1	µg/L	20
Profenofós	41198-08-7	µg/L	60
Simazina	122-34-9	µg/L	2
Tebuconazol	107534-96-3	µg/L	180
Terbufós	13071-79-9	µg/L	1,2
Trifluralina	1582-09-8	µg/L	20
DESINFETANTES E PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA DESINFECÇÃO <sup>(5)</sup>			
Ácidos haloacéticos total	<sup>(6)</sup>	mg/L	0,08
Bromato	15541-45-4	mg/L	0,01
Clorito	7758-19-2	mg/L	1
Cloro residual livre	7782-50-5	mg/L	5
Cloraminas Total	10599-903	mg/L	4,0
2,4,6 Triclorofenol	88-06-2	mg/L	0,2
Trihalometanos Total	<sup>(7)</sup>	mg/L	0,1

## NOTAS:

(1) CAS é o número de referência de compostos e substâncias químicas adotado pelo Chemical Abstract Service.

(2) Valor Máximo Permitido.

(3) Somatório dos isômeros alfa, beta e os sais de endossulfan, como exemplo o sulfato de endossulfan.

(4) Esse parâmetro é usualmente e equivocadamente, conhecido como BHC.

(5) Análise exigida de acordo com o desinfetante utilizado.

(6) Ácidos haloacéticos: Ácido monocloraacético (MCAA) – CAS = 79-11-8, Ácido monobromoacético (MBAA) – CAS = 79-08-3, Ácido dicloroacético (DCAA) – CAS = 79-43-6, Ácido 2,2 – dicloropropiônico (DALAPON) – CAS = 75-99-0, Ácido tricloroacético (TCAA) – CAS = 76-03-9, Ácido bromocloroacético (BCAA) CAS = 5589-96-3, 1,2,3, tricloropropano (PI) – CAS = 96-18-4, Ácido dibromoacético (DBAA) – CAS = 631-64-1, e Ácido bromodicloraacético (BDCAA) – CAS = 7113-314-7.

(7) Trihalometanos: Triclorometano ou Clorofórmio (TCM) – CAS = 67-66-3, Bromodicloraacético (BDCM) – CAS = 75-27-4, Dibromoclorometano (DBCM) – CAS = 124-48-1, Tribromometano ou Bromofórmio (TBM) – CAS = 75-25-2.

## ANEXO D – “Anexo X da Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde – ‘Tabela de padrão organoléptico de potabilidade’”

Parâmetro	CAS	Unidade	VMP <sup>(1)</sup>
Alumínio	7429-90-5	mg/L	0,2
Amônia (como NH <sub>3</sub> )	7664-41-7	mg/L	1,5
Cloreto	16887-00-6	mg/L	250
Cor Aparente <sup>(2)</sup>	-	uH	15
1,2 diclorobenzeno	95-50-1	mg/L	0,01
1,4 diclorobenzeno	106-46-7	mg/L	0,03
Dureza total	-	mg/L	500
Etilbenzeno	100-41-4	mg/L	0,2
Ferro	7439-89-6	mg/L	0,3
Gosto e odor <sup>(3)</sup>	-	Intensidade	6
Manganês	7439-96-5	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	108-90-7	mg/L	0,12
Sódio	7440-23-5	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	-	mg/L	1000
Sulfato	14808-79-8	mg/L	250
Sulfeto de hidrogênio	7783-06-4	mg/L	0,1
Surfactantes (como LAS)	-	mg/L	0,5
Tolueno	108-88-3	mg/L	0,17
Turbidez <sup>(4)</sup>	-	uT	5
Zinco	7440-66-6	mg/L	5
Xilenos	1330-20-7	mg/L	0,3

**NOTAS:**

(1) Valor máximo permitido.

(2) Unidade Hazen (mgPt-Co/L).

(3) Intensidade máxima de percepção para qualquer característica de gosto e odor com exceção do cloro livre, nesse caso por ser uma característica desejável em água tratada.

(4) Unidade de turbidez.