UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARA SANITÁRIA E AMBIENTAL

CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

KETYLA KARLA RODRIGUES DO NASCIMENTO

ESTUDO DA EVOLUÇÃO DA PORTARIA DE POTABILIDADE BRASILEIRA

CAMPINA GRANDE – PB
2014

KETYLA KARLA RODRIGUES DO NASCIMENTO

ESTUDO DA EVOLUÇÃO DA PORTARIA DE POTABILIDADE BRASILEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, em cumprimento às exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador (a): Profa. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira

CAMPINA GRANDE – PB
2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

N244e Nascimento, Ketyla Karla Rodrigues do.
Estudo da evolução da portaria de potabilidade brasileira [manuscrito] / Ketyla Karla Rodrigues do Nascimento. - 2014.
64 p. : il. color.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.
"Orientação: Profa. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".

1. Recursos hídricos. 2. Qualidade da água. 3. Potabilidade. I. Título.

21. ed. CDD 628.3

KETYLA KARLA RODRIGUES DO NASCIMENTO

ESTUDO DA EVOLUÇÃO DA PORTARIA DE POTABILIDADE BRASILEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Aprovado pela banca examinadora em: 03 de 12 de 2014.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira
Orientador - UEPB

Profa. Dra. Lígia Maria Ribeiro
Examinadora - UEPB

Profa. Dra. Helvia Waleska Casullo de Araújo
Examinadora - UEPB

AGRADECIMENTOS

A Deus Pai, pela sua infinita misericórdia. Aos meu Pais por toda dedicação e apoio em toda minha vida. A todos os meus familiares pelas palavras de incentivo e carinho.

A professora Weruska, minha orientadora, pelo empenho dedicado à elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso – TCC, e por todo conhecimento e dedicação no decorrer da graduação. Aos docentes da UEPB, por toda contribuição do decorrer da graduação.

Meus agradecimentos aos meus amigos, companheiros de sala e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida com certeza.

Ao meu namorado por tamanha paciência, e por todas as palavras de incentivo, carinho e conforto nos momentos mais difíceis.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação das águas segundo a dureza.....24

Tabela 2 - Alguns parâmetros contemplados a primeira portaria brasileira.....37

Tabela 3 - Valores Máximos Permitidos para cianotoxinas contemplados nas três últimas portarias.....51

Tabela 4 - Valores Máximos Permitidos para Desinfetantes e produtos secundários da desinfecção comtemplados nas três últimas portarias brasileiras e comparados com os valores estabelecidos na 4º edição das guias da OMS para água destinada a consumo humano.....52

Tabela 5 - Valores Máximos Permitidos para os Agrotóxicos comtemplados nas três últimas portarias brasileiras.....54

Tabela 6 - Valores Máximos Permitidos para as substâncias componentes do padrão de aceitação das últimas três portarias vigentes no país.....55

Tabela 7 - Valores Máximos Permitidos para substâncias orgânicas componentes das últimas três portarias vigentes no Brasil.....56

Tabela 8 - Valores Máximos Permitidos para Substâncias Inorgânicas comtempladas nas três últimas portarias brasileiras e comparados com os valores estabelecidos na 4º edição das guias da OMS para água destinada a consumo humano.....57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AQRQ	Avaliação Quantitativa de Risco Químico
AHA	Ácidos Haloacéticos
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
Cenepi	Centro Nacional de Epidemiologia
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo
CGVAM	Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DNSP	Departamento Nacional de Saúde Pública
ETA	Estação de Tratamento de Água
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IARQ	Agência Internacional sobre Pesquisa para o Câncer
LACENS	Laboratório Central
OMS	Organização Mundial de Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana de Saúde.
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SINVISA	Sistema Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental
Siságua	Sistema de informações sobre a qualidade de água para consumo humano
SUS	Sistema Único de Saúde
SVS	Secretaria de Vigilância em Saúde
THM	Trihalometanos
VMD	Valor Máximo Desejável
VMP	Valor Máximo Permitido

RESUMO

A água pode transmitir um elevado número de doenças, tanto por ingestão, quanto por contato com águas de má qualidade. O abastecimento público de água em termos de quantidade e qualidade é uma preocupação crescente da humanidade, em função da escassez e da degradação dos recursos hídricos. A evolução da portaria de potabilidade brasileira apresenta significativos avanços, a primeira Portaria foi a BSB nº 56 publicada em 1977 e a última revisão resultou na publicação da MS nº 2914 em 2011, que também já se encontra em processo de revisão. O estudo foi desenvolvido através de consultas normativo-bibliográficas, que consiste numa revisão bibliográfica de todas as portarias de potabilidade vigentes, de forma a avaliar e discutir comparativamente as legislações já existentes e em vigor, relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano no Brasil. Com a evolução das portarias foram obtidas significativas alterações nos quantitativos de parâmetros abordados e na frequência e quantidade de amostras, incluindo o controle da água no ponto de captação com a introdução do parâmetro cianotoxinas, e a redução do valor de turbidez permitidos na saída da Estação de Tratamento de Água - ETA também foi outra significativa alteração, com a finalidade de garantir a qualidade microbiológica da água, em especial na inativação de protozoários que são os micro-organismos mais resistentes aos processos de desinfecção. Quando se fala em substâncias inorgânicas que afetam a saúde, foram poucas as alterações em quantidade. Diversos parâmetros agrotóxicos foram incluídos nas últimas portarias de potabilidade, devido ao aumento no uso desses insumos no país impulsionados pela grande quantidade exportada de grãos.

PALAVRAS CHAVES: Portarias, água, parâmetros.

ABSTRACT

Water can transmit a large number of diseases, both by ingestion, or by poor contact with water. The public water supply in terms of quantity and quality is a growing concern of humankind, due to the scarcity and degradation of water resources. The evolution of the Brazilian potability concierge significant advances, the first Ordinance was the BSB n. 56 published in 1977 and the last review resulted in the publication of MS No. 2914 in 2011, which also is already under review. The study was developed through normative-bibliographic queries, consisting of a literature review of all existing ordinances of potability in order to evaluate and discuss comparatively the existing legislation and in force for the control and monitoring of the quality of drinking water human in Brazil. With the evolution of the orders were obtained significant changes in quantitative parameters observed and the frequency and quantity of samples, including water control in the pickup point with the introduction of cyanotoxins parameter, and the reduction of turbidity value allowed off the Station water Treatment - ETA was also another significant change, in order to ensure the microbiological quality of water, particularly in the inactivation of protozoa which are micro-organisms resistant to disinfecting processes. When it comes to inorganic substances that affect health, there were few changes in quantity. Several pesticides parameters were included in the last ordinances potability due to the increased use of these inputs in the country driven by the large amount exported grain.

KEYWORDS: Ordinances, water, parameters.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10
2 OBJETIVOS 12
2.1 Objetivo Geral 12
2.2 Objetivos Específicos 12
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 13
3.1 Água 13
3.2 Características Das Águas Naturais 14
***3.2.1 Características Físicas* 14**
3.2.1.1 Turbidez, sólidos suspensos e contagem de partículas **15**
3.2.1.1.1 Importância da turbidez nos estudos de controle de qualidade das águas **16**
3.2.1.2 Cor **17**
3.2.1.3 Sabor e Odor **19**
3.2.1.4 Temperatura **20**
3.2.1.5 Condutividade elétrica **21**
***3.2.2 Características Químicas* 21**
3.2.2.1 pH. **22**
3.2.2.2 Alcalinidade **23**
3.2.2.3 Dureza **24**
3.2.2.4 Acidez. **25**
3.2.2.5 Carbono Orgânico Total **25**
3.2.2.6 Ferro e Manganês **26**
***3.2.3 Características biológicas da água* 27**
3.2.3.1 Algas e cianobactérias **28**
3.2.3.2 Protozoários **30**
***3.2.4 Os Subprodutos Da Desinfecção* 30**
3.2.3.1 Os Trihalometanos **31**
3.3 Água e Saúde 32
***3.3.1 Vigilância Sanitária* 34**
4 METODOLOGIA 36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 36
5.1 Uma Abordagem Geral da Evolução das Portarias 36
***5.1.2 BSB nº 56 de 1977* 36**

5.1.3 Portaria GM nº 36 de 19/01/1990 **38**

5.1.4 Portaria MS nº 1469 de 29/12/2000 e Portaria MS nº 518 de 25/03/2004 **41**

5.1.5 MS nº 2914 de 2011 **44**

5.2 A Evolução do Padrão de Potabilidade e a Abordagem de Substâncias Incluídas na Legislação Brasileira. **47**

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS **60**

REFERÊNCIAS **62**

1 INTRODUÇÃO

Os primeiros passos da legislação ambiental brasileira, no que diz respeito a qualidade de água para consumo humano, foram dados por volta de 1920 com a criação do Departamento Nacional de Saúde Pública (DNSP) (UMBUZEIRO, 2012)

Segundo Formaggia (2007), composto por três diretorias, o DNSP foi estabelecido pelo Decreto-Lei nº 3.987 que fez parte da reorganização dos serviços de saúde do país da época ou mais conhecida como "Reforma Carlos Chagas".

Por volta década de 60 ao decretar o Código Nacional da Saúde, o Governo Federal estabeleceu normas mais amplas no que diz respeito à defesa e proteção da saúde. Este Código incorporou novos objetos à área de abrangência do que hoje se denomina vigilância sanitária, entre elas o saneamento e a proteção ambiental (FORMAGGIA, 2007).

A preocupação nacional com a qualidade da água para consumo humano se revestia de relevância apenas nas ocorrências de epidemias ou surtos de doenças veiculadas pela água (FORMAGGIA, 2007).

O estado de São Paulo saiu na frente, publicando em 9 de fevereiro de 1946 por meio do Decreto Estadual nº 15.642, a primeira norma sobre padrões de potabilidade do Brasil que estabelecia parâmetros mínimos de qualidade para águas potáveis e gelo no estado de São Paulo. Com o passar do tempo e a visível necessidade de um maior controle tanto da água quanto dos alimentos distribuídos à população paulista, em 4 de julho de 1958 foi publicado o Decreto Estadual de nº 33.047 que estabeleceu novos parâmetros bacteriológicos e físico-químicos e padronizou as condições de potabilidade das águas destinadas ao abastecimento humano (UMBUZEIRO, 2012).

Entretanto só em meados dos anos 70 foi conferido ao Ministério da Saúde através do Decreto Federal nº 79.367 de março de 1977 a capacidade para criar as normas e os padrões de potabilidade da água para consumo humano a serem seguidos em todo o território nacional.

Esse documento foi baseado no decreto estadual de São Paulo, na Lei nº 6.229/1975, que dispunha sobre o Sistema Nacional de Saúde e também na 1ª Conferência Pan-Americana sobre qualidade de água, realizada em São Paulo em outubro de 1975 (FORMAGGIA, 2007).

No mesmo decreto determinava que os órgãos e entidades dos Estados, Municípios e Distrito Federal deveriam adotar obrigatoriamente as normas e padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde normatizada pela Portaria BSB nº 56 de 14 de março de 1977.

Em 19 de Janeiro de 1990 foi publicada a Portaria GM nº 36 que revogou a Portaria BSB nº 56, dentre os principais aspectos alterados, pode-se citar a revisão das definições e a introdução de alguns aspectos sanitários (BRASIL, 2003).

Em 29 de dezembro de 2000, foi publicada uma nova portaria, a MS nº 1469, que estabeleceu o controle e a vigilância da qualidade da água para o consumo humano. A nova portaria foi alterada para Portaria MS nº 518 de 25 de março de 2004, entretanto essas mudanças só adequaram as questões relativas às atribuições da Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental (CGVAM) e Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), não havendo mudanças nos padrões de potabilidade propostos anteriormente (BRASIL, 2005).

Recentemente uma nova versão da portaria de potabilidade foi publicada, mais completa no ponto de vista dos parâmetros microbiológicos e químicos, a MS nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 teve sua redação modificada para tornar mais simples a compreensão do texto.

A evolução dos padrões de potabilidade mostra à população o quanto é importante a vigilância e controle da água distribuída para consumo humano e o risco potencial que é associado às doenças de veiculação hídrica.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar e discutir comparativamente as legislações já existentes e em vigor, relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano no Brasil.

2.2 Objetivos Específicos

- Estudar a evolução dos padrões de potabilidade em termos de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos das legislações brasileira.
- Identificar a existência de dispositivos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano.
- Estudar o crescimento dos parâmetros e sua respectiva importância epidemiológica nas Portarias de potabilidade de água.
- Analisar de acordo com as teorias relacionadas, a evolução da portaria de potabilidade vigente em comparação com as normas internacionais de controle de qualidade de água para consumo humano.
- Estudar a evolução dos parâmetros considerados operacionais, que são interferentes no tratamento da água para abastecimento humano.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Água

Composta por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio (H_2O), a água é a substância mais abundante no planeta Terra, e pode ser encontrada nos estados líquido, sólido e gasoso, na atmosfera, nos rios e lagos e nos aquíferos.

Aproximadamente 1,386 bilhões de quilômetros cúbicos de água cobrem três quartos da superfície terrestre e integram a atmosfera. Em torno de 97,5% deste total ou 1,24 bilhões de quilômetros cúbicos estão nos oceanos, ou seja, são águas salgadas. Os 2,5% de água doce da Terra estão em sua maior parte aprisionados em calotas polares e geleiras (68.9% do total de água doce); a segunda maior parte é de água subterrânea (29,9% do total de água doce); apenas 0,3% de toda água doce se encontra em rios e lagos e 0,9% estão em outros reservatórios (BRZEZINSKI, 2006c, apud TUNDISI, 2005).

Os aquíferos – reservas hídricas subterrâneas – constituem a principal fonte de águas doce, no entanto, os aquíferos renovam-se numa velocidade muito abaixo da que nós extraímos e como consequências disso tem a diminuição dos níveis dos lençóis freáticos, poços secando, um maior consumo de energia para bombear a água desses mananciais mais profundos (OLIVEIRA, 2012).

O problema da água doce no planeta é que seu volume é fixo, diferentemente da população, que cresce numa progressão exponencial. Em boa parte do mundo, muitas pessoas já sofrem com a escassez de água.

Oliveira (2012), afirmam que por volta de 2050 mais de 4 bilhões de pessoas – um quarto da população - estarão vivendo em países com carência crônica de água.

As águas superficiais estão sempre em movimento, constituindo o ciclo hidrológico (ciclo da água). A parte renovável do dos suprimentos de água doce dos quais dependemos, é a que evapora e cai na terra alimentando os rios, molhando o solo e reabastecendo os aquíferos.

Mais de dois terços do consumo de água no mundo serve para irrigar lavouras e para os animais, nessa prática, o desperdício é muito grande pois apenas uma pequena porcentagem dessa água chega ao cultivo para o qual se destina (OLIVEIRA, 2012).

Segundo Oliveira (2012), pesquisas recentes apontam que apenas 10% de toda água consumida é para uso doméstico, porém essa quantidade varia muito entre os diversos países e regiões do mundo. Este é o uso mais evidente da água e está diretamente ligado com riqueza

de cada um. O volume de água utilizado diariamente pode variar de 1 litro na Etiópia, a mais de 800 litros no Canadá.

Boa parte da água distribuída para propósitos domésticos nunca chega ao consumidor. As cidades e países em desenvolvimento costumam perder cerca de 40% de sua água tratada. Aqui no Brasil, há sistemas que chegam a perder mais 50% da água tratada somando as perdas físicas das perdas não físicas (BRZEZINSKI, 2006).

É curioso falar que 30% do consumo humano é destinado às descargas em vasos sanitários, quando boa parte da população padece por falta de água até mesmo para beber. Esse dado nos leva a pensar e racionar o uso da água. Futuramente nós podemos fazer parte dessa estatística (OLIVEIRA, 2012).

Entre as peculiaridades da água está a de ser uma substância encontrada no estado sólido, líquido e gasoso na superfície da terra, ou seja, ela pode ser facilmente encontrada nas três fases na natureza.

Conhecer as características e propriedades da água são fundamentais para o manejo correto desse bem inestimável, seja ele para abastecimento humano ou para qualquer outra atividade industrial.

3.2 Características Das Águas Naturais

As características físicas, químicas e biológicas das águas naturais decorrem de uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e na bacia hidrográfica. Por ser considerada o solvente universal, como consequência disso, ocorrem a dissolução de uma ampla gama de substâncias e o de transporte pelo escoamento superficial e subterrâneo (LIBÂNIO, 2010).

3.2.1 Características Físicas

As aplicações das características físicas nos estudos e fenômenos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos e de caracterização e controle de qualidade de águas para abastecimento público e para outros fins, tornam essas características indispensáveis à maioria das atividades que envolvem qualidade de águas.

Os principais parâmetros utilizados para caracterizar fisicamente as águas naturais são a cor, a turbidez, os níveis de sólidos em suas diversas frações, a temperatura, o sabor e o odor.

Mesmo se tratando de parâmetros físicos, fornecem importantes indicações preliminares para a caracterização da qualidade química da água como, por exemplo, os níveis de sólidos em suspensão que está diretamente associado à turbidez e as concentrações de sólidos dissolvidos que estão associadas à cor verdadeira, aos sólidos orgânicos voláteis e aos sólidos fixos, e com os compostos que produzem odor.

3.2.1.1 Turbidez, sólidos suspensos e contagem de partículas

Libânio, (2010) retrata que esses três parâmetros, em última instância, referem-se à mesma característica, que é a de concentração de partículas suspensas presentes na massa líquida, e apresenta significados semelhantes em termos de qualidade de água. A determinação da turbidez adquiriu importância como parâmetro de monitoramento do afluente e efluente da totalidade das estações de tratamento de água pela simplicidade de rapidez na determinação, além do significativo menor custo do equipamento envolvido comparado aos equipamentos necessários para a determinação de sólidos suspensos e contagem de partículas.

A turbidez como característica física é constituída pela interferência da concentração de partículas suspensas na água obtida a partir da passagem de um feixe de luz através da amostra, sendo expressa por meio da unidade de turbidez (uT), também conhecida como unidade nefelométricas de turbidez (LIBÂNIO, 2010).

A turbidez de uma amostra de água é caracterizada pelo grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (e esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral.

LIBÂNIO, 2010, comenta que:

> [...] a turbidez natural das águas superficiais está, geralmente, numa faixa de 3 a 500 (uT). Em lagos e represas, onde a velocidade de escoamento da água é menor, a turbidez tende a ser bastante baixa. Além da ocorrência de origem natural, a turbidez da água pode também ser causada por lançamentos de esgotos domésticos ou industriais.

Um exemplo típico deste fato ocorre em consequência das atividades de mineração, onde os aumentos excessivos de turbidez têm provocado formação de grandes bancos de lodo em rios e alterações no ecossistema aquático.

No Brasil a turbidez dos corpos d'água são particularmente elevadas em regiões com solos com certo grau de erosão das margens dos rios. Nas estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas e que exige manobras operacionais nas estações de tratamento de água, como alterações nas dosagens de coagulantes e auxiliares (polímeros) (LIBÂNIO, 2010). A erosão pode decorrer do mau uso do solo, em que se impede a fixação da vegetação. Este exemplo mostra também o caráter sistêmico da poluição, ocorrendo inter-relações ou transferência de problemas de um ambiente (água, ar ou solo) para outro.

Segundo Libânio, (2010), grande parte das águas dos rios brasileiros, são naturalmente turvas em decorrência das características geológicas das bacias de drenagem, de altos índices pluviométricos e do uso de práticas agrícolas muitas vezes inadequadas.

Por ouro lado, regiões de clima frio, com a menor probabilidade de precipitações intensas, apresentam águas naturais com valores de turbidez significativamente menores.

Para o grau de potabilidade, a turbidez da água filtrada vem gradativamente firmando-se como um dos principais parâmetros na verificação do desempenho das ETAs, assertivamente reforçado pelo novo padrão de potabilidade da água. O emprego da turbidez como parâmetro indicador da eficiência do tratamento encontra respaldo em estudos recentes que associam a remoção dessa característica física à de cistos e oocistos de protozoários e nessa perspectiva as normas mundiais para água de abastecimento têm se tornado progressivamente mais restritivas para os limites de turbidez da água filtrada.

3.2.1.1.1 Importância da turbidez nos estudos de controle de qualidade das águas

A turbidez também é um parâmetro que indica a qualidade estética das águas para abastecimento público. A Portaria de potabilidade MS nº 2914/2011 estabelece que o valor máximo na rede de distribuição seja 5,0 uT, e 0,5 uT para água filtrada por filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta), assim como o valor máximo permitido de 1,0 uT para água filtrada por filtração lenta.

Nas estações de tratamento de água, a turbidez, conjuntamente com a cor, é um parâmetro operacional de extrema importância para o controle dos processos de coagulação, floculação, sedimentação e filtração.

Há uma preocupação adicional que se refere à presença de turbidez nas águas submetidas à desinfecção pelo cloro. Estas partículas grandes podem abrigar microrganismos, protegendo-os contra a ação deste agente desinfetante. Daí a importância das fases iniciais do tratamento para que a qualidade biológica da água a ser distribuída possa ser garantida.

A resolução n° 357 do CONAMA impõe limites de turbidez de 40 uT para águas doces classe 1 e de 100 uT para as classes 2 e 3.

3.2.1.2 Cor

A cor da água é produzida pela reflexão da luz em partículas minúsculas, que podem ser a presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico, que estão dispersas na massa líquida e possuem dimensões minúsculas. Os coloides são de origem predominantemente orgânica e possuem dimensões inferiores à 1µm (FERNANDES NETO, 2010).

Pode-se citar dentro dos coloides orgânicos, os ácidos húmicos e fúlvicos, substâncias naturais decorrentes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, e outros substratos. Atribui-se a denominação de *substâncias húmicas* ao conjunto de compostos orgânicos de elevado peso molecular, de origem majoritariamente vegetal e com dimensões coloidais e com composição, em média, de 87% de ácidos fúlvicos, 11% de ácidos himatomelânicos e apenas 2% de ácidos húmicos (LIBÂNIO, 2010).

A cor também pode ser resultado da presença de lançamentos de resíduos industriais, e de compostos inorgânicos como óxidos de ferro e manganês que acarretam uma coloração amarelada à água (CETESB, 2009). Quando essa manifestação ocorre em águas subterrâneas o resultado quase sempre é a presença dos compostos de ferro e manganês, já que esses compostos são presentes em diversos tipos de solo.

Libânio, (2010) diz que os compostos orgânicos que atribuem cor às águas naturais são provindos de duas fontes:

1. Em maior escala ocorrem os que são derivados da decomposição da matéria orgânica de origem majoritariamente vegetal e do metabolismo dos micro-organismos presentes no solo.
2. Em menor magnitude, mas não menos importante, as atividades antrópicas, tais com, descargas de efluentes domésticos e industriais, a lixiviação de vias urbanas e dos solos agricultúraveis, também acarretam cor às águas.

A cor de distingue em cor aparente e cor verdadeira. A cor aparente é referente às partículas em suspensão presentes na massa líquida. Já a determinação da cor verdadeira é realizada após a centrifugação ou filtração da amostra em filtro de papel para remoção das partículas suspensas.

A determinação da intensidade da cor da água é realizada comparando- se a amostra com um padrão de cobalto-platina, e tem o resultado apresentado em unidades de cor (uC) ou unidades Hazen (uH).

Segundo Libânio, (2010):

> As águas naturais, normalmente, apresentam cor verdadeira entre 0-200 uC, alguns corpos d'água manifestam naturalmente cor escura, isso ocorre por serem localizados em regiões ricas em vegetação e, consequentemente com solos com baixo ou nenhum nível de erosão. Como exemplo desse fenômeno temos no Brasil o afluente do Rio Amazonas, o Rio Negro, constitui-se exemplo pragmático cujo próprio nome alude à cor escura causada pela presença de produtos de decomposição vegetal e pigmentos de origem bacteriana.

A devida importância da cor como parâmetro de qualidade de água possuiu maior evidência após a confirmação, no início, da década de 70, da perspectiva de formação de produtos com potencial cancerígenos (trihalometanos – THM) como consequência da cloração de águas coloridas com a finalidade de abastecimento urbano. Lembrando que os THM não são os únicos subprodutos da desinfecção (LIBÂNIO, 2010).

Com relação ao abastecimento público de água, a cor, embora seja um atributo estético da água, não se relacionando necessariamente com problemas de contaminação, é padrão de potabilidade. O valor máximo permitido para a cor aparente é de 15 unidades Hazen (1 uH = 1 mg Pt-Co/L), pela Portaria de potabilidade MS nº 2014/2011, para a água na rede de distribuição. A presença de cor provoca repulsa psicológica pelos consumidores, com a associação com descarga de esgotos, e pode causar, na população, a procura por água de uma fonte menos confiável, conferindo assim um risco à saúde (CETESB, 2009).

No controle da qualidade das águas nas estações de tratamento para abastecimento público, a cor é um parâmetro fundamental, não só por tratar-se de padrão de potabilidade, como também por ser parâmetro operacional de controle da qualidade da água bruta, da água decantada e da água filtrada, servindo como base para a determinação das dosagens de produtos químicos a serem adicionados, dos graus de mistura, dos tempos de contato e de sedimentação das partículas floculadas. Por serem parâmetros de rápida determinação, a cor e a turbidez são muito úteis nos ensaios de floculação das águas nos aparelhos denominados "Jar Test" e nos ensaios de sedimentação em colunas e de filtração em leitos granulares.

3.2.1.3 Sabor e Odor

A água pura não produz sensação de odor ou sabor nos sentidos humanos. Uma das principais fontes de odor nas águas naturais é a decomposição biológica da matéria orgânica. No meio anaeróbio, isto é, no lodo de fundo de rios e de represas e, em situações críticas, em toda a massa líquida, ocorre a formação do gás sulfídrico, H_2S, que apresenta odor típico de ovo podre, de mercaptanas e amônia, esta última ocorrendo também em meio aeróbio. Águas eutrofizadas, isto é, águas em que ocorre a floração excessiva de algas, devido à presença de grandes concentrações de nutrientes liberados de compostos orgânicos biodegradados, podem também manifestar sabor e odor.

Segundo FACINCANI, (2012):

> Sabe-se que certos gêneros de algas cianofíceas (algas azuis, resistentes às condições de severa poluição, atualmente classificadas como cianobactérias) produzem compostos odoríficos, em alguns casos até mesmo tóxicos. É, por exemplo, o problema cíclico que ocorre em São Paulo na Represa do Guarapiranga, manancial que recebe esgotos e abastece parte da região metropolitana. Vários episódios ocorreram, sendo que há alguns anos uma floração de *Anabaena* sp provocou odor semelhante ao do BHC, sendo que a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP, encontrou grandes dificuldades para contornar o problema na fase de captação, onde foram testados diversos algicidas, e na fase do tratamento (emprego de adsorção em carvão ativado).

Na legislação brasileira atual é determinado intensidade 6 para sabor e odor. A legislação paulista é talvez rigorosa demais, condenando a presença de qualquer tipo de odor senão o de cloro (FACINCANI, 2012).

A adsorção em carvão ativado granular ou em pó é a técnica mais empregada e eficiente no controle de odor. Em casos particulares, como no importante problema da liberação de H_2S de processos anaeróbios, perceptível pelo olfato humano em concentrações da ordem de apenas 1 ppb, técnicas oxidativas empregando-se cloro, peróxido de hidrogênio e ozonização, entre outras, ou técnicas de precipitação química com sais de ferro, podem ser testadas. Essa medida, no entanto, deverá ser bem planejada, devendo ser primeiramente testada em menor escala para a verificação da eficiência real e para a identificação de problemas operacionais como a descarga de oxidante residual que possa resultar em efeito tóxico ao meio (FERREIRA FILHO e FERNANDES, 2005).

Ferreira Filho e Fernandes, (2005) afirmam que:

> A inibição da proliferação de odores intervindo-se na atividade biológica tem sido aplicada com sucesso. Muitas cidades, principalmente as de clima quente, sofrem com o problema da exalação de maus odores pela rede coletora de esgotos. A origem desse problema é a redução anaeróbia do sulfato para sulfeto, com consequente liberação do H_2S. Aplicada continuamente uma solução de nitrato de sódio, ocorre preferencialmente a redução do nitrato em nitrogênio gasoso, inibindo-se o crescimento das bactérias redutoras de sulfato e a exalação do gás sulfídrico.

3.2.1.4 Temperatura

A temperatura é uma condição ambiental muito importante em diversos estudos relacionados a qualidade de águas. Sob o aspecto referente à biota aquática, a maior parte dos organismos possui faixas de temperatura "ótimas" para a sua reprodução. Por um lado, o aumento da temperatura provoca o aumento da velocidade das reações, em particular as de natureza bioquímica de decomposição de compostos orgânicos. Por outro lado, diminui a solubilidade de gases dissolvidos na água, em particular o oxigênio, base para a decomposição aeróbia.

Estes dois fatores se superpõem, fazendo com que nos meses quentes de verão os níveis de oxigênio dissolvido nas águas poluídas sejam mínimos, frequentemente provocando mortandade de peixes e, em casos extremos, exalação de maus odores devido ao esgotamento total do oxigênio e consequente decomposição anaeróbia dos compostos orgânicos sulfatados, produzindo o gás sulfídrico, H_2S. Desta forma, a definição da temperatura de trabalho nos estudos de autodepuração natural faz-se necessária para a correção das taxas de desoxigenação e de reaeração, normalmente obtidas para a temperatura de referência de 20 °C.

Os processos físico-químicos em que ocorre equilíbrio, como por exemplo a dissociação do cloro e os processos de precipitação química, são também dependentes da temperatura, mas o efeito não é tão significativo como nos processos biológicos.

Devido às importantes influências da temperatura sobre a configuração dos ambientes aquáticos, normalmente este parâmetro é incluído nas legislações referentes ao controle da poluição das águas. Na Resolução 430 de 13 de Maio de 2011 do CONAMA, é imposto como padrão de emissão de efluentes, a temperatura máxima de 40 ^{o}C, lançados tanto na rede

pública coletora de esgotos como diretamente nas águas naturais. Além disso, nestas últimas não poderá ocorrer variação superior a 3 ^{o}C com relação à temperatura de equilíbrio. Isto é importante para efluentes industriais produzidos a quente, como os de tinturarias, galvanoplastias, indústrias de celulose, etc.

A temperatura das águas é medida de maneira bastante simples através de termômetros de mercúrio. A temperatura do ar, variável controlada em diversos estudos ambientais, pode também ser medida através dos termômetros de máximas e mínimas, que registram as temperaturas limites durante determinado período, por exemplo, 24 horas.

3.2.1.5 Condutividade elétrica

Mesmo não sendo um parâmetro integrante do atual padrão de potabilidade brasileiro, a condutividade elétrica é um importante indicador de lançamento de efluentes, pois está relacionado à concentração de sólidos dissolvidos (LIBÂNIO, 2010).

A condutividade elétrica da água relaciona a resistência elétrica ao comprimento e é expressa comumente em µS/cm (microSiemens). Águas naturais apresentam normalmente condutividade elétrica inferior a 100 µS/cm, podendo atingir 1000 µS/cm em corpos d'água receptores de elevadas cargas de efluentes domésticos e industriais (LIBÂNIO, 2010).

3.2.2 Características Químicas

A importância química da água está no fato do seu poder de dissolver em maior ou menor intensidade de quase todas as substâncias. Após a precipitação, especialmente na forma de chuva, a água escoa superficialmente ou se infiltra. Por isso todas as águas naturais contêm gases e sais minerais em solução adquiridos através do contato da água com o ar e, principalmente, com o solo. As águas subterrâneas têm sua qualidade afetada pelas condições naturais do solo, em função da incorporação de impurezas ocorridas durante a precipitação, ao longo do escoamento superficial e no processo de infiltração e percolação, mesmo que as condições naturais da bacia sejam as mais preservadas possíveis ou mesmo inexploradas. Neste caso os principais fatores de influência são a cobertura e a composição do solo.

Em áreas já habitadas ou exploradas pelo homem a qualidade da água está sujeita ao uso e ocupação do solo. A presença humana normalmente gera despejos domésticos e de processos de transformação, mesmo que a ocupação seja eminentemente rural, esses tipos de

impurezas estarão presentes, embora na maioria das vezes mais dispersas. Em áreas agrícolas a qualidade natural da água pode ser perigosamente alterada pela incorporação de defensivos que atingem o solo e são carreados pelo escoamento superficial, especialmente quando da ocorrência de precipitações atmosféricas.

As características mais importantes para se qualificar quimicamente a água são: pH, acidez, alcalinidade, cloretos, dureza, sólidos, elementos e compostos químicos especiais e gases dissolvidos.

3.2.2.1 pH

O pH (potencial hidrogeniônico) consiste na concentração de íons H^+ na água, e representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio aquático. O desequilíbrio entre as quantidades desses íons no interior da massa d'água fará com que esta tenha um pH superior a 7,0 (mais hidroxilas) ou inferior (mais cátions H^+). A relação dióxido de carbono-bicarbonatos presentes nas águas naturais é o principal fator de definição do nível do pH, pois o dióxido dissolvido transforma-se em ácido carbônico. Apresenta relações fundamentais com acidez e alcalinidade de modo que é praticamente impossível falar destas sem ter aquele em mente (LIBÂNIO, 2010)

De um modo geral as alterações naturais do pH têm origem na decomposição de rochas em contato com a água, absorção de gases da atmosfera, oxidação de matéria orgânica, fotossíntese, além da introdução de despejos domésticos e industriais (LIBÂNIO, 2010).

Do ponto de vista analítico o pH é um dos parâmetros mais importantes na determinação da maioria das espécies químicas de interesse tanto da análise de águas potáveis como na análise de águas residuárias, sendo, pois, uma das mais comuns e importantes determinações no contexto da química da água.

Segundo Libânio, (2010), o pH é o parâmetro operacional, monitorado com maior frequência, nas estações de tratamento de água, pois o pH causa interferência em diversos processos característicos do processo de potabilização como coagulação química, controle da corrosão, abrandamento e desinfecção. Águas com baixos valores de pH tendem a ser agressivas para instalações metálicas. O atual padrão de potabilidade em vigor no Brasil, preconiza uma faixa de pH entre 6, e 9,5.

O pH interfere no grau de solubilidade de várias substâncias, na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, definindo inclusive o potencial de toxicidade de vários elementos (LIBÂNIO, 2010).

3.2.2.2 Alcalinidade

A alcalinidade é definida quimicamente pela capacidade de neutralizar ácidos, sendo assim a propriedade inversa da acidez. Em geral a presença de alcalinidade leva o pH para valores superiores a 7,0, porém pH inferiores (acima de 4) não significa que não haja substâncias alcalinas dissolvidas no meio aquoso.

Geralmente é constituída de bicarbonatos (HCO_3^-), os carbonatos (CO_3^{2-}) e os hidróxidos (OH^-), cujas formas são função do pH.

De acordo com Richter (2009), as três formas de alcalinidade se manifestam em função do pH:

- Para pH superiores a 9,4 tem-se dureza de carbonatos e predominantemente de hidróxidos.
- Entre pH de 8,3 e 9,4, predominam os carbonatos e bicarbonatos.
- Para pH entre 4,6 e 8,3 ocorre apenas dureza de bicarbonato.
- Abaixo de 4,4 ácido minerais.

De um modo geral as alterações de alcalinidade têm origem na decomposição de rochas em contato com a água, reações envolvendo o CO_2 de origem atmosférica e da oxidação de matéria orgânica, além da introdução de despejos industriais.

No processo de potabilização da água para abastecimento, a alcalinidade adquire função primordial no êxito do processo de coagulação, minimizando a redução muito significativa do pH após a dispersão do coagulante.

A alcalinidade não é contemplada pelo padrão de potabilidade brasileiro, pois não possui significado sanitário. No Brasil as águas superficiais apresentam alcalinidade inferior à 100 $mg.L^{-1}$ $CaCO_3$ (LIBÂNIO, 2010).

Valores mais elevados de alcalinidade são comumente associados aos processos de decomposição de matéria orgânica, à atividade respiratória dos microrganismos, com liberação e dissolução do gás carbônico (CO_2) na água, e ao lançamento de efluentes industriais.

3.2.2.3 Dureza

De modo geral, as águas duras, são aquelas que exigem consideráveis quantidades de sabão para produzir espuma. A dureza é devido à presença de cátions multivalentes em meio aquoso, os quais são capazes de reagir com sabão formando precipitados e com certos ânions presentes na água para formar crostas. Os principais íons causadores de dureza são cálcio e magnésio tendo um papel secundário o alumínio, estrôncio, ferro e manganês.

A dureza é classificada em carbonata e não-carbonata, dependendo do ânion com o qual está associada. A dureza é dita carbonata ou temporária, quando desaparece com o calor, ou seja, o aumento significativo de temperatura propicia a precipitação do carbonato. A dureza temporária é a resultante da combinação de íons de cálcio e magnésio que podem se combinar com bicarbonatos e carbonatos presentes. Já a dureza não-carbonata ou permanente não desaparece com o calor, ou seja, a dureza permanente é aquela que não é removível com a fervura da água.

As águas duras são caracterizadas por exigirem consideráveis quantidades de sabão para produzir espuma, e esta característica já foi, no passado, um parâmetro de definição, ou seja, a dureza de uma água era considerada como uma medida de sua capacidade de precipitar sabão.

Durante a fervura da água os carbonatos precipitam-se e esse evento altera o cozimento dos alimentos, provocando o "encardido" em panelas e é potencialmente perigoso para o funcionamento de caldeiras ou outros equipamentos que trabalhem ou funcionem com vapor d'água, podendo provocar explosões desastrosas.

A dureza é expressa em $mg.L^{-1}$ de equivalente em carbonato de cálcio ($CaCO_3$). A classificação das águas de acordo com a dureza, está descrita na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação das águas segundo a dureza

Águas	**Dureza ($mg.L^{-1}$ em $CaCO_3$)**
Mole ou brandas	≤ 50
Moderada	50 - 150
Dura	150 - 300
Muito duras	> 300

Fonte: Richter, (2009).

O padrão de potabilidade brasileiro estabelece o limite máximo de 500 $mg.L^{-1}$ $CaCO_3$, semelhante ao adotado no Canadá. A dureza não possui significado sanitário, apresenta alguns inconvenientes como gasta muito sabão para formar espuma e podendo causar incrustações nas tubulações de água quentes, caldeiras e aquecedores (LIBÂNIO, 2010).

As características das águas brasileiras são brandas ou moderadamente duras, salvo exceções. Na maioria do país onde predominam águas com dureza reduzidas, a biota do meio aquático é bastante sensível à presença de substâncias tóxicas, fato que é explicado, já que a toxicidade é inversamente proporcional ao grau de dureza da água (LIBÂNIO, 2010).

3.2.2.4 Acidez

Acidez é a caracterizada como a capacidade de neutralizar bases, e também, de evitar bruscas alterações de pH, devido, majoritariamente, à concentração de CO_2 livre nas águas, podendo ser de origem natural, quando é absorvido da atmosfera e da decomposição da matéria orgânica, ou de origem antrópica, ocasionada por lançamentos de efluentes industriais.

A acidez é expressa da mesma forma que a alcalinidade, em $mg.L^{-1}$ de $CaCO_3$. Acidez, alcalinidade e pH possuem uma enorme correlação, de um modo geral o teor acentuado de acidez pode ter origem na decomposição da matéria orgânica, na presença de gás sulfídrico, na introdução de despejos industriais ou passagens da água por áreas de mineração.

Do ponto de vista de águas de abastecimento ou mesmo sanitário, a acidez tem pouco importância. No campo do abastecimento de água o pH intervém na coagulação química, controle da corrosão, abrandamento e desinfecção. Águas com baixos valores de pH tendem a ser agressivas para instalações metálicas. O padrão de potabilidade em vigor no Brasil, preconiza uma faixa de pH entre 6,0 e 9,5.

3.2.2.5 Carbono Orgânico Total

O Carbono Orgânico Total (COT) também é um parâmetro indicador da concentração de matéria orgânica presente nas águas naturais, sendo assim, o COT é um indicador útil do grau de poluição do manancial.

Em águas superficiais, o teor de COT varia de 1 a 20 $mg.L^{-1}$, podendo chegar até 1000 $mg.L^{-1}$ nas águas residuárias. Dessa forma, uma alteração significativa desse parâmetro é um indício de novas fontes poluidoras (LIBÂNIO, 2010).

O COT é a concentração de carbono orgânico oxidado a CO_2, em um forno a alta temperatura, e quantificado por meio de analisador infravermelho. Existem dois tipos de carbono orgânico no ecossistema aquático: carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico dissolvido (COD). A análise de COT considera as parcelas biodegradáveis e não biodegradáveis da matéria orgânica, não sofrendo interferência de outros átomos que estejam ligados à estrutura orgânica, quantificando apenas o carbono presente na amostra.

Sua importância ambiental deve-se ao fato de servir como fonte de energia para bactérias e algas, além de complexar metais.

> O COT principalmente na forma dissolvida, assume papel preponderante no desenvolvimento da comunidade algal no ecossistema aquático. Além de se inserir na cadeia trófica de bactérias e algas – como agente precipitador de nutrientes na camada bentônica para produção primária - , o COT atua também no processo de fotossíntese, por intermédio da interferência na penetração das radiações solares no corpo d'água (LIBÂNIO, 2010).

A relevância do monitoramento do COT consolidou-se na perspectiva de minimizar a formação de THM e outros subprodutos da desinfecção. Diversos pesquisadores apontam significativas correlações entre a Formação Potencial de THM (FPTHM) e o COT para águas naturais potabilizáveis. Ainda sobre a relação entre o COT e os THM, Libânio, 2010 diz que:

> Mesmo a portaria atual não fazendo menção ao COT, o uso extensivo dos compostos de cloro como desinfetantes, passou a conferir maior importância a esse parâmetro, pois os ácidos fúlvicos, assim como a biomassa de algas de cianobactérias, constituem-se importantes precursores da formação de THM. Todavia, o elevado custo dos equipamentos de determinação do COT torna raríssimo no país no monitoramento desse parâmetro.

3.2.2.6 Ferro e Manganês

Ambos metais originam-se da dissolução de compostos de rochas e solos . Por ser um dos elementos mais abundantes, o ferro é habitualmente encontrado nas águas naturais, superficiais e subterrâneas, apresentando-se nas formas insolúveis (Fe^{+3}) e dissolvidas (Fe^{+2}), como óxidos, silicatos, carbonatos, cloretos, sulfatos e sulfitos (LIBÂNIO, 2010).

Sobre o manganês Libânio, (2010), afirma que embora sendo bem menos abundante e quando presente frequentemente associado ao ferro, o manganês também se apresenta na forma dissolvida (Mn^{+2}) e insolúvel (Mn^{+3} e Mn^{+4}) em menores concentrações quando

comparado ao ferro. Por se apresentar mais estável na forma reduzida do que o ferro, a oxidação do manganês torna-se mais difícil e a simples aeração geralmente não é suficiente para sua remoção.

O ferro e o manganês encontram-se frequentemente associados, e os problemas que sua presença na água provoca para os consumidores e os processos de tratamento para sua remoção são semelhantes (RICHTER, 2009).

De acordo com Di Bernardo *et al* (2011), dependendo da sua concentração, o ferro muitas vezes presente juntamente com o manganês, confere à água um sabor amargo adstringente.

Em geral, adota-se o limite de 0,3 $mg.L^{-1}$ para concentração máxima de ferro e 0,1 $mg.L^{-1}$ para a de manganês. Essas limitações, entretanto, são estabelecidas mais por razões estéticas e econômicas do que por riscos fisiológicos (Richter, 2009).

3.2.3 Características biológicas da água

Milhares de seres vivos são encontrados na água, da escala macroscópica (peixes e algas) à microscópica (vírus, protozoários, bactérias, algas) (RICHTER, 2009).

Assim como qualquer grupo de indivíduos, os micro-organismos são classificados em grupos de acordo com algumas características em comum, sendo assim, separados em bactérias, protozoários, fungos, algas e vírus.

Se houver condições físicas e químicas apropriadas no meio aquático, surgira uma cadeia alimentar composta por organismos produtores, consumidores de várias ordens e decompositores (EIGER *et al*.,2005). Entre os principais organismos patogênicos que podem ser encontrados na água, estão os vírus, protozoários, helmintos, bactérias e cianobactérias.

Ocasionalmente estão incluídos os organismos parasitários e/ou patogênicos que, utilizando a água como veículo, podem causar doenças, constituindo, portanto, um perigo sanitário (BRASIL, 2006).

Segundo Brasil, (2006):

> Em virtude da grande dificuldade para identificação dos vários organismos patogênicos encontrados na água, dá-se preferência, para isso, métodos que permitam a identificação de bactérias do "grupo coliforme" que, por serem habitantes normais do intestino humano, existem, obrigatoriamente, em águas poluídas por material fecal.

3.2.3.1 Algas e cianobactérias

As algas são vegetais clorofilados que são encontrados em todos os mananciais. O desenvolvimento das algas depende da presença de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, da luz solar e de outros fatores, sobretudo relacionados do estado trófico da água (RICHTER, 2009).

A contaminação dos recursos hídricos e dos mananciais de abastecimento público por rejeitos vindos das atividades humanas tem sido um dos maiores fatores de risco para a saúde humana especialmente em regiões com condições inadequadas de saneamento e suprimento de água, o que é observável tanto em regiões brasileiras de alta concentração urbana como em áreas rurais.

A eutrofização artificial produz mudanças na qualidade da água incluindo a redução de oxigênio dissolvido, da biodiversidade aquática, a perda das qualidades cênicas, a morte extensiva de peixes e o aumento da incidência de florações de microalgas e cianobactérias. Essas florações podem provocar o aumento no custo do tratamento da água de abastecimento e consequências relacionadas à saúde pública (BRASIL, 2003).

Brasil (2003), diz que:

> Entre os fatores que levam as cianobactérias predominarem sobre os outros grupos fitoplanctônicos (microalgas), destaca-se as características fisiológicas pelas quais as cianobactérias assimilam os nutrientes (N e P) do meio aquático. De maneira geral, as cianobactérias são menos eficientes na assimilação desses nutrientes do que as microalgas (algas verdes ou diatomáceas, por exemplo), que, em condições normais, crescem mais e melhor. No entanto, ao produzir uma descarga excessiva de nutrientes nos reservatórios o homem propicia uma maior oferta desses nutrientes, facilitando a assimilação dos mesmos e o crescimento das cianobactérias.

O principal interesse e estudos sobre os impactos ao meio ambiente e a saúde se dá por conta da capacidade que algumas cianobactérias possuem, em produzir gosto e odor desagradável e poderosas toxinas nocivas à saúde. As Figuras 1 e 2 ilustram mananciais com a presença de algas.

Figura 1 – Aspectos de florações de *Cylindrospermopsis*.

Fonte: BRASIL, (2003).

Figura 2 - Aspectos de florações de *Microcystis*.

Fonte: BRASIL, (2003).

Entre os gêneros potencialmente nocivos, destacam-se *Microcystis, Anabaena, Cylindrospermopsis, Oscillatoria, Planktothrix a Aphanocapsa.* (CARNEIRO & LEITE, 2006).

As cianotoxinas são classificadas como hepatotóxicas, neurotóxicas, dermatotóxicas ou promotoras da inibição da síntese de proteínas, de acordo com seu mecanismo de ação.

3.2.3.2 Protozoários

Os protozoários são organismos unicelulares, móveis e completamente fechados. Alguns protozoários são patogênicos e são difíceis de serem inativados por desinfecção, tornando a filtração o meio mais efetivo de remoção da água (RICHTER, 2009).

Os gêneros de protozoários associados a doenças de transmissão hídrica incluem *Giardia, Cryptosporidium, Toxoplasma, Cyclospora, Entamoeba, Isospora belli, Naegleria fowleri e Acanthamoeba,* capazes de produzir cisto ou oocistos resistentes às condições do ambiente. À exceção dos dois últimos gêneros de vida livre, os demais fazem-se presentes nas fezes dos indivíduos infectados (LIBÂNIO, 2010).

Cryptosporidium e *Giardia* são protozoários parasitas de veiculação hídrica que infectam uma ampla variedade de hospedeiros vertebrados, inclusive humanos. A cryptosporidiose e giardíase se caracterizam por gerar nos pacientes acometidos quadros de diarreia de diversa severidade, causando sérias morbidades em seus hospedeiros, principalmente em indivíduos com baixa imunidade. A transmissão de ambos os parasitas se dá pela rota fecal-oral, por meio do contato direto com as fezes de pessoas infectadas ou por ingestão de água ou alimentos contaminados (FREGONESI *et al*, 2012).

3.2.4 Os Subprodutos Da Desinfecção

A desinfecção é de inquestionável importância para o fornecimento de água potável. A inativação de microrganismos patogênicos é essencial, e geralmente envolve a utilização de agentes químicos, como o cloro.

A desinfecção é uma barreira eficaz para muitos patógenos durante tratamento de água potável, e deve ser usada para as águas superficiais e subterrâneas. O cloro residual é utilizado para proporcionar uma proteção parcial contra a contaminação de baixo nível e crescimento dentro do sistema de distribuição (WHO, 2011).

De acordo com Di Bernardo *et al* (2011 apud Di Bernardo *et al* 2003), os principais subprodutos da oxidação, assim como os residuais formados, podem ser potencialmente tóxicos, são:

- Residuais dos Desinfetantes: cloro livre (ácido hipocloroso e íon hipoclorito); Cloraminas (monocloramina); dióxido de cloro.
- Subprodutos Inorgânicos: íons clorato; clorito; bromato e iodato; peróxidos de hidrogênio; amônia.

- Subprodutos da Oxidação de Compostos Orgânicos: haloaldeídos (formaldeído, acetaldeído, glioxal, hexanal, heptanal); ácidos carboxílicos (ácido hexanóico, ácido heptanóico, ácido oxálico); carbono orgânico assimilável (COA).
- Subprodutos Orgânicos Halogenados: trihalometanos (clorofórmio, bromodiclorometano, dibromoclorometano, bromofórmio); ácido haloacéticos (ácido monocloroacético, ácido dicloroacético, ácido tricloroacético, ácido monobromoacético, ácido dibromoacético); haloacetonitrilas (dicloroacetonitrilas, bromocloroacetonitrilas, dibromoacetonitrilas, tricloroacetonitrilas); haloacetonas (1,1-dicloropropanona, 1,1,1- tricloropropanona); halofenóis (2- clorofenol, 2,4-diclorofenol, 2,4,6- triclorofenol); cloropicrina; cloral hidrato; cloreto cianogênico; N-organocloraminas; MX[3-cloro-4-(diclorometil)-5-hidroxi-2(5H)-furanona].

A matéria orgânica natural, algas/microalgas e as cianobactérias e seus metabólitos, inclusive suas toxinas, são s principais precursores com os quais os halogênios reagem para formar esses subprodutos. A redução dos precursores reduz consideravelmente a formação dos subprodutos. Os efeitos dos subprodutos e dos oxidantes geralmente são avaliados por meio de estudos epidemiológicos e de estudos toxicológicos que utilizam animais/cobaias de laboratório (DI BERNARDO *et al*, 2011).

3.2.4.1 Os Trihalometanos

Os Trihalometanos (THMs) constituem um grupo de compostos orgânicos que, como indica seu nome, se consideram derivados do metano (CH_4). Em sua molécula três de seus quatro átomos de hidrogênio foram substituídos por um igual número de átomos dos elementos halogênios (cloro, bromo e iodo). Estes três átomos de hidrogênio podem estar substituídos por uma só classe de halogênios como é o caso do triclorometano ou clorofórmio, ou por dois diferentes elementos formando o bromodiclorometano ou por cada um dos três como se observa no iodobromoclorometano (SANEPAR, 2014).

A SANEPAR, 2014 diz que:

> [...]alguns do grupo possuem nomes especiais: clorofórmio, bromofórmio e iodofórmio. Ainda que para ser denominados sejam vistos como precedentes do metano, este gás nada tem a ver com sua formação real nas águas que são desinfetadas com cloro; pois neste meio eles se originam a partir de produtos orgânicos muito mais complexos que o metanol, que são de ocorrência comum nas águas superficiais, os chamados ácidos húmicos e fúlvicos.

> Estas substâncias são derivadas da decomposição da matéria orgânica vegetal, sendo constituídas de mistura de polímeros com estruturas aromáticas heterocíclicas, grupos carboxila e nitrogênio. São denominados "precursores de trihalometanos" e em geral só tem significado sanitário devido à formação dos THMs.

A *Environmental Protection Agency (EPA)* publicou em 1977 um relatório com o resultado de uma pesquisa efetuada em 113 sistemas de abastecimento, procurando detectar a concentração de 27 compostos orgânicos suspeitos de causar problemas a saúde da população. Dentre estes 27 compostos, verificaram a presença de quatro tipos de trihalometanos, os quais foram detectados em todas as águas que recebiam cloro como desinfetante e em concentrações superiores aos demais contaminantes organossintéticos (SANEPAR, 2014).

Os trihalometanos são, em estado puro, substâncias líquidas (clorofórmio, bromofórmio) ou sólidas (iodofórmio) à temperatura ambiente (10 a 30ºC); de odor característico (uns agradáveis e outros repulsivos); pouco solúveis em água, mas muito solúveis em diluentes orgânicos.

Relativamente ao comportamento químico dos THMs, pode-se dizer que são compostos estáveis, não facilmente oxidáveis e não diretamente combustíveis, não-inflamáveis (SANTOS e SILVA, 2013).

As propriedades assinaladas dos THMs nos indicam que sua eliminação da água por uma aeração somente é eficaz nos casos dos mais voláteis e que, uma vez formados durante a cloração sua decomposição é difícil, apresentando resistência à oxidação mesmo por agentes como o ozônio.

Há duas vertentes para reduzir a concentração de THMs na água de consumo humano, uma delas procura evitar a formação dos THM através da remoção da matéria orgânica natural antes da desinfecção, e a outra consiste na remoção desses após a sua formação, sendo a adsorção o método mais empregado (SANTOS e SILVA, 2013).

3.3 Água e Saúde

Inúmeras literaturas afirmam que a água é fonte de vida. Esse fato se dá por conta da vasta utilização da água nas mais variadas atividades do dia-a-dia. Devido esse íntimo relacionamento entre a permanência da vida e a qualidade da água utilizada, estão associadas várias doenças que são adquiridas e transmitidas pela falta ou má qualidade dá água consumida e utilizada.

A água é o veículo de inúmeras doenças, e a transmissão ocorre por vários mecanismos. O meio de transmissão de doenças mais lembrado e fundamentalmente ligado à qualidade da água, é o da ingestão de uma água não potável, por meio do qual um indivíduo sadio pode ingerir componentes nocivos à saúde e a presença desses componentes no organismo humano ocasiona o surgimento de doenças. Outro mecanismo refere-se à quantidade insuficiente de água, causando hábitos higiênicos deficientes, provocando doenças ligadas à higiene precária tanto dos utensílios de cozinha, do corpo e do ambiente domiciliar (BRASIL, 2006b).

A outra situação compreende ao ambiente físico no qual a água se encontra, proporcionando condições favoráveis à vida e à reprodução dos vetores. Um exemplo básico é o da água contaminada por esgotos acumulados, que se torna habitat para o molusco hospedeiro intermediário da esquistossomose. Outro exemplo desse mecanismo é o da água como habitat de larvas de mosquitos vetores de doenças, como o mosquito *Aedes aegyptie* que transmite a dengue, a febre amarela e a febre chykungunya.

Segundo Brasil, (2006):

> É importante destacar que tanto a qualidade da água quanto a sua quantidade e regularidade de fornecimento são fatores determinantes para o acometimento de doenças no homem. Conforme mostram os mecanismos de transmissão descritos, a insuficiente quantidade de água pode resultar em deficiências na higiene; acondicionamento da água em vasilhames, para fins de reservação, podendo esses recipientes tornarem-se ambientes para procriação de vetores e vulneráveis à deterioração da qualidade, e procura por fontes alternativas de abastecimento, que constituem potenciais riscos à saúde, seja pelo contato das pessoas com tais fontes, seja pelo uso de águas de baixa qualidade microbiológica.

Tanto o controle da qualidade da água, exercido pela entidade responsável pela operação do Sistema de Abastecimento de Água - SAA, quanto a sua vigilância, exercida por meio dos órgãos de saúde pública, são instrumentos essenciais para a garantia da proteção à saúde dos consumidores. Fatores diversos podem atingir um SAA, por mais sanitariamente eficientes que estes sejam. As mais imprevisíveis e variadas situações podem ocorrer em um SAA, impondo riscos à saúde. Apenas como exemplos podem ser citadas as seguintes situações de risco:

- Descarga acidental de contaminante no manancial.
- Lançamento clandestino de efluentes no manancial.
- Ocorrência de pressão negativa em tubulação – adutora ou rede de distribuição – e consequente penetração de contaminante em seu interior.
- Rompimento de redes e adutoras.

- Problemas operacionais e de manutenção diversos na estação de tratamento – coagulação incorreta, produto químico adulterado, lavagem ineficiente de filtros, comprometimento do leito filtrante, danos em equipamentos de manuseio de produtos químicos – que podem resultar em distribuição de água não potável.
- Penetração de contaminantes diversos nos reservatórios públicos.
- Ausência de manutenção na rede distribuidora.

Assim, um conhecimento mais completo dessas situações só se verificará com procedimentos corretos de controle e vigilância da qualidade da água.

Essa inspeção ocorre mediante a realização de análises físico-químicas e microbiológicas, que são planejadas estrategicamente, para conjuntos de parâmetros de qualidade, conforme definido na legislação atual relativa aos padrões de potabilidade.

A concepção desse procedimento é probabilística. Assim, procura-se, determinar, por uma amostragem no sistema, o risco à saúde da qualidade da água (BRASIL 2006a).

Essas técnicas – amostragem e avaliação laboratorial da qualidade da água – constituem a aferição da qualidade da água, o que não elimina a inspeção do processo, uma importante ação complementar da vigilância da qualidade da água. Nesse caso, a vigilância verifica as condições físicas e operacionais dos SAAs, identificando potenciais situações de risco e acionando os responsáveis para a sua correção. Dessa forma, atua-se preventivamente, pela antecipação de problemas de qualidade da água, adicionalmente à ação corretiva, determinada após a observação da violação dos padrões de potabilidade da água mediante as análises laboratoriais (BRASIL, 2006a)

3.3.1 Vigilância Sanitária

A estruturação da vigilância em saúde ambiental no Brasil tem vínculos com as atribuições do SUS estabelecidas na Constituição de 1988, com a Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990, e com o Plano Nacional de Saúde e Ambiente no Desenvolvimento Sustentável. Porém, foi com a Instrução Normativa nº 01, de 07 de março de 2005, que regulamenta a Portaria nº 1.172/2004 GM, que estabelece as competências da União, Estados, Municípios e Distrito Federal na área de vigilância em saúde ambiental no país (BRASIL, 2006b).

A partir de junho de 2003, o Centro Nacional de Epidemiologia - Cenepi passa a compor a estrutura do Ministério da Saúde, denominando-se Secretaria de Vigilância em

Saúde - SVS. A Coordenação de Vigilância em Saúde Ambiental - CGVAM passa, dessa forma, a compor a estrutura da SVS.

O Sistema Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental - SINVSA define vigilância em saúde ambiental como um conjunto de ações que proporciona o conhecimento e a detecção de qualquer mudança nos fatores determinantes e condicionantes do meio ambiente que interferem na saúde humana, com a finalidade de identificar as medidas de prevenção e de controle de riscos ambientais relacionadas a doenças ou outros agravos à saúde.

De acordo com o Ministério da Saúde, em 1986 institucionalizou-se o Programa Nacional de Vigilância da qualidade da água para consumo humano, por meio da Divisão ecológica Humana e Saúde Ambiental, objetivando:

> [...] prestar auxílio técnico e financeiro às Secretarias Estaduais de Saúde para que iniciassem um Programa de vigilância da qualidade da água para consumo humano; efetuar uma revisão da legislação afeta ao tema; capacitar tecnicamente os profissionais das Secretarias de Saúde para garantir o apoio laboratorial necessário à verificação do cumprimento da legislação quanto ao padrão físico-químico e bacteriológico da água consumida pela população (BRASIL, 2006, apud OPAS, 1998 c).

4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para conduzir o estudo foi desenvolvida através de consultas normativo-bibliográficas que consiste numa revisão bibliográfica de todas as portarias de potabilidade vigentes no país e de literaturas auxiliares ao tema.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o estudo da qualidade de água, desenvolvido a partir das literaturas consultadas e apresentados na fundamentação teórica, oferecerá subsídio para as avaliações sobre a evolução das portarias vigentes no país.

5.1 Uma Abordagem Geral da Evolução das Portarias

5.1.2 BSB nº 56 de 1977

Em cumprimento ao Decreto n.º 79.367/1977, a Portaria BSB nº 56, de 14 de março de 1977, foi a primeira legislação nacional que estabeleceu o padrão de potabilidade da água. A Portaria contemplava o padrão de potabilidade segundo os aspectos microbiológicos e parâmetros de qualidade física, química e organoléptica, incluindo Valores Máximos Desejáveis (VMD) além do Valor Máximo Permitido (VMP), para os parâmetros físicos e químicos (BRASIL, 2012).

Segundo Freitas e Freitas (2005):

> É considerada a primeira norma de potabilidade, uma vez que abrangia diferentes constituintes químicos e microbiológicos potencialmente patogênicos à saúde humana. Entretanto, é importante registrar que em 24 de maio de 1974 é publicada no Diário Oficial a lei federal nº 6.050 que dispunha sobre a necessidade de fluoretação da água de sistemas de abastecimento provenientes de estação de tratamento.

De acordo com o decreto, caberia às Secretarias de Saúde dos Estados e equivalente aos territórios e Distrito Federal o exercício de fiscalização e o controle do exato cumprimento das normas e do padrão de potabilidade, ou seja, o sistema de saúde estava centralizado para o exercício de suas ações, assim a fiscalização e o controle não chegariam a competência municipal, pois o Brasil ainda não tinha um Sistema de Saúde descentralizado (SANTOS e SILVA, 2010).

De acordo com, Santos e Silva, (2010):

> A portaria 56 definia água potável com conjunto de valores máximos permissíveis das características de qualidade de água destinada ao consumo humano e as características previstas são as físicas, bacteriológicas, radiológicas e organolépticas. Entende-se características organolépticas com base no senso comum, água limpa, agradável ao paladar e sem cheiro desagradável. O conceito de risco adicional à saúde ainda não estava incorporado ao conceito de potabilidade da água, o julgamento do significado da água potável, primordialmente, baseava-se em análises laboratoriais e compatibilidade com os parâmetros até então estabelecidos.

A Tabela 2 apresenta alguns parâmetros englobados na portaria 56 de acordo com as literaturas consultadas.

Tabela 2 – Alguns parâmetros contemplados a primeira portaria brasileira.

Parâmetro	**Portaria BSB nº 56/1977**
Turbidez (uT)	5
Cor Aparente (uH)	20
Ferro Total ($mg.L^{-1}$)	1
Manganês ($mg.L^{-1}$)	0,5
Arsênio ($mg.L^{-1}$)	0,1
Alumínio ($mg.L^{-1}$)	0,1

Fonte: LIBÂNIO, (2010).

O conceito de risco adicional à saúde ainda não estava incorporado ao conceito de potabilidade da água, o julgamento do significado da água potável, primordialmente, baseava-se em análises laboratoriais e compatibilidade com os parâmetros até então estabelecidos (SANTOS e SILVA, 2010).

A portaria 56 não previa nenhum tipo de ação interinstitucional, tão pouco, informações sobre a qualidade de água a população. A vigilância também não era normatizada pela portaria, que fornecia informações a qualidade da água apenas ao Ministério da Saúde.

A revisão da portaria 56 foi iniciada em 1988, e apesar de estar inicialmente restrita à participação de setores governamentais de saúde e de companhias estaduais de abastecimento de água e órgãos estaduais de controle ambiental, conseguiu posteriormente envolver as vigilâncias sanitárias, os Laboratórios de Saúde Pública (LACENs), a comunidade científica e algumas associações de classe, na discussão da revisão, que forneceu subsídios à nova

portaria (FREITAS e FREITAS, 2005). A portaria 36 incorporava os conceitos de controle e vigilância da qualidade da água que não eram citados na portaria anterior.

5.1.3 Portaria GM nº 36 de 19/01/1990

Segundo, Brasil (2012), entre os principais aspectos introduzidos na portaria 36, pode-se citar a revisão das definições e a introdução de alguns aspectos sanitários, tais como:

- Recomendação de manutenção do teor mínimo de cloro residual livre em qualquer ponto da rede de distribuição (A portaria estabelecia a concentração mínima de 0,2 $mg.L^{-1}$ em qualquer ponto da rede, com a finalidade de impedir a proliferação de micro-organismos nas tubulações, assegurando a qualidade microbiológica da água distribuída à população abastecida. A portaria também estabelecia frequência diária para essas análises e em todas as amostras para análises bacteriológicas também era realizada análise do cloro residual).
- Exigência do envio de relatórios sobre a qualidade da água distribuída pelos responsáveis pelo abastecimento ao setor saúde.
- Extinção do critério de Valor Máximo Desejável (VMD) e substituição por Valor Máximo Permitido (VMP).
- Atualização dos limites de tolerância para todas as características físico-químicas e bacteriológicas.
- Aceitação de critérios diferenciados para alguns parâmetros na entrada da rede e na rede de distribuição.

Para a cor aparente o VMP é 5 (cinco) uH para água entrando no sistema de distribuição (na saída da ETA). O VMP de 15 (quinze) uH é permitido em pontos da rede de distribuição. Para a turbidez o VMP era de 1,0 uT para a água entrando no sistema de distribuição, ou seja, na saída da ETA. O VMP de 5,0 uT era permitido em pontos da rede de distribuição caso fosse demonstrado que a desinfecção não seria comprometida pelo uso desse valor menos exigente.

- Obrigatoriedade na manutenção de pressão positiva em qualquer ponto da rede de distribuição.
- Recomendação da manutenção da água dentro de determinada faixa de pH (6,5 a 8,5).

- Revisão do número mínimo de amostras e frequência mínima de amostragem a serem observadas pelos prestadores de serviços de sistema de abastecimento de água para consumo humano (SAA), considerando parâmetro, população e pontos de coleta.
- Exigência de ausência de Coliformes fecais em qualquer ponto do SAA e de ausência de coliformes totais na entrada do SAA.

De acordo com, Brasil (1990):

> Controle da qualidade da água é o conjunto de atividades executadas pelo Serviço de Abastecimento Público de Água, com o objetivo de obter e manter a potabilidade da água, e Vigilância da qualidade de água de abastecimento público é definida como um conjunto de atividades de responsabilidade da autoridade sanitária estadual competente, com a finalidade de avaliar a qualidade da água distribuída e de exigir a tomada de medidas necessárias, no caso da água não atender ao padrão de potabilidade.

Mesmo permanecendo com o mesmo conceito de potabilidade da portaria anterior, uma evolução significativa do ponto de vista microbiológico da portaria 36, foi a conceituação do grupo de coliformes fecais, coliformes termotolerantes e contagem de bactérias heterotróficas, diferentemente da portaria anterior que conceituava apenas o grupo de coliformes fecais.

Para a implementação da portaria 36, foi realizada a capacitação de profissionais da maioria dos estados da União por meio de um curso, com duração de 15 dias, promovido pelo Ministério da Saúde e organizado pela representação da Opas/OMS no Brasil e com o apoio da Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, realizado em 1989, na cidade de Araraquara/SP (BRASIL, 2005).

O novo arcabouço jurídico que passou a nortear a política de saúde no Brasil exigiu o redesenho da estrutura do Ministério da Saúde reorganizado por meio do Decreto Federal n.º 109/1991. Surge a Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS), que por meio de sua Divisão de Ecologia Humana e Saúde Ambiental (DIEHSA) continua a coordenar o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (BRASIL, 2005).

Em meio ao processo de construção e vigência da Portaria 36/90, cabe destacar a estruturação do SUS – Sistema Único de Saúde na Constituição Federal em maio de 1988 e sua posterior regulamentação, principalmente na Lei 8.090/90 (Lei Orgânica da Saúde). O marco regulatório do SUS reforça a responsabilidade do setor saúde no que se refere à fiscalização da água para consumo humano e consolida o princípio da descentralização das ações de saúde, transferindo para o município diversas atribuições, dentre elas a dos serviços de vigilância.

Brasil, (2005), diz que:

> Enquanto isso, a Fundação Nacional de Saúde (FNS), criada pela Lei n.º 8.029/1990 e regulamentada pelo Decreto Federal n.º 100/1991, passa também por transformações. Em 1998, com a proposta de estruturação sistêmica de vigilância em saúde ambiental na FNS, denominada a partir de então por Funasa, passa aquele órgão a assumir a atribuição de definir as políticas públicas do setor Saúde quanto à vigilância da qualidade da água para consumo humano. Em 2000, a FNS passa a denominar-se Funasa, por meio do Decreto Federal n.º 3.450 /2000.

O Ministério da Saúde decidiu então criar em 1986 o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, o qual, entre outras metas, pretendia prestar auxílio técnico e financeiro às Secretarias Estaduais de Saúde para que estas: iniciassem um programa de vigilância da qualidade da água; efetivassem a revisão da legislação; capacitassem tecnicamente os profissionais das SESs para atuarem em vigilância da qualidade da água; e definissem estratégias em conjunto com as SESs para garantir apoio laboratorial necessário à verificação do cumprimento da legislação quanto ao padrão físico-químico e bacteriológico da água (FREITAS e FREITAS, 2005).

Em 1988, a nova Constituição Federal estabeleceu o princípio de que a saúde é um direito de todos e dever do Estado e constitui o Sistema Único de Saúde (SUS) com as seguintes diretrizes básicas:

I - descentralização, com direção única em cada esfera de governo.

II - atendimento integral, com prioridade para as atividades preventivas, sem prejuízo dos serviços assistências.

III - participação da comunidade.

IV- participar da formulação da política e da execução das ações de saneamento básico.

VI-fiscalizar e inspecionar alimentos, compreendido o controle de seu teor nutricional, bem como bebidas e águas para consumo humano.

No ano 2000, a Funasa implementa algumas ações para viabilizar o desenvolvimento das ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano, destacando-se a criação de um sistema de informações sobre qualidade de água para consumo humano (Sisagua) (BRASIL, 2005).

Sobre a revisão da GM nº 36/1990, Brasil (2005), fala que o princípio básico norteador da revisão foi o de que a legislação deveria constituir um instrumento efetivo de proteção à saúde, a partir das seguintes premissas:

- Universalidade de aplicação.

- Funcionalidade.
- Atualidade.
- Aceitação.
- Aplicabilidade.
- Equidade.

Sobre a revisão da Portaria GM n.º 36/1990, Brasil (2005), diz que:

> [...] deu-se sob um processo democrático em que todos os segmentos ligados ao tema tiveram a oportunidade de se manifestar, não somente por meio de reuniões regionais realizadas em todo o País, como também pelo uso dos modernos instrumentos eletrônicos atualmente disponíveis, como a internet. O resultado foi a publicação, em 20 de dezembro de 2000, da Portaria MS n.º 1.469/2000 que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

5.1.4 Portaria MS nº 1469 de 29/12/2000 e Portaria MS nº 518 de 25/03/2004

No final da década de 90, extrapolando o prazo máximo de cinco anos, contido na Portaria GM nº. 36/1990 (FREITAS e FREITAS, 2005), o Ministério da Saúde, juntamente com representações da OPAS/OMS em território nacional, bem como diversos segmentos da sociedade relacionados ao tema iniciaram a revisão da Portaria GM nº. 36/1990 que culminou em uma norma da qualidade da água para consumo humano, específica para o Brasil, mas atualizada segundo os padrões internacionais vigentes.

O resultado desse encontro democrático foi a publicação, no ano seguinte, da Portaria nº. 1.469/00. A principal inovação trazida por esta portaria foi a classificação dos tipos de sistemas de abastecimento de água: sistema coletivo e sistema ou solução alternativa de abastecimento de água (FREITAS e FREITAS, 2005).

De acordo com Brasil, (2005), algumas das principais inovações da Portaria MS n.º 1469/2000, foi:

- A promoção de boas práticas em todo o sistema de produção/abastecimento de água.
- O enfoque sistêmico do controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, visualizando a dinâmica da água desde o manancial até o consumo.
- A incorporação de um enfoque epidemiológico na vigilância da qualidade da água para consumo humano.

- Na avaliação de riscos, promovendo nas situações identificadas como de risco à saúde as necessárias medidas preventivas e corretivas, além da adequada informação à população.

Enquanto as duas primeiras normas, a Portaria BSB 56 de 1977 e a 36 de 1990, traziam basicamente valores máximos permitidos e indicações estatísticas para realização de amostragem e frequência, a portaria 1469 incorporou por meio de uma discussão mais ampla os diferentes sistemas de abastecimento (coletivo e alternativo) e a atribuição precisa de responsabilidade operacional por estes sistemas, sob a perspectiva dos riscos à saúde pública associados à vulnerabilidade do manancial, às práticas operacionais do tratamento, e a integridade física da rede de distribuição (FREITAS e FREITAS, 2005). Ou seja, é incorporado o risco de contaminação da água de consumo desde o manancial até a torneira das casas.

O aumento de parâmetros referenciais microbiológicos e físico-químicos, na portaria 1469, é reflexo de uma maior industrialização do País que resulta em mais impactos negativos e um maior uso dos corpos hídricos para a depuração, tanto química quanto biológica. Há também as questões relacionadas a um aumento de áreas urbanas e, consequentemente a diminuição de florestas protetivas, protegidas ou não por Lei Ambiental. (SANTOS e SILVA, 2010).

Segundo Brasil (2005), parecia consensual que a 1469 representasse um avanço significativo, conceitual e metodológico em relação à Portaria GM n.º 36/1990, por:

- Procurar incorporar o que havia de mais recente no conhecimento científico.
- Assumir um caráter efetivo e simultâneo de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, em consonância com a nova estrutura de vigilância ambiental em saúde em implantação no País e com o princípio de descentralização previsto no SUS.
- Induzir a atuação harmônica e integrada entre os responsáveis pelo controle e pela vigilância da qualidade da água, sempre sob a perspectiva da avaliação de riscos à saúde humana.
- Preencher lacunas de atribuição de competência e responsabilidades perante a legislação e o público consumidor.

Em junho de 2003, foi instituída a Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) do Ministério da Saúde que assumiu as atribuições do Cenepi, até então localizado na estrutura da Funasa. Em virtude desse novo ordenamento na estrutura do Ministério da Saúde, a

Portaria 1469 foi revogada, passando a vigorar a Portaria 518 de março de 2004 mantendo-se inalterados o número e os valores máximos permissíveis de cada parâmetro. As alterações processadas referem-se tão somente à transferência de competências da Funasa para SVS e à prorrogação no prazo para que as instituições ou órgão aos quais a Portaria se aplica promovessem as adequações necessárias ao seu cumprimento (LIBÂNIO, 2010).

A portaria 518 trouxe em seu conteúdo os princípios preconizados pela 3ª edição das guias da Organização Mundial de Saúde (OMS). Significativos avanços foram contemplados, tanto em termos de abrangência da legislação, definição mais clara de papéis dos diversos órgãos envolvidos, como com respeito ao próprio padrão de potabilidade (LIBÂNIO, 2010)

Libânio, (2010), afirma que a 1469 inova quando se fala em padrão de potabilidade, pela inserção de cianobactérias, que foi um avanço inédito em relação aos padrões internacionais. Dentre as cianotoxinas, destaca-se a microcistina, pela ocorrência mais frequente da cianobactéria *Microcystis* em nos nossos mananciais, por evidências mais consistentes de riscos à saúde com base em estudos toxicológicos, bem como pela disponibilidade de técnicas padronizadas de determinação analítica, a portaria estabelece concentração máxima permitida de 1,0 µg/L (BRASIL, 2005).

Além dos 22 parâmetros inseridos na 1469 que não constavam na 36, foram incluídos alguns agrotóxicos como Atrazina e Glifosato. Foram mantidos alguns agrotóxicos organoclorados não mais comercializados no Brasil – Aldrin, Endrin, Dieldrin e DDT – mas de alta persistência no solo e, por conseguinte, nas águas e que frequentemente se manifestam em monitoramentos em bacias hidrográficas nas quais há atividade agrícola (LIBÂNIO, 2010).

A revisão da Portaria MS nº 518/2004 considerou os avanços do conhecimento técnico científico da área de interesse, as experiências internacionais e as recomendações da 4ª Edição das Guias de Qualidade da Água para Consumo Humano da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2004) e, adaptadas à realidade brasileira (BRASIL, 2012).

Segundo Brasil, (2012) para a revisão da Portaria MS nº 518/2004, foi utilizada como fundamentação, principalmente os princípios da Avaliação Quantitativa de Risco Microbiológico – AQRM e, também, sistematizados os seguintes documentos:

- Estudo sobre indicadores bacteriológicos da qualidade da água.
- Estudo sobre turbidez como indicador de qualidade microbiológica da água.
- Estudo sobre parâmetros de controle da desinfecção como indicadores da qualidade da água.

- Avaliação Quantitativa de Risco Químico (AQRQ) – aspectos conceituais.

A decisão por inclusão ou exclusão de substâncias como parâmetros no padrão de potabilidade tomou por base os seguintes princípios gerais:

- Potencial tóxico das substâncias químicas que podem estar presentes na água (naturalmente ou por contaminação).
- Intensidade de uso de substâncias químicas no País – uso industrial, agrícola e no tratamento da água.
- Dados sobre ocorrência de substâncias químicas em mananciais de abastecimento e em águas tratadas no País.
- Potencial de ocorrência de substâncias químicas em mananciais de abastecimento e em águas tratadas no País.
- Avaliação crítica-comparativa de padrões de potabilidade vigentes em diversos países ou organizações internacionais, mais especificamente, Estados Unidos (USEPA, 2006), Canadá (HEALTH CANADA, 2008), Austrália (NHMRC, NRMMC, 2004) e Organização Mundial da Saúde - OMS (WHO, 2006).
- Possibilidades analíticas de determinação das substâncias em amostras de água.

5.1.5 MS nº 2914 de 2011

Na portaria 2914 foram reformuladas algumas definições como por exemplo a definição mais clara da abrangência de atuação do setor saúde (vigilância) e dos prestadores de serviços (controle) e a reformulação para melhor entendimento da definição de vigilância da qualidade da água para consumo humano e do controle da qualidade da água para consumo humano. Também foram inseridas algumas definições com a de água para consumo humano, padrão de potabilidade, padrão organoléptico, solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano, intermitência, e integridade do sistema de distribuição, dentre outras. Algumas definições também foram retiradas como é o caso dos Coliformes totais por não fazerem parte da portaria 2914.

Alguns artigos foram reformulados e atualizados, como é o caso dos artigos 7 e 8 do capítulo III que trata das competências e responsabilidades. Os incisos incluídos foram adequados às ações previstas no Programa Nacional de Vigilância da Qualidade de Água para Consumo Humano e nas leis que alteram as competências da Funasa e do Ministério da Saúde (BRASIL, 2012).

O inciso IV da Seção IV da portaria 2914, traz as recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS), que enfatiza que as ferramentas de avaliação e gerenciamento de riscos, aplicadas de forma abrangente e integradas, desde a captação até o consumo, constituem a forma mais efetiva de garantia da segurança da qualidade da água para consumo humano. Tal abordagem, na terceira edição dos Guias da OMS, recebe a denominação de Planos de Segurança da Água.

Os Planos de Segurança da Água, a serem implementados pelos responsáveis pelo controle, são definidos como instrumentos de identificação e priorização de perigos e riscos em sistemas de abastecimento de água, desde o manancial até o consumidor, visando estabelecer medidas de controle para reduzi-los ou eliminá-los e estabelecer processos para verificação da eficácia da gestão dos sistemas e do controle e da qualidade da água (BRASIL, 2012).

Considerando a relevância das alterações trazidas por esta portaria, ficaram estabelecidos alguns prazos para a adequação:

• Prazo máximo de 24 (vinte e quatro) meses, contados a partir da data de publicação, para que os órgãos e entidades sujeitos à aplicação da portaria 2914 promovam as adequações necessárias ao seu cumprimento, no que se refere ao monitoramento dos parâmetros gosto e odor, saxitoxina, cistos de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp.

• Prazo de 4 (quatro) anos para cumprimento, contados da data de publicação da portaria, para o atendimento ao valor máximo permitido de 0,5 uT para filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta), em no mínimo 95 % das amostras.

• Prazo máximo de 24 (vinte e quatro) meses, contados a partir da data de publicação da portaria, para que os laboratórios próprios, conveniados ou subcontratados promovam as adequações necessárias para a implantação do sistema de gestão da qualidade, conforme os requisitos especificados na NBR ISO/IEC 17025:2005.

Destacam-se entre as obrigações, estabelecidas pela portaria 2914, específicas dos responsáveis pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano as seguintes ações:

- O exercício da garantia do controle da qualidade da água.
- Encaminhar à autoridade de saúde pública dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios relatórios das análises dos parâmetros mensais, trimestrais e semestrais com informações sobre o controle da qualidade da água, conforme o modelo estabelecido pela referida autoridade.

O responsável pela solução alternativa coletiva de abastecimento de água deve requerer, junto à autoridade municipal de saúde pública, autorização para o fornecimento de água tratada, mediante a apresentação dos seguintes documentos:

- Nomeação do responsável técnico habilitado pela operação da solução alternativa coletiva.
- Outorga de uso, emitida por órgão competente, quando aplicável.
- Laudo de análise dos parâmetros de qualidade da água previstos na portaria.

Para a avaliação do potencial de ocorrência de substâncias químicas em mananciais de abastecimento e em águas tratadas foram consideradas informações sobre a origem da substância (uso agrícola, industrial ou no tratamento da água), além da interação dessas substâncias com a dinâmica ambiental e o potencial de remoção em processos de tratamento de água (BRASIL, 2012).

De acordo com Brasil, (2012), a dinâmica ambiental das substâncias químicas foi avaliada por meio de informações de solubilidade, volatilidade, adsorção em solos e sedimentos, mobilidade em solos, persistência no ambiente, biodegradação, fotodegradação, meia vida na água e em solos, que foram obtidas das seguintes referências: ATSDR (2008); EXTOXNET (2010); HEALTH CANADA (2010); IARC (2009b); IPCS (2009); PAN (2009a); TOXNET (2010); USEPA (1989; 2010) e Fernandes Neto (2010). O potencial de remoção por meio do tratamento da água foi avaliado com base em informações das referências WHO (2006) e USEPA (2008).

Além dos estudo toxicológicos e microbiológicos, a revisão da portaria 518 tomou como base a publicação "Norma Brasileira de Potabilidade de Água: Análise dos parâmetros agrotóxicos numa abordagem de avaliação de risco" (FERNANDES 2010), e a revista "Subsídios para a Legislação Nacional de Água para Consumo Humano da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES, 2010), por incluírem informações sistematizadas e, ou, por explicitarem propostas de inclusão de substâncias químicas no padrão de potabilidade brasileiro (BRASIL, 2012).

Brasil (2012), expõe que na avaliação do potencial tóxico das substâncias químicas foi levada em consideração a classificação quanto à carcinogenicidade e informações epidemiológicas ou toxicológicas como nível de efeito adverso não observado.

Na portaria 2914 foram excluídos 5 parâmetros: Bentazona; Heptacloro e Heptacloro epóxido; Hexaclorobenzeno; Metoxicloro e Propanil, e incluídas as seguintes substâncias químicas, no padrão de potabilidade, por representam risco a saúde: Di(2-etilhexil) ftalato;

Aldicarbe + Aldicarbe sulfona e aldicarbe sulfóxido;
Carbendazim + benomil;
Carbofurano;
Clorpirifós + clopirifós-oxon;
Diuron;
Mancozebe;
Carbofurano;
Clorpirifós + clopirifós-oxon;
Diuron;
Metamidofós;
Níquel;
Parationa Metílica;
Profenofós;
Tebuconazol;
Terbufós,
Ácidos haloacéticos total;
Urânio e
Rádio
1,2-dicloroeteno (cis + trans);

No padrão organoléptico de potabilidade também foram incluídas duas substâncias 1,2-diclorobenzeno e 1,4-diclorobenzeno.

5.2 A Evolução do Padrão de Potabilidade e a Abordagem de Substâncias Incluídas na Legislação Brasileira.

Quando se fala em substâncias inorgânicas que afetam a saúde, foram poucas as alterações em quantidade. Todavia, em relação às substâncias orgânicas e, sobretudo os agrotóxicos, diversas foram incorporadas à Portaria nº 36 e à Portaria nº 1469, (Portaria MS nº 518), pois entre 1977 e 2000, diversas substâncias/princípios ativos ganharam mercado no país e ainda não eram contempladas na legislação (FERNADES NETO e SARCINELLI, 2009).

Libânio (2012), mesmo antes da revisão da 518, afirmava que um novo padrão de potabilidade deveria contemplar a redução do valor máximo permissível para a turbidez da

água filtrada, essa premissa é corroborada no fato das análises de protozoários serem dispendiosas, demoradas, de resultado impreciso e requer elevado grau de capacitação técnica, tornando quase impossível na totalidade das concessionárias de abastecimento de água do país.

Segundo Libânio (2012):

> Como os protozoários apresentam maior resistência aos processos de desinfecção, sobretudo aos compostos de cloro, as etapas da potabilização nas quais se otimiza a redução da turbidez haverá também de remover cistos e oocisto de protozoários potencializando a turbidez da água como um bom indicador da eficiência do tratamento.

A ausência dos Coliformes totais é indicativa da eficiência do tratamento, sobretudo da desinfecção, uma vez que estes organismos apresentam uma taxa de decaimento (inativação) similar à dos coliformes termotolerantes e da *E. coli*. Brasil (2012), afirma que, basta o teste de presença/ausência para atestar a qualidade bacteriológica da água tratada.

A diversificação de critérios, do mesmo modo que era abordado na Portaria GM n.º 36/1990, dificultava a verificação conclusiva da potabilidade da água. Na Portaria MS n.º 518/2004, o critério passa a ser único e somente qualitativo (presença/ausência de indicadores). Embora a detecção de Coliformes totais, na ausência de *E. coli* ou coliformes termotolerantes, não guarde uma relação conclusiva com contaminação de origem fecal, serve como indicador da eficiência do tratamento e da integridade do sistema de distribuição. Águas insuficientemente tratadas, por exemplo, sem a garantia de residual de cloro ou infiltrações, podem permitir o acúmulo de sedimentos, matéria orgânica e propiciar o desenvolvimento de bactérias, incluindo aquelas do grupo coliforme que não *E. coli*. (BRASIL, 2005). Por isso, a portaria 518 estabelecia que na avaliação da qualidade da água distribuída, em geral, tolera-se a detecção eventual de coliformes totais, mas requer-se a ausência sistemática de *E. coli* ou Coliformes termotolerantes. Já na portaria 2914 houve a exclusão do parâmetro Coliforme termotolerante, permanecendo assim a *E. coli* por se apresentar um indicador evidente de poluição fecal recente.

Enquanto a portaria 36 apresentava uma metodologia de amostragem e frequência apenas baseado no número de habitantes e no tipo de componente que seria analisado, a 1469 incluiu a necessidade de um plano de amostragem e frequência também para os sistemas alternativos e abastecimento de água. A 1469 ainda inovou quando determinou que, toda água para consumo humano suprida por manancial superficial e distribuída por meio de canalização deve incluir tratamento por filtração tanto. A portaria também estabeleceu que devem ser realizadas amostras para o controle da qualidade da água de sistema de

abastecimento, para fins das análises físicas, químicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial, aumentando o quantitativo de análises e a complexidade das mesmas.

De acordo com Bastos *et al* (2003), os principais impactos decorrentes da implementação da Portaria 1469 foram:

- Aumento do número de amostras para o controle "operacional" e "microbiológico" (bacteriológicos, turbidez, cor, cloro residual e pH) para os sistemas de menor porte e, por outro lado, o estabelecimento de um patamar máximo de amostragem para os sistemas de maior porte.
- A exigência de análise semestral e completa da água bruta e, de outro lado, a exigência de análise de todos os "demais parâmetros" no sistema de distribuição apenas quando os mesmos forem detectados no manancial ou na saída do tratamento.
- A exigência de análises mensais da água bruta para cianobactérias e, quando detectados riscos à saúde, semanais para cianotoxinas na saída do tratamento;
- A redução significativa das exigências de análise de trihalometanos.
- A exigência de análise de turbidez da água filtrada ou pré-desinfecção, entendida como um controle de ordem sanitária e não meramente estética (indicador da remoção de protozoários por meio da filtração e da eficiência da desinfecção para a inativação de vírus).

À exceção dos sistemas de pequeno porte, o investimento em equipamentos para realização das análises pode ser recuperado em prazos relativamente curtos (BASTOS *et al*, 2003).

Em complementação ao padrão microbiológico estabelecido na 1469, a portaria recomendava a inclusão de pesquisa de organismos patogênicos, com o objetivo de atingir, como meta, um padrão de ausência, dentre outros, de enterovírus, cistos de *Giardia* spp e oocistos de *Cryptosporidium* sp.

De acordo com Brasil, (2005):

> O conhecimento acumulado torna forçoso reconhecer que os coliformes não são indicadores adequados da eficiência do tratamento em termos de remoção de vírus e protozoários. Em linhas gerais, bactérias e vírus são inativados pelo processo de desinfecção, enquanto os protozoários, preponderantemente, são removidos por filtração (USEPA,1998). Quanto à resistência aos agentes desinfetantes, também em linhas gerais, por ordem crescente, apresentam-se as bactérias, os vírus, os cistos de *Giardia* e os oocistos de *Cryptosporidium* (USEPA, 1989, 1998, 1999, 2001). Decorre daí a recomendação que,

> na medida do possível, do ponto de vista técnico e financeiro, procure-se implementar o monitoramento para a pesquisa de vírus e protozoários.

Já portaria 2914, estabelece que, quando for identificada média geométrica anual maior ou igual a 1.000 *Escherichia coli*/100mL deve-se realizar monitoramento de cistos de Giardia spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp. no(s) ponto(s) de captação de água.

A portaria 2914 ainda diz que quando a média aritmética da concentração de oocistos de *Cryptosporidium* spp. for maior ou igual a 3,0 oocistos/L no(s) pontos(s) de captação de água, recomenda-se a obtenção de efluente em filtração rápida com valor de turbidez menor ou igual a 0,3 uT em 95% (noventa e cinco por cento) das amostras mensais ou uso de processo de desinfecção que comprove o alcance a mesma eficiência de remoção de oocistos de *Cryptosporidium* spp. De acordo com a portaria, essa concentração deve ser calculada considerando um número mínimo de 24 (vinte e quatro) amostras uniformemente coletadas ao longo de um período mínimo de um ano e máximo de dois anos.

Algumas espécies de cianobactérias produzem toxinas, que são substâncias químicas orgânicas hepatotóxicas, neurotóxicas ou causadoras de irritações de pele, que representam riscos significativos à saúde humana, em especial de grupos vulneráveis, tais como pacientes renais crônicos submetidos à terapia renal substitutiva ou hemodiálise. Dentre as cianotoxinas, destaca-se a microcistina, pela ocorrência mais frequente da cianobactéria *Microcystis* em nos nossos mananciais, por evidências mais consistentes de riscos à saúde com base em estudos toxicológicos, bem como pela disponibilidade de técnicas padronizadas de determinação analítica (BRASIL, 2005).

O parâmetro microcistina foi incluído na portaria 1469, após a ocorrência no Brasil, do caso mais grave de intoxicação por cianotoxinas que ocorreu em Caruaru, em 1996, quando cinquenta e cinco pessoas submetidas a hemodiálises morreram por intoxicação hepática causada pela microcistina. Outro episódio foi à ocorrência de 2000 casos de gastroenterite, sendo que 88 resultaram em mortes, na região de Paulo Afonso, Bahia (SANTOS e SILVA, 2010). Na portaria 2914 o parâmetro microcistina foi mantido e foi acrescentado o parâmetro saxitoxinas devido a ocorrência crescente de espécies potencialmente produtoras de saxitoxinas, e a detecção sistemática de saxitoxinas em diferentes reservatórios de abastecimento do país e sua alta toxicidade sugerem que as análises dessas neurotoxinas também devam ser obrigatórias (BRASIL, 2012).

Esses dados mostram a importância de uma norma que defina padrão de potabilidade de água para consumo humano com níveis aceitáveis para a saúde pública, mas que incorpore o risco, já que as populações vulneráveis tornam-se, cada vez mais, vítimas dos

impactos adversos da má gestão das bacias hidrográficas e da baixa educação ambiental da coletividade para a percepção destes riscos, principalmente devido ao fato que a eutrofização é, em muitos casos, uma externalidade ambiental de um processo produtivo (BRASIL 2012). A Tabela 3 mostra os VPM para as microcistinas e saxitoxinas.

Tabela 3 – Valores Máximos Permitidos para cianotoxinas contemplados nas três últimas portarias.

Portarias			
Cianotoxinas	**VPM em µg.L^{-1}**		
	GM nº 36	**MS nº 518**	**MS nº 2914**
Microcistinas	-	1	1
Saxitoxinas (µg equivalente STX/L)	-	-	3

(-) Substância não comtemplada
Fonte: Portaria MS 518 e MS 2914.

Em complementação ao monitoramento da frequência de cianobactérias no manancial de abastecimento de água (Anexo XI da Portaria 2914), a portaria 2914 recomenda que a análise de clorofila-a no manancial, com frequência semanal, como indicador de potencial aumento da densidade de cianobactérias. Quando os resultados dessas análises revelarem que a concentração de clorofila-a em duas semanas consecutivas tiveram seu valor duplicado ou mais, deve-se proceder nova coleta de amostra para quantificação de cianobactérias no ponto de captação do manancial, para reavaliação da frequência de amostragem de cianobactérias, e caso a densidade de cianobactérias exceda 20.000 células/ml, deve-se realizar análise de cianotoxinas na água do manancial, no ponto de captação, com frequência semanal. Se as concentrações de cianotoxinas no manancial forem menores que seus respectivos VMP para água tratada, será dispensada análise de cianotoxinas na saída do tratamento (BRASIL, 2012).

Na desinfecção a portaria 518, estabelecia, em relação ao cloro residual livre, um teor mínimo de 0,5 mg.L^{-1} e a manutenção de no mínimo 0,2 mg.L^{-1} em qualquer ponto da rede. A portaria admitia a utilização de outro agente desinfetante ou outra condição de operação do processo de desinfecção, desde que fosse demonstrado pelo responsável pelo sistema de tratamento, uma eficiência de inativação microbiológica equivalente à obtida com a condição definida na portaria, mas não mencionava outro tipo de agente desinfetante. A portaria não relacionava a concentração de cloro residual livre e o tempo de contato (CxT), como faz a atual portaria 2914, a 518 estabelecia apenas que o tempo de contato deveria ser de no mínimo 30 minutos e a água deveria ter pH menor que 8,0.

Já a portaria 2914, abre espaço para outros agentes desinfetantes e estabelece que no controle do processo de desinfecção da água por meio tanto da cloração, cloraminação

ou da aplicação de dióxido de cloro, devem ser observados os tempos de contato e os valores de concentrações residuais de desinfetante na saída do tanque de contato expressos nos Anexos IV, V e VI da portaria, que levam em consideração tanto pH quanto a temperatura da água .A portaria ainda estabelece a manutenção de, no mínimo, 0,2 $mg.L^{-1}$ de cloro residual livre ou 2 $mg.L^{-1}$ de cloro residual combinado ou de 0,2 $mg.L^{-1}$ de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede).

No caso do uso de ozônio ou radiação ultravioleta como desinfetante a portaria 2914 estabelece que deverá ser adicionado cloro ou dióxido de cloro, de forma a manter o residual mínimo no sistema de distribuição (reservatório e rede) de, 0,2 $mg.L^{-1}$ de cloro residual livre ou 2 $mg.L^{-1}$ de cloro residual combinado ou de 0,2 $mg.L^{-1}$ de dióxido de cloro.

Os THM foram incluídos como parâmetro a partir da GM nº 36, mantidos na 518 e acrescidos de outros quatro subprodutos: bromato, clorito, monocloramina, 2,4,6 triclorofenol (LIBÂNIO, 2010). Na Tabela 4 pode ser observado alguns dos valores sugeridos pela OMS e os parâmetros incluídos na portaria 2914. Os cinco principais AHA são: ácido monocloroacético (MCA), ácido dicloroacético (DCA), ácido tricloroacético (TCA), ácido monobromoacético (MBA) e ácido dibromoacético (DBA).

Tabela 4 – Valores Máximos Permitidos para Desinfetantes e produtos secundários da desinfecção comtemplados nas três últimas portarias brasileiras e comparados com os valores estabelecidos na 4º edição das guias da OMS para água destinada a consumo humano.

	Portarias			
Desinfetantes e produtos secundários da desinfecção	**VMP em $mg.L^{-1}$**			
	GM nº 36	**MS nº 518**	**MS nº 2914**	**WHO, 2011**
Bromato	-	0,025	0,01	0,01
Clorito	-	0,2	1	0,7
Cloro Residual	-	-	-	
Cloro Livre	-	5	5	5
Monocloramina	-	3	-	3
2,4,6-Triclorofenol	-	0,2	0,2	0,2
Trihalometanos Total	0,1	0,1	0,1	
Cloraminas Total	-	-	4	
Ácidos Haloacéticos	-	-	0,08	

Fonte: Portaria GM nº 36/1990; Portaria MS nº 518/2004; Portaria MS nº 2914/2011 e WHO, (2011).

Considerando que os AHA revestem-se de igual importância, em termos de ocorrência como produtos da desinfecção com cloro e de potencial tóxico, que ambos (THM e AHA) servem como indicadores da presença de diversos outros subprodutos da cloração, e que o VMP expresso em termos de AHA total embute maior segurança, sugere-se a inclusão de

AHA total no padrão de potabilidade de desinfetantes e produtos secundários de desinfecção com VMP = 0,08 $mg.L^{-1}$ (BRASIL, 2012).

O uso de agrotóxicos tem tido um crescimento significativo, não apenas nas atividades produtivas da área agrícola, mas está sendo utilizado na construção e manutenção de estradas, preservação de madeira, armazenamento de sementes, combate a endemias e epidemias, controle de pragas, etc. Assim, o uso de agrotóxicos é extenso e maior do que parece numa primeira análise (GARIBOTTI, 2012).

Enquanto, nos últimos dez anos, o mercado mundial de agrotóxicos cresceu 93%, o mercado brasileiro cresceu 190%. Em 2008, o Brasil passou os Estados Unidos e assumiu o posto de maior mercado mundial de agrotóxicos. Em 2010, o mercado nacional movimentou cerca de U$ 7,3 bilhões e representou 19% do mercado global de agrotóxicos (GARIBOTTI, 2012).

As referências internacionais recentes sobre critérios de qualidade de água e a análise do atual padrão brasileiro para agrotóxicos, com base nos preceitos da metodologia de avaliação de risco, devem ser considerados como importante subsídio ao processo de revisão do padrão nacional de potabilidade. (FERNANDES NETO, 2010).

De acordo com Libânio (2012) a portaria BSB nº 56 comtemplava 12 tipos de agrotóxicos, a GM nº 36 comtemplava 13 e a MS nº 518 22 parâmetros. A atual portaria acrescentou 20 novos parâmetros, como pode ser observado na Tabela 5, um fator que justifica o aumento na quantidade de parâmetros abordados pelas legislações brasileiras é o modelo agroeconômico brasileiro que caracteriza-se pelo uso intensivo e indiscriminado de agrotóxicos que, dentre diversas implicações, potencializa a exposição das populações a tais substâncias, inclusive mediante a ingestão de água contaminada.

A portaria 2914 estabelece que o plano de amostragem para os parâmetros de agrotóxicos deve considerar a avaliação dos seus usos na bacia hidrográfica do manancial de contribuição, bem como a sazonalidade das culturas.

Os organoclorados são um exemplo de algumas das substâncias que foram mantidas na portaria atual, mesmo estando proibidos pela ANVISA, segundo Brasil (2012) há necessidade de permanência no padrão de potabilidade devido à grande quantidade entrada ilegal no país, bem como à persistência ambiental dessas substâncias.

A Tabela 5 mostra a significativa evolução da legislação brasileira na quantidade de agrotóxicos contemplados.

Tabela 5 – Valores Máximos Permitidos para os Agrotóxicos comtemplados nas três últimas portarias brasileiras.

Substância (Agrotóxicos)	Portarias			
	VPM em µg.L^{-1}			
	GM nº 36	MS nº518	MS nº 2914	WHO, 2011
Alaclor	-	20	20	20
Aldrin e Dieldrin	0,03	0,03	0,03	0,03
Aldicarbe +	-	-	10	10
Aldicarbesulfona +	-	-	10	10
Aldicarbesulfóxido	-	-	10	10
Atrazina	-	2	2	
Benomil	-	-	120	
Bentazona	-	300	-	
Carbendazim	-	-	120	
Carbofurano	-	-	7	7
Clordano (isômeros)	0,3	0,2	0,2	0,2
2,4 D	100	30	30	30
DDT (isômeros)	1	2	1	1
Endossulfan	-	20	20	
Endrin	0,2	0,6	0,6	0,6
Glifosato	-	500	500	
Heptacloro e Heptacloro-epóxico	0,1	0,03	-	
Hexaclorobenzeno	0,01	1	-	
Lindano (g- BHC)	3	2	2	2
Mancozebe	-	-	180	
Metamidofós	-	-	12	
Metolacloro	-	10	10	10
Metoxicloro	3	20	-	20
Molinato	-	6	6	6
Parationa Metílica	-	-	19	
Pendimetalina	-	20	20	
Pentaclorofenol	10	9	-	9
Permetrina	-	20	20	
Profenofós	-	-	60	
Propanil	-	20	-	
Simazina	-	2	2	2
Tebucanazol	-	-	180	
Terbubós	-	-	1,2	
Trifluralina	-	20	20	20

(-) Substância não comtemplada.
Fonte: Fonte: Portaria GM nº 36/1990; Portaria MS nº 518/2004; Portaria MS nº 2914/2011; WHO, 2011.

A Tabela 6 apresenta as substâncias componentes do padrão de aceitação, podemos observar que foram poucas as alterações sofridas no decorrer dessas revisões. A mudança mais expressiva foi a inclusão na MS 2914, dos parâmetros sabor e odor.

Tabela 6 – Valores Máximos Permitidos para as substâncias componentes do padrão de aceitação das últimas três portarias vigentes no país.

	Portarias		
Substâncias componentes do padrão de aceitação	**VPM em mg.L^{-1}**		
	GM nº 36	**MS nº 518**	**MS nº 2914**
Alumínio	0,2	0,2	0,2
Amônia (Como NH3)	-	1,5	1,5
Cloreto	250	250	250
Cobre	1	2	2
Cor aparente	15 uH	15 uH	15 uH
Dureza	500	500	500
Etilbenzeno	-	0,2	0,2
Ferro	0,3	0,3	0,3
Gosto	-	Não objetável	6*
Manganês	0,1	0,1	0,1
Monoclorobenzeno	-	0,12	0,12
Odor	-	Não objetável	6*
Sólidos dissolvidos totais	1000	1000	1000
Sulfato	400	250	250
Sulfeto de hidrogênio	-	0,05	0,1
Surfactantes	0,2	0,5	0,5
Tolueno	-	0,17	0,17
Turbidez	5 uT	5 uT	5 uT
Zinco	5	5	5
Xileno	-	0,3	0,3

(-) Não contemplado (*) Intensidade uH – Unidade Hazen uT – Unidade de turbidez
Fonte: Portaria GM nº 36/1990; Portaria MS nº 518/2004; Portaria MS nº 2914/2011

Brasil, (2012) diz que:

> Entre as substâncias orgânicas incluídas na portaria 2914 está o 1,2 dicloroeteno (cis + trans) que é utilizado como solvente e insumo na produção de solventes. A presença desses dois isômeros, que são metabólitos de outros hidrocarbonetos halogenados não saturados, pode indicar a presença simultânea de outros organoclorados tóxicos, como, por exemplo, o cloreto de vinila, que é cancerígeno. A forma cis é mais frequentemente associada à contaminação da água. O 1,2 dicloroeteno é classificado pela IARC no Grupo 3 (não classificável, em termos de carcinogenicidade). No entanto, é neurotóxico e hepatotóxico.

O Di(2-etilhexil)ftalato também foi incluído no padrão de potabilidade atual, segundo Brasil, (2012) a substância é utilizada como plastificante em materiais de PVC flexível. Em geral, os alimentos são considerados a principal fonte de exposição. É classificado como provavelmente cancerígeno aos seres humanos (Grupo 2A na classificação da IARC).

Tabela 7 – Valores Máximos Permitidos para substâncias orgânicas componentes das últimas três portarias vigentes no Brasil

Portarias			
Substância Orgânicas	**Concentração em µg.L^{-1}**		
	GM nº 36	**MS nº 518**	**MS nº 2914**
Acrilamida	-	0,5	0,5
Benzeno	10	5	5
Benzeno(a) pireno	0,01	0,7	0,7
Cloreto de vinila	-	5	2
1,2 Dicloroetano	0,3	10	10
1,1 Dicloroeteno	10	30	30
1,2 Dicloroetano (Cis + Trans)	-	-	50
Diclorometano	-	20	20
Di(2-etilhexil)ftalato	-	-	2
Estireno	-	20	20
Pentaclorofenol	-	-	9
Tetracloreto de carbono (CCl4)	3	2	4
Tetracloroeteno	10	40	40
Triclorobenzeno	-	20	20
Tricloroeteno	30	70	20

Fonte: Portaria GM nº 36/1990; Portaria MS nº 518/2004; Portaria MS nº 2914/2011

Algumas substâncias foram incluídas, dentre as inorgânicas, o Níquel foi incluído devido à sua elevada prevalência ambiental (substância oriunda de galvanoplastia, aciarias, lixiviação de aterros sanitários e queima de combustíveis fósseis), alta solubilidade e importância à saúde (classificado pela IARC no Grupo 2B - possivelmente carcinogênicos aos seres humanos). Foi adotado o VMP assumido pela OMS (0,07 mg.L^{-1}), como pode ser observado na Tabela 8, cujos critérios de cálculo foram entendidos como mais adequados com a realidade brasileira (BRASIL, 2012).

Outra substância incluída na portaria 2914, dentro das substâncias inorgânicas, foi o urânio e essa inclusão pode ser justificada pela utilização do mesmo em técnicas de medicina nuclear, ou mesmo em uma radiografia. O VMP adotado na portaria também foi o mesmo estabelecido pela OMS de 0,03 mg.L^{-1}. O descarte incorreto desses materiais pode ser de

extremo risco para a saúde da população caso ele atinja, por exemplo, os corpos d'água (ARESPCJ, 2012).

Os VMP na portaria 2914, para algumas substâncias inorgânicas, são os mesmos sugeridos na 4º edição das guias da OMS para água destinada a consumo humano, como pode ser observado na Tabela 8. O mercúrio e o selênio, por exemplo, possuem VMP menor que os valores sugeridos pela OMS. Já o antimônio e cádmio possuem VMP superiores aos estabelecidos pela OMS.

Tabela 8 – Valores Máximos Permitidos para Substâncias Inorgânicas comtempladas nas três últimas portarias brasileiras e comparados com os valores estabelecidos na 4º edição das guias da OMS para água destinada a consumo humano.

	Portarias			
Substância Inorgânicas	**VMP em mg.L^{-1}**			
	GM nº 36	**MS nº 518**	**MS nº 2914**	**WHO, 2011**
Antimônio	-	0,005	0,005	0,02
Arsênio	0,05	0,01	0,01	0,01
Bário	1	0,7	0,7	0,7
Cádmio	0,005	0,005	0,005	0,003
Cianeto	0,1	0,07	0,07	
Chumbo	0,05	0,01	0,01	0,01
Cobre	AQO	2	2	2
Cromo	0,05	0,05	0,05	0,05
Fluoreto	-	1,5	1,5	1,5
Mercúrio	0,001	0,001	0,001	0,006
Nitrato (Como N)	10	10	10	50
Nitrito (Como N)	-	1	1	3
Níquel	-	-	0,07	0,07
Selênio	0,01	0,01	0,01	0,04
Urânio	-	-	0,03	0,03

Fonte: Portaria GM nº 36/1990; Portaria MS nº 518/2004; Portaria MS nº 2914/2011 e WHO, (2011).

O flúor é um elemento comum que está amplamente distribuído na crosta terrestre e existe sob a forma de fluoretos de uma série de minerais, tais como fluorite, criolite e fluorapatite. Traços de fluoretos estão presentes em muitas águas, com concentrações mais elevadas, muitas vezes associados com as águas subterrâneas. Em algumas áreas ricas em minerais contendo fluoretos, água de poço pode conter até cerca de 10 mg.L^{-1}, embora concentrações muito maiores podem ser encontradas (WHO, 2011).

O flúor é amplamente utilizado em preparações dentárias para combater a cárie dentária, especialmente em áreas de alto consumo de açúcar. Estes podem estar na forma de comprimidos, elixires bucais, pastas de dentes ou géis, vernizes para aplicação local. Em

alguns países, flúor também pode ser adicionado ao sal de mesa ou de água potável, a fim de proporcionar proteção contra a cárie dentária. O flúor na água final é sempre presente como íons de flúor, quer seja a partir de fontes naturais ou de fluoretação artificial.

Ingestão de fluoreto elevadas podem ter efeitos mais graves sobre os tecidos esqueléticos, a Fluorose esquelético (com alterações adversas na estrutura óssea) pode ser observada quando a água potável contém 3-6 $mg.L^{-1}$ de flúor, particularmente com um elevado consumo de água (WHO, 2011).

De acordo com WHO, (2011):

> Fluorose esquelética incapacitante geralmente se desenvolve apenas quando a água potável contém mais de 10 $mg.L^{-1}$. IPCS concluiu que há evidências claras da Índia e da China que a fluorose óssea e aumento do risco de fraturas ósseas ocorrem em um consumo total de 14 mg de flúor por dia. Esta conclusão foi apoiada por uma avaliação pelo Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos em 2006. A relação entre a exposição e a resposta de efeitos adversos nos ossos é frequentemente difícil determinar causa de inadequações na maioria dos estudos epidemiológicos. IPCS concluiu a partir de estimativas com base em estudos da China e da Índia que, para um consumo total de 14 mg/dia, há um excesso de risco claro de efeitos adversos do esqueleto; e há evidências sugestivas de um risco aumentado de efeitos sobre o esqueleto no total de ingestão de flúor acima de cerca de 6 mg / dia.

Vários estudos epidemiológicos disponíveis sobre a possível associação entre flúor na água potável e câncer. IPCS avaliou esses estudos e concluiu que, no geral, a evidência de carcinogenicidade em animais de laboratório não é conclusiva e que as evidências disponíveis não suportam a hipótese de que o flúor causa câncer em seres humanos; no entanto, os dados sobre o câncer do osso são limitados. Os resultados de vários estudos epidemiológicos sobre os possíveis efeitos adversos na gravidez causados pelo flúor na água potável, indicam que não há nenhuma relação entre as taxas de síndrome de Down ou malformação congênita e o consumo de flúor da água potável (WHO, 2011)

De acordo com WHO (2011):

> Não há nenhuma evidência para sugerir que o valor de referência de 1,5 $mg.L^{-1}$ proposto em 1984 e reafirmado em 1993 deve ser revisto. Concentrações acima deste valor carregam um risco crescente de fluorose dental, e concentrações muito mais altas levam a fluorose esquelética. O valor é maior do que a recomendação para a fluoretação artificial da água, que normalmente é de 0,5-1,0 $mg.L^{-1}$.

Na fixação de normas nacionais ou orientações locais para flúor ou na avaliação das possíveis consequências para a saúde da exposição ao flúor, é essencial considerar a consumo médio diário de água por parte da população de interesse e da ingestão de flúor a partir de

outras fontes (por exemplo a partir de alimentos e do ar). Onde os consumos são susceptíveis de se aproximar, ou ser maior do que 6 mg / dia, seria oportuno considerar a definição de um padrão ou diretriz local em uma concentração menor do que 1,5 $mg.L^{-1}$ (WHO, 2011).

No Brasil a adição de flúor (fluoretação), deve observar a Portaria nº 635/GM/MS, de 30 de janeiro de 1976, não podendo ultrapassar o VMP 1,5 $mg.L^{-1}$. Esse valor não sofreu alteração em nenhuma das portarias de potabilidade brasileira vigentes até hoje, como pode ser observado na Tabela 8.

Alguns países, retiraram o flúor da água e passaram a adicioná-lo ao sal de cozinha, já que se consome menos sal do que água, o que reduziria o risco de ingestão excessiva do íon, cumulativo no corpo humano. Diante das evidências e para reparar a visão equivocada, baseada em pesquisas que só levavam em conta a prevenção de cáries, muitos países simplesmente não utilizam mais o uso sistêmico do flúor como preventivo de cáries; apostam na educação alimentar, higiene e no uso tópico, diretamente aplicado nos dentes (Rodrigues, 2011).

Segundo Rodrigues (2011):

> No Canadá, Áustria, Finlândia, Bélgica, Noruega, França e Cuba, alguns dos países que pararam de fluoretar suas águas, os índices de cáries continuaram caindo. Estudos sobre a ingestão do flúor, que a partir da década de 1970 também foi adicionado a alimentos, leites em pós e a alguns medicamentos, apontam malefícios graves e cumulativos para a saúde em geral. Os danos começam pela fluorose, que pode ser leve, causando manchas esbranquiçadas nos dentes ou grave, quando a dentição permanente fica com manchas marrons ou chega a ser perdida, esfacelando os dentes. Para que isso ocorra basta que crianças de zero a seis anos sejam expostas à ingestão diária do íon. O resultado visível só aparece nos dentes permanentes, já a ingestão de flúor na gravidez compromete a primeira dentição da criança.

A 2914 traz os níveis de triagem que conferem potabilidade da água do ponto de vista radiológico, que são valores de concentração de atividade que não excedam 0,5 Bq/L para atividade alfa total e 1Bq/L para beta total, retrata ainda que caso os níveis de triagem sejam superados, deve ser realizada análise específica para os radionuclídeos presentes e o resultado deve ser comparado com os níveis de referência do ^{226}rádio 1,0 Bq/L e ^{228}rádio 0,1 Bq/L.

Caso sejam encontrados níveis de atividade radiológica acima dos valores de rastreamento não indica qualquer risco imediato para a saúde, deve se desencadear uma investigação mais aprofundada para determinar os radionuclídeos responsáveis e os possíveis riscos, tendo em conta as circunstâncias locais (BRASIL,2012).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o estudo das portarias foi observado a significativa evolução que o padrão brasileiro obteve no decorrer das revisões, tanto na adequação dos VMP para a substâncias já incluídas, quanto a inserção de novos parâmetros, baseados em estudos realizados e nas experiências expostas pelas companhias de abastecimento. De acordo com os valores apresentados nas portarias, é notável que a legislação brasileira segue as diretrizes estabelecidas pelos guias da OMS, por apresentar vários componentes com os mesmos valores estabelecidos pela OMS. Esse fato possibilita a troca de experiências de acordo com os estudos e acontecimentos desenvolvidos dentro e fora do país.

Outra evolução significativa foi o relevante aumento na quantidade de parâmetros agrotóxicos incluídos nas últimas portarias, em decorrência do aumento da exportação de grãos e o cultivo de cana-de-açúcar que o Brasil apresentou nos últimos anos e o excessivo uso de agrotóxicos nesses cultivos, muitas vezes uso indiscriminado sem a menor consciência ambiental, causando danos ao solo, água e aos trabalhadores, que têm contato direto com esses produtos. Alguns produtos, mesmo sendo proibidos no país pela ANVISA, entram de forma ilegal como é o caso dos organoclorados, e por esse motivo ainda são parâmetros contemplados na portaria 2914. Outros são produtos de alta toxicidade e persistência ambiental, causando assim sérios danos à saúde, em alguns casos, em concentrações elevadas são potencialmente carcinogênicos, como o Mancozebe por exemplo.

O estabelecimento de um programa de vigilância da qualidade da água para consumo humano foi um grande avanço, considerando o histórico de vigilância no Brasil, existe ainda muitos desafios a serem superados. Uma importante relevância sobre o enfoque epidemiológico e a visão sistemática e integrada da qualidade da água desde o manancial até a distribuição, proporcionando um controle efetivo desde a captação até a rede de distribuição. Através dos planos de amostragem do controle e da vigilância, o monitoramento realizado comprova sistematicamente a potabilidade da água ao longo do sistema, verifica os pontos críticos e avalia a qualidade do processo de tratamento empregado. O monitoramento da qualidade da água de forma investigativa, em conjunto com a vigilância epidemiológica avalia, inclusive, o significado que o seu resultado representa na investigação do surto e epidemia, conforme é estabelecido na Portaria 2914.

A significativa redução no VMP para turbidez na saída da ETA foi outro ponto significativo alcançado nas últimas portarias. A redução desse parâmetro está associada a uma maior eficiência no tratamento e possui a finalidade de garantir a qualidade microbiológica da

água distribuída, pois quanto menor o valor da turbidez, maior é a eficiência na remoção de cisto e oocisto de protozoários, que se apresentam como micro-organismos mais resistentes aos processos de desinfecção.

A evolução das portarias de potabilidade de água, no decorrer de anos, tem sido um exemplo a ser seguindo por outras legislações brasileiras. A cada revisão, é notável, a grande preocupação do Ministério da Saúde em inovar e melhorar tanto o processo participativo das revisões quanto as exigências a serem apresentadas.

A última portaria publicada, a 2914, já está em processo de revisão, o Ministério da Saúde disponibilizou espaço virtual desde o dia 26 de fevereiro de 2014 para propostas justificadas para a revisão da Portaria 2914/2011 que trata da água para consumo humano (vigilância, padrão de qualidade e controle), as propostas foram até o dia 31 de maio de 2014.

REFERÊNCIAS

ARES – PCJ. Agência Reguladora dos Serviços de Saneamento da Bacia dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. Cartilha da regulação do Saneamento, São Paulo 2012.

BASTOS, Rafael Kopschitz Xavier; NASCIMENTO, Luís Eduardo do; COSTA, Silvano Sivério; BEVILACQUA, Paula Dias. Implementando a Portaria 1469.Uma breve análise de custos de programas de controle de qualidade da água. [S.l.], 2003.

BERNARDO, Luiz Di; DANTAS, Ângela Di Bernardo; VOLTAN, Paulo Eduardo Nogueira. Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Água. São Paulo: Editora LDiBe, 2011.

BRASIL. Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Documento Base De Elaboração Da Portaria MS Nº 2.914/2011 "Portarias de Potabilidade da Água para Consumo Humano". Brasília, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 36, de 19de janeiro de 1990. Aprova Normas e o Padrão de Potabilidade de água para consumo humano em todo território nacional. Brasília: Seção I, 1990.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Comentários sobre a Portaria MS n.º 518/2004: subsídios para implementação / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006b.

BRZEZINSKI, Maria Lúcia Navarro Lins. O SERVIÇO PÚBLICO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E O ACORDO GERAL SOBRE COMÉRCIO DE SERVIÇOS. SANTA CATARINA, FLORIANÓPOLIS, 2006. Apresentado como tese de mestrado à Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

CARNEIRO, Talita Gomes; LEITE, Flávio. CIANOBACTÉRIAS E SUAS TOXINAS. Revista Analytica, [S.l.], 2008.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem. São Paulo, 2009.

FACINCANI, Vasti Ribeiro. Artigo Técnico. A evolução e os desafios contínuos para tratar a água brasileira. São Paulo, 2012.

FORMAGGIA, Denise Maria Elisabeth. Uma breve história do Programa de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo humano do Estado de São Paulo, São Paulo 2007.

FREITAS, Marcelo Bessa; FREITAS, Carlos Machado de. A vigilância da qualidade da água para consumo humano – desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. Ciência & Saúde Coletiva, [S.l.], 2005.

GARIBOTTI, Vanda. Boletim Epidemiológico :Os Agrotóxicos e o Direito de Escolha dos Cidadãos, Rio Grande do Sul, RS, 2012.

FERNANDES NETO, Maria de Lourdes; SARCINELLI, Paula Novaes. Artigo Técnico. Agrotóxicos em água para consumo humano: uma abordagem de avaliação de risco e contribuição ao processo de atualização da legislação brasileira. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 14, [S.l], Janeiro de 2009.

FERNANDES NETO, Maria de Lourdes. "Norma Brasileira de Potabilidade de Água: Análise dos parâmetros agrotóxicos numa abordagem de avaliação de risco". RIO DE JANEIRO, 2010. Apresentado como tese de doutorado, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2010.

FERREIRA FILHO, Sidney Seckler; FERNANDES, Adilson Nunes. Oxidação Química e Processos de Adsorção em Carvão Ativado em Pó na Remoção de Compostos Orgânicos Causadores de Gosto e Odor em Águas de Abastecimento. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande – Mato Grosso do Sul, 2005.

FREGONESI, Brisa Maria; SAMPAIO, Carolina de Freitas; RAGAZZI, Mariana Frari TONANI, Karina Aparecida de Abreu, SEGURA-MUÑOZ, Susana Inés. *Cryptosporidium* e *Giardia*: desafios em águas de abastecimento público. São Paulo, 2012.

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

OLIVEIRA, Rui de. Notas de aulas de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande - PB, 2012.

RICHTER, Carlos. Água: Métodos e tecnologias de Tratamento. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

RODRIGUES, Claudia. GGN, o Jornal de todos os Brasis, 2011. Disponível em http://jornalggn.com.br/blog/luisnassif/os-riscos-da-agua-fluoretada
Acesso em 14 de novembro de 2014.

SANEPAR. Os Trihalometanos Na Água De Consumo Humano. Disponível em: http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/v17/TRIHALOMETANOS.htm
Acesso em 21 de outubro de 2014.

SANTOS, Patrícia Vieira da Silva; SILVA, Janaína Juliana Maria Carneiro. NORMATIZAÇÃO BRASILEIRA PARA A ÁGUA DE CONSUMO HUMANO. Pontifícia Universidade Católica de Goiás Programa de Pós-Graduação em Biociências Forenses, [S.l], 2010.

UMBUZEIRO, Gisela de Aragão. Guia de potabilidade para substâncias químicas - São Paulo, 2012.

WHO, World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality – 4ºed. 2011.