



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE FARMÁCIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS

Danilo Moreira Vilas Boas

QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE CONSUMO E
OCORRÊNCIA DE DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA NAS
MESORREGIÕES DO ESTADO DA BAHIA

Salvador
2018

Daniilo Moreira Vilas Boas

**QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE CONSUMO E
OCORRÊNCIA DE DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA NAS
MESORREGIÕES DO ESTADO DA BAHIA**

Dissertação apresentada a Faculdade de Farmácia da Universidade Federal da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Alaíse Gil Guimarães

Salvador
2018

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA),
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Vilas Boas, Danilo Moreira
QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE CONSUMO E
OCORRÊNCIA DE DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA NAS
MESORREGIÕES DO ESTADO DA BAHIA / Danilo Moreira Vilas
Boas, Joselene Conceição Nunes Nascimento, Clícia
Capibaribe Leite. -- Salvador, 2018.
72 f.

Orientador: Aláise Gil Guimarães.
Dissertação (Mestrado - Programa de Pós - Graduação
em Ciência de Alimentos) -- Universidade Federal da
Bahia, Faculdade de Farmácia, 2018.

1. Qualidade hídrica. 2. Saúde pública. 3.
Contaminação microbiológica. 4. Microrganismos
indicadores. 5. Coliformes. I. Nascimento, Joselene
Conceição Nunes. II. Capibaribe Leite, Clícia. I.
Guimarães, Aláise Gil. II. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE FARMÁCIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS

TERMO DE APROVAÇÃO

DANILO MOREIRA VILAS BOAS

QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE CONSUMO E
OCORRÊNCIA DE DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA NAS
MESORREGIÕES DO ESTADO DA BAHIA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos (nível Mestrado Acadêmico) da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Ciência de Alimentos.

Aprovada em 08 de novembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Dr^a. Alaise Gil Guimarães
Universidade Federal da Bahia
Orientadora

Dr^a. Marion Pereira da Costa
Universidade Federal da Bahia

Dr^a. Rogeria Comastri de Castro Almeida
Universidade Federal da Bahia

AGRADECIMENTOS

A decisão de seguir com a carreira acadêmica após finalização da graduação, não fazia parte dos planos durante um longo período. No entanto, o mundo científico me foi apresentado de forma encantadora, juntamente com o incentivo à realização da pesquisa e a busca por novos conhecimentos e conquistas profissionais. Portanto, com a finalização desta etapa, cabe agradecer imensamente aos autores que me tornaram protagonista desta inesquecível história. Sendo assim, agradeço inicialmente a Professora Clícia Capibaribe Leite, a quem eu dedico esta conquista, por ter sido a grande mentora desta caminhada, me oportunizando a descoberta da maior paixão dentro desta profissão, que foi a microbiologia de alimentos e me fazendo reconhecer, por meio das análises e do seu constante apoio, a área de atuação da minha vida.

À Universidade Federal da Bahia, a Faculdade de Farmácia e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, pela oportunidade, confiança e por proporcionarem o privilégio de ter recebido, durante este período, a sábia orientação da Professora Alaíse Gil Guimarães que, mesmo afastada da cidade e das demais atividades como docente, se fez presente na construção deste trabalho, cumprindo fielmente as características inerentes a um bom orientador, ensinando, corrigindo e, sobretudo, posicionando-se como parte desta construção e, desta forma, vislumbrando junto a mim, o melhor resultado possível.

Aos queridíssimos colegas do Laboratório de Microbiologia de Alimentos que, além de participarem na obtenção dos dados da pesquisa, foram os responsáveis por desenvolver em mim, as habilidades técnicas e os conhecimentos práticos necessários para que pudesse ser formada a aliança entre a teoria e a percepção da rotina laboral, indispensáveis para segurança como profissional. Em especial, a Joselene, por ter sido a grande parceira durante este percurso, compartilhando todos os percalços do caminho, tornando-os menos difíceis. Da mesma forma, estendo os agradecimentos aos demais colegas que atuam nos mais diferentes setores da Faculdade de Farmácia, por terem colaborado de diversas maneiras para este desfecho.

Por fim, gratifico-me a Deus pela certeza de sua constante vigília, me concedendo a sabedoria, o discernimento e a resiliência necessários para que pudesse seguir. Aos meus pais e a minha irmã, por representarem fontes de inspiração para que eu pudesse buscar sempre mais, da melhor forma possível, proporcionando a eles momentos de felicidade e orgulho. À minha madrinha, por estar sempre por perto. À toda minha família, pela torcida. Aos meus amigos,

pelo apoio e compreensão da ausência e a todos àqueles que colaboraram direta ou indiretamente para que isto se tornasse possível. A vocês, meu muitíssimo obrigado!

EPÍGRAFE

“Na concorrência da vida, são muitos os contratemplos. As bactérias, os vírus e os fungos são apenas uma lembrança de que os erros e os descuidos estão dentro de nós mesmos”.

Eneo Alves

VILAS BOAS, Danilo Moreira. Qualidade Microbiológica da Água de Consumo e Ocorrência de Doenças de Transmissão Hídrica nas mesorregiões do Estado da Bahia. 72f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Ciência de Alimentos, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

RESUMO

A importância da água para o funcionamento dos mais diversificados setores da sociedade é indiscutível. Este elemento é essencial para manutenção de todas as formas de vida do planeta e, desta forma, precisa ter a sua qualidade microbiológica assegurada, isto é, estar livre de microrganismos patogênicos que representam os principais veiculadores de doenças e podem ocasionar danos irreparáveis para a saúde da população. A crise global de água constitui-se como um dos problemas mais sérios que a humanidade enfrenta hoje. Os contaminantes microbiológicos mais importantes da água de consumo humano são os de origem fecal e, a avaliação deles, ocorre pelo grau de contaminação por bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*. Portanto, no Brasil, a Portaria de Consolidação nº 05/2017, estabelece a ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* para cada 100 mL de água, com o propósito de que a amostra possa ser considerada como própria para utilização. Desta forma, constitui-se como objetivo do presente estudo, avaliar a qualidade microbiológica da água de consumo proveniente das diferentes mesorregiões do Estado da Bahia, por meio de um estudo longitudinal no período de quatro anos (de janeiro de 2014 a dezembro de 2017), relacionando os dados obtidos nos laudos das análises microbiológicas da água, ao registro de ocorrências de doenças de transmissão hídrica na cidade de Salvador e região metropolitana, onde concentrou-se o maior número de amostras analisadas. Para tanto, foram levados em consideração os resultados dos laudos das Análises Microbiológicas de Água de Consumo, emitidos pelo Laboratório de Microbiologia de Alimentos, da Universidade Federal da Bahia, no período de janeiro de 2014 a dezembro de 2017, analisadas quanto aos parâmetros preconizados na legislação. Os dados epidemiológicos foram obtidos pela plataforma digital do Sistema Único de Saúde, por consulta *online*, de acordo com o CID-10 e os demais resultados foram analisados empregando-se o *software* estatístico SPSS para Windows versão 24, com a realização dos testes qui-quadrado de Pearson e o da Razão de Verossimilhança, além disso, para verificação da concordância entre os testes, empregou-se a estatística Kappa. Constatou-se que dos 7912 laudos analisados, 1603 (20,26%) apresentaram-se reprovados para coliformes totais, 501 (6,33%) revelaram crescimento para coliformes termotolerantes, enquanto 106 (1,34%) deles encontravam-se não conformes devido à presença de *Escherichia coli*. Tais achados, podem ter relação direta com as médias verificadas de 546,75 internações por ano, taxa de mortalidade e número de óbitos por mil habitantes de 3,12 e 17, respectivamente, com valor gasto em serviços hospitalares de R\$ 286829,00. Portanto, infere-se que o sistema de distribuição de água potável, assim como a obtenção da mesma através de fontes particulares, nas mesorregiões do Estado da Bahia, é suscetível a contaminação contribuindo, com isso, para os números de casos de internações, óbitos, taxa de mortalidade e custos, relacionados as patologias veiculados pela água.

Palavras-chave: Qualidade hídrica; saúde pública; contaminação microbiológica; microrganismos indicadores; coliformes.

VILAS BOAS, Danilo Moreira. Microbiological Quality of Consumption Water and Occurrence of Waterborne Diseases in the mesoregions of the State of Bahia. 72f. Dissertation (Master degree) - Program in Food Science, College of Pharmacy, Federal University of Bahia, Salvador, 2018.

ABSTRACT

The importance of water for the operation of the most diversified sectors of the society is indisputable. This element is essential for the maintenance of all life forms on the planet and, therefore, its microbiological quality must be ensured, so, it must be free of pathogenic microorganisms that represent the main carriers of diseases and can cause irreparable damage to health of the population. The global water crisis is one of the most serious problems facing humanity today. The most important contaminants of water for human consumption are those of fecal origin and their evaluation correspond to the degree of contamination by bacteria belonging to the group of total coliforms, thermotolerant coliforms and *Escherichia coli*. Therefore, in Brazil, Decree N° 05/2017 establishes the absence of total coliforms and *Escherichia coli* for each 100 mL of water, so that this sample can be considered as suitable for use. The aim of the present study was to evaluate the microbiological quality of drinking water by means of a longitudinal study in a four-year period (from January 2014 to December 2017), linking microbiological analysis data water, the occurrence of hospital admissions for gastroenteritis of presumed infectious origin and other infectious intestinal diseases during the period considered. The results of the Microbiological Analysis of Consumption Water, issued by the Food Microbiology Laboratory of the Federal University of Bahia, from January 2014 to December 2017, were compared for the parameters recommended in the Brazilian legislation. The epidemiological data were obtained by the digital platform of the Unified Health System, through online consultation, according to ICD-10 and the other results were analyzed using SPSS statistical software for Windows version 24, with the chi-square of Pearson and Likelihood Ratio, in addition, to verify the agreement between the tests, the Kappa statistic was used. It was verified that of the 7912 analyzed reports, 1603 (20.26%) were rejected for total coliforms, 501 (6.33%) showed growth for thermotolerant coliforms, while 106 (1.34%) of them were not due to the presence of *Escherichia coli*. These findings may be directly related to the verified averages of 546, 75 hospitalizations per year, mortality rate and number of deaths per thousand inhabitants of 3, 12 and 17, respectively, with a value spent in hospital services of R \$ 286829, 00. Therefore, it is inferred that the system of distribution of drinking water, as well as obtaining it through private sources, in the mesoregions of the State of Bahia, is susceptible to contamination, thus contributing to the numbers of hospitalizations, deaths, mortality rate and costs related to waterborne diseases.

Keywords: Water quality; public health; microbiological contamination; micro-organisms indicators; coliforms.

LISTA DE FIGURAS E QUADROS

CAPÍTULO I

Figura 1	-Mapa das 12 Regiões Hidrográficas Brasileiras.	Página 26
Figura 2	-Mapa dos Comitês de Bacia Hidrográfica da Bahia.	Página 27
Quadro 1	-Principais características dos Comitês de Bacia Hidrográfica	Página 28
Figura 3	-Proporção dos alimentos incriminados em surtos de DTA, no Brasil entre 2007 a 2017, de acordo com o SINAN.	Página 32
Figura 4	-Proporção de agentes etiológicos identificados nos surtos de DTA, no Brasil entre 2007 a 2017, de acordo com o SINAN.	Página 32
Figura 5	-Proporção de sinais e sintomas identificados nos surtos de DTA, no Brasil entre 2007 a 2017, de acordo com SINAN.	Página 33
Figura 6	-Técnica da membrana filtrante para contagem de coliformes em água, de acordo com o APHA (2012).	Página 40
Figura 7	- Técnica dos Tubos Múltiplos para determinação do Número Mais Provável de coliformes em água, de acordo com o APHA (2012).	Página 41

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

- | | | |
|-----------------|---|------------------|
| Tabela 1 | - Classificação das doenças de veiculação hídrica de acordo com o CID-10 (Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde – 10º Revisão). | Página 30 |
| Tabela 2 | - Organismos patogênicos de veiculação hídrica e transmissão fecal-oral e sua importância para o abastecimento público. | Página 31 |

CAPÍTULO II

- | | | |
|-----------------|--|------------------|
| Tabela 1 | - Número de amostras de água analisadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos – UFBA, no período entre 2014 a 2017, locais de procedência das mesmas e sua fonte de colheita, tipo de água analisada, temperatura de transporte e microrganismos pesquisados. | Página 56 |
| Tabela 2 | - Associação entre os tipos de amostras de água analisadas, temperatura de transporte, locais e anos das coletas, com os resultados das análises microbiológicas da mesmas para o parâmetro coliformes totais, analisadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos – UFBA, no período entre 2014 a 2017. | Página 58 |
| Tabela 3 | - Associação entre os tipos de amostras de água analisadas, temperatura de transporte, locais e anos das colheitas, com os resultados das análises microbiológicas da mesmas para o | Página 59 |

parâmetro *Escherichia coli*, analisadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos – UFBA, no período entre 2014 a 2017.

Tabela 4

Associação entre os tipos de amostras de água analisadas, temperatura de transporte, locais e anos das colheitas, com os resultados das análises microbiológicas da mesmas para os parâmetros coliformes totais e *Escherichia coli*, analisadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos – UFBA, no período entre 2014 a 2017.

Página 60

Tabela 5

Número de internações pelo Sistema Único de Saúde (SUS), valores de serviços hospitalares, taxa de mortalidade e número de óbitos por diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível ou outras doenças intestinais, da mesorregião Metropolitana de Salvador, no período entre 2014 a 2017.

Página 62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	-Associação Brasileira de Normas Técnicas
a.C.	-Antes de Cristo
ANA	-Agência Nacional de Águas
APEC	- <i>Escherichia coli</i> patogênica aviária
APHA	-American Public Health Association
C	-Celsius
CBH	-Comitês de Bacia Hidrográfica
CDC	- Centro de Controle e Prevenção de Doenças
CID-10	-Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas - Relacionados à Saúde – 10º Revisão
CNRH	-Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONERH	-Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CO2	-Dióxido de Carbono
DAEC	- <i>Escherichia coli</i> difusamente aderente
DATASUS	- Departamento de Informática do SUS
DVA	-Doenças Veiculadas por Alimentos
E.coli	- <i>Escherichia coli</i>
EPEC	- <i>Escherichia coli</i> enteropatogênica
EPA	-Agência de Proteção Ambiental
EAEC	- <i>Escherichia coli</i> enteroagregativa
EIEC	- <i>Escherichia coli</i> enteroinvasora

EHEC	- <i>Escherichia coli</i> enterro-hemorrágica
ETEC	- <i>Escherichia coli</i> enterotoxigênica
et al.	- E outros
ExPEC	- Cepas patogênicas extra-intestinais
H	-Hidrogênio
H	-Horas
INEMA	-Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
InPEC	- Cepas patogênicas intestinais
K	- KAPPA
Km²	-Quilômetro quadrado
LACEN-DF	- Laboratório Central do Distrito Federal
mL	- Mililitro
MMA	-Ministério do Meio Ambiente
n	- Número de amostras
N°	-Número
N₂	-Nitrogênio
NaCl	-Cloreto de Sódio
NHEC	- Meningite neonatal <i>Escherichia coli</i>
NMP	-Número Mais Provável
NORS	- Relatório Nacional de Surtos
OMS	-Organização Mundial da Saúde
O₂	-Oxigênio

p	- Probabilidade de observar um valor estatístico de teste maior ou igual ao encontrado
PCR	-Reação em Cadeia da Polimerase
pH	-Potencial de Hidrogênio
PNRH	-Política Nacional de Recursos Hídricos
<i>P. aeruginosa</i>	- <i>Pseudomonas aeruginosa</i>
RPGAs	-Regiões de Planejamento e Gestão das Águas
R\$	- Real
SINAN	-Sistema de Informação de Agravos de Notificação
SNGRH	-Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SO₂	-Dióxido de Enxofre
SCPA	- Sistema Informático de Controle de Processo de Análise
spp.	-Plural – Várias espécies
SUS	- Sistema Único de Saúde
UFBA	- Universidade Federal da Bahia
UFC	-Unidade Formadora de Colônia
UTI	- Unidade de Terapia Intensiva
UV	-Ultravioleta
WHO	- <i>World Health Organization</i>
WBDOS	- Sistema de Vigilância de Doenças e Surtos de Doenças
XIX	-Dezenove
%	- Porcentagem
≤	- Menor ou igual que

> - Maior que

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	17
2. OBJETIVOS.....	20
2.1 Geral.....	20
2.2 Específicos	20
CAPÍTULO I.....	21
REVISÃO DE LITERATURA	21
1.0 REVISÃO DE LITERATURA	22
1.1 Aspectos históricos	22
1.2 Gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil.....	24
1.3 Divisões Hidrográficas do Brasil	25
1.4 Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH) da Bahia.....	27
1.5 Doenças de veiculação hídrica.....	28
1.6 Microrganismos de veiculação hídrica	33
1.6.1 Grupo Coliformes	33
1.6.2 <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	35
1.6.3 <i>Clostridium perfringens</i>	36
1.6.4 Enterococos	37
1.6.5 <i>Vibrio cholerae</i>	38
1.7 Técnicas de análise para detecção de coliformes e Ecoli em água.....	39
1.7.1 Técnica da Membrana Filtrante.....	39
1.7.2 Técnica dos Tubos Múltiplos	40
1.7.3 Métodos rápidos.....	41
REFERÊNCIAS	43
CAPITULO II.....	50
RESUMO.....	51
INTRODUÇÃO.....	52
MATERIAL E MÉTODOS.....	54
RESULTADOS.....	56
DISCUSSÃO.....	62
CONCLUSÕES.....	67
REFERÊNCIAS.....	69

1.0 INTRODUÇÃO GERAL

A água representa um elemento essencial para manutenção de todas as formas de vida do planeta. Sendo assim, esse recurso precisa ter a sua qualidade microbiológica assegurada, isto é, livre de microrganismos patogênicos que são os principais veiculadores de doenças e podem ocasionar danos irreparáveis para a saúde humana (MELLO; RESENDE, 2015; WHO, 2017). De acordo com Goel et al., (2015), um dos problemas mais sérios que a humanidade enfrenta hoje é a crise global desta substância.

A contaminação dos recursos hídricos pelos agentes patogênicos e a subsequente infecção humana é um dos principais problemas de qualidade da água, mesmo em nações desenvolvidas (SCOTT; LEH; HAGGARD, 2017). Dados do Ministério da Saúde, no Brasil, indicam que entre os anos de 2007 a 2017, a água ocupou o quinto lugar na proporção dos produtos alimentícios incriminados nos surtos de Doenças Veiculadas por Alimentos (DVA), com 6,2% das notificações no perfil epidemiológico (BRASIL, 2018). A Organização Mundial de Saúde (OMS), estima que cerca de dois bilhões de pessoas no mundo consomem água contaminada por material fecal (WHO, 2017). Nunes et al., (2013) ratificam que as doenças diarreicas agudas são responsáveis por 1,8 milhões de mortes de crianças por ano, predominantemente em países em desenvolvimento, onde a água é o veículo de propagação.

Garantir a segurança da água potável é um processo contínuo. A água que parece adequada para ingestão, pode estar contaminada com patógenos que podem ocasionar sérios riscos à saúde (SAXENA et al., 2015). O mecanismo de transmissão dos agentes etiológicos causadores de doenças relacionado à qualidade da água é o da ingestão, onde o indivíduo saudável a consome contaminada com algum componente nocivo à saúde, que pode ser vírus, bactérias, toxinas, agrotóxicos, produtos químicos ou metais pesados e a presença desses no organismo humano provoca a manifestação patológica (BRASIL, 2010; VIEIRA, 2017).

As infecções alimentares e hídricas normalmente cursam com febre e sintomas gastrintestinais, como cólicas, vômitos e diarreia, que podem durar até alguns dias (CODY; STRETCH, 2014). Uma característica comum dos patógenos que podem estar contaminando a água é a sua capacidade de se desenvolver até concentrações problemáticas formando biofilmes nas paredes e sedimentos de tubulações, particularmente durante os períodos de estagnação da água e condições mais quentes; portanto, o controle de qualidade faz-se necessário para gerenciar a ocorrência desses patógenos (ASHBOLT, 2015). De acordo com Liu et al., (2018)

é importante para a saúde pública desenvolver estratégias eficientes de gerenciamento da qualidade da água, explorando a origem das bactérias associadas a água potável.

Os contaminantes mais importantes da água de consumo humano são os de origem fecal. Sua avaliação ocorre pelo grau de contaminação por bactérias pertencentes aos microrganismos indicadores como o grupo dos coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*. Deste modo, quanto maior a contaminação por esses microrganismos, maior a probabilidade da água conter patógenos de origem entérica. Por isso, a água de consumo humano deve ser submetida a determinados tratamentos que têm por finalidade torná-la potável (SILVA, 2010; CABRAL, 2010).

Como os coliformes são habitantes comuns da água ambiente e podem ser facilmente injuriados por estresses ambientais ou pelos processos utilizados para o tratamento da água, como ocorre de maneira semelhante a muitos patógenos, a Agência de Proteção Ambiental (EPA) considera-os indicadores úteis de outros patógenos associados à água (MULAMATTATHIL; BEZUIDENHOUT; MBEWE, 2015). Dentro deste grupo, a *Escherichia coli* é considerada um bom indicador, uma vez que é facilmente detectável, é exclusivamente de origem fecal, e sua presença pode estar relacionada com a ocorrência de patógenos (VERGINE et al., 2017).

Diante desse panorama, um bom sistema de monitoramento ambiental faz-se necessário. No Brasil, a portaria de Consolidação nº 05/2017, do Ministério da Saúde que revogou a de nº 2914/2011 estabelece, entre outros parâmetros físicos e químicos, a ausência de coliformes totais e *Escherichia coli*, além de sugerir no máximo 500 UFC (Unidades Formadoras de Colônias) de bactérias heterotróficas em 100 mL de água, como parâmetros obrigatórios para conferir a potabilidade microbiológica da água para consumo humano, em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais, como poços, minas e nascentes (BRASIL, 2017). De acordo com essa portaria, entende-se por água potável, a água de consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade que não ofereça riscos à saúde.

Desta forma, constitui-se como objetivo do presente estudo, avaliar a qualidade microbiológica da água de consumo proveniente das diferentes mesorregiões do Estado da Bahia, por meio de um estudo longitudinal no período de quatro anos (janeiro de 2014 a dezembro de 2017), relacionando os dados obtidos nos laudos das análises microbiológicas da água, ao registro de ocorrências de doenças de transmissão hídrica na cidade de Salvador e região metropolitana, onde concentrou-se o maior número de amostras analisadas.

Para tanto, cabe esclarecer que esse estudo apresenta-se disposto em dois capítulos. O Capítulo I é composto de uma revisão de literatura, abordando os temas relacionados à água de consumo, sua qualidade microbiológica e a ocorrência de doenças de veiculação hídrica e o Capítulo II, retratado em formato de artigo, apresenta os resultados da pesquisa, as discussões em torno do tema e as conclusões do estudo realizado, com pretensão de submissão ao periódico *Journal of Water and Health*. Ambas as partes, seguindo as determinações dispostas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

1. OBJETIVOS

1.1 Geral

Constitui-se como objetivo do presente estudo, avaliar a qualidade microbiológica da água de consumo proveniente das diferentes mesorregiões do Estado da Bahia, por meio de um estudo longitudinal no período de quatro anos (de janeiro de 2014 a dezembro de 2017), relacionando os dados obtidos nos laudos das análises microbiológicas da água, ao registro de ocorrências de doenças de transmissão hídrica na cidade de Salvador e região metropolitana, onde concentrou-se o maior número de amostras analisadas.

1.2 Específicos

2.2.1 Avaliar o perfil da qualidade microbiológica da água de consumo nas mesorregiões do Estado da Bahia, pela avaliação dos laudos provenientes da realização de análises microbiológicas em amostras aleatórias, durante o período de 2014 – 2017.

2.2.2 Verificar a conformidade das amostras de água com a legislação (Portaria de Consolidação nº 05/2017, do Ministério da Saúde que revogou a de nº 2914/2011).

2.2.3 Estabelecer a relação entre a potabilidade das amostras de água, com casos de internações hospitalares por gastroenterite de origem infecciosa presumível e outras doenças infecciosas intestinais no período compreendido do estudo, na cidade de Salvador e região metropolitana.

2.2.4 Fornecer resultados que possam subsidiar a adoção de medidas de correção e controle da higiene da água, para dessa forma contribuir para assegurar a qualidade da água oferecida à comunidade e assim evitar os riscos de ocorrência de doenças de veiculação hídrica.

CAPÍTULO I

REVISÃO DE LITERATURA

1.0 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Aspectos históricos

Ao longo da história geológica da Terra, as erupções vulcânicas associadas à Tectônica das Placas, lançaram na atmosfera grandes quantidades de oxigênio (O), hidrogênio (H) e outros gases tais como dióxido de carbono (CO₂), nitrogênio (N₂), dióxido de enxofre (SO₂) e monóxido de carbono onde, o oxigênio e o hidrogênio combinaram-se para dar origem ao vapor de água. Posteriormente, com a diminuição das temperaturas, esses vapores de água condensaram-se, formaram nuvens, as quais foram atraídas pela gravidade e caíram na forma de chuva, principalmente na superfície da Terra. A água que escoou através da superfície da crosta, provocou erosão das rochas, cujas partículas acumularam-se e formaram depósitos nas suas depressões. As rochas mais antigas datam de 3,8 bilhões de anos, indicando que, ao menos, desde então a água na forma líquida existe no planeta (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 1999).

Os cursos d'água, sofreram modificações e assumiram novas conformações devido à ação das sociedades ao longo da história. Desta forma, o destino deles sempre esteve condicionado ao fluxo do próprio processo civilizatório, com o desenvolvimento das cidades ao longo dos rios (DA SILVA, 1998). Sendo assim, existem diversos registros históricos da utilização dos recursos hídricos por diferentes culturas, de maneiras distintas e em localizações díspares em todo o território mundial.

Azevedo (1959) destaca que na Mesopotâmia, além do desenvolvimento da irrigação, existem diversas escrituras de obras relacionadas ao saneamento, como galerias de esgotos construídas em Nippur, na Índia, por volta de 3.750 a.C.; abastecimento de água e a drenagem existiam no Vale do Indo em 3.200 a.C; uso de tubos de cobre como os do palácio do faraó Cheóps e a clarificação da água de abastecimento com sulfato de alumínio utilizado pelos egípcios em 2.000 a.C.

Costa (1994), chama atenção para o sistema de abastecimento de Roma, que constituía-se de onze aquedutos, responsáveis pela distribuição diária de aproximadamente mil litros de água por habitante, quantitativo este que iria muito além do necessário para o consumo humano da época. No entanto, esta preocupação com relação à distribuição e à quantidade de água foi reduzida durante a época medieval havendo, de maneira geral, um declínio das condições sanitárias, bem como um avanço das epidemias.

Dentro desse contexto, o Ato inglês, promulgado em 1388, ficou conhecido como a lei britânica mais antiga, emitindo determinações relacionadas a poluição das águas e do ar e proibindo o lançamento de excrementos, lixo e detritos em fossas, rios e outras fontes de água. Já em 1453, em Augsburgo, na Alemanha, foram promulgadas leis rígidas de proteção dos mananciais, com o objetivo de controlar a contaminação dos efluentes destinados ao abastecimento público (POMPEU, 1976).

Roche (1990), afirma que as cidades medievais, por meio dos seus cidadãos e artesãos, introduziram no meio ambiente um conjunto de perturbações, como a poluição, com modificação do equilíbrio das águas fluviais; contaminação dos lençóis freáticos; acúmulo dos riscos epidêmicos; além da destruição de vastas áreas florestais, reduzindo-se as vazões das águas superficiais e subterrâneas. Desta forma, começaram a emergir os primeiros indícios de institucionalização dos serviços de saúde. Grundy & Mackintosh (1957) esclarecem que o primeiro exemplo de um sistema nacional de saúde teria surgido na Dinamarca, em 1740, e pouco tempo depois um conselho nacional foi adotado na Suécia. Em 1854, o médico inglês Jonh Snow publicou a ocorrência de uma epidemia por cólera no bairro “Soho”, em Londres onde, houveram 521 mortes no período de 10 dias, alertando a todos quanto aos cuidados necessários para garantir a qualidade da água (SNOW, 1999).

Com relação as origens da saúde pública, intrinsecamente relacionadas às questões envolvidas em torno da utilização dos recursos hídricos, Stern (1983) esclarece que antes do século XIX, alguns esforços já haviam sido realizados para enfrentar as doenças por meio da ação comunitária e da emissão de decretos. O desenvolvimento dos grandes centros industriais atraía as populações das zonas rurais, as quais passariam a viver em péssimas condições de habitação e de trabalho. Assim, os índices de mortalidade e doença aumentaram consideravelmente, demonstrando o caráter necessário e urgente de mudanças.

Dessa forma, Silva (2009) destaca que, a partir da descrição das formas como se geriam as águas e de sua relação com o processo saúde doença, em diferentes contextos históricos, foi possível entender o desenvolvimento da compreensão dos mecanismos explicativos desse processo até desembocar na construção do campo da Saúde Pública na Europa, no século XIX, bem como da sua posterior influência sobre o pensamento e ações no campo sanitário brasileiro.

No Brasil, alguns fatos históricos relacionados à água e sua disponibilidade chamam atenção como o serviço de abastecimento que foi, inicialmente, realizado pelo transporte da água por aquedutos e a distribuição à população, por meio dos chafarizes. Telles (1984) destaca o aqueduto da Lapa, como primeiro a ser construído no Brasil, em 1723, no Rio de Janeiro, que

transportava a água captada no Rio Carioca até o chafariz do atual Largo da Carioca. A partir daí esta concepção espalhou-se como modelo para outras cidades do país. Garrido (1999) destaca a seca na região Nordeste, que afetou a economia regional, obrigando ao governo a tomar medidas importantes de controle.

1.2 Gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil

O Decreto Federal nº 24.643 de 1934, conhecido como Código de Águas, representa a primeira legislação brasileira emitida para abordar a apropriação e uso das águas no país, promulgado em um contexto nacional de modernização e desenvolvimento econômico no qual a água era tida como um bem em abundância (BRASIL, 1934). Entretanto, devido a fatores como a industrialização e o crescimento populacional, a água outrora disponível começou a tornar-se escassa em algumas regiões, levando à intensificação dos conflitos para seu uso e impondo, com isso, a necessidade da elaboração de mecanismos de planejamento e coordenação, direcionados à sua otimização. Sendo assim, a atual gestão de recursos hídricos do país está baseada nas determinações da Lei nº 9.433 de 1997, conhecida por “Lei das Águas” que instituiu, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH) (BRASIL, 1997).

A PNRH tem por finalidade assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; garantir a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; asseverar a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais, além de incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais (BRASIL, 1997). Tal política prevê que a gestão da água não deve dissociar aspectos de quantidade e qualidade e deve considerar a diversidade geográfica e socioeconômica das diferentes regiões do País, além do planejamento dos setores usuários e os planejamentos regionais, estaduais e nacional, bem como a integração com a gestão ambiental, do uso do solo, sistemas estuarinos e zonas costeiras (BRASIL, 2018a).

O Decreto Federal nº 9984 de 17 de julho de 2000 dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), entidade federal de implementação da PNRH e de coordenação do SNGRH. A ANA é a agência reguladora vinculada ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), que é responsável, dentre outras ocorrências, por regular o acesso e o uso dos recursos hídricos de domínio da União, que são os que fazem fronteiras com outros países ou passam por mais

de um Estado, os serviços públicos de irrigação e adução de água bruta, além de emitir e fiscalizar o cumprimento de normas (BRASIL, 2000).

Na Bahia, devido à grande extensão territorial e à complexidade de sua rede hidrográfica, fez-se necessário que os instrumentos da política de recursos hídricos fossem implementados para atender as necessidades do Estado. Desta forma, no ano de 2009, a Resolução nº 43 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH), publicou uma nova divisão hidrográfica para o Estado, aumentando de 17 para 26 Regiões de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA) (BRASIL, 2009). Além disso, o gerenciamento dos recursos hídricos no Estado foi inserido em um sistema onde o poder público interage com a sociedade civil organizada, por meio dos Conselhos de Recursos Hídricos (CRH) e os Comitês da Bacia Hidrográfica (CBH), que constituem-se em fóruns participativos (BRASIL, 2005). O Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) representa o órgão executor da Política Estadual de Recursos Hídricos e vem nos últimos anos aperfeiçoando o processo de planejamento e gestão das águas no território baiano.

1.3 Divisões Hidrográficas do Brasil

No Brasil, a Resolução nº 32 de 2003, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), estabelece a Divisão Hidrográfica Nacional em doze Regiões Hidrográficas, conforme demonstrado na figura 1, que compreendem as bacias, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas próximas, com características naturais, sociais e econômicas similares. Esse critério de divisão visa orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos em todo o país (BRASIL, 2003).

Segundo dados da ANA, a Região Hidrográfica Amazônica possui uma extensa rede de rios com grande abundância de água e densidade populacional dez vezes menor que a média nacional, concentrando 81% da disponibilidade de águas superficiais do país. A Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia engloba os biomas Floresta Amazônica ao Norte e Noroeste, e Cerrado nas demais áreas, enquanto que a do Atlântico Nordeste Ocidental, compreende os biomas da Caatinga, Cerrado e o Amazônico. A Região Hidrográfica Parnaíba caracteriza-se pela intermitência das chuvas, enquanto a do Atlântico Nordeste Oriental apresenta períodos de estiagens prolongadas e temperaturas elevadas durante todo o ano, representando a região hidrográfica com a menor disponibilidade hídrica do país (BRASIL, 2018a).

A Região Hidrográfica do São Francisco destaca-se devido a precipitação média anual apresentar-se muito abaixo da média nacional, ocasionando frequentes situações de escassez de água, no entanto, desempenha papel fundamental no fornecimento de energia elétrica para a região Nordeste do país. De acordo com Reis, de Lacerda Abrahão e Moura (2018), ao longo do seu curso, o rio São Francisco integra sete Estados, 505 municípios e suas diferentes culturas vivenciadas às suas margens. Também conhecido por “Velho Chico”, o rio é fundamental para distribuição de água, acesso ao lazer, alimento e geração de renda nas comunidades ribeirinhas.

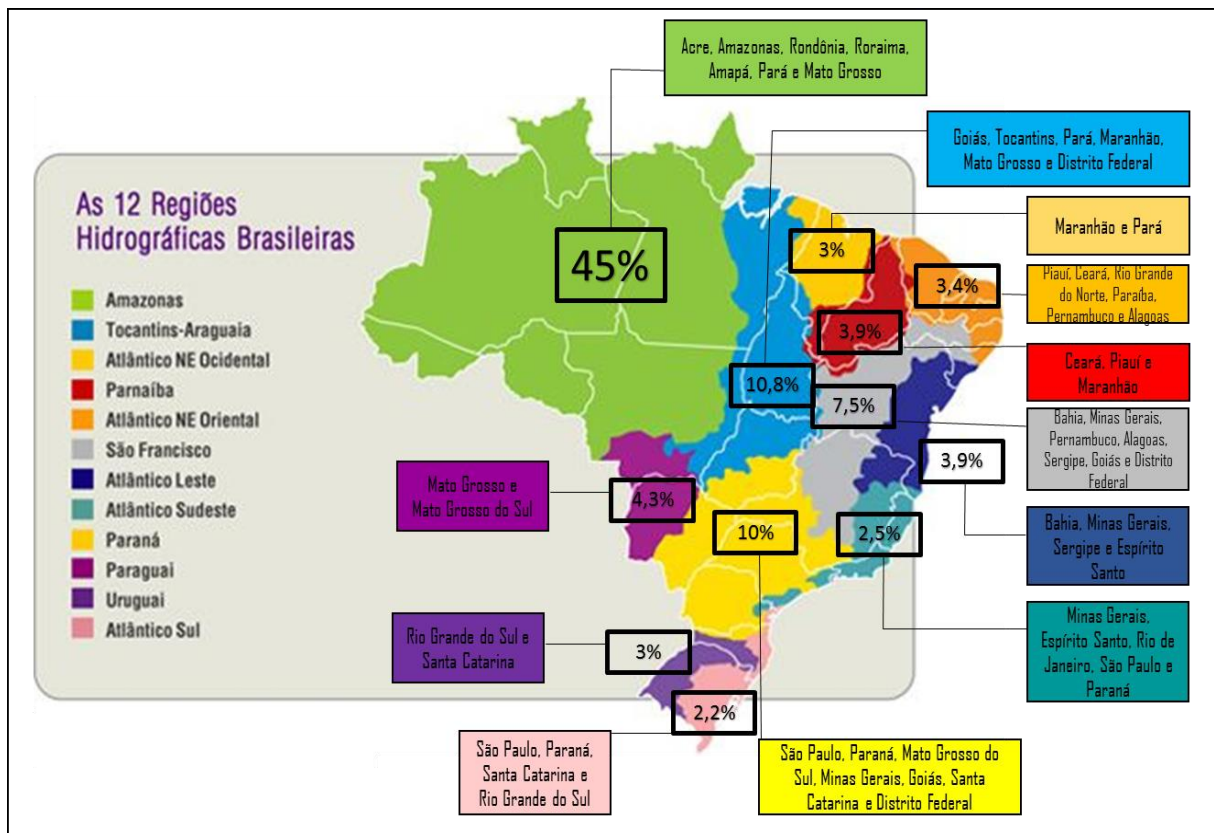


Figura 1: Mapa das 12 Regiões Hidrográficas Brasileiras

Fonte: Autoria própria. Adaptado de ANA (BRASIL, 2018)

A Região Hidrográfica Atlântico Sudeste é a região hidrográfica mais povoada, com densidade demográfica seis vezes maior que a média brasileira, já a do Paraná destaca-se por ser a de maior desenvolvimento econômico do país. A Região Hidrográfica Paraguai inclui a maior parte do Pantanal-mato-grossense, a maior área úmida contínua do planeta, já a do Uruguai ressalta-se devido ao grande potencial hidroelétrico, enquanto que a Região Hidrográfica Atlântico Sul chama atenção por abrigar um expressivo contingente populacional (BRASIL, 2018a).

1.4 Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH) da Bahia

Os Comitês de Bacia Hidrográfica, também conhecidos como Parlamento das Águas, são organismos colegiados que fazem parte do SNGRH. A composição diversificada e democrática dos Comitês contribui para que todos os setores da sociedade com interesse sobre a água de uma das bacias, tenham representação e poder de decisão sobre sua gestão. Os membros que compõem o colegiado são escolhidos entre seus pares, sejam eles dos diversos setores usuários de água, das organizações da sociedade civil ou dos poderes públicos. Suas principais competências são as de aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia, arbitrar conflitos relacionados a utilização da água, em primeira instância administrativa, estabelecer mecanismos e sugerir os valores da cobrança pelo uso da água (BRASIL, 2018a).

Segundo dados divulgados pelo INEMA, a Bahia conta atualmente com quatorze Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH), distribuídos em toda a extensão territorial do Estado, identificados com os códigos de BA1 até BA14, conforme demonstrado na figura 2. Tais parlamentos possuem datas de instauração variando entre os anos de 2006 e 2014 e possuem as principais características descritas no quadro 1 (INEMA, 2018). Destaca-se, no entanto, a extensa área de ocupação da CBH do Rio Grande (BA9), que abrange 17 municípios, enquanto outros comitês, como o CBH do Rio Paraguaçu (BA4), detém menor área porém, atingem maior quantidade de municípios, 86 neste caso.

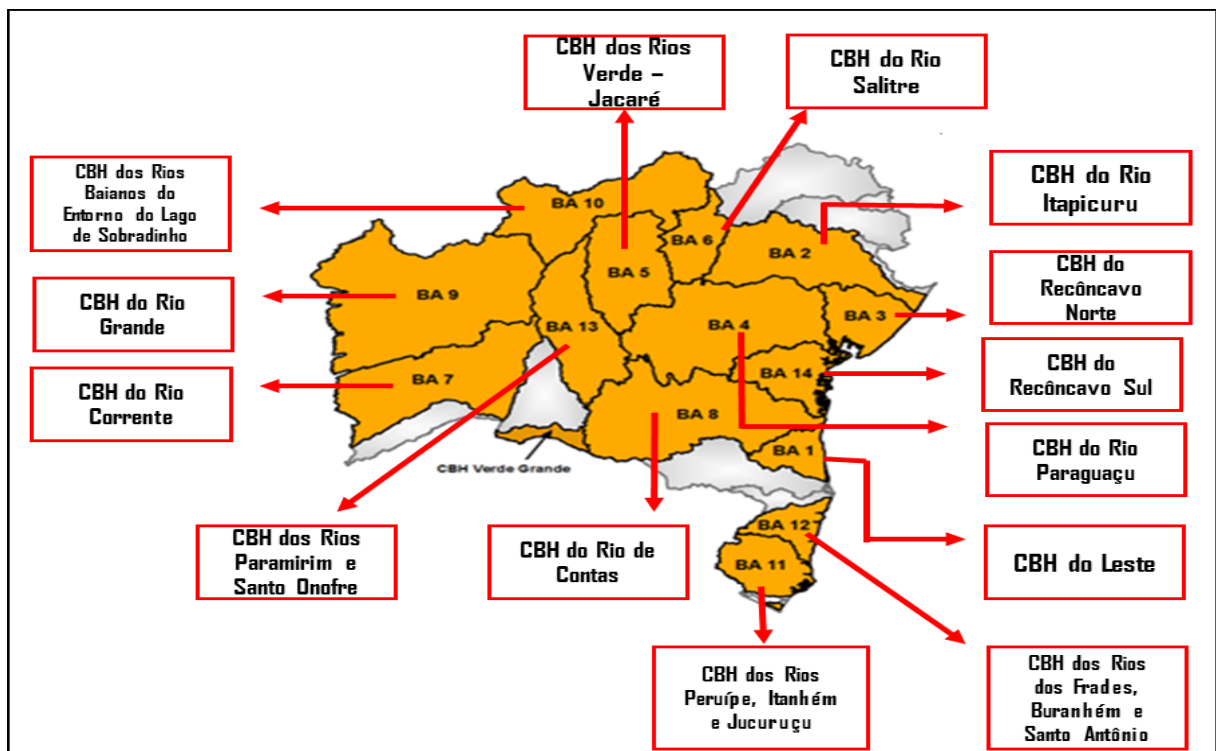


Figura 2: Mapa dos Comitês de Bacia Hidrográfica da Bahia

Fonte: Autoria própria. Adaptado INEMA (BRASIL, 2018).

Quadro 1 – Principais características dos Comitês de Bacia Hidrográfica

Código	Comitê	Área aproximada	População (Habitantes)	Municípios	Clima
BA1	CBH do Leste	9.500 Km ²	682.652	24	Subúmido a seco (oeste), úmido a subúmido (centro) e úmido (leste).
BA2	CBH do Rio Itapicuru	39.000 Km ²	1,3 milhões	55	Semiárido em 81% da área.
BA3	CBH do Recôncavo Norte	18.000 Km ²	3,7 milhões	46	Úmido em 37% da área.
BA4	CBH do Rio Paraguaçu	55.000 Km ²	1,6 milhões	86	Semiárido em 67% da área.
BA5	CBH dos Rios Verde - Jacaré	33.000 Km ²	349.628	29	Semiárido em 83% da área.
BA6	CBH do Rio Salitre	14.000 Km ²	96.951	04	Área de clima tropical semiárido.
BA7	CBH do Rio Corrente	35.000 Km ²	196.761	13	Varia do úmido ao semiárido.
BA8	CBH do Rio de Contas	55.000 Km ²	1,2 milhões	76	Semiárido em 51% da área.
BA9	CBH do Rio Grande	77.000 Km ²	335.550	17	Varia do úmido ao semiárido.
BA10	CBH dos Rios Baianos do Entorno do Lago de Sobradinho	37.000 Km ²	154.766	11	Semiárido em 75% da área.
BA11	CBH dos Rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu	16.000 Km ²	381.983	15	Clima tropical, quente e úmido.
BA12	CBH dos Rios dos Frades, Buranhém e Santo Antônio	11.000 Km ²	---	11	Clima úmido a subúmido.
BA13	CBH dos Rios Paramirim e Santo Onofre	22.000 Km ²	235.721	27	Clima Semiárido (oeste da bacia) e subúmido a seco (centro-oeste).
BA14	CBH do Recôncavo Sul	17.000 Km ²	906.292	56	Semiárido.

Fonte: Adaptado de INEMA (BRASIL, 2018)

1.5 Doenças de veiculação hídrica

Entende-se que o princípio orientador para o fornecimento de água potável é o conceito de barreira múltipla, que inclui proteção da fonte de água, otimização dos processos de purificação e manutenção adequada dos sistemas de distribuição (OMAROVA et al., 2018). Gómez-Gutiérrez et al., (2016) salientam que a garantia sanitária e a aptidão para o consumo implicam que a água deve ser livre de qualquer contaminante nocivo à saúde e

requerem proteção legal de todo o processo. No entanto, mesmo tendo a água como um recurso essencial para todas as formas de vida, a garantia da sua qualidade representa um constante desafio nas estações de tratamento, bem como nos canais de transporte até as torneiras dos consumidores e, durante este percurso, ela pode ser exposta a um número crescente de poluentes infecciosos, químicos e radioativos que podem ser ingeridos pelos seres humanos, causando sérios problemas de saúde (GUTIÉRREZ-DEL-RÍO et al., 2018).

Nesse contexto, Freitas et al., (2017) ressaltam que, muitas pessoas não têm acesso a água potável limpa e segura e adquirem infecções bacterianas veiculadas por esta via, que podem leva-las a óbito. Para eles, entender o gerenciamento da água é vital para a saúde pública mundial, uma vez que o acesso à este recurso tende a aumentar o tempo de vida e melhorar a saúde dos cidadãos do mundo. Desta forma, Gibson (2014) infere que a razão deste elemento atuar como vetor para diferentes patologias se dá devido a sua exposição a um grande número de compostos tóxicos ambientais, como as toxinas microbianas ou àqueles de origem mineral. Sekwadi et al., (2018) salientam que o tratamento inadequado de efluente de esgoto ou o seu vazamento nas fontes de água, levam à introdução de patógenos. Os problemas ambientais e climáticos, aliados a baixa qualidade de vida das populações, a falta de saneamento básico e a dificuldade de acesso às unidades de saúde contribuíram diretamente para o aumento de casos de doenças veiculadas pela água (FONTOURA et al., 2018).

Estas enfermidades incluem muitos tipos diferentes de infecções que podem envolver patógenos de vários grupos taxonômicos distintos, como vírus, bactérias, protozoários e helmintos, que podem ocasionar sintomas patológicos que variam desde aqueles semelhantes aos da gripe, até distúrbios neurológicos (LEVY; SMITH; CARLTON, 2018). Os patógenos entéricos de origem hídrica podem explorar uma variedade de vias de transmissão, que inclui a água, destacando-se como principais agentes a *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Campylobacter* spp., *Vibrio cholerae*, *Cryptosporidium* spp., *Giardia* spp., rotavírus, norovírus, poliovírus e o vírus da hepatite A (BROUWER; MASTERS; EISENBERG, 2018).

Jeandron et al., (2015), mostram que os casos de cólera nos países tropicais, transmitidos pelo consumo de água contaminada, podem aumentar para centenas de milhares de pessoas durante os surtos. Já Calazans et al., (2018) ratificam que as infecções humanas e de moluscos ocorrem em corpos de água doce que são contaminados com fezes de pessoas infectadas. De acordo com Sistema de Vigilância de Doenças e Surtos de Doenças (WBDOSS) do CDC, por meio do Relatório Nacional de Surtos (NORS), para os anos de 2009 e 2010, considerando 28 Estados dos Estados Unidos, incluindo Porto Rico, 81 surtos de patologias

associadas a água resultaram em, pelo menos, 1326 casos de doença e 62 hospitalizações, sem registros de óbitos (HLAVSA, et al., 2014).

Uma das principais doenças de veiculação hídrica, que constitui-se como um grave problema em nível de saúde pública, principalmente nos países de baixa renda, é a diarreia. Halder et al., (2018) afirmam que a doença diarreica aguda possui potencial de aparecer em surtos explosivos, epidemias e até pandemias, evidenciando que a diarreia permanece em um enigma em termos de endemicidade e, como mais de 27 patógenos podem estar relacionados a sua ocorrência, a compreensão precisa da sua causa, representa uma tarefa árdua.

De acordo com o CID-10 (Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde – 10º Revisão), as doenças de veiculação hídrica estão classificadas de forma geral como doenças infecciosas intestinais, com os códigos variando de A00 até A09 onde, A00 corresponde à cólera; A01 as febres tifóide e paratifóide; A03 a shigelose; A04, outras infecções intestinais bacterianas; A06 amebíase e A09, diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível, conforme Tabela 1 (DATASUS, 2018).

Tabela 1 – Classificação das doenças de veiculação hídrica de acordo com o CID-10 (Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde – 10º Revisão).

CID-10	Doença de veiculação hídrica
A00	Cólera
A01	Febres tifoide e paratifóide
A03	Shigelose
A04	Outras infecções intestinais bacterianas
A06	Amebíase
A09	Diarréia e gastroenterite de origem infecciosa presumível

Fonte: Autoria própria, 2018.

Conforme evidenciado no Manual de Inspeção Sanitária em Abastecimento de Água, da Secretaria de Vigilância em Saúde, do Ministério da Saúde, existe uma relação de organismos patogênicos e suas respectivas características, organizadas de forma a facilitar a visualização da importância relativa de cada um na transmissão de doenças via abastecimento de água (Tabela 2). De maneira geral, infere-se que os fatores como a sobrevivência prolongada na água, a possibilidade de reprodução neste ambiente, particularmente em sistemas de

distribuição, além da resistência elevada à desinfecção, a baixa dose infectante e a existência de múltiplos focos de contaminação, contribuem para má qualidade da água (BRASIL, 2007).

No Brasil, de acordo com os dados do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), do Ministério da Saúde, divulgados por meio do relatório Surtos de Doenças Transmitidas por Alimentos no Brasil, pode-se constatar o perfil epidemiológico destas doenças, de acordo com a proporção dos alimentos incriminados nesses surtos, no período de 10 anos (2007 a 2017) onde a água, ocupa a quinta colocação com 6,2% dos casos, ficando atrás dos ignorados (57,1%), daqueles classificados como inconclusivos (9,3%), dos alimentos mistos (8,6%) e outros (6,3%), conforme demonstrado na figura 3. Ainda considerando este levantamento, pode-se observar, conforme evidenciado na figura 4 que os principais agentes etiológicos envolvidos nos surtos de DTA são bactérias e, algumas delas podem ser veiculadas através da água. Além disso, como pode-se observar na figura 5, a proporção de sinais e sintomas destes casos, evidenciam que a diarreia, as dores abdominais, os vômitos e os episódios de náuseas, abrangem os maiores números de casos, com 30, 19, 17 e 16% respectivamente, e são os principais sintomas ocasionados pelas infecções bacterianas (BRASIL, 2018b).

Tabela 2 – Organismos patogênicos de veiculação hídrica e transmissão fecal-oral e sua importância para o abastecimento público.

Agentes Patogênicos	Importância para saúde	Persistência na água
<i>Campylobacter jejuni</i>	Considerável	Moderada
<i>Escherichia coli</i>	Considerável	Moderada
<i>Salmonella Typhi</i>	Considerável	Moderada
Outras salmonelas	Considerável	Prolongada
<i>Shigella spp.</i>	Considerável	Breve
<i>Vibrio cholerae</i>	Considerável	Breve
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Considerável	Prolongada
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Moderada	Podem multiplicar-se
<i>Aeromonas spp.</i>	Moderada	Podem multiplicar-se

Fonte: Autoria própria. Adaptado de Manual de Inspeção Sanitária em Abastecimento de Água (BRASIL, 2007).

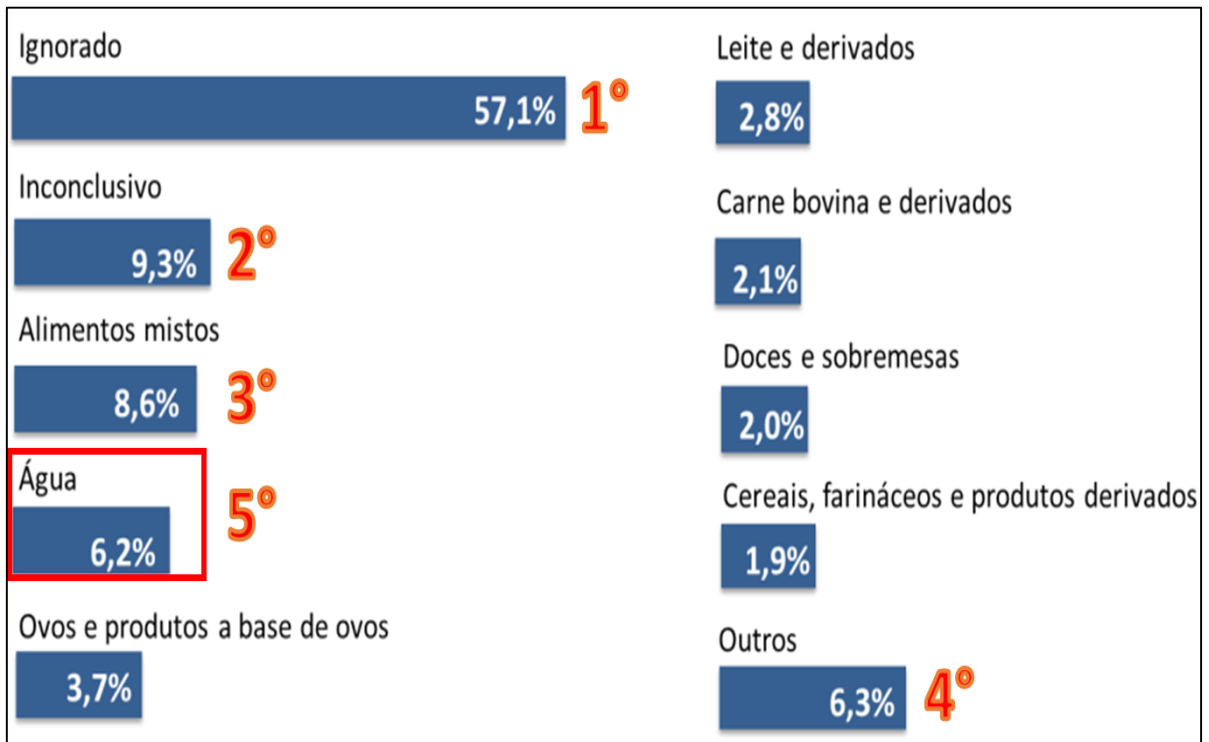


Figura 3: Proporção dos alimentos incriminados em surtos de DTA, no Brasil entre 2007 a 2017, de acordo com o SINAN.

Fonte: Adaptado de SINAN (BRASIL, 2018b).

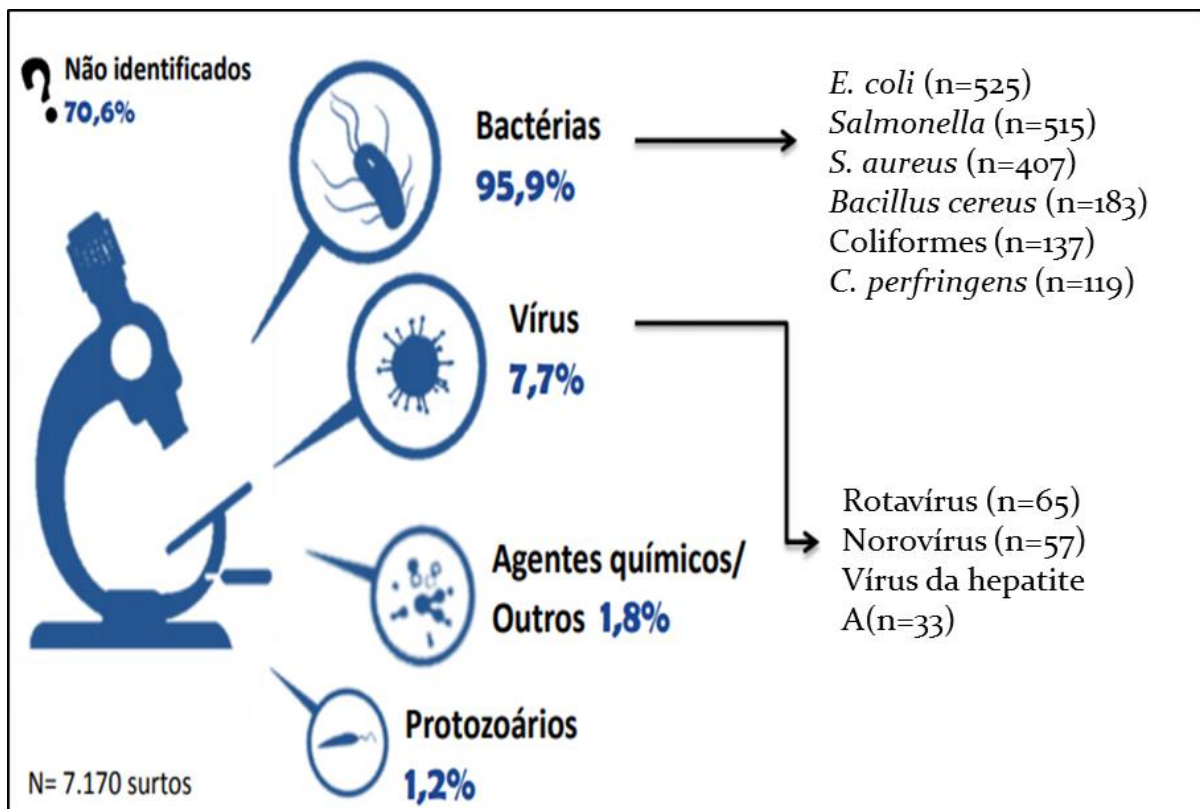


Figura 4: Proporção de agentes etiológicos identificados nos surtos de DTA, no Brasil entre 2007 a 2017, de acordo com o SINAN.

Fonte: Adaptado de SINAN (BRASIL, 2018b).

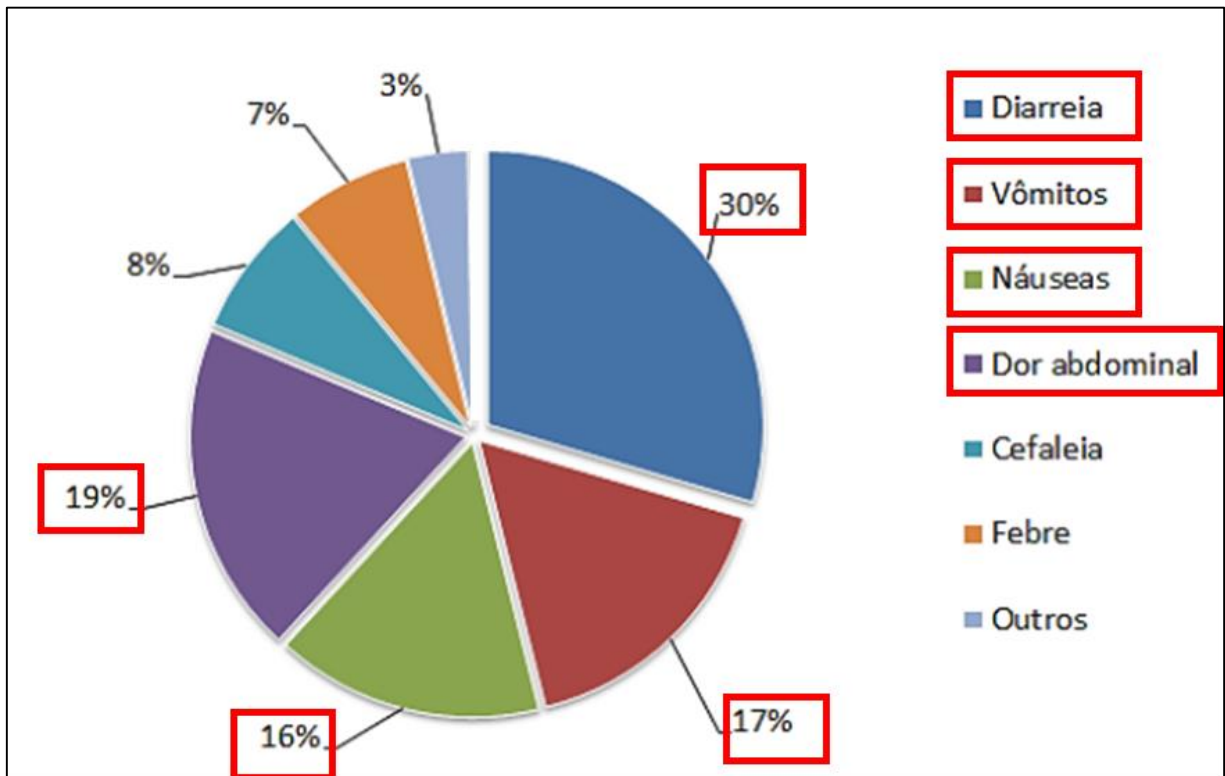


Figura 5: Proporção de sinais e sintomas identificados nos surtos de DTA, no Brasil entre 2007 a 2017, de acordo com o SINAN.

Fonte: Adaptado de SINAN (BRASIL, 2018b).

1.6 Microrganismos de veiculação hídrica

1.6.1 Grupo Coliformes

As bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes, fazem parte da família Enterobacteriaceae e foram selecionadas como microrganismos indicadores das condições higiênico sanitárias da água, dentre outros motivos, por habitarem o intestino de animais de sangue quente e, com isso, podem estar presentes em suas fezes, após processo de digestão (MISHRA et al., 2018). O grupo dos coliformes é subdividido em totais e termotolerantes. No primeiro caso estão incluídos tanto os ambientais, que são intermediários do solo, quanto as formas fecais. Já o segundo grupo inclui a espécie *Escherichia coli* (ASHBOLT; GRABOW; SNOZZI, 2001).

Como os coliformes são habitantes comuns da água e podem ser prejudicados por estresses ambientais ou pelo processos para o tratamento da água, como ocorre de maneira semelhante a muitos patógenos, a EPA considera-os indicadores úteis de outros patógenos associados à água (MULAMATTATHIL; BEZUIDENHOUT; MBEWE, 2015). Em um

sistema de distribuição, essas bactérias atuam como indicadores operacionais. Sua presença indica o dano na qualidade da água, possivelmente por problemas de reprodução bacteriana ou contaminação pós-tratamento (SAXENA et al., 2015).

Amplamente distribuídos na natureza, os coliformes se propagam com maior frequência na água, especialmente, os termotolerantes, de origem fecal, que têm despertado grande atenção da saúde pública. Estes, estão associados a um elevado número de patologias cujos agentes etiológicos são isolados em laboratórios de microbiologia clínica e diretamente considerados o motivo da maioria das infecções intestinais humanas conhecidas. O indicador patogênico de origem fecal mais importante é a *Escherichia coli*, microrganismo desprovido de vida livre no ambiente, indicando que quando presente na água, a mesma está contaminada por fezes (YAMAGUCHI, 2013).

A *E. coli* é um microrganismo comensal do trato gastrointestinal de humanos e muitos outros animais, que pode ocasionar a propagação de genes de resistência antimicrobiana, que representa um grave problema em nível mundial (CALDORIN et al., 2013). A maioria das cepas desta bactéria são inócuas, no entanto, algumas podem ser patogênicas, o que significa que podem ocasionar doenças, seja diarreia ou alguma manifestação clínica fora do trato intestinal. Os tipos de *E. coli* que podem causar a doença diarreica podem ser veiculados pela água e alimentos contaminados, além do contato com animais ou pessoas (CDC, 2018). Carrillo, Estrada e Hazen (1985), chamam atenção para a capacidade desta bactéria de sobreviver, permanecer fisiologicamente ativa e regredir, fora do seu *habitat* natural, a depender dos níveis de nutrientes presentes na água.

Segundo Mellata (2013), as cepas de *E. coli* podem ser categorizadas como patogênicas extra-intestinais (ExPEC) e patogênicas intestinais (InPEC). No entanto, o InPEC também pode ser subdividido em *E. coli* enteroinvasiva (EIEC), *E. coli* enteroagregativa (EAEC), *E. coli* de aderência difusa (DAEC), *E. coli* enterotoxigênica (ETEC), *E. coli* enteropatogênica (EPEC) e *E. coli* entero-*hemorrágica* (EHEC). A ExPEC geralmente são denominadas de acordo com o local de isolamento. Assim sendo, as isoladas de meningites são denominadas *E. coli* meningite, associadas à meningite neonatal, as amostras oriundas de infecção urinária são conhecidas como *E. coli* uropatogênica (UPEC) e as isoladas de colibacilose aviária denominadas *E. coli* patogênica aviária (APEC). Mas, sabe-se que as *E. coli* isoladas de um determinado sítio podem causar infecções em outros locais do hospedeiro ou em hospedeiros diversos.

1.6.2 *Pseudomonas aeruginosa*

O gênero *Pseudomonas* é caracterizado por reunir bacilos Gram-negativos aeróbios, não fermentativos, que são difundidos no solo, na água e em outros ambientes úmidos (GREENWOOD; SLACK; PEUTHERER, 2007). Dentro deste grupo, a espécie *Pseudomonas aeruginosa* é reconhecida como um importante patógeno oportunista em várias infecções clínicas (Buhl et al., 2015). Kolpen et al., (2015) salientam que esta espécie, conforme característica do gênero, constitui-se como um microrganismo altamente adaptado à sobrevivência no meio ambiente. Se houver disponibilidade de nitratos em vez de oxigênio, ou se o aminoácido arginina estiver disponível, a bactéria também pode se desenvolver anaerobicamente.

Walker e Hoffman (2012), ratificam que em contraste com outros patógenos veiculados pela água, a *P. aeruginosa* se desenvolve no meio ambiente em uma ampla faixa de temperaturas e é muito adepta de explorar circunstâncias relativamente pobres em nutrientes. Sua cápsula polissacarídica permite que ela fique aderida às superfícies e sob condições favoráveis, as células se multiplicam rapidamente em contato com os sistemas de distribuição de água, formando o biofilme. Embora a maioria das bactérias seja retida dentro desta comunidade microbiana, que é o biofilme, algumas adquirem a capacidade de se desprender e, desta forma se tornar flutuantes na água, especialmente quando permaneciam estáticas por períodos prolongados.

Uma pequena porcentagem de clones de *P. aeruginosa* possui o número necessário de fatores de virulência para ocasionar uma infecção. No entanto, este microrganismo não possui a capacidade de se proliferar no tecido íntegro. Para tanto, requer órgãos que não se encontrem no estado fisiológico normal. Desta forma, apenas alguns hospedeiros específicos estão em maior risco, incluindo os pacientes com neutropenia profunda, fibrose cística, queimaduras graves e aqueles sujeitos à instalação de dispositivos médico hospitalares (HARDALO; EDBERG, 2008). Uma vez instaladas, as infecções por esta bactéria podem estar fortemente associadas aos índices de morbidade e mortalidade dos pacientes. No entanto, as opções terapêuticas estão se tornando cada vez mais limitadas, devido ao contínuo surgimento e disseminação de cepas resistentes aos antimicrobianos disponíveis (KERR; SNELLING, 2009).

Estudo realizado na Irlanda do Norte entre 2008 a 2016, pesquisando *P.aeruginosa*, em 7904 amostras de água ambiental, provenientes de “jacuzzis”, hidrantes, piscinas, banheiras de hidromassagem, água mineral natural engarrafada, torneiras, máquinas de gelo,

refrigeradores de água e chuveiros, evidenciou a presença do microrganismo em 524 (6,6%) amostras onde, as banheiras de hidromassagem apresentaram 20,9% de contaminação, as torneiras 8% e “jacuzzis” 7,4%, enquanto que as amostras de água engarrafada se encontravam com 3% de positividade (CASKEY et al., 2018).

Schiavano et al., (2017) , avaliaram 8.351 amostras de água, recolhidas a partir de cinco localizações diferentes na Itália, quanto a presença de *P. aeruginosa*, confirmando as estirpes isoladas por meio de reação em cadeia da polimerase (PCR) em tempo real. Do total analisado, 53 amostras (0,63%) foram positivas para o microrganismo, das quais 10 (4,83%) eram provenientes de piscinas, 10 (0,59%) de unidades de saúde, 19 (1,25%) de instalações de alojamento, 9 (0,2%) de rede municipal e 5 (2,13%) de edifícios residenciais. Garvey et al., (2018), ao analisarem a qualidade da água das unidades de terapia intensiva (UTI) quanto a presença de *Pseudomonas aeruginosa*, em um hospital na Inglaterra, entre 2013 a 2017, detectaram 30% de contaminação para este microrganismo e, pela realização de sequenciamento do genoma completo, sugeriram que houve ao menos 30% de transmissão para os pacientes por meio da água. Os estudos mencionados apontam a importância da presença da bactéria como veículo de contaminação em diversos tipos de água.

1.6.3 *Clostridium perfringens*

O microrganismo *Clostridium perfringens* é um anaeróbio Gram-positivo formador de esporos (ROOD et al., 2018), podendo ser encontrado em diferentes tipos de ambiente e está entre os patógenos mais importantes de seres humanos e animais domésticos (FREEDMAN et al., 2015). Esta espécie representa um agente causal bem conhecido de uma grande diversidade de doenças humanas e animais, tais como infecções histotóxicas e entéricas, resultantes da capacidade do microrganismo de produzir ao menos 17 toxinas diferentes, que foram relatadas até o momento (FREEDMAN; SHRESTHA, 2016).

A Organização Mundial da Saúde (WHO, 2011), salienta que *C. perfringens* normalmente não se multiplica em ambientes aquáticos, mas seus esporos são excepcionalmente resistentes a condições desfavoráveis, incluindo irradiação UV, temperatura e pH extremos e cloração. De acordo com Pagamento e Franco (1993), *Clostridium perfringens* representa um indicador adequado de vírus entéricos humanos, cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium* em água tratada e, além disso pode ser utilizado na avaliação dos processos de tratamento da água devido à resistência dos seus esporos ao cloro. Portanto,

sua presença na água pode estar associada à contaminação fecal, devendo ser avaliada e utilizada como um indicador alternativo de poluição fecal.

Zhang, Me e Ye (2018) afirmam que um sistema de classificação baseado na produção de quatro importantes toxinas (alfa, beta, épsilon e iota) divide *C. perfringens* em cinco tipos patogênicos, nomeados com as letras de A- E. Para persistir no ambiente, *C. perfringens* desenvolveu a capacidade de formar biofilmes, que fornecem algumas das mesmas proteções oferecidas pelos endósporos, mas podem responder mais rapidamente às variações ambientais (ALBORNOZ, 2014). Estudo realizado na Espanha evidencia que *Clostridium perfringens* foi recuperado de 21 (43,8%) amostras de água analisadas e 12 (50%) das fontes de água. Além disso, amostras de Água doce (44,4%) e artificial (66,7%), clorada (66,7%) e não clorada (47,6%) e subterrâneas (33,3%) e superficiais (55,6%) foram positivas para este microrganismo (ÁLVAREZ-PÉREZ et al., 2016).

Araujo et al., (2014), ao investigarem 51 amostras de águas subterrâneas na Espanha para avaliação quanto a recuperação de esporos de *C. perfringens*, empregando cinco meios de cultura diferentes pela técnica de filtração por membrana, além da contagem em tubos, observaram que 40 (78,4%) das 51 amostras analisadas, foram positivas para esporos desta bactéria em pelo menos um dos meios de cultura utilizados. Dolan et al., (2015), ao realizarem investigação nas bases de dados epidemiológicos da Inglaterra, entre 2012 e 2014, concluíram que de um total de 1.072 surtos de doença gastrointestinal ou intoxicação alimentar que foram notificados, 50 (5%) deles eram suspeitos de associação ao *C. perfringens* [14/406 (3%) em 2012, 10/310 (3%) em 2013, 26/356 (7%) em 2014].

1.6.4 Enterococos

Enterococos são bactérias Gram-positivas que vivem como parte da microbiota intestinal normal no trato gastrointestinal humano e animal. Devido a sua abundância em fezes de animais de sangue quente e sua longa existência no ambiente, sua presença em águas superficiais é um sinal de contaminação fecal por seres humanos ou animais (LECLERCQ et al., 2013). Esses microrganismos apresentam resistência a diferentes condições físico-químicas, estando frequentemente envolvidos em eventos de transferência horizontal para aquisição de genes e, além disso, são considerados importantes patógenos oportunistas no cenário hospitalar mundial (FREITAS et al., 2016).

Os enterococos são uma das principais causas de infecções nosocomiais, como as do trato urinário, endocardite e sepse neonatal (WERNER et al., 2013). A importância clínica

deste gênero está diretamente relacionada à sua resistência aos antibióticos, o que contribui para o risco de colonização e infecção. As espécies de maior importância são *Enterococcus faecalis* e *Enterococcus faecium*. Embora as características de resistência dessas duas espécies diferem em aspectos importantes, elas geralmente podem ser categorizadas como resistência intrínseca, resistência adquirida e tolerância (GILMORE, LEBERETON, VAN SCHAIK, 2013).

Enayati et al., (2015) ao analisarem 15 amostras de água provenientes de nove poços privados e de águas superficiais de seis rios localizados no leste de Teerã, identificaram cinco espécies de enterococos, tendo o *Enterococcus faecium* como a mais predominante. Wei et al., (2017) analisaram 314 amostras de água para consumo entre janeiro de 2013 a janeiro de 2014, na China, constatando a presença de *E. faecalis* em 48 (15,3%) delas. Jia, Li e Wen (2014) verificaram que, de um total de 1.157 cepas de *Enterococcus*, isoladas de um hospital universitário durante o período de janeiro de 2010 a dezembro de 2012, 679 (58,7%) se tratavam de isolados de *Enterococcus faecium*, 382 (33%) de *Enterococcus faecalis*, 26 (2,2%) de *Enterococcus casseliflavus*, 24 (2,1%) de *Enterococcus avium*, e 46 (4%) de outras espécies do mesmo gênero. Destas, a grande maioria apresentou resistência aos antimicrobianos de primeira escolha na prática clínica.

1.6.5 *Vibrio cholerae*

Os vibriões representam um grupo de bactérias Gram-negativas, que apresentam-se como bastonetes curvos, em forma de vírgula, e são constituintes naturais de ambientes com água doce, estuarinos e marinhos (BAKER-AUSTIN et al., 2017). Embora esses patógenos possam ser genomicamente diversos, todos eles se originam nestes ambientes aquáticos, com maior ocorrência em águas quentes e salobras. Estes microrganismos são os responsáveis pela ocorrência da maioria das doenças humanas atribuídas à microbiota natural de ambientes aquáticos e frutos do mar. As espécies patogênicas mais comuns são *Vibrio cholerae*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio vulnificus* e *Vibrio alginolyticus*. O número exato de espécies envolvidas nas infecções em todo o mundo são incertas, devido a limitações nos sistemas de vigilância existentes, subnotificação ou falha em relatar a patologia, diferenças nos procedimentos de notificação e falta de sistemas internacionais de epidemiologia (BAKER-AUSTIN et al., 2018).

A espécie *Vibrio cholerae* representa a de maior importância epidemiológica, mesmo considerando que nem todas as cepas sejam patogênicas. Esta espécie é subdividida em

cerca de 180 sorotipos somáticos, sendo as do sorotipo O1 ou, nos casos mais recentes, as do sorotipo O139, as responsáveis pelas epidemias e pandemias de cólera (BRENNER et al., 2005). A cólera, caracteriza-se como uma doença intestinal aguda, que geralmente ocorre em surtos explosivos, manifestando nos pacientes infectados sintomas como diarreia aquosa súbita e abundante, sem sangue ou febre, vômitos e câibras ocasionais, rápida desidratação, acidose e colapso circulatório. Os casos não tratados podem levar à morte em um período que pode variar de quatro horas a dois dias, com taxa de mortalidade que chega a exceder os 50%. No entanto, com tratamento adequado esta taxa torna-se inferior a 1% (BRASIL, 2003).

1.7 Técnicas de análise para detecção de coliformes e *E.coli* em água

1.7.1 Técnica da Membrana Filtrante

O método da membrana filtrante para a contagem de coliformes em água é realizado quando espera-se ausência ou contagens abaixo do limite de detecção das técnicas de plaqueamento convencionais. Esta metodologia envolve a filtração de volumes adequados de água, mediante pressão negativa (vácuo) através de membrana filtrante com porosidade de 0,45 µm. As bactérias presentes na amostra, por apresentarem dimensões maiores que as dos poros da membrana, ficarão retidas em sua superfície. Ao transferir a membrana para um meio de cultura seletivo e diferencial, este irá se difundir, por capilaridade, e entrar em contato com as bactérias retidas, permitindo que se desenvolvam formando colônias com características típicas ou não conforme demonstrado na figura 6 (APHA, 2012).

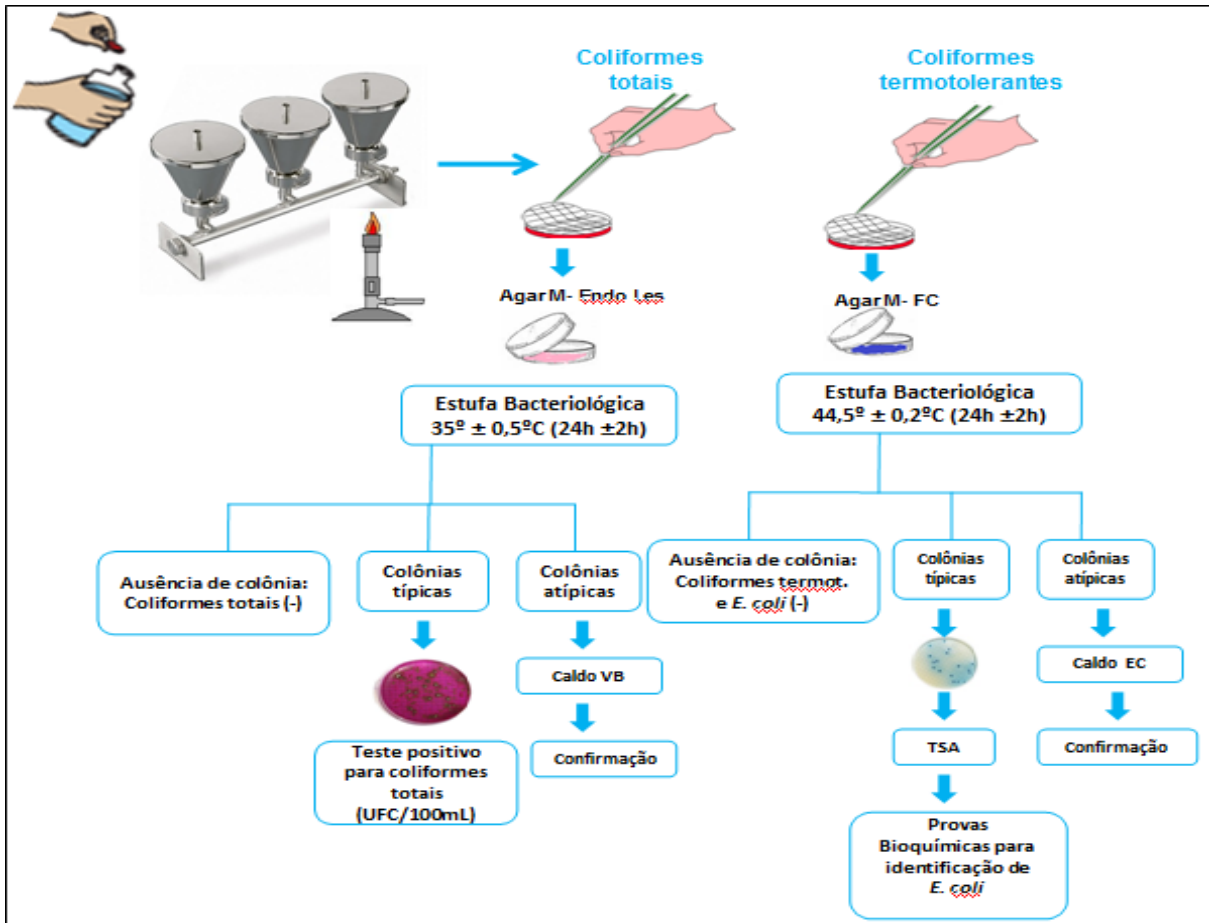


Figura 6: Técnica da membrana filtrante para contagem de coliformes em água, de acordo com o APHA (2012).

Fonte: Autoria própria.

1.7.2 Técnica dos Tubos Múltiplos

A Técnica dos Tubos Múltiplos, para determinação do Número Mais Provável (NMP), se baseia no princípio de que, subdividindo a amostra em alíquotas, algumas conterão microrganismos e outras não, dependendo da concentração microbiana na amostra. O número de alíquotas com o microrganismo e alíquotas sem ele permite estimar, por cálculo de probabilidade, a densidade bacteriana original na amostra. Essa aplicação da teoria da probabilidade depende de que as bactérias estejam distribuídas ao acaso e homogêneas por toda a amostra. A técnica é aplicada para a análise quantitativa de alimentos e água, e seleciona os microrganismos capazes de fermentar a lactose, produzindo gás a 35°C (coliformes totais) e 45°C (coliformes termotolerantes) no período de 24 a 48 horas. A *Escherichia coli* pode ser

distinguida pelas características de crescimento em Ágar Eosina Azul de Metileno e pelo perfil nos testes de Indol, que pode ter reação positiva ou negativa, Vermelho de Metila com reação positiva, Voges Proskauer e Citrato com reações negativas (IMViC) conforme demonstrado na figura 7 (APHA, 2012).

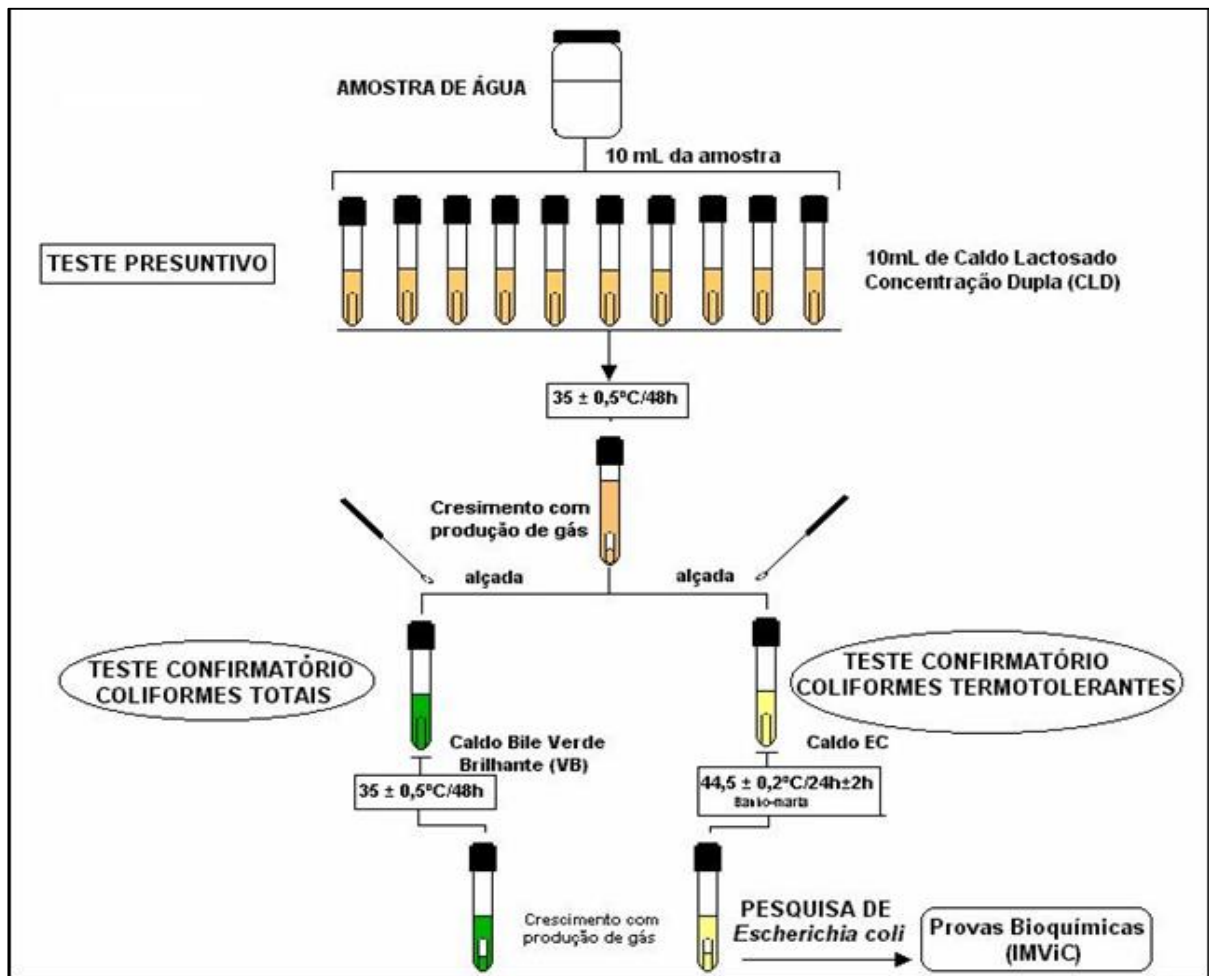


Figura 7: Técnica dos Tubos Múltiplos para determinação do Número Mais Provável de coliformes em água, de acordo com o APHA (2012).

Fonte: Autoria própria.

1.7.3 Métodos rápidos

A necessidade de atestar a qualidade microbiológica da água de forma mais rápida e eficiente, culminou com o surgimento de testes rápidos para detecção dos microrganismos mais comumente presentes neste meio, principalmente os coliformes totais e a *Escherichia coli*. De acordo com Maheux et al. (2015), tais metodologias foram desenvolvidas com o objetivo de minimizar a possível influência das bactérias heterotróficas na detecção de outros microrganismos, além de contornar a necessidade das etapas de confirmação requeridas nas técnicas dos Tubos Múltiplos e da Membrana Filtrante. De acordo com o APHA (2012), as

técnicas costumam se basear nas propriedades enzimáticas dos coliformes onde, a enzima β -galactosidase é referência para os coliformes totais, enquanto que a β -glucuronidase, utilizada para detecção de *Escherichia coli*.

Muitos substratos cromogênicos e fluorogênicos estão disponíveis para detecção destas enzimas e vários testes comerciais baseados neles estão disponíveis. Diversas comparações entre estes testes e os métodos clássicos, evidenciaram que eles podem representar uma alternativa de análise extremamente adequada, por serem de fácil execução e necessitarem apenas de equipamentos básicos de laboratório, além das altas especificidade e sensibilidade apresentadas. No entanto, tais técnicas apresentam-se desvantajosas devido ao maior custo envolvido na execução, bem como pela possibilidade de não detecção de cerca de 5 a 8% das cepas de *E. coli* por elas não expressarem a enzima pesquisada (ROMPRÉ et al., 2002; MAHEUX et al., 2011).

Além dessas metodologias, métodos moleculares como os imunológicos, os baseados em ácido nucléico, e os métodos de reação em cadeia da polimerase, foram desenvolvidos na tentativa de aumentar ainda mais a rapidez nas análises (ROMPRÉ et al., 2002)

REFERÊNCIAS

ALBORNOZ, L. A. L. Caracterização molecular dos principais fatores de virulência e genótipos de *Clostridium perfringens* isolados de frangos com enterite necrótica. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo, 2014.

ÁLVAREZ-PÉREZ, S.; BLANCO, J. L.; PELAÉZ, T.; MARTINEZ-NEVADO, E.; GARCIA, M. E. Water sources in a zoological park harbor genetically diverse strains of *Clostridium perfringens* type A with decreased susceptibility to metronidazole. **Microbial ecology**, v. 72, n. 4, p. 783-790, 2016.

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington. 10 ed. 2012.

ARAUJO, M.; SUEIRO, R.A.; GÓMEZ, M. J.; GARRIDO, M.J. Enumeration of *Clostridium perfringens* spores in groundwater samples: comparison of six culture media. **Journal of microbiological methods**, v. 57, n. 2, p. 175-180, 2014.

ASHBOLT, N.J.; GRABOW, W.O.; SNOZZI, M. Indicadores de qualidade microbiana. **Qualidade da Água: Diretrizes, Normas e Saúde**, 2001.

ASHBOLT, N. J. Microbial contamination of drinking water and human health from community water systems. **Current environmental health reports**, v. 2, n. 1, p. 95-106, 2015.

AZEVEDO NETTO, J. M. Cronologia dos serviços de esgotos, com especial menção ao Brasil. **Revista do Departamento de Águas e Esgotos de São Paulo**, n. 33, 1959.

BAKER-AUSTIN, C.; TRINANES, J.; GONZALEZ-ESCALONA, N.; MARTINEZ-URTAZA, J. Vibrios não-cólera: o barômetro microbiano da mudança climática. **Tendências Microbiol.** v. 25, p. 76-84, 2017.

BAKER-AUSTIN, C.; OLIVER, J.D.; ALAM, M.; ALI, A.; WALDOOR, M. K.; QADRI, F.; MARTINEZ-URTAZA, J. *Vibrio* spp. infections. **Nature Reviews Disease Primers**, v. 4, n. 1, p. 8, 2018.

BRASIL. **Decreto Nº 24.643, de 10 de Julho de 1934**. Decreta o código das águas. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 1934.

BRASIL. **Decreto Nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 1997.

BRASIL. **Decreto Nº 9.984, de 17 de Junho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Nº 32, de 15 de Outubro de 2003**. Institui a Divisão Hidrográfica Nacional, em regiões hidrográficas, nos termos dos Anexos I e

II desta Resolução, com a finalidade de orientar, fundamentar e implementar o Plano Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de Inspeção Sanitária em Abastecimento de Água**. Brasília: Ministério da Saúde, 2007.

BRASIL. **Resolução CONERH N° 43, de 2 de Março de 2009**. Institui a Divisão Hidrográfica Estadual em Regiões de Planejamento e Gestão das Águas. Diário Oficial, Salvador, BA, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual integrado de vigilância, prevenção e controle de Doenças Transmitidas por Alimentos**. Série A. Normas e Manuais Técnicos. Brasília: Editora MS, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria de Consolidação n° 5, de 28 de setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 28 set.2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Águas. **Brazilian Report Water Resources**. Brasília, DF, 2018a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Dados Epidemiológicos – Surtos de Doenças Transmitidas por Alimentos no Brasil período 2000 a junho 2017**. Brasília: Ministério da Saúde, 2018b.

BRENNER, D.J., KRIEG, N.R. & STALEY, J.T Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, 2 Ed. Vol. 2. New York: **Springer Science**, 2005.

BROUWER, A. F.; MASTERS, N. B.; EISENBERG, J. N. S. Quantitative Microbial Risk Assessment and Infectious Disease Transmission Modeling of Waterborne Enteric Pathogens. **Current environmental health reports**, v. 05, p. 293-324, 2018.

BUHL, M.; PETER, S; WILLMANN, M. Prevalência e fatores de risco associados à colonização e infecção de *Pseudomonas aeruginosa* extensivamente resistente a medicamentos: uma revisão sistemática. **Specialist Rev Anti Infect There**, v. 03, p. 1-18, 2015.

CABRAL, J. P. S. Water microbiology: bacterial pathogens and water. **International Journal of Environmental Research and Public Health, Basel**, v. 7, p. 3657-3703, 2010.

CALASANS, T. A. S.; SOUZA, G. T. R.; MELO, C. M. M.; MADI, R. R.; JERALDO, V. L. S. Socioenvironmental factors associated with *Schistosoma mansoni* infection and intermediate hosts in an urban area of northeastern Brazil. **PloS one**, v. 13, n. 5, p. 1-14, 2018.

CALDORIN, M.; IAZ A.; JTM, P.; CE, A. Ocorrência de produtora de toxina Shiga *Escherichia coli* (STEC) no Brasil e sua importância na saúde pública. **Boletim Epidemiológico Paulista**. v. 10, p. 4 – 20, 2013

CARRILLO, M. E. E.; HAZEN, T.C. Sobrevivência e enumeração dos indicadores fecais *Bifidobacterium adolescentis* e *Escherichia coli* em uma bacia hidrográfica da floresta tropical. **Appl Environ Microbiol**, v. 50, p. 468–476, 1985.

- CASKEY, S.; STIRILING, J.; MOORE, J.E.; RENDALL, J.C. Occurrence of *Pseudomonas aeruginosa* in waters: Implications for patients with cystic fibrosis (CF). **Letters in applied microbiology**, v. 66, n. 6, p. 537-541, 2018.
- CDC - Centro de Controle e Prevenção de Doenças. **Identificação laboratorial de doenças parasitárias de interesse de saúde pública**. 2018. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/dpdx/freelivingamebic/index.html>> Acesso em 26 jul.2018.
- CODY, M. M.; STRETCH, T. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: food and water safety. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 114, n. 11, p. 1819-1829, 2014.
- COSTA, A. M. **Análise histórica de saneamento no Brasil**. Tese de Doutorado. Escola Nacional de Saúde Pública, 1994.
- DA SILVA, E. R. O curso da água na história: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos. Tese de Doutorado. **Escola Nacional de Saúde Pública**, 1998.
- DATASUS. **Ministério da Saúde**. Informações de Saúde. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/tabnet/tabnet.htm>> Acesso em: 20 de mai. 2018.
- DOLAN, G. P.; FPSTER, K.; LAWLER, J.; AMAR, C. An epidemiological review of gastrointestinal outbreaks associated with *Clostridium perfringens*, North East of England, 2012–2014. **Epidemiology & Infection**, v. 144, n. 7, p. 1386-1393, 2016.
- ENAYATI, M.; SADEGHI, J.; NAHAELI, M. R.; AGHAZADEH, M.; POURSHAFIE, M.R. TALEBI, M. Virulence and antimicrobial resistance of *Enterococcus faecium* isolated from water samples. **Letters in applied microbiology**, v. 61, n. 4, p. 339-345, 2015.
- FONTOURA, V. M.; GRAEPP-FONTOURA, I.; SANTOS, F. S.; NETO, M. S.; TAVARES, H. S. A.; BEZERRA, M. O. L.; FEITOSA, M. O.; NEVES, A. F.; MORAIS, J. C. M.; NASCIMENTO, L. F. C. Socio-environmental factors and diarrheal diseases in under five-year old children in the state of Tocantins, Brazil. **PloS one**, v. 13, n. 5, p. 1-18, 2018.
- FREEDMAN, J. C.; THEORET, J. R.; WISNIEWSKI, J. A.; UZAL, F. A.; ROOD, J. I.; MCCLANE, B. A. *Clostridium perfringens* type A–E toxin plasmids. **Research in microbiology**, v. 166, n. 4, p. 264-279, 2015.
- FREDMAN, J.C.; SHRESTHA, A.; MCCLANE, B.A. Enterotoxina de *Clostridium perfringens*: ação, genética e aplicações translacionais. **Toxinas Basel**, v. 8, p. E73, 2016.
- FREITAS, A. R.; TEDIM, A. P.; FRANCA, M. V.; JENSEN, C.N.; PEIXE, L.; SANCHEZ-VELENZUELA, A.; SUNDSFJORD, A.; HEGSTAD, K.; WERNER, G.; SADOWT, E.; HAMMERUM, A. M.; GARCIA-MIGURA, L.; WILLEMS, R. J.; BAQUERO, F.; COQUE, T.M. Multilevel population genetic analysis of vanA and vanB *Enterococcus faecium* causing nosocomial outbreaks in 27 countries (1986–2012). **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v. 71, n. 12, p. 3351-3366, 2016.
- FREITAS, D. G.; SILVA, R.D.R.S.; BATAUS, L. A. M.; BARBOSA, M. S.; BRAGA, C.A.S.B; CARNEIRO, L. C. Bacteriological water quality in school's drinking fountains and detection antibiotic resistance genes. **Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials**, v. 16, n. 1, p. 5, 2017.

- GARRIDO, R. J. O combate à seca e a gestão dos recursos hídricos no Brasil. **O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos**. Brasília: ANEEL, p. 285-318, 1999.
- GARVEY, M. I.; MARTIN, A.C.W.; KERRY, H.; MARTIN, T.; PARKES, J.; HOLDEN, E. Tap out: reducing waterborne *Pseudomonas aeruginosa* transmission in an intensive care unit. **Journal of Hospital Infection**, v. 99, n. 3, p. 239-366, 2018.
- GIBSON, K.E. Viral pathogens in water: occurrence, public health impact, and available control strategies. **Current opinion in virology**, v. 4, p. 50-57, 2014.
- GILMORE, M.S.; LEBRETON, F.; VAN SCHAIK, W. Genomic transition of enterococci from gut commensals to leading causes of multidrug-resistant hospital infection in the antibiotic era. **Current opinion in microbiology**, v. 16, n. 1, p. 10-16, 2013.
- GOEL, N. K.; PATHAK, R.; GULATI, S.; SINGH, N.; SINGH, H. Surveillance of bacteriological quality of drinking water in Chandigarh, northern India. **Journal of water and health**, v. 13, n. 3, p. 931-938, 2015.
- GÓMEZ-GUTIÉRREZ, A.; MIRALLES, M. J.; CORBELLA, I.; GARCIA, S.; NAVARRO, S.; LIEBARIA, X. La calidad sanitaria del agua de consumo. **Gaceta Sanitaria**, v. 30, p. 63-68, 2016.
- GREENWOOD, D.; SLACK, R.C.B.; PEUTHERER. Um guia para infecções microbianas: patogênese, imunidade, diagnóstico e controle laboratorial. **Microbiologia da JF Medical**, 2007.
- GRUNDY, F.; MACKINTOSH, J. M. Teaching of hygiene and public health in Europe. **Teaching of hygiene and public health in Europe**, p. 254, 1957.
- GUTIÉRREZ-DEL-RÍO, I.; MARIN, L.; FERNÁNDEZ, J.; SAN MILLÁN, M. A.; FERRERO, F. J.; VALLEDOR, M.; CAMPO, J. C.; COBIÁN, N.; MÉNDEZ, I.; LOMBÓ, F. Development of a biosensor protein bullet as a fluorescent method for fast detection of *Escherichia coli* in drinking water. **PloS one**, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2014.
- HALDER, M.; MOOKERJEE, S.; BATABYAL, P.; PALIT, A. Waterborne outbreaks in diarrhoea endemic foci of India: a longitudinal exploration and its implications. **Environmental monitoring and assessment**, v. 190, n. 3, p. 172, 2018.
- HARDALO, C.; EDBERG, S. C. *Pseudomonas aeruginosa*: assessment of risk from drinking water. **Critical reviews in microbiology**, v. 23, n. 1, p. 47-75, 2008.
- HLAVSA, M. C.; ROBERTS, V. A.; KAHLER, A. M.; HILBOM, E. D.; WADE, T. J.; BACKER, L. C.; YODER, J. S. Recreational water-associated disease outbreaks—United States, 2009–2010. **Morbidity and Mortality Weekly Report**, v. 63, n. 1, p. 6-10, 2014.
- INEMA.BR. **Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos**. Bahia, 2018. Disponível em: <[https:// http://www.inema.ba.gov.br/quem-somos-2/institucional/](https://http://www.inema.ba.gov.br/quem-somos-2/institucional/)> Acesso em 19 mai 2018.
- JEANDRON, A.; SAIDI, J. M.; KAPAMA, A.; BURHOLE, M.; BEIREMBANO, F.; VANDEVELDE, T.; GASPARRINI, A.; ARMSTRONG, B.; CAIRNCROSS, S.; ENSINK, J. Water supply interruptions and suspected cholera incidence: A time-series regression in the Democratic Republic of the Congo. **PLoS medicine**, v. 12, n. 10, p. 1-19, 2015.

- JIA, W.; LI, G.; WANG, W. Prevalence and antimicrobial resistance of *Enterococcus* species: a hospital-based study in China. **International journal of environmental research and public health**, v. 11, n. 3, p. 3424-3442, 2014.
- KERR, K. G.; SNELLING, A. M. *Pseudomonas aeruginosa*: a formidable and ever-present adversary. **Journal of Hospital Infection**, v. 73, n. 4, p. 338-344, 2009.
- KOLPEN, M., KRAGH, K.N., BJARNSHOLT, T., LINE, L., HANSEN, C.R., DALBGGE, C.S., HANSEN, N. Denitrification por patógenos de fibrose cística - *Stenotrophomonas maltophilia*. **Int. J Med. Microbiol.**, v.33, 2015.
- KOLM, H. E.; GOMES, K. V.; ISHII, F. K.; MARTINS, C. C. An integrated appraisalment of multiple faecal indicator bacteria and sterols in the detection of sewage contamination in subtropical tidal creeks. **International journal of hygiene and environmental health**, v. 221, n. 7, p. 1032-1039, 2018.
- LECLERCQ, R.; OBERLE, K.; GALOPIN, S.; CATTOIR, V.; BUDZINSKI, H.; PETIT, F. Mudanças nas populações enterocócicas e resistências a antibióticos relacionados ao longo de um centro médico – estação de tratamento e águas residuais. **Appl Environ Microbiol.**, v. 79, p. 2428-2434, 2013.
- LEVY, K.; SMITH, S. M.; CARLTON, E. J. Climate Change Impacts on Waterborne Diseases: Moving Toward Designing Interventions. **Current environmental health reports**, v. 05, n. 2, p. 272-282, 2018.
- LIU, G.; ZHANG, Y.; MARK, E.; MAGIC-KNEZEV, A.; PINTO, A.; VAN DEN BOGERT, B.; LIU, W.; MEER, W.V.; MEDEMA, G. Assessing the origin of bacteria in tap water and distribution system in an unchlorinated drinking water system by SourceTracker using microbial community fingerprints. **Water research**, v. 138, p. 86-96, 2018.
- MAHEUX, A. F.; BÉRUBÉ, E.; BOUDREAU, D. K.; CANTIN, P.; BOISSINOT, M.; BISSONNETTE, L.; RODRIGUE, L.; BERGERON, M. G. Ability of three DNA-based assays to identify presumptive *Escherichia coli* colonies isolated from water by the culture-based mFC agar method. **Water research**, v. 45, n. 8, p. 2638-2646, 2011.
- MAHEUX, A.F.; DUPONT, V. D.; BOUCHARD, S.; BISSON, M.A.; BERGERON, M. G.; RODRIGUEZ, M. J. Comparison of four β -glucuronidase and β -galactosidase-based commercial culture methods used to detect *Escherichia coli* and total coliforms in water. **Journal of water and health**, v. 13, n. 2, p. 340-352, 2015.
- MELLO, C. N.; RESENDE, J. C.P Analise microbiológica da água dos bebedouros da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais campus Betim. **Sinapse Múltipla**, v. 4, n. 1, p. 16-28, 2015.
- MELLATA, M. *Escherichia coli* patogênica extraintestinal humana e aviária: Infecções, riscos zoonóticos e tendências de resistência a antibióticos. **Foodborne Pathog.** v. 10, p. 916-932, 2013.
- MISHRA, M.; ARUKHA, A.P; PATEL, A. K.; BEHERA, N.; MOHANTA, T.K.; YADAV, D. Multi-Drug Resistant Coliform: Water Sanitary Standards and Health Hazards. **Frontiers in pharmacology**, v. 9, p. 311, 2018.

MULAMATTATHIL, S. G.; BEZUIDENHOUT, C.; MBEWE, M. Analysis of physico-chemical and bacteriological quality of drinking water in Mafikeng, South Africa. **Journal of water and health**, v. 13, n. 4, p. 1143-1152, 2015.

NUNES, M. M.; DE ALENCAR, A. L. A.; CALDAS, E. D. Investigation of food and water microbiological conditions and foodborne disease outbreaks in the Federal District, Brazil. **Food control**, v. 34, n. 1, p. 235-240, 2013.

OMAROVA, A.; TUSSUPOVA, K.; BERNDTSSOM, R.; KALISHEU, M.; SHARAPATOVA, K. Protozoan Parasites in Drinking Water: A System Approach for Improved Water, Sanitation and Hygiene in Developing Countries. **International journal of environmental research and public health**, v. 15, n. 3, p. 495, 2018.

PAGAMENTO, P.; FRANCO, E. *Clostridium perfringens* e colifagos somáticos como indicadores da eficiência do tratamento de água potável para vírus e cistos de protozoários. **Appl. Environ Microbiol.** v. 59, p. 2418 – 2424, 1993.

POMPEU, C. T. **Regime jurídico da polícia das águas públicas**. 1976.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B. P. F.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. Escrituras, 1999.

REIS, J. L. B.; DE LACERDA ABRAHÃO, B. O.; MOURA, D. L. Os problemas do Rio São Francisco na percepção de moradores de Petrolina e Juazeiro: a saúde em foco. **Saúde e Pesquisa**, v. 10, n. 3, p. 473-484, 2018.

ROCHE, D. Le temps de l'eau rare du Moyen Âge à l'époque moderne. In: Annales. Histoire, Sciences Sociales. **Cambridge University Press**, v. 39, n. 2, p. 383-399, 1990.

RODRIGUES DA SILVA, E. **Curso da água na história: simbologia, moralidades e a gestão de recursos hídricos**. 1998.

ROMPRE, A.; SERVAIS, P.; BAUDART, J.; ROUBIN, R. M.; LAURENT, P. Detection and enumeration of coliforms in drinking water: current methods and emerging approaches. **Journal of microbiological methods**, v. 49, n. 1, p. 31-54, 2002.

ROOD, J. I.; ADAMS, V.; LACEY, J.; LYRAS, D.; MCCLANE, B.A.; MELVILLE, S. B.; MOORE, R. J.; MAHFUZUR, M. R. P.; SARKER, R.; UZAL, G. F.; IMMERSEEL, F. V. Expansion of the *Clostridium perfringens* toxin-based typing scheme. **Anaerobe**, v. 50, p. 1-106, 2018.

SAXENA, G.; BHAROGAVA, R. N.; KATIHNAS, F.; RAJ, A. Microbial indicators, pathogens and methods for their monitoring in water environment. **Journal of water and health**, v. 13, n. 2, p. 319-339, 2015.

SCOTT, E. E.; LEH, M. D.K.; HAGGARD, B. E. Spatiotemporal variation of bacterial water quality and the relationship with pasture land cover. **Journal of water and health**, v. 15, n. 6, p. 839-848, 2017.

SCHIAVANO, A.; COLOMBOA, A.; COSSETINIB, A.; GOGLIOA, A.; D' ARDESA, V.; TRASATTIB, S.; CRISTIANI, P. Single-chamber microbial fuel cells as on-line shock-sensors for volatile fatty acids in anaerobic digesters. **Waste Management**, v. 71, p. 785-791, 2017.

SEKWADIL, P. G.; RAVHUHALI, K. G., A.; MOSAM, V. Essel; NETSHOE, G. M.; SHONHIWA, A. M.; MCCARTHY, K; J. Mans; TAYLOR, M. Waterborne outbreak of gastroenteritis on the KwaZulu-Natal Coast, South Africa, December 2016/January 2017. **Epidemiology and Infection**, v. 146, n. 10, p. 1318- 1325, 2018.

SILVA, E. R. Um percurso pela história através da água: passado, presente, futuro. **ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, p. 1-30, 2010.

SNOW, John. Sobre a maneira de transmissão do cólera. In: **Sobre a maneira de transmissão do cólera**. 1999.

STERN, B. J. A saúde das cidades e o primeiro movimento de saúde pública. **Medicina social: aspectos históricos e teóricos**. São Paulo: Global, v. 3, p. 84-94, 1983.

TELLES, P. C. S. **História da engenharia no Brasil**. Rio de Janeiro: Clavero Editoração, v. 1993, 1984.

TRABULSI, L. R.; ALTERTHUM, F. Microbiologia 4 a ed. **Editorial Atheneu, São Paulo, Brasil**, 2005.

WALKER, J. T.; HOFFMAN, P. Uma abordagem pragmática para *Pseudomonas*. **Propriedade de Saúde**, v. 66, p. 23-28, 2012.

WEI, L.; WU, Q.; ZHANG, J.; GUO, W.; CHEN, M.; XUE, L.; WANG, J.; MA, L. Prevalence and Genetic Diversity of *Enterococcus faecalis* Isolates from Mineral Water and Spring Water in China. **Frontiers in microbiology**, v. 8, n. 1109, p. 1-8, 2017.

WERNER, G.; COQUE, T.M.; FRANZ, C.; GROHMANN, E.; HEGSTAD, K.; JENSEN, L. Enterococos resistentes a antibióticos - Contos de um traficante de genes de resistência a drogas. **Int. J. Med. Microbiol.** v. 303, p. 360-379. 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Diretrizes para qualidade da água potável**, World Health Organization. 2011. Disponível em: < <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/> > Acesso em: 12 de out.2017

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Water**. World Health Organization, 2015. Disponível em: < <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/> > Acesso em: 12 de out.2017

VERGINE, P.; SALEMO, C.; BARCA, E.; BERARDI, G.; POLLICE, A. Identification of the faecal indicator *Escherichia coli* in wastewater through the β -D-glucuronidase activity: comparison between two enumeration methods, membrane filtration with TBX agar, and Colilert®-18. **Journal of water and health**, v. 15, n. 2, p. 209-217, 2017.

VIEIRA, J. M. **Doenças de veiculação hídrica sob vigilância: uma análise dos casos da Regional de Ceilândia-DF em 2015**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Saúde Coletiva) Universidade de Brasília, 2017.

YAMAGUCHI, M. U.; CORTEZ, L. E. R.; OTTONI, L. C. C.; OYAMA, J. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá-PR. **O Mundo da Saúde**. v. 37, n. 3, p. 312-320, 2013.

ZHANG, X.; ME, Y.; YE, G. Morphological Observation and Comparative Transcriptomic Analysis of *Clostridium perfringens* Biofilm and Planktonic Cells. **Current microbiology**, p. 1-8, 2018.

CAPÍTULO II

**QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE CONSUMO E OCORRÊNCIA DE
DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA NAS MESORREGIÕES DO ESTADO DA
BAHIA**

QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE CONSUMO E OCORRÊNCIA DE DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA NAS MESORREGIÕES DO ESTADO DA BAHIA

Danilo Moreira Vilas Boas¹, Joselene Conceição Nunes Nascimento², Clícia Capibaribe Leite³, Alaise Gil Guimarães⁴

¹ Autor correspondente - Graduate Program in Food Science, College of Pharmacy, Federal University of Bahia – UFBA, Salvador, Bahia, Brazil. E-mail: alaise@ufba.br

² Graduate Program in Food Science, College of Pharmacy, Federal University of Bahia – UFBA, Salvador, Bahia, Brazil.

³ College of Pharmacy, Federal University of Bahia – UFBA, Salvador, Bahia, Brazil.

⁴ Program in Food Science, College of Pharmacy, Federal University of Bahia – UFBA, Salvador, Bahia, Brazil

RESUMO

A crise global de água constitui-se como um dos problemas mais sérios que a humanidade enfrenta hoje. A contaminação dos recursos hídricos por patógenos e a consequente infecção no ser humano representam grande preocupação na saúde pública. Desta forma, o objetivo desse estudo foi avaliar a qualidade microbiológica da água de consumo, relacionando os dados à ocorrência de doenças de veiculação hídrica. Para tanto, foram considerados os resultados das análises microbiológicas de água de consumo, emitidos pelo Laboratório de Microbiologia de Alimentos, da Universidade Federal da Bahia, no período de janeiro de 2014 a dezembro de 2017, analisadas quanto aos parâmetros preconizados na legislação. Os dados epidemiológicos foram obtidos pela plataforma digital do Sistema Único de Saúde e os demais resultados foram analisados empregando-se o *software* estatístico SPSS para Windows versão 24. Constatou-se que das 7912 amostras analisadas, 1603 (20,26%) apresentaram-se reprovadas para coliformes totais, 501 (6,33%) revelaram crescimento para coliformes termotolerantes, enquanto 106 (1,34%) encontravam-se não conformes devido à presença de *Escherichia coli*. Tais achados, podem ter relação direta com as médias verificadas de 546,75 internações por ano, taxa de mortalidade e número de óbitos por mil habitantes de 3,12 e 17, respectivamente, com valor gasto em serviços hospitalares na ordem de R\$ 286.829,00 na cidade de Salvador e região Metropolitana, onde concentrou-se o maior número de análises realizadas. Portanto, infere-se que o sistema de distribuição de água potável, assim como a obtenção da mesma através de fontes particulares, nas mesorregiões do Estado da Bahia, é suscetível a contaminação podendo ter contribuído para os números de casos de internações, óbitos, taxa de mortalidade e custos, relacionados as patologias veiculados pela água.

Palavras chave: Microrganismos; coliformes; *Escherichia coli*; saúde pública; potabilidade da água.

INTRODUÇÃO

A água representa um elemento complexo e frágil para o ecossistema e sua disponibilidade é essencial para a manutenção da higidez humana, constituindo-se como um direito básico para todos (ARIENZO et al., 2015). Sendo assim, esse recurso precisa ter a sua qualidade microbiológica assegurada, isto é, livre de microrganismos patogênicos que representam os principais veiculadores de doenças e podem ocasionar danos irreparáveis para a saúde (MELLO; RESENDE, 2015; WHO, 2017). De acordo com Goel et al., (2015), um dos problemas mais sérios que a humanidade enfrenta hoje é a crise global da água.

A contaminação dos recursos hídricos por patógenos e a subsequente infecção do ser humano, representam relevantes transtornos relacionados a qualidade da água, mesmo em nações desenvolvidas (SCOTT; LEH; HAGGARD, 2017). Conforme demonstrado no terceiro Relatório Mundial de Desenvolvimento da Água, das Nações Unidas, mais de 600 milhões de pessoas em diversas regiões do mundo são forçadas a viver sem acesso a água potável e aos serviços de saneamento, enquanto dois bilhões delas consomem água contaminada por material fecal (WHO, 2017). No Brasil, dados do Ministério da Saúde, indicam que entre os anos de 2007 a 2017, a água ocupou o quinto lugar na proporção dos produtos alimentícios incriminados nos surtos de Doenças Veiculadas por Alimentos (DVA), com 6,2% das notificações no perfil epidemiológico (BRASIL, 2018).

Nunes, Mota e Caldas (2013) relatam que as doenças diarreicas agudas são responsáveis por 1,8 milhões de mortes de crianças a cada ano, predominantemente nos países em desenvolvimento, sendo a qualidade ruim da água um dos fatores preponderantes para tais surtos. O mecanismo de transmissão das doenças de veiculação hídrica é o da ingestão, onde o indivíduo saudável consome a água contaminada com algum componente nocivo à saúde, que pode ser vírus, bactérias, toxinas, agrotóxicos, produtos químicos ou metais pesados e a presença desses no organismo vai desencadear as manifestações clínicas conhecidas (BRASIL, 2010). Segundo Cody e Stretch (2014), os sintomas envolvidos normalmente são febre e distúrbios gastrintestinais, como cólicas, vômitos e diarreia, que podem durar alguns dias.

De acordo com Ashbolt (2015), uma característica comum dos patógenos que podem estar contaminando a água é a capacidade de replicação até atingir altas concentrações, formando biofilmes nas paredes e sedimentos de tubulações, particularmente durante os períodos de estagnação da água e condições mais quentes; portanto, o controle de qualidade faz-se necessário para monitorar a ocorrência dos mesmos. De acordo com Liu et al., (2018) para melhor abordagem da relação entre os contaminantes e a saúde pública, faz-se necessário

desenvolver estratégias eficientes de gerenciamento da qualidade da água, considerando a origem da sua contaminação.

Como os microrganismos do grupo dos coliformes são habitantes comuns da água e do ambiente, eles podem estar injuriados por estresses do meio ou por consequência do tratamento da água, como ocorre de forma similar a outros microrganismos, a Agência de Proteção Ambiental (EPA) considera-os indicadores úteis de outros patógenos associados à água (MULAMATTATHIL; BEZUIDENHOUT; MBEWE, 2015). Em um sistema de distribuição, essas bactérias atuam como indicadores operacionais onde, a sua presença indica a má qualidade da água, possivelmente por meio de problemas de desenvolvimento bacteriano ou contaminação pós-tratamento (SAXENA et al., 2015). Dentro deste grupo, a *Escherichia coli* é considerada um bom indicador, uma vez que é facilmente detectável, tem origem exclusivamente fecal e sua presença pode estar relacionada com a presença de patógenos (VERGINE et al., 2017).

Bylund et al. (2017), admitem que os surtos de doenças de origem hídrica são geralmente causados por eventos extraordinários que levam a um grande número de casos notificados. No entanto, mesmo quando os suprimentos de água são cuidadosamente gerenciados e atendem aos padrões microbiológicos para água potável esta, ainda assim, pode ser contaminada. Isso pode levar a alguns casos aparentemente esporádicos, ocasionados por situações em que as barreiras microbiológicas de uma estação de tratamento de água são insuficientes para a remoção de altos níveis de contaminação. Tais casos nunca são relatados e, portanto, dificilmente são detectados. Além disso, os patógenos também podem ser introduzidos no sistema de distribuição se a pressão da água estiver baixa ou temporariamente perdida.

Diante desse panorama, um bom sistema de monitoramento ambiental é um pré-requisito essencial para se identificar fontes de contaminação e construir estratégias para evitar que estas fontes entrem em contato com reservatórios de água destinados ao consumo humano (ARIENZO et al., 2015). Na Bahia, não foram encontrados estudos recentes que abordem a relação do perfil microbiológico da água de consumo, com a ocorrência de doenças de veiculação hídrica na região. Neste sentido, Teixeira et al. (1993) salientam que a última publicação realizada trata-se de um relato de epidemia por gastroenterite veiculada pela água, que ocorreu em 1988, na cidade de Paulo Afonso, na Bahia onde, durante o período de 42 dias, registraram-se cerca de 2 000 casos da doença, com 88 destes evoluindo para óbito. Nessa investigação, foi realizado um levantamento dos casos de internamentos, óbitos e letalidade hospitalar por gastroenterite, em anos anteriores, na região, constatando a importância da

preocupação com a qualidade da água fornecida à população. Evidenciando, com isso, a necessidade do desenvolvimento de pesquisas desta natureza.

Recentemente, no Brasil, foi publicada a Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde, que revogou a nº 2914/2011, que estabelece, além dos parâmetros físicos e químicos, a exigência de ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* em 100 mL da água destinada ao consumo humano (BRASIL, 2017). Desta forma, o presente estudo buscou avaliar a qualidade microbiológica da água de consumo proveniente das diferentes mesorregiões do Estado da Bahia, por meio de um estudo longitudinal no período de 2014 a 2017, relacionando os dados obtidos nas análises, ao registro de ocorrências de doenças de veiculação hídrica na cidade de Salvador e região metropolitana, onde concentrou-se o maior número de amostras analisadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Desenho e área de estudo

Este foi um estudo longitudinal, realizado em diferentes estabelecimentos residenciais e comerciais, dotados de abastecimento de água, localizados nas mesorregiões do Estado da Bahia (Centro-Norte Baiano, Centro-Sul Baiano, Metropolitana de Salvador, Nordeste Baiano, Sul Baiano e Vale São Francisco da Bahia). Para tanto, foram considerados os resultados das análises realizadas e compiladas em 7912 relatórios de ensaio (laudos) das análises microbiológicas de água de consumo, emitidos pelo Laboratório de Microbiologia de Alimentos, da Universidade Federal da Bahia, durante um período de quatro anos (de janeiro de 2014 a dezembro de 2017). Para isto, foram incluídas amostras de água classificadas como tratadas ou não tratadas e excluídas aquelas destinadas a recreação (piscina, rio, lago e mar), bem como as que foram analisadas por meio da técnica de tubos múltiplos.

Origem das amostras e análises laboratoriais

As amostras colhidas assepticamente de torneiras de residências, estabelecimentos comerciais e ambientes institucionais, bombas manuais, torneiras comunitárias e poços tubulares, bebedouros, filtros e purificadores de água, máquinas de gelo e saídas das seringas tríplices de consultórios odontológicos, selecionadas de forma aleatória, foram identificadas, acondicionadas em caixas isotérmicas com gelo e destinadas ao Laboratório de Microbiologia de Alimentos, da Faculdade de Farmácia, da Universidade Federal da Bahia, onde foram

devidamente cadastradas de acordo com o local, data e horário da colheita, levando em consideração a temperatura no momento do recebimento das mesmas no laboratório, bem como o intervalo máximo de 24 horas entre a colheita e o início das análises. Após este processo, as amostras foram submetidas às análises microbiológicas para coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*, utilizando o método da membrana filtrante, conforme estabelecido pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012).

Análise de dados

Os resultados das análises microbiológicas realizadas no período do estudo, foram obtidos utilizando o Sistema Informático de Controle de Processo de Análise (SCPA), um *software* de gerenciamento de informações relativas às atividades executadas nos laboratórios de análise de produtos. Para tanto, desenvolveu-se exclusivamente para esta finalidade, uma plataforma denominada *CloudPro* que utiliza o banco de dados do SCPA, agrupando-os de acordo com as variáveis consideradas no estudo. Os dados referentes as notificações de doenças de origem hídrica foram obtidos por meio do DATASUS - Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (BRASIL, 2018), por consulta *online*, de acordo com o CID-10 (Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde – 10ª Revisão) onde, as doenças de veiculação hídrica que podem estar relacionadas a ação de bactérias, estão classificadas de forma geral como doenças infecciosas e parasitárias, no subgrupo das diarreias e gastroenterites de origem infecciosa presumível e outras doenças infecciosas intestinais. Foram avaliados os dados relativos ao número de internações, o valor investido nos serviços hospitalares, a taxa de mortalidade e o número de óbitos, no espaço de tempo selecionado para o estudo, considerando a cidade de Salvador e região metropolitana, onde concentrou-se o maior número de amostras analisadas.

Análise estatística

Todas as variáveis trabalhadas neste estudo foram do tipo categoria, apresentadas por tabelas de frequência, associadas entre elas com a utilização dos testes qui-quadrado de Pearson e o teste da Razão de Verossimilhança, com nível de significância de 5%. Além disso, para verificação da concordância entre os testes, empregou-se a estatística Kappa. Todas as análises foram realizadas empregando-se o *software* estatístico SPSS para Windows versão 24. Para tanto, as amostras foram categorizadas de acordo com o ano da execução das análises, a

mesorregião do Estado e o local de onde foram colhidas; a natureza da matriz, além dos resultados das análises microbiológicas e a temperatura no momento de recebimento das mesmas.

RESULTADOS

Nível de contaminação da água

Um quantitativo de 7912 amostras foi considerado para o estudo, durante o período de quatro anos (2014-2017), apresentando maior concentração das análises, com 2171 amostras (27,44%) no ano de 2016. Do montante total, observou-se que 7147 amostras (90,33%) foram classificadas como água tratada, 7680 (97,07%) provenientes da mesorregião Metropolitana de Salvador e 4798 delas (60,64%), colhidas de torneiras (rede pública de abastecimento). Na averiguação das temperaturas de recebimento das amostras, 2237 (28,27%) delas, foram transportadas sob temperatura superior a 10°C (tipicamente entre 10,8°C e 23°C). Quanto aos parâmetros microbiológicos avaliados, constatou-se que 6309 amostras (79,74%) não apresentaram desenvolvimento característico para coliformes totais e, portanto, foram classificadas como aprovadas, enquanto que 1603 (20,26%) amostras apresentaram na análise microbiológica colônias características para este grupo de microrganismos e, desta forma, foram categorizadas como reprovadas. Na análise de coliformes termotolerantes, 501 amostras (6,33%) demonstraram crescimento típico e, portanto foram submetidas a investigação de *Escherichia coli*, com 106 (1,34%) confirmações, o que levou as amostras a serem reprovadas (Tabela 1).

Tabela 1- Número de amostras de água analisadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos – UFBA, no período entre 2014 a 2017, locais de procedência das mesmas e sua fonte de colheita, tipo de água analisada, temperatura de recebimento e microrganismos pesquisados.

Variáveis do estudo	Número de Amostras	%
Ano de obtenção das amostras		
2014	1672	21,13
2015	1989	25,14
2016	2171	27,44
2017	2080	26,29
Total de amostras	7912	100
Mesorregião		
Centro-Norte Baiano	33	0,42
Centro-Sul Baiano	136	1,72

Tabela 1- Número de amostras de água analisadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos – UFBA, no período entre 2014 a 2017, locais de procedência das mesmas e sua fonte de colheita, tipo de água analisada, temperatura de transporte e microrganismos pesquisados.

Metropolitana de Salvador	7680	97,07
Nordeste Baiano	43	0,54
Sul Baiano	19	0,24
Vale São Francisco da Bahia	01	0,01
Total	7912	100
Locais das colheitas das amostras		
Torneira	4798	60,64
Reservatório	871	11,01
Poço artesiano	922	11,65
Máquina de gelo	416	5,26
Bebedouro	359	4,54
Filtro	303	3,83
Purificador	122	1,54
Seringa tríplice	121	1,53
Total	7912	100
Tipos de amostras		
Água Tratada	7147	90,33
Água não tratada	321	4,06
Gelo	444	5,61
Total de amostras	7912	100
Coliformes totais		
Aprovado	6309	79,74
Reprovado	1603	20,26
Total de análises	7912	100
Coliformes termotolerantes		
Sem crescimento	7411	93,67
Com crescimento	501	6,33
Total de análises	7912	100
<i>Escherichia Coli</i>		
Aprovado	7806	98,66
Reprovado	106	1,34
Total de análises	7912	100
Temperatura de recebimento		
≤ 10° C	5675	71,73
>10° C	2237	28,27
Total de amostras	7912	100

Associação das variáveis com a contaminação da água

Considerando a pesquisa do parâmetro coliformes totais nas amostras de água, conforme demonstrado na tabela 2, verificou-se para àquelas que não foram submetidas a nenhum tipo de tratamento, classificadas como não tratadas (321 amostras), uma maior porcentagem de contaminação com 47,35% (152/321) de reprovação, seguida das amostras de gelo com 44,59% (198/444) e de água tratada com 17,53% (1253/7147). Todas as variáveis (tipo de amostra, temperatura de recebimento, local de colheita e ano de obtenção da amostra) foram significativas, com $p=0,000$ para todos os casos.

Tabela 2- Associação entre os tipos de amostras de água analisadas, temperatura de recebimento, locais e anos das coletas, com os resultados das análises microbiológicas da mesmas para o parâmetro coliformes totais, analisadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos – UFBA, no período entre 2014 a 2017.

Variáveis do estudo	Coliformes totais			p
	Total de amostras	Aprovado n (%)	Reprovado n (%)	
Tipos de amostras				
Água tratada	7147	5894 (82,47)	1253 (17,53)	0,000
Água não tratada	321	169 (52,65)	152 (47,35)	
Gelo	444	246 (55,41)	198 (44,59)	
Total de amostras	7912	6309 (79,74)	1603 (20,26)	
Temperatura de recebimento				
≤ 10°C	5675	4458 (78,56)	1217 (21,44)	0,000
>10°C	2237	1851 (82,74)	386 (17,26)	
Total de amostras	7912	6309 (79,74)	1603 (20,26)	
Locais das colheitas				
Torneira	4798	3854 (80,33)	944 (19,67)	0,000
Reservatório	871	717 (82,32)	154 (17,68)	
Poço artesiano	922	782 (84,82)	140 (15,18)	
Máquina de gelo	416	232 (55,77)	184 (44,23)	
Bebedouro	359	286 (79,67)	73 (20,33)	
Filtro	303	223 (73,60)	80 (26,40)	
Purificador	122	114 (93,44)	08 (6,56)	
Seringa tríplice	121	101 (83,47)	20 (16,53)	
Total de amostras	7912	6309 (79,74)	1603 (20,26)	

Tabela 2- Associação entre os tipos de amostras de água analisadas, temperatura de recebimento, locais e anos das coletas, com os resultados das análises microbiológicas da mesmas para o parâmetro coliformes totais, analisadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos – UFBA, no período entre 2014 a 2017.

Ano de obtenção das amostras

2014	1672	1308 (78,23)	364 (21,77)	0,000
2015	1989	1570 (78,93)	419 (21,07)	
2016	2171	1695 (78,07)	476 (21,93)	
2017	2080	1736 (83,46)	344 (16,54)	
Total de amostras	7912	6309 (79,74)	1603 (20,26)	

n= número de amostras

p= probabilidade de observar um valor estatístico de teste maior ou igual ao encontrado

Ao relacionar os resultados encontrados para as análises de coliformes totais juntamente com os termotolerantes, utilizando o teste qui-quadrado de independência e o coeficiente de concordância KAPPA (k), constatou-se uma concordância moderada entre estes dois parâmetros, com valor de $k= 0,411$ (41,1% de concordância) e $p=0,000$ (dados não mostrados). Para a associação entre as variáveis (tipos de amostras, temperaturas de recebimento, locais e anos das colheitas das mesmas) e a presença de *Escherichia coli*, foi possível averiguar que a aprovação ou reprovação neste caso foi independente da temperatura de recebimento das amostras ou do ano em que as mesmas foram colhidas, com os valores de p iguais a 0,130 e 0,769, respectivamente. Considerando o tipo de amostra e o local da colheita, houve significância com os valores de p iguais a 0,000 e 0,049, respectivamente (Tabela 3), sendo utilizado para estes casos o teste da razão de verossimilhança.

Tabela 3- Associação entre os tipos de amostras de água analisadas, temperatura de recebimento, locais e anos das colheitas, com os resultados das análises microbiológicas da mesmas para o parâmetro *Escherichia coli*, analisadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos – UFBA, no período entre 2014 a 2017.

Variáveis do estudo	<i>Escherichia coli</i>			p
	Total de amostras	Aprovado n (%)	Reprovado n (%)	
Tipos de amostras				
Água tratada	7147	7065 (98,85)	82 (1,15)	0,000*
Água não tratada	321	304 (94,70)	17 (5,30)	
Gelo	444	437 (98,42)	07 (1,58)	
Total de amostras	7912	7806 (98,66)	106 (1,34)	

Tabela 3- Associação entre os tipos de amostras de água analisadas, temperatura de recebimento, locais e anos das colheitas, com os resultados das análises microbiológicas da mesmas para o parâmetro *Escherichia coli*, analisadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos – UFBA, no período entre 2014 a 2017.

Temperatura de recebimento

≤10°C	5675	5592 (98,54)	83(1,46)	0,130
>10°C	2237	2214 (98,97)	23 (1,03)	
Total de amostras	7912	7806 (98,66)	106 (1,34)	

Locais das colheitas

Torneira	4798	4738 (98,75)	60 (1,25)	0,049*
Reservatório	871	850 (97,59)	21 (2,41)	
Poço artesiano	922	908 (98,48)	14 (1,52)	
Máquina de gelo	416	412 (99,04)	04 (0,96)	
Bebedouro	359	355 (98,89)	04 (1,11)	
Filtro	303	300 (99,01)	03 (0,99)	
Purificador	122	122 (100,00)	00 (0,00)	
Seringa tríplice	121	121 (100,00)	00 (0,00)	
Total de amostras	7912	7806 (98,66)	106 (1,34)	

Ano de obtenção das amostras

2014	1672	1646 (98,44)	26 (1,56)	0,769
2015	1989	1962 (98,64)	27 (1,36)	
2016	2171	2142 (98,66)	29 (1,34)	
2017	2080	2056 (98,85)	24 (1,15)	
Total de amostras	7912	7806 (98,66)	106 (1,34)	

* Teste da Razão de Verossimilhança

n= número de amostras

p= probabilidade de observar um valor estatístico de teste maior ou igual ao encontrado

Os resultados encontrados na análise estatística para a comparação entre a presença de *Escherichia coli* e coliformes termotolerantes demonstraram concordância razoável (valor de k entre 0,21 e 0,4) entre os mesmos, com valor de k= 0,324 (32,4% de concordância), com p=0,000 (dados não mostrados). Para a associação entre os resultados de *Escherichia coli* e coliformes totais frente as variáveis consideradas (tipos de amostras, temperaturas de recebimento, locais e anos das colheitas das mesmas), todas apresentaram-se significativas, com valor de p = 0,000 (Tabela 4). Avaliando a concordância entre a combinação dos três parâmetros microbiológicos analisados (coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*), tornou-se possível observar uma concordância moderada (valor de k entre 0,41 e 0,6) entre as análises, com valor de k= 0,410 (41,0% de concordância), com valor de p= 0,000 (dados não mostrados).

Tabela 4- Associação entre os tipos de amostras de água analisadas, temperatura de recebimento, locais e anos das colheitas, com os resultados das análises microbiológicas da mesmas para os parâmetros coliformes totais e *Escherichia coli*, analisadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos – UFBA, no período entre 2014 a 2017.

Variáveis do estudo	Combinação coliformes totais e <i>E. coli</i>			p
	Total de amostras	Aprovado n (%)	Reprovado n (%)	
Tipos de amostras				
Água tratada	7147	5891 (82,43)	1256 (17,57)	0,000
Água não tratada	321	169 (52,65)	152 (47,35)	
Gelo	444	246 (55,41)	198 (44,59)	
Total de amostras	7912	6306 (79,70)	1606 (20,30)	
Temperatura de recebimento				
≤10°C	5675	4455 (78,50)	1220 (21,50)	0,000
>10°C	2237	1851 (82,74)	386 (17,26)	
Total de amostras	7912	6306 (79,70)	1606 (20,30)	
Locais das colheitas das amostras				
Torneira	4798	3854 (80,33)	944 (19,67)	0,000
Reservatório	871	714 (81,97)	157 (18,03)	
Poço artesiano	922	782 (84,82)	140 (15,18)	
Máquina de gelo	416	232 (55,77)	184 (44,23)	
Bebedouro	359	286 (79,67)	73 (20,33)	
Filtro	303	223 (73,60)	80 (26,40)	
Purificador	122	114 (93,44)	08 (6,56)	
Seringa tríplice	121	101 (83,47)	20 (16,53)	
Total de amostras	7912	6306 (79,70)	1606 (20,30)	
Ano de obtenção das amostras				
2014	1672	1308 (78,23)	364 (21,77)	0,000
2015	1989	1570 (78,93)	419 (21,07)	
2016	2171	1695 (78,07)	476 (21,93)	
2017	2080	1733 (83,32)	347 (16,68)	
Total de amostras	7912	6306 (79,70)	1606 (20,30)	

n= número de amostras

p= probabilidade de observar um valor estatístico de teste maior ou igual ao encontrado

Doenças de veiculação hídrica

Na avaliação sobre a ocorrência das doenças de veiculação hídrica, através dos dados do DATASUS (BRASIL, 2018) (tabela 05), foram considerados os dados epidemiológicos provenientes da cidade de Salvador e região Metropolitana, onde estava concentrado o maior número de amostras investigadas. Para tanto, foram observados o número de internações, os valores gastos com serviços hospitalares, a taxa de mortalidade e o número

de óbitos por mil habitantes, decorrentes de diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível, juntamente com outras doenças intestinais, por ano abordado no estudo.

Pode-se observar que o ano de 2016 apresentou o maior número de casos de hospitalizações e, conseqüentemente de gastos com os serviços médicos prestados aos pacientes (Tabela 5), assim como, foi o período em que realizou-se o maior número de análises, com 2171 amostras de água, sendo também aquele com maior número de amostras contaminadas e conseqüentemente reprovadas devido à presença de coliformes totais (476 amostras) e *Escherichia coli* (29 amostras). O ano de 2015, apesar de ter apresentado menor número de internações, houve a segunda maior taxa de mortalidade (3,65), com 19 óbitos, denotando também porcentagem relevante de amostras reprovadas para os parâmetros coliformes totais e *Escherichia coli*, com 21,07% (419 amostras) e 1,36% (27 amostras) de reprovação, respectivamente. Quanto ao ano de 2017, apesar de ter apresentado a maior taxa de mortalidade (3,76), com 21 óbitos, foi o período com menor índice de reprovação para os parâmetros coliformes totais e *Escherichia coli*, com 16,54% (344 amostras) e 1,15% (24 amostras) de reprovação, respectivamente.

Tabela 5- Número de internações pelo Sistema Único de Saúde (SUS), valores de serviços hospitalares, taxa de mortalidade e número de óbitos por diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível ou outras doenças intestinais, da mesorregião Metropolitana de Salvador, no período entre 2014 a 2017

Ano	Número de internações	Valor de serviços hospitalares	Taxa de mortalidade	Número de óbitos
2014	529	R\$ 286.926,20	2,84	15
2015	520	R\$ 271.781,40	3,65	19
2016	579	R\$ 317.220,90	2,25	13
2017	559	R\$ 271.387,50	3,76	21

Fonte: DATASUS, Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (SUS) (BRASIL, 2018).

DISCUSSÃO

O fornecimento de água potável deve ser baseado no conceito de barreira múltipla, que inclui a proteção da fonte de água, a otimização dos processos de purificação, além da manutenção adequada dos sistemas de distribuição (OMAROVA et al., 2018). No

entanto, mesmo tendo este como um recurso essencial para todas as formas de vida, a garantia da sua qualidade representa um constante desafio nas estações de tratamento, bem como nos canais de transporte até as torneiras dos consumidores e, durante este percurso, ela pode ser exposta a um número crescente de poluentes infecciosos, químicos e radioativos que podem ser ingeridos pelos seres humanos, causando sérios problemas de saúde (GUTIÉRREZ-DEL-RÍO et al., 2014). Nesse contexto, Freitas et al. (2017), ressaltam que muitas pessoas não têm acesso a água potável limpa e segura podendo adquirir infecções bacterianas veiculadas por esta via, que podem leva-las a óbito.

As apreciações dos Relatórios de Ensaio (laudos) com os resultados das análises microbiológicas realizadas neste estudo, evidenciam que o sistema de distribuição de água potável, assim como a obtenção da mesma por meio de fontes particulares, nas mesorregiões do Estado da Bahia, é suscetível a contaminação. Nunes, Mota e Caldas (2013), ao considerarem as amostras de água investigadas quanto as condições microbiológicas, pelo Laboratório Central do Distrito Federal (LACEN-DF) entre os anos de 2000 a 2010, detectaram que das 385 amostras, 67 (17,4%) encontravam-se fora dos parâmetros preconizados por lei, índice similar do presente estudo (20,26%).

De forma semelhante Invik et al. (2017) ao analisarem a qualidade microbiana de 179623 amostras provenientes de poços de água potável, no período de nove anos (2004-2012), em Alberta, Canadá, detectaram 14,6 e 1,5% de contaminação para os coliformes totais e *Escherichia coli*, respectivamente, enquanto Goel et al. (2015) ao avaliarem as condições microbiológicas em amostras de água potável, em Chandigarh, norte da Índia, durante um período de cinco anos (2002 a 2007), verificaram que das 662 amostras analisadas, 140 (21,1%) delas, apresentaram coliformes totais e, portanto, não estavam aptas para o consumo. Desta forma, percebe-se que a qualidade microbiológica da água pode ser comprometida nas diferentes regiões do mundo, mesmo que elas apresentem distintas situações socioeconômicas.

Além disso, percebe-se que o índice de contaminação em amostras de água pode variar muito de acordo com a área considerada para estudo. Volker et al. (2010) ao realizarem um levantamento nacional sistemático de dados relacionados à qualidade da água potável, avaliando a extensão da contaminação microbiana dos sistemas de distribuição na Alemanha, entre os anos de 2007 e 2009, detectaram *E.coli* em 0,3% das amostras (25/8338) e coliformes totais em 18% delas (152/8652). Estudo recente de Erikson et al. (2017) avaliando a qualidade da água na rede de distribuição em Arraiján, no Panamá, demonstrou que apenas quatro das 423 (0,9%) amostras recolhidas, em momentos aleatórios, foram positivas para os coliformes totais e apenas uma delas apresentou crescimento para *Escherichia coli*. Por outro lado, Florentin et

al. (2016) ao analisarem 140 amostras de água, provenientes de uma unidade hematológica hospitalar, não detectaram presença de coliformes, inferindo que a contaminação da água constitui-se como um evento raro no setor.

A presença de bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes na água, pode estar relacionada a uma série de fatores que incluem desde a origem da amostra, o local que foi colhida, o procedimento utilizado para a colheita, bem como a temperatura de transporte e a análise da mesma. Moreira e Bondelind (2016) constataram diversas fontes de contaminação para diferentes tipos de água e, em se tratando de águas subterrâneas, as fezes de animais representaram a principal causa de contaminação; já para as águas residuais, devido às fortes chuvas e conseqüente carreamento de sujidades diversas; para águas superficiais, a poluição da fonte de água; enquanto que nas plantas de tratamento, a contaminação se deu devido ao mau funcionamento do equipamento de desinfecção. Além desses, nos sistemas de distribuição da água, as conexões cruzadas, quebras de tubulação e introdução de contaminantes na rede, foram as principais causas para má qualidade das amostras. Da mesma forma, Oluka et al. (2013), também associaram a contaminação por esse grupo de microrganismos ao sistema de distribuição de água, que poderia ter fatores responsáveis pela decomposição do cloro, como vazamentos em tubulações, além da presença de biofilmes e acumulação de lodo ao longo do sistema.

Considerando os resultados das análises tanto para o grupo dos coliformes totais, como para a *Escherichia coli*, realizadas neste estudo, como era de se esperar, as amostras classificadas como não tratadas, apresentaram a maior porcentagem de contaminação para estes parâmetros, com 47,35% (152/321) e 5,30% (17/321) de reprovação respectivamente, o que pode estar relacionado a não realização ou insuficiente desinfecção da água. A utilização do cloro nas amostras classificadas como água tratada e seu efeito deletério aos microrganismos, podem ser considerados como os responsáveis pela menor porcentagem de reprovação encontrada. É importante salientar que para o último caso, utiliza-se tiosulfato de sódio, antes de proceder as análises, com o objetivo de neutralizar o cloro e permitir o acesso a microbiota que possa existir na amostra. Nesse sentido, Murray et al. (2017), ao avaliarem o efeito da neutralização do cloro com a utilização de tiosulfato de sódio, ratificaram que as amostras mantidas sem essa substância, apresentaram contagem mais baixa de bactérias, podendo levar a resultados falsos negativos.

Ao associar a temperatura de recebimento das amostras, com os resultados das análises, constata-se que esta variável foi significativa ao nível de 5% de significância, ($p=0,000$) para os coliformes totais, ou seja, as amostras transportadas a temperatura inferior ou

igual a 10°C (entre -1,8 e 10°C) apresentaram maior porcentagem de contaminação. De forma semelhante, Diston et al. (2018) ao realizarem o rastreamento de fontes microbianas em locais de obtenção de água potável, na Suíça, constataram que a temperatura das amostras variou ao longo do período de monitorização (tipicamente entre 5 ° C e 12 ° C), não havendo relações significativas entre este parâmetro e as concentrações de microrganismos observadas em qualquer local. Tal fato, pode estar relacionado ao curto período de tempo entre a colheita e o transporte das amostras até o Laboratório e, neste caso, a microbiota presente não sofreu nenhum tipo de adaptação relacionada a temperatura. Ou ainda, pode-se considerar a ocorrência de bactérias heterotróficas que, devido à baixa quantidade de nutrientes da matriz, pode ter ocorrido inibição do desenvolvimento dos coliformes.

Quanto aos locais de coleta, ao considerar esta variável associada aos resultados de coliformes totais e *Escherichia coli* juntos, a máquina de gelo foi o local de maior contaminação. Nesse sentido, Hampikan et al. (2017), monitorando a qualidade microbiológica do gelo, da água utilizada na produção do mesmo e as condições higiênicas das máquinas de fabricação, detectaram a presença de coliformes totais em 12,4% (13) das amostras de água, sem detecção de *Escherichia coli* em nenhuma delas, sugerindo que a manutenção, limpeza e desinfecção das máquinas de gelo devem ser realizadas de forma eficaz e periódica. O mesmo pode ter ocorrido para as amostras consideradas neste estudo uma vez que, ao realizar a colheita em alguns dos locais, foram constatadas diversas sujidades. Além disso, o fluxo de utilização do gelo produzido nestes equipamentos costuma ser muito elevado e, com isso, o procedimento utilizado para obtenção do mesmo, normalmente não segue técnicas assépticas, podendo facilmente colaborar para contaminação destas amostras.

Analisando o recorte temporal (2014 a 2017) do estudo, percebe-se que o ano de 2016 apresentou maior número de análises, seguido do ano de 2017; 2015 com 1989 e 2014. Essas variáveis apresentaram-se significativas, com $p=0,000$, quando associados ao número de amostras aprovadas e reprovadas para coliformes totais. No entanto, para o parâmetro *Escherichia coli*, percebe-se que os resultados das análises foram independentes do ano em que as amostras foram colhidas ($p=0,769$).

Analisando as regiões onde as amostras foram colhidas, constata-se que o predomínio foi na mesorregião Metropolitana de Salvador, seguida das demais mesorregiões. Tal fato pode estar associado à localização do Laboratório de Microbiologia de Alimentos, sediado na cidade de Salvador e, desta forma, os municípios mais distantes podem ter encontrado dificuldades com relação ao prazo de 24 horas entre a colheita e análise das amostras.

Ao relacionar os resultados encontrados a partir das análises de coliformes totais e termotolerantes, constatou-se uma concordância moderada entre estes parâmetros, com valor de $k=0,411$ (41,1% de concordância), com $p=0,000$, o que pode ser associado ao fato do grupo dos termotolerantes representar um subgrupo dos coliformes totais e, desta forma, as amostras que apresentaram crescimento para os totais podem ou não terem apresentado os termotolerantes. No entanto, todas aquelas com a presença dos termotolerantes, obviamente apresentaram os coliformes totais. De forma semelhante, ocorreu com a comparação entre os resultados de *Escherichia coli* e os coliformes termotolerantes, onde foi observada uma concordância razoável entre eles, com valor de $k=0,324$ (32,4% de concordância), com $p=0,000$, o que pode estar associado ao fato da *Escherichia coli* pertencer ao grupo dos coliformes termotolerantes e, desta forma, as amostras nas quais detectou-se a presença da *Escherichia coli*, também apresentaram crescimento para os termotolerantes, entretanto nem todas com crescimento de termotolerantes, apresentaram a *Escherichia coli*.

Analisando os dados epidemiológicos relacionados as doenças de veiculação hídrica, especificamente para diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível, além de outras infecções bacterianas, provenientes da cidade de Salvador e região Metropolitana, obtidos por meio do DATASUS, Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (SUS) (BRASIL, 2018), verificou-se as médias de 546,75 internações por ano, com taxa de mortalidade e número de óbitos por mil habitantes de 3,12 e 17, respectivamente, com valor gasto em serviços hospitalares na ordem de R\$ 286.829,00. Tais índices podem estar relacionados com a qualidade microbiológica das amostras de água consideradas neste estudo.

De acordo com Levy, Smith e Carlton (2018), estas enfermidades veiculadas pela água, incluem muitos tipos diferentes de infecções que podem envolver patógenos de vários grupos taxonômicos distintos, como vírus, bactérias, protozoários e ovos de helmintos, que podem ocasionar sintomas que variam desde aqueles semelhantes aos da gripe, até distúrbios neurológicos. Dentre estas patologias, Halder et al. (2018) chamam atenção para a doença diarreica aguda, que possui potencial de aparecer em surtos explosivos, epidemias e até pandemias, permanecendo um enigma em termos de endemicidade já que mais de 27 patógenos podem estar relacionados a sua ocorrência. Dentre estes agentes etiológicos, conforme evidenciado no Manual de Inspeção Sanitária em Abastecimento de Água, da Secretaria de Vigilância em Saúde, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), a *Escherichia coli*, que esteve presente nas amostras deste estudo, possui importância considerável para a saúde, com persistência na água classificada como moderada.

A utilização da água nas mais variadas atividades rotineiras, juntamente com a necessidade fisiológica deste elemento, culminam na sua importância e, conseqüentemente, na necessidade da garantia de sua qualidade e segurança, possuindo os parâmetros microbiológicos como valiosas ferramentas para este controle. Portanto, para evitar a detecção de contaminantes nas amostras, faz-se necessário a adoção de medidas de prevenção como a higienização periódica dos reservatórios de água e dos equipamentos utilizados para o armazenamento parcial da mesma. Além disso, deve existir conscientização na construção civil para evitar, nos novos empreendimentos, a instalação de tubulações com ângulos retos e espaços mortos para, assim, dificultar a formação de biofilmes. Ainda, é importante a utilização de reservatórios de água com material resistente a furos e rachaduras, que podem funcionar como porta de entrada para contaminações externas. Para os casos de construções antigas, com planta e encanamento originais, é necessário a existência de políticas públicas voltadas a modernização dos mesmos. Para todos os casos, a fiscalização por órgãos competentes é de fundamental importância na conscientização da população, com conseqüente adoção de medidas preventivas e manutenção da qualidade da água.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que o sistema de distribuição de água potável, assim como a obtenção da mesma pelas fontes particulares, é suscetível a contaminação por bactérias pertencentes ao grupo coliformes que, além de funcionarem como indicadores da presença de outros microrganismos, podem ser os responsáveis por desencadear doenças que são veiculadas pela água. Tal fato, pode estar diretamente relacionado aos dados epidemiológicos sobre as doenças de veiculação hídrica, especificamente para diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível, além de outras infecções bacterianas, provenientes da mesorregião Metropolitana de Salvador, que evidenciam números consideráveis de internações, óbitos, taxa de mortalidade e gastos com serviços hospitalares, para estes grupos de patologias.

REFERÊNCIAS

- APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington. 10ed. 2012.
- ARIENZO, A.; SOBZE, M. S.; WADOUM, R. E. G.; LOSITO, F.; COLIZZI, V.; ANTONINI, G. Field Application of the Micro Biological Survey Method for a Simple and Effective Assessment of the Microbiological Quality of Water Sources in Developing Countries. **International journal of environmental research and public health**, v. 12, n. 9, p. 10314-10328, 2015.
- ASHBOLT, N. Microbial contamination of drinking water and human health from community water systems. **Current environmental health reports**, v. 2, n. 1, p. 95-106, 2015.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual integrado de vigilância, prevenção e controle de Doenças Transmitidas por Alimentos**. Série A. Normas e Manuais Técnicos. Brasília: Editora MS, 2010.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS**. Sistema de Informações Hospitalares, arquivos reduzidos: manual de preenchimento de Autorização de Internação Hospitalar. Brasília: Ministério da Saúde; 2018.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 28 set.2017.
- BYLUND, J.; TOLIJANDER, J.; LYSÉN, M.; RASTI, N.; ENGQVIST, J.; SIMONSSON, M. Measuring sporadic gastrointestinal illness associated with drinking water—an overview of methodologies. **Journal of water and health**, v. 15, n. 3, p. 321-340, 2017.
- CODY, M. M.; STRETCH, T. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: food and water safety. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 114, n. 11, p. 1819-1829, 2014.
- DISTON, D.; ROBBI, R.; BAUMAGARTHER, A.; FELILEISEN, R. Microbial source tracking in highly vulnerable karst drinking water resources. **Journal of water and health**, v. 16, n. 1, p. 138-149, 2017.
- ERICKSON, J. J.; SMITH, C.D.; GOODRIDGE, A.; NELSON, K. L. Water quality effects of intermittent water supply in Arraiján, Panama. **Water research**, v. 114, p. 338-350, 2017.
- FLORENTIN, A.; LIZON, J.; ASENSIO, E.; FORIM, J.; RIVIER, A. Water and surface microbiologic quality of point-of-use water filters: A comparative study. **American journal of infection control**, v. 44, n. 9, p. 1061-1062, 2016.
- FREITAS, D. G.; SILVA, R.D.R.S.; BATAUS, L. A. M.; BARBOSA, M. S.; BRAGA, C.A.S.B; CARNEIRO, L. C. Bacteriological water quality in school's drinking fountains and detection antibiotic resistance genes. **Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials**, v. 16, n. 1, p. 5, 2017.

GOEL, N. K.; PATHAK, R.; GULATI, S.; SINGH, N.; SINGH, H. Surveillance of bacteriological quality of drinking water in Chandigarh, northern India. **Journal of water and health**, v. 13, n. 3, p. 931-938, 2015.

GÓMEZ-GUTIÉRREZ, A.; MIRALLES, M. J.; CORBELLA, I.; GARCIA, S.; NAVARRO, S.; LIEBARIA, X. La calidad sanitaria del agua de consumo. **Gaceta Sanitaria**, v. 30, p. 63-68, 2016.

GUTIÉRREZ-DEL-RÍO, I.; MARIN, L.; FERNÁNDEZ, J.; SAN MILLÁN, M. A.; FERRERO, F. J.; VALLEDOR, M.; CAMPO, J. C.; COBIÁN, N.; MÉNDEZ, I.; LOMBÓ, F. Development of a biosensor protein bullet as a fluorescent method for fast detection of *Escherichia coli* in drinking water. **PloS one**, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2014.

HALDER, M.; MOOKERJEE, S.; BATABYAL, P.; PALIT, A. Waterborne outbreaks in diarrhoea endemic foci of India: a longitudinal exploration and its implications. **Environmental monitoring and assessment**, v. 190, n. 3, p. 172, 2018.

HAMPIKYAN, H.; BINGOL, E. B.; CETIN, O.; COLAK, H. Microbiological quality of ice and ice machines used in food establishments. **Journal of water and health**, v. 15, n. 3, p. 410-417, 2017.

INVIK, J.; BARKEMA, H.W.; MASSOLO, A.; NEUMANN, N.F.; CHECKLEY, S. Total coliform and *Escherichia coli* contamination in rural well water: analysis for passive surveillance. **Journal of water and health**, v. 15, n. 5, p. 729-740, 2017.

LEVY, K.; SMITH, S. M.; CARLTON, E. J. Climate Change Impacts on Waterborne Diseases: Moving Toward Designing Interventions. **Current environmental health reports**, v. 5, n. 2, p. 272-282, 2018.

LIU, G.; ZHANG, Y.; MARK, E.; MAGIC-KNEZEVA, A.; PINTO, A.; VAN DEN BOGERT, B.; LIU, W.; MEER, W.V.; MEDEMA, G. Assessing the origin of bacteria in tap water and distribution system in an unchlorinated drinking water system by SourceTracker using microbial community fingerprints. **Water research**, v. 138, p. 86-96, 2018.

MELLO, C. N.; RESENDE, J. C.P. Análise microbiológica da água dos bebedouros da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais campus Betim. **Sinapse Múltipla**, v. 4, n. 1, p. 16-28, 2015.

MOREIRA, N. A.; BONDELIND, M. Safe drinking water and waterborne outbreaks. **Journal of water and health**, v. 15, n. 1, p. 83-96, 2016.

MULAMATTATHIL, S. G.; BEZUIDENHOUT, C.; MBEWE, M. Analysis of physico-chemical and bacteriological quality of drinking water in Mafikeng, South Africa. **Journal of water and health**, v. 13, n. 4, p. 1143-1152, 2015.

MURRAY, A. L.; PELETZ, R.; KHUSH, R. S.; LANTAGNE, D.S. The effect of sodium thiosulfate dechlorination on fecal indicator bacteria enumeration: laboratory and field data. **Journal of water and health**, v. 16, n. 1, p. 70-77, 2017.

NUNES, M. M.; DE ALENCAR MOTA, A. L. A.; CALDAS, E. D. Investigation of food and water microbiological conditions and foodborne disease outbreaks in the Federal District, Brazil. **Food control**, v. 34, n. 1, p. 235-240, 2013.

OLUKA, S.; STEIGEN, A. L.; RANDHIR, T. O. Managing coliform contamination and chlorine by-products in urban water supply system in Uganda. **Sustainability of water quality and ecology**, v. 1, p. 59-67, 2013.

OMAROVA, A.; TUSSUPOVA, K.; BERNDTSSOM, R.; KALISHEU, M.; SHARAPATOVA, K. Protozoan Parasites in Drinking Water: A System Approach for Improved Water, Sanitation and Hygiene in Developing Countries. **International journal of environmental research and public health**, v. 15, n. 3, p. 1-18, 2018.

SAXENA, G.; BHAROGAVA, R. N.; KATIHWAS, F.; RAJ, A. Microbial indicators, pathogens and methods for their monitoring in water environment. **Journal of water and health**, v. 13, n. 2, p. 319-339, 2015.

SCOTT, E. E.; LEH, M. DK; HAGGARD, B. E. Spatiotemporal variation of bacterial water quality and the relationship with pasture land cover. **Journal of water and health**, v. 15, n. 6, p. 839-848, 2017.

TEIXEIRA, M. G.; COSTA, M. C. N.; CARVALHO, V. L. P; PEREIRA, M. S.; HAGE, E. Epidemia de gastroenterite na área da barragem de Itaparica, Bahia. **Bol of sanit panan**, v. 114, n. 6, p. 502-512, 1993.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Water**. World Health Organization, 2017. Disponível em: < <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/> > Acesso em: 12 de out.2017

VERGINE, P.; SALERNO, C.; BERARDI, G.; POLICE, A. Identification of the faecal indicator *Escherichia coli* in wastewater through the β -D-glucuronidase activity: comparison between two enumeration methods, membrane filtration with TBX agar, and Colilert®-18. **Journal of water and health**, v. 15, n. 2, p. 209-217, 2017.

VOLKER, S.; SCHREIBER, C.; KISTEMANN, T. Drinking water quality in household supply infrastructure a survey of the current situation in Germany. **International journal of hygiene and environmental health**, v. 213, n. 3, p. 204-209, 2010.