

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO DE HIGIENE VETERINÁRIA E PROCESSAMENTO
TECNOLÓGICO DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL

GABRIEL DOS SANTOS ALMEIDA

QUALIDADE DA ÁGUA DAS FONTES DE ABASTECIMENTO E DE
ESTABELECIMENTOS DE MANIPULAÇÃO DE ALIMENTOS NO MUNICÍPIO DE
AREAL-RJ

NITERÓI
2011

GABRIEL DOS SANTOS ALMEIDA

QUALIDADE DA ÁGUA DAS FONTES DE ABASTECIMENTO E DE
ESTABELECIMENTOS DE MANIPULAÇÃO DE ALIMENTOS NO MUNICÍPIO DE
AREAL-RJ

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração de Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal da Universidade Federal Fluminense.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. VIRGINIA LÉO DE ALMEIDA PEREIRA – MSV/UFF.

Co-orientador: Prof. Dr. ELMIRO ROSENDO DO NASCIMENTO – MSV/UFF.

Niterói
2011

GABRIEL DOS SANTOS ALMEIDA

QUALIDADE DA ÁGUA DAS FONTES DE ABASTECIMENTO E DE
ESTABELECIMENTOS DE MANIPULAÇÃO DE ALIMENTOS NO MUNICÍPIO DE
AREAL-RJ

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração de Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal da Universidade Federal Fluminense.

Aprovada em

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. VIRGINIA LÉO DE ALMEIDA PEREIRA – Orientadora
MSV/UFF

Prof. Dr. ELMIRO ROSENDO DO NASCIMENTO – Co-orientador
MSV/UFF

Prof^a. Dr^a. NILCE MARIA SOARES
UPD/BASTOS/INSTITUTO BIOLÓGICO - SP

Niterói

2011

Aos meus pais Cleber Domingues de Almeida e Marta Susana dos Santos, que além de todo amor e carinho dado, acreditaram em mim e mostraram que com fé eu sou capaz de conseguir tudo o que almejo na vida.

À minha tia e madrinha Lucia Helena dos Santos Cruz, que sempre demonstrou o amor que sente por mim, me incentivando a continuar neste caminho.

AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre presente na minha vida.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Virginia Léo de Almeida Pereira, por tudo que me ensinou, e por todo incentivo dado durante este período.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Elmiro Rosendo do Nascimento pela ajuda no delineamento experimental e análises estatísticas.

À Prof^a. Dr^a Dayse Lima da Costa Abreu por todo auxílio e disponibilidade.

À Prefeitura Municipal de Areal e Equipe de Vigilância Sanitária e Ambiental que possibilitou que este trabalho fosse realizado.

À amizade e toda ajuda recebida da Coordenadora Silvia Magrani Vieira.

À minha irmã Jéssica dos Santos Almeida, por me divertir a todo tempo.

À minha prima Camila Garibaldi dos Santos Cruz por ser inspiração para a persistência nos estudos.

À minha avó Josefa Jaurina por me criar com amor.

A todos os meus familiares por fazerem parte da minha vida.

Aos amigos de graduação feitos para toda a vida: Suzana Felix, Janaína Rei, Simone Monteiro, Rodrigo Lee e Hugo Costa, por me apoiarem.

Às amigas Janice Silva e Patrícia Araújo que sempre me deram apoio e incentivo.

Aos amigos do Laboratório de Ornitoptologia: Raquel Gouvêa, Liana Ogino, Lídia Marques, Leandro Machado e Prof^a. Dr^a. Juliana Almeida pelo companheirismo. A Felipe Faccini por me ajudar na confecção da dissertação.

RESUMO

As doenças provocadas por microrganismos patogênicos, presentes na água e alimentos constituem um problema comum de saúde pública no Brasil. Assim, a baixa qualidade da água representa grande ameaça para a saúde humana. O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água das fontes de abastecimento e de estabelecimentos de manipulação de alimentos no município de Areal – RJ. As amostras foram coletadas em dois períodos do ano de dez fontes de abastecimento e 63 estabelecimentos de manipulação de alimentos. Foi realizada a determinação de pH e Cloro Residual Livre (CRL) e verificada a presença de Coliformes Totais e *Escherichia coli* nas amostras de água. Os valores de pH observados apresentaram-se de acordo com a legislação vigente em 100% (146/146) das amostras dos estabelecimentos estudados, nos dois períodos do ano. O risco das amostras de água colhidas nas fontes de abastecimento apresentarem Coliformes Totais e *Escherichia coli*, foi maior no período de primavera/verão do que no de outono/inverno ($p < 0,05$; Odds Ratio = 21,000; 95% IC = 0,9708 a 454,26). O risco das amostras de água colhidas nos estabelecimentos de manipulação de alimentos apresentarem Coliformes Totais foi maior no período de primavera/verão ($p < 0,05$; Odds Ratio = 2,846; 95% IC = 1,341 a 6,039). Também nestas amostras, em relação à cloração, não houve diferença significativa da presença de Coliformes Totais, apesar das amostras de água clorada apresentarem menor número de resultados insatisfatórios. Houve maior risco da presença de *Escherichia coli* nas amostras de água não clorada ($p < 0,05$; Odds Ratio = 85,982; 95% IC = 4,965 a 1489,0). As amostras de água clorada apresentaram melhor qualidade microbiológica devido à ausência de *Escherichia coli* nos dois períodos. O maior percentual de amostras de água não clorada contaminadas com Coliformes Totais e *Escherichia coli* ocorreu no período de primavera/verão, denotando necessidade de maior atenção neste período.

Palavras-chave: água; coliformes, cloro, pH.

ABSTRACT

Diseases caused by pathogenic microorganisms present in water and food are a common public health problem in Brazil. Thus, low quality of water represents a major threat to human health. The present study aimed to evaluate the quality of water from supply sources and food-handling establishments in the city of Areal - RJ. Samples were collected in two periods from ten supply sources and 63 food-handling establishments. It was done the determination of pH and Free Residual Chlorine (FRC) and it was verified the presence of Total Coliforms and *Escherichia coli* in the water samples. The pH values observed were in accordance with current legislation, in 100% (146/146) of samples from the establishments studied, in two periods of the year. The risk of water samples from supply sources to present Total Coliforms and *Escherichia coli*, was higher in the spring/summer than in autumn/winter ($p < 0,05$; Odds Ratio = 21,000; 95% CI = 0,9708 to 454,26). The risk of water samples collected in food handling establishments, Total Coliforms present, was higher in the spring/summer ($p < 0.05$; Odds Ratio = 2,846; 95% CI = 1,341 to 6,039). Also, compared to chlorination in these samples, no significant difference was verified regarding the presence of total coliforms, despite the chlorinated water samples had fewer unsatisfactory results. There was a higher risk to the presence of *Escherichia coli* in non-chlorinated water samples ($p < 0.05$; Odds Ratio = 85,982; 95% CI = 4,965 to 1489,0). The chlorinated water samples had better microbiological quality due to the absence of *Escherichia coli* in both periods. The highest percentage of non-chlorinated water samples contaminated with total coliforms and *Escherichia coli* occurred in the spring/summer, showing need for greater attention in this period.

Keywords: water, coliforms, chlorine, pH.

SUMÁRIO

RESUMO, p. 5

ABSTRACT, p. 6

LISTA DE ILUSTRAÇÕES, p. 9

1 INTRODUÇÃO, p. 10

2 REVISÃO DE LITERATURA, p. 13

2.1 A ÁGUA, p. 13

2.1.1 A importância da utilização da água potável para saúde pública, p. 15

2.1.2 Doenças veiculadas por agentes etiológicos presentes na água e nos alimentos, p. 17

2.1.2.1 Principais agentes etiológicos, p. 19

2.1.2.2 Panorama dos surtos alimentares no Brasil, p. 27

2.1.3 Sistema de abastecimento público e tratamento da água, p. 28

2.1.4 Soluções Alternativas Coletivas, p. 33

2.1.5 Água para consumo e utilização em estabelecimentos de produção e preparo de alimentos, p. 35

2.1.6 Controle de qualidade de água, p. 36

2.1.7 Características físico-químicas, p. 39

2.1.7.1 Importância do teor de cloro e pH, p. 40

2.1.8 Características microbiológicas, p. 43

2.1.8.1 Coliformes, p. 44

2.2 EFEITOS CLIMÁTICOS NO BRASIL, p. 46

2.3 O MUNICÍPIO DE AREAL, p. 47

3 MATERIAL E MÉTODOS, p. 50

3.1 MATERIAL DE CONSUMO, p. 50

3.2 MÉTODOS, p. 50

3.2.1 Delineamento experimental e coleta de amostras, p. 50

3.2.2 Identificação das amostras, p. 53

3.2.3 Transporte, p. 53

3.2.4 Análises de pH e teor de cloro, p. 54

3.2.5 Análises microbiológicas, p. 55

3.2.6 Avaliação estatística, p. 56

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO, p. 57

5 CONCLUSÕES, p. 63

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS, p. 64

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 Minas públicas dos bairros de Alberto Torres (A) e Delícia (B). Areal, RJ. 14 de dezembro de 2010, p. 51
- Figura 2 Minas públicas dos bairros de Amazonas (A) e São Lourenço (B). Areal, RJ. 14 de dezembro de 2010, p. 52
- Figura 3 Coleta de amostra na torneira da cozinha de estabelecimento de manipulação de alimento. Areal, RJ. 14 de dezembro de 2010, p. 52
- Figura 4 Amostras de água acondicionadas e identificadas para o transporte ao laboratório. Areal, RJ. 14 de dezembro de 2010, p. 54
- Figura 5 Mensuração de CRL e pH durante a coleta de amostra na torneira da cozinha de estabelecimento de manipulação de alimento. Areal, RJ. 14 de dezembro de 2010, p. 55
- Quadro 1 Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano, p. 56
- Tabela 1 Proporção dos resultados satisfatórios e insatisfatórios para análise de água em fontes de abastecimento em Areal, Rio de Janeiro, em dois períodos do ano, p. 59
- Tabela 2 Proporção dos resultados satisfatórios e insatisfatórios para análise de água em estabelecimentos de manipulação de alimentos em Areal, Rio de Janeiro, em dois períodos do ano, p. 61

1 INTRODUÇÃO

A água é o componente mais abundante nos organismos vivos, sendo um solvente universal, podendo atuar também como meio de transporte de diversas substâncias em escoamento superficial e subterrâneo (LIBÂNIO, 2005). Entretanto, como faz parte da alimentação humana, pode representar uma importante fonte de transmissão de doenças. Quando não recebe tratamento, muitos microrganismos patogênicos podem ser veiculados pela sua ingestão, além de contaminar alimentos. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006a). A contaminação da água pode ser originária do solo ou da microbiota gastrointestinal dos animais (JAY, 2005).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (2003), a baixa qualidade da água é uma grande ameaça para a saúde humana. Os índices de doenças, cuja transmissão é atribuída à água e o alto índice de internações hospitalares decorrentes destas doenças poderia ser reduzido, caso houvesse um adequado saneamento básico e conscientização da população em relação à preservação das águas superficiais e subterrâneas de forma a disponibilizar água com qualidade em todos os municípios (MACÊDO, 2007).

O sistema de abastecimento de água capta, condiciona, transporta, acumula e distribui aos consumidores a água que se encontra nos principais mananciais, em quantidade e qualidade adequadas (QUÍMICA AMBIENTAL, 2008). Para atender às variações de consumo na rede de distribuição e proporcionar a continuidade no abastecimento da população, em caso de paralisação da produção, a água utilizada para o consumo humano é armazenada utilizando-se depósitos de água conhecidos como reservatórios (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006c). Além da poluição direta das fontes de água bruta, os sistemas de distribuição e os reservatórios que estão em condições impróprias, também podem ser responsáveis pela transmissão de

microrganismos patogênicos ao homem (HAVELAAR, 1994; KOTTWITZ e GUIMARÃES, 2003).

Para consumo humano, a água deve ser de boa qualidade e, geralmente, é oriunda do abastecimento municipal. Os padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano devem ser obedecidos para procedimentos de produção e processamento dos alimentos (BARUFFALDI e OLIVEIRA, 1998). O controle de qualidade da água para consumo humano é realizado através da vigilância sanitária e ambiental que têm como objetivo avaliar se a água consumida pela população atende aos padrões da legislação vigente e não representa risco para a saúde pública (BRASIL, 2004a).

Apenas o tratamento da água não garante a manutenção da condição de potabilidade, pois sua qualidade pode diminuir entre o tratamento, a reservação, a distribuição e o consumo. Também é importante ressaltar que algumas substâncias, como: metais pesados e agrotóxicos e alguns microrganismos patogênicos, como: helmintos e protozoários, não são efetivamente removidos em processos convencionais de tratamento (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006c). Barcellos e colaboradores (2006) afirmam que há desconhecimento e despreparo nas práticas higiênico-sanitárias, além da falta de preocupação com a qualidade da água consumida, que se baseia principalmente nas características físicas e sensoriais.

Através da avaliação da qualidade da água tratada, é possível controlar a eficiência dos processos que estão sendo empregados. Ao se avaliar esta qualidade na entrada de um sistema de distribuição, é possível detectar inicialmente algum comprometimento da água após o seu tratamento (BRASIL, 2006b). Verifica-se também a importância em analisar a qualidade microbiológica da água utilizada no ponto de uso, pois hoje em dia muitos alimentos são comercializados, e são preocupantes as condições higiênico-sanitárias nas quais eles são produzidos, podendo constituir foco de disseminação de agentes etiológicos de veiculação alimentar e hídrica (LOPES, CRESTO e CARRARO, 2006).

Este estudo apresentou como objetivo avaliar a qualidade da água utilizada no abastecimento e no uso em estabelecimentos de manipulação de alimentos no município de Areal – RJ em relação à colimetria, teor de cloro e pH. O município de Areal está localizado na região centro-sul fluminense do Estado do Rio de Janeiro e possui uma população com cerca de 11.423 habitantes. O Rio Preto é a principal fonte de água destinada ao abastecimento da população e o Serviço Autônomo de

água e Esgoto de Areal (SAAESA) é responsável pela captação, tratamento e distribuição desta água.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A ÁGUA

A água encontra-se presente em aproximadamente 75% da superfície terrestre. Do total deste percentual, 97% corresponde às coleções de água salgada, restando apenas 3% de água doce existente. Da quantidade de água doce disponível, 99% encontra-se no subsolo ou fazendo parte de geleiras, estando o restante na forma de lagos, umidade do solo, atmosfera, reservatórios e cursos d'água (LIBÂNIO, 2005).

O Brasil possui ampla reserva hídrica, respondendo por cerca de 16 % da recarga hídrica anual sobre os continentes, satisfazendo as necessidades de utilização da água nos setores da agricultura, doméstico e industrial, sendo a agricultura o setor de maior consumo (71%). Porém, a distribuição da água em relação à população das regiões existentes não é uniforme, havendo maior gravidade nas regiões sul e sudeste onde ocorrem fortes impactos devido ao lançamento de dejetos domésticos e industriais (LIBÂNIO, 2005; LIBÂNIO, CHERNICHARO e NASCIMENTO, 2005; FAO, 2011a).

A “Lei da Água”, fundada em 1934, é a base fundamental para a legislação brasileira sobre as águas. Ela assegura o uso gratuito de recurso hídrico para as necessidades vitais, atentando-se para as normas administrativas. Porém, há necessidade de uma atualização para ser adaptada à Constituição Federal de 1988. Esta última, define as águas controladas pelo Estado, dificultando a gestão eficaz de alguns rios importantes do país. A Lei Federal de 1997 estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos e afirma que a água é um bem público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. Em situações de escassez o uso prioritário da água é para o consumo humano e animal. A gestão dos recursos

hídricos deve sempre garantir o uso múltiplo das águas e ser descentralizada e participativa. Os Estados devem aprovar e estabelecer legislação complementar para garantir que a gestão dos recursos hídricos seja adequada para as características locais e fazer cumprir as diretrizes nacionais (FAO, 2011a).

A fonte primária de água é a atmosfera, com suas precipitações. Quando atinge o solo a água é uma verdadeira solução, de composição variável de acordo com as substâncias com as quais entrou em contato e a maneira como esta ocorreu. Estas fontes de água são conhecidas como: meteorítica, superficial, subterrânea e de nascentes. A água meteorítica provém da chuva, neve, granizo ou do degelo. Esta apresenta os mais baixos teores salinos por conterem, dissolvidas ou em suspensão, apenas substâncias recolhidas durante sua passagem através da atmosfera e praticamente nenhuma microbiota. A água meteorítica atinge o solo sob as formas líquida ou sólida e em mínima parte diretamente por condensação. Uma parte retorna para a atmosfera através da evaporação; outra parte escoando constituindo a água superficial. A água superficial é aquela que escoa nos leitos das coleções, incluindo toda a água continental, em movimento ou parada, presente na superfície da terra (mares, lagos, lagoas, geleiras e bacias). O percentual restante é absorvido pelo solo, sendo recolhido em bolsas subterrâneas particulares e formando os lençóis que se distinguem em freático e artesianos, constituindo a água subterrânea. Esta água pode ser captada por poços rasos e profundos (BARUFFALDI e OLIVEIRA, 1998; BARCELLOS et al., 2006). A água subterrânea pode aflorar naturalmente produzindo um escoamento superficial, denominado nascente, mina ou fonte (MINÇON FILHO, 2007).

A captação de água para atender as diferentes necessidades, seja para o uso doméstico ou para usos industriais, difere em função da região. Nas regiões rurais, onde a densidade populacional é pequena, toda a captação pode ocorrer através de perfuração de poços ou armazenamento da água da chuva em cisternas. Nas regiões urbanas a população é maior, sendo necessário recorrer a outras fontes de captação como: lagos, rios, represas, etc. A utilização dessas águas em grandes quantidades propicia a contaminação e poluição dos mananciais locais, através do lançamento dos dejetos, tornando-a inadequada ao consumo humano. Assim o sistema de abastecimento de água torna-se importante e deve ser encarado sob o aspecto sanitário e econômico, pois visa qualidade e quantidade, estando relacionado às características do manancial (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006c).

2.1.1 A importância da utilização da água potável para saúde pública

De acordo com a Lei nº 8.080 de 19 de Setembro de 1990 (BRASIL, 1990), a saúde é um direito fundamental do ser humano, devendo o Estado prover as condições indispensáveis ao seu pleno exercício. Este dever do Estado na garantia da saúde consiste em formular e executar políticas econômicas e sociais que promovam a redução dos riscos de doenças e outros agravos, e estabelecer condições que garantam o acesso universal e igualitário às ações e serviços de promoção, proteção e recuperação. É importante saber que a alimentação e o saneamento básico estão dentre os fatores determinantes e condicionantes da saúde. Para evitar os agravos é importante a realização da inspeção e fiscalização de água e outros alimentos destinados ao consumo humano. Estes procedimentos são realizados através da vigilância sanitária que é definida como um conjunto de ações capazes de eliminar, diminuir ou prevenir os riscos à saúde, além de intervir nos problemas sanitários decorrentes do meio ambiente, da produção e circulação de bens e da prestação de serviços de interesse à saúde.

As doenças provocadas por microrganismos patogênicos, presentes na água e alimentos constituem um problema comum de saúde pública no Brasil (SOUSA, 2006). Assim, uma baixa qualidade da água representa grande ameaça para a saúde humana, e o abastecimento de fontes inseguras e um inadequado saneamento e higiene, afetam principalmente crianças de países em desenvolvimento (OMS, 2010a).

Devido às condições precárias de higiene, Gerolamo e Penna (1999) ao realizarem no período de abril de 1991 a abril de 1994, um estudo sobre a situação da cólera em nosso país, observaram que o agente causador da doença foi encontrado em todas as regiões, havendo principalmente picos nos anos de 1992, 1993 e 1994 na região nordeste, ocorrendo nos meses de outubro a janeiro. Foi possível então perceber uma sazonalidade da doença, porém, as regiões com melhores condições socioeconômicas da população foram menos acometidas.

No Haiti, após a devastação provocada por um terremoto no início do ano de 2010, a superpopulação, a ausência de saneamento e a falta de acesso à água potável foram fatores predisponentes para um surto de cólera que afetou a população. Até o dia primeiro de janeiro de 2011, 171.304 pessoas já haviam se contaminado, havendo um registro de 3.651 mortes. Deste total de casos, 95.039

peças foram hospitalizadas, e 10% dos casos ocorreram crianças menores de cinco anos, sendo importante uma intervenção nutricional somada às medidas básicas para o controle da enfermidade. Alguns problemas contribuintes para o agravamento desta situação foram a falta de saneamento e água potável, pouca aceitação da comunidade aos centros de tratamento, inacessibilidade nas zonas rurais e manejo de cadáveres. Para controlar esta epidemia foi necessária uma intervenção massiva para melhorias na qualidade da água, saneamento e higiene, além de maior mobilização social. Realizou-se a distribuição de cloro granulado para tratamento da água, além de soros para a re-hidratação de pacientes com diarreia. Diversos órgãos internacionais em parceria com o governo local contribuíram para o combate à doença através de instalações de postos de re-hidratação oral, visitas em domicílio, atividades de desinfecção, funcionamento em horário integral de centros de saúde, fornecimento de água potável e distribuição de produtos de higiene pessoal. Nos estabelecimentos de saúde foi realizada a vigilância da qualidade das atividades médicas e da situação da água, saneamento e higiene (OMS, 2010b; OMS, 2011a).

Outro exemplo de risco da contaminação da água destinada ao consumo humano ocorreu em abril de 2011, na Central Nuclear I de Fukushima, localizada no Japão, onde houve um vazamento de radiação ionizante determinando um fator de risco a toda população residente das proximidades. O material radioativo pode ser carregado pelo ar, chuva ou neve, depositando-se na superfície de frutas, verduras e outros alimentos. Além disso, com o tempo a radioatividade pode passar do solo para os alimentos e animais se acumulando no interior destes. Esta radioatividade pode ainda ser carregada pelos rios, lagos e mares contaminando peixes e mariscos. Com isso, os alimentos de diversas origens podem afetar a saúde dos consumidores devido a essa exposição. Durante estes episódios foi confirmada a presença de radioatividade em algumas verduras e no leite. Alguns resultados iniciais do controle que foi realizado indicaram a presença de iodo radioativo em concentrações superiores às estabelecidas pelas autoridades japonesas, além da detecção de césio radioativo. Portanto, as autoridades japonesas estabeleceram um sistema de vigilância dos produtos alimentares com o intuito de restringir a venda e o consumo de alimentos contaminados. Em relação ao consumo direto de água, não há presença de um risco imediato, e os métodos comuns de tratamento da água podem eliminar quantidades consideráveis de contaminantes radioativos, e como outra

opção, pode ser realizada a diluição da água contaminada em água comum. Porém, o iodo radioativo não é destruído através da fervura. A exposição a altas doses de radiação pode aumentar o risco de câncer, e o iodo radioativo pode ser inalado ou ingerido se acumulando na glândula tireóide aumentando o risco de câncer da mesma, sendo mais elevado em jovens (OMS, 2011b).

De acordo com a obra de Macêdo (2007), caso houvesse um adequado saneamento básico e conscientização da população em relação à preservação das águas superficiais e subterrâneas de forma a disponibilizar água com qualidade, seria possível diminuir muitas das doenças atribuídas à água e o alto índice de internações hospitalares.

2.1.2 Doenças veiculadas por agentes etiológicos presentes na água e nos alimentos

Diversos fatores e condições podem ser determinantes da ocorrência de doenças ou manutenção da saúde. E, qualquer dano ou agravo à saúde estudado em termos de população constitui um objeto de estudo epidemiológico. A epidemiologia pode ser aplicada para descrever as condições de saúde da população, investigar os fatores determinantes da situação de saúde, e avaliar o impacto das ações para alterar a situação de saúde. As Ciências Sociais preconizam os fatores biológicos e ambientais como determinantes da doença. Segundo Hipócrates, que era um médico grego da Antiguidade Clássica, as doenças eram resultantes da relação entre o indivíduo e o ambiente ao seu redor. Porém, até a segunda metade do século XIX surgiram outras explicações para o aparecimento das doenças, como a Teoria dos Miasmas que era baseada na má qualidade do ar proveniente de emanções oriundas de animais e plantas em processo de decomposição, ocasionando as enfermidades. Ainda neste mesmo século, no ano de 1750, quando se deu a Revolução Industrial na Inglaterra, grande parte da população migrou do campo para as cidades em busca de emprego, ocasionando graves problemas por condições precárias de higiene, surgindo assim as epidemias de cólera e febre tifóide, por exemplo. Posteriormente por volta dos anos de 1849 a 1854, o pesquisador John Snow investigou a ocorrência de epidemias de cólera que estavam ocorrendo em Londres, conseguindo incriminar o consumo de água poluída como responsável por estes episódios. Esta incriminação foi possível através da

observação da fonte de suprimento de água de cada domicílio onde era registrado caso fatal de cólera. Assim, foi consolidado o estudo da “epidemiologia de campo”, sendo possível ainda preconizar a prevenção e o controle de novos surtos (PEREIRA, 1995).

Na primeira metade do século XX, ocorreu forte influência da microbiologia, sendo comprovado que seres microscópicos eram os principais responsáveis pela ocorrência de diversas doenças. Com esta descoberta, começou a haver uma consolidação na prevenção de algumas enfermidades através da identificação dos agentes etiológicos e dos meios para o seu combate, utilizando-se imunizações e a promoção do saneamento ambiental (PEREIRA, 1995).

Como os microrganismos podem ser encontrados no ambiente (água, solo, ar) e no conteúdo gastrointestinal do homem e de outros seres vivos, qualquer alimento de origem animal ou vegetal, in natura ou industrializado, pode ser contaminado e causar diversos distúrbios fisiológicos aos seus consumidores (MACÊDO, 1997; JAY, 2005; SOUSA, 2006). Os distúrbios são gerados por alimentos que parecem normais, possuindo odor e sabor normais (FORSYTHE, 2002). A água de consumo também pode ser contaminada pela ação do vento e da água da chuva, ou ainda quando ocorre a poluição com águas de esgoto, onde pode ser encontrada a maioria das enterobactérias, inclusive algumas patogênicas (MACÊDO, 1997; JAY, 2005; SOUSA, 2006). Diversas enfermidades ocorrem pela presença de bactérias, vírus, protozoários, helmintos, fungos, substâncias químicas, etc., decorrentes do preparo inadequado dos alimentos e/ou má higiene pessoal, caracterizando assim no indivíduo que ingere a água ou alimento contaminado, um quadro sintomatológico envolvendo geralmente: vômitos, diarreia, febre e dores abdominais. As doenças veiculadas por agentes etiológicos presentes na água ou alimentos podem ocorrer pela presença de microrganismos que se multiplicam no trato intestinal, que são conhecidos como infecciosos, ou ainda pelos agentes patogênicos produtores de toxinas, chamados de intoxicantes (MACÊDO, 2007; RIO DE JANEIRO, 2011; SOUSA, 2006).

Cerca de 15 a 20% das crianças em seus primeiros anos de vida, pelo contato com estes patógenos ou suas toxinas, adquirem diarreia (KOSEK, BERN e GUERRANT, 2003).

2.1.2.1 Principais agentes etiológicos

A presença de microrganismos veiculados por alimentos e causadores de doenças, pode ocorrer a partir da contaminação por fezes, mãos de manipuladores de alimentos com hábitos de higiene precários, animais sinantrópicos e pela água. A rota fecal-oral é a principal para as viroses alimentares, os protozoários e as bactérias enteropatogênicas. É importante lembrar que um patógeno intestinal deve superar alguns obstáculos para causar a doença de origem alimentar, sendo eles: sobrevivência à passagem pelo estômago; colonização das paredes intestinais para posterior multiplicação; capacidade de defesa contra os mecanismos do hospedeiro; poder de competição com a microbiota intestinal; e após a adesão à parede intestinal os microrganismos devem ser capazes de produzir toxinas ou atravessar o epitélio e penetrar em outras células (JAY, 2005).

Fatores predisponentes que permitem colonização e tornam os animais susceptíveis ao desenvolvimento de doença clínica, incluem idade, estado imunológico, natureza da dieta e grande exposição a linhagens patogênicas (QUINN et al., 2005).

Os microrganismos causadores destas doenças podem ser classificados em: infecciosos ou intoxicantes. Os agentes infecciosos se multiplicam no trato intestinal e causam a patogenia. Os agentes intoxicantes são responsáveis pela produção de toxinas prejudiciais ao organismo, tanto na passagem pelo trato intestinal, quanto no próprio alimento (FORSYTHE, 2002).

Uma série de agentes pode causar as enfermidades de veiculação alimentar e hídrica, e o período de incubação e a duração de cada doença são bem variáveis (MACÊDO, 2007). Segundo o Ministério da Saúde (2011), os patógenos que possuem relevante importância no Brasil e são investigados em casos de surtos, são: *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Campylobacter* spp., *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*, *Shigella* spp., *Vibrio cholerae* O1, *Vibrio parahaemolyticus*, *Cryptosporidium* spp., Rotavírus, Norovírus, Vírus da Hepatite A, *Enterobacter* spp., *Toxoplasma gondii*, *Giardia* spp. e *Trypanosoma cruzi*.

- *Salmonella* spp.

São bastonetes curtos, gram-negativos, anaeróbios facultativos, não esporulados, pertencentes à Família *Enterobacteriaceae*. A temperatura ótima de crescimento é de 38°C. São termossensíveis, sendo destruídas a 60° C durante aproximadamente 20 minutos. A *Salmonella* Enteritidis é a principal espécie causadora de distúrbios, em vários países. A transmissão ocorre por práticas inadequadas de conservação e preparo dos alimentos, permitindo que após a ingestão a bactéria alcance o lúmen intestinal, penetre e se multiplique nos enterócitos, causando os sintomas típicos de uma infecção por microrganismo presente no alimento, como: diarreia, náuseas, dor abdominal, febre, vômitos e fraqueza. Durante este período, o portador eliminará o patógeno nas fezes, podendo ocorrer a rota fecal-oral através da contaminação de alimentos e bebidas pelo manipulador contaminado. A enfermidade é autolimitante e pode durar até uma semana, com picos de casos ocorrendo no verão. A *Salmonella* Typhi e *Salmonella* Paratyphi são causadoras da febre tifóide em humanos, na qual o microrganismo se propaga através dos macrófagos, para diversos órgãos, causando: febre alta, letargia, cefaléia, anorexia, câimbras abdominais, podendo haver erupções cutâneas. Nos últimos anos têm ocorrido uma maior preocupação com o surgimento de sorotipos resistentes aos antimicrobianos (FORSYTHE, 2002; MACÊDO, 2007).

- *Staphylococcus aureus*

O *Staphylococcus aureus* é um coco gram-positivo geralmente agrupado em cachos, anaeróbio facultativo, podendo ser encontrado no ar, água, esgoto, alimentos, superfícies e utensílios. O homem e os animais saudáveis apresentam a bactéria nas vias nasais, garganta, pêlos e pele, sendo uma importante fonte de contaminação dos alimentos. Algumas linhagens deste microrganismo causam intoxicações alimentares por produzirem enterotoxinas que estimulam a produção de citocinas. Estas toxinas são altamente termoestáveis, resistentes à cocção, e se acumulam nos alimentos que ao serem ingeridos, causam: náuseas, vômitos e dores abdominais. A doença pode durar de dois a três dias (FORSYTHE, 2002; MACÊDO, 2007).

- *Bacillus cereus*

É um bastonete gram-positivo, aeróbio facultativo e esporulado. Os seus esporos encontram-se no solo, vegetais, água fresca e pêlos de animais contaminando diversos alimentos e sobrevivem a muitos processos de cocção, mas tendo o seu crescimento inibido no armazenamento abaixo de 10°C. A bactéria produz dois tipos de toxinas, a diarréica durante o seu crescimento no intestino delgado, e a emética que é pré-formada em alimentos. Com isso, provoca a síndrome emética e diarréica, que são autolimitantes com recuperação em 24 horas. A síndrome emética é caracterizada por principalmente por náuseas e vômitos, enquanto que a diarréica se dá principalmente por diarréia aquosa, dores abdominais e náuseas. O controle pode ocorrer através da adequada estocagem dos alimentos (FORSYTHE, 2002; MACÊDO, 2007).

- *Escherichia coli*

Muitas linhagens de *Escherichia coli* são de baixa virulência, mas podem causar infecções oportunistas em localização extra-intestinal, como glândula mamária e trato urinário. Linhagens patogênicas de *Escherichia coli* possuem fatores de virulência que permitem a colonização das superfícies mucosas e a subsequente produção de doença, sendo tipificadas sorologicamente da mesma forma que outras bactérias da família *Enterobacteriaceae*, existindo cerca de 200 sorotipos e 30 grupos antigênicos. Os grupos de *Escherichia coli* reconhecidamente virulentos são: Enterotoxigênica (ETEC), Enteropatogênica (EPEC), Entero-hemorrágica (EHEC), Enteroagregativa (EAaggEC), Enteroinvasiva (EIEC) e Difusamente Adesiva (DAEC) (FORSYTHE, 2002; JAY, 2005; QUINN et al., 2005; MACÊDO, 2007).

A ETEC coloniza o intestino delgado, sendo causadora de febre baixa e uma diarréia aquosa, conhecida como “diarréia dos viajantes”, com aparência semelhante à água de arroz. A EPEC coloniza as microvilosidades intestinais ocasionando o desaparecimento de suas bordas e promovendo sintomas como: vômitos, febre e diarréia com muco. Causa diarréia aquosa em crianças. A EHEC causa uma diarréia sanguinolenta, colite hemorrágica, síndrome urêmica hemolítica e púrpura trombocitopênica. O sorotipo O157:H7, e a forma Verotoxigênica (VTEC) fazem

parte deste grupo. A EAggEC promove uma diarreia aquosa persistente pela adesão à mucosa intestinal e liberação de enterotoxinas e citotoxinas, principalmente em crianças. A EIEC é responsável por causar febre e diarreia profusa com muco e sangue. O patógeno contém um plasmídeo que confere a invasividade. A DAEC tem sido associada também com diarreias (FORSYTHE, 2002; MACÊDO, 2007).

- *Campylobacter* spp.

É uma bactéria no formato de fino bastonete, gram-negativo, microaerófila, mas não cresce à temperatura ambiental (25°C). Encontrada em diversos animais, com destaque para aves, bovinos e suínos. O *Campylobacter jejuni* é responsável por aproximadamente 90% dos surtos. Deve-se ter cuidado com a contaminação cruzada, porém, o agente pode ser destruído pela cocção a 60°C durante dez minutos. Os sintomas mais comuns são: dores abdominais, febre, diarreia e doença semelhante à gripe. A doença é autolimitante, mas após o fim dos sintomas a bactéria pode ser eliminada por algumas semanas nas fezes. Os surtos de campilobacteriose geralmente estão associados com a ingestão de carne, leite cru e água não clorada, e as enterites se dão principalmente nos meses de verão (FORSYTHE, 2002; MACÊDO, 2007).

- *Clostridium perfringens*

Este microrganismo é um bastonete anaeróbio, gram-positivo e esporulado, que pode ser encontrado no ambiente e no intestino de humanos e animais. Os esporos podem ser encontrados no solo. É produtor de uma enterotoxina (α -toxina) que é uma proteína termosensível, destruída facilmente pelo calor. Após a ingestão de alimentos e água contaminados, o microrganismo produz esta enterotoxina no intestino, ocorrendo sintomas típicos de intoxicação alimentar, como: dores abdominais intensas, náuseas e diarreias agudas, que ocorrem de oito a doze horas após a ingestão do patógeno. Este quadro geralmente dura 24 horas. Como forma de prevenção é aconselhado o aquecimento do alimento até 70°C antes do seu

consumo. As formas vegetativas são destruídas por congelamento e refrigeração, porém, os esporos podem sobreviver (FORSYTHE, 2002; MACÊDO, 2007).

- *Clostridium botulinum*

Esta bactéria pode ser encontrada em toda natureza, caracterizada como um bastonete gram-positivo, anaeróbio estrito. Os seus esporos podem ser veiculados pelo ar, e ao encontrarem condições anaeróbias, entram em estado vegetativo produzindo as toxinas. Está relacionado com alimentos enlatados de baixa acidez, vegetais, peixes e produtos cárneos. O tratamento térmico de produtos enlatados a 121°C por três minutos é suficiente para eliminação de esporos. É causador de uma intoxicação alimentar, devido à ingestão de neurotoxinas pré-formadas, chamada de botulismo. As toxinas impedem a atuação do neurotransmissor acetilcolina, ocasionando fraqueza muscular seguida de paralisia, tendo como sintomas resultantes: visão dupla, náuseas, vômitos, fadiga, tonturas, dor de cabeça e falhas respiratórias (FORSYTHE, 2002; MACÊDO, 2007).

- *Shigella* spp.

As espécies predominantes nos países em desenvolvimento são: *Shigella dysenteriae*, *Shigella flexneri* e *Shigella boydii*. As bactérias presentes no material fecal de pessoas infectadas contaminam os alimentos ou a água, podendo ainda ocorrer a transmissão pelo contato direto, caracterizando elevada transmissibilidade. É comum a ocorrência de surtos em creches devido à facilidade de disseminação do microrganismo, promovendo como sintomas mais comuns: febre, náuseas, e diarreia leve, podendo ser aquosa ou sanguinolenta. A *Shigella dysenteriae* pode estar associada com diversas doenças graves, como por exemplo, a síndrome urêmica hemolítica (FORSYTHE, 2002; MACÊDO, 2007).

- *Vibrio cholerae* O1

São bacilos curvos gram-negativos, que possuem os humanos como reservatórios. Estão comumente em ambientes aquáticos, podendo provocar a cólera em humanos, que se infectam ao ingerirem alimentos ou água contaminados. O *Vibrio cholerae* pertencente ao sorogrupo O1 causa a maior parte dos casos. Esta bactéria atua no intestino delgado, produzindo uma toxina colérica que promove um desbalanço eletrolítico nas células da mucosa, ocasionando a diarreia intensa, que pode levar à morte. Os sintomas variam de leves a moderados, porém a diarreia aquosa aguda seguida de desidratação grave é o mais preocupante. O fornecimento de água potável e o saneamento são medidas que reduzem a cólera e outras enfermidades transmitidas pela água (FORSYTHE, 2002; QUINN et al., 2005; OMS, 2011c).

- *Vibrio parahaemolyticus*

É o principal causador de gastroenterites de origem alimentar no Japão, ganhando grande importância no Brasil, devido ao consumo de frutos do mar crus contaminados com o microrganismo. A toxinfecção ocorre devido à ligação do agente, através de adesinas, nas células intestinais, excretando a enterotoxina. Devido à presença destas, ocorrerão os sintomas típicos (diarreia, dores abdominais, náuseas, vômitos, dores de cabeça, febre e tremores) que se resolverão em média três dias. Como a bactéria é sensível a temperaturas adversas, a medida de controle mais eficiente seria o resfriamento do pescado a uma temperatura inferior a 5°C ou a cocção a temperatura superior a 65°C (FORSYTHE, 2002; MACÊDO, 2007).

- *Cryptosporidium* spp.

O *Cryptosporidium* spp. é um dos protozoários que após a década de 80 foi responsável por ser um dos principais contaminantes associados à veiculação hídrica ocasionando surtos em diversos locais do mundo. Seus oocistos são as

formas contaminantes que estão presentes nas fezes de animais infectados, sendo a rota fecal-oral a forma de transmissão, contaminando também alimentos e água. Estas formas evolutivas conferem resistência para que este parasita possa se dispersar no ambiente sobrevivendo inclusive aos processos de cloração da água, promovendo a contaminação. O *Cryptosporidium parvum* é a principal espécie responsável por causar doença em animais e humanos. Os sintomas da criptosporidiose são: febre, diarreia, dores abdominais e anorexia. Para evitar a presença deste patógeno na água, o processo de filtração deve ser realizado (URQUART et al., 1998; FORSYTHE, 2002; FRANCO, 2007).

- *Rotavírus*

São vírus pertencentes à família Reoviridae, com um genoma formado por uma dupla fita de RNA, bastante estáveis no ambiente. A transmissão ocorre pelo contato direto ou por fômites contaminados, caracterizando a rota fecal-oral. Provocam gastroenterites que são autolimitantes, mas a gravidade é variável. Os sintomas são compostos por: vômitos, diarreia, e febre. O grupo sorológico A causa diarreias graves em crianças. O grupo B é responsável por diarreias graves em adultos. Como prevenção, deve-se evitar o contato de alimentos com manipuladores ou água contaminados (FORSYTHE, 2002).

- *Norovírus*

O vírus Norwalk ou norovírus pertence à família Caliciviridae e possui uma fita de RNA simples. A contaminação ocorre pela ingestão de alimentos ou água contaminada, e a fonte de surtos mais comum ocorre através da água não tratada. O vírus não se multiplica no alimento ou água, mas se multiplica e danifica a mucosa do intestino delgado. As gastroenterites são autolimitantes e moderadas, ocasionando geralmente sintomas como: náuseas, vômitos, diarreia e dores abdominais (FORSYTHE, 2002).

- *Vírus da Hepatite A*

É um enterovírus pertencente à família Picornaviridae, composto por uma fita simples de RNA, que possui distribuição mundial. O período de incubação é em média um mês. Os sintomas clínicos são: febre, mal-estar, anorexia, náusea, icterícia, urina escurecida, fezes esbranquiçadas e dores abdominais. Deve-se ter cuidado com a contaminação de alimento e água pelas fezes de indivíduos infectados, que promovem a transmissão. Neste caso é importante que as pessoas possuam hábitos de higiene ideais. Os surtos são bastante comuns em locais com aglomerações de indivíduos (FORSYTHE, 2002).

- *Enterobacter spp.*

São bacilos gram-negativos, flagelados e anaeróbios facultativos, pertencentes à família *Enterobacteriaceae*. Seu crescimento ótimo ocorre a uma temperatura de 30°C. São comumente encontrados no solo e na água, podendo também estar presentes no esgoto. Os humanos e animais albergam estes microrganismos em seu trato gastrointestinal, podendo ocorrer a via de transmissão fecal-oral. As espécies *Enterobacter cloacae* e *E. aerogenes* são responsáveis pela maioria das infecções. As infecções intestinais podem ocorrer, havendo diarreia mucosa ou sanguinolenta. Porém, muitas espécies podem causar infecções extra-intestinais. As bactérias podem ser inativadas por calor úmido (121°C/15 a 30 minutos) (PUBLIC HEALTH AGENCY OF CANADA, 2011).

- *Toxoplasma gondii*

É o protozoário causador da toxoplasmose, e os humanos podem adquirir o agente pela ingestão dos oocistos presentes nas fezes do gato que tenham contaminado o ambiente e alimentos, ou ainda através da ingestão de carne crua ou mal cozida contendo cistos. Em adultos os sintomas são pouco graves, porém pode causar hidrocefalia e cegueira em crianças. Em indivíduos imunodeprimidos pode ocorrer miocardite, meningoencefalite, hepatite e coriorretinite. Para evitar

contaminação, deve-se remover adequadamente as fezes dos gatos, lavar adequadamente as verduras, cozinhar as carnes antes do consumo, e ter hábitos de higiene em geral (URQUART et al., 1998; FORSYTHE, 2002).

- *Giardia* spp.

Possui importância em saúde pública por ser um protozoário comumente causador de diarreia e dor abdominal em humanos, merecendo destaque a *Giardia lamblia*. A contaminação ocorre através da presença de cistos provenientes das fezes de humanos em alimentos e água, caracterizando a rota fecal-oral. Este patógeno possui um disco na porção ventral que facilita a sua fixação na mucosa do intestino delgado, localizando-se principalmente em sua porção superior. A síndrome da má absorção pode ser uma complicação decorrente deste tipo de infecção (URQUART et al., 1998; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005).

- *Trypanossoma cruzi*

É o causador da Doença de Chagas no homem. Possui as fases de parasitemia febril, e crônica, com miocardite, megaesôfago e megacólon, como principais sintomas. Os vetores são insetos triatomíneos hematófagos. Possui implicação em alimentos, pois a forma de transmissão oral pode ocorrer pela contaminação com tripanossomas, ganhando importância epidemiológica nos últimos anos no Brasil. Como medida de controle desta forma de transmissão, deve-se ter cuidados na higiene de produção e manipulação artesanal de alimentos (URQUART, 1998; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005).

2.1.2.2 Panorama dos surtos alimentares no Brasil

Os surtos de alimentares são definidos pelo aparecimento de, pelo menos, dois casos similares de uma sintomatologia, em geral gastrointestinal, resultantes de uma mesma origem alimentar (COSSON, BOLNOT e TRONCHON, 2003). Medeiros et al. (2001) identificaram os grupos responsáveis por falhas de segurança

alimentar, mais prováveis de resultar estes surtos, sendo eles: contaminação cruzada, higiene pessoal e higiene ambiental inadequadas, deficiências no controle de temperaturas de cocção e de conservação de alimentos, e controle de alimentos de fontes inseguras.

De acordo com os dados epidemiológicos disponibilizados pelo Ministério da Saúde (2011), durante o período de 2000 ao primeiro semestre de 2011, no Brasil, o ano de 2008 foi o que teve maior número de casos de agentes etiológicos veiculados por alimentos e água, seguido dos anos de 2009, 2005, 2001 e 2002. A água representou a quarta maior classe de alimento envolvido em surtos alimentares neste mesmo período, merecendo também um importante destaque, os ovos e seus subprodutos, os doces e sobremesas, o leite e seus derivados, e os produtos cárneos. Dentre as bactérias envolvidas nos surtos, a *Salmonella* spp. foi a mais incriminada, seguida de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* e *Shigella* spp. Os principais agentes virais detectados foram o Vírus da Hepatite A e o Rotavírus. As residências, restaurantes/padarias e creches/escolas foram, nesta ordem, os principais locais de ocorrência.

2.1.3 Sistema de abastecimento público e tratamento da água

O sistema de abastecimento de água compreende obras, materiais e equipamentos capazes de captar, condicionar convenientemente, transportar, acumular e distribuir a água que se encontra nos principais mananciais, aos consumidores. O poder público possui responsabilidade na distribuição desta água. Portanto, este sistema deve produzir água potável, destinada ao consumo humano, e entregá-la aos usuários em quantidade e qualidade adequadas, de forma continuada e a um custo acessível (BRASIL, 2004a; QUÍMICA AMBIENTAL, 2008).

Os reservatórios utilizados consistem na utilização de depósitos com a água que será utilizada (caixas d'água, tanques, cisternas, etc.). Esses reservatórios ficam localizados em um ponto entre o tratamento e o consumo da água, e têm os seguintes objetivos: atender às variações de consumo na rede de distribuição ao longo do dia; proporcionar a continuidade no abastecimento da população em caso de paralisação da produção de água; manter pressões adequadas na rede de distribuição; garantir uma reserva estratégica em casos de incêndio (MINISTÉRIO

DA SAÚDE, 2006c). Dentre as variáveis que podem interferir na qualidade da água, deve-se atentar para o estado das tubulações, e as condições das paredes internas e da tampa dos reservatórios (MINÇON FILHO, 2007).

Além disso, quando uma fonte de água contaminada ou esgoto entra em contato com a água tratada do sistema de distribuição ocorre uma contaminação da água, que pode ocasionar sérias doenças e até a morte. Para a garantia da qualidade deve-se realizar um bom programa de controle, evitando a contaminação e mantendo um adequado residual de cloro livre na água até a chegada ao consumidor (RICHTER, 2009).

Além das precauções que devem ser tomadas para evitar a contaminação da água que será fornecida, o tratamento é essencial para a manutenção da qualidade. Este possui por objetivo a redução ou remoção de certos constituintes físicos, químicos e biológicos que alteram a potabilidade da água. As estações de tratamento de água convencionais possuem esta finalidade adequando a qualidade da água bruta para a utilização e consumo humano sem provocar danos à saúde (OMS, 2006; RICHTER, 2009).

As características da água bruta irão influenciar diretamente no tipo de tecnologia de tratamento que será utilizada. Porém, esta tecnologia apresenta basicamente três etapas básicas: clarificação, filtração e desinfecção (LIBÂNIO, 2005).

Primeiramente, é realizado um pré-tratamento químico com o intuito de remover as sujidades mais grosseiras presentes, através da produção de flocos sedimentáveis pela coagulação, floculação e decantação. Posteriormente, é realizada uma filtração para a remoção de sujidades mais difíceis de serem removidas nas etapas anteriores (OMS, 2006; RICHTER, 2009).

A coagulação desestabiliza as partículas suspensas através de ações físicas e reações químicas entre a substância coagulante, a água e as impurezas presentes. Assim, ocorre a floculação, ou seja, a formação de flocos elevando a velocidade de sedimentação do aglomerado de partículas, que posteriormente será removido por decantação e filtração. Espera-se então que a matéria orgânica, substâncias tóxicas, microrganismos, e precursores da formação de THM sejam removidos. Os principais coagulantes empregados são: sulfato de alumínio, cloreto férrico, sulfato ferroso clorado, sulfato férrico e cloreto de polialumínio. Para aplicação do coagulante que será utilizado no processo, são realizados os

fenômenos de dispersão e mistura a fim de distribuí-lo uniformemente na água. Este processo pode ocorrer pelo uso de agitadores mecânicos do tipo turbina ou hélice, ou pela utilização de agitadores hidráulicos chamados vertedores, em que a dispersão do coagulante ocorrerá pela queda d'água. Os floculadores mais utilizados em estações de tratamento para pequenas e médias comunidades são os hidráulicos. Na etapa de decantação os flocos sedimentam por gravidade nos decantadores utilizados para este fim (LIBÂNIO, 2005).

A filtração possui o objetivo de remover partículas que não foram eliminadas nas etapas anteriores para que a eficiência da desinfecção não seja prejudicada. No Brasil, os meios filtrantes mais comumente utilizados são constituídos apenas por areia, ou por areia e antracito. Porém, também é usado o meio constituído por carvão ativado granular, que adsorve pesticidas e outros compostos orgânicos que alteram o odor e o sabor (LIBÂNIO, 2005).

A desinfecção da água possui como principais fins a eliminação de microrganismos que possam estar presentes e disseminar doenças, o controle do odor, da cor, do sabor, a remoção de algas, etc. O seu mecanismo dependerá basicamente do tipo de desinfetante utilizado. Estudos indicam que a ação do desinfetante se dá pela inativação de enzimas essenciais, próprias de microrganismos patogênicos (RICHTER, 2009).

As características de um bom desinfetante são compreendidas por: eficiência no combate aos patógenos; atoxicidade; facilidade e segurança no transporte, armazenamento e aplicação; baixo custo; fácil detecção na água; e, proteção e estabilidade na rede de distribuição (RICHTER, 2009).

Os compostos à base de cloro são bastante utilizados para a desinfecção da água destinada ao abastecimento público, e sua utilização tem se difundido pela facilidade de aplicação, um menor custo e uma elevada eficiência. O hipoclorito de sódio (NaOCl), por ser de fácil aplicação, tornou-se a alternativa de desinfecção mais adequada em pequenos sistemas. Quando o derivado clorado é adicionado à água, ocorre primeiramente a reação de oxidação da matéria orgânica presente. Após esta demanda, há reação do derivado com a amônia, resultando na formação de cloraminas, onde se encontra o Cloro Residual Combinado. Os demais compostos que não reagiram dão origem ao Cloro Residual Livre (CRL), tendo o ácido hipocloroso (HOCl) e o íon hipoclorito (OCl^-) como componentes. A continuação da adição de cloro, quando toda a demanda de cloro pela água foi

satisfeita, promove um aumento nos teores de CRL (MACÊDO et al., 2001; OMS, 2006; RICHTER, 2009; ZARPELON e RODRIGUES, 2010). O derivado clorado deve ser aplicado em uma quantidade suficiente para após a demanda haver uma concentração de CRL na água suficiente para garantir sua qualidade microbiológica, e não alterar o sabor e o odor da mesma (RICHTER, 2009).

Geralmente, as águas de abastecimento possuem os valores de pH entre 5,0 e 10, apresentando o ácido hipocloroso e o íon hipoclorito como formas presentes (MEYER, 1994). Porém, o ácido hipocloroso possui maior ação desinfetante que o íon hipoclorito, que se dá pela maior facilidade de penetração deste elemento através da parede celular bacteriana, por ter menor tamanho e ser uma molécula neutra (MACÊDO et al., 2001; ZARPELON e RODRIGUES, 2010). A um pH abaixo de 5,0 ocorre a dificuldade de dissociação do derivado clorado nestes subprodutos. Quando o valor do pH é próximo de 7,5, as concentrações destes são praticamente proporcionais. Caso este valor seja superior a 10, todo o residual de cloro será composto apenas por íons hipoclorito (RICHTER, 2009). Estudos indicam que o ácido hipocloroso inibe a ação da enzima triosefostato dihidrogenase impedindo a oxidação da glicose que é essencial para o metabolismo bacteriano. Entretanto, os vírus são desprovidos de sistema enzimático, exigindo a presença de uma maior quantidade de cloro para sua destruição que acontece pela oxidação direta do material protéico (MACÊDO et al., 2001; ZARPELON e RODRIGUES, 2010).

A vazão máxima de água a ser tratada e as dosagens de cloro requeridas para a desinfecção são parâmetros que serão utilizados para a determinação da capacidade de uma instalação de cloração (RICHTER, 2009).

Primeiramente, deve-se atentar para a quantidade de matéria orgânica na água, para que não ocorra uma grande demanda de cloro, e este não apresente o efeito bactericida esperado. Esta adição do derivado clorado pode ser realizada antes do tratamento, logo após a captação da água (pré-cloração), ou ainda pode ser realizada após o processo de filtração (pós-cloração). É de grande importância saber que, os processos de coagulação, decantação e filtração realizados como etapas do tratamento da água nas estações, reduzem significativamente as substâncias oriundas da decomposição dos vegetais (substâncias húmicas) reduzindo o risco de formação de compostos prejudiciais à saúde (MACÊDO et al., 2001). As substâncias húmicas estão presentes em maior quantidade nas águas brutas superficiais devido às grandes interferências ecológicas a que estão expostas

(ALEGRIA et al., 1998). De acordo com Santos (1988), as chuvas também contribuem para o aumento de substâncias húmicas para o interior do manancial devido a um carreamento das mesmas, possibilitando um aumento do contato com os derivados clorados.

A utilização de dióxido de cloro, ozônio e radiação ultravioleta também são alternativas de desinfecção da água que podem ser utilizadas (ALEGRIA et al., 1998).

O dióxido de cloro é um gás verde-amarelado que possui um grande efeito oxidante não promovendo a formação de coloração e sabores; promove uma rápida eliminação bacteriana numa faixa de pH superior ao do cloro; é mais estável que o cloro e o ozônio; mantém um efeito residual mais estável na rede de distribuição; não promove a formação dos trihalometanos (THM). Porém, é extremamente caro e produz como subprodutos os cloritos e cloratos que possuem sua dosagem limitada em no máximo 1,2 mg/L por terem implicações à saúde (RICHTER, 2009; ZARPELON e RODRIGUES, 2010).

O ozônio é uma forma alotrópica do oxigênio, bastante volátil e pouco solúvel. Sua ação desinfetante ocorre em grande faixa de variação de temperatura e não é afetada pelo pH da água, e sua ação bactericida é maior do que nos outros agentes utilizados. Não promove a formação de THM durante o processo de tratamento, mas possui o inconveniente de não produzir um efeito residual suficiente para ser utilizado unicamente como desinfetante, além de ser um processo de elevado custo (ALEGRIA et al., 1998; ZARPELON e RODRIGUES, 2010).

A radiação ultravioleta é eficaz, possuindo ótimo poder bactericida e virucida, além de não produzir subprodutos. Entretanto, tem como desvantagem não possuir poder desinfetante ao longo da rede de abastecimento (ALEGRIA et al., 1998).

Os THM são compostos organoclorados que se formam devido ao processo de cloração, onde o CRL e as substâncias húmicas, quando em grande quantidade, reagem entre si. São considerados derivados do metano em cuja molécula três de seus quatro átomos de hidrogênio foram substituídos por átomos de elementos halógenos (bromo, cloro e iodo). O triclorometano (clorofórmio), bromodiclorometano, dibromoclorometano e tribromometano (bromofórmio) são os principais THM encontrados em águas de abastecimento público. O clorofórmio é dentre estes, o que se forma em maior quantidade. A reação ocorre mais rapidamente com o aumento da temperatura e do pH. Estes compostos possuem

elevada importância por terem potencial carcinogênico aos seres humanos e indicarem a presença de outros compostos organoclorados possivelmente mais perigosos (MACÊDO, 1997; RICHTER, 2009; ZARPELON e RODRIGUES, 2010).

Como alternativa de minimizar este problema, novos estudos estão preconizando o uso de cloraminas como substituta dos compostos clorados, destacando-se o dicloroisocianurato de sódio, apresentando como importantes vantagens a pequena reatividade com as substâncias húmicas, havendo conseqüentemente uma menor formação de THM, e a liberação gradual do ácido hipocloroso proporcionando um elevado efeito residual (MACÊDO et al., 2001).

Outra opção para tentar evitar a presença destes compostos na água de consumo humano seria a escolha de fontes de água bruta com baixos teores de matéria orgânica (ALEGRIA et al., 1998).

Em uma pesquisa realizada com amostras de água coletadas de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) situada em Juiz de Fora (Minas Gerais), concluiu-se que a desinfecção da água por meio da pré-cloração com a utilização do hipoclorito de sódio, que é um derivado clorado de origem inorgânica, pode ocasionar a presença de THM em concentrações inaceitáveis de acordo com a legislação vigente, devido a um elevado conteúdo de substâncias húmicas. Entretanto, através de um tratamento mais eficiente ocorreria a diminuição da presença destas substâncias precursoras (MACÊDO et al., 2001).

De acordo com Meyer (1994), a eliminação dos compostos prejudiciais à saúde, da água de consumo humano, sem que a qualidade sanitária desta seja perdida, é um problema complexo e de difícil solução. Para uma melhor manutenção das condições de potabilidade da água de abastecimento, os reservatórios devem estar livres de rachaduras, vazamentos, infiltrações, descascamentos, dentre outros defeitos e em adequado estado de higiene e conservação, devendo estar devidamente tampado e ser higienizado semestralmente (BRASIL, 2004b).

2.1.4 Soluções Alternativas Coletivas

A água presente abaixo da superfície do solo está distribuída nas zonas de aeração, composta por água e ar, havendo maior probabilidade de ocorrer poluição; e na zona saturada, onde se dá a formação dos aquíferos. O aquífero é a camada

de solo que contém água com uma permeabilidade que permita a retirada para a sua utilização, estando o freático localizado mais superficialmente do que o artesiano. Estes constituem os mananciais subterrâneos, que são comumente utilizados como soluções alternativas coletivas, sendo uma opção para o abastecimento individual e de pequenas comunidades (LIBÂNIO, 2005).

A solução alternativa constitui toda modalidade de abastecimento coletivo de água, diferente do sistema de abastecimento. Como exemplos destas soluções, podemos ter: poços, minas, distribuição por veículos transportadores, etc. (BRASIL, 2004a). Em nosso país muitas comunidades pequenas recebem o abastecimento por água proveniente de poços rasos que estão mais susceptíveis à contaminação, que geralmente ocorre pela falta de redes coletoras de esgoto, e escavação e revestimento inadequado dos poços. Porém, é importante lembrar que diversos mecanismos físicos e químicos presentes nas camadas do solo favorecem a remoção de microrganismos que possam existir (LIBÂNIO, 2005).

A menor probabilidade de ocorrer poluição nas águas subterrâneas, constitui uma vantagem para sua captação. Porém, os aquíferos freáticos são mais susceptíveis aos efeitos das ações antrópicas do que os artesianos devido à sua localização. As fontes de poluição mais preocupantes nesse caso são: as redes de esgoto, os aterros sanitários, as fossas, a lixiviação dos solos, etc. Assim, bactérias entéricas podem sobreviver no solo e atingir os mananciais, sendo a presença de matéria orgânica e a alta umidade os principais fatores para sua sobrevivência (LIBÂNIO, 2005).

A proteção dos mananciais de abastecimento é composta por múltiplas barreiras como forma de fornecer uma água segura para o consumo humano. Como medida para evitar a contaminação dos mananciais subterrâneos, deve-se proteger a borda do poço através de revestimento das paredes com alvenaria ou concreto, impedindo o desmoronamento das paredes e o carreamento de águas pluviais para o seu interior. Adicionalmente é importante utilizar tampas de concreto e bombas para a retirada da água, evitando assim, o uso de baldes amarrados em cordas, que propiciam a contaminação. Ainda com o intuito de proteção dos mananciais, devem-se definir áreas de proteção para que não ocorra a migração de poluentes químicos para o interior do poço. Dentre outras medidas para preservar a qualidade da água subterrânea, deve-se fazer uma adequada drenagem do lixiviado dos aterros

sanitários e impermeabilizar as lagoas de estabilização de esgotos domésticos e efluentes de criatórios de animais (LIBÂNIO, 2005).

2.1.5 Água para consumo e utilização em estabelecimentos de produção e preparo de alimentos

Os avanços tecnológicos obtidos nas últimas décadas, principalmente nas atividades industriais e de agricultura, têm contribuído para a introdução de novos agentes químicos nas águas e solos, resultando em graves impactos sobre o ecossistema, principalmente sobre os organismos vivos (FUNASA, 2002).

Nas indústrias que processam produtos de origem animal o uso da água é constante e em grandes volumes diários, tanto para higiene dos funcionários quanto para sua utilização na formulação de determinados produtos. Assim sendo, ela constantemente entra em contato direto com o alimento que está sendo fabricado. Portanto, para que se possa instalar uma destas indústrias, inicialmente, deve-se averiguar, além dos aspectos topográficos, o local de onde se pretende obter água, o volume e a qualidade da mesma, considerando que os padrões de qualidade para uso industrial são mais severos que para os de consumo doméstico (PARDI et al., 1995).

As condições microbiológicas da água de abastecimento tornam-se importantes no processo de produção dos alimentos e a água utilizada interfere diretamente sobre a microbiota contaminante existente no alimento que está sendo preparado (FORTUNA e FRANCO, 2006).

A água mais adequada na indústria de alimentos é a proveniente do abastecimento municipal, sendo esta, de boa qualidade. Suas características mais importantes são: a qualidade higiênica e os atributos sensoriais, como sabor, odor e cor. As impurezas mais freqüentes são as matérias em suspensão, os sólidos totais dissolvidos, a alcalinidade, a presença de sulfetos, cloretos, gases, sílica, dureza, ferro, manganês e microrganismos. Na produção e no processamento dos alimentos, os padrões de potabilidade locais, estaduais e federais, devem ser seguidos. Esta água deve ser isenta de substâncias poluentes e cuidadosamente protegida de possíveis contaminações durante o uso. Caso seja considerada inadequada pelas autoridades locais, devem ser tomadas as devidas providências

de adequação a fim de melhorar a qualidade do abastecimento (BARUFFALDI e OLIVEIRA, 1998).

Além dos cuidados com a qualidade da água, é importante a utilização de medidas profiláticas para a diminuição de riscos, obedecendo a aspectos higiênico-sanitários no preparo dos alimentos, treinamento de pessoal e educação sanitária (FORTUNA e FRANCO, 2006). Os utensílios, superfícies e equipamentos que não são suficientemente limpos, podem representar um risco de contaminação de alimentos que serão posteriormente consumidos (RODRIGUES et al., 2003). É necessária também, a adoção de medidas preventivas que visem à preservação de fontes de água, além do tratamento de águas já comprometidas, e do adequado tratamento dos dejetos, para que doenças sejam evitadas (AMARAL et al., 2003).

A RDC nº 216 de 15 de setembro de 2004, que dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação, tem como objetivo estabelecer procedimentos a fim de garantir as condições higiênico-sanitárias do alimento preparado. Os procedimentos são aplicados aos serviços de alimentação que realizam atividades como: manipulação, preparação, fracionamento, armazenamento, distribuição, transporte, exposição à venda e entrega ao consumo. De acordo com o item 4.4.1 desta RDC, deve ser utilizada somente água potável para manipulação de alimentos. Quando utilizada solução alternativa de abastecimento de água, a potabilidade deve ser atestada semestralmente mediante laudos laboratoriais, sem prejuízo de outras exigências previstas em legislação específica (BRASIL, 2004b).

2.1.6 Controle de qualidade da água

Do total de água existente no nosso planeta, somando-se as águas de áreas terrestres, atmosfera e oceanos, utilizam-se aproximadamente 0,62% as atividades humanas. Porém, para o consumo humano é necessário que esta água esteja potável, ou seja, livre de contaminantes e com aspecto e sabor agradáveis, sendo segura ao ser ingerida (RICHTER, 2009).

Critérios de qualidade da água usada para ingestão, ou para os diversos usos no processamento de alimentos, são necessários para evitar riscos à saúde do consumidor e reduzir efeitos indesejáveis. A água pode ser originada de diversas

fontes e, na maioria dos casos, deverá ser tratada antes do uso. São considerados critérios de qualidade de água os aspectos físicos, químicos e microbiológicos. As análises físicas medem e indicam características perceptíveis pelos sentidos. Os aspectos químicos são resultantes da presença de substâncias dissolvidas. E em relação à qualidade microbiológica, a água pode atuar como veículo de microrganismos patogênicos e deterioradores, sendo um risco à saúde do consumidor (MÁRSICO e MANO, 2008). De acordo com Seoane (1988), o que pode explicar muitas vezes a ausência de um tratamento adequado da água de consumo humano, é a ausência de problemas de saúde na população por longos períodos, além do bom aspecto visual da água, proporcionando aos consumidores uma impressão de pureza.

A existência ou não de ações de saneamento ambiental possui um grande significado a respeito do desenvolvimento humano. Em sua grande maioria, os países com maiores índices de desenvolvimento humano e longevidade possuem maior cobertura de serviços de saneamento (LIBÂNIO, CHERNICHARO e NASCIMENTO, 2005).

As normas de potabilidade no Brasil são regulamentadas pelo Ministério da Saúde que seguem, basicamente, os padrões recomendados pela Organização Mundial de Saúde, presentes nas Diretrizes para a Qualidade da Água Potável ("Guidelines for Drinking-Water Quality") (OMS, 2006). De acordo com Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004a), o controle de qualidade da água para consumo humano é o conjunto de atividades exercidas de forma contínua pelos responsáveis pela operação de sistema ou solução alternativa para abastecimento de água, destinadas a verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção desta condição. O fornecimento de água potável a uma população reduz a mortalidade infantil e melhora as condições de saúde, tornando o indivíduo mais produtivo para a comunidade (MINÇON FILHO, 2007).

Através da avaliação da qualidade da água consumida pela população, é realizado o monitoramento de vigilância, sendo possível, então, a identificação de fatores de risco e a definição de estratégias de melhoria da situação existente (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006b). A vigilância ambiental é determinada pelo conjunto de ações que proporcionam o conhecimento e a detecção de qualquer modificação nos fatores determinantes e condicionantes do meio ambiente, que conseqüentemente, interferem na saúde humana. Com isso, é possível realizar a

identificação de medidas de prevenção e controle dos fatores de risco ambientais relacionados às doenças ou outros agravos à saúde. Sendo assim, a vigilância ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano é determinada pelas ações adotadas constantemente pelas autoridades de saúde pública a fim de atender aos padrões de qualidade da água de acordo com as normas da legislação vigente, sem que esta possa oferecer riscos à saúde da população (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006c). Estas ações foram implementadas através do Programa VIGIÁGUA, que apresenta como uma de suas responsabilidades a coordenação de um sistema de informação de vigilância e controle de qualidade da água para consumo humano. Este programa é constantemente alimentado com informações coletadas pelos responsáveis pela vigilância da qualidade da água (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004). A água, de acordo com este programa, deve estar com uma qualidade compatível com o padrão estabelecido pela legislação vigente (Portaria nº 518 do Ministério da Saúde) (RIO DE JANEIRO, 2011).

O VIGIÁGUA possui como objetivos: redução da morbidade e mortalidade por doenças de veiculação hídrica; melhoria das condições sanitárias no abastecimento; avaliação e gerenciamento do risco à saúde das condições sanitárias das formas de abastecimento; monitoramento da qualidade da água consumida pela população; informação à população a respeito da qualidade atual da água consumida; apoio ao desenvolvimento da educação em saúde e mobilização social; coordenação do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água (SISAGUA) (RIO DE JANEIRO, 2011).

Para o bom funcionamento do VIGIÁGUA a nível municipal, as Secretarias Municipais de Saúde (SMS) devem cumprir algumas obrigações, como por exemplo: exercer a vigilância da qualidade da água na correspondente área de competência; garantir à população do local as informações pertinentes à qualidade da água e riscos saúde; manter atualizados os registros referentes às características da água distribuída; em caso de detecção de não conformidades, informar ao responsável pelo fornecimento exigindo providências (RIO DE JANEIRO, 2011).

2.1.7 Características físico-químicas

Os principais parâmetros físicos de qualidade da água são: cor, turbidez, sabor e odor. E dentre os parâmetros químicos mais importantes podemos citar: pH, alcalinidade, acidez e dureza.

A reflexão da luz na água com suas partículas presentes determinam a coloração. A cor pode ocorrer muitas vezes pela presença de substâncias minerais e orgânicas dissolvidas. Geralmente a cor marrom-amarelada está presente em águas superficiais pela presença de matéria orgânica resultante da decomposição dos vegetais, que são os chamados ácidos húmicos. Já a presença de ferro pode resultar numa coloração avermelhada. Entretanto, a cor pode indicar determinado tipo de poluição. Este parâmetro de qualidade ganhou maior importância após estudos que comprovaram a formação de compostos potencialmente cancerígenos, os THM, resultantes da reação dos subprodutos da cloração com a matéria orgânica existente na água. A cor pode ser removida, dependendo de sua origem, por coagulação e filtração, que são etapas presentes no tratamento da água (LIBÂNIO, 2005; RICHTER, 2009).

A turbidez indica a presença de partículas de diferentes tamanhos em suspensão na água de natureza variada, como por exemplo: argila, matéria orgânica, contaminação com esgoto, microrganismos, algas, etc. Quando elevada, dificulta o processo de clarificação da água (coagulação e filtração), prejudicando uma queda na sua qualidade. Este parâmetro destaca-se como um bom indicador da eficiência do tratamento por maximizar a possibilidade da remoção dos protozoários resistentes à desinfecção (LIBÂNIO, 2005; RICHTER, 2009).

O conceito de sabor envolve a interação entre o gosto e o odor, que são sensações ligadas uma a outra. Os sabores reconhecidos são: azedo, doce, amargo e salino. A sua origem está associada à presença de substâncias químicas ou gases dissolvidos, ou ainda resultado do metabolismo de microrganismos, principalmente algas e cianobactérias. O alto teor de cloretos, por exemplo, confere o sabor salino, e o alto teor de sulfatos confere o sabor amargo. Este parâmetro possui importância por haver a possibilidade de rejeição do consumo da água pela população quando o sabor estiver modificado. Como são parâmetros subjetivos, não são medidos com a utilização de instrumentos. Para evitar estes problemas, pode-se utilizar a aeração e

aplicação de carvão ativado. O ideal é que para o consumo humano a água seja insípida e inodora (LIBÂNIO, 2005; RICHTER, 2009).

A alcalinidade é a capacidade da água em neutralizar ácidos. Os íons de bicarbonato, carbonato e hidróxido são os principais que conferem a alcalinidade à água. A maior parte das substâncias utilizadas no tratamento da água altera sua alcalinidade. A determinação é feita através de titulação da amostra com ácido. Está relacionada com a coagulação, redução de dureza e controle de corrosão (RICHTER, 2009).

A acidez pode ocorrer pela contaminação com esgotos industriais ácidos e pode ser corrigida através da adição de cal ou carbonato de sódio em quantidades ideais. O sulfato de alumínio utilizado no processo de floculação promove um aumento da acidez (RICHTER, 2009).

A dureza indica a presença de íons metálicos bivalentes como os de cálcio, magnésio, ferro e estrôncio. A dureza total é composta pela concentração de íons de cálcio e magnésio, que estão normalmente presentes em maior grau. A dureza permanente mede a quantidade destes mesmos íons em uma amostra de água que sofreu ebulição em um período de 30 minutos e teve o seu volume inicial completado com água destilada. A dureza temporária é apresentada pela diferença entre a dureza total e a permanente. A classificação das águas segunda à dureza ocorre da seguinte forma: água mole (quantidade menor ou igual a 50 mg/L de CaCO_3), com dureza moderada (entre 50 e 150 mg/L de CaCO_3), dura (entre 150 e 300 mg/L de CaCO_3) e muito dura (mais de 300 mg/L de CaCO_3). O consumo de águas duras não provoca riscos à saúde pública, porém, com esta característica há grande probabilidade de haver a formação de incrustações nas tubulações e impedir a formação de espuma com a utilização de sabão. Então, para evitar situações como estas, a água pode passar por processo de precipitação ou desmineralização através de trocas iônicas (RICHTER, 2009).

2.1.7.1 Importância do teor de cloro e pH

Em função de sua origem e de seu grau de poluição, a água, antes de sofrer processos específicos de purificação, pode ser submetida à pré-tratamentos físicos e químicos para eliminar os sólidos em suspensão, odores causados pela

decomposição por microrganismos ou presença de matéria orgânica e/ou inorgânica e coloração devido a materiais orgânicos ou inorgânicos geralmente presentes na água na forma coloidal (BARUFFALDI e OLIVEIRA, 1998). Dentre os principais contaminantes toxicológicos da água de consumo humano, podemos ter: compostos inorgânicos, fluoretos, nitrato e nitrito, asbesto, cloro, trihalometanos (THM), cloreto de vinila e praguicidas (KUNO e RODRIGUES, 2007).

A desinfecção da água visa destruir a carga bacteriana presente para prevenir a transmissão de agentes causadores de infecções aos seres humanos e a contaminação dos alimentos (BARUFFALDI e OLIVEIRA, 1998). Os organismos apresentam-se na seguinte ordem crescente de resistência à desinfecção: bactérias, vírus, protozoários, helmintos. As bactérias e vírus são removidos através da desinfecção, e os protozoários e helmintos podem ser removidos pela filtração (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006c).

A concentração residual de desinfetante deve ser tolerável, inócua e não agressiva aos equipamentos. Nas concentrações usadas o desinfetante deve ser inodoro e insípido. A eficiência da desinfecção depende da concentração e do tempo de contato com o desinfetante, da temperatura, do valor do pH e da quantidade de matéria orgânica presente na água (BARUFFALDI e OLIVEIRA, 1998).

O cloro é um dos desinfetantes mais utilizados na desinfecção da água de abastecimento. Estudos sobre a sua ação contra os microrganismos sugerem a inativação da enzima triosesofosfórico desidrogenase que está envolvida na oxidação da glicose, inibindo dessa maneira a obtenção de energia essencial à manutenção da vida celular. Porém, não basta apenas realizar a desinfecção e sim manter constante a condição de higiene do sistema. Portanto, quando se realiza o uso de produtos químicos para tal ação, é imprescindível que exista sempre certa quantidade do agente desinfetante, chamado de residual, para garantir segurança à saúde do usuário (MINÇON FILHO, 2007). Deve-se ainda ter bastante cuidado com a presença de matéria orgânica no processo de desinfecção, pois o cloro reage com esta liberando os THM que são compostos tóxicos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006c). Para a determinação de cloro, pode ser utilizado o método colorimétrico pela aplicação do reagente dicloridrato de orto-toluidina, sendo a quantidade de cloro presente, diretamente proporcional a intensidade da coloração amarelo-esverdeada formada (MINÇON FILHO, 2007).

O termo pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução. Na água este fator é importante principalmente nos processos de tratamento. Sua mensuração é realizada utilizando-se um peagômetro, ou através de métodos colorimétricos. O peagômetro irá mensurar a diferença de potencial elétrico entre um eletrodo e a solução, fornecendo o resultado em um painel digital. Para a utilização dos métodos colorimétricos, é importante que a água esteja mais límpida possível a fim de não haver interferências durante a leitura dos resultados (RICHTER, 2009). Estes testes são realizados com a utilização de indicadores universais, como por exemplo, o vermelho de fenol, sendo o valor do pH, diretamente proporcional à intensidade da coloração, que vai do alaranjado ao arroxeadado (CLESCERI, GREENBERG e EATON, 1999; MÁRSICO e MANO, 2008). Este parâmetro é medido e ajustado sempre que necessário para melhorar o processo de coagulação/floculação da água e também o controle da desinfecção (FUNASA, 2004). Águas naturais tendem a apresentar valores de pH próximos da neutralidade. Valores baixos de pH apresentam um risco às tubulações, provocando corrosões e diminuindo a durabilidade das mesmas, podendo ocasionar a qualidade inferior da água tratada. Já os valores alcalinos tendem a provocar incrustações e inativar a ação do cloro. Por esse motivo é importante haver um controle e, se necessária, uma correção destes valores (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006b; FREITAS, BRILHANTE e ALMEIDA, 2001, LIBÂNIO, 2005). A maioria dos corpos d'água apresentam o pH numa faixa entre 6,0 e 8,0. Porém, existe uma tendência no aumento de seu valor em coletas realizadas nas estações do outono e inverno (ALMEIDA e SCHWARZBOLD, 2003).

As amostras foram avaliadas conforme a Portaria nº 518 de 25 de Março de 2004, do Ministério da Saúde que estabelece o valor máximo permitido de 2,0 mg/L e mínimo de 0,2 mg/L para concentração de CRL em qualquer ponto do sistema de abastecimento. Em relação ao pH, recomenda-se que seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 para a água no sistema de distribuição.

2.1.8 Características microbiológicas

As águas superficiais apresentam uma diversidade de microrganismos, que podem ou não serem patogênicos. Entretanto, pela grande quantidade de microrganismos patogênicos que possam existir é realizada a pesquisa de apenas um grupo de bactérias, os chamados coliformes. Este grupo normalmente está presente no intestino de animais homeotérmicos e no meio ambiente sendo indicador de contaminação fecal, demonstrando a possibilidade da presença de outros microrganismos prejudiciais à saúde na água. Além disso, sobrevivem mais tempo na água do que outros patógenos, e são facilmente isolados, sendo estes os principais motivos para sua eleição como grupo de bactérias indicadoras de qualidade da água. A pesquisa de organismos específicos na água ocorre apenas quando se suspeita de um surto de determinada doença de veiculação hídrica. As ferrobactérias são as principais bactérias não patogênicas encontradas na rede. Estas extraem o ferro dissolvido na água ou nas superfícies de canalizações produzindo uma grande quantidade de hidróxido de ferro, que possui uma consistência gelatinosa se aderindo às canalizações formando biofilme (RICHTER, 2009).

Outras medidas de controle devem ser adotadas além da análise de coliformes, pois na água pode haver a presença de outros microrganismos patogênicos, como por exemplo, os protozoários *Giardia lamblia* e *Cryptosporidium parvum*, que sobrevivem por mais tempo no ambiente, além de serem resistentes aos diversos agentes de desinfecção utilizados, inclusive o cloro (RICHTER, 2009).

Os vírus estão presentes em baixas concentrações e sua análise em amostras de água é trabalhosa, quase não sendo realizada. Contudo, quando presentes, são dificilmente removidos pelo seu pequeno tamanho e a resistência aos métodos de desinfecção mais comumente utilizados. Os protozoários geralmente são removidos pela filtração, pois são dificilmente mortos durante a desinfecção. As algas estão presentes nos principais corpos d'água, e se existentes em grandes quantidades, podem danificar o sistema de abastecimento pelos danos causados aos filtros, além de proporcionar sabor e odor desagradáveis à água fornecida. Promovem também uma diminuição do pH e alcalinidade da água devido à liberação de gás carbônico no período noturno resultante da respiração (RICHTER, 2009).

2.1.8.1 Coliformes

A maior parte das bactérias patogênicas de veiculação hídrica infecta o trato gastrointestinal e são eliminadas nas fezes de seres humanos e animais, havendo a transmissão pela via fecal-oral (HACHICH, 2007). Os principais patógenos de animais e do homem causadores de doenças entéricas e sistêmicas pertencem à família *Enterobacteriaceae*, composta por bacilos gram-negativos de até três micrômetros de comprimento que fermentam a glicose e uma ampla variedade de outros açúcares. São oxidase-negativos, catalase-positivos, anaeróbios facultativos que não formam esporos e crescem bem em Agar Mac Conkey porque não são inibidos pelos sais biliares do meio. Esses microrganismos entéricos reduzem o nitrato a nitrito, e algumas espécies, notadamente a *Escherichia coli*, fermentam a lactose (QUINN et al., 2005).

Esta família possui distribuição mundial, habitando o trato gastrointestinal de animais e de humanos, contaminando a vegetação, o solo e a água. A colonização do trato intestinal de mamíferos por *Escherichia coli* de fontes ambientais ocorre logo após o nascimento. Esses microrganismos persistem como membros importantes da microbiota normal do intestino por toda vida (JAY, 2005; QUINN et al., 2005).

Para a avaliação da qualidade microbiológica da água são realizados testes com o objetivo de identificar microrganismos indicadores de contaminação, na interpretação de que sua presença indicaria a introdução de matéria de origem fecal (humana ou animal) na água e, portanto, o risco potencial da presença de organismos patogênicos. Um organismo indicador ideal deveria: ser de origem exclusivamente fecal, ocorrendo apenas em ambientes intestinais; apresentar maior resistência que os patogênicos aos efeitos adversos do meio ambiente e processos de tratamento; ser removido e/ou inativado por meio do tratamento da água, pelos mesmos mecanismos e na mesma proporção que os patogênicos; apresentar-se em maior número que os patogênicos e ocorrer em altas concentrações nas fezes, podendo ser encontrados em altas diluições; ser de fácil e rápida identificação; não se reproduzir no meio ambiente; ser aplicável a todos os tipos de água. Porém, na prática, não há um microrganismo que se enquadre em todas estas características devendo-se, portanto, trabalhar com o indicador que possua o maior número de requisitos exigidos. O primeiro indicador fecal foi a *Escherichia coli*, que possui como uma importante característica o seu período de sobrevivência, morrendo,

geralmente, ao mesmo tempo que as bactérias intestinais patogênicas mais comuns. O teste para análise de potabilidade da água marcou o início do uso dos coliformes como indicadores de patógenos (JAY, 2005; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006c; MACÊDO, 2007).

As bactérias do grupo coliforme, Coliformes Totais, são caracterizadas como bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não-esporulados, oxidase-negativos, capazes de se desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ em 24 a 48 horas e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia* spp., *Citrobacter* spp., *Klebsiella* spp. e *Enterobacter* spp., embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo. Os Coliformes Termotolerantes constituem um subgrupo de bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ em 24 horas, tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal. Esta é uma bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, é oxidase-negativa, não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas β -galactosidase e β -glucuronidase (BRASIL, 2004a). Os Coliformes Totais são mais utilizados para avaliação da água da saída da estação de tratamento, com o objetivo de avaliar a eficiência da potabilização (LIBÂNIO, 2005). A *Escherichia coli* possui elevada incidência dentro do grupo dos Coliformes Termotolerantes, de aproximadamente 70%, podendo ser utilizada a sua enumeração direta como indicação de contaminação fecal (MACÊDO, 2007). Análises de Coliformes Termotolerantes fornecem indícios importantes da presença dos sorotipos enteropatogênicos na água, embora não haja possibilidade em distinguir essas linhagens (HACHICH, 2007).

A Metodologia do Substrato Enzimático (Fluorogênico e Cromogênico) para a detecção de Coliformes Totais e Termotolerantes (ou *Escherichia coli*) nas amostras de água analisadas obedecem ao seguinte princípio: os microrganismos analisados possuem afinidade pelos nutrientes indicadores que correspondem ao seu metabolismo e servem como principal fonte de carbono. Os nutrientes indicadores específicos, orto-nitrofenil- β -D-galactopiranosídeo (ONPG) e 4-metilumbeliferil- β -D-glucoronídeo (MUG) são substratos correspondentes às enzimas pertencentes aos

coliformes. Os Coliformes Totais possuem normalmente a enzima β -galactosidase e a *Escherichia coli* possui além desta, a enzima β -glucoronidase. Se houver a presença de coliformes na amostra, estes usarão a enzima β -galactosidase para hidrolisar a molécula do ONPG, que é um substrato colorimétrico específico para os coliformes, que originará um radical amarelo (orto-nitrofenol), resultando em uma solução de coloração visivelmente amarelada, que pode ser quantificada a 420 nanômetros. Caso haja a presença de *Escherichia coli* na amostra, esta irá utilizar a enzima β -glucoronidase para metabolizar a molécula do substrato MUG originando outro radical indicador (umberliferona) que é fluorescente na presença de luz ultravioleta (366 nanômetros). A sensibilidade do ONPG e do MUG é similar, pois uma quantidade aproximada de 10^7 células é necessária para produzir uma hidrólise mensurável (FUNASA, 2004; JAY, 2005).

2.2 EFEITOS CLIMÁTICOS NO BRASIL

A variabilidade climática promove oscilações naturais nos padrões climáticos a nível local, regional e global (CONFALONIERI, 2003). O Brasil possui uma grande diversidade climática, sendo o clima bem característico de acordo com cada região do país. No sudeste, a maior parte do período chuvoso ocorre no verão e o inverno normalmente é mais seco. A média geral da temperatura ambiental é de 18 a 24°C e a precipitação pluviométrica é de 900 a 4400 mm (FAO, 2011b).

Determinadas condições climáticas podem ocasionar eventos meteorológicos capazes de promover a transmissão de algumas doenças infecciosas. No Brasil existem diversas doenças infecciosas endêmicas que são sensíveis à variação climática. Como exemplo destas, temos as doenças de veiculação hídrica. Durante a época das chuvas de verão, em aglomerações urbanas pode ocorrer a disseminação de patógenos presentes nas águas de inundações, que promoverão a transmissão destas doenças. A pluviosidade também tem sido relacionada ao crescimento de bactérias na água de abastecimento. Este fato ocorre principalmente nas regiões que apresentam precária infra-estrutura de saneamento. Deve-se atentar também para os determinantes primários como os fatores estruturais (renda, cultura, educação e poder político) (CONFALONIERI, 2003; LIBÂNIO, 2005).

Com o objetivo de se evitar estes problemas, as ações preventivas são essenciais, sendo importante um estudo da vulnerabilidade social e ambiental das populações susceptíveis aos efeitos determinados pelos impactos climáticos, permitindo assim, que a integridade física e o bem-estar da mesma sejam mantidos. Geralmente, a vulnerabilidade da população a esses efeitos se dá pela sua distribuição geográfica, pelas condições financeiras, e pela falta de incentivo governamental (CONFALONIERI, 2003).

2.3 O MUNICÍPIO DE AREAL

O município de Areal está localizado na região centro-sul fluminense, ao lado dos municípios de Comendador Levy Gasparian, Paraíba do Sul, Sapucaia e Três Rios, ficando a 90 km de distância da cidade do Rio de Janeiro. Sua dimensão é de aproximadamente 111,49 Km² de área, e a população é composta por cerca de 11.423 habitantes. Apresenta uma altitude de 444 metros, é banhado pelos Rios Preto e Piabanha, e está situado próximo à Rodovia BR 040. Areal foi criado através da Lei Estadual 1.986 de 10 de abril de 1992, porém sua instalação se deu na data de 01 de janeiro de 1993, se originando através do desmembramento de território do município de Três Rios. Suas principais atividades econômicas são: indústria, agropecuária e comércio (JORNAL SERRANO, 2010; RIO DE JANEIRO, 2010; IBGE, 2011a).

Os bairros que compõem o município são: Afonsina, Alberto torres, Amazonas, Boa Esperança, Cachoeirinha, Cedro, Centro, Delícia, Fazenda Velha, Gaby, Manoel Fernandes, Morro Grande, Mundo Novo, Pedreira, Poços dos Coqueiros, Portões, São Lourenço, São Pedro, São Sebastião, Vila Dantas. Sendo Centro o bairro que apresenta maior quantidade de estabelecimentos comerciais.

O maior percentual da água que abastece o município após a captação passa pelo sistema de tratamento realizado pelo “Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Areal” (SAAESA) e posteriormente é distribuído aos reservatórios, para então ser armazenado e utilizado. O município possui duas estações de tratamento de água (ETA Amazonas e ETA São Sebastião). Um menor percentual da água que abastece a população do município é proveniente diretamente de poços artesianos ou minas, não havendo tratamento prévio antes de seu consumo. O SAAESA

apresenta dois sistemas localizados nos bairros de Alberto Torres e Portões que realizam a captação subterrânea efetuada através de poços artesianos para abastecer a população residente destes bairros.

De acordo com os dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2011, dos domicílios particulares permanentes existentes no município de Areal, 66,4% recebem abastecimento de água através de rede geral de distribuição. Entretanto, 19,3% possuem poço ou nascente em sua propriedade, e 14,3% possuem outra forma de abastecimento (IBGE, 2011b).

Nas estações de tratamento, a captação superficial da água proveniente do Rio Preto é realizada por bombeamento. A primeira etapa do tratamento consiste na adição de sulfato de alumínio para ser realizada a coagulação e floculação, permitindo a aglutinação de impurezas que irão formar flocos, a fim de facilitar sua retirada. Posteriormente realiza-se a decantação para que os flocos, se depositem no fundo do tanque. Após o período de decantação a água é transferida para outro tanque. Toda a água então é filtrada para a remoção de flocos menores que não ficaram na decantação. São utilizados três tipos de filtros com diferentes camadas de areia e carvão. A etapa final é a desinfecção realizada através da cloração (adição de cloro na água). A água é armazenada em reservatórios quando então, através de canalizações, segue até as residências. Entretanto, na estação Amazonas o processo de desinfecção é realizado com a adição de cloro gasoso, e na estação São Sebastião é adicionado o cloro líquido. Devido a uma alcalinidade natural do pH da água, não é necessária a adição de nenhuma substância alcalinizante durante o tratamento. A fluoretação poderia ser uma etapa adicional durante o tratamento, porém, não é realizada no município. A turbidez, cor, pH e teor de cloro são monitorados de duas em duas horas nas estações a fim de avaliar a qualidade da água distribuída.

Após o tratamento, a água segue pela rede de distribuição aos reservatórios dos domicílios ou estabelecimentos, devendo ser fornecida de acordo com a determinação da Lei nº 511 de 22 de agosto de 2008 que institui o Código Sanitário do município de Areal, determinando através do item V do artigo 110, como disposição geral para todos os estabelecimentos industriais ou comerciais de gêneros alimentícios, a exigência de adequado abastecimento de água que atenda

às necessidades do trabalho e às exigências sanitárias, além de outros requisitos básicos de higiene na manipulação (AREAL, 2008).

A avaliação da qualidade desta água é de competência da vigilância sanitária e ambiental do município, devendo ser realizada em diversos pontos de seu trajeto, que estão sujeitos à contaminação, podendo comprometer a saúde pública. O controle é realizado através das ações de coleta periódica de amostras e a tomada de medidas decorrentes de não-conformidades, para que seja possível haver uma proteção dos recursos naturais, garantia do equilíbrio ecológico e conseqüentemente da saúde humana.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL DE CONSUMO

Foram utilizados os materiais para coleta, registro, identificação e transporte das amostras nos diferentes pontos de análise: ficha de coleta (para o preenchimento dos dados do estabelecimento e das amostras); etiquetas (para identificação das amostras); luvas (a fim de evitar a contaminação das amostras); embalagens de coleta estéreis com tiosulfato de sódio (para conservação das amostras até a chegada ao laboratório); caixa térmica com gelo reciclável (para a conservação das amostras durante o transporte para a análise laboratorial); kit de análises de cloro e pH (avaliar o teor de cloro e o valor do pH no momento de coleta das amostras).

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Delineamento experimental e coleta de amostras

Foram analisadas amostras de água de 73 pontos de análise pertencentes a diferentes estabelecimentos, classificados em duas categorias:

A – Dez fontes de abastecimento de água (oito minas e duas estações de tratamento de água);

B – 63 estabelecimentos de manipulação de alimentos para o consumo humano (uma creche, um entreposto, um salão, dois hospitais, três mercearias, três secretarias, quatro padarias, cinco açougues, seis postos de saúde, seis restaurantes, oito lanchonetes, dez escolas, treze bares);

O delineamento foi realizado através de um estudo transversal de dispersão de frequência, considerando os dois tipos de categorias de estabelecimentos (A e B) descritas anteriormente, e os fatores de risco relativos ao período do ano, cloração da água, pH e presença de Coliformes Totais e *Escherichia coli* nas amostras.

A vigilância sanitária e ambiental da Secretaria Municipal de Saúde de Areal, Rio de Janeiro, avalia mensalmente 15 estabelecimentos e destes pontos foram selecionados 12 ao acaso para a realização deste trabalho, no período de um ano (março de 2010 a março de 2011). A escolha da quantidade de estabelecimentos analisados levou em consideração a capacidade analítica mensal do laboratório. De cada estabelecimento foram coletadas duas amostras em diferentes períodos do ano (primavera/verão e outono/inverno), havendo amostras de água clorada e não clorada.

As amostras de água das fontes de abastecimento (categoria A) foram coletadas diretamente da torneira de saída (Figuras 1 e 2).



Figura 1 Minas públicas dos bairros de Alberto Torres (A) e Delícia (B). Areal, RJ. 14 de dezembro de 2010.



Figura 2 Minas públicas dos bairros de Amazonas (A) e São Lourenço (B). Areal, RJ. 14 de dezembro de 2010.

Na outra categoria de estabelecimentos (B), a água foi coletada da torneira do local onde ocorria a manipulação dos alimentos (cozinha ou balcão) (Figura 3).



Figura 3 Coleta de amostra na torneira da cozinha de estabelecimento de manipulação de alimento. Areal, RJ. 14 de dezembro de 2010.

A coleta das amostras foi realizada após três minutos de escoamento da água, em embalagem plástica estéril, contendo 0,1 mL de uma solução de

tiosulfato de sódio a 1,8 % para cada 100 mL de amostra, com o objetivo de neutralizar a ação do cloro residual.

3.2.2 Identificação das amostras

Após a coleta, cada amostra foi imediatamente identificada com etiquetas contendo um número, nome e endereço do local, ponto, data e horário de coleta. Os dados foram registrados em uma ficha que foi encaminhada junto com as amostras ao Laboratório Central Noel Nutels, localizado no Centro do Estado do Rio de Janeiro, responsável pela análise.

3.2.3 Transporte

As amostras foram acondicionadas nas embalagens plásticas estéreis, bem vedadas e com capacidade para 100 mL, colocadas em recipiente isotérmico limpo, com gelo reciclável (Figura 4), e encaminhadas para o laboratório onde foram feitas as análises microbiológicas. A temperatura a que as amostras foram submetidas no transporte se manteve em torno de 2 a 8 °C. O tempo entre a coleta e a chegada das amostras no laboratório para a posterior análise, não excedeu 24 horas por recomendação do laboratório.



Figura 4 Amostras de água acondicionadas e identificadas para transporte ao laboratório. Areal, RJ. 14 de dezembro de 2010.

3.2.4 Análises de pH e teor de cloro

No momento da coleta das amostras de água foram feitas as análises para determinar o pH e, nos estabelecimentos abastecidos com água clorada, foi testado adicionalmente o teor de Cloro Residual Livre (CRL).

Foi utilizado o estojo de análises Genco[®], composto por dois recipientes plásticos graduados para a mensuração de CRL e pH, e pelos reagentes específicos. A reação entre o cloro presente na água e a solução de dicloridrato de ortotoluidina a 0,05% forma um composto amarelado, cuja intensidade da cor foi comparada a uma escala padrão com as faixas de teores de CRL. A avaliação da faixa de pH foi realizada da mesma forma pela utilização de uma solução aquosa de vermelho de fenol a 0,05% (Figura 5).



Figura 5 Mensuração de CRL e pH durante a coleta de amostra na torneira da cozinha de estabelecimento de manipulação de alimento. Areal, RJ. 14 de dezembro de 2010.

3.2.5 Análises microbiológicas

As análises de colimetria foram realizadas no Laboratório Central Noel Nutels, no Rio de Janeiro. Foi determinada a presença de Coliformes Totais e *Escherichia coli* pela Metodologia do Substrato Enzimático (Fluorogênico e Cromogênico). Os resultados foram expressos na forma de presença ou ausência em 100 mL de água, sendo classificados como satisfatórios ou insatisfatórios com base na Portaria nº 518, de 25 de Março de 2004, do Ministério da Saúde (Quadro 1).

Quadro 1 Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano.

PARÂMETRO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO
Água para consumo humano*	
<i>Escherichia coli</i> ou Coliformes Termotolerantes	Ausência em 100 mL
Água na saída do tratamento	
Coliformes Totais	Ausência em 100 mL
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
<i>Escherichia coli</i> ou Coliformes Termotolerantes	Ausência em 100 mL
Coliformes Totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês. Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100 mL.

*Água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras.

Fonte: Adaptado de Brasil, 2004a.

3.2.6 Avaliação estatística

Foi utilizado, na análise dos resultados, o Teste Exato de Fisher para verificar se as diferenças de frequências entre os grupos para cada fator de risco estudado foram significativas, ou não (THRUSFIELD, 1995). As análises foram feitas no programa InStat, versão 3.10^a (GraphPad Software, 2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho, os valores de pH observados nas amostras de água apresentaram-se ideais, de acordo com a legislação vigente, em 100% (146/146) das amostras dos estabelecimentos estudados, nos dois períodos do ano (Tabelas 1 e 2). Almeida e Schwarzbald (2003), observaram que o excesso de chuvas influenciou o pH da água ocasionando os piores índices de qualidade no período chuvoso. Este fato não foi confirmado neste trabalho.

Os resultados das análises de água nas fontes de abastecimento (Categoria A - duas estações de tratamento e oito minas públicas) de Areal, RJ (Tabela 1), foram satisfatórios para o CRL, em 75% (3/4) das amostras de água clorada. Ocorreu associação entre os parâmetros Coliformes Totais e *Escherichia coli* quando analisados separadamente, em relação aos períodos do ano ($p < 0,05$). O risco da água de abastecimento apresentar Coliformes Totais (Odds Ratio = 21,000; 95% IC = 0,9708 a 454,26) e *Escherichia coli* (Odds Ratio = 21,000; 95% IC = 0,9708 a 454,26) foi significativamente maior no período de primavera/verão do que no de outono/inverno. Na região onde está localizado o município de Areal, a altitude possui uma grande importância na determinação da pluviometria, sendo as chuvas durante o verão representadas por 79% do total anual, enquanto, os meses mais secos são os de junho, julho e agosto. Portanto, acredita-se que a chuva seja um importante fator para a ocorrência destes resultados (ANDRÉ et al., 2008).

Quando analisadas apenas as amostras obtidas de estações de tratamento não houve diferença significativa na qualidade microbiológica da água nos dois períodos do ano, mas quando a mesma análise foi realizada para as amostras obtidas nas minas públicas, houve associação significativa ($p < 0,05$), sendo o risco da presença de Coliformes Totais (Odds Ratio = 26,714; 95% IC = 1,142 a 624,720) e *Escherichia coli* (Odds Ratio = 26,714; 95% IC = 1,142 a 624,720),

significativamente maior no período de primavera/verão. É importante considerar que a água fornecida pelas estações de tratamento foi submetida à cloração prévia, o que não aconteceu com a de minas públicas, o que reforça a importância deste tratamento no controle sanitário das águas de abastecimento. Resultados semelhantes, de avaliação da qualidade microbiológica de águas provenientes de sistemas alternativos (poços rasos, nascentes, ribeirões, córregos e represas), foram obtidos em um estudo na área rural de Lavras, no Estado de Minas Gerais que constatou a presença de Coliformes Termotolerantes em níveis acima do padrão de potabilidade permitido pelas normas vigentes, na maioria das amostras testadas, confirmando a necessidade de tratamento da água do sistema alternativo como forma de garantir a saúde da população (BARCELLOS et al., 2006). Ramos et al. (2008) avaliaram a qualidade microbiológica da água consumida pela população do Distrito do Sana em Macaé (Rio de Janeiro). Para tal, foram coletadas três amostras de cada um dos dois reservatórios existentes, em cada uma das estações do ano. A água fornecida não recebia nenhum tipo de tratamento prévio. Como resultados observaram que a água apresentou-se imprópria para o consumo por apresentar Coliformes Termotolerantes em todas as estações do ano, sem diferenças como a encontrada no presente estudo. Na região de Araçatuba, em São Paulo, de 6021 amostras pertencentes a sistemas de abastecimento público, nos anos de 2001, 2002, 2003 e 2004, 17,84% apresentaram Coliformes Totais, e 8,51% apresentaram Coliformes Termotolerantes acima dos limites toleráveis pela legislação apesar de receberem devido tratamento (MICHELINA et al., 2006). No município de Nova Iguaçu, no Rio de Janeiro, foram realizadas análises de água em diversos pontos de coleta em domicílios e, independente de terem sido submetidas à cloração ou não, 53,6% apresentaram Coliformes Totais e 16,2% apresentaram Coliformes Termotolerantes, comprovando a contaminação da água utilizada (D'AGUILA et al., 2000). No presente estudo, considerando todas as amostras de água coletadas, referentes aos anos de 2010 e 2011, 41,27% apresentaram Coliformes Totais, e 9,6% apresentaram *Escherichia coli*. Estes resultados ocorreram provavelmente pela coleta de amostras de água não clorada, sendo estas contaminadas na sua maioria, uma vez que não sofreram o processo de desinfecção.

Tabela 1 Proporção dos resultados satisfatórios e insatisfatórios para análise de água em fontes de abastecimento em Areal, Rio de Janeiro, em dois períodos do ano.

Período do Ano	Análises	Água das fontes de abastecimento		Total	
		Clorada	Não clorada		
Primavera Verão	Coliformes Totais*	Satisfatório	2	3**	5
		Insatisfatório	0	5**	5
	<i>Escherichia coli</i> *	Satisfatório	2	3**	5
		Insatisfatório	0	5**	5
	pH	Satisfatório	2	8	10
		Insatisfatório	0	0	0
	CRL	Satisfatório	1	N.A.	1
		Insatisfatório	1	N.A.	1
	Total		2	8	10
	Outono Inverno	Coliformes Totais*	Satisfatório	2	8**
Insatisfatório			0	0**	0
<i>Escherichia coli</i> *		Satisfatório	2	8**	10
		Insatisfatório	0	0**	0
pH		Satisfatório	2	8	10
		Insatisfatório	0	0	0
CRL		Satisfatório	2	N.A.	2
		Insatisfatório	0	N.A.	0
Total			2	8	10
Total geral			4	16	20

N.A: Não Aplicável.

*Teste Exato de Fisher, $p < 0,05$; Odds Ratio = 21,000; 95% IC = 0,9708 a 454,26.

**Teste Exato de Fisher, $p < 0,05$; Odds Ratio = 26,714; 95% IC = 1,142 a 624,720.

Quando esta mesma análise foi realizada em todas as amostras dos estabelecimentos de manipulação de alimentos (Tabela 2), foi observada uma associação significativa entre a frequência de Coliformes Totais e o período primavera/verão ($p < 0,05$), e com risco significativamente maior (Odds Ratio = 2,846; 95% IC = 1,341 a 6,039). Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho realizado por Almeida e Schwarzbold (2003), onde a coleta de água de melhor

qualidade foi realizada no outono. Segundo Amaral e colaboradores em uma pesquisa realizada na região nordeste do Estado de São Paulo no ano de 2003, mais de 80% das amostras de água coletadas de nascentes e poços no período de ocorrência de chuvas e de estiagem estavam fora dos padrões microbiológicos de potabilidade e creditaram esta má qualidade da água a ausência de tratamento na água e falta de limpeza periódica dos reservatórios.

Quando realizadas as análises para observar a presença de *Escherichia coli*, não houve diferença significativa na qualidade da água entre os dois períodos do ano estudados, com a maioria das amostras consideradas como satisfatórias para o consumo.

Foram comparados também os valores para a presença de Coliformes Totais e *Escherichia coli* nos grupos dos estabelecimentos de manipulação de alimentos que recebiam água clorada e não clorada.(Tabela 2). As análises para Coliformes Totais não apresentaram diferença significativa em relação à cloração. Entretanto, as amostras provenientes de água clorada apresentaram menor número de resultados insatisfatórios quando comparadas àquelas de água não clorada. Já para *Escherichia coli* ocorreu significância em relação à cloração ($p < 0,05$). O risco de ocorrência desta bactéria na água não clorada foi bem maior do que na água clorada (Odds Ratio = 85,982; 95% IC = 4,965 a 1489,0), o que reforça a importância do tratamento da água. Medeiros (2010) mencionou em seu estudo que a *Escherichia coli* possui baixa resistência aos desinfetantes à base de cloro, além de ser destruída em um baixo tempo de contato com o produto. Esta informação pode justificar o alto risco obtido nesta análise. A eficácia destes desinfetantes sobre a *Escherichia coli* também foi observada nos estudos de Andrade, Aragão e Furlan(2009).

Tabela 2 Proporção dos resultados satisfatórios e insatisfatórios para análise de água em estabelecimentos de manipulação de alimentos em Areal, Rio de Janeiro, em dois períodos do ano.

Período do Ano	Análises	Água de estabelecimentos de manipulação de alimentos		Total	
		Clorada	Não clorada		
Primavera Verão	Coliformes Totais*	Satisfatório	24	8	32
		Insatisfatório	18	13	31
	<i>Escherichia coli</i>	Satisfatório	42**	11**	53
		Insatisfatório	0**	10**	10
	pH	Satisfatório	42	21	63
		Insatisfatório	0	0	0
	CRL	Satisfatório	29	N.A.	29
		Insatisfatório	13	N.A.	13
	Total		42	21	63
	Outono Inverno	Coliformes Totais*	Satisfatório	31	16
Insatisfatório			11	5	16
<i>Escherichia coli</i>		Satisfatório	42**	17**	59
		Insatisfatório	0**	4**	4
pH		Satisfatório	42	21	63
		Insatisfatório	0	0	0
CRL		Satisfatório	25	N.A.	25
		Insatisfatório	17	N.A.	17
Total		42	21	63	
Total geral		84	42	126	

N.A: Não Aplicável.

*Teste Exato de Fisher, $p < 0,05$; Odds Ratio = 2,846; 95% IC = 1,341 a 6,039.

**Teste Exato de Fisher, $p < 0,05$; Odds Ratio = 85,982; 95% IC = 4,965 a 1489,0.

Pelos resultados obtidos no município de Areal ficou comprovada a necessidade de uma adequada desinfecção da água, uma vez que as amostras com os piores resultados para presença de Coliformes Totais e *Escherichia coli* foram encontradas em água não clorada, e que 33% (29/84) das amostras provenientes de água clorada apresentaram padrões inaceitáveis de potabilidade. Para a melhora da

qualidade da água no local, além das medidas preventivas, é importante que seja realizado o tratamento das águas que possam estar comprometidas. Indica-se neste caso, realizar a fervura da água que for consumida durante 20 minutos e/ou pingar uma gota de hipoclorito de sódio a 10% para cada litro, aguardando 30 minutos para o consumo. A fervura também deve ser indicada quando a qualidade microbiana da água não pode ser mantida durante um caso de emergência, devendo os fornecedores de água em conjunto com autoridades de saúde pública desenvolver protocolos para estes cuidados. Indica-se que a água não fervida, não seja ingerida ou utilizada para o preparo de bebidas, fazer gelo, lavar alimentos e escovar os dentes (OMS, 2006; CRMV-RJ, 2011).

Os trabalhos de avaliação da qualidade das águas para consumo e utilização no preparo de alimentos são importantes porque expõem as deficiências na garantia da qualidade dessas águas, o que representa um risco para a saúde das populações. Os sistemas de vigilância sanitária e ambiental podem incrementar os programas de avaliação municipais, ampliando as análises e diminuindo o intervalo de coletas de amostras de água para fornecer maiores informações sobre a necessidade da desinfecção da água e limpeza dos sistemas de distribuição, além de outras medidas corretivas.

5 CONCLUSÕES

Os valores de pH estavam no mesmo nível e aceitáveis, de acordo com a legislação vigente, em todas as amostras analisadas durante todo o ano

A água clorada apresentou ausência de *Escherichia coli* em todas as amostras testadas nos dois períodos do ano estudados, o que demonstrou que a cloração reduz o risco de ocorrência desta bactéria na água..

O maior percentual de amostras de água não clorada em desacordo com a legislação para Coliformes Totais e *Escherichia coli* ocorreu no período primavera/verão, denotando a necessidade de maior atenção neste período.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEGRIA, A.; SOUSA, I. J.; SANTOS, S. A.; CAVACO, A.; COIMBRA, M. F.; CRUZ, V.; HESPANHOL, I.; MATEUS, I.; SANTOS E. P. Trihalometanos – Análise da situação em Portugal. In: 4º CONGRESSO DA ÁGUA, 4., 1998, Lisboa. *Anais...* Lisboa: APRH, 1998. p. 1 – 15.

ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação Sazonal da Qualidade das Águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com Aplicação de um Índice de Qualidade da Água (IQA). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*: v. 8, n. 1, p. 81 - 97, Jan./Mar., 2003.

AMARAL, L. A.; FILHO, A. N.; JUNIOR, O. D. R.; FERREIRA, F. L. A.; BARROS, L. S. S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. *Revista de Saúde Pública*: v. 37, n. 4, p. 510 – 514, 2003.

ANDRADE, D. C. C.; ARAGÃO, C. C. V.; FURLAN, C. M. Avaliação da estabilidade físico-química da solução de hipoclorito de sódio a 0,5% utilizada pela FarmaUSCS, e de sua eficácia bactericida sobre *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. *Revista Brasileira de Ciências da Saúde*. São Caetano do Sul, v. 7, n. 21, p. 16-25, Jul./Set., 2009. Disponível em: <<http://repositorio.uscs.edu.br/handle/123456789/113>>. Acesso em: 04 de Novembro de 2011.

ANDRÉ, R. G. B.; MARQUES, V. S.; PINHEIRO, F. M. A.; FERRAUDO, A. S. Identificação de regiões pluviometricamente homogêneas no Estado do Rio de Janeiro, utilizando-se valores mensais. *Revista Brasileira de Meteorologia*: v. 23, n. 4, p. 501 – 509, 2008.

AREAL. Prefeitura Municipal de Areal. Lei nº511 de 22 de agosto de 2008. Institui o Código Sanitário do Município de Areal e dá outras providências. *Diário Oficial*, Rio de Janeiro, RJ, 22 de Agosto de 2008.

BARCELLOS, C. M.; ROCHA, M.; RODRIGUES, L. S.; COSTA, C. C.; OLIVEIRA, P. R.; SILVA, I. J.; JESUS, E. F. M.; ROLIM, R. G. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999 – 2000. *Cadernos de Saúde Pública*: v. 22, n. 9, p. 1967 – 1978, Set., 2006.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. A Água na Indústria de Alimentos. In: _____. *Fundamentos de Tecnologia de Alimentos*. São Paulo: Atheneu Editora, 1998. 336 p., cap. 9, vol. 3, p. 201 – 216.

BRASIL. Lei nº 8.080, de 19 de Setembro de 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, p.18.055, 20 de Setembro de 1990.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 518 de 25 de Março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 de Março de 2004a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC nº216 de 15 de Setembro de 2004. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 de Setembro de 2004b.

CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E.; EATON, A. D. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20 ed. Washington: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 1999. 1325 p.

CONFALONIERI, U. E. C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. *Terra Livre*: v. 1, n. 20, p. 193 – 204, Jan./Jul., 2003.

COSSON, C.; BOLNOT, F. H.; TRONCHON, P. Sécurité alimentaire en milieu hospitalier: de la logique de crise à La logique de progrès. *Nut. Clin. Met.*: v. 17, p. 242 - 251, 2003.

CRMV-RJ. Cuidados gerais com a água. *Jornal CRMV-RJ - Informativo do Conselho Regional de Medicina Veterinária do Estado do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, fevereiro de 2011, Ano XXII – Nº235.

D'AGUILA, P. S.; ROQUE, O. C. C.; MIRANDA, C. A. S.; FERREIRA, A. P. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. *Cadernos de Saúde Pública*: v. 16, n. 3, p. 791 – 798, Jul./Set., 2000.

FAO: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *FAO's Information System on Water and Agriculture – Brazil*. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/brazil/index.stm>. Acesso em: 06 de Maio de 2011a.

FAO: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *Aquastat: FAO's Information System on Water and Agriculture – Brazil*. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/brazil/index.stm>. Acesso em: 7 de Junho de 2011b.

FERREIRA JÚNIOR, L.G. *Monitoramento e avaliação da contaminação de água potável através do método substrato definido – cromogênico a nível municipal do SUS*. Rio de Janeiro, 2002. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2002.

FORSYTHE, S. J. *Microbiologia da segurança alimentar*. Porto Alegre: Artmed, 2002. 424 p.

FORTUNA, J. L.; FRANCO, R. M. Enumeração de Coliformes Totais e termotolerantes em água de abastecimento de abastecimento de cozinhas de instituições de ensino público. *Revista de Higiene Alimentar*. v. 20, n. 147, p. 38 – 39, Dez., 2006.

FRANCO, R. M. B. Protozoários de veiculação hídrica: relevância em saúde pública. *Revista Panamericana de Infectologia*: v. 9, n. 4, p. 36 – 43, Ago., 2007.

FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. *Cadernos de Saúde Pública*: v. 17, n. 3, p. 651 – 660, 2001.

FUNASA: FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Ministério da Saúde. Vigilância Ambiental em Saúde. *Textos de Epidemiologia para Vigilância Ambiental em Saúde*. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2002. 132 p.

FUNASA: FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Ministério da Saúde. *Manual Prático de Análise de Água*. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004. 146 p.

GEROLOMO, M.; PENNA, M. L. F. Os primeiros cinco anos da sétima pandemia de cólera no Brasil. *Informe Epidemiológico do SUS*: v. 8, n. 3, p. 49 – 58, Jul./Set., 1999.

HACHICH, E. M. Parâmetros Microbiológicos. In: _____. *Ações básicas para proteção, limpeza e desinfecção de reservatórios de água potável*. São Paulo: CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2007. 142 p., 2 v. v. 1, p. 35 - 46.

HAVELAAR, A. H. Application of HACCP to drinking water supply. *Food Control*: v. 5, n. 3, p. 145 – 152, 1994.

IBGE: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *IBGE Cidades – Areal – RJ*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/Rio_de_janeiro.pdf>. Acesso em: 11 de Julho de 2011a.

IBGE: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Resultados preliminares do universo por município*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados_preliminares/preliminar_tab_municipio_zip.shtm>. Acesso em: 14 de Outubro de 2011b.

JAY, J. M. *Microbiologia de Alimentos*. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 712 p.

JORNAL SERRANO. *Homologada situação de emergência no município de Areal*. Disponível em: <<http://www.jornalserranonline.com.br/noticia-rio-de-janeiro-039.html>>. Acesso em: 17 de Novembro de 2010.

KOSEK, M.; BERN, C.; GUERRANT, R. L. The global burden of diarrhoeal disease, as estimated from studies published between 1992 and 2000. *Bulletin of the World Health Organization*: v. 81, n. 3, p. 197 – 204, 2003.

KUNO, R.; RODRIGUES, P. F. Considerações toxicológicas para algumas substâncias químicas possivelmente presentes na água para consumo humano. In: _____. *Ações básicas para proteção, limpeza e desinfecção de reservatórios de água potável*. São Paulo: CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2007. 142 p., 2 v. v.1, p. 125 – 132.

LIBÂNIO, M. *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. São Paulo: Átomo, 2005. 444 p.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. O. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. *Revista de Engenharia Sanitária Ambiental*: v. 10, n. 3, p. 219 – 228, Jul./Set., 2005.

LOPES, G.; CRESTO, R.; CARRARO, C. N. M. Análise microbiológica de caldos de cana comercializados nas ruas de Curitiba, PR. *Revista de Higiene Alimentar*: v. 20, n. 147, p. 38 – 39, Dez., 2006.

MACÊDO, J. A. B. *Determinação de trihalometanos em águas de abastecimento público e de indústria de alimentos*. Minas Gerais, 1997. 90 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 1997.

MACÊDO, J. A. B. *Águas & águas*. 3 ed. São Paulo: Livraria Varela, 2007. 1027 p.

MACÊDO, J. A. B.; ANDRADE, N. J.; ARAÚJO, J. M. A.; CHAVES, J. B. P.; SILVA, M. T. C.; JORDÃO, C. P. Cloraminas orgânicas uma solução para evitar a formação de trihalometanos no processo de desinfecção de águas para abastecimento público. *Revista de Higiene Alimentar*: v. 15, n. 90/91, p. 93 – 103, Nov./Dez., 2001.

MÁRSICO, E.T.; MANO, S.B. *Tópicos em Controle Físico-Químico de Produtos de Origem Animal*. Departamento de Tecnologia de Alimentos; Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2008.

MEDEIROS, L. C.; KENDALL, P; HILLERS, V.; CHEN, G.; DiMASCOLA, S. identification and classification of consumer food-handling behaviors for food safety education. *J. Am. Diet. Assoc.*: v. 101, p. 1326 – 1339, 2001.

MEDEIROS, R. C. *Comparação da resistência de protozoários patogênicos – Giardia spp. e Cryptosporidium spp. – e de microrganismos indicadores à desinfecção seqüencial Cloro-Radiação Ultravioleta e Ozônio – Radiação Ultravioleta*. São Paulo, 2010. 210 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MEYER, S. T. O uso do cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. *Cadernos de Saúde Pública*: v. 10, n. 1, p. 99 – 110, Jan./Mar., 1994.

MICHELINA, A. F.; BRONHAROA, T. M.; DARÉB, F.; PONSANOC, E. H. G. Qualidade microbiológica de águas de sistemas de abastecimento público da região de Araçatuba, SP. *Revista de Higiene Alimentar*: v. 20, n. 147, p. 38 – 39, Dez., 2006.

MINÇON FILHO, R. Desinfecção de Água. In: _____. *Ações básicas para proteção, limpeza e desinfecção de reservatórios de água potável*. São Paulo: CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2007. 142 p., 2 v. v. 1, p. 47 - 112.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Programa nacional de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para o consumo humano*. Brasília: Ministério da Saúde, 2004. 43 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. *Doenças infecciosas e parasitárias: guia de bolso*. 6 ed., Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 320 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006a. 284 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006b. 60 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Inspeção sanitária em abastecimento de água*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006c. 84 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Dados Epidemiológicos – DTA/Período de 2000 a 2011**. Unidade Técnica de Doenças de Veiculação Hídrica e Alimentar/Coordenação Geral de Doenças Transmissíveis/Secretaria de Vigilância em Saúde. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/dados_epidemiologicos_dta_15911.pdf> Acesso em: 5 de Outubro de 2011.

OMS: ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. *Guidelines for drinking-water quality*. 3 ed. Geneva: WHO, 2006. 515 p. v. 1.

OMS: ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. *La carga de enfermedad y los estimados de costo-eficacia*. 2003. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/burden/es/print.html>. Acesso em: 25 de Novembro de 2010a.

OMS: ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. *Cólera en Haití - Actualización N°3*. Disponível em: <http://www.who.int/csr/don/2010_11_17/es/index.html>. Acesso em: 22 de Novembro de 2010b.

OMS: ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. *Boletín Del grupo de acción sanitaria – Brote de cólera em Haiti – Lunes, 10 de enero de 2011 – Boletín N°13*. Disponível em: <http://www.who.int/csr/don/2011_01_10/es/index.html>. Acesso em: 13 de Janeiro de 2011a.

OMS: ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. *Inquietud acerca de la crisis nuclear en el Japón - Preguntas frecuentes*. Disponível em: <http://www.who.int/hac/crisis/jpn/faqs/es/index.html>. Acesso em: 21 de Maio de 2011b.

OMS: ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. *Cólera – Nota Informativa N° 107*. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs107/es/index.html>>. Acesso em: 21 de Outubro de 2011c.

PARDI, M. C.; SANTOS, I.F.; SOUZA, E.R.; PARDI, H.S. *Ciência, Higiene e Tecnologia da carne*. 2 ed. Goiânia: UFG, 2001. 623 p., v.1.

PEREIRA, M. G. Conceitos Básicos de Epidemiologia. In:_____. *Epidemiologia: Teoria e Prática*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995. 598 p. cap. 1, p. 1 – 14.

PUBLIC HEALTH AGENCY OF CANADA. *Pathogen safety data sheet – Infectious substances/Section I – Infectious agent/Enterobacter*. Disponível em: <<http://www.phac-aspc.gc.ca/lab-bio/res/psds-ftss/enterobacter-eng.php>>. Acesso em: 25 de Outubro de 2011.

QUÍMICA AMBIENTAL. *Tratamento da água*. Educação ambiental e Cidadania. USP, São Paulo, SP, 2008. Disponível em: <<http://usp.br/qambiental/tratamentoAgua.html#ciclodaaGua>>. Acesso em 26 de Outubro de 2010.

QUINN, P. J.; MARKEY, B. K.; CARTER, M. E.; DONNELLY, W. J.; LEONARD, F. C. *Microbiologia Veterinária e Doenças Infeciosas*. Porto Alegre: Artmed, 2005. 512 p.

RAMOS, G. D. M.; MACHADO JUNIOR, H. F.; SILVA, V. L.; CASTELAN, F. G.; GUERRA, A. F.; FERNANDES, M. M.; GASPARGAR, A. Qualidade microbiológica da água consumida pela população do Distrito do Sana, Macaé, Rio de Janeiro. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*. v. 67, n. 2, p. 100 – 105, Jul., 2008.

RICHTER, C. A. *Água: Métodos e tecnologia de tratamento*. São Paulo: Edgard Blücher, 2009. 352 p.

RIO DE JANEIRO. Governo do Rio de Janeiro. *Município de Areal*. Disponível em: <<http://www.governo.rj.gov.br/municipal.asp?m=22>>. Acesso em: 27 de Outubro de 2010.

RIO DE JANEIRO. Governo do Rio de Janeiro. *Vigilância em Saúde/Vigilância Epidemiológica e Ambiental/VIGIÁGUA*. Disponível em: <<http://www.saude.rj.gov.br/servicos-vigilancia-em-saude/vigilancia-em-saude-vigilancia-epidemiologica-e-ambiental/2168-VIGIÁGUA>>. Acesso em: 04 de Agosto de 2011.

RODRIGUES, K. L.; GOMES, J. P.; CONCEIÇÃO, R. C. S.; BROD, C. S.; CARVALHAL, J. B.; ALEIXO, J. A. G. Condições higiênico-sanitárias no comércio ambulante de alimentos em Pelotas – RS. *Revista de Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, v. 23, n. 3, p. 447 – 452, Set./Dez., 2003.

SANTOS, C. L. *O controle de trihalometanos (THM) nas águas de abastecimento público*. São Paulo, 1988. 217 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

SEOANE, G. A. Calidad Del agua de fuentes públicas e pozos particulares, com especial referencia al Término Municipal de Vigo. *Rev. Sanid. Hig. Pública*: v. 62, p. 1303 – 1316, 1988.

SOUSA, C. P. Segurança alimentar e doenças veiculadas por alimentos: utilização do grupo coliforme como um dos indicadores de qualidade de alimentos. *Revista APS*: v. 9, n. 1, p. 83 – 88, Jan./Jun., 2006.

THRUSFIELD, M. *Veterinary Epidemiology*. 2 ed. Malden: Blackwell Science, 1995. 483 p.

URQUART, G. M.; ARMOUR, J.; DUNCAN, J. L.; JENNINGS, F. W. *Parasitologia Veterinária*. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. 273 p.

ZARPELON, A.; RODRIGUES E. M. *Os trihalometanos na água de consumo humano*. Disponível em: <<http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/v17/TRIHALOMETANOS.htm>>. Acesso em: 20 de Dezembro de 2010.