

Avaliação da presença e quantificação de coliformes totais e *Escherichia coli* em amostras de água destinada ao consumo humano proveniente de poços artesianos

Evaluation of the presence and quantification of total coliforms and *Escherichia coli* in samples of water intended for human consumption from artesian wells

Caroline Rodrigues da Silva¹, Matheus Silva Sanches², Bruno Henrique Gonçalves de Aguiar Milhim³, Sérgio Paulo Dejato da Rocha⁴, Jacinta Sanchez Pelayo⁵

Resumo

A água é indispensável à vida e a sua contaminação com microrganismos patogênicos oferece grande risco à saúde humana, podendo causar doenças que variam de gastroenterites brandas a doenças fatais. Dessa forma, a água para o consumo humano deve estar livre de microrganismos patogênicos e não deve conter bactérias indicadoras de contaminação fecal, sendo a *Escherichia coli* o principal representante desse grupo de bactérias. Tendo em vista a importância da potabilidade da água para a saúde, o presente trabalho teve por objetivo verificar a qualidade bacteriológica da água utilizada para o consumo humano proveniente de 200 poços artesianos localizados na cidade de Cambé/Paraná, no período de 2013 a 2017, utilizando-se para tanto a análise da presença de coliformes totais e de *E. coli* como indicador de contaminação fecal. A metodologia empregada para a pesquisa de coliformes totais e *E. coli* foi o método do substrato cromogênico *Colilert*[®]. Dentre as 200 amostras analisadas, 113 (56,5%) estavam contaminadas com coliformes totais e 35 (17,5%) com *E. coli*. As análises realizadas durante o período de cinco anos possibilitaram encontrar 14 (7%) amostras de água tratadas que apresentavam contaminação por bactérias do grupo coliforme. A partir dos resultados obtidos nesse trabalho, espera-se conscientizar tanto a população quanto os órgãos públicos sobre a importância do controle da qualidade da água para a prevenção de doenças transmitidas por esse meio.

Palavras-Chave: Qualidade da água. *Escherichia coli*. Poço artesiano.

1 Mestre em Microbiologia pela Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil.

2 Mestrando em Microbiologia pela Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil.

3 Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil.

4 Doutorado em Ciências (Biotecnologia) pela Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. Professor Adjunto do Departamento de Microbiologia da Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil.

5 Doutorado em Ciências Biológicas (Microbiologia) pela Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. Professor Associado do Departamento de Microbiologia da Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: jspelayo@gmail.com

Abstract

Water is essential for life and its contamination by pathogenic microorganisms offers great risk to human health and may cause illnesses ranging from mild gastroenteritis to life threatening diseases. Thus, water for human consumption should be free of pathogenic microorganisms and must not contain indicators of faecal contamination such as *Escherichia coli* presence. Given the importance of drinking water quality for health, this study aimed to verify the bacteriological quality of water used for human consumption from 200 artesian wells located in the city of Cambé - Paraná, from 2013 to 2017. The methodology used for the research of total coliforms and *E. coli* was the Colilert® chromogenic substrate method. Among the 200 analysed water samples, 113 (56.5%) were contaminated with total coliforms and 35 (17,5%) with *E. coli*. The analyses carried out during the five-year period allowed finding 14 (7%) treated water samples that showed contamination by bacteria of the coliform group. Based on the results obtained in this study, it is expected that both the population and the public agencies will be aware of the importance of water quality control for the prevention of diseases transmitted by this means.

Keyword: Water quality. *Escherichia coli*. Artesian wells.

Introdução

A água é indispensável à vida e a sua contaminação por microrganismos patogênicos oferece grande risco à saúde humana, podendo causar doenças que variam de gastroenterites a doenças fatais. O monitoramento da qualidade da água destinada ao consumo humano pode ser realizado pela determinação da presença e contagem de coliformes totais e *Escherichia coli* presentes em uma amostra, os quais indicam a qualidade da água.⁽¹⁾

Dentre os meios de captação de água subterrânea, estão incluídas as formas de construções de captações, tais como poço artesiano. Este, em especial, é dividido em raso e profundo. Em sua maioria, os rasos são empregados para abastecimentos individuais na zona rural e sua profundidade raramente ultrapassa 20 metros. Já os profundos ultrapassam os 20 metros de profundidade e, por conseguinte, a sua vazão de água é maior.⁽²⁾

O *Joint Monitoring Programme* (JMP) classifica os poços artesianos, também nomeados de poços perfurados, como fontes de água melhoradas, sendo estes protegidos naturalmente pela própria natureza de construção. Desta forma, a água proveniente de poços artesianos é considerada protegida de contaminação externa, em particular de origem fecal.⁽³⁾

A água destinada ao consumo é um notável veículo de transmissão de doenças ao homem, destacando-se entre essas as gastroenterites de caráter infeccioso. As doenças transmitidas por meio da água são em sua maioria, causadas por microrganismos patogênicos encontrados nas fezes de animais endotérmicos, transmitidos pela via fecal-oral.⁽⁴⁾ O risco de surtos de doenças transmitidas pela ingestão de água contaminada, especialmente na zona rural é considerável, tendo em vista que muitos locais utilizam de poços antigos, inadequadamente vedados e próximos a fossas e criações de animais.^(1,5)

Os coliformes totais não são úteis como indicadores de contaminação fecal, mas a sua presença na água pode ser utilizada para revelar a eficácia do tratamento, bem como revelar a limpeza e a integridade dos sistemas de distribuição. *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter* são os principais gêneros representantes do grupo coliformes, este que inclui as espécies tanto fecais quanto ambientais.⁽⁶⁾

Em 1986, a *Environmental Protection Agency* (EPA) dos Estados Unidos recomendou o uso de *E. coli* como organismo indicador de contaminação para a água doce. A presença de *E. coli* em água indica contaminação por material fecal de animais endotérmicos, além de um alto potencial de presença

de organismos patogênicos.⁽⁷⁾ *E. coli* também é de grande importância clínica, por se tratar de um dos principais agentes causais de diarreia em crianças nos países em desenvolvimento.⁽⁸⁾

A maioria das *E. coli* são consideradas não patogênicas, no entanto, existem algumas cepas que adquiriram fatores de virulência durante o processo de evolução e passaram a representar um sério risco a saúde humana. Cepas patogênicas de *E. coli* que causam infecções intestinais são conhecidas como *E. coli* diarreioagênica (DEC), e os patótipos que representam esse grupo já foram identificados em vários surtos de diarreia relacionados ao consumo de água contaminada em todo o mundo.⁽⁹⁾

A *E. coli* do sorotipo O157:H7 é responsável por causar diarreia, colite hemorrágica (CH) e síndrome hemolítica urêmica (SHU), estando relacionada com uma das maiores epidemias de diarreia, que ocorreu na cidade de Walkerton, Ontário - Canadá, em maio de 2000, onde 2.300 pessoas desenvolveram gastroenterite e sete morreram por consumo de água contaminada.⁽¹⁰⁾ Outros patótipos de DEC como a *E. coli* enteropatogênica (EPEC), *E. coli* enterohemorrágica (EHEC), *E. coli* enteroagregativa (EAEC) e *E. coli* enterotoxigênica (ETEC) também já foram associadas a surtos de gastroenterite pelo consumo de água contaminada.^(11,12)

Tendo em vista a importância da potabilidade da água para saúde, o presente trabalho tem por objetivo verificar a qualidade bacteriológica da água utilizada para o consumo humano proveniente de poços artesianos na cidade de Cambé/Paraná durante um período de cinco anos, utilizando-se para tanto, a análise da presença de coliformes totais e de *E. coli* como indicador de contaminação fecal.

Material e Métodos

Área de estudo

As amostras de água foram coletadas em poços artesianos no município de Cambé-PR. Localizado na porção Norte do território Paranaense, possui

área territorial de 494,685km², e população estimada em 96.733 habitantes, perfazendo uma densidade demográfica de 194,98hab./km².⁽¹³⁾

Amostras de água

O presente estudo avaliou a qualidade microbiológica da água tratada e não tratada (*in natura*) de 200 poços artesianos, localizados na zona rural e urbana da cidade, no período de 2013 a 2017, sendo o poço considerado a unidade amostral. As amostras de água *in natura* não recebiam nenhum tipo de tratamento químico, diferentemente das amostras de água tratadas, que continham uma bomba dosadora de cloro no poço artesiano da propriedade. Nenhum dos poços avaliados nesse estudo pertenciam ao Sistema de Abastecimento de Água (SAA) da cidade fornecido pela companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR).

Coleta e transporte das amostras de água

As amostras foram coletadas em frascos de vidro de 500 mL esterilizados, contendo 500 µL de Tiosulfato de sódio 1.8% (Difco®, USA), por técnicos da Vigilância Sanitária do município, e foram transportadas em caixas de isopor resfriadas com gelo reciclável até o Laboratório de Bacteriologia (Departamento de Microbiologia-Centro de Ciências Biológicas) da Universidade Estadual de Londrina (UEL), mantidas a 4°C até o início da análise. O período decorrido entre a coleta das amostras de água e o início das análises foi, no máximo, de seis horas.

Análise microbiológica das amostras pela técnica do Colilert

A técnica utilizada para detecção e quantificação de coliformes totais e *E. coli* foi a do substrato cromogênico Colilert (SOVEREIGN – USA), aprovado pela U.S EPA. Esse método utiliza a tecnologia do substrato definido

(Defined Substrate Technology - DST) para a investigação da presença de coliformes totais e *E. coli*. O substrato Colilert contém triptose, o-nitrofenil- β -D-galactopiranosídeo (ONPG) e 4-methylumbelliferyl- β -D-glucuronide (MUG), sendo as principais fontes de carbono e energia para a bactéria e, além disso, indicadores da presença de coliformes. A enzima β -galactosidase presente nos coliformes totais metaboliza o ONPG, produzindo uma coloração amarela, indicando sua presença. A enzima β -glucuronidase presente em *E. coli* metaboliza o MUG, resultando em uma coloração azul fluorescente, indicando a presença de *E. coli*.

Procedimento técnico para análise

Em um frasco estéril, contendo 100 mL da amostra de água a ser analisada, acrescentou-se asepticamente uma ampola do substrato Colilert. Homogeneizou-se levemente e transferiu-se para a cartela Quanti-Tray (WP2000), constituída por 49 cavidades grandes e 48 pequenas. Selou-se a cartela, utilizando-se a seladora *Quanti Tray Sealer* (IDEXX/SOVEREIGN - USA) e esta foi incubada a 35°C (+/- 2°) por 24 horas. Após o período de incubação, as cartelas foram interpretadas, sendo considerado positivo para a presença de coliformes totais quando a água localizada nas cavidades da cartela apresentou coloração amarela. Para verificar a presença de *E. coli*, a cartela foi submetida a lâmpada de luz ultravioleta (365 nm), e as cavidades amarelas que apresentaram coloração azul-fluorescente indicam a presença de *E. coli*. Quando as cavidades permaneceram incolores, infere-se o resultado negativo para a presença de bactérias do grupo coliforme. O número de poços positivos é convertido em Número Mais Provável (NMP), por meio de uma tabela de conversão que fornece contagens de 01 a >2.419 NMP/100 mL.

Análise estatística

Para análise estatística foram utilizados os testes de Qui-quadrado, Fisher e Mann Whitney, através do software BioEstat 5.0 (Analystsoft, CA). Valores de $p < 0.05$ foram considerados significativos.

Resultados e Discussão

No total, foram analisadas 200 amostras de água no período de 2013 a 2017. Dessas, 150 (75%) eram não tratadas e 50 (25%) tratadas. Das 200 amostras, 113 (56,5%) estavam contaminadas, sendo 78 (69,03%) com coliformes totais e 35 (30,97%) com coliformes totais e *E. coli*. Entre as 150 amostras não tratadas 99 (66%) estavam contaminadas, e das 50 amostras tratadas 14 (28%) estavam contaminadas.

Das 150 amostras não tratadas 51 (34%) não estavam contaminadas, e entre as 50 amostras tratadas 36 (72%) não estavam contaminadas, dessa forma houve diferença significativa ($p < 0.0001$) entre as amostras tratadas e não tratadas em relação a não contaminação.

Em 2013, foram analisadas 23 amostras, no qual 15 (65,22%) estavam contaminadas. Das 17 amostras de água não tratada, 14 (82,35%) apresentaram coliformes totais, dessas, apenas uma (7,14%) apresentou *E. coli*. Dentre as seis amostras de água tratada, apenas uma (16,66%) apresentou contaminação por coliformes totais e nenhuma continha *E. coli*. Dessa forma, houve diferença significativa em relação aos coliformes totais das amostras ($p = 0.0086$), o que não aconteceu para a presença de *E. coli* nas amostras analisadas nesse ano ($p = 1$). A prevalência de coliformes totais e *E. coli* em relação a água tratada ou não tratada de acordo com cada ano é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Prevalência de coliformes totais e *Escherichia coli* entre 200 amostras de águas de poços artesianos em Cambé/PR – 2013 a 2017.

	Não tratada	Tratada	Valor-p
	N/total (%)	N/total (%)	
Não contaminadas	51/150 (34)	36/50 (72)	<0,0001
Contaminadas	99/150 (66)	14/50 (28)	
2013			
Coliformes totais	14/17 (82,35)	1/6 (16,66)	0,0086
<i>E. coli</i>	1/14 (7,14)	0/1 (0)	1
2014			
Coliformes totais	7/17 (41,17)	3/14 (21,42)	0,1078
<i>E. coli</i>	4/7 (57,14)	0/3 (0)	0,2802
2015			
Coliformes totais	34/57 (59,64)	1/7 (14,28)	0,0401
<i>E. coli</i>	7/34 (20,58)	1/1 (100)	0,2286
2016			
Coliformes totais	22/35 (62,86)	3/8 (37,5)	0,2472
<i>E. coli</i>	9/22 (40,90)	2/3 (66,66)	0,5648
2017			
Coliformes totais	22/24 (91,66)	6/15 (40)	0,0009
<i>E. coli</i>	10/22 (45,45)	1/6 (16,66)	0,3547

Fonte: Autores

Em 2014, de um total de 31 amostras, 10 (32,3%) estavam contaminadas. Dentre as 17 amostras não tratadas, sete (41,17%) apresentaram coliformes totais, no qual quatro dessas (57,14%) apresentaram *E. coli*. Além disso, foram encontrados coliformes totais em três (21,42%) das 14 amostras tratadas. Assim, não houve diferença significativa entre as amostras tratadas e não tratadas em relação aos coliformes totais ($p=0.1078$) e *E. coli* ($p=0.2802$).

Das 64 amostras analisadas no ano de 2015, 35 (54,68 %) apresentaram contaminação. Das 57 amostras não tratadas 34 (59,64%) estavam contaminadas por coliformes totais, dessas, sete (20,58%) apresentaram *E. coli*. Apenas uma (14,28%) das sete amostras tratadas foi positiva para presença de coliformes totais e *E. coli*. Desta maneira, houve

diferença significativa em relação aos coliformes totais das amostras tratadas e não tratadas ($p=0.0401$), o que não ocorreu para a presença de *E. coli* ($p= 0.2286$).

Das 43 amostras de água analisadas no ano de 2016, 25 (58,12%) estavam contaminadas. Das 35 amostras não tratadas 22 (62,86%) estavam contaminadas por coliformes totais, dessas, nove (40,90%) apresentaram *E. coli*. Dentre as oito amostras tratadas, três (37,5%) estavam contaminadas por coliformes totais e, dessas, duas (66,66%) apresentaram *E. coli*. Neste ano não houve diferença significativa entre as amostras tratadas e não tratadas em relação aos coliformes totais ($p= 0.2472$) e *E. coli* ($p= 0.5648$).

Em 2017, 39 amostras de água foram analisadas, no qual 28 (71,79%) estavam contaminadas. Dentre as 24 amostras não tratadas 22 (91,66%) estavam contaminadas por coliformes totais, e, dessas, 10 (45,45%) apresentaram *E. coli*. Das 15 amostras tratadas seis (40%) estavam contaminadas por coliformes totais, e, dessas, uma (16,66%) apresentou *E. coli*. Dessa forma, houve diferença significativa entre as amostras tratadas e não tratadas em relação aos coliformes totais ($p= 0.0009$) o que não foi verificado para *E. coli* ($p= 0.3547$).

No que se refere ao NMP de bactérias nas amostras de águas contaminadas, não houve diferença significativa na quantidade de coliformes totais ($p=0.3058$) e de *E. coli* ($p=0.8969$) entre as amostras de água tratada ou *in natura*. O NPM de coliformes totais e *E. coli* referentes aos anos de 2013 a 2017 estão apresentados nas Tabelas 2, 3, 4 e 5.

Tabela 2 – Número Mais Provável (NMP/100mL) de coliformes totais e *E. coli* nas amostras de águas contaminadas de poços artesianos em Cambé/PR – 2014.

Amostra	Coliformes totais	<i>E. coli</i>	Tipo de amostra
16	574,8	Ausente	Tratada
17	920,8	Ausente	Tratada
18	1413,6	1203,3	<i>In natura</i>
19	648,8	Ausente	<i>In natura</i>
20	316,9	Ausente	Tratada
21	121,2	23,5	<i>In natura</i>
22	85,5	9,5	<i>In natura</i>
23	95,8	10,6	<i>In natura</i>
24	60,2	Ausente	<i>In natura</i>
25	488,4	Ausente	<i>In natura</i>

Fonte: Autores.

Tabela 3 – Número Mais Provável (NMP/100mL) de coliformes totais e *E. coli* nas amostras de águas contaminadas de poços artesianos em Cambé/PR – 2015.

Amostra	Coliformes totais	<i>E. coli</i>	Tipo de amostra
26	>2419,6	Ausente	<i>In natura</i>
27	119,8	27,5	<i>In natura</i>
28	240	145,5	<i>In natura</i>
29	29,2	Ausente	<i>In natura</i>
30	129,1	Ausente	<i>In natura</i>
31	52,8	Ausente	<i>In natura</i>
32	25,4	Ausente	<i>In natura</i>
33	46,4	Ausente	<i>In natura</i>
34	129,1	Ausente	<i>In natura</i>
35	59,1	Ausente	<i>In natura</i>
36	46,2	Ausente	<i>In natura</i>
37	86	Ausente	<i>In natura</i>
38	75,9	Ausente	<i>In natura</i>
39	1413,6	Ausente	<i>In natura</i>
40	1011,2	Ausente	<i>In natura</i>

continue

continuation

41	>2419,6	Ausente	<i>In natura</i>
42	1203,3	Ausente	<i>In natura</i>
43	1046,2	Ausente	<i>In natura</i>
44	122,3	Ausente	<i>In natura</i>
45	960,6	Ausente	<i>In natura</i>
46	31,5	Ausente	<i>In natura</i>
47	>2419,6	8,6	<i>In natura</i>
48	79,47	Ausente	<i>In natura</i>
49	1732,9	5,2	<i>In natura</i>
50	1732,9	Ausente	<i>In natura</i>
51	290,9	Ausente	<i>In natura</i>
52	1119,9	4,1	<i>In natura</i>
53	>2419,6	148,3	<i>In natura</i>
54	29,2	Ausente	<i>In natura</i>
55	18,5	Ausente	<i>In natura</i>
56	960,6	188,7	Tratada
57	48,8	Ausente	<i>In natura</i>
58	14,4	Ausente	<i>In natura</i>
59	191,8	14,4	<i>In natura</i>
60	19,9	Ausente	<i>In natura</i>

Fonte: Autores

Tabela 4 – Número Mais Provável (NMP/100mL) de coliformes totais e *E. coli* nas amostras de águas contaminadas de poços artesianos em Cambé/PR – 2016.

Amostra	Coliformes totais	<i>E. coli</i>	Tipo de amostra
61	160,7	Ausente	<i>In natura</i>
62	204,6	49,5	<i>In natura</i>
63	6,3	Ausente	<i>In natura</i>
64	365,4	Ausente	Tratada
65	116,2	Ausente	<i>In natura</i>
66	>2419,6	Ausente	<i>In natura</i>
67	52,0	Ausente	<i>In natura</i>
68	1732,9	116,6	<i>In natura</i>
69	960,6	Ausente	<i>In natura</i>
70	41,1	24,2	<i>In natura</i>
71	4,1	Ausente	<i>In natura</i>
72	816,4	Ausente	<i>In natura</i>
73	1732,9	5,2	Tratada
74	17,5	Ausente	<i>In natura</i>
75	1732,9	18,5	<i>In natura</i>
76	52,1	Ausente	<i>In natura</i>
77	1553,1	103,1	<i>In natura</i>
78	1986,3	155,3	<i>In natura</i>
79	119,9	6,3	Tratada
80	>2419,6	21,8	<i>In natura</i>
81	43,2	Ausente	<i>In natura</i>
82	>2419,6	27,5	<i>In natura</i>

continue

continuation

83	146,4	Ausente	<i>In natura</i>
84	119,9	Ausente	<i>In natura</i>
85	238,2	19,8	<i>In natura</i>

Fonte: Autores**Tabela 5** – Número Mais Provável (NMP/100mL) de coliformes totais e *E. coli* nas amostras de águas contaminadas de poços artesianos em Cambé/PR – 2017.

Amostra	Coliformes totais	<i>E. coli</i>	Tipo da amostra
86	524,7	Ausente	<i>In natura</i>
87	109,9	Ausente	Tratada
88	2,0	Ausente	<i>In natura</i>
89	1203,3	214,3	<i>In natura</i>
90	172,7	56,1	<i>In natura</i>
91	791,5	104,3	<i>In natura</i>
92	45,0	10,4	<i>In natura</i>
93	224,7	Ausente	Tratada
94	322,5	Ausente	<i>In natura</i>
95	125,9	Ausente	<i>In natura</i>
96	129,5	Ausente	Tratada
97	116,3	Ausente	<i>In natura</i>
98	98,3	Ausente	<i>In natura</i>
99	160,7	Ausente	<i>In natura</i>
100	129,5	Ausente	Tratada
101	365,4	Ausente	<i>In natura</i>
102	816,4	Ausente	<i>In natura</i>
103	261,3	Ausente	<i>In natura</i>
104	1299,7	248,1	Tratada
105	1553,1	52,1	<i>In natura</i>
106	159,7	4,1	<i>In natura</i>
107	1553,1	57,3	<i>In natura</i>
108	2419,6	Ausente	<i>In natura</i>
109	307,6	Ausente	Tratada
110	308,8	Ausente	<i>In natura</i>
111	770,1	15,3	<i>In natura</i>
112	1119,9	37,3	<i>In natura</i>
113	960,6	18,5	<i>In natura</i>

Fonte: Autores

Em relação à qualidade da água destinada ao consumo humano, a Portaria nº2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde⁽¹⁴⁾ determina que não seja encontrada a presença de coliformes totais e *E. coli* em 100 mL de água analisada. De acordo com a portaria citada, 113 (56,5%) das 200 amostras analisadas no período de

2013 a 2017 estavam inapropriadas para consumo, pois continham bactérias do grupo coliforme.

A presença de *E. coli* em água destinada ao consumo indica sério risco de contaminação microbiana à saúde humana, visto que essas não estão condizentes com o padrão sanitário exigido pela legislação. A alta contagem de *E. coli* em fontes

de água é um forte indicador de contaminação fecal recente,⁽¹⁵⁾ e pode sinalizar a possível presença de microrganismos patogênicos, como rotavírus e *Samonella spp.*⁽¹⁶⁾

O conhecimento de que a presença de coliformes totais e *E. coli* sinalizam a possível presença de bactérias patogênicas é confirmado por Kilungo et al.,⁽¹⁷⁾ que avaliou a qualidade microbiológica da água de três tipos de poços distintos, escavados, perfurados e bomba de corda. Estes autores concluíram que todos os modelos de poços apresentaram vulnerabilidade de contaminação por coliformes totais e *E. coli*, bem como a presença de bactérias com grande potencial patogênico.

Das 113 amostras contaminadas por bactérias do grupo coliformes, 14 (12,39%) estavam classificadas como água tratada e apresentaram contaminação, sendo 10 (71,43%) amostras contaminadas por coliformes totais e quatro (28,57%) por coliformes totais e *E. coli*. Tais resultados podem indicar um tratamento inadequado quanto ao uso do cloro, sendo este aplicado em concentrações insuficientes ou não fazendo parte da manutenção da qualidade da água dos poços artesianos. O tratamento da água *in natura* com cloro visa eliminar vários microrganismos que estão presentes, tendo grande eficácia contra agentes bacterianos. Sabendo-se que a cloração é um método de tratamento profilático de fácil aplicação, econômico e confiável, é vantajoso que a água destinada ao consumo tenha um teor de cloro adequado de no mínimo 0,5 mg/L, a fim de prevenir possíveis contaminações durante o processo de distribuição.⁽¹⁸⁾

Moraesa e Jordão⁽¹⁹⁾ apontam a presença de fossas sépticas ou sistemas de eliminação semelhantes em áreas inadequadas e a drenagem artificial em áreas de aplicação de resíduos, tal como excremento, como as principais causas de contaminação das águas subterrâneas, ressaltando que o acúmulo de matéria orgânica na água favorece a multiplicação e permanência dos microrganismos. Embora a água subterrânea seja mais protegida do que a água da

superfície, ainda está sujeita à poluição e, quando esta ocorre, a restauração ao estado original, não poluída, é geralmente mais difícil, custosa e demorada.⁽²⁰⁻²¹⁾

Um estudo realizado por Maran et al.⁽²²⁾ avaliou a presença de coliformes totais e *E. coli* em água de poços perfurados, tais como artesianos, em duas cidades distintas, e detectou a presença de coliformes totais em 35,90% e de *E. coli* em 10,25% das amostras analisadas. Os resultados encontrados em nossa pesquisa diferem-se desta em relação à quantidade de amostras inapropriadas para consumo, sendo que nossos resultados apresentam quase o dobro de contaminação em relação às amostras contaminadas com coliformes totais e o triplo em relação a *E. coli*, o que evidencia maior contaminação da água por material de origem fecal. A porcentagem de amostras de águas contaminadas por *E. coli* no presente estudo também foi semelhante à realizada por Souza et al.⁽²³⁾ que avaliaram a presença de *E. coli* em amostras de águas oriundas de poços artesianos em Fernandópolis-SP e constataram que 20% destas estavam contaminadas.

Macedo, Rempel e Maciel⁽²⁴⁾ analisaram amostras de água oriundas de poços artesianos em dois momentos distintos e concluíram que, 53,3% das amostras na primeira coleta estavam contaminadas com coliformes totais enquanto que na segunda coleta todas as amostras apresentaram contaminação. Em relação à presença de *E. coli*, 40% das amostras estavam contaminadas na primeira e 80% na segunda coleta. Souza et al.⁽²⁵⁾ justificam a variação de amostras contaminadas entre as coletas pela ocorrência de chuvas, visto que a sua ocorrência tende a aumentar a concentração de coliformes devido ao aumento do escoamento superficial. Os resultados apresentados na primeira coleta assemelham-se aos do presente trabalho em relação à contaminação por coliformes totais, evidenciando um número semelhante de amostras contaminadas.

Ao longo dos cinco anos de análises da qualidade microbiológica da água de poços artesianos do município de Cambé – PR foi possível constatar

que, em todos os anos houveram contaminação pelos indicadores pesquisados, no qual grande parte das amostras estavam contaminadas e em desacordo com a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, em que são estabelecidos os valores máximos permissíveis para os parâmetros microbiológicos.

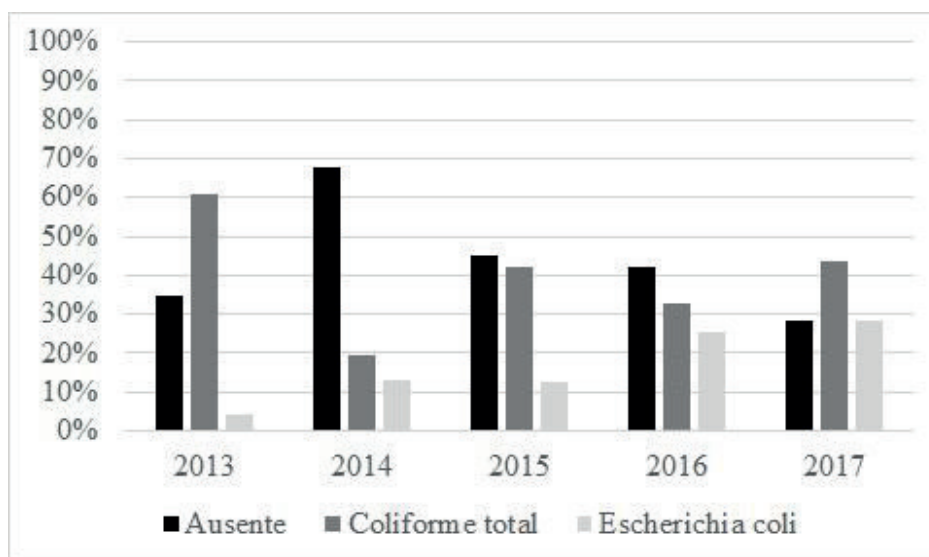
De todas as amostras analisadas, referentes ao ano de 2014 foram as de melhor qualidade em relação aos parâmetros microbiológicos pesquisados, estando 67,7% das amostras analisadas potáveis para consumo. Os outros anos apresentaram uma quantidade maior de amostras inapropriadas para consumo quando comparados com o ano de 2014. Dados apresentados na Figura 1.

Após a análise microbiológica das amostras de água dos poços artesianos constatou-se que mais da metade (56,5%) das amostras avaliadas não estavam condizentes com os parâmetros bacteriológicos exigidos pelo Ministério da Saúde. Além disso, 35 (17,5%) das amostras analisadas foram positivas

para a presença de *E. coli*, um determinante indicador de contaminação fecal, qual pode sinalizar a presença de vários outros microrganismos patogênicos. Sendo assim, compreender a origem da poluição fecal é fundamental para a avaliação dos riscos associados à saúde, bem como para executar as ações necessárias para a correção do problema, enquanto ele ainda subsistir.⁽²⁶⁾

As doenças diarreicas causadas por patótipos de *E. coli* representam um considerável problema de saúde pública nos países em desenvolvimento, no qual as pessoas com poucos recursos financeiros e condições higiênico-sanitárias precárias são as mais prejudicadas pelas doenças bacterianas adquiridas por meio da ingestão de água contaminada.⁽²⁷⁾ Dessa forma, é de extrema importância que a água destinada a consumo humano esteja livre de *E. coli*, pois se essa eventualmente estiver presente na água e possuir fatores de virulência poderá ocasionar sérios problemas à saúde.

Figura 1 - Índice de contaminação das amostras de água analisadas em Cambé/PR de 2013 a 2017 (%).



Em 1989, na cidade de Cabool, Missouri, nos Estados Unidos da América (EUA), ocorreu um surto de *E. coli* 0157:H7, causando quatro mortes devido ao suprimento de água subterrânea não clorada.⁽²⁸⁾

Em 2015, na Coréia do Sul, 188 indivíduos de três escolas apresentaram sintomas gastrointestinais agudos após frequentar um acampamento escolar, o surto foi associado ao consumo de água subterrânea

contaminada por DEC, no qual foram isoladas EPEC, EHEC e EAEC.⁽¹²⁾ Além desses, outros surtos e casos esporádicos de doenças microbianas são relatados devido à ingestão de água subterrânea contaminada em diversos lugares do mundo.⁽¹⁰⁾

Seoane⁽²⁹⁾relata que o consumo de água de fontes por um longo período, associado a não ocorrência de problemas evidentes e ao aspecto favorável da água, garante aos consumidores a impressão de pureza e qualidade. As mesmas impressões também são relatadas por Amaral et al.⁽³⁰⁾ que avaliaram a qualidade microbiológica da água de poços artesianos destinada a consumo humano, no qual 100% dos consumidores entrevistados consideraram a água consumida de boa qualidade, embora 83% das amostras analisadas foram classificadas como inapropriada para consumo de acordo com a legislação.

Haijoubi et al.⁽³¹⁾ verificaram a qualidade da água oriunda de poços nas áreas rurais do Marrocos e atribuíram a contaminação como sendo falta de higiene, pois a maioria dos poços contaminados não foram construídos corretamente, sendo estes a céu aberto e privados de tampa, o que possivelmente implicou na falta de segurança destas fontes de água. Assim, é necessário que os consumidores de água subterrânea sejam cautelosos ao construir um poço, ou consumir a água do mesmo, a fim de evitar contaminações por microrganismos patogênicos.

É evidente o expressivo número de poços artesianos neste e em outros estudos que se encontram fora dos padrões microbiológicos exigidos, qual evidencia o risco potencial em que os consumidores dessa fonte estão submetidos. Assim, é necessário reforçar a necessidade de monitoramento constante por parte dos órgãos competentes e pelos próprios consumidores a fim de adotar medidas de controle da qualidade e tratamento desta fonte de água subterrânea. Além disso, os consumidores devem adotar atitudes profiláticas, tais como ferver a água antes de consumir, fazer o uso de filtros de água, verificar se a dosagem de cloro está adequada ou

até mesmo adotar o sistema de distribuição de água local, a fim de evitar riscos à saúde.

Referências

- 1 Daud MK, Nafees M, Ali S, Rizwan M, Bajwa RA, Shakoor MB, et al. Drinking water quality status and contamination in Pakistan. *Biomed Res Int.* 2017;2017:1-18. Doi: 10.1155/2017/7908183.
- 2 Heller L, Pádua VL. Abastecimento de água para consumo humano. 2a ed. Belo Horizonte: UFMG; 2010.
- 3 World Health Organization [WHO], The United Nations Children's Fund [UNICEF]. Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 Update. [Internet]. 2017. [cited 2018 Feb 15]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2017/launch-version-report-jmp-water-sanitation-hygiene.pdf>.
- 4 Craun GF, Brunkard JM, Yoder JS, Roberts VA, Carpenter J, Wade T, et al. Causes of outbreaks associated with drinking water in the United States from 1971 to 2006. *Clin Microbiol Rev.* 2010;23(3):507-28. Doi: 10.1128/CMR.00077-09.
- 5 Stukel TA, Greenberg ER, Dain BJ, Reed FC, Jacobs NJ. A longitudinal study of rainfall and coliform contamination in small community drinking water supplies. *Environ Sci Technol.* 1990;24: 571-5.
- 6 World Health Organization [WHO]. Guidelines for drinking-water quality. 4. ed. Geneva, Switzerland, 2011. [Internet]. [cited 2018 Feb 25]. Available from: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf.
- 7 United States Environmental Protection Agency [EPA]. Improved enumeration methods for the recreational water quality indicators: enterococci and *Escherichia coli*. Washington, D.C.: Environmental Protection Agency; 2000.
- 8 Nataro JP, Kaper JB. Diarrheagenic *Escherichia coli*. *Clin Microbiol Rev.* 1998; 11(1): 142-201.
- 9 Ishii S, Sadowsky MJ. *Escherichia coli* in the environment: implications for water quality and human health. *Microbes and Environ.* 2008;23(2):101-108.
- 10 Hruday SE, Payment P, Huck PM, Gillham RW, Hruday EJ. A fatal waterborne disease epidemic in Walkerton, Ontario: comparison with other waterborne outbreaks in the developed world. *Water Sci. Technol.* 2003; 47(3):7-14.

- 11 Rosenberg ML, Koplan JP, Wachsmuth IK, Wells JG, Gangarosa EJ, Guerrant RL, et al. Epidemic Diarrhea at Crater Lake from Enterotoxigenic *Escherichia coli*: a large waterborne outbreak. *Ann Intern Med*. 1997;86(6):714-18.
- 12 Park J, Kim JS, Kim S, Shin E, Oh KH, Kim Y, et al. A waterborne outbreak of multiple diarrhoeagenic *Escherichia coli* infections associated with drinking water at a school camp. *Int J Infect Dis*. 2018;66:45-50.
- 13 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [Internet]. 2016. [citado 2018 fev 2]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=410370>.
- 14 Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Portaria MS nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília; 2011.
- 15 Cunha AH, Tartler N, Santos RB, Fortuna JL. Análise microbiológica da água do rio Intanhém em Teixeira de Freitas – BA. *Rev. Biociênc*. 2010;16(2):86-93.
- 16 Gomes DJ, Meneses MC, Loiola MVC, Abrantes GB, Ferreira AGA, Medeiros OQD. Avaliação microbiológica de água de poços artesianos (quanto à presença de coliformes) no município de Sousa-PB. *Intesa*. 2016;10(1):92-8.
- 17 Kilungo A, Powers L, Arnold N, Whelan K, Paterson K, Young D. Evaluation of Well Designs to Improve Access to Safe and Clean Water in Rural Tanzania. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(1):64. Doi: 10.3390/ijerph15010064.
- 18 Yamaguchi UM, Cortez LER, Ottoni LCC, Oyama J. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá-PR. *O Mundo da Saúde*, 2013;37(3):312-20.
- 19 Moraes DSDL, Jordão BQ. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. *Rev. Saúde Pública*. 2002;36(3):370-4. Doi: 10.1590/S0034-89102002000300018.
- 20 United States Environmental Protection Agency [EPA]. *Wellhead protection: a guide for Small Communities*. Seminar publication. Washington: Office Water Washington; 1997.
- 21 Regan S, Hynds P, Flynn R. An overview of dissolved organic carbon in groundwater and implications for drinking water safety. *Hydrogeol J*. 2017;25(4):959-67. Doi: 10.1007/s10040-017-1583-3.
- 22 Maran NH, Crispim BA, Lahnn SR, Araújo RPD, Grisolia AB, Oliveira KMPD. Depth and Well Type Related to Groundwater Microbiological Contamination. *Int J Environ Res Public Health*. 2016;13(10):1036. Doi: 10.3390/ijerph13101036.
- 23 Souza MNAD, Oliveira CEMD, Lezo AC, Pereira CS, Pimenta LC. Presença de bactéria *Escherichia coli* em água proveniente de poços artesianos no município de Fernandópolis – SP. *Ver FUNEC Cient: Nutr*. 2014; 2(3):46-56.
- 24 Macedo TDL, Rempel C, Maciel MJ. Análise físico-química e microbiológica de água de poços artesianos em um município do Vale do Taquari-RS. *Tecnológica*. 2018;22 (1): 58-65.
- 25 Souza JR, Moraes MEB, Sonoda SL, Santos HCRGS. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. *Rev Eletr Prodema*. 2014;8(1):26-45.
- 26 Scott TM, Rose JB, Jenkins TM, Farrah SR, Lukasik J. Microbial source tracking: current methodology and future directions. *Appl Environ Microbiol*. 2002;68(12):5796-803.
- 27 Chauhan A, Goyal P, Varma A, Jindal T. Microbiological evaluation of drinking water sold by roadside vendors of Delhi, India. *Appl Water Sci*. 2017;7(4):1635-44. Doi: 10.1007/s13201-015-0315-x.
- 28 Swerdlow DL, Woodruff BA, Brady RC, Griffin PM, Tippen S, Donnell HDJ, et al. A waterborne outbreak in Missouri of *Escherichia coli* O157:H7 associated with bloody diarrhea and death. *Ann. Intern. Med*. 1992; 117(10):812-9.
- 29 Seoane GA. Calidad del agua de fuentes públicas e pozos particulares, com especial referencia al Término Municipal de Vigo. *Rev Sanid Hig Publica*. 1988;62:1303-316, 1988.
- 30 Amaral LA, Nader FA, Rossi JOD, Ferreira FLA, Barros LSS. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. *Rev. Saúde Pública*. 2003 ago; 37(4):510-14. Doi: 10.1590/S0034-89102003000400017.
- 31 Haijoubi EH, Benyahya F, Bendahou A, Zahra FE, Behhari ME, Mamoune AF, et al. Estudo da qualidade bacteriológica da água utilizada na indústria agroalimentar no norte de Marrocos. *The Pan African Med J*. 2017; 26:13.

Recebido em: 5 jun. 2018

Aceito em: 30 nov. 2018