

Avaliação físico-química e microbiológica de águas procedentes de soluções alternativas de abastecimento na Região Metropolitana da Baixada Santista, Estado de São Paulo, Brasil

Physicochemical and microbiological evaluation of water coming from alternative solutions of supply in the Metropolitan Region of Baixada Santista, São Paulo State, Brazil

RESUMO

Mário Tavares^{1,*}

Adriana Henriques Vieira¹

Ana Carolina Buchalla Alonso¹

Ana Ruth Pereira de Mello¹

Cícero Vágner de Sousa¹

Eduardo Gonzalez¹

Fernanda Garrido Gonçalves¹

Guilherme Sampaio Roxo¹

Ricardo Luis de Souza¹

Valdevi Moreira Duarte¹

Regina Célia Paschoal¹

Roberto Carlos Fernandes Barsotti¹

Tatiana Caldas Pereira¹

Waldir Alves da Silva¹

A água é indispensável e essencial à vida, mas sua contaminação pode colocar em risco a saúde pública. Foram avaliadas a qualidade físico-química e a microbiológica da água de soluções alternativas de abastecimento localizadas na Região Metropolitana da Baixada Santista/SP. Foram coletadas 67 amostras (41 de água de bicas, 13 de nascentes e 13 de poços) e realizadas 22 novas coletas, quanto à pesquisa e contagem de coliformes totais e *Escherichia coli*, conforme a metodologia da APHA (2012) e os teores de cloreto, cloro residual livre (nas águas tratadas), cor aparente, dureza, ferro, fluoreto, nitrato, nitrito, odor, pH, sólidos totais dissolvidos, sulfato e turbidez, segundo as técnicas descritas pela Anvisa (2005). Do total, 56 (83,6%) foram reprovadas com base na Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre a potabilidade da água para consumo humano. Os ensaios com maior percentual de resultados insatisfatórios foram: *E. coli*, 39 (58,2%); cor aparente, 16 (23,9%) e nitrato, 15 (22,4%). Sugere-se um monitoramento frequente da qualidade das referidas águas, a realização de medidas para o seu tratamento, como a cloração, e um esclarecimento aos consumidores quanto à qualidade dessas águas por parte dos órgãos competentes e da mídia em benefício da saúde da população.

PALAVRAS-CHAVE: Água Potável; Abastecimento de Água; Avaliação Microbiológica; Avaliação Físico-química; Saúde Pública; Vigilância Sanitária

ABSTRACT

Water is essential to life but its contamination may endanger public health. This study evaluated the physical-chemical and microbiological quality of alternative water supply solutions located in the Baixada Santista / SP. 67 samples (41 water spouts, 13 springs and 13 wells) were initially collected, and then 22 new collections were made. Total coliforms and *Escherichia coli*, according to the methodology of APHA (2012) and the contents of chloride, free residual chlorine (in treated waters), apparent color, hardness, iron, fluoride, nitrate, nitrite, odor, pH, total dissolved solids, and sulfate turbidity, were counted according to the techniques described by ANVISA (2005). Of the total of the samples, 56 (83,6%) were not in compliance with Decree 2914/2011 of the Ministry of Health, which refers to the potability of water for human consumption. The tests with the highest percentage of unsatisfactory results were *E. coli*, 39 (58,2%); apparent color 16 (23,9%) and nitrate, 15 (22,4%). A frequent monitoring of the quality of these waters is suggested - carrying out measures for their treatment, such as chlorination-, as well as a clarification to consumers about the quality of these waters by the competent bodies and the media for the benefit of the population's health.

KEYWORDS: Drinking Water; Water Supply; Microbiological Evaluation; Physical-chemical Evaluation; Public Health; Sanitary Surveillance

¹ Instituto Adolfo Lutz (IAL), Santos, SP, Brasil

¹¹ Programa de Aprimoramento Profissional da Secretaria da Saúde do Estado de São Paulo, Santos, SP, Brasil

* E-mail: tavares.ial@gmail.com



INTRODUÇÃO

A superfície da Terra apresenta dois terços cobertos por água, porém, só 2,5% do total corresponde à água doce, estando apenas 0,3% armazenada nos rios e lagos, disponível para consumo em várias atividades¹.

A água é indispensável a todos os seres vivos, mas, se estiver contaminada pode se tornar um problema de Saúde Pública, causando diarreias, infecções intestinais e outras doenças, podendo levar ao óbito².

A qualidade da água e as enfermidades que atingem as populações, principalmente aquelas desprovidas de saneamento básico, têm estreita ligação entre si, visto que as péssimas condições sanitárias degradam os recursos hídricos, como ocorre no Brasil³.

Atribui-se cerca de 90,0% das mortes por diarreia à má qualidade da água e à falta de saneamento básico e de higiene⁴. Uma das mais significativas formas de poluição da água é o saneamento inadequado, que contamina os cursos d'água e, em 2008, atingia 2,5 bilhões de pessoas no mundo⁵.

Em termos de Doenças Diarreicas Agudas (DDA), no período de 2007 a 2010, foram notificados 2.755.434 casos de DDA no Estado de São Paulo. As estimativas de incidência, tanto na população em geral quanto na faixa etária de menores de um ano e de um a quatro anos, foram maiores em 2010, variando de 84,5 a 84,8/1.000 habitantes, respectivamente. No mesmo período foram notificados 318 surtos de Doenças Transmitidas por Alimentos (e águas), sendo 21,4% causados pelo consumo de alimentos e 12,5% por água⁶.

Deve ser ressaltado ainda que, em princípio, as soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano representam as situações mais vulneráveis, devendo ser cadastradas pela Vigilância Sanitária (VISA) e a qualidade de sua água monitorada com frequência. A legislação brasileira⁷ as classifica em duas modalidades: coletiva e individual. Define a coletiva como “destinada a fornecer água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição” e a individual a que “atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares”.

Apesar disso, observam-se deficiências nos dados disponíveis quanto ao cadastro de bicas e de poços destinados ou utilizados para abastecimento público, como, por exemplo, na Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS), Estado de São Paulo⁸. Esta é composta por nove municípios (Bertioga, Cubatão, Guarujá, Itanhaém, Mongaguá, Praia Grande, Peruíbe, Santos e São Vicente) e tem uma população fixa de quase 1.800.000 habitantes⁹ que chega até a triplicar na temporada de verão.

A região do Estuário de Santos e São Vicente foi estudada entre 2000 e 2010 quanto às interações por DDA e sua correlação com a qualidade da água para a população. Nas cidades de Bertioga, Cubatão, Guarujá, Santos e São Vicente existem inúmeras áreas desconformes que não estão entre os bairros onde a companhia de saneamento local atende com água encanada e esgoto⁴.

Houve, ao longo do período estudado, uma redução de doenças diarreicas agudas mais percebida em Bertioga e em menor proporção em Cubatão⁴.

No entanto, o monitoramento da qualidade da água na RMBS só tem sido feito na água de abastecimento público fornecida pela concessionária, dentro do Programa de Vigilância da Qualidade da Água para o Consumo Humano - Proágua¹⁰, pelo qual a VISA dos municípios faz a coleta de amostras de água tratada ou não durante todo o ano e as encaminha para análise na rede de laboratórios do Instituto Adolfo Lutz (IAL).

Diversos trabalhos têm sido publicados no Brasil e no exterior revelando a contaminação da água de poços, bicas e nascentes, a maior parte relativa a poços^{5,11,12,13,14, 15,16,17,18,19,20,21,22}.

Dados oficiais publicados em 2005 sobre a qualidade química natural dos poços localizadas na RMBS apresentam o ferro total como o parâmetro mais restritivo, com média muito superior ao limite máximo legal, porém podendo ser corrigido pela técnica de aeração; a seguir, vem o cloreto acima do padrão, principalmente em Santos e Cubatão, indicando contaminação pela cunha salina²³.

O tema merece ser pesquisado na RMBS, uma vez que na literatura consultada, nos anos recentes, há apenas dois trabalhos publicados^{19,20}, sendo que um deles restringe-se aos municípios de Santos e São Vicente, não abrangendo, portanto, os outros sete, além da amostragem ter sido só de água de bicas.

Cabe ressaltar que em 2014 houve em todo o Brasil uma crise hídrica, perdurando em 2015, ocasionando maior procura por água oriunda de bicas, nascentes e poços artesanais, cuja qualidade é discutível.

Considerando o exposto, este trabalho objetivou avaliar a qualidade microbiológica e físico-química de amostras de água coletadas em bicas, nascentes e poços localizados na RMBS, com base na Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre a potabilidade da água para consumo humano⁷.

MÉTODO

Foram coletadas nos nove municípios da RMBS, em uma primeira etapa, 67 amostras, sendo 41 de água de bicas, 13 de nascentes e 13 de poços, entre novembro de 2014 e janeiro de 2015, numeradas de 1 a 67, e posteriormente coletadas 22 novas amostras nos mesmos locais, sob os números 68 a 89. Os números foram seguidos das letras B, N ou P, correspondentes a água de bica, nascente ou poço, respectivamente.

A amostra de número 67, coletada em Itanhaém, foi a única obtida fora da sequência programada por questão de agendamento com o responsável pelo local. A Figura apresenta a distribuição espacial das referidas amostras por município.

Todos os pontos foram escolhidos com base nos arquivos da instituição ou por indicação de algumas das Vigilâncias Sanitárias municipais da RMBS ou de moradores do entorno.



✕ Bicas e nascentes (Área Continental de São Vicente, Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe) # Bicas, nascentes e poços (Bertioga e Guarujá) □ Bicas (Área Insular de Santos e São Vicente) ◆ Bicas e nascentes (Cubatão) * Poços (Bertioga, Itanhaém e Peruíbe). Software utilizado para construção da figura: Photoshop. Imagem extraída do 'site' Google Earth (<https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>).

Figura. Distribuição espacial das amostras de água de bicas, nascentes e poços coletadas por município da Região Metropolitana da Baixada Santista, Estado de São Paulo, nos anos de 2014 e 2015.

As amostras foram mantidas sob refrigeração e acondicionadas em caixas de isopor até a chegada no laboratório. Foram analisadas quanto à presença de coliformes totais e *Escherichia coli*, por meio da técnica do substrato definido Colilert®, marca Idexx, fabricado pela mesma, com capacidade para 100 mL da amostra, descrita na metodologia da *American Public Health Association*²⁴, além dos seguintes parâmetros físico-químicos: cloreto, cloro residual livre (nas águas tratadas), cor aparente, dureza, ferro, fluoreto, nitrato, nitrito, odor, pH, sólidos totais dissolvidos, sulfato e turbidez, segundo as técnicas descritas em "Métodos físico-químicos para análise de alimentos"²⁵.

Embora a legislação considere a amostra insatisfatória somente pela detecção de *E. coli*, foi realizada a quantificação de coliformes totais e *E. coli* pelo método do substrato cromogênico com Quanti-Tray, que consiste de uma cartela estéril com 51 orifícios que utiliza a técnica de tubos múltiplos²⁴, visto que a contagem ilustraria melhor o nível de contaminação da amostra. Os resultados foram expressos através da tabela de Número Mais Provável (NMP/mL). A amostra 33N foi uma exceção, sendo apenas realizada a técnica de pesquisa (presença ou ausência em 100 mL).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas análises das 67 amostras coletadas na primeira etapa encontram-se na Tabela 1.

Assim sendo, no total analisado nas coletas, 67 amostras, observou-se que 56 (83,6%) foram reprovadas com base na Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde⁷.

Os ensaios com maior percentual de resultados insatisfatórios em relação ao total de amostras analisadas foram *E. coli*, 39 (58,2%); cor aparente, 16 (23,9%) e nitrato, 15 (22,4%).

Como os valores aplicados aos parâmetros pH e cloro residual livre (CRL) são apenas recomendações da citada legislação,

não foram considerados na conclusão das análises. Todavia, ressaltou-se que o pH exibiu valores abaixo do limite mínimo fixado (6,0) em 35 (52,3%) das amostras.

Os resultados obtidos nas análises das 22 amostras coletadas posteriormente encontram-se na Tabela 2.

Registre-se que apenas oito das 22 amostras coletadas posteriormente apresentaram todos os resultados analíticos semelhantes aos obtidos por ocasião das coletas. Entretanto, por serem análises amostrais, não necessariamente significa que a água estivesse satisfatória nos locais, devendo ser coletado um maior número de amostras para ser representativo.

No entanto, somente quatro tiveram a conclusão da respectiva análise alterada: de satisfatória para insatisfatória em dois casos (novas coletas números 69B e 78B) e o oposto em outros dois (números 83B e 84B). Logo, ficam mantidos quantitativa e percentualmente os resultados verificados na fase de coletas.

Cabe destacar que, no tocante à amostra número 35P (água de poço), o resultado foi insatisfatório para ferro e turbidez quando coletado na primeira etapa. Ao ser coletado novamente (número 69P), o proprietário do imóvel onde se achava o poço informou que havia esvaziado e limpo o mesmo ao saber do resultado analítico. O procedimento revelou-se eficaz, pois a conclusão da nova análise foi satisfatória.

Já outra amostra de nova coleta (número 78B), de água de bica, desta vez teve conclusão satisfatória por conter < 1,0 NMP/100 mL contra apenas uma unidade quando da coleta. O valor de pH esteve de novo abaixo do mínimo recomendado (6,0) mas não é reprobatório⁷.

Coliformes totais não são patogênicos, porém indicam possível presença de dejetos animais e humanos na água, a ser confirmada pela pesquisa de *E. coli*²⁴. A presença desta ocorreu tanto em águas de bicas como em nascentes e poços de todos os municípios monitorados.



Tabela 1. Resultados obtidos nas análises físico-químicas e microbiológicas de 67 amostras de água de soluções alternativas de abastecimento localizadas na Região Metropolitana da Baixada Santista, Estado de São Paulo.

Município	Amostra N°	Odor	CRL (mg/L)	pH	Cloreto (mg/L)	Cor aparente (UHz)	Dureza (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Ferro (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	STD (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Turbidez (uT)	C. totais (NPM/100 mL)	C. termo (NPM/100 mL)
São Vicente	1B	NO	NT*	5,8	25,4	1,3	19,9	0,1	0	7,1	0	61,1	9	0,2	200,5	1
	2B	NO	NT*	5,8	29,3	0,1	19,9	0,1	0	7,3	0	57,7	10	0,1	45,3	< 1,0
	3B	NO	NT*	5,6	15,6	0,8	58,3	0,3	0	2,7	0	69,4	30	0,1	> 200,5	1
	4B**	NO	0	5,2	23,4	0,7	31,3	0,1	0	20,1	0	59,2	7,4	0,1	> 200,5	69,7
	5B	NO	NT*	5,7	23,4	2,8	21,3	0,1	0	3,3	0	51,9	4,2	0,3	> 200,5	15
	6B	NO	NT*	5,6	23,4	6,7	39,8	0,1	0	2,6	0	59,4	15,9	0,7	> 200,5	200,5
Guarujá	33N ^B	NO	0,09	5,5	7,8	89,9	35,8	0,08	0,17	0	0,05	24,34	0	13	Presença	Presença
	7B	NO	NT*	7,1	31,2	2,2	11,4	0,1	0,07	0,2	0	48	6,9	0,3	62,4	< 1,0
	8N	NO	NT*	7,1	13,7	> 10,0	8,5	0,1	0,01	1,6	0	22,9	7,1	2,9	> 200,5	7,5
	9N	NO	NT*	6,4	11,7	> 10,0	8,5	0,1	0,04	2	0	25,1	8	4,2	> 200,5	2
	10B	NO	NT*	7	9,8	> 10,0	8,5	0,1	0,06	1,1	0	20	7,1	1,1	> 200,5	6,4
	11N	NO	NT*	7,1	9,8	> 5,0	9,9	0,1	0,03	0,7	0	22,1	6,7	1,8	> 200,5	7,5
	12N	NO	NT*	7,2	9,8	> 5,0	8,5	0	0,04	0,8	0	20,6	6,7	1,9	> 200,5	6,4
	13N	NO	NT*	6,7	11,7	5,5	11,4	0,1	0,05	0,5	0	27,3	6,2	0,9	> 200,5	9,9
	14B**	NO	1,39	7,2	19,5	7	11,4	0,1	0,02	1	0	37,9	7	1,1	0	< 1,0
	15N	NO	NT*	7,2	11,7	> 5,0	12,8	0,1	0,06	0,4	0	27	6,7	2,2	> 200,5	6,4
	16P	NO	0,05	5,4	13,6	25,8	28,6	0,04	0,62	0,7	0	160,8	2,1	0,5	< 1,0	< 1,0
	17P	NO	0,08	5,4	21,5	120,2	31,5	0,04	0,92	1,5	0,012	90,76	1,8	0,9	> 200,5	1
	18P	NO	0,1	4,8	25,4	163,4	27,2	0,03	0,08	0	0,015	42,14	2,7	1,1	> 200,5	< 1,0
	19P**	NO	0,05	4,5	13,6	28,6	24,3	0,03	0,3	0,7	0	35,22	1,9	0,7	1	< 1,0
	20P	NO	0,07	4,7	11,7	87,1	223,4	0,03	0,2	0	0,022	36,96	2,2	1,8	< 1,0	< 1,0
21P**	NO	0,02	6,7	33,2	3,3	239,1	0,03	0,09	50,3	0,075	372,5	4,9	0,3	12,4	< 1,0	
22B	NO	0,01	5,8	11,7	0	32,9	0,04	0	0	0	29,12	3,7	0,3	> 200,5	4,2	
67P	NO	0,02	5,9	11,7	34,5	45,8	0,02	0,64	0,6	0	126,5	4,9	0,2	< 1,0	< 1,0	
Cubatão	23B	NO	0,02	4,4	5,9	0	17,2	0,1	0	5,4	0	54,16	2,7	0,2	< 1,0	< 1,0
	24B	NO	0	6	7,8	0	28,6	0,1	0	9,6	0	74,07	5,4	0,3	< 1,0	< 1,0
	25B	NO	0,02	5,2	9,8	3,4	20	0,1	0	17,5	0	58,91	1	0,4	118,4	< 1,0
	26B	NO	0,02	6,9	5,9	6,8	20	0,1	0	11,4	0,1	48,59	4,1	0,4	> 200,5	65,9
	27B	NO	0,03	6,6	25,3	44	22,9	0	0	0	0	37,8	0,1	0,3	> 200,5	5,3
	28B	NO	0,01	5	21,4	0,2	31,5	0	0	0,1	0	68,8	0	0,1	129,8	1
Mongaguá	29B	NO	0,04	6,2	13,7	5,1	21,5	0	0	0,1	0	43,6	0	0,8	> 200,5	6,4
	30B	NO	0,01	5,1	11,7	55,6	21,5	0,1	0,02	0	0	53,2	0	0,6	16,4	< 1,0
	31B	NO	0,01	6,2	7,8	4,4	21,5	0	0,01	0	0	50,9	0	1,1	> 200,5	17,8
32B	NO	0,02	5,5	31,2	0	24,3	0	0	0	0	91,1	0	0,3	> 200,5	6,4	

Continua



Continuação

Bertioga	34N	NO	0,03	6,3	7,8	8,8	11,5	0,03	0,05	1,7	0	311,3	0	2,3	> 200,5	1
	35P	NO	0,06	6,3	15,6	13	44,4	0,06	0,51	0,7	0,005	313,4	0	5,4	16,4	< 1,0
	36N	NO	0,02	7,4	9,8	7,8	18,6	0,09	0,02	0,7	0	326,9	0	1,2	> 200,5	8,7
	37N	NO	0,02	6,9	21,5	10	11,5	0,05	0,03	1,4	0	335,7	0	4,6	> 200,5	78,2
	38N	NO	0,17	6,3	171,7	> 25,0	60,1	0,05	0,35	0,6	0,003	615,8	0	2,7	> 200,5	144,5
	39P**	O	0,12	4,8	54,6	> 25,0	18,6	0,04	2,41	0,4	0,011	389,5	0	6	< 1,0	< 1,0
Santos	40B	NO	0,03	6,3	42,9	20,5	42,9	0,2	0,02	17,2	0,011	138,9	15,8	1	> 200,5	13,7
	41B	NO	0	5,6	21,5	1,9	25,8	0,2	0	5,9	0	95,92	9	0,2	165,2	< 1,0
	42B	NO	0,01	6,4	33,2	7,3	28,6	0,2	0,01	2,3	0	304	7,3	0,6	> 200,5	17,8
	43B	NO	0	5,3	23,4	1,3	40	0,1	0	22,7	0	110	9,7	0,1	> 200,5	< 1,0
	44B	NO	0,04	5,2	29,3	0,7	34,4	0,1	0	4,8	0	121,1	12,5	0,1	109,1	< 1,0
	45B	NO	0,01	6,6	15,6	4,7	22,9	0,2	0	5	0	73,72	12,1	0,6	> 200,5	1
	46B	NO	0	5,4	29,3	8,6	74,5	0,2	0,03	40,1	0,004	349,7	25,1	0,7	> 200,5	> 200,5
	47B	NO	0,01	6,2	35,1	4,8	70,2	0,2	0,03	25,1	0	344,9	22,5	0,5	> 200,5	> 200,5
	48B	NO	0,02	6,3	7,8	2,6	7,2	0,2	0,01	0,2	0	42,7	0	0,3	> 200,5	< 1,0
	49B	NO	0,02	5,1	29,2	0	52,9	0,1	0,02	34,3	0	174,4	0	0,1	> 200,5	< 1,0
	50B	NO	0,02	5	25,4	0	45,8	0,1	0,02	24,7	0	133,7	0	0,2	< 1,0	< 1,0
	51B	NO	0,02	5,6	25,4	0	45,8	0,1	0	32,7	0	339,6	0	0,2	129,8	8,7
	52B	NO	0,02	4,8	29,2	0	64,4	0,2	0,01	34,3	0	194,9	9,2	0,1	36,4	3,1
	53B	NO	0,01	4,5	35,1	0	75,9	0,2	0,01	46,8	0	252,7	7,6	0,1	< 1,0	< 1,0
	54B	NO	0,02	5,3	23,4	0	38,7	0,1	0,01	18,9	0	330	0,7	0,1	50,4	< 1,0
	55B	NO	0,02	5,8	9,8	0	43	0,1	0,01	16,7	0	119,2	1,7	0,2	88,5	23,8
Praia Grande	56B	NO	0,02	6,4	11,7	12	7,2	0	0,02	0,7	0	123,3	4,4	0,4	> 200,5	45,3
	57B	NO	0,01	6,5	15,6	10,8	5,7	0	0,02	0,4	0	36,8	5,3	0,3	> 200,5	9,9
	58B	NO	0,01	5,5	35,1	1,9	18,6	0,1	0,03	3,5	0	111,4	5,4	0,5	> 200,5	< 1,0
Peruibe	59P**	NO	0,01	4,5	13,7	33,4	34,4	0,04	2,14	1,2	0,007	142,3	7,6	2,4	< 1,0	< 1,0
	60P	NO	0,01	5,3	42,9	0	30	0,03	0	4,2	0	88,4	15,3	0,2	< 1,0	< 1,0
	61N**	NO	0,01	7,1	11,7	9,2	31,5	0,08	0	0,1	0	98,4	3,9	0,7	> 200,5	38,4
	62P**	NO	0	6,3	11,7	1,6	34,4	0,09	0	3,6	0	64,9	1,5	0,5	< 1,0	< 1,0
	63P**	NO	0,01	3,6	95,6	16,5	27,2	0,05	0,38	4,6	0	394,7	87,3	0,3	< 1,0	< 1,0
	64B	NO	0,02	6,6	19,5	24,6	22,9	0,04	0,02	0,7	0	57,6	4,9	1,5	> 200,5	23,8
	65B	NO	0,04	6,6	21,5	36,1	45,8	0,05	0,12	1,7	0	318,2	7,5	1,9	> 200,5	> 200,5
	66B	NO	0,04	6,7	15,6	15	37,2	0,04	0,01	0,7	0	314,1	7,4	0,4	> 200,5	> 200,5
Itanhaém	67P	NO	0,02	5,9	11,7	34,5	45,8	0,02	0,64	0,6	0	126,5	4,9	0,2	< 1,0	< 1,0

B: bica; N: nascente; P: poço; ** Tratada com cloro; NO: Não objetável; O: Objetável; CLR: Cloro residual livre; NT*: não tratada; STD: Sólidos totais dissolvidos; C: totais; Coliformes totais; C: termo: Coliformes termo tolerantes;

Nota: Por questão técnica, foi realizado apenas o ensaio de pesquisa de coliformes totais e termotolerantes em 100 mL na amostra 33N.



Tabela 2. Resultados obtidos nas análises físico-químicas e microbiológicas de 22 amostras de água de soluções alternativas de abastecimento localizadas na Região Metropolitana da Baixada Santista, Estado de São Paulo.

Município	Amostra N°	Odor	CRL (mg/L)	pH	Cloreto (mg/L)	Cor aparente (UHz)	Dureza (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Ferro (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	STD (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Turbidez (uT)	C. totais (NPM/100 mL)	C. termo (NPM/100 mL)
Guarujá	68(7)B	NO	0,01	5,8	23,4	1	25,8	0,4	0,01	0,2	0,001	86,3	2,9	0,3	> 200,5	< 1,0
Bertioga	69(35)P	NO	0,03	6	17,6	> 15,0	53	0,3	0,29	0	0,005	76,7	8,1	2,3	0	< 1,0
Cubatão	70(25)B	NO	0,01	5,1	7,8	0	40,1	0,3	0,01	16	0,002	58,4	0	0,2	0	< 1,0
	71(26)N	NO	0,03	6,4	7,8	11	58,7	0,4	0,02	9,8	0,009	40,7	1,8	1,3	> 200,5	59,1
Santos	72(56)B	NO	0,01	5,5	15,6	13,2	40,1	0,1	0,01	13,8	0,004	331,1	5,1	0,3	> 200,5	144,5
	73(55)B	NO	0	5,1	19,5	0	38,6	0,1	0	19,4	0	119,8	1,3	0,2	> 200,5	1
	74(40)B	NO	0,03	5,7	29,3	0	44,3	0,1	0	19,4	0,047	172,6	3	1,8	200,5	200,5
	75(43)B	NO	0,03	6,2	15,6	30,9	45,8	0,1	0,01	18,2	0	325,5	0	0,3	200,5	< 1,0
	76(4)B**	NO	0	6,1	17,6	0	37,2	0,1	0	18,6	0	127,7	0	0,5	109,1	1
São Vicente	77(2)B	NO	0,01	5,3	27,3	0	18,6	0,1	0	5,9	0	128,1	0	0,3	4,2	< 1,0
Mongaguá	78(1)B	NO	0	5,1	31,2	0	21,4	0,1	0	5,4	0	226,5	0	0,3	6,4	< 1,0
	79(30)B	NO	0,01	5	15,6	2,4	10	0,1	0,09	1	0	65,42	0	0,8	1	< 1,0
Itanhaém	80(21)P**	NO	0,31	7	50,7	6,6	186,1	0	0	48,8	0,001	467,6	3,6	0,3	< 1,0	< 1,0
	81(19)P**	NO	0,05	4,5	13,7	28,5	14,3	0	0,27	2,8	0,001	172,2	0	0,3	< 1,0	< 1,0
Praia Grande	82(18)P	NO	0,07	4,5	13,7	156,1	15,7	0	1,94	0,1	0,013	56,29	0	2,7	< 1,0	< 1,0
	83(61)N	NO	0,02	5,1	29,3	6,4	15,7	0,1	0	1,5	0,001	57,23	0	0,4	> 200,5	15
Santos	84(60)B	NO	0,03	5,1	31,2	1	20	0,1	0	3,2	0	119,1	0	0,5	> 200,5	4,2
	85(50)B	NO	0	4,8	33,2	1,2	52,9	0,1	0	33,3	0	73,5	0	0,4	> 200,5	1
	86(51)B	NO	0	4,8	25,4	3,1	42,9	0,1	0	24,7	0,001	59,5	1,1	0,1	< 1,0	< 1,0
	87(52)B	NO	0,01	4,9	25,4	1,1	44,4	0,1	0,05	31,6	0,002	64,9	0,2	0,1	> 200,5	9,9
	88(53)B	NO	0,01	4,8	37,1	3,9	65,9	0,2	0	39,8	0	89,1	0	0,2	53,1	3,1
	89(54)B	NO	0	4,6	37,1	2,7	65,9	0,2	0,01	44,1	0,001	102,4	0	0,1	< 1,0	< 1,0

() N° anterior por ocasião da coleta; B: bica; N: nascente; P: poço; ** Tratada com cloro; NO: Não objetável; O: Objetável; CLR: Cloro Residual Livre; NT*: não tratada; STD: Sólidos totais dissolvidos; C. totais: Coliformes totais; C. termo: Coliformes termo tolerantes.



A contagem de unidades formadoras de colônias para *E. coli* revelou quatro amostras com valores superiores a $2,0 \times 10^2$ NMP/100 mL, todas referentes à água de bicas: duas localizadas em Peruíbe (amostras 65B e 66B) e duas em Santos (amostras 46B e 47B). As duas primeiras também apresentaram resultados insatisfatórios para cor aparente e as outras duas para nitrato, enfatizando a imprópriedade das amostras para o consumo.

A cor é considerada um parâmetro estético, mas valores elevados (superiores a 15 unidades Hazen) são inadequados sanitariamente⁷. Foram encontrados alguns resultados muito acima do limite legal (15 unidades Hazen), sendo os dois maiores (120,2 e 163,4) verificados em amostras de água de poços particulares situados em Itanhaém (17P e 18P, esta coletada novamente sob o número 82P).

O nitrato acima de 10 mg/L pressupõe que as águas se encontram contaminadas por despejos de esgotos, dejetos de animais ou humanos, podendo causar risco à saúde¹⁹. Os valores mais elevados foram observados em água de poço localizado em Itanhaém (50,3 mg/L) e de bica em morro de Santos (46,8 mg/L), referentes às amostras 21P e 53B, coletas novamente sob números 78P e 89B, respectivamente. Aliás, a maior incidência de resultados insatisfatórios para nitrato ocorreu nas amostras de água coletadas em bicas dos morros santistas.

Vieira et al.²⁰ publicaram estudo retrospectivo sobre a qualidade microbiológica e físico-química da água de soluções alternativas de abastecimento na RMBS, no período de 2008 a 2014. Os resultados mostraram que, de 305 amostras analisadas, 84 (28,0%) estavam em desacordo com as legislações vigentes na época⁷, sendo os parâmetros mais reprovados, pela ordem, cor aparente, *E. coli* e ferro, em 15,0%, 10,0% e 8,0% do total. No atual experimento, conforme acima citado, a incidência de reprovações foram maiores e ocorreram em relação a *E. coli* (58,2%), cor aparente (23,9%) e nitrato (22,4%).

Ainda com relação ao nitrato, Scorsafava et al.¹⁶ avaliaram a qualidade de 1.356 amostras de água de poços e 403 de minas de 100 municípios paulistas, incluindo a capital, no período 2005-2008. Nitrato foi também o parâmetro com maior percentual de resultados insatisfatórios na média dos anos (10,8% e 14,5%, respectivamente), seguido do ferro, com 8,5% de amostras de água de poços reprovadas e cor, com 9,6% de inconformidades nas amostras de água de minas. Já na atual pesquisa nenhuma das 13 amostras de água de poço continua nitrato acima do limite estabelecido.

Soto et al.¹⁷ realizaram pesquisa no ano de 2005 referente à qualidade microbiológica e físico-química de 50 amostras de água coletadas em poços existentes nas escolas da rede pública do Município de Ibiúna/SP. Os resultados mais insatisfatórios foram para coliformes totais em 90,0% e *E. coli* em 82,0% do total¹⁷. Entretanto, neste trabalho, *E. coli* esteve presente em 58,2% das amostras mas nenhuma de água de poço.

Já no Município de São José do Rio Preto/SP foram analisadas, quanto a indicadores físico-químicos e microbiológicos e à

pesquisa de fungos, 159 amostras de água de poços, a maioria situada em loteamentos irregulares, no período de setembro de 2011 a junho de 2012. A ocorrência de fungos deu-se em 80,0% das amostras de águas cloradas ou não, além da presença de *E. coli* e de parâmetros físico-químicos (cor aparente, nitrato, turbidez, cloro) em desacordo com a legislação vigente¹². À exceção do cloro e fungos, estes não analisados, os demais parâmetros mostraram relação direta com os resultados ora verificados.

Araújo et al.¹¹, considerando a grande demanda por água de poços no Estado do Amazonas e o risco da ocorrência de várias doenças de veiculação hídrica, analisaram 962 amostras de água de poços situados em seis zonas da cidade de Manaus, durante os períodos de chuva e de seca nos anos de 2007 e 2008.

Foram verificados 20,0% de resultados em desacordo com a legislação em amostras coletadas no período de seca e 34,0% na época de chuvas. A maioria das amostras foi oriunda de escolas, podendo ocasionar doenças, como a cólera, em crianças de baixa idade que ingerissem tal água. Os resultados obtidos destacaram o pH com todos os valores abaixo do mínimo (6,0) recomendado pela legislação, porém, característicos da região amazônica¹¹. No presente estudo, 52,3% das amostras apresentaram valores de pH inferiores ao mínimo, revelando o caráter ácido de tais águas.

Campos et al.¹³ avaliaram microbiologicamente 4.653 amostras de água não tratada em 2012, coletadas no Estado de Minas Gerais. As análises foram executadas pela rede de laboratórios estaduais de Saúde Pública, verificando-se a presença de coliformes totais e/ou *E. coli* em 42,0% do total. Fica também evidenciada a contaminação por *E. coli* das amostras de água analisadas embora em menor percentual daquelas aqui avaliadas, que foi de 58,2%.

Várias bicas de Santos e São Vicente exibiram suas águas com qualidade insatisfatória de acordo com levantamento realizado no ano de 2008¹⁹, uma das quais a Biquinha Padre Anchieta, conhecido ponto turístico situado na região central do segundo município. Sua água é clorada, conforme informação obtida junto à Secretaria de Saúde local.

No atual estudo (amostra número 4B, nova coleta 76B), houve amostra que apresentou teor de nitrato acima do limite legal, conteve *E. coli* (69,7 NMP/100 mL) e nível de cloro residual livre igual a zero, sendo que o nível recomendado pela legislação é de 2,0 mg/L para água clorada⁷. A qualidade de sua água agora piorou, pois na avaliação anterior, revelara pH abaixo do valor mínimo recomendado (6,0) e nitrato acima do máximo fixado legalmente (10 mg/L)⁷.

Por sua vez, das 13 amostras de água de poço, sete revelaram teor de ferro acima do limite máximo estabelecido (0,30 mg/L)⁷. Três delas foram coletadas em Itanhaém (amostras 16P, 17P e 70P), três outras em Bertioiga (amostras 35P, com nova coleta número 69P, 38N e 39P) e as duas restantes em Peruíbe (amostras 62P e 66P). O maior valor foi verificado com a de número 39P (2,41 mg/L), isto é, oito vezes superior ao limite fixado.

A constatação acima, discorda do relatado em 2005 para a qualidade da água de poços situados na RMBS, de que o ferro foi o



parâmetro mais insatisfatório, seguido do cloreto, visto que este último foi satisfatório nas 67 amostras analisadas²³.

Na ex-capital da Nigéria, Lagos, Egwari e Aboaba¹⁴, pesquisadores avaliaram a qualidade bacteriológica de águas de poços e de bicas utilizadas no abastecimento domiciliar, coletadas nos períodos de seca e de chuvas intensas, em 1998 e 1999. *E. coli* e outros patógenos foram isolados, havendo maior contaminação em poços superficiais na época de chuvas, tendo como fonte principal os despejos de bueiros.

No tocante aos países da Região Sudeste da Ásia há vários problemas que afetam significativamente a qualidade da água disponível para beber, sendo o mais importante a contaminação das reservas por microrganismos patogênicos²¹. Pesquisa realizada nas maiores cidades da Índia em 2004 mostrou contaminação microbiológica em 64,0% dos 600 pontos de captação da água para consumo, dos quais 2,5% (11 de um total de 40 pontos) em poços tubulares profundos²¹.

Em adição à contaminação microbiológica, observou-se um crescimento da poluição química nas águas subterrâneas da mesma região. O fluoreto em excesso é um problema reconhecido na Índia e em algumas áreas da Indonésia, Myanmar, Sri Lanka e Tailândia²¹. Sua ocorrência deve-se a fontes naturais e a ingestão por longo período causa fluorose, afetando múltiplos tecidos e órgãos do corpo humano, resultando em manifestações clínicas²¹.

Outra pesquisa foi desenvolvida no Vale do Kathmandu, no Nepal, em 2001, com 100 amostras de água obtidas em vários pontos,

entre os quais bicas de pedra e poços escavados²². A exemplo do presente trabalho e dos citados na Nigéria e na Ásia, o maior problema foi quanto aos coliformes totais e a *E. coli*, que estiveram presentes em 94,0% e 72,0% das amostras, respectivamente. A contaminação por amônia e nitrato veio a seguir em 45,0% e 11,0% das amostras, pela ordem. O nitrato teve a metade das análises insatisfatórias no Nepal se comparado ao estudo ora efetuado (58,2%), porém em percentual mais elevado em relação a *E. coli*, igualmente ao constatado na Ásia.

Considerando o exposto, recomenda-se que os órgãos competentes realizem ações para a realização de tratamento das águas em questão, como, por exemplo, cloração e filtração, visando a melhoria da qualidade das águas fornecidas à população pelas soluções alternativas de abastecimento.

CONCLUSÕES

Considerando os resultados encontrados, sugere-se um monitoramento constante da qualidade das águas de soluções alternativas de abastecimento por parte da Vigilância Sanitária na Região Metropolitana da Baixada Santista, como, por exemplo, incluindo-as novamente no Proágua.

Outra sugestão é a realização pelos órgãos competentes de medidas para o tratamento adequado das citadas águas, como a cloração.

Faz-se necessário um melhor esclarecimento aos usuários quanto à qualidade dessas águas por parte das autoridades competentes e dos meios de comunicação.

REFERÊNCIAS

1. Tundisi JG. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: RiMa; 2003.
2. Organização Pan-Americana de Saúde - OPAS. Água e saúde. Washington, DC: Organização Pan-Americana de Saúde; 1999.
3. Libânio M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 2a ed. Campinas: Átomo; 2008.
4. Galante, CS. Análise da distribuição temporal dos casos graves de doenças diarreicas agudas em municípios do Estuário de Santos e São Vicente entre 2000 e 2010 [dissertação]. Santos: Universidade Católica de Santos; 2013.
5. Pacific Institute. World water quality facts and statistics: World Water Day 2010. Nancy Ross: Pacific Institute; 2010.
6. Ministério da Saúde (BR). Sistema Nacional de Vigilância em Saúde: relatório de situação. Brasília, DF: Ministério da Saúde; 2011.
7. Ministério da Saúde (BR). Portaria 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. Diário Oficial União. 14 dez. 2011.
8. Comitê da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista - CBH-BS. Plano de Bacia Hidrográfica 2008-2011: relatório síntese fevereiro/2009. São Paulo Comitê da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista; 2009.
9. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Estimativas da população residente nos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2015. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2016[acesso 16 set 2016]. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_tcu.shtm
10. Secretaria da Saúde (SP). Resolução SS-45, de 31 de janeiro de 1992. Institui o Programa de Vigilância da Qualidade da Água para o Consumo Humano - PROÁGUA e aprova diretrizes para a sua implantação no âmbito da Secretaria da Saúde. Diário Oficial Estado. 1 fev 1992.
11. Araújo CF, Hipólito JR, Waichman AV. Avaliação da qualidade da água de poço. Rev Inst. Adolfo Lutz. 2013;72(1):53-8.
12. Arroyo MG. Água de soluções alternativas: estudo da diversidade de espécies fúngicas [dissertação]. São Jose do Rio Preto: Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho"; 2013.
13. Campos MMC, Paiva RMB, Carvalho EC, Castro MO, Carvalho E. Avaliação da qualidade microbiológica da água para consumo humano no Estado de Minas Gerais no ano de 2012. In: Anais do 18o Encontro Nacional de Analistas de Alimentos, 4º Congresso Latino Americano de Analistas de Alimentos; 15-18 set 2013. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz; 2013. MIB.11.



14. Egwari L, Aboaba OO. Environmental impact on the quality of domestic water supplies in Lagos, Nigeria. *Rev Saúde Pública*. 2002;36(4):513-20. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102002000400019>
15. Gasparotto FA. Avaliação ecotoxicológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP [dissertação]. Piracicaba: Universidade de São Paulo; 2011.
16. Scorsafava, MA, Souza A, Stofer M, Nunes CA, Milanez TV. Avaliação físico-química da qualidade de água de poços e minas destinada ao consumo humano. *Rev Inst Adolfo Lutz*. 2010;69(2):229-32.
17. Soto FRM, Fonseca YSK, Risetto MR, Azevedo SS, Arijji MLB, Ribas MA et al. Monitoramento da qualidade da água de poços rasos de escolas públicas da zona rural do Município de Ibiúna/SP: parâmetros microbiológicos, físicoquímicos e fatores de risco ambiental. *Rev Inst Adolfo Lutz*. 2006;65(2):106-11.
18. Souza JAR, Moreira DA, Condé NM, Carvalho WB, Miranda-Carvalho CV. Análise das condições de potabilidade das águas de surgências em Ubá, MG. *Rev Ambient Água*. 2015;10(3):614-22. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1630>
19. Tavares DS, Alonso ACB, Mello, ARP, Sousa CV, Gonzalez E, Passos EC et al. Qualidade da águas de bicas localizadas nos municípios de Santos e São Vicente, Estado de São Paulo, Brasil. *Rev Inst Adolfo Lutz*. 2009;68(2):237-44.
20. Vieira AH, Alonso ACB, Mello ARP, Sousa CV, Gonzalez E, Passos EC et al. Estudo retrospectivo da qualidade microbiológica e físico-química da água de soluções alternativas de abastecimento na Região Metropolitana da Baixada Santista, Estado de São Paulo, no período de 2008 a 2014. *Bol Inst Adolfo Lutz*. 2014;24(1):31-2.
21. World Health Organization - WHO. Drinking water quality in the South-East Asia Region. New Delhi: WHO Regional Office for South-East Asia; 2010.
22. Warner NR, Levy J, Harpp K, Farruggia F. Drinking water quality in Nepal's Kathmandu Valley: a survey and assessment of selected controlling site characteristics. *Hydrogeology J*. 2008;16:321-4. <https://doi.org/10.1007/s10040-007-0238-1>
23. São Paulo (Estado). Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo - Escala de 1:1.000.000. São Paulo: Departamento de Águas e Energia Elétrica; 2005.
24. American Public Health Association - APHA. Standard methods for examination of water and wastewater. 22th ed. Baltimore: United Book Press; 2012. (Part 9221F, Escherichia coli procedure using Fluorogenic substrate).
25. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4a ed. Brasília, DF: Agência Nacional de Vigilância Sanitária; 2005.

Agradecimentos

À Fapesp (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), pelo apoio por meio da modalidade Auxílio à Pesquisa - Regular (Processo nº 2013/24628-9) e às Vigilâncias Sanitárias de Bertoga, Cubatão e Mongaguá, Guarda Ambiental Municipal de Guarujá, Polícia Ambiental Militar de Itanhaém e Peruíbe e à Defesa Civil de Santos pela colaboração na coleta de amostras.

Conflito de Interesse

Os autores informam não haver qualquer potencial conflito de interesse com pares e instituições, políticos ou financeiros deste estudo.



Esta publicação está sob a licença Creative Commons Atribuição 3.0 não Adaptada.

Para ver uma cópia desta licença, visite http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.pt_BR.