



Vigilância Sanitária em Debate

ISSN: 2317-269X

INCQS-FIOCRUZ

Fiorvanti, Maria Isabel Andrekowisk; Pereira, Paulo Henrique  
Leuteviler; Marciano, Maria Aparecida Moraes; Sanches, Vitor Lacerda;  
Ferreira, Cecília de Oliveira Franco; Mazon, Elaine Marra de Azevedo  
Monitoramento e avaliação da qualidade da água de solução alternativa  
coletiva de abastecimento de escolas públicas do município de Itatiba, SP  
Vigilância Sanitária em Debate, vol. 8, núm. 2, 2020, Abril-Junho, pp. 122-133  
INCQS-FIOCRUZ

DOI: <https://doi.org/10.22239/2317-269X.01460>

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=570567430014>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais informações do artigo
- Site da revista em [redalyc.org](http://redalyc.org)

 redalyc.org

Sistema de Informação Científica Redalyc  
Rede de Revistas Científicas da América Latina e do Caribe, Espanha e Portugal  
Sem fins lucrativos acadêmica projeto, desenvolvido no âmbito da iniciativa  
acesso aberto

# Monitoramento e avaliação da qualidade da água de solução alternativa coletiva de abastecimento de escolas públicas do município de Itatiba, SP

## Monitoring and evaluation of alternative collective solution for water supply for public schools in Itatiba, SP

Maria Isabel Andrekowisk Fiorvanti<sup>I</sup> 

Paulo Henrique Leutevilier Pereira<sup>I</sup> 

Maria Aparecida Moraes Marciano<sup>I</sup> 

Vitor Lacerda Sanches<sup>II</sup> 

Cecília de Oliveira Franco Ferreira<sup>III</sup> 

Elaine Marra de Azevedo Mazon<sup>I,\*</sup> 

### RESUMO

**Introdução:** A segurança do abastecimento de água é de extrema importância para a saúde pública, principalmente para crianças que, em idade escolar, podem permanecer de 5 h a 8 h por dia nas escolas. A água pode conter uma variedade de contaminantes que, em níveis elevados, têm sido associados ao aumento de uma série de doenças em crianças. **Objetivo:** Avaliar durante 12 meses a qualidade das águas de poços utilizadas como soluções alternativas coletivas de abastecimento em dez escolas públicas do município de Itatiba (SP). **Método:** Foram coletadas amostras de água de poço, de reservatório e de bebedouro, totalizando 100 amostras, sendo analisados parâmetros químicos, físicos, organolépticos e microbiológicos previstos na Portaria de Consolidação n° 5, de 28 de setembro de 2017, anexo XX. Adicionalmente foi realizada uma pesquisa quanto à presença de matérias estranhas, incluindo os protozoários *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp. **Resultados:** Três escolas exibiram resultados em acordo com a legislação. As demais apresentaram presença de microrganismos como bactérias (29,0% de coliforme total e 9,0% de *Escherichia coli*, no total de amostras analisadas) e protozoários (15,0%), além de resultados acima do valor máximo permitido (VMP) para cor aparente (8,0%), turbidez (11,0%), Fe (12,0%), Zn e Pb (5,0%). **Conclusões:** Os resultados em desacordo com a legislação interferem na qualidade das águas oferecidas nas escolas, estando associados à falta de investimento na infraestrutura dos poços e cloração da água, sendo observado um diferencial na escola que possui parceria com a empresa de tratamento de água do município. Esta parceria deve ser mantida e, se possível, expandida para as demais escolas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Potabilidade; Protozoário; Reação em Cadeia da Polimerase; Saneamento; Criança

### ABSTRACT

**Introduction:** Security of water supply is extremely important for public health, especially for school-age children who can stay in schools for five to eight hours a day. Water can contain a variety of contaminants that, at high levels, have been linked to a range of diseases in children. **Objective:** To evaluate, during 12 months, the quality of well water used as collective alternative supply solutions in 10 public schools in the city of Itatiba (SP). **Method:** Samples of water from the well, reservoir and drinking water were collected, totaling 100 samples, and chemical, physical, organoleptic and microbiological parameters provided for in Consolidation Ordinance No. 5, of September 28, 2017, Annex XX, were analyzed; additionally, a research was done related to the presence of foreign matter and protozoa *Cryptosporidium* spp. and *Giardia* spp. **Results:** Only three schools presented results in accordance with the legislation; the other had the presence of microorganisms (29.0% of total coliform and 9.0% of *E. coli*, in the total of analyzed samples), protozoa (15.0%), and of results above the maximum permitted value (MPV) for apparent color (8.0%), turbidity (11.0%), Fe (12.0%), Zn and Pb (5.0%). **Conclusions:** The

<sup>I</sup> Instituto Adolfo Lutz (IAL), São Paulo, SP, Brasil

<sup>II</sup> Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, SP, Brasil

<sup>III</sup> Vigilância em Saúde, Prefeitura do município de Itatiba, Itatiba, SP, Brasil

\* E-mail: campinas.cqb@ial.sp.gov.br



results in disagreement with the legislation interfere with the water quality offered in the schools, being associated with the lack of investment in well infrastructure and chlorination of the water. It is also observed a differential in the school that has partnership with the water treatment company of the municipality. This partnership should be maintained and, if possible, expanded to other schools.

**KEYWORDS:** Water Potability; Protozoan; Polymerase Chain Reaction; Sanitation; Child

## INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial à vida, e o acesso à água de boa qualidade e em quantidade adequada está diretamente relacionado à saúde da população, contribuindo para reduzir a ocorrência de diversas doenças<sup>1</sup>. A água pode conter uma variedade de contaminantes que, em níveis elevados, têm sido associados ao aumento de uma série de doenças em crianças, incluindo doenças agudas, como gastrointestinais, efeitos no desenvolvimento, distúrbios de aprendizagem, desregulação endócrina e câncer<sup>2</sup>. A garantia do consumo humano de água potável, livre de microrganismos patogênicos e de substâncias químicas prejudiciais à saúde, consiste em uma ação eficaz de prevenção das doenças causadas pela água<sup>3</sup>.

Instituições educacionais utilizam a água para o preparo de refeições, sucos, higienização de utensílios e instalações, além do consumo direto por meio dos bebedouros, podendo representar um veículo de contaminação, se regras básicas de higiene não forem rigorosamente observadas<sup>4</sup>. Para a saúde pública, a segurança do abastecimento de água é de extrema importância, principalmente considerando que as crianças em idade escolar podem permanecer de 5 h a 8 h por dia nas escolas públicas do ensino fundamental no Brasil<sup>5</sup> e, normalmente, as crianças ingerem mais água em relação ao seu peso corporal do que os adultos, tendendo a uma maior exposição aos contaminantes da água<sup>2</sup>.

A avaliação global Água Potável, Saneamento e Higiene nas Escolas: Relatório de Linha de Base Global de 2018 da *World Health Organization / United Nations Children's Fund* (WHO/UNICEF) apontou que 69,0% das escolas mundiais possuem algum serviço básico de água potável, sendo a cobertura geralmente mais alta nas escolas urbanas do que nas periurbanas, que por sua vez têm uma cobertura significativamente melhor do que as escolas rurais. Poucos países relataram a qualidade da água potável nas escolas, mas os dados disponíveis mostraram que as escolas rurais apresentam uma cobertura mais baixa dos serviços básicos de água potável do que as escolas urbanas. No Brasil, de 2010 para 2016, a porcentagem de escolas sem tratamento de água caiu de 23,0% para 17,0%, porém os dados fornecidos são insuficientes para avaliar a qualidade da água potável oferecida nas escolas<sup>6</sup>.

Estudos sobre a qualidade da água, principalmente subterrânea, são de grande importância para a saúde pública, recebendo a atenção da comunidade científica de muitos países<sup>4,5,7,8,9,10,11,12</sup>. Vários tipos de contaminantes da água potável podem ser motivo de preocupação para a saúde das crianças, como, por exemplo: *Escherichia coli*, chumbo, arsênico, nitratos, nitritos, produtos químicos orgânicos e subprodutos de desinfecção (clorofórmio)<sup>2</sup>.

Dentre os microrganismos encontrados na água, os protozoários (*Cryptosporidium* spp., *Giardia* spp., *Toxoplasma gondii*, dentre

outros) apresentam ocorrência relevante e atualmente têm emergido acometendo indivíduos em surtos epidêmicos. Fatores como o aumento da contaminação das águas, o consumo de alimentos contaminados, o uso de fontes alternativas de água para consumo, a globalização do comércio e viagens (dentre outros) podem estar relacionados ao aumento desses patógenos<sup>13</sup>.

A Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de outubro de 2017, do Ministério da Saúde (MS)<sup>14</sup>, anexo XX, preconiza que toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água. Para ser considerada potável, a água destinada ao abastecimento da população humana deve atender as características de qualidade que estejam de acordo com os valores permissíveis dos parâmetros químicos, físicos, organolépticos e microbiológicos<sup>14</sup>. A portaria citada também ressalta o monitoramento de cistos de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp. no ponto de captação de água quando for identificada média geométrica anual maior ou igual a 1.000 *E. coli*/100 mL na água<sup>14</sup>.

Considerando a importância do tema e a ausência de dados sobre a qualidade da água em Itatiba, o objetivo do presente estudo foi avaliar durante 12 meses a potabilidade da água de poços utilizadas como soluções alternativas coletivas de abastecimento (SAC) em dez escolas públicas do município de Itatiba (São Paulo). Foram analisados parâmetros químicos, físicos, organolépticos e microbiológicos previstos na legislação e, adicionalmente, foi pesquisada a presença de matérias estranhas e dos protozoários *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp.

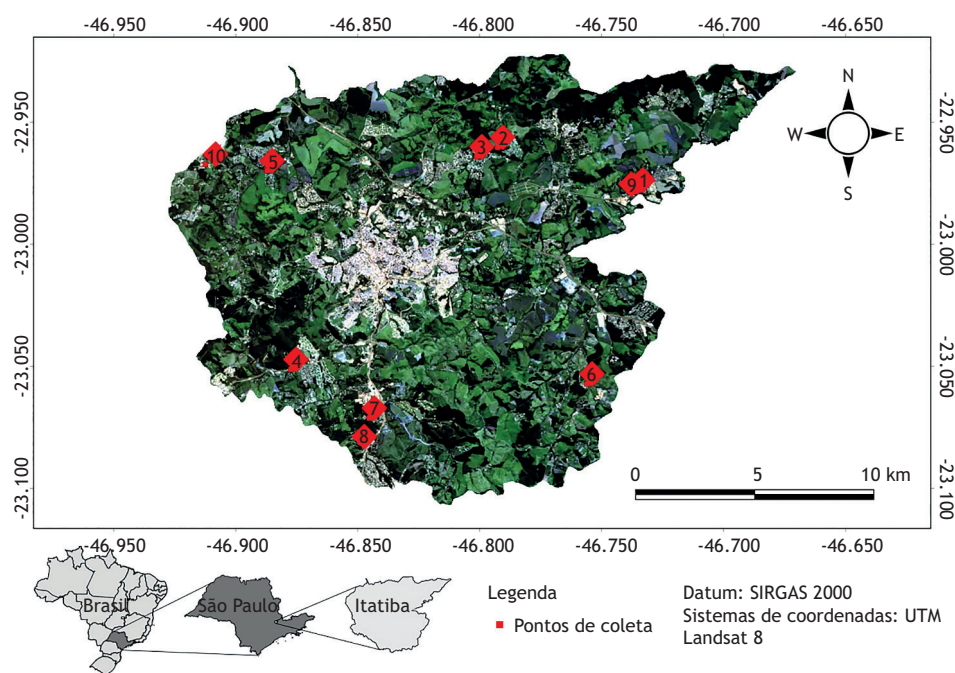
## MÉTODO

### Área de estudo

Itatiba é um município do estado de São Paulo (latitude 23° 07' 02" Sul e longitude 46° 33' 01" Oeste), integrante da Região Metropolitana de Campinas, com população estimada de 120.858 habitantes<sup>15</sup>. O município possui 62 escolas públicas<sup>16</sup>, sendo que as dez escolas avaliadas neste estudo atendem aproximadamente 2.000 alunos que corresponde a aproximadamente 11,0% do total de alunos matriculados em 2017 no ensino infantil e fundamental do município (escola pública e particular)<sup>17</sup>. A Figura apresenta a distribuição das escolas dentro do município.

### Amostragem

No período de 12 meses, entre julho de 2016 a maio de 2017, a Vigilância Sanitária do município (Visa) de Itatiba realizou



Fonte: Elaborada pelos autores, 2020.

**Figura.** Mapa com os pontos de coleta no município de Itatiba (SP). Os números representam, respectivamente, as escolas E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9 e E10.

quatro coletas de amostras de água (identificadas como: outono, inverno, primavera e verão) em dez escolas que utilizam poço como SAC. As escolas foram identificadas como E1 a E10. Os kits para a coleta (contendo três *bags* para ensaios microbiológicos, três para físico-químicos, um galão para o ensaio de protozoários e dois frascos para os de metais) foram fornecidos pelo laboratório, descontaminados e preservados conforme a característica de cada ensaio, ao longo das coletas agendadas.

Foram determinados três pontos de coletas: direto do poço, reservatório e bebedouro, estabelecidos para as análises físico-químicas (FQ) e microbiológicas. O ponto direto do poço também foi estabelecido para a coleta dos ensaios microscópicos e dos elementos inorgânicos.

Neste estudo foi avaliado um total de 100 amostras, sendo 40 amostras coletadas no bebedouro, 40 no reservatório e 20 no ponto direto do poço. Essa diferença na amostragem nos poços ocorreu devido a algumas escolas não apresentarem acesso aos poços (torneiras) e, nestes casos, as determinações dos elementos inorgânicos e análise microscópica foram realizadas no ponto reservatório. A amostragem no ponto direto do poço foi realizada no inverno nas escolas E3 e E4; na primavera nas escolas: E1, E2, E3, E4 e E9; no verão nas escolas: E1, E2, E3, E4, E8 e E9; no outono nas escolas: E1, E3, E4, E5, E6, E8 e E9. As escolas E7 e E10 não disponibilizaram acessos aos poços durante o estudo.

#### Determinação dos parâmetros

Para facilitar a disposição dos resultados e discussões, os parâmetros estudados, foram separados em quatro grupos: Análises FQ:

cor aparente, turbidez, sólidos totais dissolvidos (STD), dureza total, ferro (Fe), cloreto, sulfato, pH, amônia, fluoreto, nitrito e nitrato; Análises dos elementos inorgânicos: Alumínio (Al), Antimônio (Sb), Arsênio (As), Bário (Ba), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Selênio (Se), Sódio (Na) e Zinco (Zn); Análises microbiológicas: coliformes totais (CT) e *E. coli*.; e Análises microscópicas: matérias estranhas e pesquisa de *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp.

#### Análises FQ

Aproximadamente 1.000 mL de água foram coletadas em *bag* estéril e descartável, modelo *Whirl-Pak*®. A amostra foi analisada segundo descrito no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SMEWW)<sup>18</sup> para cor aparente (método comparação visual 2120 B), dureza (método titrimétrico 2340 C), turbidez (método nefelométrico 2130 B), pH (método eletrométrico 4500-H<sup>+</sup> C), fluoreto (método potenciométrico com eletrodo íon seletivo 4500-F<sup>-</sup> C), nitrato (método espectrofotométrico 4500-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> B), nitrito (método espectrofotométrico com desenvolvimento de cor 4500-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> B), Fe (método fenantrolina 3500-Fe B) e cloreto (método argentométrico 4500-Cl<sup>-</sup> BA). O parâmetro amônia foi determinado pelo método fotométrico com o *kit* Spectroquant® da Merck. Os parâmetros STD (método 204/IV, condutivimétrico) e sulfato (método 214/IV) seguiram as técnicas descritas em “Métodos físico-químicos para análise de alimentos”<sup>19</sup>.

#### Determinação dos elementos inorgânicos

A amostragem para os ensaios dos elementos inorgânicos foi realizada em frascos de polipropileno de 500 mL, previamente lavados,



descontaminados e adicionados de  $\text{HNO}_3$  para preservação das amostras, conforme descrito no SMEWW<sup>18</sup>. Os elementos inorgânicos Al, Ba, Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Na e Zn foram determinados por Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP OES) (PerkinElmer, modelo Optima 8300). Os elementos As, Pb e Se foram analisados por Espectrometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite (GFAAS) (PerkinElmer, modelo AAnalyst 600), utilizando os métodos 3120 B e 3113 B, descritos no SMEWW<sup>18</sup>.

### Análises microbiológicas

Para a análise microbiológica, 100 mL de água foram coletadas em *bag* estéril e descartável, modelo *Thio-Bag Whirl-Pak*®, com tiosulfato de sódio. A amostra foi avaliada quanto à presença ou à ausência de CT e *E. coli* pelo método de substrato cromogênico/enzimático (sistema Colilert, Idexx Laboratories/USA), método 9223 B descrito no SMEWW<sup>18</sup>.

### Análises microscópicas

A amostra para a pesquisa de matérias estranhas e protozoários foi coletada em galão plástico de 20 L previamente higienizado com solução de hipoclorito de sódio a 20%. A primeira etapa da análise consistiu em uma filtração da amostra em sistema de recipientes fechados, previamente autoclavado (30 min a 120 Kgf/cm<sup>2</sup>), utilizando membranas de 142 mm de diâmetro e sob pressão de 0,7 kgf/cm<sup>2</sup>.

Após filtração, a membrana foi transferida para uma placa de Petri estéril de 145 mm de diâmetro, à qual foram adicionados 5 mL de água destilada e, a seguir, foi raspada com auxílio de raspador de células (*cell scrape* - Kasvi®). O material obtido foi coletado com auxílio de pipeta Pasteur e transferido para tubo falcon de 15 mL. O procedimento de raspagem foi novamente realizado com mais 5 mL de água destilada. O material obtido (10 mL) foi centrifugado a 2.270 g por 5 min, sendo o sobrenadante (aproximadamente 9 mL) descartado e o material sedimentado recolhido para o preparo das lâminas e extração de DNA.

Pesquisa de matérias estranhas: realizada por meio da leitura de lâminas contendo o material sedimentado, coradas com lugol e submetidas à análise em microscópio de campo claro para identificação das matérias estranhas, incluindo protozoários (oocistos e cistos).

Pesquisa de *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp: alíquotas de 200 µL da amostra sedimentada obtida da etapa anterior foram

tratadas com 40 µL de proteinase K e mantidas por 18 h sob agitação de 500 oscilações por min. Após o término da incubação seguiram-se as extrações de DNA conforme o protocolo do fabricante do *kit* QIAamp DNA Mini *Kit*-Qiagen®. As reações em cadeia da polimerase (PCR) foram realizadas utilizando *kit* comercial (GoTaq®Green Master Mix - Promega). Cada 12,5 µL do mix contendo uma unidade de Taq DNA polimerase em 10 mM Tris-HCl, pH 8,5; 50 mM KCl; 1,5 mM MgCl<sub>2</sub> e 200 mM de cada um dos desoxinucleosídeos trifosfatados (dATP, dGTP, dCTP, dTTP). Cada reação foi realizada adicionando-se 5 µL do DNA-alvo e 10 pmol de cada iniciador, em um volume final de 25 µL. As amplificações foram realizadas utilizando o termociclador Veriti® Thermal Cycler (Applied Biosystems®). Os iniciadores moleculares utilizados estão descritos na Tabela 1.

Os produtos amplificados foram separados em um sistema eletroforético horizontal em gel de agarose a 1,2% tampão TBE 1x (45 mM de Tris-Borato e 1 mM de-EDTA, pH 8.0), contendo brometo de etídio a 0,5 g/mL. Em todos os géis foram adicionados o marcador de peso molecular com fragmentos múltiplos de 100 pb e as corridas foram realizadas a 100 Volts por 1 h (fonte PS 1006, Apelex, França). As amostras foram visualizadas e fotografadas em um transiluminador Gene Genius (Programa Gel Capture Pro, versão 4.5.3) de ultravioleta a um comprimento de onda de 302 nm.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cada coleta realizada a Visa registrou informações importantes para a conclusão dos resultados obtidos como, o tipo de poço, tratamento da água com cloro, análise de campo (pH e cloro residual livre) e ocorrência de chuva nas 24 h antes da coleta, bem como auxiliando cada escola quanto aos resultados. Uma das ações resultou na interdição do poço da escola E2 na coleta programada de outono, e esse abastecimento de água passou a ser realizada por caminhão-pipa. Devido à interdição, não foi realizada a coleta no ponto direto do poço desta escola.

### Análises FQ

A legislação<sup>14</sup> estabelece uma faixa de recomendação para o pH entre 6,0 a 9,5 e valores máximos permitidos (VMP) para os demais 11 parâmetros FQ avaliados neste estudo. O resultado do parâmetro sulfato foi menor que o limite de quantificação do método (LQ) de 50 mg/L, e os valores de pH variaram entre 5,4 a 7,9 para as 100 amostras analisadas, esses valores não

**Tabela 1.** Descrição dos iniciadores moleculares para reação em cadeia da polimerase convencional utilizados para identificação dos protozoários *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp.

Protozoário	PCR convencional			
	Iniciadores moleculares	Sequência 5' - 3'	Produto esperado (pb)	Referência
<i>Cryptosporidium</i> spp.	CryIAL1(F)/ CryIAL2(F)/ CryIAL3(R)	TACCTACGTATGTTGAACTCCG AGGATACGAAATATCAGGAAAGC TGTATATCCTGGTGGGCAGACC	703/531	Este trabalho
<i>Giardia</i> spp.	G7(F)/ G376(F)/ G759(R)	AAGCCCGACGACCTCACCCGAGTGC CCATAACGACGCCATCGCGGCTCTCAGGAA GTCGTCTCGAAGATCCAGGCGGCCTC	753/384	Cacciò e Ryan <sup>20</sup>

Fonte: Elaborada pelos autores, 2020.

PCR: reação em cadeia da polimerase.





comprometem a qualidade das águas em termos de consumo humano, pois refletem apenas a composição geológica do solo<sup>21</sup>. A Tabela 2 apresenta os resultados médios, desvio padrão, máximos e mínimos encontrados para os demais parâmetros FQ de cada escola, sem diferenciar ponto de coleta ou sazonalidade. Os resultados das escolas E2, E4, E5, E6, E7, E8, E9 e E10 ficaram abaixo dos VMP para todos os parâmetros FQ.

A E1 apresentou resultado acima do VMP para o Fe (0,76 mg/L) na coleta de verão no ponto direto do poço. Conforme descrito na legislação, eventual ocorrência de resultados acima do VMP deve ser analisada em conjunto com o histórico de controle da qualidade da água e não de forma pontual<sup>14</sup>. Assim, este resultado pontual não afeta a qualidade da água, quanto a este parâmetro, já que os demais pontos (reservatório e bebedouro) e coletas (primavera, outono e inverno) encontram-se de acordo com a legislação.

Na E6, foi observado um resultado de fluoreto de 0,51 mg/L na única amostra coletada no ponto direto do poço, valor 2,5 vezes abaixo da média ( $1,18 \pm 0,26$  mg/L) das amostras coletadas nos demais pontos. Comparando os resultados das águas do reservatório e do bebedouro com a água do poço, há indício de fluoretação da água ou a utilização de uma fonte diferente de abastecimento desta escola.

A E7 declarou uma parceria com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) para o tratamento da água, um benefício a mais aos estudantes e funcionários da escola, sendo o resultado médio do fluoreto ( $0,67 \pm 0,09$  mg/L), característico de água fluoretada, estando de acordo com a Resolução SS-250, de 15 de agosto de 1995, da Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo<sup>22</sup>. Na coleta de outono da E2, o resultado médio de fluoreto foi de  $0,59 \pm 0,01$  mg/L, enquanto as demais coletas apresentaram resultados abaixo do limite de quantificação (0,20 mg/L), confirmando a origem da água analisada de caminhão-pipa.

Para a E3, as amostras dos pontos direto do poço e reservatório apresentaram resultados médios acima dos VMP para os parâmetros cor aparente (20,00 uH), turbidez (13,54 uT) e Fe (1,66 mg/L). No ponto bebedouro, o parâmetro cor aparente apresentou resultado acima do VMP apenas na coleta de outono (25,30 uH), última a ser realizada, indicando uma possível saturação do filtro do bebedouro. Os parâmetros turbidez (média de 6,60 uT) e Fe (média de 0,95 mg/L) ficaram acima do VMP nas coletas de inverno, primavera e outono da escola E3.

O parâmetro cor aparente acima do VMP na água provoca a rejeição do consumidor e está relacionado a presença de matéria orgânica, metais (Fe e Mn) e resíduos industriais coloridos. Já a turbidez é resultado da presença de materiais sólidos em suspensão (algas, plâncton, matéria orgânica, e outras substâncias como Zn, Fe, Mn e areia), resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais, que reduzem a sua transparência<sup>1,23</sup>. Tanto a cor quanto a turbidez da água podem estar relacionados a elevada concentração de Fe, onde sua presença pode favorecer o desenvolvimento das “ferro-bactérias”,

que não são prejudiciais à saúde, mas conferem cor e odor à água<sup>1,24</sup>. A presença de ferro pode ocorrer devido à interação natural entre a água subterrânea e a rocha<sup>21</sup>. O consumo excessivo de ferro pode causar a hemocromatose, que se caracteriza pelo depósito desse metal nos tecidos de órgãos como fígado, pâncreas, coração e hipófise<sup>24</sup>.

No estudo realizado por Scorsafava et al.<sup>7</sup> no período de 2005 a 2008, foram avaliadas 1.759 amostras de águas (poços e minas) em 100 municípios do estado de São Paulo, e os autores constataram que 7,5% das águas dos poços apresentaram valores acima do VMP para cor aparente, 5,0% para turbidez e 8,5% para o Fe. Soto et al.<sup>8</sup> avaliaram a qualidade da água de 50 escolas públicas da zona rural no município de Ibiúna (SP), encontrando resultados acima do VMP para cor (6,0%), turbidez (8,0%) e Fe (2,0%). Esses resultados são comparáveis aos 12,0% de amostras acima dos VMP encontrados no presente estudo (8,0% para cor aparente, 11,0% para turbidez e 12,0% para Fe).

Em geral, os resultados da escola E3 apresentaram uma diminuição gradual dos valores obtidos do ponto direto do poço, reservatório e bebedouro, provavelmente relacionada à precipitação da matéria orgânica no fundo do reservatório e a retenção no filtro do bebedouro<sup>25</sup>. Estes resultados podem ocorrer devido à contaminação natural ou a poços construídos sem critérios técnicos, com revestimento corroído ou rachado e sem manutenção<sup>26</sup>.

#### Determinação dos elementos inorgânicos

Dos 12 elementos estudados, As, Cd, Cr, Ni e Se ficaram abaixo dos LQ (0,002 mg/L; 0,003 mg/L; 0,010 mg/L; 0,020 mg/L e 0,003 mg/L, respectivamente) para as 40 amostras analisadas. A Tabela 3 apresenta os resultados médios, desvio-padrão, máximos e mínimos encontrados para os sete elementos quantificados (Al, Ba, Pb, Cu, Mn, Na, Zn). Em geral, os resultados ficaram abaixo do VMP estabelecido na legislação<sup>14</sup>, exceto para a Zn (E3) e Pb (E8).

A concentração média de Zn nas amostras da E3 foi de  $4,20 \pm 1,19$  mg/L, sendo a menor concentração (3,24 mg/L) na coleta de verão e a maior (5,89 mg/L) na coleta de primavera. A concentração de Zn acima de 3 mg/L tende a deixar a água com aspecto opalescente, desenvolve um filme oleoso quando fervida, conferindo um sabor adstringente indesejável à água<sup>27</sup>. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB)<sup>28</sup> estabelece um valor de intervenção para Zn em água subterrâneas de 1,8 mg/L e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), por meio da Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009<sup>29</sup>, um valor de investigação de 1,050 mg/L para Zn nas águas para consumo humano, valores menores que o estabelecido pela legislação seguida neste estudo (VMP de 5 mg/L)<sup>14</sup>. Segundo a CETESB, concentrações acima dos valores de intervenção, “indicam a necessidade de ações para resguardar os receptores de risco, devendo seguir os procedimentos de gerenciamento de áreas contaminadas”<sup>30</sup>.

O Pb na E8 foi detectado apenas no ponto direto do poço, sendo que na coleta do outono sua concentração foi de 0,022 mg/L, acima do VMP, e na coleta de verão foi 0,006 mg/L. Este padrão,

Tabela 2. Valores médios ( $\bar{X}$ ), desvio-padrão (DP), mínimos e máximos (Min/Máx) dos parâmetros FQ encontrados nas águas das escolas e os VMP.

Escola	Cor aparente (uH)	Turbidez (uT)	STD (mg/L)	pH	Dureza total (mg/L)	Amônia (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Ferro (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Fluoreto (mg/L)
E 1	$\bar{X} \pm DP$	-	13,90 $\pm$ 4,14	6,08 $\pm$ 0,26	9,11 $\pm$ 1,80	-	0,64 $\pm$ 0,11	< 0,003*	-	20,56 $\pm$ 4,36	< 0,20*
	Min/Máx	< 0,10*/2,10	9,75/24,90	5,40/6,35	6,09/13,13	< 0,01/0,13	0,44/0,76		< 0,10*/0,76	14,90/26,57	
E 2	$\bar{X} \pm DP$	-	38,70 $\pm$ 5,16	6,47 $\pm$ 0,36	27,44 $\pm$ 5,78	< 0,01*	2,51 $\pm$ 0,84	< 0,003*	-	19,23 $\pm$ 13,66	-
	Min/Máx	< 0,10*/0,73	34,45/47,12	6,12/7,12	21,21/36,54		0,92/2,96		< 0,10*/0,14	4,92/45,26	< 0,20*/0,59
E 3	$\bar{X} \pm DP$	13,54 $\pm$ 16,73	112,00 $\pm$ 6,61	7,23 $\pm$ 0,31	97,00 $\pm$ 8,24	< 0,01*	< 0,22*	< 0,003*	1,66 $\pm$ 1,73	20,30 $\pm$ 4,23	0,50 $\pm$ 0,05
	Min/Máx	0,89/62,00	104,60/123,30	6,82/7,64	86,87/113,70				0,16/2,38	14,90/29,80	0,42/0,54
E 4	$\bar{X} \pm DP$	-	48,20 $\pm$ 19,66	7,25 $\pm$ 0,13	34,69 $\pm$ 9,14	< 0,01*	< 0,22*	< 0,003*	-	27,32 $\pm$ 16,60	0,40 $\pm$ 0,03
	Min/Máx	< 0,10*/0,44	33,74/79,26	6,95/7,35	27,41/53,54				< 0,10*/0,16	9,84/61,01	0,30/0,45
E 5	$\bar{X} \pm DP$	-	47,3 0,00 $\pm$ 1,88	7,11 $\pm$ 0,19	38,13 $\pm$ 2,13	< 0,01*	1,47 $\pm$ 0,08	< 0,003*	< 0,10*	21,26 $\pm$ 11,87	-
	Min/Máx	< 0,10*/0,36	45,05/50,32	6,72/7,34	35,35/40,60		1,39/1,61			3,94/41,33	< 0,20*/0,20
E 6	$\bar{X} \pm DP$	-	50,20 $\pm$ 7,22	7,16 $\pm$ 0,55	18,56 $\pm$ 5,53	< 0,01*	0,59 $\pm$ 0,10	-	-	26,44 $\pm$ 9,40	1,18 $\pm$ 0,26
	Min/Máx	< 0,10*/1,06	43,80/57,92	6,21/7,87	12,12/27,41		0,36/0,71	< 0,003*/0,014	< 0,10*/0,21	13,91/38,38	0,51/1,34
E 7	$\bar{X} \pm DP$	-	82,70 $\pm$ 30,05	7,69 $\pm$ 0,06	47,33 $\pm$ 1,97	< 0,01*	0,30 $\pm$ 0,02	< 0,003*	< 0,10*	23,53 $\pm$ 13,00	0,67 $\pm$ 0,09
	Min/Máx	< 0,10*/0,38	62,76/131,40	7,64/7,80	44,66/49,49		0,28/0,33			14,76/54,12	0,60/0,80
E 8	$\bar{X} \pm DP$	-	79,30 $\pm$ 34,62	7,13 $\pm$ 0,43	56,58 $\pm$ 4,98	< 0,01*	2,28 $\pm$ 1,20	-	< 0,10*	20,01 $\pm$ 3,79	< 0,20*
	Min/Máx	< 0,10*/0,46	53,58/143,60	6,60/7,62	51,52/64,65		0,72/4,05	< 0,003*/0,004		14,76/26,57	
E 9	$\bar{X} \pm DP$	-	11,80 $\pm$ 2,41	5,95 $\pm$ 0,32	7,71 $\pm$ 1,79	< 0,01*	0,66 $\pm$ 0,07	< 0,003*	-	26,15 $\pm$ 12,38	< 0,20*
	Min/Máx	< 0,10*/1,23	9,51/17,45	5,37/6,39	6,09/11,20		0,57/0,77		< 0,10*/0,14	15,74/49,20	
E 10	$\bar{X} \pm DP$	-	62,80 $\pm$ 5,90	6,98 $\pm$ 0,16	31,12 $\pm$ 7,29	< 0,01*	3,90 $\pm$ 0,06	< 0,003*	-	28,60 $\pm$ 7,22	0,50 $\pm$ 0,13
	Min/Máx	< 0,10*/0,49	57,00/69,03	6,86/7,20	23,35/45,45		3,82/3,95		< 0,10*/0,1	17,71/37,39	0,30/0,60
VMP	15	5,00	1.000,00	6,00-9,50	500,00	1,50	10,00	1,000	0,30	250,00	1,50

Fonte: Elaborada pelos autores, 2020.

DP: desvio-padrão; FQ: físico-químicos; VMP: valores máximos permitidos; STD: Sólidos dissolvidos totais; VMP: valor máximo permitido pela Portaria de Consolidação n° 5, Anexo XX.

- média não calculada, alguns resultados encontram-se abaixo do limite de quantificação; \*Valor abaixo do limite de quantificação; Em negrito: valores acima VMP

Tabela 3. Valores médios ( $\bar{X}$ ) em mg/L, desvio padrão (DP), mínimos e máximos (Min/Máx) dos elementos inorgânicos quantificados nas dez escolas e os VMP.

Escola		Al	Ba	Pb	Cu	Mn	Na	Zn
E1	$\bar{X} \pm DP$	< 0,05*	< 0,08*	-	-	-	2,20 $\pm$ 0,77	< 0,05*
	Min/Máx			< 0,002*/0,005	< 0,05*/0,15	< 0,01*/0,03	1,76/3,36	
E2	$\bar{X} \pm DP$	-	-	-	< 0,05*	< 0,01*	4,35 $\pm$ 1,67	< 0,05*
	Min/Máx	< 0,05*/0,06	< 0,08*/0,17	< 0,002*/0,005			3,43/6,86	
E3	$\bar{X} \pm DP$	< 0,05*	< 0,08*	< 0,002*	< 0,05*	0,02 $\pm$ 0,02	11,50 $\pm$ 0,36	4,20 $\pm$ 1,19
	Min/Máx					0,01/0,05	11,11/11,95	3,24/5,89
E4	$\bar{X} \pm DP$	< 0,05*	< 0,08*	< 0,002*	< 0,05*	< 0,01*	5,39 $\pm$ 0,93	0,22 $\pm$ 0,13
	Min/Máx						4,57/6,39	0,07/0,39
E5	$\bar{X} \pm DP$	< 0,05*	0,09 $\pm$ 0,01	< 0,002*	< 0,05*	< 0,01*	6,23 $\pm$ 0,23	< 0,05*
	Min/Máx		0,09/0,10				5,89/6,38	
E6	$\bar{X} \pm DP$	< 0,05*	< 0,08*	< 0,002*	< 0,05*	-	17,93 $\pm$ 2,88	< 0,05*
	Min/Máx					< 0,01*/0,02	15,02/20,91	
E7	$\bar{X} \pm DP$	< 0,05*	< 0,08*	< 0,002*	< 0,05*	< 0,01*	10,52 $\pm$ 0,27	< 0,05*
	Min/Máx						10,26/10,90	
E8	$\bar{X} \pm DP$	-	0,12 $\pm$ 0,01	-	< 0,05*	< 0,01*	4,73 $\pm$ 1,98	< 0,05*
	Min/Máx	< 0,05*/0,06	0,11/0,13	< 0,002*/0,022			2,37/6,79	
E9	$\bar{X} \pm DP$	< 0,05*	< 0,08*	-	< 0,05*	< 0,01*	1,80 $\pm$ 0,10	< 0,05*
	Min/Máx			< 0,002*/0,010			1,69/1,92	
E10	$\bar{X} \pm DP$	< 0,05*	0,15 $\pm$ 0,01	< 0,002*	< 0,05*	< 0,01*	13,24 $\pm$ 0,78	< 0,05*
	Min/Máx		0,14/0,16				12,50/14,00	
VMP		0,20	0,70	0,010	2,00	0,10	200,00	5,00

Fonte: Elaborada pelos autores, 2020.

DP: desvio-padrão; VMP: valores máximos permitidos; Al: alumínio; Ba: bário; Pb: chumbo; Cu: cobre; Mn: manganês; Na: sódio; Zn: zinco.

- não calculado, alguns resultados encontram-se abaixo do limite de quantificação; \* Valores menores que o limite de quantificação; Em negrito: resultados acima do VMP

concentração de Pb acima do LQ no ponto direto do poço e abaixo do LQ nos demais pontos também foi observado para as escolas E2 e E9, caracterizando uma possível precipitação deste elemento no fundo dos reservatórios<sup>31,32</sup>. Porém é necessário cautela ao avaliar estes resultados, como previamente citado, eventuais ocorrências de resultados acima do VMP devem ser analisadas em conjunto com o histórico de controle da qualidade da água e não de forma pontual.

Os trabalhos de Campos et al.<sup>33</sup> e Monte Blanco et al.<sup>34</sup> mostraram resultados acima do VMP para o Pb para 100,0% e 10,0%, respectivamente, das amostras analisadas. A CETESB, no triênio 2013-2015, avaliou as águas subterrâneas em 282 pontos diferentes (entre poços tubulares e nascentes), verificando concentrações de chumbo acima do VMP ao padrão de potabilidade em cinco poços (2,0% do total de poços), em diferentes pontos do estado de São Paulo. Neste mesmo estudo, os poços localizados nos municípios de Marília e Guarulhos apresentaram concentrações de Zn superiores ao valor de investigação da Resolução do Conama nº 420/2009 e da Lista dos Valores Orientadores da CETESB de 2014<sup>35</sup>.

No presente estudo, das 40 amostras analisadas, apenas duas (5,0%) apresentaram concentração dos elementos inorgânicos estudados acima do VMP. Entretanto, em função dos riscos à saúde humana, as concentrações dos elementos Zn e Pb que excederam ou estão próximos aos limites permitidos (E3, E8 e E9) demonstraram a necessidade de um monitoramento contínuo, principalmente para o Pb, por ser um metal tóxico e cumulativo

que afeta vários sistemas do corpo humano, incluindo os sistemas neurológico, hematológico, gastrointestinal, cardiovascular e renal. As crianças são particularmente vulneráveis aos efeitos neurotóxicos do Pb, e mesmo níveis relativamente baixos de exposição podem causar danos neurológicos graves e, em alguns casos, irreversíveis<sup>36</sup>.

#### Análises microbiológicas

Nas quatro coletas realizadas, não foram observadas a presença de CT ou de *E. coli* nas amostras das escolas E1, E3, E4 e E7. Este resultado evidencia a eficácia dos tratamentos das águas informados nos dados das análises de campo para cloro residual livre fornecido pela Visa. A Tabela 4 apresenta os resultados das seis escolas com presença CT e/ou *E. coli*.

Segundo a legislação<sup>14</sup>, toda água para o consumo humano, fornecida coletivamente, deverá passar por processo de desinfecção ou cloração e a presença de CT pode indicar a ineficiência do tratamento da água e ou falta na integridade do sistema de distribuição. Portanto, as escolas E5, E6, E9 e E10 apresentaram CT nas amostras sendo um indicador da falta ou ineficiência do tratamento da água.

As amostras coletadas na primavera e no verão da escola E2 revelaram presença de CT e *E. coli* nos três pontos estudados, indicando que a água fornecida não recebeu tratamento prévio e que a contaminação tem como origem o próprio poço. A escola E8 revelou presença de CT e *E. coli* na água do ponto direto do



Tabela 4. Resultados das amostras com presença de coliformes totais e *E. coli*.

Escola	Ponto de coleta	Parâmetros microbiológicos			
		Inverno	Primavera	Verão	Outono
E2	Direto do poço	NC	CT e <i>E. coli</i>	CT e <i>E. coli</i>	NC
	Reservatório	CT	CT e <i>E. coli</i>	CT e <i>E. coli</i>	S
	Bebedouro	CT	CT e <i>E. coli</i>	CT e <i>E. coli</i>	CT
E5	Direto do poço	NC	NC	NC	S
	Reservatório	S	S	S	S
	Bebedouro	S	S	CT	S
E6	Direto do poço	NC	NC	NC	S
	Reservatório	CT	CT	CT	CT
	Bebedouro	CT	CT	S	S
E8	Direto do poço	NC	NC	CT e <i>E. coli</i>	CT
	Reservatório	CT	CT e <i>E. coli</i>	CT e <i>E. coli</i>	CT
	Bebedouro	S	S	CT	S
E9	Direto do poço	NC	S	S	S
	Reservatório	S	S	CT	CT
	Bebedouro	S	S	CT	CT
E10	Direto do poço	NC	NC	NC	NC
	Reservatório	S	S	S	CT
	Bebedouro	S	S	S	CT

Fonte: Elaborada pelos autores, 2020.

CT: Coliformes totais; S: Amostra satisfatória; NC: Não coletada.

poço durante o verão e no ponto reservatório nas coletas realizadas na primavera e no verão, já o ponto de coleta bebedouro não revelou presença de *E. coli*, indicando uma ação efetiva do filtro desta escola.

*E. coli* tem sido utilizada como o principal indicador de coliformes termotolerantes e, embora esse microrganismo seja encontrado no conteúdo intestinal do homem e de animais de sangue quente, várias cepas têm atributos de virulência<sup>37,38</sup>. *E. coli* é uma das três principais bactérias patogênicas transmitidas por alimentos e pela água no mundo, sendo clinicamente importante, pois sua infecção pode levar a uma ampla gama de manifestações clínicas, incluindo infecções assintomáticas, diarreia leve ou doenças graves, como colite hemorrágica e síndrome hemolítico-urêmica. Um surto causado por este patógeno pode atingir proporções epidêmicas, causando um ônus econômico considerável<sup>39</sup>.

Na coleta de outono (última realizada), as escolas E2 e E8 demonstram ausência de *E. coli* na água, caracterizando uma melhora na qualidade de suas águas. Esta melhora foi devido à ação da Visa que, mediante os resultados obtidos nas coletas anteriores, interditou o poço da E2, passando o fornecimento de água a ser realizado por caminhão-pipa, e na E8 houve uma manutenção do poço e limpeza do reservatório e das caixas d'água. Porém, a presença de CT no bebedouro da E2 e no poço e reservatório da E8 indica que as medidas tomadas não foram totalmente eficientes, sendo sugerida uma manutenção mais eficaz como troca dos filtros, verificação da tubulação e até mesmo a substituição do poço, já que a falta de manutenção dos poços pode desencadear condições favoráveis ao desenvolvimento e sobrevivência de patógenos microbianos<sup>35</sup>.

Em síntese, 29,0% do total de amostras analisado apresentou presença de CT e em 9,0% das amostras foi confirmada a presença de *E. coli* (concentrada em duas escolas). Estudos realizados anteriormente vêm apontando os mesmos problemas de contaminação microbiana em águas fornecidas nas escolas brasileiras<sup>40,41,42,43</sup>. A presença de coliformes termotolerantes nestes estudos variou de 10,0% a 33,0% das amostras analisadas, porcentagem média superior ao encontrado no presente estudo, sendo que os autores evidenciaram a necessidade da implantação de medidas de saneamento e ressaltaram que a presença destes microrganismos podem estar associadas à falta de higienização nas caixas d'água e encanamentos, à falta de cloração eficaz e à ineficiência dos filtros dos bebedouros<sup>25,40,41,42,43</sup>.

Estas evidências estão alinhadas aos resultados e a observações do presente estudo, onde seis escolas necessitam implantar e manter um tratamento mínimo, como a cloração, para melhorar a qualidade da água fornecida aos alunos. A avaliação e as reformas das estruturas físicas dos poços também se fazem necessárias para garantir as condições higiênico-sanitárias do ambiente e, consequentemente, proteger a fonte de abastecimento.

### Análises microscópicas

#### Pesquisa de matérias estranhas

Em geral, as amostras de água analisadas (direto dos poços e/ou reservatórios) revelaram presença de matérias estranhas em suspensão e depósito, identificadas como: cistos de ameba e cistos de protozoários de vida livre, matérias estranhas amorfas, material terroso, nematoides de vida livre (fitoparasito), cristais, fibras vegetais, ovos de inseto, bárbulas de ave, dentre outras.



A ocorrência destas matérias estranhas é um indicativo de falhas das boas práticas e problemas estruturais dos poços e/ou reservatórios, que podem propiciar a entrada de sujidades.

Na coleta de inverno da amostra E2, realizada no ponto reservatório, a análise microscópica revelou a presença de cistos de *Eimeria* spp. que, apesar de ser um protozoário, não é considerado de risco a saúde humana, porém, é indicativo de contaminação por fezes de aves ou ruminantes<sup>44</sup>. Diante destes resultados, faz-se necessária a adoção de medidas de higiene e manutenção adequada dos reservatórios, incluindo uma etapa de filtração da água antes do uso e consumo.

#### Pesquisa de *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp.

A Tabela 5 apresenta os resultados da pesquisa de *Giardia* spp. e de *Cryptosporidium* spp. nas 40 amostras de água provenientes das dez escolas estudadas. Ao todo, 15,0% das amostras analisadas revelaram presença de protozoários relacionados a riscos à saúde humana, sendo que os resultados ressaltam a ocorrência de protozoários nas escolas E2, E3, E5, E6, E9 e E10 em apenas uma das coletas.

*Giardia* spp. é um dos protozoários mais comuns e conhecidos cientificamente, principalmente por causar episódios de diarreias, seus cistos são resistentes ao cloro, embora sejam menos resistentes que *Cryptosporidium* spp., sendo ambos mais resistentes que as bactérias, sobrevivendo aos níveis rotineiramente utilizados para o tratamento da água<sup>45</sup>.

Dentre as diversas formas de contaminação das águas por protozoários, alguns autores relataram a participação de moscas, especialmente coprófagas, na disseminação mecânica de protozoários, transportando-os para os corpos d'água em seu exoesqueleto e no trato digestivo<sup>46,47</sup>, fator que pode explicar a ocorrência observada neste estudo. Barçante et al.<sup>48</sup> analisaram 414 poços domiciliares no município de Lagoa Santa (Minas Gerais) e detectaram *Giardia intestinalis* em 14,04% das amostras, associando os achados as más condições estruturais dos reservatórios.

A ocorrência e a detecção desses protozoários em amostras de água coletadas em poços são pouco exploradas. A análise de

protozoários em água traz uma série de desafios científicos e tecnológicos, uma vez que as metodologias reconhecidas internacionalmente são de alta especificidade. No Brasil, a pesquisa de protozoários em água por técnicas específicas e sensíveis ainda é pouco difundida, considerando aspectos como a especificidade e o custo das técnicas, aliados as dificuldades na detecção e possível presença de interferentes nas matrizes.

A legislação estabelece uma relação entre a ocorrência de *E. coli* e o monitoramento de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp.<sup>14</sup>. Portanto, a Tabela 6 traz um resumo de todas as coletas, a ocorrência de protozoários e dos demais parâmetros analisados por escola.

Comparando os resultados das análises microbiológicas com os de protozoários, podemos observar que as escolas E1, E4 e E7 apresentaram resultados satisfatórios para os ensaios microbiológicos e microscópicos.

Nas escolas E3, E5, E6, E9 e E10 foi detectada a presença de DNA de *Giardia* spp. pelo ensaio da PCR e não foi observada presença de *E. coli*, sugerindo não haver uma correlação entre estes dois parâmetros.

Estes resultados podem estar relacionados a diversos fatores como tipo de poço, estruturas físicas dos reservatórios e/ou a eficácia do tratamento da água por cloração. O ensaio de PCR é uma técnica mais sensível que o método de substrato cromogênico/enzimático (sistema Colilert) utilizado para a determinação de presença ou ausência de CT e *E. coli* onde, nos casos em que houve tratamento da água, estes microrganismos podem ter sido inativados pelo cloro (assim como o protozoário), não sendo detectados pelo sistema Colilert.

Na amostra da E2, foi detectado DNA de *Cryptosporidium* spp. e revelada a presença de CT e *E. coli* durante a coleta de primavera, confirmando a má qualidade da água deste poço. Na escola E8, que revelou a presença de CT e *E. coli* nas coletas de primavera e verão, não foi detectada a presença de protozoários, ressaltando que, neste estudo, não foi observado correlação entre a presença de *E. coli* (ou CT) e protozoários nas águas analisadas.

Tabela 5. *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp. em amostras de água coletadas em diferentes estações do ano.

Escola	Ponto de coleta	Inverno	Primavera	Verão	Outono
E1	Reservatório/Poço	ND <sup>a</sup>	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>
E2	Reservatório/Poço	ND <sup>a</sup>	<i>Cryptosporidium</i> spp. <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>	ND <sup>a</sup>
E3	Poço	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>	<i>Giardia</i> spp. <sup>b</sup>
E4	Poço	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>
E5	Reservatório/Poço	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	<i>Giardia</i> spp. <sup>a</sup>	ND <sup>b</sup>
E6	Reservatório/Poço	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	<i>Giardia</i> spp. <sup>b</sup>
E7	Reservatório	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>
E8	Reservatório/Poço	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>
E9	Reservatório/Poço	ND <sup>a</sup>	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>	<i>Giardia</i> spp. <sup>b</sup>
E10	Reservatório	<i>Giardia</i> spp. <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>

Fonte: Elaborada pelos autores, 2020.

ND: Não detectado.

<sup>a</sup> coleta no reservatório; <sup>b</sup> coleta no poço



Tabela 6. Resumo dos resultados obtidos fora dos limites preconizados e positivos encontrados nas escolas estudadas.

Escola	Número de amostras analisadas		Número de amostras com resultados acima do VMP ou positivo			
	FQ/ Microbiologia	Protozoário/ Elemento	FQ	Elemento	Microbiologia	Protozoário
E1	11	4	1 (Fe)	-	-	-
E2	10	4	-	-	6 (CT e <i>E. coli</i> ) 3 (CT)	1 ( <i>Cryptosporidium</i> spp.)
E3	12	4	11 (cor, turbidez e Fe)	1 (Zn)	-	1 ( <i>Giardia</i> spp.)
E4	12	4	-	-	-	-
E5	9	4	-	-	1 (CT)	1 ( <i>Giardia</i> spp.)
E6	9	4	-	-	6 (CT)	1 ( <i>Giardia</i> spp.)
E7	8	4	-	-	-	-
E8	10	4	-	1 Pb	3 (CT e <i>E. coli</i> ) 4 (CT)	-
E9	11	4	-	-	4 (CT)	1 ( <i>Giardia</i> spp.)
E10	8	4	-	-	2 (CT)	1 ( <i>Giardia</i> spp.)
Total	100	40	12	2	29	6
Total (%)			12	5	29	15

Fonte: Elaborada pelos autores, 2020.

VMP: valor máximo permitido; FQ: físico-químico; CT: coliformes totais; Fe: ferro; Zn: zinco.

## CONCLUSÕES

Nas dez escolas estudadas, apenas três (E1, E4 e E7) apresentaram resultados em acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/2017, Anexo XX, quanto aos ensaios realizados. Nas demais foi verificada a presença de microrganismos, protozoários e/ou resultados acima VMP para cor aparente, turbidez, Fe, Zn e Pb que interferem na qualidade da água oferecida às escolas. A detecção dos protozoários neste estudo denota a importância de monitorar a qualidade da água oferecida nas escolas, principalmente, considerando que crianças podem ser mais suscetíveis às infecções alimentares e por via hídrica, evitando assim a ocorrência de surtos epidêmicos. Neste estudo foi observado que a qualidade da água, está associada a fatores como a falta de investimento na

infraestrutura dos poços, cloração da água e falta de profissional responsável pelo controle e manutenção da água.

A qualidade da água oferecida às crianças e aos funcionários das escolas requer estratégias de políticas públicas por parte dos órgãos relacionados à saúde e meio ambiente, visando garantir a sua qualidade e inocuidade. Ressaltamos o diferencial da escola que possui parceria com a empresa de tratamento de água do município para garantir a desinfecção e a fluoretação, resultando em uma qualidade superior da água oferecida. Esta parceria deve ser mantida e, se possível, expandida para as demais escolas com soluções alternativas coletivas de abastecimento de água da cidade para mitigar os riscos nas demais escolas estudadas.

## REFERÊNCIAS

1. World Health Organization - WHO. Guidelines for drinking-water quality. 4a ed. Geneva: World Health Organization; 2011[acesso 10 set 2019]. Disponível em: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1st-addendum/en/](https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1st-addendum/en/)
2. US Environmental Protection Agency - EPA. America's children and the environment (ACE). 3a ed. Washington: US Environmental Protection Agency; 2015[acesso 15 ago 2019]. Disponível em: <https://www.epa.gov/ace>
3. Silva RCA, Araújo TM. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). Cienc Saude Coletiva. 2003;8(4):1011-28. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232003000400023>
4. Faria T, Paula RAO, Veiga SMOM. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em unidades de alimentação escolar. Rev Univ Vale Rio Verde. 2013;11(1):135-44. <https://doi.org/5892/ruvrv.2013.111.135144>
5. Meschede MSC, Figueiredo BR, Alves RIS, Segura-Muñoz SI. Drinking water quality in schools of the Santarém region, Amazon, Brazil, and health implications for school children. Rev Ambient Agua. 2018;13(6):1-19. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2218>
6. World Health Organization - WHO. Drinking water, sanitation and hygiene in schools: global baseline report 2018. New York: United Nations Children's Fund; 2018[acesso 10 set 2019]. Disponível em: [https://secure.unicef.org.br/Default.aspx?origem=brasil&gclid=EAlaIqobChMx8LDsdHp5AIVjQuRCh0vOAdaEAAyASAAEgJFi\\_D\\_BwE](https://secure.unicef.org.br/Default.aspx?origem=brasil&gclid=EAlaIqobChMx8LDsdHp5AIVjQuRCh0vOAdaEAAyASAAEgJFi_D_BwE)
7. 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.
8. Soto FRM, Fonseca YSK, Risseto MR, Azevedo SS, Arijí 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, físico químicos e fatores de risco ambiental. Rev Inst Adolfo Lutz. 2006;65(2):106-11.



9. Krolow IRC, Krolow DRV, Santos DRS, Casali CA, Mulazzani RP, Zanello R. Qualidade da água de poços tubulares utilizada no abastecimento: escolas do campo na região central do Rio Grande do Sul. *Rev Thema*. 2018;15(4):1425-41. <https://doi.org/10.15536/thema.15.2018.1425-1441.920>
10. Lapworth DJ, Das P, Shaw A, Murkherjee A, Civil W, Petersen JO et al. Deep urban groundwater vulnerability in India revealed through the use of emerging organic contaminants and residence time tracers. *Environ Pollut*. 2018;240:938-49. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.053>
11. Francisco LFV, Amaral CB, Spósito JCV, Solórzano JCJ, Maran NH, Kummrow F et al. Metals and emerging contaminants in groundwater and human health risk assessment. *Environ Sci Pollut Res*. 2019;26(24):24581-94. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05662-5>
12. Erismann S, Diagbouga S, Odermatt P, Knoblauch AM, Gerold J, Shrestha A et al. Prevalence of intestinal parasitic infections and associated risk factors among schoolchildren in the plateau central and centre-west regions of Burkina Faso. *Parasit Vectors*. 2016;9:1-14. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1835-4>
13. Ramirez-Castillo F, Loera-Muro A, Jacques M, Garneau P, Avelar-González FJ, Harel J et al. Waterborne pathogens: detection methods and challenges. *Pathogens*. 2015;4(2):307-34. <https://doi.org/10.3390/pathogens4020307>
14. Ministério da Saúde (BR). Portaria de consolidação Nº 5, de 28 setembro de 2017. Consolidação das normas sobre ações e os serviços de saúde do sistema único de saúde. *Diário Oficial União*. 3 out 2017.
15. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. População estimada: 2019 Itatiba, São Paulo, Brasil. Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2019[acesso 2 set 2019]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/itatiba/panorama>
16. Secretaria de Educação do Estado de São Paulo - SES-SP. Lista de escolas: 2019: Prefeitura Municipal de Itatiba. São Paulo: Secretaria de Educação do Estado de São Paulo; 2019[acesso 12 ago 2019]. Disponível em: <http://www.educacao.sp.gov.br/central-de-atendimento/consulta.asp?>
17. Fundação Lemann. Itatiba: matrículas e infraestrutura. Portal QEdu. 2018[acesso 23 mar 2020]. Disponível em: [https://www.qedu.org.br/cidade/2467-itatiba/censo-escolar?year=2018&dependence=0&localization=0&education\\_stage=0&item=](https://www.qedu.org.br/cidade/2467-itatiba/censo-escolar?year=2018&dependence=0&localization=0&education_stage=0&item=)
18. American Public Health Association - APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22a ed. Washington: American Public Health Association; 2012.
19. Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos: normas analíticas do instituto Adolfo Lutz. 4a ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz; 2008[acesso 25 jan 2019]. Disponível em: [http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016\\_3\\_19/analisede\\_alimentos\\_ial\\_2008.pdf](http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisede_alimentos_ial_2008.pdf)
20. Cacciò SM, Ryan U. Molecular epidemiology of giardiasis. *Mol Biochem Parasitol*. 2008;160(2):75-80. <https://doi.org/10.1016/j.molbiopara.2008.04.006>
21. Rahman A, Rahaman H. Contamination of arsenic, manganese and coliform bacteria in groundwater at Kushtia district, Bangladesh: human health vulnerabilities. *J Water Health*. 2018;16(5):782-95. <https://doi.org/10.2166/wh.2018.057>
22. Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo - SES-SP. Resolução SS Nº 250, de 15 de agosto de 1995. Define teores de concentração do íon fluoreto nas águas para consumo humano, fornecidas por sistemas públicos de abastecimento. *Diário Oficial Estado*. 16 ago 1995.
23. Fundação Nacional de Saúde - Funasa. Manual prático de análise de água. Brasília: Fundação Nacional de Saúde; 2013[acesso 23 ago 2019]. Disponível em: <http://www.saude.gov.br/editora>
24. Scorsafava MA, Souza A, Sakuma H, Stofer M, Nunes CA, Milanez TV. Avaliação da qualidade da água de abastecimento no período 2007-2009. *Rev Inst Adolfo Lutz*. 2011;70(3):395-403.
25. Nunes LGP, Oliveira MV, Souza AA, Lopes LF, Dias PCS, Nogueira GB et al. Water quality comparison between a supply network and household reservoirs in one of the oldest cities in Brazil. *Int J Environ Health Res*. 2019;29(2):173-80. <https://doi.org/10.1080/09603123.2018.1531114>
26. Ministério do Meio Ambiente (BR). Águas subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; 2007.
27. World Health Organization - WHO. Guidelines for drinking-water quality: zinc in drinking water. Geneva: World Health Organization; 2011[acesso 18 set 2019]. Disponível em: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/zinc.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/zinc.pdf)
28. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - Cetesb. Decisão de diretoria Nº 256, de 22 de novembro 2016. Dispõe sobre a aprovação dos valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo, 2016. *Diário Oficial Estado*. 24 nov 2016.
29. Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama. Resolução Nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. *Diário Oficial União*. 30 dez 2009.
30. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - Cetesb. Valores orientadores para solo e água subterrânea. Cetesb Águas Subterrâneas. 2019[acesso 14 ago 2019]. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/valores-orientadores-para-solo-e-agua-subterranea/>
31. Clausen JL, Bostick B, Korte N. Migration of lead in surface water, pore water, and groundwater with a focus on firing ranges. *Crit Rev Environ Sci Technol*. 2011;41(15):1397-448. <https://doi.org/10.1080/10643381003608292>



32. Han L, Gao B, Hao H, Zhou H, Lu J, Sun K. Lead contamination in sediments in the past 20 years: a challenge for China. *Sci Total Environ.* 2018;640-641:746-56. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.330>
33. Campos DAG, Franco JM, Abreu Filho BA, Bergamasco R, Yamaguchi NU. Avaliação da qualidade da água destinada ao consumo humano em instituição de ensino. *Rev Univ Vale Rio Verde.* 2017;15(1):289-98.
34. Monte Blanco SPD, Módenes NA, Scheufele FB, Marin P, Schneider K, Espinoza-Quiñones FR et al. Groundwater quality monitoring of the Serra Geral aquifer in Toledo, Brazil. *J Environ Sci Health A.* 2018;53(4):1243-52. <https://doi.org/10.1080/10934529.2018.1528038>
35. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - Cetesb. Qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo 2013-2015. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; 2016[acesso 14 ago 2019]. Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/wp-content/uploads/sites/13/2013/11/Cetesb\\_QualidadeAguasSubterraneas2015\\_Web\\_20-07.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/wp-content/uploads/sites/13/2013/11/Cetesb_QualidadeAguasSubterraneas2015_Web_20-07.pdf)
36. World Health Organization - WHO. Lead in drinking-water: background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality. Geneva: World Health Organization; 2011[acesso 18 set 2019]. Disponível em: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/lead.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/lead.pdf)
37. Franco BDGM, Landgraf M. Microbiologia dos alimentos. 2a ed. São Paulo: Atheneu, 2003.
38. Jandhyala DM, Vanguri V, Boll EJ, Lai Y, McCormick BA, Leong JM. Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O104:H4 an emerging pathogen with enhanced virulence. *Infect Dis Clin North Am.* 2013;27(3):631-49. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2013.05.002>
39. Zhao X, Xia J, Liu Y. Contrast of real-time fluorescent PCR methods for detection of *Escherichia coli* O157:H7 and of introducing an internal amplification control. *Microorganisms.* 2019;7(8):1-14. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7080230>
40. Almeida AG, Carvalho LR, Alves FQ, Adry AP, Santini AC, Aleluia MM. Análise microbiológica e físico-química da água de bebedouros em unidades de ensino no município de Ilhéus BA. *SaBios Rev Saude Biol.* 2018;12(2):20-6.
41. Rocha ES, Rosico FS, Silva FL, Luz TCS, Fortuna JL. Análise microbiológica da água de cozinhas e/ou cantinas das instituições de ensino do município de Teixeira de Freitas (BA). *Rev Baiana Saude Publica.* 2011;34(3):694-705.
42. Moraes MS, Moreira DAS, Santos JTLa, Oliveira AP, Salgado RS. Avaliação microbiológica de fontes de água de escolas públicas e privadas da cidade de Santa Rita (PB), Brasil. *Eng Sanit Ambient.* 2018;23(3):431-5. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018159099>
43. Silva DRR, Maciel MOS, Ferreira MBB, Marta BBF, Bronharo TM, Michelin AF. Qualidade da água em escolas públicas municipais: análise microbiológica e teor de nitrato em Araçatuba, estado de São Paulo, Brasil. *Rev Inst Adolfo Lutz.* 2018;77:1-8.
44. Dorney RS. *Eimeria tuscarorensis* n. sp. (protozoa: eimeriidae) and redescription of other coccidia of the woodchuck, marmota monax. *J Protozool.* 1965;12(3):423-6. <https://doi.org/10.2307/3285195>
45. Katz DE, Heisey-Grove D, Beach M, Dicker RC, Matyas BT. Prolonged outbreak of giardiasis with two modes of transmission. *Epidem Infect.* 2006;134(5):935-41. <https://doi.org/10.1017/S0950268805005832>
46. Xiao L. Overview of cryptosporidium presentations at the 10th international workshops on opportunistic protists. *Eukaryot Cell.* 2009;8(4):429-36. <https://doi.org/10.1128/EC.00295-08>
47. Dillingham R, Lima A, Guerrant R. Cryptosporidiosis: epidemiology and impact. *Microbes Infect.* 2002;4(10):1059-66. [https://doi.org/10.1016/s1286-4579\(02\)01630-1](https://doi.org/10.1016/s1286-4579(02)01630-1)
48. Barçante JMP, Barçante TA, Narciso TP, Braz MS, Silva EC. Ocorrência de doenças veiculadas por água contaminada: um problema sanitário e ambiental. *Rev Educ Ambient.* 2014;19(2):6-17.

#### Agradecimentos

À Prof. Dra. Solange Cadore, do Instituto de Química da Universidade de Campinas (Unicamp), pelo auxílio na determinação dos elementos inorgânicos.

#### Colaboração dos autores

Fiorvanti MIA, Pereira PHL, Marciano MAM, Mazon EMA - Concepção, planejamento (desenho do estudo), aquisição, análise, interpretação dos dados e redação do trabalho. Sanches VL - Análise. Ferreira COF - Coleta. Todos os autores aprovaram a versão final do trabalho.

#### 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](http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.pt_BR).