

Qualidade da Água de Sistema Alternativo Coletivo de Abastecimento para Consumo Humano: Ocorrência de Cistos de *Giardiae* Oocistos de *Cryptosporidiumem* Poços de São Paulo-SP

The Quality Of Drinking Water From An Alternative Water Supply System: Occurrence of *Giardia* Cysts And *Cryptosporidium* Oocysts In Wells of São Paulo, SP

AUDRY DE ALMEIDA MASTROPAULO¹
MARIA TEREZA PEPE RAZZOLINI²

RESUMO

Objetivo: Analisar a qualidade da água das soluções alternativas coletivas de abastecimento em uma Prefeitura Regional do município de São Paulo, verificando a presença de coliformes termo tolerantes e *E. coli*, quantificando (oo)cistos de *Cryptosporidium*spp. e *Giardiaspp.* e avaliou-se a qualidade físico-química destas amostras. **Materiais e Métodos:** Foram realizadas inspeções e coletas de água para realização de exames físico-químicos e bacteriológicos de acordo com os métodos da EPA 2005, MFQAA 2008 e os *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA 2012), respectivamente, totalizando 34 amostras analisadas. Para a pesquisa de oocistos de *Cryptosporidium*spp. e cistos de *Giardiaspp.*, foram avaliadas 13 amostras de água, utilizando-se a técnica de filtração/separação imunomagnética/ microscopia de imuno fluorescência de acordo com o Método 1623.1/EPA 2012, utilizando sistema Filta-Max®. **Resultados:** Os parâmetros físico-químicos demonstraram que 38,2% das amostras não atendiam a portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde. Verificou-se a presença de coliformes termo tolerantes e de *E. coli* em uma amostra (2,9%). Os protozoários patogênicos estiveram presentes em uma frequência de 46% para *Giardia* e 7% para *Cryptosporidium*. **Conclusão:** Os padrões de potabilidade recomendados pela legislação vigente não foram atendidos em 41% das amostras, não sendo, portanto, adequadas para o consumo humano. Com relação aos protozoários patogênicos, verificou-se a sua ocorrência em águas subterrâneas utilizadas para consumo humano na cidade de São Paulo, colaborando para a reflexão do papel da vigilância ambiental e para a construção de políticas públicas que visem à qualidade da água distribuída à população a partir desses sistemas alternativos.

DESCRIPTORIOS

Saúde Ambiental. Vigilância Sanitária Ambiental. Água Subterrânea. Água potável.

ABSTRACT

Objective: To analyze the quality of water from water supply alternative sources in a borough of São Paulo city. The presence of thermotolerant coliforms and *E. coli* was determined, *Giardiaspp.* cysts and *Cryptosporidium* spp. oocysts were quantified, and physicochemical quality of samples was performed. **Material and Methods:** Inspections and sample collections were carried out for physicochemical analysis as well as bacteriological tests according to EPA 2005, MFQAA 2008 and the *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA 2012), respectively, totaling 34 samples. Thirteen samples were tested for *Cryptosporidium* spp. oocysts and *Giardiaspp.* cysts according to immuno magnetic separation – immuno fluorescence assay (IMS-IFA) based on USEPA 1623.1 Method (USEPA, 2012), using Filta-Max® system. **Results:** The physical-chemical parameters showed that 38.2% of the samples did not meet the Brazilian legislation requirements (MS2914/2011). Thermotolerant coliforms and *E. coli* were present in one sample (2.9%). Pathogenic protozoa were present at a frequency of 46% for *Giardia* and 7% for *Cryptosporidium*. **Conclusion:** The drinking water standards recommended by current Brazilian legislation were not met in 41% of the samples, and are therefore not suitable for human consumption. Regarding the presence of pathogenic protozoa, *Giardia* and *Cryptosporidium* (oo) cysts were found in ground water used for human consumption in the city of São Paulo. This fact brings thoughts referring to the role of environmental surveillance and the development of public policies addressed to water quality, which is distributed from these alternative systems.

DESCRIPTORIOS

Environmental Health. Environmental Health Surveillance. Groundwater. Drinking Water.

1 Analista de Saúde/Bióloga da Unidade de Vigilância em Saúde – UVIS. Mooca-Aricanduva, da Coordenação de Vigilância em Saúde (COVISA), da Secretaria Municipal de Saúde de São Paulo (SMS-SP). São Paulo. São Paulo. Brasil.

2 Professora Associada do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo - FSP/USP. São Paulo. São Paulo. Brasil.

O cenário de escassez de água que se enfrenta no país e, especialmente vivenciado no estado de São Paulo, tem levado a população a buscar alternativas de fontes de água para abastecimento. Esses recursos denominados soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano¹, particularmente aqueles que fazem uso de água subterrânea em centros urbanos, ainda carecem de uma abordagem mais acurada em termos normativos.

As infecções parasitárias diarreicas transmitidas pela água mais prevalentes em todo o mundo são a criptosporidiose e a giardíase²⁻⁴, causadas pelos protozoários patogênicos *Giardia* e *Cryptosporidium*, respectivamente. Esses protozoários e os vírus têm substituído as bactérias patogênicas como agentes de maior preocupação na transmissão de doenças de veiculação hídrica e, de modo geral, são mais infecciosos do que os agentes bacterianos^{2,3,5,6}. Os processos de filtração e desinfecção por cloração, normalmente utilizados para o tratamento, embora eficazes para bactérias e vírus, nem sempre retêm ou eliminam protozoários patogênicos, tais como *Cryptosporidium* e *Giardia*^{2,3,5-7}.

O reconhecimento da ocorrência desses parasitas patogênicos em diversas fontes de água usadas para consumo humano evidencia a necessidade de avançar na proteção das águas superficiais e subterrâneas. Isso se reflete na Portaria MS 2914/2011, que recomenda a avaliação da presença dos protozoários *Cryptosporidium*spp. e *Giardia*spp. em água destinada ao consumo humano e ressalta a obrigatoriedade de monitoramento dos mananciais de acordo com a concentração de *E. coli*¹.

O objetivo do estudo foi o de inspecionar e analisar a qualidade da água proveniente de soluções alternativas coletivas de abastecimento para consumo humano (poços) nos distritos administrativos da Prefeitura Regional Mooca, área de atuação da Unidade de Vigilância em Saúde (UVIS) Mooca-Aricanduva, quantificando cistos de *Giardia*spp. e oocistos de *Cryptosporidium*spp. em amostras de água, analisando a presença de coliformes termotolerantes e *E. coli*, e avaliando a qualidade físico-química destas amostras.

MATERIAL E MÉTODOS

A área delimitada corresponde a Prefeitura Regional Mooca, uma das 32 Prefeituras Regionais da cidade de São Paulo, no estado de São Paulo, tendo uma população de cerca de 343.980 habitantes⁸.

Foi efetuado o levantamento dos poços outorgados pelo DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo), através de *layer* da ferramenta *GoogleEarth*®, cedido pela Coordenação de Vigilância em Saúde do Município de São Paulo (COVISA). A partir deste *layer*, foram filtrados somente os poços dentro da área de abrangência da Prefeitura Regional de estudo, e excluídos os poços de uso industrial, tendo em vista que sua utilização não configura consumo humano. Os poços selecionados foram visitados entre agosto de 2013 e setembro de 2014, sendo coletadas amostras de água em vinte e oito poços, sendo realizadas coletas em seis destes por não conformidades com a Portaria MS 2914/2011, totalizando trinta e quatro amostras processadas para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, e treze amostras coletadas, uma por poço, para pesquisa de oocistos de *Cryptosporidium* e cistos de *Giardia*.

Foi realizada a pesquisa de protozoários parasitas (cistos de *Giardia*spp. e oocistos de *Cryptosporidium*spp.) pelo Laboratório de Microbiologia Ambiental e Resistência a Antimicrobianos (MicroRes) do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP-USP), de acordo com o método 1623.1: *Cryptosporidium and Giardia in Water by Filtration/IMS/FA*⁹(EPA 816-R-12-001 January 2012). Resumidamente, os parasitas de protozoários foram detectados utilizando o teste de imunofluorescência imunomagnética (IMS-IFA) seguindo o método USEPA 1623.1 (USEPA, 2012). As amostras de água foram concentradas pelo sistema FiltaMax® e a separação imunomagnética foi realizada com reagentes e equipamentos Dynal. A dissociação do complexo antígeno-anticorpo dos cistos e oocistos

foi feita por dissociação com calor a 80°C. As lâminas foram coradas utilizando anticorpos monoclonais conjugados com fluoresceína para *Giardia* e *Cryptosporidium* (Waterborne) e DAPI (4,6-diamidino-2-fenil-indole, Sigma). Os cistos e oocistos foram identificados e contados por reação de imunofluorescência e confirmados por fluorescência DAPI e DIC (microscopia de contraste de interferência diferencial) usando um microscópio de epifluorescência Olympus modelo B51 equipado com campo brilhante, contraste de fase DIC e epifluorescência óptica. Foram também preparados slides de controle negativo e positivo. A eficiência de recuperação do método foi determinada pela realização de semeadura experimental de 10 L de amostras de água purificada com EasySeed®, de acordo com as instruções do fabricante (BTFbio). O limite de detecção teórica foi calculado com base no pressuposto de que pelo menos um cisto ou um oocisto pudessem ser detectados pelo exame microscópico das lâminas, portanto, o limite de detecção é de 1 oo(cisto) em 10 L ou 0,1 oo(cisto) por litro.

Em complementação à pesquisa parasitológica, amostras também foram encaminhadas ao Laboratório de Controle de Qualidade em Saúde da COVISA, para realização das análises de potabilidade da água, sendo realizados análises físico-químicas, nos parâmetros cor (método de comparação óptica por via instrumental, MFQAA-IAL, 2008¹⁰), odor (odor objetável, SMEWW, 2012¹¹), turbidez (método nefelométrico, MFQAA-IAL, 2008¹⁰), pH (método potenciométrico, MFQAA-IAL, 2008¹⁰), amônia (cromatografia iônica para a determinação de ânions inorgânicos, USEPA, 2005¹²), nitrato (método espectrofotométrico na região do ultravioleta MFQAA-IAL, 2008¹⁰), nitrito (método espectrofotométrico MFQAA-IAL, 2008¹⁰) e flúor (método potenciométrico MFQAA-IAL, 2008¹⁰), e também exames bacteriológicos, sendo realizada a contagem de bactérias heterotróficas, coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*, pelo método de múltiplos tubos e membrana

filtrante segundo os *Standards Methods for Water and Wastewater* (APHA, 2012)¹¹.

RESULTADOS

Os resultados referentes às análises das amostras das águas provenientes dos treze poços com captação para consumo humano, para pesquisa de coliformes termotolerantes, *E. coli* e de oocistos de *Cryptosporidium* e cistos de *Giardia*, realizadas no período de agosto de 2013 a agosto de 2014 estão apresentados na Tabela 1.

Em 53% das amostras analisadas, provenientes de poços com captação de água para consumo humano, foi detectada a presença de (oo) cistos de *Cryptosporidium* ou de *Giardia*, como mostram as figuras 1 e 2. Uma amostra proveniente de unidade escolar apresentou concentração de 0,6 oocistos/L de *Cryptosporidium*, enquanto que em seis amostras foram detectados cistos de *Giardia* apresentando concentrações entre <0,1 (Limite de detecção – LD) e 2,0 cistos/L.

De acordo com a Portaria MS 2914/2011 é preconizada a pesquisa de cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium* quando a concentração de *E. coli* encontra-se acima de 1.000 UFC/100mL. No entanto, a concentração do indicador de contaminação fecal não ultrapassou essa concentração em nenhuma das amostras avaliadas e os protozoários patogênicos estiveram presentes em concentrações que podem ser consideradas elevadas e em uma frequência de 46% para *Giardia* e 7% para *Cryptosporidium*.

No tocante às bactérias indicadoras de contaminação fecal, 2,9% (1/34) das amostras indicaram a presença de coliformes termotolerantes e *E. coli*, concomitantemente. Não foram detectados coliformes termotolerantes e *E. coli* nas amostras onde se realizou pesquisa de oo (cistos) de *Cryptosporidium* e *Giardia*.

Os resultados dos laudos dos exames físico-químicos e bacteriológicos estão representados na Tabela 2.

Tabela 1. Concentração de cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium* em amostras de água coletadas em poços e utilizadas para consumo humano, Prefeitura Regional Mooca, São Paulo, SP, 2013 - 2014.

Data de coleta	Distrito	Detentor	<i>Giardia</i> cistos/L	<i>Cryptosporidium</i> oocistos/L	Coliformes termotolerantes NMP ¹ /100	<i>E. coli</i>	Turbidez uT
07/08/2013	Mooca	Unidade Escolar	0,2	<0,1*	< 2*	<1	0,10
28/08/2013	Mooca	Unidade Escolar	<0,1*	<0,1	< 2	<1	0,30
25/09/2013	Tatuapé	Unidade Escolar	<0,1	0,6	< 2	<1	1,00
02/10/2013	Mooca	Motel	<0,1	<0,1	< 2	<1	0,90
23/10/2013	Mooca	Indústria Alimentícia	0,2	<0,1	< 2	<1	1,00
06/11/2013	Pari	Abrigo de Animais	<0,1	<0,1	< 2	<1	3,30
04/12/2013	Tatuapé	Unidade Escolar	0,4	<0,1	< 2	<1	0,30
10/06/2014	Mooca	Condomínio Residencial	0,5	<0,1	< 2	<1	9,40
01/07/2014	Belém	Condomínio Residencial	2	<0,1	< 2	<1	0,20
07/07/2014	Belém	Condomínio Residencial	0,1	<0,1	< 2	<1	0,80
29/07/2014	Mooca	Condomínio Residencial	<0,1	<0,1	< 2	<1	10,40
05/08/2014	Água Rasa	Condomínio Residencial	<0,1	<0,1	<1**	<1	0,20
12/08/2014	Tatuapé	Condomínio Residencial	<0,1	<0,1	< 2	<1	2,20

*Limite de detecção (LD) / **Análise realizada pelo método da Membrana Filtrante - LD = <1;

¹ Número mais provável pela técnica de fermentação por tubos múltiplos;

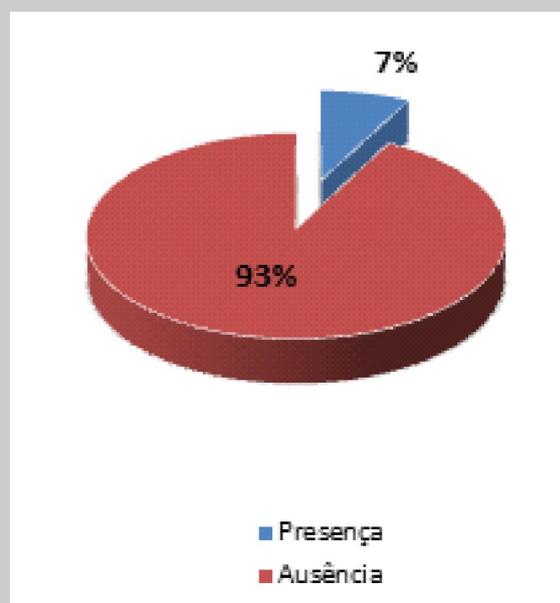


Figura 1. Frequência da presença de oocistos de *Cryptosporidium* em amostras de água de poços para consumo humano.

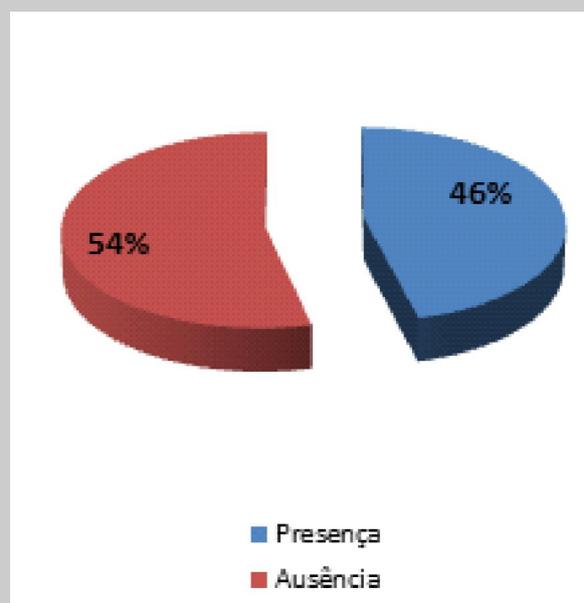


Figura 2. Frequência da presença de cistos de *Giardia* em amostras de água de poços para consumo humano.

Tabela 2 - Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos das amostras de água dos poços, Prefeitura Regional Mooca, São Paulo, SP, 2013 - 2014.

Detentor	Distrito	Data	Cor uH	Odor	Turbidez uT	pH	Amônia (NH ₃) mg/L	Nitrato mg/L	Nitrato mg/L	Flúor mg/L	Coliformes termotolerantes NMP/100	E. coli
Clube Esportivo	Mooca	07/08/2013	0,00	inodoro	1,20	6,30	não detectado	0,26	não detectado	N / R	17	presente
		23/10/2013*	70,00	inodoro	10,00	8,30	não detectado	0,56	não detectado	N / R	< 2	ausente
Clube Esportivo	Mooca	07/08/2013	0,00	inodoro	1,30	6,60	não detectado	0,17	não detectado	N / R	< 2	ausente
		23/10/2013*	0,00	inodoro	0,10	7,90	não detectado	0,17	não detectado	N / R	< 2	ausente
Unidade Escolar	Mooca	07/08/2013	0,00	inodoro	0,10	7,30	não detectado	0,12	não detectado	N / R	< 2	ausente
Hospital	Mooca	28/08/2013	0,00	inodoro	0,90	6,60	não detectado	0,12	não detectado	N / R	< 2	ausente
Restaurante	Mooca	28/08/2013	0,00	inodoro	0,30	7,10	não detectado	0,36	não detectado	0,72	< 2	ausente
Unidade Escolar	Mooca	28/08/2013	0,00	inodoro	0,30	6,00	não detectado	0,18	não detectado	N / R	< 2	ausente
Hospital	Mooca	10/09/2013	0,00	inodoro	0,30	7,00	não detectado	0,8	não detectado	N / R	< 2	ausente
Motel	Mooca	10/09/2013	0,00	inodoro	0,80	7,00	não detectado	1,4	não detectado	8,5	< 2	ausente
	Mooca	02/10/2013*	0,00	inodoro	0,90	6,30	não detectado	0,1	não detectado	8,4	0 NC. MF/100mL	ausente
Hospital	Mooca	10/09/2013	0,00	inodoro	0,60	6,00	não detectado	0,14	não detectado	N / R	0 NC. MF/100mL	ausente
Serviços Diagnósticos	Tatuapé	25/09/2013	0,00	inodoro	1,00	6,50	não detectado	1,35	não detectado	N / R	< 2	ausente
Unidade Escolar	Tatuapé	25/09/2013	0,00	inodoro	1,00	5,90	não detectado	não detectado	não detectado	N / R	< 2	ausente
Unidade Escolar	Tatuapé	02/10/2013	0,00	inodoro	1,00	5,90	não detectado	18	não detectado	0,05	0 NC. MF/100ml	ausente
		04/12/2013*	0,00	inodoro	0,30	5,40	não detectado	17,1	não detectado	N / R	< 2	ausente
Indústria Alimentícia	Mooca	23/10/2013	0,00	inodoro	1,00	6,30	não detectado	2,03	não detectado	N / R	< 2	ausente
Academia	Mooca	23/10/2013	0,00	inodoro	1,00	6,70	não detectado	0,32	não detectado	N / R	< 2	ausente
Abrigo de Animais	Pari	06/11/2013	0,00	inodoro	3,30	7,00	não detectado	não detectado	não detectado	N / R	< 2	ausente
Comércio de Plantas	Tatuapé	04/12/2013	0,00	inodoro	0,30	6,60	0,25	não detectado	não detectado	N / R	< 2	ausente
Cond. Residencial	Mooca	28/05/2014	70,00	inodoro	27,40	6,90	0,5	0,14	não detectado	N / R	< 2	ausente
Cond. Residencial	Mooca	28/05/2014	0,00	inodoro	3,10	5,90	0,25	0,39	não detectado	N / R	< 2	ausente
Cond. Residencial	Tatuapé	04/06/2014	0,00	inodoro	0,20	7,40	0,25	1,92	não detectado	N / R	< 2	ausente
Cond. Residencial	Tatuapé	04/06/2014	0,00	inodoro	0,10	7,60	0,25	0,7	não detectado	N / R	< 2	ausente
Cond. Residencial	Mooca	10/06/2014	5,00	inodoro	9,40	7,50	0,25	0,67	não detectado	N / R	< 2	ausente
		29/07/2014*	5,00	inodoro	9,00	7,20	0,25	0,7	não detectado	0,33	< 2	ausente
Cond. Residencial	Mooca	10/06/2014	> 70	inodoro	10,90	7,90	0,5	1,88	não detectado	N / R	< 2	ausente
		29/07/2014*	> 70	inodoro	10,40	9,50	3	1,25	não detectado	N / R	< 2	ausente
Cond. Residencial	Belém	01/07/2014	0,00	inodoro	0,20	7,30	0,25	1,37	não detectado	0,61	< 2	ausente
Cond. Residencial	Belém	01/07/2014	0,00	inodoro	0,80	7,10	0,25	0,15	não detectado	0,68	< 2	ausente
Cond. Residencial	Água Rasa	05/08/2014	0,00	inodoro	0,20	5,91	0,25	0,36	não detectado	0,4	0 NC. MF/100mL	ausente
Cond. Residencial	Água Rasa	05/08/2014	0,00	inodoro	2,30	N / R	0,25	não detectado	não detectado	0,32	0 NC. MF/100mL	ausente
Cond. Residencial	Tatuapé	12/08/2014	0,00	inodoro	2,20	6,53	0,25	2,82	não detectado	N / R	< 2	ausente
Unidade Escolar	Pari	02/09/2014	0,00	inodoro	0,90	N / R	0,25	não detectado	não detectado	1,4	< 2	ausente

* data de coleta no ponto de coleta que apresentou alteração em algum parâmetro analítico; N/R: Não realizado.

DISCUSSÃO

A água subterrânea contaminada é a fonte mais comum de doenças transmitidas pela água nos Estados Unidos, associada com 64% dos surtos de água para consumo humano entre 1989 e 2002¹³. No Brasil, a Portaria 2914/2011, do Ministério da Saúde, recomenda a necessidade de monitorar a presença de *Cryptosporidium* e *Giardia* em água, perante sua significância sanitária, quando for identificada média geométrica anual maior ou igual a 1.000 *E. coli*/100mL¹. Entretanto, pouco se tem registrado no país sobre a real extensão do problema, incluindo informações epidemiológicas e de qualidade parasitológica da água, o que pode levar a uma subestimação de casos de criptosporidiose e de giardíase.

A poluição das águas subterrâneas enfatiza a necessidade de proteção pela contaminação por esgoto e pela água superficial. Uma pesquisa mais sistemática nas bacias hidrográficas com recursos de superfície e subterrâneos é necessária para avaliar a distribuição destes parasitas entre animais selvagens e domésticos, nas águas de escoamento, no lodo após o tratamento convencional, no esgoto bruto e tratado, para definir as fontes de contaminação de água bruta com ambos os parasitas¹⁴.

É recorrente a ocorrência de enchentes e alagamentos na área estudada em dias chuvosos. Assim, o escoamento da água superficial retida em área impermeável, que possivelmente se contamina com dejetos de animais, esgoto, extravasamento de fossas sépticas, entre outros, se junta às águas de rios e córregos já poluídos por esgoto, juntando-se com a rede de águas pluviais, ocorrendo desta forma a disseminação dos patógenos presentes em todos estes compartimentos, tanto nas águas superficiais, quanto na área mais rasa do aquífero (lençol freático), podendo assim chegar até as áreas mais profundas do mesmo.

Chuvvas excessivas ou pesadas podem

mobilizar agentes patogênicos no ambiente e aumentar o escoamento de água dos campos, transportando-os para rios, águas costeiras e poços. As chuvas e as temperaturas têm impacto na sobrevivência, viabilidade e disseminação de protozoários parasitas¹⁵. As maiores densidades desses protozoários em fontes de água após grandes chuvas foram encontradas no Brasil¹⁶.

Um estudo realizado em Itaquaquecetuda (SP) sugere que a presença de oocistos em oito dentre dez poços analisados pode ter sido resultante de influências da superfície externa, dentre elas, a contaminação cruzada com águas oriundas de fossas sépticas, as quais também apresentavam o parasito¹⁷.

Cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium* apresentam dimensões de aproximadamente 8-15 µm e 4-6 µm, respectivamente. Apesar de ambos possuírem características similares de sedimentação e filtração, pelas próprias dimensões, a retenção de oocistos de *Cryptosporidium* por processo de filtração convencional é algo inferior à de cistos de *Giardia*. Porém, o processo de filtração por membrana proporciona uma barreira física direta podendo representar uma alternativa viável para a remoção efetiva de oocistos de *Cryptosporidium*⁶. Entretanto, *Giardia* e *Cryptosporidium* são organismos reconhecidamente resistentes à cloração⁷. Assim, pode-se concluir que a ausência do processo de filtração da água influencia diretamente na ocorrência de protozoários patogênicos, sendo necessário tanto a etapa de filtração como a etapa da desinfecção para reduzir os riscos à saúde da população, ao menos do ponto de vista microbiológico.

Cabe ressaltar que a presença de cistos e oocistos de *Giardia* e *Cryptosporidium* na água analisada, sendo contaminada por uma das possíveis formas mencionadas, demonstra a circulação de ambos os protozoários no ambiente e na população. Um estudo realizado em Viçosa

(MG) apontou elevados riscos potenciais à saúde humana devido à circulação destes protozoários no ambiente, tendo encontrado elevadas concentrações dos protozoários nos mananciais, elevada densidade nos esgotos sanitários, indicando o risco ambiental de utilização de mananciais que tenham sido contaminados por resíduos humanos e uma elevada prevalência de protozoários em fezes humanas¹⁸.

Em relação aos coliformes, vários estudos afirmam que este não é o indicador ideal para a presença/ausência dos dois protozoários parasitas, não sendo observada correlação entre a ocorrência dos protozoários e de tais indicadores bacteriológicos^{6,13,17,19,20}. Bactérias indicadoras de poluição fecal podem apresentar características de persistência e de transporte diferentes daquelas dos protozoários patogênicos, e a sua ocorrência simultaneamente em água pode ser proveniente de diferentes fontes de contaminação²⁰. Além da falta de correlação observada na maioria das pesquisas, há outras razões para não utilizar este parâmetro como indicativo de *Cryptosporidium* e *Giardia*, como o fato de estes dois microrganismos serem muito mais resistentes ao cloro do que os coliformes.

A qualidade da água é vulnerável às condições ambientais a qual está exposta, portanto, além da análise de parâmetros biológicos, a avaliação de parâmetros físico-químicos torna-se necessária diante a preocupação com as condições sanitárias da água a ser consumida.

Todas as amostras (n= 34) apresentaram-se inodoras. O único odor tolerável em água para consumo humano é o de cloro, por este ser empregado para desinfecção na maioria das vezes⁶. Das 34 amostras, quatro (11,8%) apresentaram-se acima do limite estabelecido pela Portaria MS 2914/11 para o parâmetro cor (15 uH). Padrões organolépticos são utilizados principalmente para a aceitação da água pelo consumidor. A água esteticamente inaceitável pode levar ao uso de água a partir de fontes que são esteticamente mais

aceitáveis, mas potencialmente menos segura.

Dentre os fatores envolvidos na mensuração da qualidade da água, a turbidez é um importante parâmetro, pois devido à facilidade de aderência de (oo)cistos em compostos orgânicos e inorgânicos²¹ a sua presença tem sido associada ao grau de turbidez da amostra, de forma que quanto maior o grau de turbidez na amostra de água, maior a possibilidade de se encontrar o parasito, tanto na água bruta como na água tratada. No presente estudo, 17,6% (5/34) das amostras apresentaram turbidez acima do estabelecido legalmente (5 uT). A turbidez, material em suspensão na água, pode se fixar aos patógenos existentes, protegendo-os e até dificultando a ação do cloro sobre os mesmos.

O estudo realizado na Região de Haute-Normandie, França, que examinou as condições associadas com o transporte de oocistos de *Cryptosporidium* ao longo de um sistema composto de um sumidouro, uma nascente e de um poço, onde praticamente toda a população é abastecida por água proveniente de aquíferos cársticos, afirma que a concentração de oocistos não se correlacionou com turvação, o que sugere que turbidez por si só não pode ser utilizado para prever contaminação por *Cryptosporidium*, pois a mesma depende de uma variedade de fatores, tais como o tipo de solo e uso da terra²².

Já o estudo realizado na bacia do Reservatório Três Gargantas, na China, relata que uma correlação fraca, mas significativa, foi encontrada entre os oocistos de *Cryptosporidium* e turbidez da água na correnteza do Rio Yangtze e áreas de remanso de afluentes, mas não em áreas de remanso das cidades²³.

Porém, em um número significativo de surtos de criptosporidiose, a água de consumo cumpria parâmetros propostos pela OMS tanto para níveis de *E. coli* quanto para turbidez. Ademais, em avaliações de qualidade de águas tratadas, foram encontrados oocistos de *Cryptosporidium* e/ou cistos de *Giardia* em valos de turbidez

considerados baixos, entre 0,00 e 0,01 uT⁶, evidenciando que o controle de turbidez não é suficiente para substituir o monitoramento dos protozoários na água destinada ao abastecimento²⁴.

O pH da água (n=32) variou entre 5,4 a 9,5, com média de 6,9. Apenas 5 amostras (15,6%) apresentaram-se fora dos limites estabelecidos pela Portaria MS 2914/2011, que estabelece valores entre 6,0 a 9,5¹ no sistema de distribuição. Estes valores propostos devem-se principalmente para proteção da rede de distribuição, pois a acidez da água pode contribuir para a corrosão das estruturas das instalações hidráulicas. As maiores alterações neste indicador são provocadas por despejos de origem industrial²⁵. Assim, a disposição final de resíduos industriais em fossas ou tanques sépticos pode estar contribuindo para a acidificação da água subterrânea na área em questão.

Quanto a Amônia, apenas uma amostra apresentou valor acima do estabelecido pela Portaria MS 2914/2011 (1,5 mg/L), em concentração de 3mg/L. A amônia pode estar presente naturalmente em águas superficiais ou subterrâneas, sendo que usualmente sua concentração é bastante baixa devido à sua fácil adsorção por partículas do solo ou à oxidação a nitrito e nitrato²⁶. A ocorrência de concentrações elevadas de amônia pode ser resultante de poluição próxima, bem como de redução de nitrato por bactérias ou por íons ferrosos presentes no solo²⁷. Como o nitrogênio amoniacal é um dos primeiros passos da decomposição da matéria orgânica, sua presença indica contaminação recente e pode estar relacionada a construção precária dos poços e falta de proteção do aquífero²⁶.

Somente em um poço foi detectado nitrato acima do permitido em legislação (10 mg/L). O nitrato é um dos íons mais encontrados em águas naturais, geralmente ocorrendo em baixos teores nas águas superficiais, mas podendo atingir altas concentrações em águas profundas. A presença de compostos de nitrogênio é indicativo de

contaminação do aquífero e de possíveis condições higiênico-sanitárias insatisfatórias²⁸. Níveis elevados de nitratos na região podem evidenciar contaminação por disposição inadequada de dejetos humanos ou industriais. O nitrato é normalmente o contaminante de ocorrência mais comum nos grandes centros urbanos, devido principalmente à contaminação por atividades domésticas através das fossas, esgotos, lixo, cemitério, adubos nitrogenados e resíduos de animais²⁹.

Em estudo realizado na Região Metropolitana do Rio de Janeiro²⁸, o indicativo da presença de contaminação antropogênica pelas elevadas concentrações de nitrato em água de poço foi também comprovado pelos resultados das análises bacteriológicas, ao contrário do que ocorreu no poço do presente estudo, onde a amostra com nível de nitrato de 18 mg/L não detectou a presença de coliformes termotolerantes e de *E. coli*.

Não foram detectados níveis de nitrito acima do previsto em legislação (10mg/L). O nitrito, quando presente na água de consumo humano, tem efeito mais rápido e pronunciado do que o nitrato⁶.

Os valores encontrados para o parâmetro flúor (n=10) variaram de 0,05 mg/L a 8,5 mg/L, sendo o valor de referência para o Estado de São Paulo entre 0,6 a 0,8 mg/L³⁰. O flúor é uma substância tóxica quando ingerido em altas doses. Os efeitos desencadeiam distúrbios gástricos reversíveis, redução temporária da capacidade urinária, fluorose dentária ou esquelética e, eventualmente, até mesmo a morte, uma vez que estão diretamente relacionados à dose, tempo de ingestão e idade³¹.

O alto teor de fluoreto constatado pode ser explicado pelas principais restrições apontadas pelo DAEE quanto ao Aquífero São Paulo, que se refere à presença natural de fluoreto, ferro e manganês nesta água³². Além da presença natural de flúor em água subterrânea, alguns efluentes industriais também descarregam fluoreto nas águas naturais, tais como as indústrias de vidro e de fios condutores de eletricidade³³.

CONCLUSÃO

As análises físico-químicas e bacteriológicas das águas captadas em poços demonstraram que 41% das amostras não atenderam aos padrões de potabilidade recomendados pela Portaria MS 2914/2011, não sendo, portanto, adequadas para o consumo humano.

Com relação aos protozoários patogênicos,

este estudo revela a ocorrência de oocistos de *Cryptosporidium* e cistos de *Giardia* em águas subterrâneas utilizadas para consumo humano na cidade de São Paulo, contribuindo com informações sobre a ocorrência destes patógenos no município, colaborando para a reflexão do papel da vigilância ambiental e para a construção de políticas públicas que visem à qualidade da água distribuída à população.

REFERÊNCIAS

1. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914 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 da União, Brasília (DF), 2011 dez 14; Seção 1: 39.
2. Karanis P, Sourenti C, Smith H. Waterborne transmission of protozoan parasites: a worldwide review of outbreaks and lessons learn. J Water Health. 2007; 5(2): 1-38.
3. Baldursson S, Karanis P. Waterborne transmission of protozoan parasites: Review of worldwide outbreaks - An update 2004-2010. Water Res. 2011; 45(20): 6603-6614.
4. Efstratiou A, Ongerth JE, Karanis P. Waterborne transmission of protozoan parasites: Review of worldwide outbreaks - An update 2011-2016. Water Res. 2017; 114: 14-22.
5. Gale P, Stanfield G. *Cryptosporidium* during a simulated outbreak. J Am Water Works Assoc. 2000; 92(9): 105-116.
6. WHO - World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality. 4. ed. Geneva; 2011.
7. Rosen BH. Waterborne pathogens in agricultural watersheds. USDA-NRCS: *Watershed Science Institute*; 2000.
8. Prefeitura do Município de São Paulo. Dados demográficos dos distritos pertencentes às subprefeituras. São Paulo; 2013.
9. United States Environmental Protection Agency - USEPA. Office of Water. Method 1623.1: *Cryptosporidium* and *Giardia* in water by filtration/IMS/FA. Washington, DC; 2012.
10. Zenebon O, Pascuet NS, Tiglia P. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz; 2008.
11. American Public Health Association - APHA. Standard method for examination of water and wastewater. 21 ed. Washington, DC; 2012.
12. United States Environmental Protection Agency - USEPA. Method 9056a -Determination of inorganic anions by ion chromatography. Washington, DC; 2005.
13. Fong TT, Mansfield LS, Wilson DL, Schwab DJ, Molloy SL, Rose JB. Massive microbiological groundwater contamination associated with a waterborne outbreak in Lake Erie, South Bass Island, Ohio. Environ Health Perspect. 2007; 115(6): 856-64.
14. Karanis P, Sotiriadou I, Kartashev V, Kourenti C, Tsvetkova N, Stojanova K. Occurrence of *Giardia* and *Cryptosporidium* in water supplies of Russia and Bulgaria. Environ. Res. 2006; 102(3):260-271.
15. Rosado-García FM, Guerrero-Flórez M, Karanis G, Hinojosa MDC, Karanis P. Water-borne protozoa parasites: The LatinAmerica perspective. Int J Hyg Environ Health. 2017; 220(5): 783-98.
16. Neto RC, dos Santos LU, Sato MI, Franco RM. *Cryptosporidium* spp. and *Giardia* spp. in surface water supply of Campinas, southeast Brazil. Water SciTechnol. 2010; 62(1): 217-22.
17. Gamba RC, Ciapina EMP, Espindola RS, Pacheco A, Pellizari VH. Detection of *Cryptosporidium* sp. oocysts in groundwater for human consumption in Itaquaquecetuba city, S. Paulo-Brazil. Braz. J. Microbiol. 2000; 31 (2); 151-153.
18. Heller L, Bastos RKX, Vieira MBCM, Bevilacqua PD, Brito LLA, Mota SMM, et al. Oocistos de *Cryptosporidium* e cistos de *Giardia*: circulação no ambiente e riscos à saúde humana. Epidemiol. Serv. Saude. 2004; 13(2):79-92.
19. Hachich EM, Galvani AT, Padula JA, Menegon N, Sato MIZ. Importância do controle dos parasitas patogênicos *Giardia* e *Cryptosporidium* em águas captadas para consumo humano. In: Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2000. Porto Alegre. Porto Alegre: ABES; 2000.
20. Wilkes G, Edge T, Gannon V, Jokinen C, Lyautey E, Medeiros D, et al. Seasonal relationships among indicator bacteria, pathogenic bacteria, *Cryptosporidium* oocysts, *Giardia* cysts, and hydrological indices for surface waters within an agricultural landscape. Water Res. 2009; 43(8): 2209-2223.
21. Medema GJ, Schets FM, Teunis PF, Havelaar AH. Sedimentation of free and attached *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in water. Appl Environ Microbiol. 1998; 64(11): 4460-4466.

22. Khaldi S, Ratajczak M, Gargala G, Fournier M, Berthe T, Favennec L, *et al.* Intensive exploitation of a karst aquifer leads to *Cryptosporidium* water supply contamination. *Water Res.* 2011; 45(9): 2906-2914.
23. Xiao G, Qiu Z, Qi J, Chen JA, Liu F, Liu W, *et al.* Occurrence and potential health risk of *Cryptosporidium* and *Giardia* in the Three Gorges Reservoir, China. *Water Res.* 2013; 47(7): 2431-2445.
24. Craun GF, Stephen AH, Frost F, Rebecca LC, Via SH. Waterborne outbreaks of cryptosporidiosis. *J Am Water Works Assoc.* 1998; 90:81-91.
25. Derísio JC. Introdução ao controle de poluição ambiental. 4. ed. São Paulo: CETESB-Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental; 2012.
26. Alaburda J, Nishihara L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. *Rev. Saúde Pública.* 1998; 32(2): 160-165.
27. Silva RCA, Araújo TM. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). *Cien Saude Colet.* 2003; 8(4): 1019-1028.
28. Freitas MB, Brilhante OM, Almeida, LM. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. *Cad. Saúde Pública.* 2001; 17(3): 651-660.
29. Nascimento SAM, Barbosa JSF. Qualidade da água do aquífero freático no alto cristalino de Salvador, Bacia do Rio Lucaia, Salvador, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências.* 2005; 35(4): 543-550.
30. São Paulo (Estado). Secretaria de Estado da Saúde. Resolução SS-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.
31. Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de fluoretação da água para consumo humano. Brasília, DF: Funasa; 2012.
32. Rocha GA, coordenador. Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo - escala 1: 1.000.000. São Paulo: DAEE/IG/IPT/CPRM, 2005.
33. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Apêndice D - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade. São Paulo: CETESB; 2013.

Correspondência

Audry de Almeida Mastropaulo
Rua Juca Mendes, 179, Vila Carrão.
Unidade de Vigilância em Saúde Mooca-Aricanduva
São Paulo - São Paulo - Brasil.
CEP 03428-020
E-mail: amastropaulo@prefeitura.sp.gov.br.
