

---

# Teor de fluoreto em água para abastecimento público em municípios da região de Araçatuba/SP

*Fluoride content in water for public supply in municipalities of Araçatuba/SP*

Aparecida de Fátima Michelin<sup>1,2,3</sup>, Anderson Ferreira dos Santos<sup>3</sup>, Antonio Ricardo Doná<sup>1,2</sup>, Teresa Marilene Bronharo<sup>2</sup>, Flávio Daré<sup>4</sup>, Bárbara Braga Ferreira Marta<sup>2,5</sup>, Marcos Vinícius Dos Santos<sup>6,7</sup>

<sup>1</sup>Curso de Farmácia da Universidade Paulista, Araçatuba-SP, Brasil; <sup>2</sup>Instituto Adolfo Lutz, Araçatuba-SP, Brasil; <sup>3</sup>Curso de Ciências Biológicas da Universidade Paulista, Araçatuba-SP, Brasil; <sup>4</sup>Grupo Estadual de Vigilância Sanitária, Araçatuba-SP, Brasil; <sup>5</sup>Curso de Biomedicina da Universidade Paulista, Araçatuba-SP, Brasil; <sup>6</sup>Curso de Enfermagem da Universidade Paulista, Araçatuba-SP, Brasil; <sup>7</sup>Curso de Engenharia da Universidade Paulista, Araçatuba-SP, Brasil.

---

## Resumo

**Objetivo** – Verificar os níveis de fluoreto em águas para abastecimento público de dezesseis municípios da região de Araçatuba/SP que fazem uso de recursos hídricos com flúor natural durante o período de 2012 a 2016 e avaliar alterações nos índices de fluoreto de acordo com a profundidade do manancial. Durante séculos a população mundial esteve exposta às consequências perturbadoras da cárie dentária. Surgiu então a necessidade de desenvolver medidas de prevenção e controle desta enfermidade, através da manutenção de níveis adequados de fluoreto nas águas de abastecimento público. **Métodos** – O teor de fluoreto das amostras coletadas foi determinado através do método potenciométrico com eletrodo de íon seletivo de acordo com o estabelecido pelo Manual de Métodos físico-químicos para análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz. **Resultados** – Das amostras analisadas, 32% do total não se encontravam de acordo com os valores legais de 0,6 a 0,8 mg F.L-1 estabelecidos para o Estado de São Paulo. **Conclusão** – Dos dezesseis municípios participantes, apenas sete apresentaram 80% das amostras de água com teor de íon fluoreto dentro do intervalo recomendado. Tais resultados sugerem a necessidade de adequações no processo de fluorização, para evitar o surgimento de enfermidades como a carie dentária e fluorose.

**Descritores:** Abastecimento de água; Cárie dentária; Flúor

## Abstract

**Objective** – Verify the levels of fluoride in waters for public supply of sixteen municipalities in the region of Araçatuba/SP that make use of water resources with natural fluorine during the period from 2012 to 2016 and evaluate changes in fluoride indices according to the depth of the source. For centuries the world population has been exposed to the disturbing consequences of dental caries. The need arose for the development of measures to prevent and control the disease through the maintenance of adequate levels of fluoride in public water supply. **Methods** – The fluoride content of the collected samples was determined by the potentiometric method with a selective ion electrode according to the Manual of Physicochemical Methods for food analysis of the Adolfo Lutz Institute. **Results** – Of the analyzed samples, 32% of the total were not in agreement with the legal values of 0.6 to 0.8 mg F.L-1 established for the State of São Paulo. **Conclusion** – Of the sixteen participating municipalities, only seven presented 80% of water samples with fluoride ion content within the recommended range. These results suggest the need for adjustments in the fluoridation process to avoid the onset of diseases such as dental caries and fluorosis.

**Descriptors:** Water supply; Dental cavity; Fluorine

---

## Introdução

A água contém naturalmente uma grande variedade de elementos e substâncias químicas que são procedentes predominantemente da meteorização das rochas. Contudo, contribuições humanas como as atividades industriais, de mineração, o esgoto doméstico, dentre outras, podem alterar essa composição<sup>1</sup>.

No Brasil, os padrões de potabilidade da água para consumo humano são regidos pela Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, em que a Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e à vigilância da sua qualidade, que é definida por suas características organolépticas, físicas, químicas e bacteriológicas<sup>2</sup>. Contudo, cada Estado pode implementar uma legislação que defina os teores de fluoreto nas águas de abastecimento público, obedecendo a variação da média da temperatura em sua região<sup>2,3</sup>.

O fluoreto possui papel fundamental na prevenção coletiva da cárie dentária que, no início do século XX, foi considerada um problema de saúde pública na maior parte do planeta, uma vez que as populações conviviam com essa infecção que resultava em dor, sofrimento e mutilação. Porém, o uso do fluoreto transformou tal realidade ao longo do século e tornou-se o principal agente de enfrentamento dessa doença. No entanto, esse íon é um fator de risco para fluorose, quando a concentração ultrapassa os níveis recomendados, sendo que em casos severos podem ocorrer deformações ósseas em consequência da ingestão, por períodos prolongados, de águas com alto teor de flúor<sup>5,6</sup>. Portanto, o controle e a manutenção da concentração adequada desse íon nas águas de abastecimento público são de interesse para melhoria das condições sanitárias<sup>7</sup>.

Os limites aceitos para a concentração desse íon variam de acordo com a média das temperaturas máximas diárias, já que existe uma relação inversamente

proporcional entre temperatura e concentração de flúor na água, de modo que, quanto mais quente é a região, menores serão os valores permitidos para o flúor, enquanto em regiões mais frias os valores permitidos são maiores<sup>8</sup>.

O fluoreto pode estar naturalmente presente em recursos hídricos, existindo uma relação proporcional entre concentração e profundidade: quanto mais profundo o aquífero, maior é a concentração de fluoreto. Porém, fatores como temperatura, pH, solubilidade dos minerais, capacidade de troca iônica dos materiais do aquífero, tamanho e tipos de formações geológicas também influenciam na concentração do íon<sup>9</sup>.

A presença de fluoreto nas águas de abastecimento público também pode ocorrer através da adição, na forma de fluoreto de sódio, nas estações de tratamento. Para esse procedimento, a American Water Works Association (AWWA) estabelece que há de se fazer um projeto específico para cada sistema, levando em consideração fatores como características e uso que se fará da água, custos operacionais, dentre outros<sup>8</sup>.

Com o propósito de desenvolver ações para a melhoria das condições dos Sistemas de Abastecimento de Água, inclusive de ampliar a ação de fluoretação dessas águas, em 1992, foi iniciado no Estado de São Paulo o Programa de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (PROÁGUA)<sup>7</sup>.

O presente estudo teve o objetivo de avaliar a concentração de íon fluoreto em águas de mananciais e em águas da rede para abastecimento público. Ainda, verificar a ocorrência de relação entre a profundidade dos mananciais e o teor deste íon em suas águas.

## Métodos

As amostras de água para determinação de fluoreto foram provenientes de mananciais superficiais, subterrâneos e profundos para abastecimento das redes de abastecimento público dos municípios de Alto Alegre, Andradina, Barbosa, Bilac, Birigui, Brejo Alegre, Castilho, Coroados, Glicério, Guararapes, Ilha Solteira, Luiziânia, Pereira Barreto, Santópolis do Aguapeí, Suzanápolis e Turiúba, que compreendem 16 dos 40 municípios da Microrregião de Araçatuba, localizada na região noroeste do estado de São Paulo.

A seleção dos municípios se deu em função de seus sistemas públicos de abastecimento de água serem supridos por reservas hídricas que contêm íon flúor natural. Tais municípios possuem juntos uma população estimada de 330.218 habitantes<sup>10</sup>.

Quanto aos recursos hídricos, estão classificados como mananciais superficiais, subterrâneos e profundos. Os mananciais superficiais são os cursos d'água represados ou não; os mananciais subterrâneos aqueles com no máximo 200m de profundidade e mananciais profundos os que excedem a 1.000m<sup>8</sup>.

Todas as análises foram realizadas no período de 2012 a 2016, através do Programa de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (PROÁGUA), com participação da Vigilância Sanitária Esta-

dual, Vigilância Sanitária Municipal e Instituto Adolfo Lutz, sendo este o responsável pela análise laboratorial do íon. A determinação do teor do íon fluoreto foi realizada utilizando o método potenciométrico com eletrodo de íon seletivo (Marca FANEM, Modelo METTLER 355), conforme procedimento padronizado<sup>11</sup>. Tal método é o mais indicado e adequado devido à alta seletividade, melhor linearidade, menor susceptibilidade a interferentes, simplicidade e rapidez<sup>4</sup>. O valor da concentração ideal do íon fluoreto na água destinada ao consumo humano no estado de São Paulo, segundo a Resolução da Secretaria da Saúde nº 250 de 15 de agosto de 1995, é 0,6 a 0,8 mg F.L-1. Tais valores foram estabelecidos em função da média das temperaturas máximas diárias do ar, que se encontra na faixa de 16,4 a 33,9 °C<sup>12</sup>.

Os valores da concentração de íon fluoreto presente em amostras de água de mananciais e da rede de abastecimento público colhidas ao longo de um período de 5 anos, bem como a profundidade das reservas hídricas subterrâneas, foram acessados a partir de banco de dados do Centro de Laboratório Regional de Araçatuba, do Instituto Adolfo Lutz.

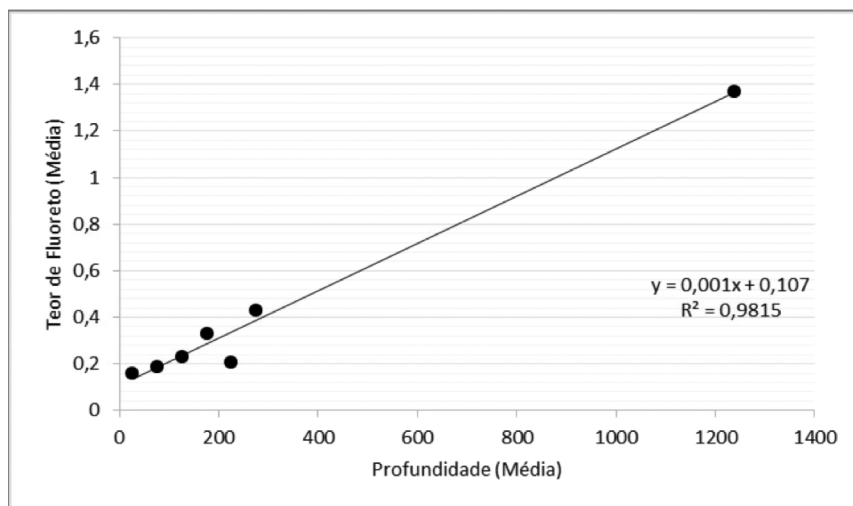
Para a determinação da existência de correlação entre profundidade de manancial e teor de fluoreto nestas águas, foi empregado o coeficiente de correlação de Pearson.

## Resultados e Discussão

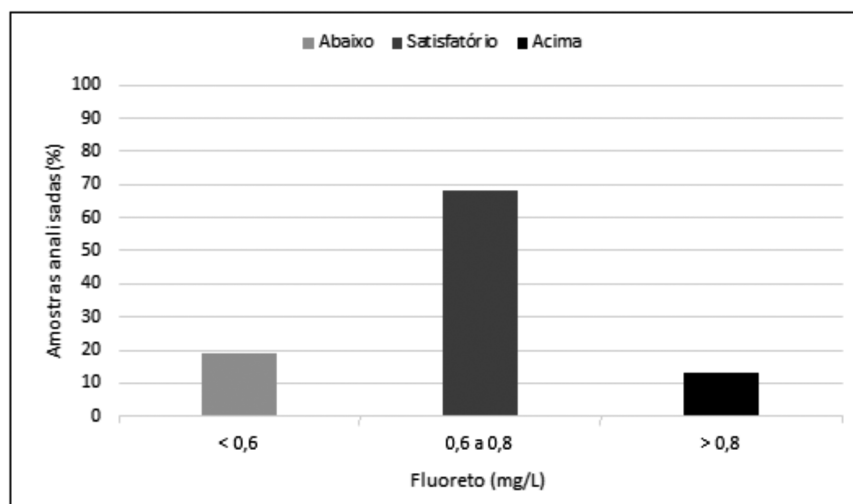
Estudos realizados em diferentes aquíferos das regiões sul, sudeste e centro oeste do Brasil, constataram que os teores de fluoreto aumentam conforme a profundidade do manancial. Tal aumento é atribuído a composição rochosa dos mananciais, que após serem originados por processos ígneos ou magmáticos sofrem ação do intemperismo, liberando minerais que se acumulam na água em decorrência da interação água-rocha especialmente nos pontos mais profundos, onde a estabilidade química dos solos é reduzida e favorece a lixiviação de minerais para a água. Os índices de fluoreto são menores em mananciais superficiais em decorrência da redução da lixiviação aliada a diluição destas águas por águas provenientes da chuva ou corpos de água superficiais com baixos índices de fluoreto<sup>6,13</sup>.

Após as análises ficou confirmada a existência da relação entre a concentração de fluoreto e a profundidade em municípios da região de Araçatuba/SP com presença de flúor natural, de modo que quanto maior a profundidade, maior é o nível de fluoreto ( $R^2$ : 0,98 - índice de correlação de Pearson). (Gráfico 1)

Tal relação pode ser exemplificada com dois pontos de captação existentes em um mesmo município: um manancial superficial com profundidade de aproximadamente 109 metros cuja concentração do íon fluoreto não ultrapassa 0,3 mg/L; e outro, um manancial profundo com 1.240 metros de profundidade, apresenta concentração de 1,3 mg/L em média do íon em debate. (Tabela 1)



**Gráfico 1.** Profundidade e respectiva concentração de fluoreto natural (mg/L). Municípios da Região de Araçatuba/SP com presença de flúor natural, 2012 a 2016



**Gráfico 2.** Classificação das amostras em função da concentração de fluoreto em água de abastecimento público, conforme estabelecido pela legislação vigente. Municípios da Região de Araçatuba/SP com presença de flúor natural, 2012 a 2016

**Tabela 1.** Tipo, número (absoluto e relativo) e profundidade de manancial de água, com a respectiva concentração média de fluoreto (mg/L). Municípios da Região de Araçatuba/SP com presença de flúor natural, 2012 a 2016

Tipo de manancial	Quantidade N (%)	Profundidade (m) Média ± DP	Fluoreto (mg/L) Média ± DP
Superficial	3 (2,75)	–	0,1 ± 0,02
Subterrâneo	101 (92,65)	109 ± 53	0,3 ± 0,2
Profundo	5 (4,6)	1240 ± 157	1,3 ± 0,9

Dos 3.929 resultados de fluoreto, referente às amostras de água provenientes da rede de abastecimento público analisadas no período de 2012 a 2016; 735 (18,71%) estavam com valor abaixo de 0,6mg/L; 501 (12,75%) estavam com valor acima de 0,8mg/L e em 2.693 (68,54%) os valores foram satisfatórios, conforme recomenda a legislação vigente. (Gráfico 2)

O fato de que um terço dos resultados apresentarem valores insatisfatórios prejudica a proposta da fluoretação em águas de abastecimento público que é a prevenção da cárie dentária, ao mesmo tempo que deve prevenir a fluorose. No tocante à cárie dentária, percebe-se que ao longo dos anos, essa medida provê redução em sua ocorrência<sup>14</sup>. Porém, o benefício-risco da fluoretação deve ser avaliado, levando em conta os valores propostos pela Resolução da Secretaria da Saúde de 0,6 a 0,8 mg F.L-112.

Comparando os resultados de fluoreto por ano, referente às amostras de água de abastecimento público do período (2012 a 2016), foi observada melhora de 9% no número de amostras dentro do valor recomendado. O ano de 2016 obteve o melhor resultado entre o período analisado, registrando 75% das amostras dentro dos valores recomendados e uma melhora de 12% se comparado ao ano de 2015 que apresentou 37% de amostras com resultados fora do intervalo de 0,6 a 0,8mg/L.

A redução gradativa, exceto para o ano de 2015, no número de resultados insatisfatórios, com concentração de fluoreto fora do intervalo recomendado, demonstra a existência de ações de monitoramento realizados pela vigilância sanitária para melhorar a qualidade da água de abastecimento público. Assim, pode-se inferir que no ano de 2015 possivelmente ocorreram problemas relativos a estas ações. Essa medida faz parte do controle de qualidade da água de consumo humano que se tornou ação de saúde pública a partir da década de 1970, quando o Ministério da Saúde instituiu uma norma de potabilidade em todo o território nacional<sup>15</sup>.

Considerando às amostras de água de abastecimento público do período (2012 a 2016), a maior parte dos resultados de fluoreto com valores insatisfatórios por se encontrarem fora do valor recomendado de 0,6 - 0,8 mg/L, foram obtidos em amostras provenientes dos municípios de Suzanópolis, Birigui, Andradina e Castilho. Para Andradina e Castilho, o número de amostras com valores dentro do intervalo recomendado é superior àquelas fora desse intervalo. Contudo, nos municípios de Birigui e Suzanópolis, o número de resultados fora do valor recomendado, supera o número de resultados dentro do intervalo.

Em relação ao município de Birigui, as amostras de água coletadas apresentaram o maior número de resultados (n=302; 48%) com valores acima do valor máximo permitido. Nesse município existem sete poços subterrâneos, com profundidades que variam entre 120 e 150 metros, sendo que em seis deles a concentração de fluoreto natural é <0,2mg/L. Em contrapartida, em um destes poços a concentração é de 0,6mg/L. Nos dois poços profundos existentes no município, com

mais de 1.300 metros de profundidade, a concentração de fluoreto alcança 1 mg/L. Desse modo, é possível que a presença natural desse íon possa interferir no controle do processo de fluoretação.

Levando em conta os resultados de fluoreto, referente às amostras de água de abastecimento público do período (2012 a 2016), para cada um dos dezesseis municípios da região de Araçatuba/SP, verificou-se que Luizizânia apresentou o maior número de amostras com valores satisfatórios, possuindo 98,5% de suas amostras dentro do intervalo recomendado. Dos demais, seis deles tiveram resultados satisfatórios acima dos 80% (Pereira Barreto, Guararapes, Santópolis do Aguapeí, Coarados, Alto Alegre e Turiúba). De outro modo, Suzanópolis apresentou o maior índice de resultados fora do intervalo recomendado (71,4%).

A diferença dos resultados de fluoreto, referentes às amostras de água de abastecimento público nesse período, para Luizizânia e Suzanópolis, pode ser devido ao tipo de processo de fluoretação adotado e o método empregado no monitoramento da concentração do íon nas águas distribuídas pelo sistema de tratamento de água. Dentre aqueles municípios que atingiram nível de satisfação acima de 80%, provavelmente existe empenho na busca de um controle mais rígido no processo de fluoretação.

A discordância dos valores de fluoreto em água em relação àqueles recomendados pela legislação vigente também ocorre em outras regiões do estado de São Paulo. Na região centro-oeste paulista, no período de 2003 a 2007, 37,4% das amostras estavam em desacordo, com valores acima (8,6%) ou abaixo (28,8%) daqueles recomendados<sup>16</sup>. Em municípios da Grande São Paulo, no período de 2004 e 2009, observou-se que 7,3% das amostras analisadas possuíam teores de fluoreto fora do limite recomendado, entretanto durante o período de 2007 a 2009, a porcentagem de amostras fora dos limites recomendados atingiu 12,8% sendo 11,6% abaixo e 1,2% acima dos valores recomendados<sup>3</sup>. Ainda, uma situação mais preocupante se fez sentir através de amostras coletadas em um município da região noroeste onde 46,7% estavam em desacordo, sendo 26,5% abaixo e 20,2% acima dos níveis recomendados<sup>4</sup>.

Tais informações evidenciam uma dificuldade na manutenção dos níveis de fluoreto dentro da faixa recomendada de 0,6-0,8 mg/L pelos municípios da região de estudo.

## Conclusão

Dos 16 municípios participantes, apenas sete deles apresentaram 80% das amostras de água com teor de íon fluoreto dentro do intervalo recomendado. Na maioria dos municípios com alteração nos valores deste íon, a quantidade de amostras com teores abaixo do nível recomendado pela legislação foi maior se comparada com aquelas com teores em níveis superiores.

Nos mananciais, foi verificada a relação entre o teor de fluoreto e a profundidade; quanto maior a profundidade, maior é o teor deste íon.

É notória a responsabilidade dos municípios e órgãos fiscalizadores no cumprimento daquilo que determina a legislação vigente para garantir saúde aos beneficiados, protegendo-os da cárie dentária e fluorose.

As falhas no processo de fluoretação da água da rede de abastecimento público devem ser sanadas, já que não fluoretar adequadamente a água no Brasil ou interromper sua continuidade, segundo Toassi et al<sup>14</sup>, é considerada uma atitude juridicamente ilegal, cientificamente insustentável e socialmente injusta.

## Referências

1. Parron LM; Muniz HF; Pereira CM. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água: Colombo: Empresa Florestas; 2011.
2. Brasil, Ministério da Saúde, Portaria Nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. [Internet]. Brasília [acesso 6 out 2017]. Disponível em: [http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/sau-delegis/gm/2017/prc0005\_03\_10\_2017.html].
3. Brasil, Ministério da Saúde, Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. [Internet]. Brasília [Acesso 06 Ago. 2016]. Disponível em: [http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/sau-delegis/gm/2011/prt2914\_12\_12\_2011.html].
4. Santos CCM; Rodrigues JCS; Lopes MRV; Povinelli RF; Terreri ALM. Avaliação da concentração de flúor nas águas de abastecimento público: estudo retrospectivo e de heterocontrole. São Paulo, SP. Rev Inst Adolfo Lutz. 2012; 71(3): 507-13.
5. Narvai PC. Cárie dentária e flúor: uma relação do século XX. Rio de Janeiro, RJ. Cienc Saude Colet. 2000; 5(3): 381-392.
6. Santiago MR, Silva JLS. Flúor em Águas Subterrâneas: Um Problema Social. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos; 2009. Campo Grande.
7. 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.
8. Daré F; Sobrinho MD; Libânio M. Avaliação do processo de fluoretação nos sistemas de abastecimento de água da região de Araçatuba, São Paulo. Eng Sanit Ambient. 2009; 14 (2): 173-82.
9. Andreazzini MJ; Figueiredo BR; Licht OAB. Fluorine Geochemistry in fluvial waters and sediments of the Cerro Azul region, Paraná State: Definition of risk areas for human consumption. In: Workshop International of Medical Geology; 2005; Rio de Janeiro, RJ. Rio de Janeiro: Medical Geology in Brazil; 115-22.
10. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas de População Residente no Brasil e Unidades da Federação. [Internet]. [acesso 23 Set. 2016]. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas\_de\_Populacao/Estimativas\_2016/estimativa\_dou\_2016\_20160913.pdf].
11. Zenebon O, Pascuet NS, Tiglea P. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ª Ed. São Paulo, SP: Instituto Adolfo Lutz; 2008.
12. São Paulo. 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. São Paulo, 1995. [Internet]. São Paulo [acesso 8 Set. 2016]. Disponível em: [http://www.quim-lab.com.br/PDF-LA/SS-250%20-%20Fluoreto%20em%20%20C1gua%20de%20Abastecimento%20P%20FAblico%20.pdf].
13. Silva SM, Velásquez LNM, Fleming PM, Fantinel LM. O flúor nas águas freáticas e sua relação com solos na região norte em Minas Gerais. In: XVIII Congresso Brasileiro de águas Subterrâneas; 2014. Belo Horizonte.
14. Toassi RFC; Kuhnen M; Cislighi GA; Bernardo JR. Heterocontrole da fluoretação da água de abastecimento público de Lages, Santa Catarina, Brasil. Cienc Saude Colet. 2007; 12(3):727-32.
15. Freitas MB, Freitas CM. A vigilância da qualidade da água para consumo humano – desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. Cienc. Saude Colet. 2005;10 (4): 993-1004.
16. Silva RA, Petrarca MH, Santos RC, Yamamoto IT, Marques LRM. Monitoramento da concentração de íons fluoreto na água destinada ao consumo humano proveniente de um município com diferentes sistemas de abastecimento público. Rev Inst Adolfo Lutz. 2011; 70 (2): 220-24.

### Endereço para correspondência:

Aparecida de Fátima Michelin  
Av. Rio Branco, 1661 – Ap 144 – Centro  
São Paulo-SP, CEP 01205-001  
Brasil  
E-mail: cidinhamichelin@gmail.com

Recebido em 20 de março de 2018  
Aceito em 7 de outubro de 2018