

# *Avaliação dos teores de fluoreto na água potável distribuída pela concessionária CESAN que abastece o município de Vitória/ES*

## *Evaluation of the fluoride levels in potable water distributed for the Company CESAN what supplies Vitória City*

Gabriel dos Anjos de Jesus\*  
Lindalva Marques da Silva\*\*  
Tânia Maria Arrebola\*\*\*

Este trabalho procurou avaliar os níveis de fluoreto na água fornecida pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN), para a cidade de Vitória, capital do Estado do Espírito Santo. A adição de flúor na água tratada representa uma importante medida de saúde pública coletiva para a prevenção de cárie dental na população de uma região. A determinação do fluoreto foi realizada no Laboratório Central em Saúde Pública (LACEN) por meio do método do eletrodo de íon seletivo (ISE) indicado pela American Public Health Association (APHA) e as amostras foram coletadas nos pontos pertencentes à rede de amostragem da Vigilância da Qualidade da Água -Vigiágua- da cidade.

*This work evaluated fluoride levels in the water provided by Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) in Vitória, Capital of State Espírito Santo. The addition of fluorine in the treated waters represents measure important of collective health public for dental carie prevention in the population from one country. The determination of fluoride was realized in Central Laboratory in Public Healt (LACEN) through metod Ion Selective Electrode (IES) indicated for American Public Health Association (APHA) and the samples was collected in the points belonged at sampling net of Surveillance Water Quality -Vigiágua- in the city.*

Palavras-chave: Eletrodo de ion seletivo. Cárie dental. Níveis de fluoreto.

*Key words: Ion Selective Electrode. Dental Carie. Fluoride Levels.*

### *Introdução*

A importância da água para a humanidade, em quantidade e qualidade próprias para consumo humano, tem despertado, em toda a sociedade, a preocupação em controlar e exigir, por meio de regulamentações específicas, as condições adequadas para a água a ser distribuída à população.

\* Químico Industrial Mestre em Química Inorgânica pela UFRJ Professor de Físico-Química do Curso de Licenciatura em Química do CEFET de Campos.

\*\* Mestre em Engenharia Ambiental pela UFES. Engenheira Química da PMV/ES.

\*\*\* Bióloga. Referência Técnica do Subsistema Vigiágua do Município de Vitória/ES.

Atualmente, o Brasil conta com a Portaria n. 518 (2004), da Secretaria de Vigilância em Saúde, cujo objetivo principal é estabelecer critérios, parâmetros e padrões visando a adequação da água usada para consumo humano. Este instrumento legal obriga as partes envolvidas no processo de tratamento e controle de água a atuarem em conjunto de forma a fornecer água potável à população dentro das condições higiênico-sanitárias apropriadas.

Dentre os parâmetros cujos limites foram fixados pela Portaria n. 518 (2004) estão incluídos os níveis de fluoreto aceitáveis na água para consumo humano.

A Portaria n. 635/BSB (1975) estabelece normas e padrões para fluoretação da água tratada em sistemas de abastecimento destinada ao consumo humano. Essa Portaria descreve as principais metodologias de dosagem e análise do íon fluoreto, indicando os compostos de flúor a serem utilizados na fluoretação de águas tratadas. Os métodos apresentados nessa portaria para a determinação do íon fluoreto são os mesmos descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater da American Public Health Association (APHA, 1995).

O município de Vitória, por meio do Subsistema Vigiágua, é responsável pelo controle e acompanhamento da qualidade da água potável fornecida à população.

As análises laboratoriais necessárias para a determinação dos parâmetros incluídos no Plano de Monitoramento do Vigiágua são realizadas pelo Laboratório em Saúde Pública do Estado do Espírito Santo (LACEN), sendo o fluoreto determinado pelo método do eletrodo de íon-seletivo (ISE).

Esse trabalho visou avaliar os teores de flúor, durante o ano de 2003, na água fornecida pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) à população do município de Vitória.

### *Revisão bibliográfica*

Estudos realizados no período de 1985 a 1986, pelo Ministério da Saúde, demonstraram que existe um problema de saúde bucal relacionado à cárie dental na população do Brasil. Esse mesmo estudo mostrou que as crianças de 12 anos apresentavam uma média de 6,7 dentes danificados pelos efeitos da cárie dentária, o que representa o dobro da meta definida pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e pela Federação Dentária Internacional (FDI) para ser alcançada no ano de 2000. Também mostrou que na faixa etária de 18 (dezoito) anos, apenas 32% dos brasileiros possuíam todos os dentes, enquanto o recomendável pela OMS e FDI é de 85%. O estudo concluiu, ainda, que aos 60 anos de idade, três em cada quatro brasileiros estão completamente desdentados (BRASIL, 1988).

Os reduzidos investimentos destinados a estudos epidemiológicos que possam acompanhar os efeitos do uso de flúor sobre a incidência de cárie na população brasileira, indicam a precariedade dos mecanismos de controle sobre essa medida no país (MENAKER, 1984).

Vários estudos mostraram a relação existente entre as concentrações de flúor e a incidência de cárie dentária no ser humano. Também, indicaram a possibilidade de danos à estrutura dentária e óssea quando valores de flúor encontram-se em limites superiores aos prescritos pela legislação (CANGUSSU et al., 2002; CLARCK, 1994).

Trabalhos publicados em 1930 mostraram que existe uma correlação positiva entre redução dos níveis de cáries dentárias em crianças e os índices naturais de flúor em água de abastecimento de algumas comunidades (YLSTRUP et al., 1988).

A aplicação tópica diária de flúor na prevenção da cárie reduz o crescimento de "*Streptococcus mutans*", microorganismo responsável pela iniciação da cárie, além de interferir no metabolismo da microflora da placa. Diminui, ainda, a solubilidade do esmalte e aumenta a remineralização na superfície do dente (MENAKER, 1984).

Estudos mostraram que a ingestão de flúor na etapa de formação dentária reduz a ocorrência de carbonatos na composição dentária. Sabe-se que o carbonato aumenta a solubilidade dos dentes aos ácidos orgânicos e, ainda, concentra-se em áreas de maior facilidade para o acúmulo de placa bacteriana (CORREA, 1988).

A fluoretação da água é um método reconhecido na prevenção da cárie dentária, desde que utilizada na concentração ideal para cada região, de acordo com as médias das temperaturas máximas locais. Entretanto, pode constituir um fator de risco para a saúde humana se os níveis de flúor ultrapassarem os valores recomendados pela legislação pertinente (BUZALAF et al., 2001).

A garantia dos níveis de flúor dentro das concentrações ideais é considerada importante medida de saúde pública para a proteção desejada contra a cárie, sem ocorrerem riscos de fluorose, que é resultado de uma elevada concentração de íon fluoreto, responsável pelo desfiguramento do esmalte, causando manchas nos dentes (NEWBURN, 1988).

Em virtude dos estreitos limites entre a inocuidade do flúor e sua nocividade à saúde humana, faz-se necessária uma atenção contínua para o controle desses valores na água potável (BUZALAF, 2001).

O flúor é um elemento químico presente em diversos produtos, como água mineral, alimentos, alguns medicamentos, creme dental e suplementos nutricionais, daí a necessidade de um controle rígido na manutenção de sua concentração para as ações de vigilância em saúde (BURT, 1992; WINKLE et al., 1995; BUZALAF et al., 2003).

A determinação dos níveis recomendados de íon fluoreto nas águas de abastecimento público, no Brasil, é obtida por meio da relação com a média da temperatura máxima diária da região onde ocorre o consumo de água. Essa fórmula

foi elaborada por Gallagan e Lamson (1953), citada por Buendia e Zaina (1997), e encontra-se abaixo representada:

$$C = \frac{22}{E}, \text{ onde } E = 10,3 + 0,725 T$$

T é igual à média das temperaturas diárias máximas anuais, em graus Celsius, obtida durante um período de um ano (recomendando-se 5 anos).

No país, o flúor pode ser acrescentado à água potável a partir de seus compostos mais comuns: ácido fluorsilícico ( $H_2SiF_6$ ), fluoreto de cálcio ( $CaF_2$ ), fluorsilicato de sódio ( $Na_2SiF_6$ ) e fluoreto de sódio (NaF), de acordo com a Portaria BSB 635 de 25/12/1975.

O quadro 1 mostra os limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em função da média das temperaturas máximas diárias.

**Quadro 1**  
**Limites de fluoreto e média das temperaturas máximas diárias**

Média das temperaturas máximas diárias do ar °C	Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em mg/L		
	mínimo	máximo	ótimo
10,0 – 12,1	0,9	1,7	1,2
12,2 – 14,6	0,8	1,5	1,1
14,7 – 17,7	0,8	1,3	1,0
17,8 – 21,4	0,7	1,2	0,9
21,5 – 26,3	0,7	1,0	0,8
26,8 – 32,5	0,6	0,8	0,7

Fonte: Portaria n. 635/BSB de 26/12/1975.

O cálculo da média das temperaturas máximas do município de Vitória, com os valores fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) /Vitória-ES, abrangendo o período de 01/08/2003 a 26/09/2004, resultou em um valor igual a 31,4 °C, o que corresponde aos limites de fluoreto entre 0,6 e 0,8 mg/L, e a um valor ótimo de 0,7 mg/L.

### *Objetivo geral*

Avaliar os níveis do parâmetro fluoreto nos pontos de monitoramento pertencentes ao Programa Vigiaágua do Município de Vitória.

## *Objetivos Específicos*

- Conhecer os níveis de fluoreto nos pontos de monitoramento incluídos na rede de distribuição das Estações de Tratamento de Água (ETAs) que abastecem o município de Vitória.
- Determinar a média anual dos valores de fluoreto em cada ponto de monitoramento do Programa Vigiaágua.
- Relacionar os resultados mensais obtidos para o íon fluoreto, durante o ano de 2003, nos pontos de monitoramento, com os limites exigidos pela legislação pertinente: Portaria n. 518/2004 da SVS.

## *Materiais*

A determinação do íon fluoreto na água consumida pela população de Vitória foi realizada utilizando o método do eletrodo de íon seletivo (EIS).

Interferentes: os cátions  $Al^{+3}$ ,  $Fe^{+3}$  e  $Si^{+4}$  formam complexos com o íon fluoreto. Entretanto, o citrato de sódio bihidratado (usado na preparação do tampão) complexa quaisquer íons polivalentes que interagem com o fluoreto.

Equipamento usado: Potenciômetro da Analyser, pH/íon 450 M com eletrodo combinado tipo Plus Orion 960 9BN.

Agitador magnético com barra agitadora revestida de teflon.

Reagentes:

- solução de fluoreto de sódio (NaF) a 100  $\mu\text{g/mL}$ ;
- solução padrão de fluoreto a 10  $\mu\text{g}$  de  $F^-/\text{mL}$ ;
- solução tampão TISAB (Total Ionic Strength Adjustment Buffer – Tampão de Ajuste de Força Iônica Total).

## *Procedimento analítico*

- Calibração do equipamento.
- Preparação de padrões de fluoreto: medem-se 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0; 16,0; 20,0 mL da solução padrão de fluoreto de sódio em uma série de balões de 100 mL. A cada balão adiciona-se 50 mL de solução tampão, levando-se os volumes a 100 mL com água destilada e mistura-se bem a solução. Dessa forma, obtêm-se os padrões com concentrações respectivas de 0,20 mg/L; 0,40 mg/L; 0,60 mg/L; 0,80 mg/L; 1,00 mg/L; 1,60 mg/L e 2,00 mg/L (MENDHAM, 2002).
- Solução tampão (TISAB): em becker de 1000 mL coloca-se 500 mL de água destilada, adicionando-se 57 mL de ácido acético glacial, 58 g de cloreto de sódio e 12 g de citrato de sódio bihidratado. Agita-se até a dissolução e coloca-se o becker em banho de água para esfriar, levando-se o pH para 5,0 a 5,5 com hidróxido de sódio 6 N.

Esfria-se à temperatura ambiente. Transfere-se a solução para um balão volumétrico de 1000 mL e completa-se o volume com água destilada (MENDHAM, 2002).

- Tratamento da amostra: coloca-se 50 mL da amostra em balão volumétrico de 100 mL e completa-se o volume com a solução tampão. Mistura-se bem. Os padrões e as amostras devem ser mantidos à mesma temperatura dos balões.

- Medida com o eletrodo: transferem-se os padrões e a amostra para uma série de beakers de 150 mL. Mergulha-se o eletrodo em cada becker e mede-se o potencial desenvolvido enquanto a solução é agitada por agitador magnético. Aguardem-se 3 minutos antes de efetuar a leitura do milivoltímetro. Entre uma leitura e outra, os eletrodos devem ser lavados com água destilada e enxugados (MENDHAM, 2002).

- Os eletrodos de íon-seletivos são fundamentalmente diferentes dos eletrodos metálicos porque eles não dependem do processo redox. Assim, o íon em análise migra, por meio de uma membrana seletivamente permeável, de uma região de alta concentração para uma região de baixa concentração. A migração do íon cria uma diferença de carga (i.e., uma diferença de potencial elétrico por meio da membrana) que se opõe a migrações posteriores de íons. A magnitude da diferença de potencial elétrico fornece as concentrações relativas do constituinte em análise dos dois lados da membrana (HARRIS, 2001).

A curva padrão é construída em escala semilogarítmica de dois ciclos e a leitura, feita em milivolts contra  $\mu\text{g F}^-$  da solução padrão.

O cálculo foi realizado usando-se a seguinte relação:  $\text{mg/L F}^- = \frac{\mu\text{g de F}^-}{\text{mL de amostra}}$

## *Metodologia*

O trabalho considerou os 30 (trinta) pontos que são mensalmente analisados e que estão incluídos no Plano de Amostragem do Vigiágua para efeito de controle e acompanhamento da qualidade da água de consumo humano do município de Vitória.

O abastecimento da cidade é realizado por três Estações de Tratamento de Água (ETAs) pertencentes à CESAN e, em decorrência dessa situação, o trabalho mostrará a evolução do parâmetro flúor, abrangendo um período de um ano, para cada uma das estações de tratamento: ETA I, ETA II e ETA V.

## *Resultados*

As tabelas 1, 2 e 3 apresentam os teores de fluoreto determinados durante o ano de 2003, com exceção do mês de janeiro, para todos os pontos da rede de monitoramento do Vigiágua de Vitória.

Os gráficos 1, 2 e 3 mostram a variação que ocorreu no parâmetro fluoreto no ano de 2003, com exceção do mês de janeiro, de acordo com os dados representados nas tabelas 1, 2 e 3.

A concentração de fluoreto para Vitória, determinada pela equação de Gallagan e Lamson, foi de 0,67 mg/L, de acordo com o cálculo abaixo:

$$E = 10,3 + 0,725 T$$

$$T = 31,4 \text{ }^{\circ}\text{C (média das máximas em um ano)}$$

$$C = \underline{22,2}$$

E

$$\text{Então: } E = 10,3 + 0,725 \times 31,4 = 33,065$$

$$\text{Concentração de fluoreto: } C = \underline{22,2} \cong 0,67 \text{ mg/L}$$

$$33,065$$

**Tabela 1**  
Teores de fluoreto obtidos nos pontos de amostragem da ETA I

Meses do ano 2003	Pontos de coleta								
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
fevereiro	0,6	0,81	0,84	0,81	0,81	0,78	0,85	0,75	0,84
março	0,58	0,85	0,63	0,63	0,63	0,78	0,63	0,73	0,78
abril	0,8	1,44	0,8	0,81	0,81	0,91	0,84	0,84	0,73
maio	0,66	0,8	0,77	0,74	0,8	0,74	0,74	0,74	0,74
junho	0,71	0,68	0,53	0,51	0,55	0,51	0,51	0,47	0,53
julho	0,56	0,62	0,44	0,59	0,71	0,64	0,71	0,71	0,74
agosto	0,2	0,2	0,58	0,64	0,68	0,7	0,7	0,73	0,73
setembro	0,6	0,52	0,53	0,55	0,57	0,57	0,57	0,55	0,6
outubro	0,58	0,75	0,54	0,59	0,59	0,56	0,56	0,54	0,56
novembro	0,49	-	0,35	0,39	0,41	0,43	0,43	0,39	0,44
dezembro	0,57	0,69	0,85	0,75	0,65	0,85	0,81	0,78	0,74

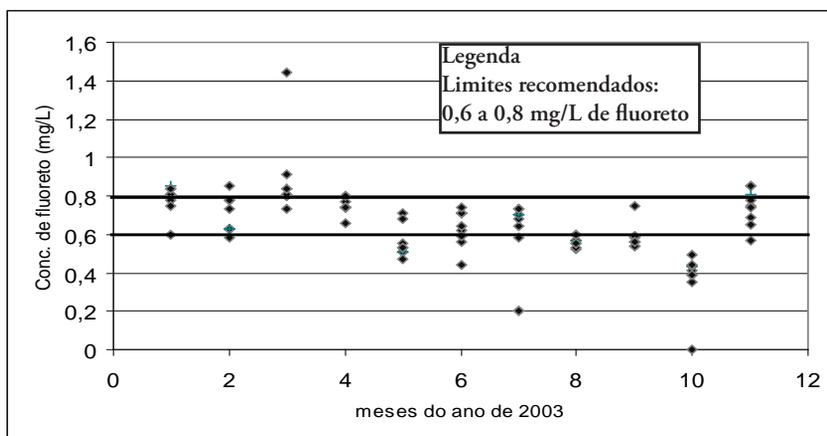


Figura 1: Variação de fluoreto nos pontos de amostragem da ETA I

**Tabela 2**  
Teores de fluoreto obtidos nos pontos de amostragem da ETA II

meses	Pontos de coleta													
	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23
fev.	0,63	0,88	0,85	0,81	0,81	0,88	0,8	1	1,48	0,8	0,96	1	0,83	0,6
mar.	0,81	1,02	1,02	0,98	0,98	0,91	1	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,93	0,93
abr.	0,71	1,09	1,5	1,23	0,93	0,8	0,73	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,73	0,7
maio	0,59	0,71	0,69	0,63	0,74	0,76	0,55	0,56	0,65	0,63	0,65	0,58	0,54	0,56
jun.	0,68	0,65	0,63	0,65	0,65	0,65	0,71	0,68	0,71	0,71	0,79	0,68	0,84	0,68
jul.	0,67	0,55	0,56	0,62	0,62	0,64	0,52	0,47	0,65	0,61	0,59	0,59	0,51	0,65
ago.	0,72	0,8	0,77	0,8	0,75	0,75	0,67	0,7	0,75	0,7	0,67	0,58	0,67	0,67
set.	0,52	0,43	0,44	0,33	0,48	0,37	0,4	0,61	0,68	0,65	0,63	0,4	0,47	0,65
out.	0,75	0,81	0,91	0,91	0,58	-	0,56	0,68	0,77	-	0,77	0,68	0,77	0,58
nov.	0,62	0,59	0,66	0,66	0,57	0,62	-	0,49	0,49	0,4	0,49	0,47	0,43	0,55
dez.	0,57	0,69	0,69	0,75	0,42	0,72	0,72	0,75	0,67	0,62	0,6	0,7	0,7	0,8

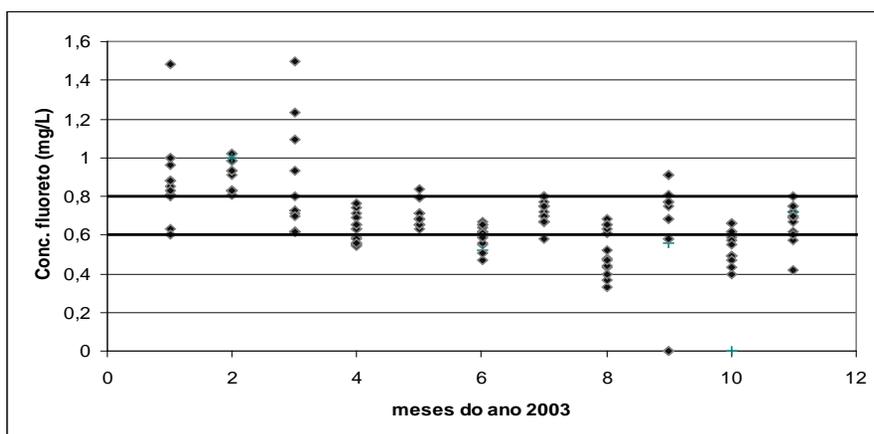


Figura 2: Variação dos teores de fluoreto dos pontos de amostragem da ETA II

Tabela 3  
Teores de fluoreto obtidos nos pontos de amostragem da ETA V

meses	Pontos de coleta						
	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30
fev.	0,8	0,75	0,75	-	0,7	-	1,07
mar.	0,94	0,44	0,45	0,53	0,45	0,49	0,74
abr.	0,77	0,74	0,77	0,91	0,91	0,91	0,65
maio	0,6	0,7	0,65	0,65	0,65	0,68	0,7
jun.	0,53	0,42	0,37	-	0,42	0,47	0,55
jul.	0,38	0,4	0,41	0,44	0,5	0,48	0,51
ago.	0,81	0,76	0,69	0,67	0,76	0,69	0,69
set.	0,64	0,9	0,8	0,8	0,8	0,87	0,67
out.	-	0,52	0,54	0,56	0,56	0,56	0,59
nov.	0,55	0,57	0,53	0,55	0,62	0,64	0,7
dez.	0,72	0,43	0,4	0,6	0,47	0,48	0,75

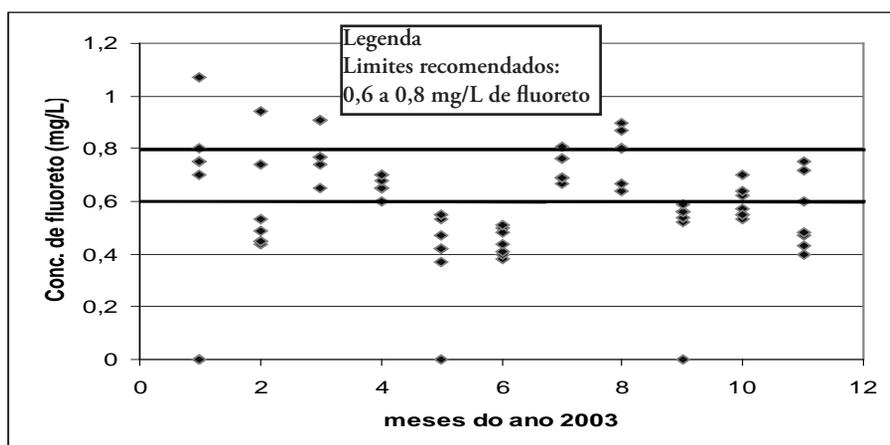


Figura 3: Variação do fluoreto nos pontos de amostragem da ETA V

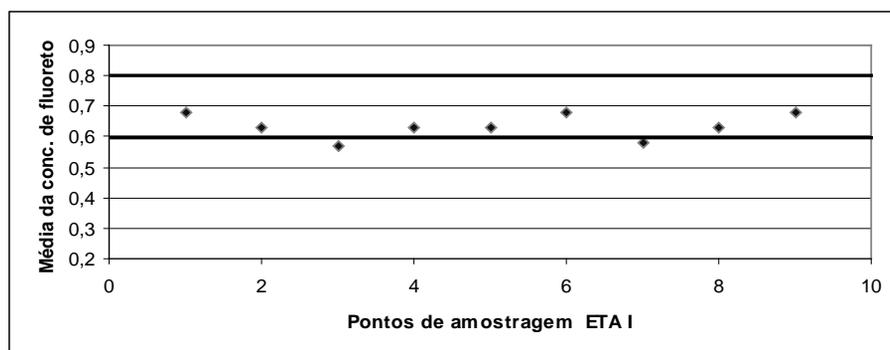


Figura 4: Média anual da concentração de fluoreto nos pontos da ETA I

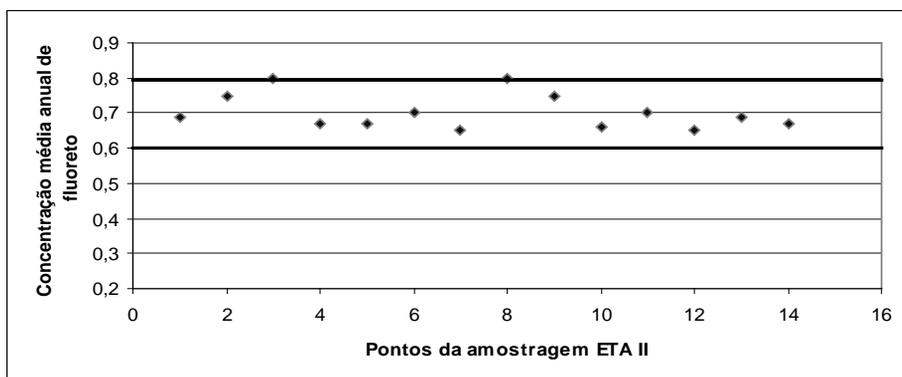


Figura 5: Média anual da concentração de fluoreto nos pontos da ETA II

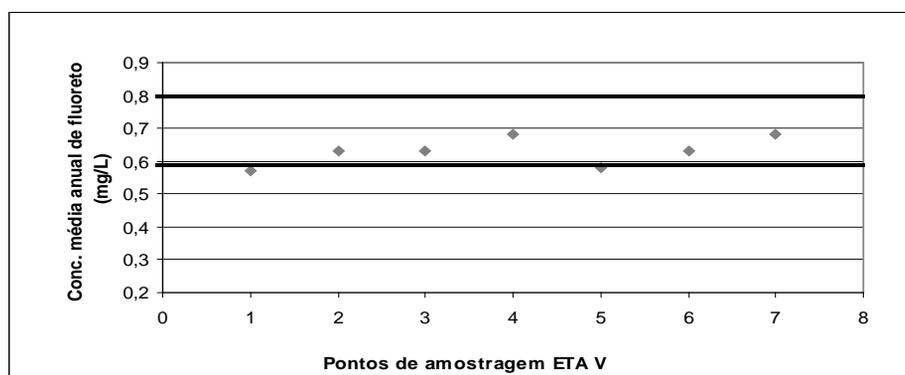


Figura 6: Média anual da concentração de fluoreto nos pontos da ETA V

## Discussão

As tabelas 1, 2 e 3 mostram que existe uma aplicação sistemática de flúor na água de abastecimento fornecida para o município de Vitória.

As figuras 1, 2 e 3 apresentam os gráficos que mostram a grande variação que ocorreu nos valores de fluoreto para todas as estações de tratamento de água.

Verificou-se que a ETA I teve 54 % dos resultados fora dos limites recomendados pela legislação, a ETA II apresentou 45,4 % e a ETA V 54,8%.

Embora os resultados isolados de fluoreto indiquem uma ampla dispersão de valores, quando se calcula a média anual por ponto amostrado, para cada ETA, verifica-se que a maioria deles apresenta concentração de fluoreto dentro do limite exigido pela legislação.

Ressalta-se que a média da concentração de fluoreto para os pontos da ETA II apresentou-se sempre dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

## *Conclusão*

Conclui-se que o acompanhamento de rotina para controle e vigilância da qualidade da água potável, fornecida para o município, é uma ação de extrema importância, considerando-se a sua relação com possíveis impactos sobre a saúde coletiva.

Observa-se que a variação nos níveis de fluoreto nos pontos de amostragem da rede de monitoramento do Vigiágua mostra um alto percentual de não atendimento aos limites preconizados, indicando a necessidade de melhorias no sistema de dosagem de fluoreto, de forma a assegurar as concentrações dentro dos valores exigidos pela Portaria n. 518/2004 da Secretaria de Vigilância em Saúde.

Verifica-se a necessidade de serem desenvolvidos estudos epidemiológicos que relacionem os níveis de flúor na água potável com a incidência de cárie dental na população infantil do município.

## *Referências*

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 19. ed. Washington, DC: APHA, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Levantamento Epidemiológico em Saúde Bucal: Brasil, zona urbana, 1986. Brasília, DF: Centro de Documentações do Ministério da Saúde. 1988. (Série Estudos e Projetos).

BRASIL. Portaria do Ministério da Saúde, n. 635/BSB de 26 de dezembro de 1975. *Estabelece normas e padrões para a fluoretação das águas dos sistemas públicos de abastecimento destinadas ao consumo humano*.

BRASIL. Portaria da Secretaria de Vigilância em Saúde – MS, n. 518 de 25 de março de 2004. *Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências*.

BURT, B. A. The changing patterns of systemic fluoride intake. *J. Dent Res*, v. 71, p. 1228-1237, 1992.

BUZALAF, M. A. R et al. Fluoride content of infant formulas prepared with deionized, bottled mineral and fluoridated drinking water. *J. Dent Children*, v. 68, p. 37-41, 2001.

\_\_\_\_\_ et al. The effect of domestic water filters on the water fluoride level of the public water supply in Bauru, Brasil. *J Dent Children*, v. 70, p. 227-30, 2003.

CANGUSSU, M. C. T. et al. fluorose dentária no Brasil: uma revisão crítica. *Cad. Saúde Pública*, v. 18, n. 1, Rio de Janeiro. jan/fev. 2002.

CLARCK, D. C. et al. Influence of exposure to various fluoride technologies on the prevalence of dental fluorosis. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, n. 22, p. 461-464, 1994.

CORREA, M. S. P. *Odontopediatria na Primeira Infância*. S. l.: Livraria Santos Editora, 1998.

GALLAGAN, D. J.; LAMSON, G. G. Climated and endemic fluorosis. *Public Health Reports*, v. 68, n. 497, 1953.

HARRIS, D. C. *Análise Química Quantitativa*. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

INSTITUTO NACIONAL DE METEREOLOGIA. *Valores das temperaturas do município de Vitória/ES*. Vitória, ES: INMET. Set. 2004.

MENAKER, L. *Cáries Dentárias-Bases Biológicas*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

MENDHAM, J. et al. *Análise Química Quantitativa*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

NEWBURN, E. *Cariologia*. São Paulo: Editora Santos, 1988.

THYLSTRUP, A.; FEJERSKOV, O. *Tratado de Cariologia*. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 1988.