

# Determinação do índice de fluoreto em águas de abastecimento público em municípios da região centro-sul do Paraná

## Determination of the fluoride concentration in public supply waters in the mid-south region of Paraná, Brazil

Jeferson Egner de Moraes<sup>1</sup>  
Sueli Pércio Quináia<sup>2</sup>  
Neide Hiroko Takata<sup>3</sup>  
Cynthia Beatriz Fürstenberguer<sup>4</sup>

### Resumo

Este trabalho teve como objetivo monitorar e avaliar as concentrações de fluoreto em águas de abastecimento público de seis municípios da Região Centro-Sul do Paraná nos meses de julho, agosto e setembro de 2006. Avaliaram-se 219 amostras, sendo 36 de águas naturais, sem tratamento convencional, coletadas na zona rural, e 183 de águas de abastecimento público tratadas. A concentração de fluoreto, presente nas amostras de água, foi determinada pelo método colorimétrico. Os resultados obtidos foram submetidos a um tratamento estatístico para análise das componentes principais (ACP). A concentração de fluoreto, observada nos diferentes meses de coleta, variou entre o limite de detecção e 1,77 mg/L. Cerca de 68% das amostras foram classificadas como aceitáveis dentro dos limites estabelecidos para fluoreto no estado do Paraná.

**Palavras-chave:** fluoretação; controle da qualidade da água; cárie dentária.

---

1 Mestrando em Química Aplicada pela Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO; E-mail: jefemoraes@hotmail.com

2 PhD.; Química; Professora do Departamento de Química da Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO; E-mail: spquinaia@unicentro.br

3 Dra.; Química; Professora do Departamento de Química da Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO; E-mail: neide@unicentro.br

4 Dra.; Bióloga; Professora do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO; E-mail: cynthia@unicentro.br

## **Abstract**

The research for this paper focused on monitoring and evaluating fluoride concentration in public supplying waters from six cities at the mid-South region of Paraná state, during the months of July, August, and September 2006. 219 water samples were evaluated, including 36 natural water samples without treatment collected in the countryside, and 183 treated water samples from the public supply. The fluoride concentration of the water samples was determined by the colorimetric method. The data was submitted to a statistical treatment for Principal Component Analysis (PCA). The fluoride concentration observed during the different months of collection varied from the limit detection to 1,77 mg/L. About 68% of the samples were classified as acceptable, according to Parana State fluoride standards.

**Key words:** fluoridation; water quality control; tooth cavity.

## **Introdução**

A água é de fundamental importância para a existência da humanidade e deve estar sempre disponível em boa qualidade, garantindo proteção à saúde da população que a consome. Sabe-se que a água é um poderoso solvente, podendo ser veículo de muitos microorganismos causadores de doenças, tais como a cólera e a leptospirose e ainda pode carregar consigo os mais variados elementos dissolvidos ou em suspensão, depois de ter contato direto com o ar e o solo (FREITAS, 2002). Com base nestas características, existe a preocupação de monitorar as águas de abastecimento público e verificar se as mesmas se encontram em condições de potabilidade de forma que não ofereçam nenhum risco a saúde da população.

Para atender o padrão de potabilidade, a água de abastecimento deve apresentar quantidades limites para diversos parâmetros físico-químicos e

microbiológicos que são definidos pela portaria nº 36/GM do Ministério da Saúde (BRASIL, 1990). A potabilidade da água é alcançada mediante várias formas de tratamento, sendo que a mais tradicional inclui basicamente as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e a fluoretação (FREITAS, 2002).

Tomando a fluoretação das águas de abastecimento público como tema deste trabalho, é preciso conhecer os benefícios que o flúor proporciona ao ser humano, quando encontrados em níveis adequados, bem como a necessidade de monitorar tal parâmetro existente nas águas de abastecimento público. Os benefícios da fluoretação das águas de abastecimento ficaram evidentes quando um estudo realizado nos Estados Unidos revelou que o índice de "C. P. O" (número de dentes perdidos cariados e obturados), para cada cem crianças havia diminuído em 60%. Por outro lado, a exposição excessiva ao flúor durante a formação de esmalte dentário,

pode levar o indivíduo a fluorose, que é uma doença crônica que ocorre devido ao excesso de ingestão de flúor. Esta doença é caracterizada pelo aparecimento de linhas ou manchas esbranquiçadas no dente, o que ocorre mediante o consumo de água com níveis de fluoreto acima de 2,0 mg/L por longos períodos (BATALHA e PARLATORE, 1993; NUNES, 2004). Além da fluorose, outros efeitos nocivos à saúde incluem fraturas de ossos, efeitos em sistemas renais, reprodutivos, gastrintestinais, efeitos de genotoxicidade e carcinogênicos (SUBCOMMITTEE ON HEALTH EFFECTS OF INGESTED FLUORIDE, 1993). Devido aos possíveis “riscos” à saúde, a fluoretação em águas de abastecimento tem sido questionada em muitos países, mesmo nas concentrações recomendadas. Segundo o National Research Council, a maioria das pessoas associa a adição de fluoreto às fontes de água de abastecimento para a prevenção de cáries dentárias. Entretanto, o fluoreto pode igualmente ser incorporado às águas de abastecimento público através de fontes naturais. Alguns casos de fluorose severa foram relatados ocasionalmente em populações expostas a águas com 2 mg/L, sugerindo a existência de outras fontes de exposição ao fluoreto, pois taxas similares de fluorose foram relatadas em populações expostas a quantidades insignificantes de fluoreto na água potável (COMMITTEE ON FLUORIDE IN DRINKING WATER, 2006). Menezes et al., (2002) demonstraram que a fluorose dental não foi percebida pela população estudada em seu trabalho, sugerindo haver segurança da associação de água fluoretada na concentração ótima e de dentifício fluoretado no controle da cárie dental.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) definiu como adequada para fluoretação de águas de abastecimento a faixa que varia entre 1,0 a 1,5 mg de fluoreto para cada litro de água (BATALHA e PARLATORE, 1993; KULCHESKI, 2000). A Lei Federal número 6.050, com seu decreto regulamentar n.º 76.872 e a Portaria número 635/Bsb, estabelecem as normas para fluoretação das águas de abastecimento público (BRASIL, 1975). No Paraná, é considerado como nível ótimo concentrações de fluoreto em uma faixa que varia entre 0,8 a 1,5 mg/L (KULCHESKI, 2000).

A temperatura é um importante fator ambiental que deve ser considerado ao calcular o teor de fluoreto necessário na água de abastecimento de uma comunidade, pois está diretamente relacionada ao consumo de água. Quanto maior for a temperatura da região, maior será a ingestão de líquidos, e a concentração de fluoretos pode ser ainda mais baixa variando em torno de 0,5 a 0,7 mg/L (SCHNEIDER FILHO et al., 1992 e WARNAKULASURIYA et al., 1992).

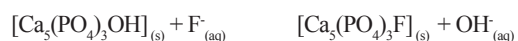
Concentrações de íons fluoreto,  $F^-$ , na água potável de cerca de 1 mg/L, reduzem grandemente a incidência de cárie dentária. Em regiões onde a ocorrência de fluoreto natural nas águas destinadas à população é baixa ou ausente, devem ser adicionados produtos fluoretados, tais como fluorossilicato de sódio, fluoreto de cálcio e o ácido fluorossilícico. A adição de fluoreto à água de beber é estudada há mais de duzentos anos e sabe-se que o fluoreto torna mais duro o esmalte dos dentes, convertendo a hidroxiapatita  $[Ca_5(PO_4)_3OH]$  que é o esmalte do dente, em fluoroapatita,  $[Ca_5(PO_4)_3F]$ , muito mais duro, reduzindo assim a solubilidade da

parte mineralizada do dente, tornando-o mais resistente à ação de bactérias como a *Streptococcus mutans* (principal microrganismo responsável por iniciar a cárie) (LEE, 1999).

A cárie dentária se caracteriza pela desmineralização da porção inorgânica do dente atingindo primeiro o esmalte e propagando-se para a dentina e polpa dentária, destruindo também a porção orgânica dos dentes (GOUVEIA, 1999). Os agentes principais do estrago nos dentes são os ácidos carboxílicos, que são produzidos mediante a ação das bactérias que formam a placa dentária sobre a superfície do esmalte dentário. Estes ácidos carboxílicos são resultados da degradação da sacarose existente nos alimentos em frutose e glicose, sendo que a fermentação destas duas resulta em ácido lático que, em constante contato com a hidroxiapatita do esmalte dentário, acaba degradando-o, conforme a seguinte reação simplificada (ATKINS e JONES, 2001; MOYSÉS et al., 2002):



O fluoreto enrijece a superfície do esmalte dos dentes, reagindo com a hidroxiapatita, onde os íons  $\text{OH}^-$  são substituídos por íons  $\text{F}^-$ :



Visto que o fluoreto pode trazer benefícios ou malefícios à saúde humana, é evidente a necessidade de monitorar a água que é destinada ao consumo da população de municípios da Região Centro-Sul do Paraná. A Secretaria de Estado de Saúde (PR) e a Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO firmaram

em 2006 um convênio para avaliarem águas *in natura* e tratadas destinadas ao consumo humano, quanto aos aspectos bacteriológicos e físico-químicos, de vinte municípios pertencentes a 5ª Regional de Saúde de Guarapuava (PR). Os municípios beneficiados com o projeto foram Pinhão, Rio Bonito do Iguaçu, Prudentópolis, Pitanga, Campina do Simão, Boa Ventura de São Roque, Candói, Cantagalo, Foz do Jordão, Goioxim, Palmital, Porto Barreiro, Reserva do Iguaçu, Turvo, Virmond, Laranjal, Marquinho, Laranjeiras do Sul, Nova Laranjeiras e Guarapuava. Neste trabalho seis municípios pertencentes a 5ª Regional de Saúde foram selecionados para avaliar se as amostras de águas *in natura* e tratadas apresentavam teores de fluoreto de acordo com a faixa estabelecida pela legislação.

## Materiais e Métodos

### Amostragem

Foram coletadas 219 amostras de seis municípios pertencentes à Região Centro-Sul do Paraná. Designaram-se as

letras A,B,C,D,E e F para cada município avaliado. Das amostras analisadas, 36 foram de águas naturais provenientes da zona rural (minas e poços escavados) e 183 amostras oriundas de sistemas de abastecimento público, coletadas em vários endereços residenciais, creches e escolas no perímetro urbano. Todos os procedimentos envolvidos durante as etapas de amostragem e preparação das amostras seguiram os protocolos de técnicas limpas validados internacionalmente (U.S. EPA, METHOD 1669, 1994). As amostras

foram acondicionadas em frascos apropriados, confeccionados a partir de materiais inertes, como o polietileno, previamente descontaminados em banho de ácido nítrico 10% ( $\text{HNO}_3$ ) por 24 horas. Após a amostragem, todos os frascos foram armazenados em caixas de isopor preenchidas com gelo e foram transportados até o laboratório, sendo conservados a 4°C até o momento da realização das análises. O manuseio dos frascos e as coletas das amostras sempre foram realizadas com a utilização de luvas para evitar possíveis contaminações.

### Reagentes e soluções

Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico. A água destilada e deionizada ultrapura (HUMAN UP 900) foi usada em todos os experimentos. A solução padrão de fluoreto de concentração 2 mg/L foi preparada diariamente.

### Método analítico usado para a determinação do íon fluoreto

Para a quantificação do fluoreto existente nas amostras de água, utilizouse o método colorimétrico SPADNS-APHA-Standard methods for the examination of water and wastewater (BANDINI e MACEDO, 2003 e APHA, 1998), fazendo-se uso de um colorímetro digital para Flúor da marca DEL-LAB modelo FL, e uma solução do corante vermelho de zircônio. O método é baseado na reação do íon fluoreto com o corante vermelho de zircônio, formando um complexo aniônico incolor  $[\text{ZrF}_6]^{2-}$ .

A faixa linear de trabalho do método analítico foi de 0,02 a 2,00 mg/L, ou seja, a faixa que abrange os

limites recomendados para águas de abastecimento público estabelecida pela OMS, de 1 a 1,5 mg/L<sup>2</sup>. Além de uma boa resolução, este método tem uma leitura rápida em face de o desenvolvimento da cor ser imediato, isto é, a reação de formação do complexo é bastante favorecida.

### Tratamento estatístico dos resultados

Para a análise dos dados obtidos aplicou-se um estudo quimiométrico para a interpretação dos resultados. A análise de componentes principais (ACP) foi utilizada como ferramenta e os cálculos foram feitos no *software Estatistic*. A ACP é um método exploratório porque ajuda na elaboração de hipóteses gerais a partir dos dados coletados. Ela é capaz de separar a informação importante da redundante. Para a análise exploratória, é de fundamental importância entender que os *scores* fornecem a composição das componentes principais (CPs) em relação aos objetos (amostras), enquanto os *loadings* fornecem essa mesma composição em relação às variáveis. Como as CPs são ortogonais, é possível examinar as relações entre os objetos através dos gráficos dos *scores* projetados nas primeiras CPs, e entre as variáveis através dos gráficos dos *loadings*. Esses gráficos apresentam informações úteis sobre tendências subjacentes e características da estrutura dos dados, tais como, agrupamentos de objetos ou variáveis e caracterização dos chamados *outliers* (amostras que não se encaixam no modelo). O estudo conjunto de *scores* e *loadings* permite estimar a influência de cada variável em cada objeto.

## **Resultados e discussão**

Os resultados das análises de fluoreto das amostras de água de abastecimento estão apresentados nas tabelas 1 a 6, referentes a cada município, sendo que cada amostra foi identificada, seguindo sempre uma ordem numérica.

Além das análises quantitativas de fluoreto em amostras de água de abastecimento público de seis municípios, realizou-se também a quantificação do fluoreto em amostras de águas naturais, sendo estas amostras coletadas em fontes naturais como nascentes e poços escavados. Uma vez que estas fontes são os principais meios de suprimento de água nas comunidades rurais da região, é de fundamental importância verificar se há a presença de fluoreto natural em águas que não recebem o tratamento convencional para abastecimento das famílias nas comunidades rurais.

A tabela 7 apresenta os resultados obtidos com as amostras de águas naturais sem tratamento prévio. Apesar de a ocorrência de fluoreto natural nas águas de fontes, nascentes, rios e poços escavados do Brasil serem raras, nas águas naturais da região de estudo, constatou-se a presença deste elemento em concentrações máximas de até 0,56 mg/L. A presença de fluoreto natural se deve, principalmente, aos minerais ricos em flúor existentes nestes solos, tais minerais podem ser a Fluorita ( $\text{CaF}_2$ ), a Criolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) e a Fluoroapatita ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ ), sendo que a água no processo de lixiviação constante carrega consigo os elementos que compõem estes minerais.

Em 183 amostras de águas de abastecimento público, 45 apresentaram

teores de fluoreto abaixo do valor mínimo recomendado pela Lei 6.050 (0,8 mg/L). Ou seja, 24,5 % das amostras de água tratada, estão em desacordo com a legislação brasileira (BRASIL, 1990 e BRASIL, 1975) que determina a obrigatoriedade da fluoretação das águas de abastecimento público em níveis que promovam a prevenção da cárie dentária. Na tabela 8, estão apresentados os resultados do monitoramento das águas tratadas reunidos por faixa de concentração de fluoretos. Apenas um município obteve 100% das amostras de água dentro dos padrões ideais, com teores de fluoreto na faixa estabelecida para o estado do Paraná que é 0,8 a 1,2 mg/L. Os demais municípios apresentaram teores de fluoreto abaixo do valor mínimo estabelecido. A principal diferença que se notou entre os municípios avaliados, é que as cidades “E” e “F” apresentaram resultados aleatórios de fluoreto entre os períodos estudados, isto é, em datas não consecutivas os níveis de fluoreto foram inferiores. As cidades “C” e “D”, por sua vez, apresentaram teores de fluoreto abaixo do mínimo estabelecido durante períodos que duraram até um mês. Vale destacar que, nesses dois municípios, os níveis de fluoreto apresentaram oscilações, sendo que o município “C”, no mês de setembro, apresentou níveis de fluoreto inferiores ao valor mínimo de 0,8 mg/L, e o município “D” resultados abaixo deste mínimo no mês de agosto. Pode-se sugerir que a adição do reagente nas águas tratadas das cidades “C” e “D” não segue um padrão de fluoretação.

De todos os seis municípios monitorados, no município “A”, 100% das amostras de água tratada estão

**Tabela 1.** Resultados obtidos na determinação de fluoreto nas amostras de água do Município “A”

Amostras	Mês da coleta 2006	[F <sup>-</sup> ] mg/L	Amostras	Mês da coleta 2006	[F <sup>-</sup> ] mg/L	Amostras	Mês da coleta 2006	[F <sup>-</sup> ] mg/L
19	Julho	0,33	28*	Agosto	0,41	37*	Agosto	< LD
20	Julho	0,32	29*	Agosto	0,39	38*	Agosto	< LD
21	Julho	0,25	30**	Agosto	0,37	39*	Agosto	< LD
22	Julho	0,36	31**	Agosto	0,40	40*	Agosto	< LD
23	Julho	0,34	32**	Agosto	0,37	41*	Agosto	< LD
24	Julho	0,35	33	Agosto	0,40	42*	Agosto	< LD
25	Julho	0,31	34	Agosto	0,39	45	Setembro	0,34
26	Julho	0,26	35	Agosto	0,41	44	Setembro	0,31
27	Agosto	0,37	36	Agosto	0,50	45	Setembro	0,31
						46	Setembro	0,33

Notas: (\*) Amostras de nascentes; (\*\*) Amostras de poços escavados; LD= Limite de detecção.

Fonte: Os autores

**Tabela 2.** Resultados obtidos na determinação de fluoreto nas amostras de água do Município “B”

Amostras	Mês da coleta 2006	[F <sup>-</sup> ] mg/L	Amostras	Mês da coleta 2006	[F <sup>-</sup> ] mg/L	Amostras	Mês da coleta 2006	[F <sup>-</sup> ] mg/L
91	Julho	1,22	103	Agosto	0,94	115	Setembro	1,13
92	Julho	1,27	104	Agosto	0,87	116**	Setembro	0,42
93	Julho	1,32	105**	Agosto	< LD	117	Setembro	1,14
94	Julho	1,18	106	Setembro	1,09	118	Setembro	1,17
95	Julho	1,20	107	Setembro	1,10	119	Setembro	1,08
96	Agosto	1,04	108	Setembro	1,13	120	Setembro	1,15
97	Agosto	1,12	109	Setembro	1,12	121	Setembro	1,21
98	Agosto	1,07	110	Setembro	1,21	122	Setembro	1,32
99	Agosto	1,10	111	Setembro	1,14	123	Setembro	1,14
100	Agosto	1,05	112	Setembro	1,15	124	Setembro	1,39
101	Agosto	0,91	113	Setembro	1,16	125	Setembro	1,31
102	Agosto	1,00	114	Setembro	1,13			

Notas: (\*\*) Amostras de poços escavados; LD= Limite de detecção.

Fonte: Os autores

**Tabela 3.** Resultados obtidos na determinação de fluoreto nas amostras de água do Município “C”

Amostras	Mês da coleta/2006	[F <sup>-</sup> ] mg/L	Amostras	Mês da coleta/2006	[F <sup>-</sup> ] mg/L
1	Julho	1,22	7	Agosto	0,88
2	Julho	1,28	8	Agosto	1,13
3	Julho	1,34	9	Setembro	1,69
4	Julho	1,41	10	Setembro	0,25
5	Agosto	1,19	11	Setembro	0,25
6	Agosto	1,18	12	Setembro	0,20

Fonte: Os autores

**Tabela 4.** Resultados obtidos na determinação de fluoreto nas amostras de água do Município “D”

Amostras	Mês da coleta 2006	[F <sup>-</sup> ] mg/L	Amostras	Mês da coleta 2006	[F <sup>-</sup> ] mg/L	Amostras	Mês da coleta 2006	[F <sup>-</sup> ] mg/L
70	Julho	0,48	82**	Agosto	0,56	94**	Agosto	< LD
71	Julho	1,33	83**	Agosto	< LD	95	Setembro	1,05
72	Julho	1,23	84	Agosto	0,46	96	Setembro	1,06
73	Julho	1,22	85	Agosto	0,20	97	Setembro	0,37
74	Julho	1,10	86	Agosto	0,19	98	Setembro	1,28
75*	Agosto	0,38	87	Agosto	< LD	99	Setembro	1,16
76*	Agosto	0,37	88	Agosto	0,41	100	Setembro	0,37
77*	Agosto	0,34	89	Agosto	0,47	101	Setembro	1,17
78*	Agosto	0,39	90	Agosto	< LD	102	Setembro	1,14
79**	Agosto	0,21	91	Agosto	< LD	103	Setembro	1,12
80**	Agosto	0,17	92	Agosto	1,56	104	Setembro	1,14
81**	Agosto	< LD	93	Agosto	0,59			

Notas: (\*) Amostras de nascentes; (\*\*) Amostras de poços escavados; LD= Limite de detecção.

Fonte: Os autores

**Tabela 5.** Resultados obtidos na determinação de fluoreto nas amostras de água do Município “E”

Amostras	Mês da coleta 2006	[F <sup>-</sup> ] mg/L	Amostras	Mês da coleta 2006	[F <sup>-</sup> ] mg/L	Amostras	Mês da coleta 2006	[F <sup>-</sup> ] mg/L
120	Julho	1,22	142	Agosto	1,22	159	Agosto	1,41
121	Julho	1,22	143	Agosto	1,27	160	Setembro	1,39
122	Julho	1,29	144	Agosto	1,23	161	Setembro	1,21
123	Julho	1,28	145	Agosto	0,84	162	Setembro	1,35
124	Julho	1,44	146	Agosto	0,77	163	Setembro	1,29
125	Julho	1,06	147	Agosto	0,72	164	Setembro	1,20
126	Julho	1,02	148	Agosto	0,70	165	Setembro	1,18
127	Julho	1,07	149	Agosto	0,56	166	Setembro	1,18
128	Julho	1,04	150	Agosto	1,02	167	Setembro	1,20
129	Julho	1,05	151	Agosto	1,03	168	Setembro	1,13
130	Julho	1,38	152	Agosto	1,03	169	Setembro	1,12
131	Julho	1,52	153	Agosto	1,05	170	Setembro	1,12
132	Julho	1,77	154	Agosto	1,17	171	Setembro	1,11
133	Julho	1,60	155	Agosto	1,23	172	Setembro	1,09
134	Julho	1,49	156	Agosto	1,64	173	Setembro	1,15
140	Agosto	1,22	157	Agosto	1,15	174	Setembro	1,06
141	Agosto	1,25	158	Agosto	1,38			

Fonte: Os autores



**Tabela 6.** Resultados obtidos na determinação de fluoreto nas amostras de água do Município “F”

Amostras	Mês da coleta 2006	[F <sup>-</sup> ] mg/L	Amostras	Mês da coleta 2006	[F <sup>-</sup> ] mg/L	Amostras	Mês da coleta 2006	[F <sup>-</sup> ] mg/L
150*	Julho	0,55	170	Agosto	1,40	190	Agosto	1,58
151*	Julho	0,35	171	Agosto	1,38	191	Agosto	1,56
152*	Julho	0,21	172	Agosto	1,40	192	Agosto	1,61
153*	Julho	0,36	173**	Agosto	< LD	193	Agosto	1,41
154	Julho	1,47	174	Agosto	1,26	194	Agosto	1,42
155	Julho	1,62	175	Agosto	0,82	195	Agosto	1,33
156	Julho	1,56	176	Agosto	0,87	196	Setembro	1,30
157	Julho	1,64	177	Agosto	0,93	197	Setembro	1,32
158**	Julho	0,20	178	Agosto	0,69	198	Setembro	1,30
159**	Julho	< LD	179	Agosto	0,51	199	Setembro	1,40
160*	Julho	0,08	180	Agosto	0,65	200	Setembro	1,36
161*	Julho	0,29	181	Agosto	1,00	201	Setembro	1,29
162*	Julho	0,23	182	Agosto	< LD	210	Setembro	1,05
163*	Julho	0,27	183	Agosto	0,93	211	Setembro	1,15
164*	Julho	0,30	184	Agosto	< LD	212	Setembro	1,00
165**	Julho	0,16	185	Agosto	0,97	213	Setembro	1,04
166	Agosto	0,36	186	Agosto	1,04	214	Setembro	0,96
167	Agosto	0,36	187	Agosto	1,11	215	Setembro	0,89
168	Agosto	0,37	188	Agosto	1,65	216	Setembro	0,95
169	Agosto	0,37	189	Agosto	1,55			

Notas: (\*) Amostras de nascentes; (\*\*) Amostras de poços escavados; LD= Limite de detecção.

Fonte: Os autores

**Tabela 7.** Teores de fluoreto em águas naturais

Municípios	Quantidade de amostras analisadas	Teores mínimos e máximos de [F <sup>-</sup> ] encontrados (mg/L)
A	11	< LD a 0,41
B	2	< LD a 0,42
D	10	< LD a 0,56
F	13	< LD a 0,55
Total de amostras	36	

Nota: LD= Limite de detecção.

Fonte: Os autores

**Tabela 8.** Teores de fluoreto em amostras de águas tratadas de abastecimento público

Municípios	Nº de amostras	Nº de amostras com teores de F <sup>-</sup> <0,8mg/L, (%)	Nº de amostras com teores de F <sup>-</sup> entre 0,8 e 1,2mg/L, (%)	Nº de amostras com teores de F <sup>-</sup> >1,2mg/L, (%)
A	17	17 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
B	33	0 (0,0)	25(75,8)	8(24,2)
C	12	3 (25,0)	4 (33,3)	5 (41,7)
D	25	12 (48,0)	8 (32,0)	5 (20,0)
E	50	4 (8,0)	23 (46)	23 (46)
F	46	9 (19,6)	17 (37)	20 (43,4)
Total	183	45 (24,6)	77(42,1)	61(33,3)

Fonte: Os autores

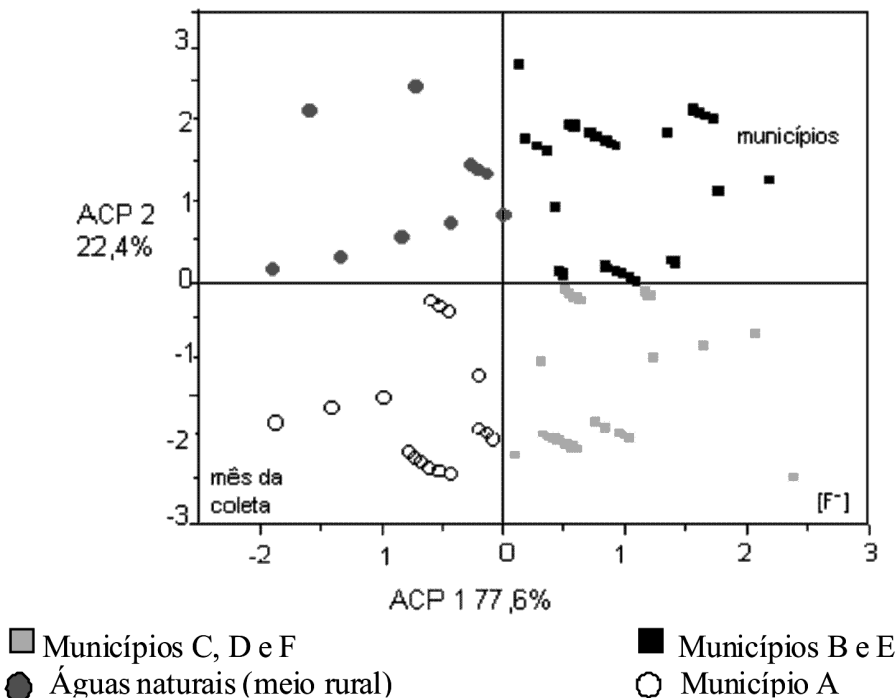
em desacordo com a legislação, por apresentarem níveis de fluoreto que variam de 0,25 a 0,50 mg/L, estando abaixo do valor mínimo estimado de 0,8 mg/L.

Para as cidades avaliadas neste estudo, considerando-se os dados obtidos no Instituto Ambiental do Paraná, a temperatura média anual é inferior a 22°C nas estações mais quentes e 12°C no inverno. Tomando-se os valores citados por Bandini; Macedo, (2003), apud Schneider Filho et al. (1992), pôde-se determinar que a concentração ótima de fluoreto na água destas cidades deveria estar entre 0,8 e 1,2 mg/L para as estações quentes e frias, respectivamente, para que se pudesse obter o máximo de efeito preventivo, sem preocupações com os riscos de fluorose dental. Pelos resultados obtidos (Tabelas 1 a 6), verificou-se que

a cidade “A” não apresentou nenhuma amostra com fluoreto acima de 1,2 mg/L; a cidade “B”, apresentou oito pontos com concentração de fluoreto acima de 1,2 mg/L; as cidades “C” e “D” apresentaram cinco pontos acima do limite de 1,2 mg/L; e as demais cidades “E” e “F”, mais de vinte amostras apresentaram teores de fluoretos acima do limite máximo estimado para as temperaturas que normalmente ocorrem na região.

Para uma avaliação crítica de todos os resultados obtidos, aplicou-se um estudo quimiométrico para a avaliação dos mesmos. A figura 1 apresenta os *Loadings* e *Scores* para todas as amostras analisadas. A análise dos componentes principais (ACP) revelou que os municípios cuja concentração de fluoreto contida nas amostras de água de

**Figura 1.** Gráfico de *loadings* e *scores* para ACP1 vs ACP2



Fonte: Os autores

abastecimento público está dentro dos padrões estabelecidos para o estado do Paraná, encontram-se no eixo positivo da componente principal (CP1). Analisando em conjunto os scores e loadings, notou-se que as duas CPs separaram as amostras em quatro grupos. Portanto, as amostras que estão nos quadrantes positivos de CP1, foram agrupadas de acordo com a concentração de fluoreto contida nas amostras dos cinco municípios cujos valores estão adequados. O município “B” apresentou o maior índice de amostras dentro dos padrões estabelecidos pelo estado do Paraná, i.e., 75,8 % de adequação entre as amostras analisadas. As amostras agrupadas no eixo negativo de X (águas de fontes naturais e amostras do município “A”) apresentaram teores abaixo do valor mínimo recomendado pela legislação brasileira (0,8 mg/L). As amostras de águas naturais formaram o grupo do quadrante positivo de CP2 e negativo de CP1, e as amostras do município “A” formaram o quadrante negativo de CP2 e CP1. O município “A” apresentou resultados insatisfatórios em todas as amostras avaliadas, pois os teores obtidos sempre estiveram abaixo do valor mínimo estabelecido para a prevenção da cárie dentária.

## Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20<sup>th</sup> Ed., USA, APHA, p. 4-82, 1998. (method 1500 F<sup>-</sup>)

ATKINS, P. W.; JONES, L. L. *Princípios de Química questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 1. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. p.709.

BANDINI, T. B.; MACEDO, J. B. Utilização do método colorimétrico SPADNS para análise de fluoreto em águas de abastecimento em Juiz de Fora (MG). *Revista Analytica*. Juiz de Fora, n. 4, p. 59-64, maio, 2003.

## Conclusão

Os resultados encontrados demonstraram uma descontinuidade no processo de fluoretação nas águas de abastecimento público de alguns municípios. Portanto, em alguns casos os resultados apresentaram oscilações entre níveis adequados e níveis inferiores à média estabelecida pela legislação. Constatou-se a presença de fluoreto natural, em concentrações máximas de até 0,56 mg/L, nas amostras de águas do meio rural.

O monitoramento da qualidade da água que é destinada ao abastecimento público deve ser realizado continuamente, pois é comum que a água seja fornecida à população com teores de fluoreto abaixo dos valores mínimos estabelecidos. Para que a fluoretação tenha o máximo efeito preventivo contra a cárie dentária, a adição de fluoreto às águas de abastecimento público, deve ser contínua, a fim de manter um padrão constante nos níveis de fluoreto das águas que são destinadas ao consumo da população. A importância do controle sistemático deste parâmetro proporciona uma medida de prevenção na saúde pública.

BATALHA, B. H. L.; PARLATORE, A. C. *Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais*. São Paulo: CETESB, 1993. 198p.

BRASIL. Portaria Federal nº 36/GM do Ministério da Saúde de 19 de janeiro de 1990. Aprova normas e padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano, a serem observados em todo território nacional. *Diário Oficial da União*, Brasília, 23 de janeiro de 1990.

BRASIL. Lei nº 6050 de 24 de março de 1974, regulamentada pelo Decreto Federal nº 76872 de 22 de dezembro de 1975 e pela Portaria Ministerial da Saúde 635 Bsb, *Diário Oficial da União*, de 26 de dezembro de 1975.

COMMITTEE ON FLUORIDE IN DRINKING WATER. A Scientific Review of EPA's Standards. Washington: *National Research Council*. Cap. 11, 2006. p. 340-353.

FREITAS, V. P. S. Padrão físico-químico da água de abastecimento público da região de Campinas. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, Campinas, v. 61, n.1, p. 51-58, Out./Nov. 2002.

GOUVEIA, E. L. C. *Nutrição saúde e comunidade*. 2. Ed. Rio de Janeiro: Revinter, 1999. p 247.

KULCHESKI, E. Desenvolvimento de tecnologias aplicadas à qualidade da água. *Revista Técnica da Sanepar - Senare*, Curitiba, n. 13, v.13, jan./jun. 2000.

LEE, J. D. *Química inorgânica não tão concisa*. 4. Ed. São Paulo: Edgard Blüncher, 1999. p. 251.

MENEZES, L. M. B.; SOUZA, M. L. R.; RODRIGUES, L. K. A.; CURY, J. A. Auto percepção da fluorose pela exposição a flúor pela água de dentifício. *Revista Saúde Pública*, São Paulo, v. 36, n. 6, p. 752-754, 2002.

MOYSÉS, S. J.; MOYSÉS, S. T.; ALLEGRETTI, A. C. V.; ARGENTA, M.; WERNECK, R. Fluorose dental: ficção epidemiológica? *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health.*, v.12, n.5, 2002.

NUNES, T. V. F. C. Aspectos da fluoretação das águas e a fluorose. *Revista Odontologia Clínica-Científica*, Recife, n. 3, v. 2, p. 97-101, Maio/Ago. 2004.

SCHNEIDER FILHO, D. A.; PRADO, I. T.; NARVAI, P. C.; BARBOSA, S. E. Fluoretação da água. Como fazer a vigilância sanitária? *Cadernos de Saúde Bucal*, Rio de Janeiro, Rede Cedros, n.1, p. 1-23, 1992.

SUBCOMMITTEE ON HEALTH EFFECTS OF INGESTED FLUORIDE. Health effects of ingested fluoride. Washington: *National Research Council*, 1993. 206 p.

U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. Method 1669: *Sampling ambient water for determination of trace metals at EPA water quality criteria level [Draft]*. Off. Sc. and Technol. Eng. And Analysis Division. Washington, DC. 1994.

MORAES, J. E. et al.

WARNAKULASURIYA, K. A.; BALASURIYA, S.; PERERA, P. A. Determining optimal levels of fluoride in drinking-water for hot, dry climates: a case study in Sri Lanka. *Community Dent Oral Epidemiol*, Denmark, v. 20, p. 364-367, 1992.