



Número: 392/2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS
ÁREA DE GEOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

SÉRGIO HIDEKI KOMATI

FLÚOR EM ÁGUA E PREVALÊNCIA DE FLUOROSE NO ESTADO DE SÃO PAULO

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências como parte
dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geociências.

Orientador: Prof. Dr. Bernardino Ribeiro Figueiredo

CAMPINAS - SÃO PAULO

Agosto – 2008

**Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca
do Instituto de Geociências/UNICAMP**

Komati, Sergio Hideki.
K835f Flúor em água e prevalência de fluorose no Estado de São Paulo /
Sergio Hideki Komati -- Campinas, SP.: [s.n.], 2008.

Orientador: Bernardino Ribeiro de Figueiredo.
Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Instituto
de Geociências.

1. Flúor. 2. Fluorose dentária. 3. Água fluoretação – Amparo
(SP). 4. Águas subterrâneas – Contaminação – São Paulo. I.
Figueiredo, Bernardino Ribeiro. II. Universidade Estadual de
Campinas, Instituto de Geociências. II. Título.

Título em inglês: Fluorine in water and fluorosis prevalence in State of São Paulo, Southern Brasil.

Keywords: - Fluorine;

- Dental Fluorosis;
- Water – Fluoridation – Amparo (SP);
- Groundwater – Contamination – São Paulo.

Área de concentração: Geologia e Recursos Naturais.

Titulação: Mestre em Geociências

Banca examinadora: - Bernardino Ribeiro Figueiredo;

- José Paulo Peccinini Pinese;

- Wanilson Luiz Silva.

Data da defesa: 15/08/2008

Programa: Pós-graduação em Geociências.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS
ÁREA DE GEOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

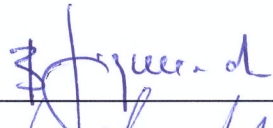
AUTOR: SÉRGIO HIDEKI KOMATI

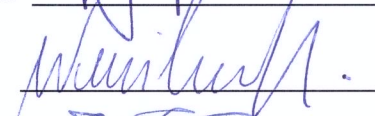
FLÚOR EM ÁGUA E PREVALÊNCIA DE FLUOROSE NO ESTADO
DE SÃO PAULO

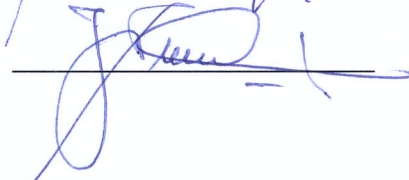
ORIENTADOR: Prof. Dr. Bernardino Ribeiro de Figueiredo

Aprovada em ____/____/____

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Bernardino Ribeiro de Figueiredo  - Presidente

Prof. Dr. Wanilson Luiz Silva 

Prof. Dr. José Paulo Peccinini Pinese 

Campinas, 15 de agosto de 2008

EPÍGRAFE

**“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”
Cora Coralina.**

DEDICATÓRIA

**Aos meus pais, Kasuo e Masako
E aos meus irmãos Marisa, Roberto, Lúcia, Edna, Sandra e Cristina**

AGRADECIMENTOS

- Expresso meus sinceros agradecimentos ao Professor Dr. Bernardino Ribeiro Figueiredo pela amizade, confiança, orientação, pelo sempre pronto apoio, incentivo, eterna disposição e afetuosa preocupação durante todo este tempo, que não se restringiram à área acadêmica.
- A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.
- Ao pessoal do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Amparo pela atenção e apoio dispensados durante o trabalho de campo. Em especial aos Srs. Nenê, Emílio e Eugênio.
- Aos estimados e queridos Sr. Job, Sra. Regina, Marília, Jobinho e Márcio Batista pelo incentivo, apoio, confiança e carinho.
- Ao amigo Alexandre Pavia Junior pela amizade e apoio nos trabalhos de campo.
- Aos professores Sueli Yoshinaga Pereira e Wanilson Luiz Silva pela amizade, revisão, críticas e sugestões necessárias à boa condução do trabalho.
- A Aparecida Vendemiatto e Lúcia dos Santos Carvalho pela preciosa ajuda, confiança e pronta disposição nas tarefas de laboratório.
- Às queridas secretárias da Pós-graduação, Valdirene e Ednalva, pelo constante apoio, paciência e amizade.
- Aos queridos amigos Veridiana, Cíntia, Winston, Sandra, Fanny, Janaína, Ludimila, Carol Stolfi, Tehra, Patrícia, Cláudia, Leandro, Joseane, Marina, Ivie, Nancy, Aloísio, Oderson e Jane, Bienvenido, Lobinho, Érico, Rolando e Juliano pelos preciosos momentos de descontração e pelo apoio e colaborações na condução deste trabalho.

SUMÁRIO

EPÍGRAFE.....	v
DEDICATÓRIA.....	vii
AGRADECIMENTOS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE TABELAS.....	xiii
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvii

INTRODUÇÃO.....	1
Geoquímica do Flúor.....	3
Ocorrência do flúor em rochas, minerais e solo.....	3
Flúor em águas.....	5
Regulamentações.....	6
Flúor e Saúde Humana.....	7
Dinâmica do flúor no controle da cárie.....	8
Toxicidade do flúor.....	9
Referências.....	11
PARTE 1 – Flúor em água e prevalência de fluorose no Estado de São Paulo.....	15
Resumo.....	15
Introdução.....	16
Materiais e Métodos.....	21
Resultados.....	21
Discussão e Conclusões.....	29
Referências.....	31
PARTE 2 – Flúor em águas e prevalência de fluorose em Amparo, SP.....	37
Resumo.....	37
Abstract.....	38
Introdução.....	38
Caracterização da área de estudo.....	41
Materiais e Métodos.....	49
Resultados.....	52
Discussão e Conclusões.....	59
Referências.....	61
ANEXOS.....	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Países com excesso de flúor em água e fluorose endêmica.....	16
Figura 2 Municípios com casos de fluorose dentária moderada e severa, poços com teores elevados de fluoreto, e pólos cerâmicos no Estado de São Paulo.....	28
Figura 3 Localização da área de estudo.....	42
Figura 4 Mapa geológico da região de Amparo.....	44
Figura 5 Gnaisse da área de estudo.....	45
Figura 6 Fontes São Benedito, Nossa Senhora do Amparo e Clube Floresta.....	48
Figura 7 Localização dos pontos de coleta.....	50
Figura 3.2 Composição das amostras de água segundo o diagrama de Piper.....	53
Figura A2-1 Gráfico de concentração de flúor em água superficial.....	75
Figura A2-2 Gráfico concentração de flúor em água subterrânea.....	75
Figura A2-3 Gráfico de concentração de flúor em água tratada com indicação do intervalo de concentração ótima para o Estado de São Paulo.....	76
Figura A2-4 Gráfico concentração de flúor em água de fontes e engarrafada.....	76
Figura A2-5 Cromatógrafo de íons.....	77
Figura A2-6 Rio Camanducaia, Captação Juca Bento, Captação três Pontes e Captação Córrego do Mosquito.....	77
Figura A2-7 Poços.....	78
Figura A2-8 Mata de Capoeira, Nascente protegida por piso cimentado, Tubulação condutora da nascente ao reservatório e fonte Nossa Senhora do Amparo.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Ocorrência de flúor em diferentes minerais, Allmann e Koritning (1972).....	4
Tabela 2 Índice de Dean.....	11
Tabela 3 Distribuição da fluorose no Brasil (maio de 2002 a outubro de 2003).....	22
Tabela 4 Tratamento de água nas macro regiões do Brasil, ano de 2000.....	22
Tabela 5 Percentual segundo grau de fluorose dental em municípios do Estado de São Paulo (maio de 2002 a outubro de 2003).....	23
Tabela 6 Percentual de escolares aos 12 anos de idade, segundo o município e os graus de fluorose. Estado de São Paulo, 2002.....	24
Tabela 7 Temperatura do ar e índice pluviométrico de Amparo-SP.....	47
Tabela 8 Variação das concentrações de flúor em água (mg L^{-1}). O limite de detecção é de $0,01 \text{ mg L}^{-1}$	54
Tabela 9 Composição percentual de fluorose dental aos 12 anos no município de Amparo, SP.....	58
Tabela A1-1 Parâmetros físico-químicos e composição química das amostras de água tratada.....	68
Tabela A1-2 Parâmetros físico-químicos e composição química das amostras de rios.....	69
Tabela A1-3 Parâmetros físico-químicos e composição química das amostras de água subterrânea.....	70
Tabela A1-4 Parâmetros físico-químicos e composição química das amostras de água das fontes e engarrafada.....	71
Tabela A1-5 Matriz de correlação água superficial.....	72
Tabela A1-6 Matriz de correlação para água subterrânea.....	73
Tabela A1-7 Matriz de correlação para águas de fontes e engarrafada.....	74



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Pós-Graduação em Geociências

Flúor em água e prevalência de fluorose no Estado de São Paulo

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Sergio Hideki Komati

O conteúdo do presente trabalho encontra-se distribuído em dois capítulos na forma de artigos científicos constituindo duas partes distintas. Na primeira parte constam os resultados obtidos em levantamento da informação disponível sobre fluorose dentária e ocorrência de flúor em água subterrânea no Estado de São Paulo. Consistiu de um estudo descritivo simples, com fontes de dados documentais e resultantes de busca nos portais da Biblioteca Virtual de Saúde-BIREME, banco de teses e portal de periódicos da CAPES e Google, utilizando-se como descritores: flúor, fluorose, água subterrânea e São Paulo, os quais foram cruzados para obtenção de resultados. Utilizou-se também dados do Ministério da Saúde-Brasil, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), Agência Nacional das Águas (ANA) e do Departamento de Água e Esgoto do Estado de São Paulo (DAEE). Foram identificados os municípios onde se localizam poços com teores elevados de fluoreto bem como os municípios onde foram relatados casos de fluorose dentária moderada e severa como, por exemplo, Amparo, Bebedouro, Campinas, Itapirapuã Paulista, entre outros. As ocorrências de poços com excesso de fluoreto, com concentrações capazes de acarretar fluorose dentária e óssea, e municípios que apresentaram casos de fluorose dental moderada e severa, distribuem-se por todo território paulista sobre seus principais aquíferos. Em geral, observou-se que os municípios que não utilizam fluoretação da água de abastecimento não apresentam casos de fluorose, com exceção de Itapirapuã Paulista, localizado em região próxima a ocorrências e jazidas de fluorita. A segunda parte deste estudo consistiu de uma avaliação da qualidade das águas com respeito ao flúor que serviu de base para discutir as informações sobre a prevalência de fluorose em Amparo (SP). Realizaram-se três campanhas para coleta de águas superficiais, subterrâneas e tratada, e duas de fontes naturais e água engarrafada. Em cada ponto foram tomados os parâmetros físico-químicos *in situ* e coletadas alíquotas de água filtrada para análise em cromatógrafo de íons. Constatou-se que as águas superficiais apresentaram concentrações de flúor variando entre 0,09 e 0,14 mg L⁻¹. A água tratada apresentou, em 29,4% das amostras, concentração de flúor dentro do intervalo considerado ótimo para o Estado de São Paulo (0,6 a 0,8 mg L⁻¹), variando entre 0,48 e 1,4 mg L⁻¹. Os poços, fontes naturais e água engarrafada apresentaram baixas concentrações de fluoreto em 100% das amostras, no intervalo de <0,01 a 0,58 mg L⁻¹. As informações disponíveis sobre a prevalência de fluorose dental em Amparo revelam que em escolares de 12 anos de idade obteve-se em 2002 um índice de 7,4% evoluindo em 2004 para 34% principalmente dos graus muito leve e leve. Verificou-se, não obstante, que parte da população do município de Amparo está sujeita ao consumo de água subfluoretada (poços, fontes e água engarrafada) e parte está ocasionalmente exposta ao consumo de água com excesso de flúor (água tratada). Embora a prevalência de fluorose tenha aumentado em Amparo nos últimos anos, constata-se também que parte da população está sem o efeito protetor da fluoretação contra a cárie dentária ensejando monitoramento periódico da qualidade das águas e um maior controle por parte da vigilância sanitária.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Pós-Graduação em Geociências

Fluorine in water and fluorosis prevalence in State of São Paulo, Southern Brazil

ABSTRACT

MASTER SCIENCE DISSERTATION

Sergio Hideki Komati

This work presents two parts in the form of scientific articles. In the first part are the results obtained from the available information on dental fluorosis and on the occurrence of fluorine in groundwater in the State of São Paulo, Brazil. This part consisted of a simple descriptive study using documentary data such as technical reports and data bases available at the Virtual Library of Health-BIREME, theses and journals at CAPES web site and Google, using descriptors such as fluorine, fluorosis, groundwater and São Paulo. In addition, some information from the Ministry of Health-Brazil, the Technology Environmental Sanitation Company (CETESB), National Water Agency (ANA) and the Department of Water and Sewerage of the State of São Paulo (DAEE) were used. Based on the collected information two groups of municipalities were identified: (i) municipalities where groundwater was found to contain high levels of fluoride e.g. Amparo, Araçatuba, Campinas, Sorocaba among others and, (ii) municipalities where moderate and severe fluorosis were indicated e.g. Amparo, Bebedouro, Campinas, Itapirapuã Paulista among others. Examples of wells with excess of fluoride in water, which can lead to dental and skeletal fluorosis and, municipalities with cases of moderate and severe dental fluorosis, are spread throughout São Paulo State on its major aquifers. In general, it was observed that municipalities where fluoride addition to drink water is not used cases of dental fluorosis are not found, except for Itapirapuã Paulista that is located near the region hosting occurrences and ore deposits of fluorite. The second part of this study consisted of water quality assessment with respect to fluoride in the Amparo Municipality, Brazil, aimed to highlight and to discuss the information on the prevalence of fluorosis in that area. Three sampling campaigns for collection of surface water, groundwater and treated water, and two campaigns for collection of natural springs and bottled water were carried out. At each point the physical and chemical water quality parameters were measured in the field and, aliquots of filtered water for chemical analysis in ionic chromatography were collected. It was found that fluoride concentrations in surface water ranged from 0.09 and to 0.14 mg L⁻¹. About 29 % of the samples of treated water showed fluoride concentrations in the range considered optimal for the state of São Paulo (0.6 to 0.8 mg L⁻¹), between 0.48 and 1.4 mg L⁻¹. Groundwater, spring water and bottled water showed low concentrations of fluoride in 100% of the samples ranging from <0.01 to 0.58 mg L⁻¹. The available information on the prevalence of dental fluorosis in Amparo shows that among 12 years old schoolchildren dental fluorosis increased from 7.4 % in 2002 to 34 % in 2004 mainly in the very light and mild levels. The present study, however, indicates that part of the population of the Amparo municipality is subject to consumption of low fluoride water from wells, fountains and bottled water and, part of population is occasionally exposed to consumption of water with excess of fluoride (treated water). Although the prevalence of fluorosis in Amparo has increased in recent years, it was also noted that part of the population remains without the fluoride protection effect against dental caries which leads to the conclusion that regular monitoring of water quality and an active sanitary surveillance are necessary.

INTRODUÇÃO

Este trabalho foi realizado no formato alternativo, conforme Informação da Comissão Central de Pós-graduação (CCPG) da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP Nº 001/2008 e aprovação da Comissão de Pós-graduação do Instituto de Geociências - UNICAMP. Consiste de uma introdução geral e duas partes distintas, na forma de artigos científicos, com os seguintes objetivos.

Parte 1 – Averiguar dados sobre fluorose dentária e ocorrência de flúor em água subterrânea no Estado de São Paulo a partir da análise da documentação existente.

Parte 2 – Avaliar a concentração de flúor em água e prevalência de fluorose no município de Amparo, SP, aqui escolhido como estudo de caso.

O flúor é um elemento que ocorre naturalmente em quase todas as águas desde concentrações traços até níveis muito elevados, como em lagos do leste da África que chegam a apresentar 2800 mg L^{-1} (Ampabire *et al.* 1997). O principal meio de exposição ao flúor é a água. Desde a década de 1940 o flúor vem sendo utilizado na redução das lesões cariosas (Thylstrup & Fejerskov 2001). Em água utilizada para abastecimento público a fluoretação é um método reconhecido na prevenção da cárie dentária, quando utilizada na concentração ideal para cada região, segundo a temperatura média local. Entretanto, é um fator de risco para fluorose dentária, quando a concentração de flúor excede os níveis recomendados (Ramires *et al.* 2004). Quando a concentração é mais elevada pode ocorrer fluorose mais grave que afetam as estruturas ósseas (fluorose óssea). O flúor não é considerado um elemento essencial à saúde humana; contudo pelo seu uso na prevenção à cárie dentária recebeu a designação de “elemento benéfico” (Smith & Huych 1999).

No Brasil vários estudos abordam a presença de flúor em água subterrânea (Diniz & Velásquez 2006, Panagoulas & Silva Filho 2006). Alguns têm estudado a relação entre as ocorrências de flúor em água subterrânea e casos de fluorose dentária (Velásquez *et al.* 2006, Toassi & Abegg 2005, Pinese *et al.* 2002 e Licht *et al.* 1996).

Cangussu *et al.* (2002), por meio de revisão da literatura, observaram que, mesmo com alta prevalência, a proporção de indivíduos que apresentam formas de fluorose dentária moderada

e severa ainda é pequena, e só aumenta significativamente nos locais onde a fluorose é endêmica devido à alta concentração de fluoreto nas fontes naturais de água.

O primeiro país a fazer uso da fluoretação da água para abastecimento público foi os EUA, em 1945. Posteriormente a fluoretação da água foi adotada pela Suécia e Alemanha em 1952. No Brasil a cidade de Baixo Guandu-ES, em 1953, foi a primeira a fluoretar a água de abastecimento. Contudo, somente na década de 70 é que a fluoretação teve acentuado progresso, tanto nos programas nacionais e estaduais como no apoio da legislação e de normas específicas, como a Lei Federal nº. 6.050 (24.05.74), regulamentada pelo Decreto nº. 76.872 (22.12.75) que determinou os parâmetros para fluoretação das águas de abastecimento.

No Brasil, 15,6% dos domicílios utilizam exclusivamente água subterrânea, 77,8% usam rede de abastecimento público de água e 6,6% usam outras formas de abastecimento (IBGE 2002). Entre os usuários de rede pública, uma parte significativa utiliza água subterrânea, alguns como complemento dos mananciais superficiais (ANA 2007).

Segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental-CETESB (2003), 72% dos municípios do Estado de São Paulo são abastecidos total ou parcialmente por água subterrânea e isto se deve ao fato de que as interferências no ciclo de renovação, principalmente das águas superficiais, como extração excessiva, uso inadequado, lançamento de efluentes domésticos e industriais nos corpos de água, ausência de controle de erosão e ausência de matas ciliares, têm diminuído a quantidade e a qualidade da água superficial disponível para consumo.

O Brasil ainda apresenta uma deficiência séria no conhecimento do potencial hídrico de seus aquíferos, seu grau de exploração e a qualidade das suas águas e os estudos regionais são poucos e encontram-se defasados (ANA 2007).

Para prevenir e controlar a poluição e contaminação das águas subterrâneas no Estado de São Paulo iniciou-se em julho de 1990 um trabalho de monitoramento que ficou a cargo da CETESB, em atendimento à Lei Estadual nº 6.134, de 02 de junho de 1988, regulamentada em 07 de fevereiro de 1991 pelo Decreto 32.955. Atualmente, o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas é realizado por meio de coletas semestrais em 184 pontos de amostragens selecionados de forma a abranger os principais aquíferos do Estado.

No relatório Qualidade das Águas Subterrâneas triênio 2001-2003 (CETESB 2003),

foram indicadas alterações para fluoreto em poços das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 5 e 10, situados sobre os Aquíferos Cristalino e Tubarão, e que podem estar ocorrendo como resultado de ação antrópica, por exemplo, indústrias cerâmicas e de processamento de alumínio, onde a via de transporte do flúor é principalmente a atmosférica. Um poço de monitoramento localizado no município de Amparo-SP foi o que apresentou maiores concentrações de fluoreto (9,10 a 16,10 mg L⁻¹ F).

O último relatório, correspondente ao triênio 2004-2006 (CETESB 2006), apresentou altas concentrações de flúor em água nos mesmos poços, com valores que excedem os padrões estabelecidos para o Estado, sendo que o de Amparo-SP apresentou valores que variaram entre 8 e 12 mg L⁻¹ F⁻. Recomenda, portanto, que as hipóteses sobre a origem do fluoreto devem ser investigadas com maior detalhe e a realização de monitoramento da qualidade da água consumida ou destinada à irrigação, pelas concessionárias e os usuários de água subterrânea dessas regiões, assim como parcerias com universidades locais para a realização de pesquisa sobre a origem do flúor nestes aquíferos.

Geoquímica do flúor

Pertencente ao grupo dos halogênios, o flúor é o elemento mais eletronegativo da tabela periódica. O flúor possui energia de dissociação muito baixa e alta afinidade eletrônica o que o torna um elemento muito reativo. Normalmente, na natureza é encontrado como ânion único carregado negativamente, mas, ocasionalmente, como componente de formas complexas com Al, Be, Fe³⁺, P, B ou Si, nas quais estão presentes ligações covalentes.

Em condições normais de temperatura e pressão, em seu estado molecular, apresenta-se como um gás amarelo pálido. Combina-se com hidrogênio formando fluoreto de hidrogênio, gás incolor, o qual se dissolve em água formando ácido fluorídrico.

Ocorrência do flúor em rochas, minerais e solos

A abundância crustal do flúor é de aproximadamente 500 mg kg⁻¹ (Smith e Huych 1999), e relaciona-se comumente a processos ígneos como atividade vulcânica, fluidos geotermiais, rochas graníticas, carbonatitos e calcários.

O flúor é encontrado nos constituintes de rochas silicáticas, onde o fluorfosfato apatita,

$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$, é um dos minerais mais ricos em flúor. É componente essencial em minerais formadores de rochas como fluorita (CaF_2) e topázio ($\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{OH},\text{F})_2$). Segundo Bell (1998), a fluorita é o mineral mais comum que contém flúor. O flúor pode ser fixado em alguns hidroxissilicatos e hidroxí-aluminossilicatos complexos, nos quais os íons hidroxilas (OH^-) podem ser substituídos extensivamente por F^- , como é o caso dos anfibólios e minerais do grupo das micas (biotita e moscovita) (Goldschmidt 1970). A tabela 1 mostra conteúdos de F em alguns minerais formadores de rochas.

Tabela 1. Ocorrência de flúor em diferentes minerais, Allmann & Koritning (1972).

Mineral	Rocha	F (% peso)	Mineral	Rocha	F (% peso)
Hornblenda	Ígnea	0,01 – 0,53	Zinnwaldita	Ígnea	1,43 – 8,32
Apatita	Granodiorito	2,49 – 3,31	Olivina	Ígnea	0,05
Apatita	Pegmatito	2,37 – 3,36	Augita	Ígnea	0,01 – 0,1
Apatita	Gabros	1,46 – 1,86	Actinolita	Metamórfica	0,17 – 0,31
Plagioclásio	Ígnea	0,069 – 0,089	Hornblenda	Metamórfica	0,52
Microclínio	Ígnea	0,03	Clorita	Metamórfica	0,06
Biotita	Sienito	0,08 – 1,04	Biotita	Metamórfica	1,22 – 3,99
Biotita	Granito	0,08 – 0,415	Flogopita	Metamórfica	0,05 – 6,74
Biotita	Granito leucocrático	0,40 – 3,05	Muscovita	Metamórfica	0,05
Biotita	Pegmatito	0,22 – 3,05	Epidota	Metamórfica	0,02
Moscovita	Granito	0,02 – 0,77	Apatita	Carbonática	0,2 – 5,6
Moscovita	Pegmatito	0,22 – 1,95	Muscovita	Arenito	0,45
Titanita	Granito	0,28 – 1,36	Caulinita	Sedimentar	0,026 – 0,15
Topázio	Ígnea	13,01 – 20,43	Vermiculita	Sedimentar	0,05
Turmalina	Ígnea	0,07 – 1,27	Aragonita	Sedimentar	0,067 – 0,164

O grupo das apatitas desempenha um importante papel na determinação do nível de toxicidade das águas devido à dissolução de elementos adicionais, tais como arsênio, chumbo e o flúor (Hurtado *et al.* 2000).

A maior parte do flúor em solos deriva da rocha de origem, porém a atividade vulcânica, industrial e aplicação de fertilizantes fosfatados têm uma contribuição local para o incremento da sua concentração. É sabido que atividades humanas contribuem para o acréscimo de flúor no ambiente. Como exemplos de atividades industriais podem ser citadas a siderurgia, fundições de minérios, fabricação de alumínio, produção de fertilizantes, louças e esmaltados, termoeletricas a carvão, entre outras. Em relação à presença de flúor no solo a aplicação de fertilizantes fosfatados

contribui para o seu incremento local (Bell 1998).

Como exemplo de origem antrópica pode-se citar o trabalho de Mirlean (2002) no qual a concentração de flúor foi determinada em água da chuva, água subterrânea e solo na área de uma indústria de fertilizantes na cidade de Rio Grande-RS. Na água da chuva foi encontrado valores de até $4,4 \text{ mg L}^{-1}$. O estudo da distribuição de flúor extraível por HCl 0,01% da camada superficial do solo demonstrou a distribuição de flúor na zona de influência das emissões industriais, coincidindo com a simulação numérica de dispersão de flúor no ar. A lixiviação do fluoreto pelas chuvas provoca o aumento da sua concentração na água subterrânea e, de modo geral, a sua concentração está relacionada com a distância das fontes de poluição.

Flúor em águas

A composição da água subterrânea é influenciada pelo material geológico na qual se insere. As características químicas das águas subterrâneas dependem, inicialmente, da composição das águas de recarga e, em seguida, de sua evolução química, influenciada diretamente pelas litologias atravessadas. Admite-se, em geral, que o teor de substâncias dissolvidas nas águas subterrâneas cresce à medida que aumenta o seu percurso no aquífero e o seu tempo de residência.

O flúor é um elemento que ocorre naturalmente nas águas geralmente em pequenas quantidades, originando-se do intemperismo dos minerais dos quais ele é um dos elementos. A principal forma de ocorrência do flúor em água é F livre, dissolvido, porém em baixo pH a espécie HF pode ser estabilizada (Bell 1998). Os fatores que controlam a concentração de flúor nas águas naturais são: temperatura, pH, presença ou ausência de íons colóides complexantes, solubilidade dos minerais que contém flúor, tamanho e tipo de formações percoladas pelas águas, e o tempo de contato das águas com uma formação em particular (Ampabire *et al.* 1997)

Saxena & Ahmed (2001) realizaram estudos sobre interação rocha-água e a dissolução de flúor na água subterrânea, em poço localizado na vila Patabellam no distrito Krishna de Andhra Pradesh-Índia, zona conhecida por sua água subterrânea rica em flúor. A geologia da região é representada por granito e gnaiss coberto com solo negro argiloso. A análise química da água demonstrou $5,5 \text{ mg L}^{-1}$ de flúor e 350 mg L^{-1} de bicarbonato, com condutividade específica de $1.540 \text{ }\mu\text{S/cm}$ (a $28 \text{ }^{\circ}\text{C}$) e pH 7,8. Esta água foi classificada como Na-Ca-HCO₃-Cl. Em relação à análise química da rocha foi encontrado 0,92% de CaF₂. Esses autores concluíram que espécies

iônicas aquosas e suas concentrações, bem como a interação da água com minerais enriquecidos em flúor e o tempo de residência são importantes fatores no processo de dissolução do fluoreto. Condições alcalinas (entre 7,6 e 8,6) e moderada condutividade (variando entre 750 e 1750 $\mu\text{S}/\text{cm}$) foram indicadas como favoráveis para dissolução do flúor em água. Resultados de estudos laboratoriais sobre interação água-rocha em condições normais de temperatura, pressão e diferentes condições químicas indicam que condutividade específica, pH, Ca e HCO_3 são importantes parâmetros químicos para a dissolução do flúor dos minerais enriquecidos em flúor na água subterrânea. Contudo estes autores não encontraram correlação significativa entre flúor e CaCO_3 .

Gupta *et al.* (2005) desenvolveram estudo sobre a origem de altas concentrações de flúor em um sistema regional de aquíferos de baixa pressão hídrica na região norte de Gujarat-Cambay-Índia, região árida com presença de rochas graníticas, pegmatitos, anfíbolitos e minerais contendo flúor. Constataram, após análise de amostras de diferentes profundidades até 450 metros em aquíferos que atingem uma formação quaternária, o qual cobre a maior parte da área de estudo, que não foi encontrada relação entre a concentração de flúor e a profundidade das amostras de água subterrânea. Contudo, foram identificadas dentro da bacia Cambay algumas zonas onde a água subterrânea continha concentrações relativamente altas de flúor.

No geral, os níveis com elevada concentração de flúor estavam sobrepostos a áreas de alta condutividade elétrica (CE). Na parte ocidental da bacia de Cambay, as altas concentrações de flúor e altas CE em aquíferos rasos originam-se do enriquecimento por evaporação; na parte oriental da bacia, observaram-se alguns corpos com altas concentrações de flúor atribuídas, possivelmente, à dissolução dos minerais com alto conteúdo de flúor e também aos mananciais termais. Dentro da bacia existem faixas alternantes com alto e baixo conteúdo de flúor, atribuídos à recarga da água subterrânea durante as fases climáticas passadas, úmidas e secas, respectivamente.

Regulamentações

Para se estabelecer o teor de flúor em água potável deve-se levar em consideração a temperatura da região, pois esta afeta o volume consumido pelo indivíduo, além das outras fontes de ingestão (WHO 1996). Segundo a Organização Mundial da Saúde, para países de clima temperado, o teor máximo de flúor recomendado para água potável é de $1,5 \text{ mg L}^{-1}$.

No Brasil, a Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece para água doce classes 1, 2 e 3, o máximo de $1,4 \text{ mg L}^{-1}$ F. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária estabelece através da Portaria Nº 518, o valor máximo de $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ F em água potável (ANVISA 2004).

Em São Paulo a Resolução SS - 250/95 estabelece, levando em conta as temperaturas do Estado, uma concentração ideal de íon fluoreto na água destinada ao consumo humano de $0,7 \text{ mg L}^{-1}$, estando dentro do padrão de potabilidade, as águas que estiverem na faixa de $0,6 - 0,8 \text{ mg L}^{-1}$ F. A Resolução SS-293/96 estabelece critérios de classificação da qualidade da água distribuída pelos sistemas de abastecimento público, e considera água adequada para consumo humano aquela que apresenta teor de flúor entre $0,6 - 0,8 \text{ mg L}^{-1}$.

Flúor e Saúde Humana

As vias de absorção do flúor são principalmente o trato gastrointestinal e vias respiratórias. O flúor na sua forma iônica, devido a sua carga elétrica, não consegue atravessar a membrana celular da parede do trato gastrointestinal. Na trajetória para o intestino o flúor reage formando HF, devido a ausência de carga esta molécula é absorvida facilmente através da parede do estômago e do intestino delgado, passagem que se dá de forma passiva, atingindo assim a corrente sangüínea. Demonstrou-se também que em condições de acidez estomacal a absorção é mais rápida e os efeitos tóxicos também se manifestam prontamente (Silva 2003).

O metabolismo do flúor na forma iônica inicia-se na cavidade bucal. De imediato, uma parte reage quimicamente com as estruturas dentais e pequena quantidade é absorvida diretamente pela corrente sangüínea através da mucosa bucal. Durante o trajeto no trato gastrointestinal, já na forma de HF, outra porção atravessa as membranas celulares e alcança a corrente sanguínea, de onde se acumula nos ossos. O restante é excretado, principalmente pela urina, pelas fezes e pelo suor (Whitford 1990).

Segundo Silva (2003), através da inalação, dados da literatura mostram aumento de oito vezes na concentração urinária de flúor em empregados de minas de fosfato. Morris & Smith (1982) expuseram ratos com o trato respiratório superior isolado cirurgicamente e comprovou quase 100% de absorção.

Dinâmica do flúor no controle da cárie

Os fatores responsáveis pelo desenvolvimento da cárie dental são: o acúmulo de bactérias sobre os dentes e a ingestão freqüente de açúcar. Toda vez que há ingestão de açúcar, este é convertido em ácido na placa dental, provocando uma queda instantânea do pH. Atingido o pH crítico para esmalte ou dentina, estes perderão cálcio e fosfato, sofrendo desmineralização (Cury 2001).

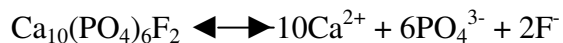
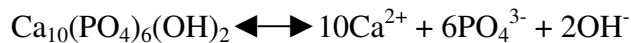
O esmalte e a dentina são compostos de minerais à base de apatita. Durante a mineralização dos dentes, flúor e carbonato entram naturalmente na estrutura dental. Durante muito tempo predominou o conceito de que se incorporando flúor ao dente formaria fluorapatita (FA), a qual sendo menos solúvel que a hidroxiapatita (HA), não só explicaria a menor ocorrência de cárie quando da ingestão de água fluoretada, como justificaria o uso de flúor sistêmico. Na realidade, quando se ingere flúor durante a formação dos dentes incorpora-se uma quantidade de flúor correspondente a aproximadamente apenas 10% de substituição de HA por FA, esta concentração não torna o esmalte mais resistente aos ácidos produzidos pelas bactérias (Cury 2001).

Thylstrup e Fejerskov (2001) relatam que se apresentaram divergências entre o conceito de resistência do esmalte e as reais observações clínicas e experimentais, conseqüentemente, ficou claro que um alto conteúdo de flúor nos tecidos dentais duros era menos importante do que um aumento moderado na concentração de flúor nos fluídos orais. Os conceitos modernos sobre o mecanismo de ação do flúor ressaltam o fornecimento diário de flúor para estabelecer e manter uma concentração significativa na saliva e no fluído da placa para o controle da dissolução do esmalte.

A integridade físico-química do esmalte do dente dentro do ambiente oral depende totalmente da composição e do comportamento químico dos fluídos adjacentes (Thylstrup e Fejerskov 2001). A saliva contém cálcio e fosfato, o que protege naturalmente tanto o esmalte como a dentina dos processos de desmineralização, processo dependente do pH. É chamado de pH crítico aquele abaixo do qual a saliva não tem mais a capacidade de proteger a estrutura mineral dos dentes. Com a presença constante de flúor, as propriedades físico-químicas da saliva mudam, com relação ao chamado pH crítico de dissolução do dente. Sem a presença de flúor a saliva consegue proteger o esmalte até um pH não inferior a 5,5. A dentina é mais sensível e não

resiste a um pH inferior a 6,5. Já com a presença de flúor constante no meio bucal, para o esmalte o pH crítico passa a ser 4,5 (Cury 2001).

Segundo Thylstrup e Fejerskov (2001) os principais fatores que controlam a estabilidade da apatita do esmalte são o pH e as concentrações ativas livres de cálcio, fosfato e flúor em solução. O equilíbrio químico entre o esmalte em termos de hidroxiapatita e fluorapatita e a fase aquosa pode ser demonstrado como se segue:



Sob condições normais, a saliva e o fluido da placa ficam supersaturados em relação à apatita, do esmalte, o que não evita apenas que o esmalte se dissolva, mas tende até a precipitar a apatita, uma parte na forma de cálculo e outra na forma de crescimento de cristal na superfície do esmalte das lesões cariosas. A placa contém várias substâncias orgânicas capazes de atuar como “sementes” para a formação de fosfato de cálcio, esse fato junto com a supersaturação são as principais causas da formação de cálculos dentários (Thylstrup e Fejerskov 2001).

Toxicidade do flúor

Como mencionado anteriormente, o flúor é importante quando interfere no processo de mineralização e desmineralização do dente. Porém o flúor torna-se tóxico, conforme a dosagem ingerida causando desde problemas nos dentes e ossos, doença conhecida como fluorose, até a morte do indivíduo, toxicidade crônica e toxicidade aguda, respectivamente.

Toxicidade aguda é a ingestão de grande quantidade de flúor de uma única vez, causando desde uma irritação gástrica até a morte. Heifetz & Horowitz (1984) descreveram os sinais e sintomas da intoxicação aguda por flúor assim:

- a) Gastrointestinais: náusea, vômitos, diarreia, dores abdominais e cólicas;
- b) Neurológicos: parestesia, paresia, tetania, depressão do sistema nervoso central e coma;
- c) Cardiovasculares: pulso fraco, hipotensão, palidez, choque, irregularidade de batimentos cardíacos e falha no último estágio;
- b) Bioquímica Sangüínea: acidose, hipocalcemia e hipomagnesemia.

Conforme relatado por Cury (2001), tendo em vista acidentes letais ocorridos com

indivíduos submetidos a doses que no passado eram consideradas seguramente toleráveis, foi estabelecido que uma pessoa não pode estar sujeita a uma dose igual ou superior a 5,0 mg F por quilograma de peso corpóreo, esta dose tem sido chamada de *dose provavelmente tóxica* (DPT).

Toxicidade crônica caracteriza-se pela ingestão de doses menores, quando não se manifestam sinais e sintomas de toxicidade aguda, por longos períodos, podendo afetar os tecidos mineralizados do corpo, ossos e esmalte dental. Tem sido considerada a dose entre 0,05 e 0,07 mg kg⁻¹ F de peso corpóreo/dia como limiar em termos de risco de fluorose dental clinicamente aceitável (Burt *apud* Lima 2000). Segundo Evans & Darvells (1995), a utilização de doses superiores a 0,05 mg kg⁻¹ de flúor, no período entre 6 meses e 6 anos de idade é a principal causa da ocorrência de fluorose dental. Segundo Cury (2001), a fluorose óssea foi relatada no passado devido à poluição industrial ou ingestão de água contendo flúor natural em concentrações superiores a 10 mg L⁻¹.

Para a ocorrência da fluorose dental não basta apenas consumo de F em doses acima do estabelecido. É necessário também ocorrer um consumo constante, caso contrário não serão perceptíveis as alterações no dente. A fluorose dental é decorrente da ingestão de pequenas doses de flúor na época de formação dos dentes, afetando o esmalte dental.

Para formação do esmalte dental normal os ameloblastos (células formadoras do esmalte dental) primeiro sintetizam uma matriz com 25% de proteínas. Em seguida, ao mesmo tempo em que essa matriz é reabsorvida, ocorre uma substituição por minerais, resultando numa estrutura contendo 95% de minerais, 4% de água e menos de 1% de proteínas. Com a ingestão de flúor este é distribuído pelo sangue a todos os tecidos. Sua presença na matriz protéica do esmalte inibe a reabsorção de proteínas, interferindo no processo de mineralização do esmalte. Como resultado, o esmalte contém mais proteína, menos minerais e maior porosidade, que é responsável pelas opacidades do esmalte. O grau de deformação do esmalte depende da dose de flúor a que a criança é submetida (Cury 2001).

Para o diagnóstico e determinação do grau de fluorose dentária, diversos índices têm sido utilizados, destacam-se os índices de Dean, T-F (Thylstrup e Fejerskov) e TSIF (Tooth Surface Index of Fluorosis). A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda a utilização do índice de Dean (WHO 1997).

Segundo Kozlowski & Pereira (2003), o índice de Dean classifica os indivíduos em seis

categorias com características clínicas distintas (Tab.2). Atualmente, quando este índice é utilizado segundo as recomendações da OMS, o item questionável é abolido dos levantamentos epidemiológicos, uma vez que essa classificação era utilizada nos casos de dúvida entre uma manifestação clínica mais branda da fluorose e uma condição de normalidade do esmalte dentário. Ocorrendo a dúvida, é dada preferência ao critério de normalidade.

Tabela 2 Índice de Dean

Classificação	Código	Características clínicas
Normal	0	Translúcido, vitríforme de estrutura, superfície lisa, lustrosa e usualmente de cor branco creme pálido.
Questionável	0,5	O esmalte mostra discretas aberrações na translucidez, que podem ir desde pequenos traços esbranquiçados até manchas ocasionais.
Muito branda	1	Pequenas e opacas áreas brancas espalhadas pelo dente, não envolvendo mais que 25% da superfície (1 a 2 mm a partir do topo da cúspide).
Branda	2	Áreas brancas não envolvendo mais que 50% da superfície.
Moderada	3	Toda superfície está afetada; as superfícies estão sujeitas ao desgaste; manchas marrons frequentes.
Severa	4	Toda a superfície está afetada a há hipoplasia com mudança da anatomia dentária; manchas marrons, erosões e aparência de corrosão

Fonte: Kozlowski & Pereira 2003.

1.2 Referências

- Allmann R & Koritning S. 1972. Fluoride. In: Wedepohl, K.H (Ed.) *Handbook of Geochemistry*. Springer-Verlag Berlin. Heidelberg, 66p.
- Ampabire WB, Boyle DR, Michel FA. 1997. Geochemistry, genesis, and health implications of fluoriferous groundwaters in the upper regions of Ghana. *Environmental Geology* **33**(1):13-24.
- Agência Nacional de Águas (ANA). 2007. Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/Cadernos%20de%20recursos%20h%E9dricos%20-%20volume%205.pdf>. Acessado em: janeiro 2008.
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). 2004. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, Brasília. 15p.

- Bell FG. 1998. *Environmental Geology. Principles and Practice*, 594 p.
- Cangussu MCT, Narvai PC, Castellanos Fernandez RA, Djehizian V. 2002. A fluorose dentária no Brasil: uma revisão crítica. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, **18**(1):7-15.
- CETESB 2003. Relatório de qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo- 2001-2003. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/agua_geral.asp>. Acessado em abril de 2006.
- CETESB 2006. Relatório de qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo- 2004-2006. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios.asp>>. Acessado em dezembro de 2006.
- CONAMA 2005. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acessado em maio de 2006.
- Cury JA. 2001. Uso do flúor e controle da cárie como doença. In: Baratieri L.N. (ed.) *Odontologia restauradora-Fundamentos e possibilidades*. 1º ed. São Paulo, Santos & quintessence, p 33-68.
- Diniz LG & Velásquez LNM. 2006. O flúor nas águas subterrâneas de Minas Gerais. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/MPBB-6VQQQ7>. Acessado em 8 de maio de 2007.
- Evans AW, Darvell BW. 1995. Refining the estimate of the critical period for susceptibility to enamel fluorosis in human maxillary and central incisors. *J Public Health Dent.*, **55**: 238-239.
- Goldschmidt VT. 1970. *Geochemistry*. Edited by Alex Muir. Imprensa: Oxford, Clarendon 1970, c1978. 730 p.
- Gupta SK, Deshpande RD, Meetu Agarwal, Raval BR. 2005. Origin of high fluoride in groundwater in the North Gujarat-Cambay region, India. *Hydrogeology Journal*, **13**(4). Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/ykb4kktk662n8ab8/fulltext.html>>. Acessado em 28 de setembro de 2007.
- Heifetz SB & Horowitz HS. 1984. The amounts of fluoride in current fluoride therapies: safety

- considerations for children. *Dent. Children*, Chicago, **51**(4): 257-69.
- Hurtado R. et al. 2000. Fluoride occurrence in tap water at “Los Altos de Jalisco” in the central Mexico region. Proceedings of the 2000. Conference on Hazardous Waste Research, pp: 211-219.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2002. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000. Rio de Janeiro, RJ. 397p.
- Kozlowski FC & Pereira AC. 2003. Aspectos clínicos e epidemiológicos da fluorose dentária. *In: Odontologia em Saúde Coletiva: planejando ações e promovendo saúde*. 1 ed. Porto Alegre: Artmed. v.1; p. 326-39.
- Licht OAB, Morita MC, Tarvainen T. 1996. A utilização de dados de prospecção geoquímica da fluorita no primeiro planalto paranaense na identificação de áreas de interesse para a saúde pública: Uma abordagem preliminar. *Geochim. Brasil*. 10(1): 57-69.
- Lima YBO. 2000. Dose de risco de fluorose dental a que são submetidas crianças em região de água fluoretada: Avaliação do efeito da temperatura ambiental e da exposição a dentifrícios fluoretados. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade de Campinas, 141p.
- Mirlean N, Casartelli MR, Garcia MRD. 2002. Propagação da poluição atmosférica por flúor nas águas subterrâneas e solos de regiões próximas às indústrias de fertilizantes (Rio Grande, RS). *Quím. Nova*, **25**(2): 191-195.
- Morris & Smith (1982)
- Panagoulas TI & Silva Filho EV. 2006. Estudo hidrogeoquímico do flúor nas águas subterrâneas das bacias dos rios Casseribú, Macacu e São João, Estado do Rio de Janeiro. *In: da Silva CR, Figueiredo BR, de Capitani EM, da Cunha FG. Geologia Médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente*. São Paulo: CPRM-Serviço Geológico do Brasil. p. 126-129.
- Pinese JPP, Alves JC, Licht OAB, Pires EO, Marafon E. 2002. Características geoquímicas naturais da água de abastecimento público da porção norte do Estado do Paraná, Brasil. *Anais XLI Congresso Brasileiro de Geologia: João Pessoa*. p. 249-250.

- Resolução SS-250/95. 1995. Disponível em: <<http://www.quimlab.com.br/PDF-LA/SS-250%20-%20Fluoreto%20em%20%C1gua%20de%20Abastecimento%20P%FAblico%20.pdf>>
Acessado em 12 agosto de 2006.
- Saxena VK & Ahmed S. 2001. Dissolution of fluoride in groundwater: a water-rock interaction study. *Environ. Geology*, **40**(9):1084-1087.
- Silva MFA. 2003. ABOPREV: Promoção de saúde bucal. São Paulo. Artes Médicas Ltda, pp: 153-179.
- Smith KS & Huyck HLO. 1999. An overview of the abundance, relative mobility, bioavailability, and human toxicity of metals. In: Plumlee GS, Logsdon MJ. The environmental geochemistry of mineral deposits. Volume 6. Society of economic geologists, Inc. Littleton, USA; p: 29-69.
- Thylstrup A & Ferjerskov O. 2001. *Cariologia clínica*. São Paulo. Livraria Santos Editora Ltda, pp: 231-281.
- Toassi RFC & Abegg A. 2005. Fluorose dentária em escolares de um município da Serra Gaúcha, Rio Grande do Sul, Brasil. *Cad. Saúde Pública*; 21(2): 652-655.
- Velásquez LNM. *et al.* 2006. Fluorose dentária e anomalias de flúor em água subterrânea no município de São Francisco-Minas Gerais, Brasil. In: da Silva, C.R. Figueiredo, B.R.; De Capitani, E.M.; da Cunha, F.G.(Ed.) *Geologia Médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente*. Rio de Janeiro: CPRM – Serviço Geológico do Brasil. p.: 110-117.
- Whitford GM. 1990. The physiological and toxicological characteristics of fluoride. *J.Dent. Res.* **69**: 539-557.
- WHO 1996. Fluoride in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/en/fluoride.pdf>. Acessado em: maio de 2006.
- WHO 1997. Oral Health Methods and Indices <http://www.whocollab.od.mah.se/expl/methods.html> acessado em: 08/01/2008.

PARTE 1

FLÚOR EM ÁGUA E PREVALÊNCIA DE FLUOROSE NO ESTADO DE SÃO PAULO

Resumo:

Através de levantamento da informação disponível sobre fluorose dentária e ocorrência de flúor em água subterrânea no Estado de São Paulo, realizou-se um estudo descritivo simples, com fontes de dados documentais, obtidos através dos portais www.bireme.br (Biblioteca Virtual de Saúde-BIREME), www.capes.gov.br (banco de teses) e www.google.com.br. Utilizou-se como descritores: flúor, fluorose, água subterrânea e São Paulo, os quais foram cruzados para obtenção de resultados. Também foram pesquisados dados do Ministério da Saúde-Brasil, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), Agência Nacional das Águas (ANA) e do Departamento de Água e Esgoto do Estado de São Paulo (DAEE). Após a seleção dos resultados as informações foram inseridas em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) no programa ArcGIS. Constatou-se que poços com teores elevados de fluoreto em água ocorrem nos municípios de Amparo, Araçatuba, Campinas, Cesário Lange, Ibitinga, Jaboticabal, Lins, Paraguaçu Paulista, Piracicaba, Presidente Prudente, Ribeirão Preto, São João da Boa Vista, Sorocaba e Tuiuti. Foram encontrados casos de fluorose dental moderada e/ou severa nos municípios de Amparo, Bebedouro, Campinas, Itapirapuã Paulista, Itatiba, Jaboticabal, Mairiporã, Paulínia, Pedreira, Piracicaba, Rosana, Santos, Sertãozinho, Sorocaba, São José do Rio Preto, São Paulo, Taboão da Serra e Várzea Paulista. Foi confeccionado mapa com layers de municípios que apresentaram poços com teores elevados de flúor, municípios com relatos de fluorose dental moderada e/ou severa, afloramento dos principais sistemas aquíferos e pólos cerâmicos, possibilitando visualizar concentração de casos de fluorose moderada e/ou severa e poços com teores elevados de flúor próximos aos pólos cerâmicos. Concluiu-se que as ocorrências de poços com excesso de fluor em água, com concentrações passíveis de acarretar fluorose dentária e óssea, e municípios que apresentaram casos de fluorose dental moderada e severa, distribuem-se por todo território paulista sobre seus principais aquíferos. Houve coincidência, em alguns casos, de poços com excesso de flúor e municípios que apresentaram fluorose moderada e/ou severa. Os municípios levantados que não fluoretam suas águas não apresentam casos de fluorose, com exceção à Itapirapuã Paulista. Houve uma concentração de municípios com poços apresentando teores elevados de flúor em água e municípios com casos de

fluorose dental (moderada e/ou severa) próximos aos pólos cerâmicos de Itu-Campinas, Tatuí-Sorocaba e Santa Gertrudes-Cordeirópolis, sugerindo uma possível relação.

INTRODUÇÃO

No mundo há aproximadamente 110 milhões de pessoas sob risco de fluorose (1). Somente na Índia estima-se que os casos de fluorose dental atinjam entre 60-80 milhões de casos e mais de 1 milhão de pessoas com fluorose esquelética (2). Na China a fluorose é endêmica, e não é causada somente pelo fluoreto presente na água subterrânea, mas também pela sua presença no ar devido à queima de carvão dentro das casas. Trinta e quatro milhões de chineses viviam, em 2000, em regiões onde a fluorose é endêmica, destes aproximadamente 18 milhões sofriam de fluorose dentária e 1,5 milhões de fluorose esquelética (3). A Figura 1 ilustra os países com fluorose endêmica, devido ao excesso de flúor em água para consumo.

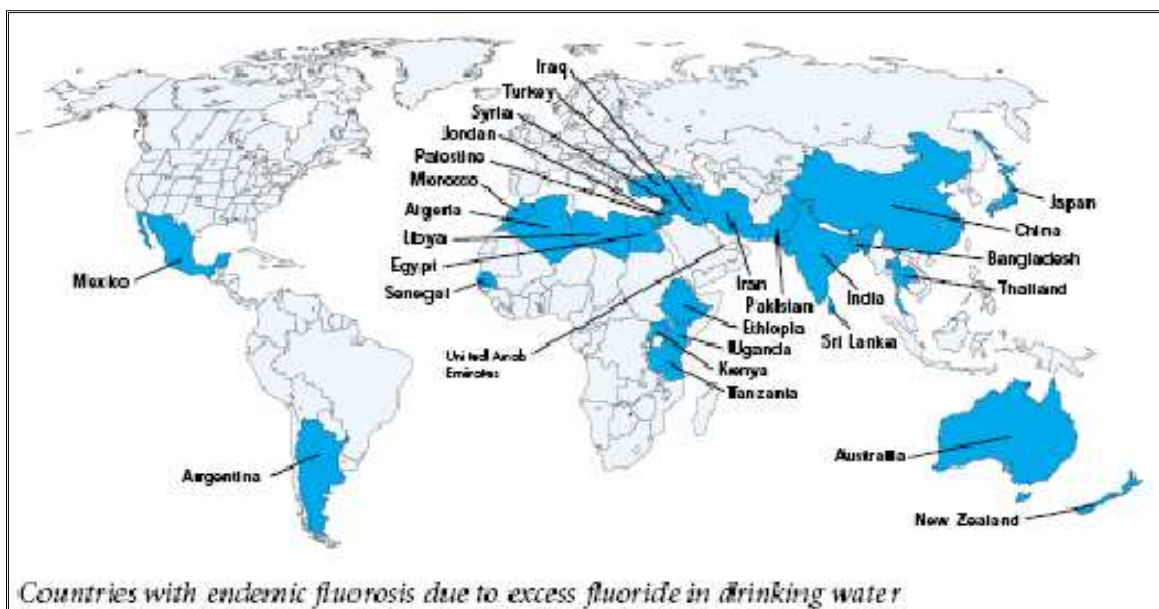


Figura 1 Países com excesso de flúor em água e fluorose endêmica.

Fonte: UNICEF 1999.

Muitos estudos sobre flúor e fluorose foram realizados na China (4, 5, 6, 7) e Índia (8, 9, 10), países onde a presença de altas concentrações de flúor em água e ar causam problemas em milhões de indivíduos.

Estudaram-se a toxicidade crônica do fluoreto em adultos e crianças de dez vilas, localizadas nas proximidades da mina de fluorita do Distrito de Dungarpur (Rajasthan)-Índia (9). A concentração de flúor na água potável variou de 1,2 a 8,9 mg L⁻¹. Em concentrações médias de

1,7 e 6,1 mg L⁻¹ F, encontravam-se afetados por diferentes níveis de fluorose dental, sem diferença de sexo, respectivamente, 70,6% - 100,0% das crianças (< 18 anos) e 68,0% - 100,0% dos adultos. Nestas mesmas concentrações 7,4% e 37,7% dos adultos (>21 anos) mostraram evidências de fluorose esquelética. A fluorose esquelética em crianças só foi encontrada em concentrações elevadas (4,8 mg L⁻¹) com prevalência baixa (5,2%). A prevalência de fluorose esquelética foi relativamente mais elevada nos homens e aumentou em níveis mais elevados de flúor e idade. Deformidades ósseas foram observadas em grupos de indivíduos com mais de 48 anos e concentrações de flúor de 3,3 mg L⁻¹.

Apesar da exposição ao excesso de flúor ser geralmente por altas concentrações na água de consumo, na Província de Guizhou-China, a maior parte dos casos de fluorose, incluindo os mais graves, é atribuída à combustão de carvão dentro das casas. De acordo com uma investigação do “Geological Coal Mining Bureau” da Província de Guizhou, a concentração média de flúor nas 616 amostras de carvão de Guizhou foi de 115,5 mg kg⁻¹ F. As duas áreas mais seriamente afetadas por fluorose na Província, os municípios de Zhijin (166 amostras) e Nayong (329 amostras), apresentaram, respectivamente, valores de 113,5 e 111,4 mg kg⁻¹ F no carvão. A fluorose foi encontrada também em área onde a média de flúor em carvão foi menor que a média para a Província (15 mg kg⁻¹ F) (4).

Ainda na China, realizou-se estudo num distrito com fluorose na Província de Jilin, que contou com a participação de 118.401 pessoas (7). Constatou prevalências de fluorose dental e óssea de 22,6% e 1,8%, respectivamente, com as concentrações de flúor em água no intervalo 1,0-1,5 mg L⁻¹. A prevalência aumentou para 46,95% e 10,60% quando a concentração variou de 1,66 a 3,77 mg L⁻¹. Nas áreas onde se encontrou variação de 4,0 a 20,0 mg L⁻¹ de flúor dissolvido, a prevalência de fluorose dental aumentou para 73,60% e a fluorose óssea para 32,40%.

Foram comparados e digitalizados informações disponíveis e relevantes do risco do fluoreto, em Sistema de Informação Geográfica (SIG), na Ucrânia, Moldávia, Hungria e Eslováquia (11). Realizaram-se estudos geoquímicos e de saúde para averiguar em maior detalhe a relação entre alta concentração de flúor em água potável e efeitos sobre a saúde da população. Foi constatada prevalência de fluorose dental com variação de 60 a 90% em adolescentes que consumiam água contendo 2,0 – 7,0 mg L⁻¹ de flúor, não foi verificado casos de fluorose óssea. Concluiu-se que os dados ambientais disponíveis poderiam somente ser usados como uma indicação muito geral

do provável risco das águas com teores elevados de flúor. Para a Europa Central os índices de fluoreto em água, a informação da prevalência de fluorose, a fonte da água e os pontos antropogênicos das fontes de fluoreto, foram o conjunto de dados-chaves, necessários para se realizar uma avaliação de risco. Com o uso desta série de dados e informações colhidas pelos estudos geoquímicos e de saúde, foi possível identificar áreas de risco para fluorose dental na Ucrânia e Moldávia.

No México realizou-se estudo em Guadiana Valley, localizado na região noroeste do país, relacionando o meio físico a prevalência de fluorose dental e fratura óssea (12). O estudo abrangeu os poços de água potável das 23 pequenas comunidades do vale além da capital, Durango, resultando em quase 84% dos poços com teores de flúor superiores às concentrações máximas para fluoreto estabelecidas para o México e regulamentos internacionais. Esses autores observaram que um alto risco de danos à saúde dental está diretamente afeito às pessoas que vivem em áreas com maiores concentrações de flúor em água: nas áreas onde a concentração era superior a 12 mg L^{-1} todas as crianças analisadas exibiam fluorose dental, com 35% delas em estado severo. Adicionalmente, observaram uma correlação positiva entre índice de Dean e ocorrência de fraturas ósseas.

Um estudo foi realizado para diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas no sudeste sub-úmido dos pampas da Argentina, a fim de determinar a presença, distribuição espacial e concentração de flúor (13). Abrangendo uma superfície irregular de cerca de 6000 km^2 , a região possui uma grande população rural e suburbana que utiliza esse recurso como principal fonte de água para consumo humano, irrigação e pecuária. A variação no teor de flúor na água subterrânea mostrou que toda a região é afetada por este íon. Em 97,1% das amostras os valores de flúor excederam os limites recomendados pelo Código Alimentar Argentino.

No Brasil há estudos que abordam apenas a presença de flúor em água subterrânea (14, 15) enquanto outros enfocam a relação entre as ocorrências de flúor em água subterrânea e casos de fluorose dentária (16-19).

No estado de Minas Gerais, relata-se um exemplo de flúor natural em água subterrânea (16). A principal fonte de água para a população do município de São Francisco é o aquífero cárstico nas rochas carbonáticas do Grupo Bambuí. Estudos geológico-hidrogeológicos constataram anomalias de fluoreto nessas águas. Minerais com flúor ocorrem disseminados nas rochas do

Grupo Bambuí e, especialmente a fluorita ocorre disseminada em fraturas e veios calcíticos nos calcários. Notou-se relevante correspondência entre a estratigrafia, os sistemas de fraturas das rochas, as vazões dos poços e as concentrações de flúor nas águas subterrâneas. Nos poços estudados constataram-se variação de fluoreto de zero a $3,9 \text{ mg L}^{-1}$. Estudos epidemiológicos estabeleceram relação dessas anomalias com a incidência de fluorose dentária na área, encontrando-se índices de prevalência de 81,5 a 97,7%, com 30% dos dentes em estágio severo de agravo.

Com base no Levantamento Geoquímico Multielementar de Baixa Densidade do Paraná (20), foi indicada uma área com anomalia positiva de flúor no norte do estado e atribuiu-se a ela elevada incidência de fluorose dentária em crianças em idade escolar da região. A área, localizada no norte do Paraná, abrange 47 municípios e população de quase 700.000 habitantes, com uma área total de 10.000 km^2 . As águas das bacias hidrográficas apresentaram teores de até $0,9 \text{ mg L}^{-1} \text{ F}$ e as dos poços tubulares profundos até $2,2 \text{ mg L}^{-1} \text{ F}$. Esta anomalia é de origem geológica, correlata à anomalia geofísica da região do Domo de Quatiguá (21). No município de Itambaracá a população é abastecida por poços tubulares sem tratamento de fluoreto e as águas apresentaram teores de $0,15$ a $1,9 \text{ mg L}^{-1} \text{ F}$. A prevalência de fluorose dentária em escolares de Itambaracá foi de 60,9%, com mais severidade no distrito de São Joaquim do Pontal, onde 71,7% dos escolares apresentaram fluorose dentária (22).

Na região do Vale do Ribeira, nas proximidades das cidades de Cerro Azul e Adrianópolis no Estado do Paraná, determinou-se a qualidade da água superficial e da água fornecida à população na região dos depósitos de fluorita Volta Grande e Mato Preto (23). Os resultados mostraram teores de flúor superiores aos limites permitidos nas drenagens próximas à mina Mato Preto, definindo uma zona de risco de exposição da população. Em relação à água distribuída para consumo da cidade de Cerro Azul e as utilizadas pelas residências do povoado de Mato Preto, essas apresentaram concentrações de F inferiores ao estabelecido pela legislação conduzindo à conclusão de que essas populações não se encontram sob risco de exposição.

No Brasil, 15,6% dos domicílios utilizam exclusivamente água subterrânea, 77,8% usam rede de abastecimento público de água e 6,6% usam outras formas de abastecimento (24). É relatado que o Brasil ainda apresenta uma deficiência séria no conhecimento do potencial hídrico de seus aquíferos, seu grau de exploração e a qualidade das suas águas além dos estudos regionais serem

escassos e encontrarem-se defasados (25). A utilização da água subterrânea no Estado de São Paulo, para abastecimento público é intensa, 72% dos municípios do Estado são abastecidos total ou parcialmente por este manancial (26).

Uma forma muito comum de se consumir água subterrânea, principalmente nos centros urbanos do país, é através de água engarrafada, denominada genericamente de “águas minerais” (25). Em estudo para análise da concentração de flúor em águas minerais comercializadas no Brasil (27), totalizando 104 marcas comerciais de diferentes regiões do país, os autores, encontraram concentrações significativas de flúor, variando de zero a $4,4 \text{ mg L}^{-1} \text{ F}^{-}$, não relatadas pelo produtor, concentrações sem significado preventivo anticárie e concentrações capazes de provocar fluorose dental severa.

Alguns trabalhos discutem se é pertinente ou não considerar fluorose no Brasil como um problema de saúde pública. Utilizando-se (28) como método a revisão dos estudos epidemiológicos publicados no país, sobre prevalência e severidade da doença e seus possíveis fatores de risco, observou-se que mesmo com alta prevalência a proporção de indivíduos que apresentam formas de fluorose dentária moderada e severa ainda é pequena, e só aumenta significativamente nos locais onde a fluorose é endêmica devido à alta concentração de fluoreto nas fontes naturais de água. Concluíram que: 1- a fluorose constitui um relevante problema para a saúde bucal coletiva; 2- as formas brandas são comuns onde há água de abastecimento público fluoretada, contribuindo para isso outras formas sistêmicas e tóxicas do uso dos fluoretos; 3- o heterocontrole da concentração adequada de flúor nos sistemas públicos de abastecimento de água é necessário; 4- águas minerais, bebidas enlatadas, refrigerantes, sucos e chás devem ter seu teor de flúor máximo permitido, regulamentado e apresentado nos rótulos, e com análise sistemática da vigilância sanitária; 5- há necessidade de estudos epidemiológicos longitudinais no Brasil, de forma a acompanhar a tendência da prevalência e severidade da fluorose.

Diante do exposto, este trabalho foi concebido com o objetivo de fazer um levantamento das informações disponíveis sobre fluorose dental e sobre a ocorrência de flúor em água subterrânea no Estado de São Paulo, com o intuito de verificar se há relação aparente entre ambos ou se existem outros aspectos relevantes que devam ser levados em conta pela sociedade e autoridades do setor de saúde pública.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo caracterizou-se como descritivo simples, com fontes de dados documentais. Optou-se por busca de informação através dos portais www.bireme.br (Biblioteca Virtual de Saúde-BIREME), www.capes.gov.br (banco de teses) e www.google.com.br. Utilizaram-se como descritores: flúor, fluorose, água subterrânea e São Paulo, os quais foram cruzados para obtenção de resultados.

Também foi utilizado o banco de dados do projeto SBBRASIL-2003 do Ministério da Saúde, de onde os dados foram extraídos, com atenção aos dados relativos à fluorose, fluoretação da água e localidade, os quais foram disponibilizados em tabelas e posteriormente comparados aos dados referentes à ocorrência de flúor em água.

Para obtenção de informações sobre ocorrência de flúor em água, além dos sites de busca, foram consultados dados disponibilizados através de relatórios da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), Agência Nacional das Águas (ANA), Departamento de Água e Esgoto do Estado de São Paulo (DAEE).

RESULTADOS

Em 2003 o Ministério da Saúde realizou um levantamento das condições de saúde bucal da população e para isso foram examinados pacientes de 250 municípios, escolhidos por sorteio, sendo 50 municípios de cada macro região (29). Na Tabela 3 é apresentada a distribuição dos casos de fluorose, por macro região no Brasil.

Na Tabela 4 pode-se observar a distribuição dos distritos que fluoretam a água de abastecimento nas macro regiões do país. As regiões norte e nordeste são as que possuem menor número de distritos com fluoretação, sudeste e sul as regiões com maior número.

A região norte chama a atenção pelo fato de apresentar índices de fluorose mais elevados do que as outras regiões, na faixa etária de 15 a 19 anos de idade. Aos 12 anos de idade apresenta índices menores que sudeste e sul, porém próximo aos mesmos. Pelo fato de ter o menor índice de municípios com adição de flúor em água para abastecimento público (7%), merece maiores estudos, pois pode estar indicando exposição ao flúor por outra fonte.

Tabela 3 Distribuição da fluorose no Brasil (maio de 2002 a outubro de 2003).

			Norte		Nordeste		Sudeste		Sul		Centro-Oeste		Brasil	
			nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
12 anos	Total de Examinados		6.085	100	7.174	100	8.008	100	7.072	100	5.804	100	34.143	100,0
	Níveis de Fluorose	Muito leve	525	8,63	172	2,40	715	8,93	528	7,47	161	2,77	2.101	6,15
		leve	57	0,94	70	0,98	219	2,73	181	2,56	44	0,76	571	1,67
		moderada	8	0,13	19	0,26	94	1,17	45	0,64	19	0,33	185	0,54
		severa	4	0,07	3	0,04	49	0,61	6	0,08	2	0,03	64	0,19
	Total com Fluorose		594	9,76	264	3,68	1.007	13,45	760	10,75	226	3,89	2.921	8,56
15 a 19 anos	Total de Examinados		3.770	100,0	3.779	100,0	2.916	100,0	3.784	100,0	2.066	100,0	16.314	100,0
	Níveis de Fluorose	Muito leve	260	6,90	74	1,96	122	4,18	125	3,30	35	1,69	616	3,78
		leve	40	1,06	33	0,87	42	1,44	36	0,95	13	0,63	164	1,01
		moderada	7	0,19	4	0,11	23	0,79	5	0,13	5	0,24	44	0,27
		severa	3	0,08	0	0,00	9	0,31	1	0,03	1	0,05	14	0,09
	Total com Fluorose		310	8,22	111	2,94	196	6,72	167	4,41	54	2,61	838	5

Fonte: Ministério da Saúde – Projeto SB Brasil 2003.

Tabela 4 Tratamento de água nas macro regiões do Brasil, ano de 2000.

Macro Regiões	Total de distritos	Distritos abastecidos						
		Total	Com tratamento de água				Fluoretação	Sem tratamento
			Total	Tipo de tratamento				
				Convencional	Não Convencional	Simples desinfecção (cloração)		
Norte	607	512	219	86	39	119	36 (7,0%)	349
Nordeste	3084	2550	1925	847	336	807	358 (14,0%)	766
Sudeste	3115	3008	2163	1586	229	734	1663 (55,3%)	1165
Sul	2342	1967	1210	645	56	635	961 (48,8%)	857
Centro-Oeste	700	619	529	249	15	335	184 (29,7%)	121

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000.

Observa-se na Tabela 5 dados relativos à fluorose dentária dos 19 municípios selecionados por sorteio pelo Ministério da Saúde, no Estado de São Paulo, extraídos do projeto SBBRASIL-2003 (29). Foram avaliados municípios com fluoretação, poucos anos de fluoretação e que não

fluoretam suas águas. O índice para fluorose utilizado foi o de Dean, recomendado pela OMS. Atualmente, quando este índice é utilizado segundo as recomendações da OMS, o item “questionável” é abolido dos levantamentos epidemiológicos, uma vez que essa classificação era utilizada nos casos de dúvida entre uma manifestação clínica mais branda da fluorose e uma condição de normalidade do esmalte dentário. Ocorrendo a dúvida, é dada preferência ao critério de normalidade. Contudo, como o levantamento relatou esta classificação, ela foi incluída na tabela.

Tabela 5 Percentual segundo grau de fluorose dental em municípios do Estado de São Paulo (maio de 2002 a outubro de 2003).

	Anos de fluoretação	Sem Informação	Normal	Questionável	Muito Leve	Leve	Moderada	Severa	Nº
Bebedouro	17	51,67	22,25	3,23	20,80	0,77	0,13	0,13	774
Boracéia	21	50,83	49,17	0	0	0	0	0	240
Castilho	1	44,70	55,30	0	0	0	0	0	528
Dumont	1	40,24	35,36	18,90	5,50	0	0	0	164
Irapuru	0	47,60	51,71	0,69	0	0	0	0	292
Itapirapuã Paulista	0	36,37	34,00	14,67	12,67	1,33	0,67	0	150
Itápolis	0	50,80	49,20	0	0	0	0	0	504
Jaboticabal	1	61,36	38,06	0,39	0	0	0,19	0	515
Jales	13	39,70	55,40	3,18	1,72	0	0	0	408
Mairiporã	23	64,50	31,16	0,72	1,08	2,54	0	0	276
Piracicaba	31	61,61	33,29	2,55	1,70	0,71	0,14	0	706
Sabino	0	59,16	40,56	0,28	0	0	0	0	355
São Paulo	16	53,55	24,61	6,24	11,26	3,29	1,05	0	577
Sertãozinho	0	51,70	47,62	0,34	0,17	0	0,17	0	588
Sorocaba	17	53,49	28,67	11,19	4,02	1,05	1,05	0,53	572
Tatuí	23	54,25	21,35	16,55	6,97	0,88	0	0	459
Uchoa	0	54,31	45,69	0	0	0	0	0	394
Vargem	10	57,90	29,19	9,49	2,92	0,50	0	0	411
Várzea Paulista	4	57,20	37,39	4,01	0,83	0,42	0,15	0	722

Fonte: Projeto SB Brasil (2003).

Estudo realizado em São Paulo no ano de 2002 (30) avaliou as condições de saúde bucal de 36 municípios do Estado. Com relação à fluorose dentária observa-se que os municípios de Bebedouro, Campinas, Itapirapuã Paulista, Jaboticabal, Pedreira, Piracicaba, Rosana, Santos, São José do Rio Preto, São Paulo, Sertãozinho e Taboão da Serra foram os que apresentaram casos de fluorose moderada e apenas Sorocaba apresentou fluorose severa (Tabela 6).

Tabela 6 Percentual de escolares aos 12 anos de idade, segundo o município e os graus de fluorose. Estado de São Paulo, 2002.

Município	Normal	Questionável	Muito leve	Leve	Moderada	Severa	Sem informação	Nº
Bebedouro	48,24	6,76	40,29	1,47	0,29	---	4,26	340
Boracéia	100,00	---	---	---	---	---	---	69
Campinas	46,67	28,10	17,14	5,24	0,95	---	1,90	210
Castilho	96,36	---	---	---	---	---	3,64	204
Dois Córregos	98,51	0,74	0,37	0,37	---	---	---	269
Dourado	63,11	1,94	1,94	---	---	---	33,01	103
Dumont	50,00	37,50	11,11	---	---	---	1,39	72
Iacanga	85,61	12,12	0,76	---	---	---	1,52	132
Ipeúna	96,36	1,82	1,82	---	---	---	---	55
Irapuru	95,24	1,90	---	---	---	---	2,86	105
Itanhaém	96,36	1,82	1,82	---	---	---	---	55
Itapirapuã Pta.	41,54	30,77	23,08	3,08	1,54	---	---	65
Itápolis	99,00	---	---	---	---	---	1,00	201
Jaboticabal	97,89	1,05	---	---	0,53	---	0,53	190
Jales	88,42	6,32	3,68	---	---	---	1,58	190
Lutécia	95,38	1,54	1,54	1,54	---	---	---	65
Mariápolis	91,38	3,45	---	---	---	---	5,17	58
Mairiporã	86,96	2,17	3,26	7,61	---	---	---	92
Palmares Pta.	94,44	3,70	1,85	---	---	---	---	108
Pedreira	76,82	8,64	5,00	0,91	0,91	---	7,73	220
Piracicaba	68,18	5,59	3,50	1,05	0,35	---	21,33	286
Rosana	86,93	3,41	6,25	1,70	1,70	---	---	176
Sabino	100,00	---	---	---	---	---	---	62
Santos	42,98	23,14	25,21	6,20	2,07	---	0,41	242
S.J. Rio Preto	74,42	20,27	2,99	1,00	0,66	---	0,66	301
São Paulo	51,78	13,44	24,51	7,11	1,58	---	1,58	253
Sertãozinho	98,42	0,79	0,40	---	0,40	---	---	253
Sorocaba	62,45	13,38	8,55	1,86	2,23	1,12	10,41	269
Taboão da Serra	59,02	7,80	24,88	6,34	0,98	---	0,98	205
Tatuí	45,83	35,94	16,15	2,08	---	---	---	192
Uchôa	100,00	---	---	---	---	---	---	100
Urupês	89,00	1,00	6,50	3,50	---	---	---	200
Vargem	56,07	27,10	11,21	0,93	---	---	4,67	107
Várzea Pta.	84,64	10,86	2,25	1,12	---	---	1,12	267
Zacarias	66,67	11,67	16,67	---	---	---	5,00	60
ESTADO	74,89	9,83	9,31	1,86	0,54	0,05	3,52	5.969

Fonte:Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo/ Faculdade de Saúde Pública-USP (2002).

Na Direção Regional de Saúde (DIR) XXIII, região de Sorocaba, realizaram-se estudos de prevalência de fluorose (31,32) abrangendo sete dos 48 municípios integrantes da DIR. Itapetininga, Iperó, Itaoca, Barra do Chapéu e Porto Feliz com água fluoretada, Bom Sucesso do

Itararé e Itapirapuã Paulista sem água fluoretada. No ano de 1998 avaliou-se a prevalência de fluorose dentária em escolares de 7 a 12 anos de idade, num total de 2897 examinados. Observou-se que em área fluoretada a prevalência de fluorose foi de 11,4 % com 279 casos, e em área não fluoretada de 22,8% com 103 casos relatados (31). Para o grupo como um todo (n=3664) somente 11,4% (n=419) apresentou fluorose, sendo que a maioria dos casos apresentou grau 2 (8,2%). A prevalência de fluorose foi maior nos escolares dos municípios sem fluoretação das águas (32).

Estudo realizado no município de Paulínia (33) constatou prevalência de 30,5% de fluorose dentária, em escolares de 7 a 12 anos (n= 665). As formas moderada e severa representaram, respectivamente, 1,5 e 0,3% dos casos.

Relatou-se, no município de Itatiba-SP (34), que o aumento identificado da ocorrência da fluorose dental em idades mais jovens pode estar relacionado à difusão de formas tópicas de flúor através dos dentifrícios, enxaguatórios bucais, géis, pastilhas entre outros, embora a mesma não tenha alcançado níveis de severidade maiores do que os descritos no Brasil nos últimos anos. Destaca-se a prevalência significativamente maior do que a descrita para a DIR XII (Campinas) no levantamento estadual de São Paulo, indicando a necessidade de vigilância ativa para o controle desta condição.

Levantamento de saúde bucal realizado no município de Amparo (35), indica que os percentuais de fluorose dentária em escolares de 5 e 12 anos de idade da rede pública e privada de ensino, nos anos de 1999, 2002 e 2004 foram, respectivamente, 2,50%, 0,92% e 5,30% aos 5 anos de idade, e 10,80%, 7,41% e 34,00% aos 12 anos de idade. Os graus de fluorose moderada e severa, que comprometem a estética e a função, não foram observados nos dois primeiros estudos (1999 e 2002). Em 2004 foram observados casos de fluorose moderada, tanto para 5 (0,30%) como para 12 anos (0,60%).

No Estado de São Paulo, a CETESB realiza o monitoramento da qualidade da água subterrânea por meio de coletas semestrais em 184 pontos de amostragem selecionados de forma a abranger os principais aquíferos do Estado de São Paulo. Este monitoramento resulta em relatórios trienais de qualidade da água subterrânea (26). Nos dois últimos relatórios encontraram-se concentrações elevadas de fluoreto, de até 16,10 mg L⁻¹, nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos

(UGRHI) 5 e 10. Em Cesário Lange a variação foi de 1,25 a 1,79, Tuiuti 0,30 a 8,10 e Amparo 8,00 a 16,10 mg L⁻¹. Por estes resultados a CETESB levanta a hipótese, não conclusiva, de que a origem do flúor possa ser antrópica (indústrias cerâmicas ou de alumínio) e sugere que a origem do fluoreto seja investigada com maior detalhe além de recomendar às concessionárias e aos usuários de água subterrânea dessas regiões, a realização de monitoramento da qualidade da água consumida, ou destinada à irrigação, assim como parcerias com universidades locais para a realização de pesquisa sobre a origem do flúor nestes aquíferos.

Em estudo de caracterização e cartografia das províncias hidrogeoquímicas do Estado de São Paulo (36), foram observadas duas zonas hidrogeoquímicas de maior expressão, com a distribuição principalmente de fluoretos associada às águas bicarbonatadas sódicas, uma região compreendida pelas cidades de São João da Boa Vista, Piracicaba, Sorocaba e Campinas em terrenos de rochas ígneas e metamórficas (embasamento cristalino) e de rochas fanerozóicas (Tubarão, Passa Dois e Botucatu) e outra na região das cidades de Araçatuba, Lins e Ibitinga, em áreas de menor espessura saturada do sistema aquífero Bauru. Áreas anômalas mais restritas são também observadas em Jaboticabal, ao norte de Ribeirão Preto, entre Presidente Prudente e Paraguaçu Paulista e nas porções NE e SE da Bacia de Taubaté. No sistema aquífero Botucatu as concentrações de fluoreto (3,6 a 12 mg L⁻¹ – máximo observado) estão relacionadas às águas alcalinas sob condições de grande confinamento. As áreas potencialmente críticas à ocorrência de F⁻ estão diretamente relacionadas aos grandes traços da geometria da bacia deposicional da formação Pirambóia.

Em estudo (37) sobre ocorrências de fluoreto nos aquíferos da Bacia do Paraná (Passa Dois, Tubarão, Botucatu e Serra Geral), no Estado de São Paulo, onde se têm detectado águas com teores excessivos de fluoreto, observou-se que os teores de fluoreto são correlacionáveis com águas mais salinas, pH, carbonato e sulfato. Teores elevados de fluoreto e sulfato estão associados a altos teores de sódio, composição química rara para águas destes aquíferos que normalmente apresentam predomínio de bicarbonato, cálcio e magnésio. As ocorrências de fluoreto (máximo de 9,2 mg L⁻¹) distribuem-se com maior frequência numa faixa ao longo do rio Tietê (SP), sendo comum teores elevados de sódio e sulfato. Concluem que do ponto de vista mineralógico as rochas da formação Serra Geral dificilmente poderiam dar origem às elevadas concentrações de fluoreto encontradas.

Os municípios que apresentaram casos de fluorose dentária com graus moderado e severo, poços com teores elevados de fluoreto, além da localização dos pólos cerâmicos, foram inseridos em programa de Sistema de Informação Geográfica ArcGIS, resultando na Figura 2. Apenas para facilitar a compreensão da figura, os municípios numerados de 01 a 04 representam coincidência de casos de fluorose moderada e/ou severa e poços com teor elevado de flúor, de 05 a 18 são os municípios que apresentam apenas casos de fluorose moderada e severa e os numerados de 19 a 29 são os que apresentam poços com teores elevados de flúor.

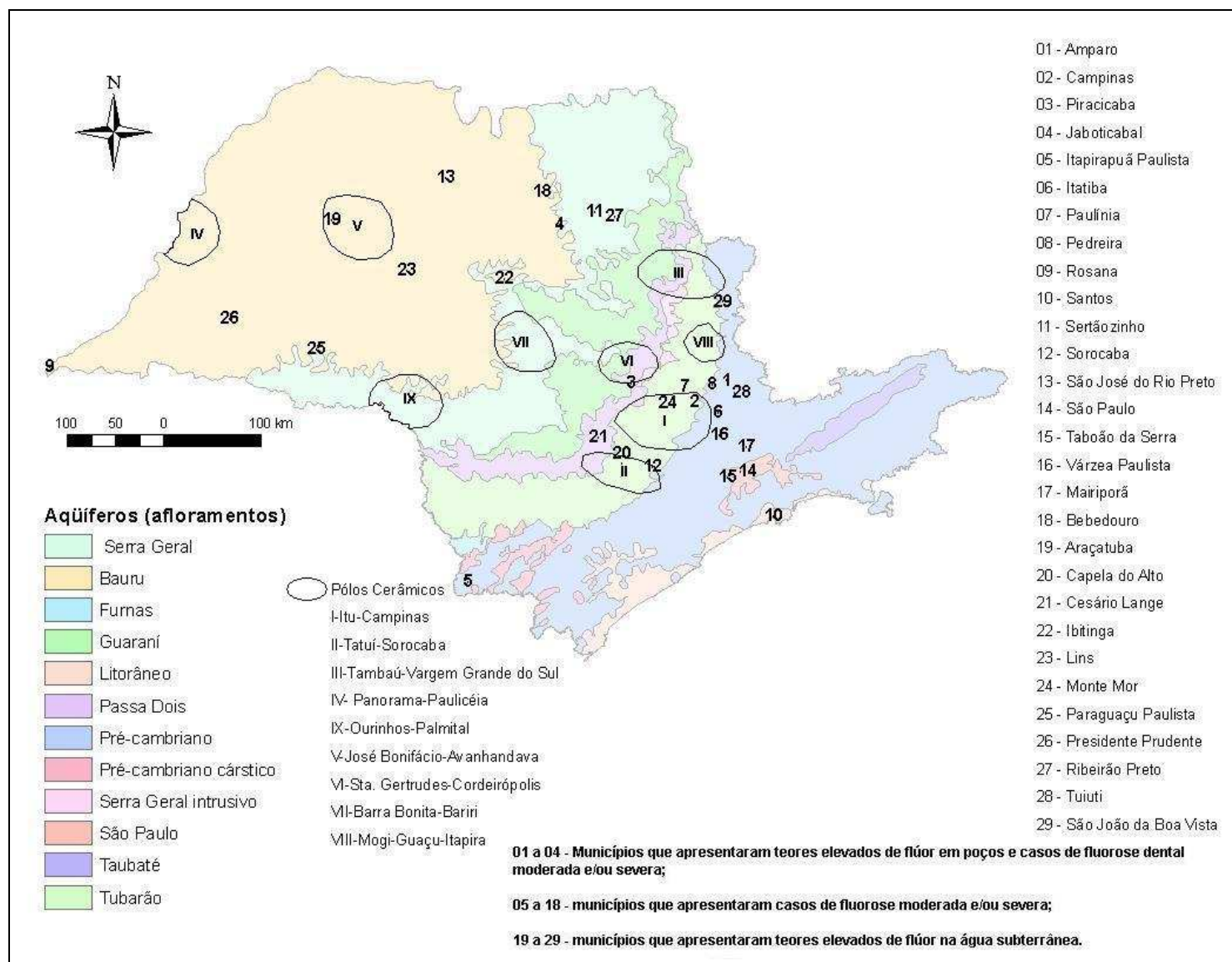


Figura 2 Municípios com casos de fluorose dentária moderada e/ou severa, poços com teores elevados de fluoreto, e pólos cerâmicos no Estado de São Paulo. Fonte: CPRM (38) (2007), IBGE (39) (2005).

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O Estado de São Paulo possui uma área total de 248.209,426 km², 645 municípios e uma população estimada de 39.827.570 habitantes (40). As informações disponíveis não abrangeram todos os municípios, portanto há a possibilidade de ocorrência, no Estado, tanto de casos de fluorose moderada e severa, como de excesso de flúor em água subterrânea em áreas não pesquisadas. Contudo as informações obtidas foram de municípios dispersos por todo o território paulista, possibilitando assim uma abrangência dos principais sistemas aquíferos do Estado.

Comparando-se os dados de concentração de flúor em água subterrânea da CETESB com os dados sobre fluorose da literatura nacional e internacional, a concentração de flúor do poço Cesário Lange (Sorocaba) pode acarretar fluorose dental (7, 22) e em pequena proporção a fluorose óssea (7). Já as maiores concentrações, encontradas nos poços Tuiuti e Amparo, podem acarretar fluorose dental (9,16) e óssea (9).

Com relação aos casos de fluorose, obtidos do Ministério da Saúde, o Estado apresenta poucos casos de fluorose moderada e severa. Os municípios que fluoretam suas águas apresentam, de modo geral, prevalência dos graus brandos de fluorose. Destes municípios destacam-se os municípios de Boracéia que apesar de fluoretar suas águas apresenta índices de fluorose compatíveis com os municípios sem fluoretação. Dos seis municípios que não fazem uso da fluoretação Itapirapuã Paulista e Sertãozinho se destacam por apresentarem casos de fluorose, inclusive no grau moderado.

Os estudos realizados na DIR XXIII (31,33), região de Sorocaba, demonstram que onde não há adição de flúor em água a prevalência de fluorose dentária foi maior. São também relatados casos de poços com excesso de flúor na região do que se pode deduzir a possibilidade de estar ocorrendo o consumo de água com excesso de flúor de origem natural, pois os municípios estudados (Bom Sucesso do Itararé e Itapirapuã Paulista), que não fluoretam suas águas, estão localizados no Vale do Ribeira, divisa com Paraná, próximos à região onde há ocorrência de depósitos de fluorita.

Os municípios que apresentaram maior número de casos de fluorose situam-se nas UGRHI 5 e 10, coincidindo com as unidades que apresentaram concentrações de flúor em água subterrânea acima do padrão, relatados pela CETESB.

A elaboração do mapa (Fig. 2.1) construído em ambiente ArcGIS mostra algumas coincidências de municípios que apresentaram concentração elevada de flúor em água subterrânea com municípios que apresentaram casos de fluorose dentária moderada e/ou severa. A inserção da localização dos pólos cerâmicos permitiu observar que houve uma concentração de municípios com poços apresentando teores elevados de flúor em água e municípios com casos de fluorose (moderada e/ou severa) próximos aos pólos cerâmicos de Itu-Campinas, Tatuí-Sorocaba e Santa Gertrudes-Cordeirópolis, sugerindo uma possível relação.

No solo a distribuição dos elementos é influenciada pelos argilominerais (minerais hidratados de Al_2O_3 e SiO_2) e pela intensidade de alteração. A exposição a tais elementos dá-se num primeiro momento por conta do processo de intemperismo. Estes podem ser sorvidos em minerais neoformados, adsorvidos em minerais argilosos, incorporados em óxido-hidróxidos de ferro e manganês, precipitados como carbonatos ou postos em solução, ou então, quando são solubilizados, passam ao solo e são levados a águas de sub-superfície, ou então são transportados pela drenagem (41).

Estudo (42) relata que os efluentes gasosos da indústria cerâmica são fontes de flúor para o meio ambiente. O flúor presente nas massas cerâmicas resulta, na sua grande maioria, da existência de íons fluoreto (F^-) na estrutura dos minerais argilosos, substituindo íons hidroxila (OH^-), por possuírem tamanhos similares e a mesma valência. Têm sido detectadas variações nos teores de flúor nos diversos depósitos argilosos, em função do seu posicionamento estratigráfico, composição mineral e textura. Quando os materiais cerâmicos são queimados, ocorre a destruição estrutural de alguns minerais com a conseqüente liberação do flúor, sob a forma de íon fluoreto. Este reage com o vapor de água da atmosfera do forno, formando ácido fluorídrico (HF), que é posteriormente arrastado pelo fluxo gasoso até a chaminé e liberado na atmosfera. O flúor pode também ser libertado sob a forma de ácido fluorsilícico ou tetrafluoreto de silício, na sua forma gasosa, enquanto na fase particulada podem surgir fluoreto de cálcio (CaF_2), fluoreto de potássio e alumínio (K_3AlF_6) e hieratita (K_2SiF_6).

Quando um método sistêmico é usado em uma comunidade, todas as outras fontes de exposição de fluoreto devem ser controladas em termos de risco para fluorose dentária (43). O flúor é facilmente absorvido através da parede do estômago e do intestino delgado, principalmente na forma de HF e as vias respiratórias representam uma importante via de absorção (44). Em adição,

estudos (31-33) relatam casos de fluorose dentária moderada e severa não esperados, indicando a necessidade de estudos para averiguar suas causas. Portanto, é necessário considerar e estudar o aporte de flúor atmosférico, já que em áreas industriais como a cerâmica pode haver liberação de flúor, principalmente na forma de HF.

No Estado de São Paulo 13,77% dos escolares aos 12 anos de idade apresentam fluorose (30). Os estudos aqui relatados apresentaram prevalência superior, reiterando a necessidade relatada pelos autores de vigilância e estudos adicionais.

REFERÊNCIAS

1. United Nations Children's Fund. Water, environmental and sanitation (WES) China. UNICEF; 2005. Disponível em: http://www.unicef.org/wes/files/china_wes.pdf. Acesso em 23 de setembro de 2007.
2. United Nations Children's Fund. Learning from experience: evaluation of UNICEF's water and environmental sanitation programme in India, 1966-1998. UNICEF; 2000. Disponível em: http://www.unicef.org/evaldatabase/files/IND_2000_800.pdf. Acesso em 23 de setembro de 2007.
3. United Nations Children's Fund. Fluoride in water: An overview. UNICEF; 1999. Disponível em: <http://www.unicef.org/wes/files/wf13e.pdf>. Acesso em 23 de setembro de 2007.
4. Zheng B, et al. Fluorosis caused by indoor coal combustion in China: discovery and progress. *Environ Geochem Health*. 2007;**29**:103–8.
5. Yang L, Peterson PJ, Williams WP, Wang W, Li R, Tan J. Developing environmental health indicators as policy tools for endemic fluorosis management in the People's Republic of China. *Environ Geochem Health*. 2003;**25**(3):281–95.
6. Liu Y, Zhu WH. Environmental characteristics of regional groundwater in relation to fluorine poisoning in North China. *Environ Geol Water Sci*. 1991;**18**(1):3-10.
7. Lin NF. Medical Environmental Geochemistry Changchun City of China. Jilin Science and Technology Publishing House. 1991;125–56.

8. Kundu N, Panigrahi MK, Sharma SP, Tripathy S. Delineation of fluoride contaminated groundwater around a hot spring in Nayagarh, Orissa, India using geochemical and resistivity studies. *Environ Geology*. 2002;**43**:228-35.
9. Choubisa SL, Choubisa L, Choubisa DK. Endemic fluorosis in Rajasthan. *Indian J Environ Health*. 2001. Disponível em: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=12395525&dopt=Citation. Acesso em 28 setembro de 2007.
10. Shivashankara AR, Shivaraja Shankara YM, Hanumanth Rao S, Gopalakrishna Bhat P. A clinical and biochemical study of chronic fluoride toxicity in children of Kheru Thanda of Gulbarga District, Karnataka, India. *Fluoride*. 2000;**33**(2):66-73.
11. Fordyce FM et al. A health risk assessment for fluoride in Central Europe. *Environmental Geochemistry and Health*. 2007. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/2m255231121v0h66/fulltext.html>. Acesso em 8 de maio de 2007.
12. Alarcón-Herrera MT, Martín-Domínguez IR, Trejo-Vázquez R, Rodríguez-Dozal S. Well water fluoride, dental fluorosis, and bone fractures in the Guadiana Valley of Mexico. *Fluoride*. 2001;**34**(2):139-49.
13. Paoloni JD, Fiorentino CE, Sequeira ME. Fluoride contamination of aquifers in the southeast subhumid pampa, Argentina. *Environ Toxicol*. 2003;**18**(5):317-20.
14. Diniz LG, Velásquez LNM. O flúor nas águas subterrâneas de Minas Gerais. 2006. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/MPBB-6VQGQ7>. Acesso em 8 de maio de 2007.
15. Panagoulas TI, Silva Filho EV. Estudo hidrogeoquímico do flúor nas águas subterrâneas das bacias dos rios Casseribú, Macacú e São João, Estado do Rio de Janeiro. In: Silva CR, Figueiredo BR, Capitani EM, Cunha FG, eds. *Geologia Médica no Brasil: Efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana e meio ambiente*. Rio de Janeiro: CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2006; p: 126-9.

16. Velásquez, L.N.M. et al. Fluorose dentária e anomalias de flúor em água subterrânea no município de São Francisco-Minas Gerais, Brasil. In: Silva CR, Figueiredo BR, Capitani EM, Cunha FG, eds. Geologia Médica no Brasil: Efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana e meio ambiente. Rio de Janeiro: CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2006; p: 110-7.
17. Toassi RFC, Abegg A. Fluorose dentária em escolares de um município da Serra Gaúcha, Rio Grande do Sul, Brasil. Cad. Saúde Pública. 2005;21(2):652-5.
18. Pinese JPP, Alves JC, Licht OAB, Pires EO, Marafon E. Características geoquímicas naturais da água de abastecimento público da porção extremo norte do Estado do Paraná, Brasil. In: XLI Congresso Brasileiro de Geologia, 2002, João Pessoa-PB. Anais do XLI Congresso Brasileiro de Geologia: A Geologia e o Homem. João Pessoa-PB: Sociedade Brasileira de Geologia-Núcleo Nordeste. 2002; 1: 249-50.
19. Licht OAB, Morita MC, Tarvainen T. A utilização de dados de prospecção geoquímica da fluorita no primeiro planalto paranaense na identificação de áreas de interesse para a saúde pública: Uma abordagem preliminar. Geochim. Brasil. 1996;10(1):57-69.
20. Minerais do Paraná (MINEROPAR). Mapa geológico do Estado do Paraná. Curitiba: DNPM/MINEROPAR. 2001; CD-ROM.
21. Licht OAB. Geoquímica multielementar de superfície na delimitação de riscos e impactos ambientais, Estado do Paraná, Brasil. In: Silva CR, Figueiredo BR, Capitani EM, Cunha FG, eds. Geologia Médica no Brasil: Efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana e meio ambiente. Rio de Janeiro: CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2006; p: 21-35.
22. Cardoso L, Morita MC, Licht OAB, Alves JC. Anomalia hidrogeoquímica e a ocorrência de fluorose dentária em Itambaracá-Pr. In: VIII Congresso Brasileiro de geoquímica e I Simpósio de Geoquímica dos Países do MERCOSUL, 2001, Curitiba. Anais do I CBGq. Rio de Janeiro : Sociedade Brasileira de Geoquímica. 2001.
23. Andreazzini MJ, Figueiredo BR, Licht OAB. Geoquímica do flúor em águas e sedimentos da região de Cerro Azul, Estado do Paraná. In: Silva CR, Figueiredo BR,

- Capitani EM, Cunha FG, eds. Geologia Médica no Brasil: Efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana e meio ambiente. Rio de Janeiro: CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2006; p: 118-25.
24. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000. Rio de Janeiro: IBGE. 2002.
25. Agência Nacional de Águas (ANA). Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil. 2007. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/Cadernos%20de%20recursos%20h%EDricos%20-%20volume%205.pdf>. Acesso em 09 de janeiro de 2008.
26. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Relatórios de qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo períodos 2001-2003 e 2004-2006. Disponíveis em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/publicacoes.asp>. Acesso em 13 de abril de 2007.
27. Villena RS, Borges DG, Cury JA. Avaliação da concentração de flúor em águas minerais comercializadas no Brasil. Rev. Saúde Pública. 1996;**30**(6):512-8.
28. Cangussu MCT, Narvai PC, Castellanos Fernandez RA, Djehizian V. A fluorose dentária no Brasil: uma revisão crítica. Cad. Saúde Pública. 2002;**18**(1):7-15.
29. Ministério da Saúde. Levantamento das condições de saúde bucal da população brasileira – SB Brasil. 2003. Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/saude/visualizar_texto.cfm?idtxt=23651&janela=1. Acesso em 22 março de 2006.
30. Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública-Universidade de São Paulo. Condições de Saúde Bucal no Estado de São Paulo em 2002: Relatório Final. Disponível em URL: http://portal.saude.sp.gov.br/resources/gestor/destaques/saude_bucal/condicoes_de_saude_bucal,2002.pdf.

31. Cypriano S, Pecharki GD, Sousa MLR, Wada RS. A saúde bucal de escolares residentes em locais com ou sem fluoretação nas águas de abastecimento público na região de Sorocaba, São Paulo, Brasil. Cad. Saúde Pública. 2003;**19**(4):1063-71.
32. Rando-Meirelles MPM, Hoffmann RHS, Silva DD, Sousa MLR. Fluorose dentária em pré-escolares e escolares de municípios com e sem água fluoretada na região de Sorocaba, SP, Brasil. Cienc. Odontol. Bras. 2008; **11**(1):84-90.
33. Gomes PR, Costa SC, Cypriano S, Sousa MLR. Paulínia, São Paulo, Brasil: situação da cárie dentária com relação às metas OMS 2000 e 2010. Cad. Saúde Pública. 2004;**20**(3):866-70.
34. Cangussu MCT, Coelho EO, Castellanos Fernandez RA. Epidemiologia e iniquidade em saúde bucal aos 5, 12 e 15 anos de idade no Município de Itatiba, São Paulo, 2000. Rev. FOB. 2001;**9**(1-2):77-85.
35. Conselho Municipal de Saúde de Amparo. Plano municipal de saúde de Amparo 2005 a 2008. Disponível em: http://www.amparo.sp.gov.br/saiba_mais/saude/plano_sms_2005_2008.pdf. Acesso em 13 de abril de 2007.
36. Campos HCNS. Caracterização e cartografia das províncias hidrogeológicas do Estado de São Paulo [Tese de Doutorado]. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo; 1993.
37. Perroni JCA, Silva RBG, Hirata RCA, Dozzi LFS. 1985. Ocorrências de fluoreto nos aquíferos da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo. In: 5º Simp. Reg. Geol. SBG/SP. Atas SBG, São Paulo. 1985; **2**: 503-14.
38. Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Recursos minerais do Brasil. 2007. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br>. Acesso em 16 de fevereiro de 2008.
39. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Malha Municipal Digital 2005. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#GEOG. Acesso em 16 de fevereiro de 2008.

40. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O Brasil Estado por Estado. 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=sp&tema=contagem>. Acesso em 16 fevereiro de 2008.
41. Martins Júnior JCG, Pinese JPP. Meio ambiente e saúde coletiva: abordagens em geologia médica. In: Carvalho MS, org. Geografia, Meio-Ambiente e Desenvolvimento. Londrina: a Autora. 2003; p: 107-25.
42. Almeida M, Frade P, Campante H, Marques JC, Correia AMS. Redução do teor de flúor nos efluentes gasosos da indústria cerâmica. Cerâmica Industrial. 2001;**6**(3):7-13.
43. Cury JA, Tabchoury CPM. Determination of appropriate exposure to fluoride in non-EME countries in the future. J Appl Oral Sci. 2003;**11**(2):83-95.
44. Silva MFA. ABOPREV: Promoção de saúde bucal. São Paulo: Editora Artes Médicas Ltda. 2003; p: 153-79.

PARTE 2

FLÚOR EM ÁGUAS E PREVALÊNCIA DE FLUOROSE EM AMPARO, SP

Resumo:

Este estudo tem como objetivo analisar as informações sobre a prevalência de fluorose em Amparo, SP à luz da determinação das concentrações de flúor em águas de abastecimento doméstico no município, realizaram-se três campanhas para coleta de água superficial, subterrânea e tratada, e duas de fontes naturais e engarrafada. Em cada ponto foram tomados os parâmetros físico-químicos de qualidade de água e coletadas alíquotas de água filtrada para análise em cromatógrafo de íons. O levantamento sobre fluorose dental caracterizou-se como descritivo simples a partir de fontes de dados documentais. Constatou-se que as águas superficiais apresentaram concentrações de flúor variando entre 0,09 e 0,14 mg L⁻¹. A água tratada apresentou, em 29% das amostras, concentrações de flúor dentro do intervalo considerado ótimo para o Estado de São Paulo (0,6 a 0,8 mg L⁻¹), com variação total das amostras entre 0,48 e 1,4 mg L⁻¹ F⁻. Todas as amostras de água subterrânea, fontes naturais e água engarrafada apresentaram concentrações de flúor inferiores ao limite mínimo recomendado com intervalo de variação entre <0,01 e 0,58 mg L⁻¹ F⁻. A análise documental revelou que a prevalência de fluorose dental em escolares de 12 anos de idade foi de 7,4% em 2002 e de 34% em 2004. Estes resultados permitem concluir que parte da população do município de Amparo-SP está sujeita ao consumo de água subfluoretada (água subterrânea, fontes e engarrafada) e também ao consumo de água tratada com ligeiro excesso de flúor, indicando a necessidade de maior controle por parte da vigilância sanitária. Apesar dos estudos recentes terem revelado que a prevalência de fluorose, nas suas formas mais brandas, aumentou nos últimos anos, percebe-se a necessidade de avaliações mais abrangentes, extensiva à parte da população que se encontra sem o efeito protetor da fluoretação contra a cárie dentária.

Abstract:

This study aims to assess the fluorosis prevalence in the Municipality of Amparo, State of São Paulo, taking into account new determinations of fluoride concentrations in natural and drinking water. Three campaigns for collection of surface water, groundwater and treated water and, two sampling campaigns of natural springs and bottled water were carried out in the Amparo Municipality. The water quality parameters were measured in the field and the previously filtered water compositions were determined by ion chromatography. The prevalence of dental fluorosis in the municipality was assessed from documentary sources data. It was found that the surface water had fluoride concentrations ranging between 0.09 and 0.14 mg L⁻¹. The treated water showed, in 29% of the samples, fluoride concentrations within the range considered optimal for the State of São Paulo (0.6 to 0.8 mg L⁻¹), ranging between 0.48 and 1.4 mg L⁻¹. All water samples collected from wells, natural springs and bottled water yielded low fluoride concentrations up to 0.58 mg L⁻¹. Previous studies revealed that prevalence of dental fluorosis among 12 years old children increased from 7.4% to 34% (mainly less severe fluorosis) from 2002 to 2004, respectively. The present results led to conclude that part of the population of the municipality of Amparo is subject to consumption of water with low concentrations of fluoride (wells, fountains and bottled water) and, occasionally, to use of drinking water with excess of fluoride (treated water). Although, recent studies have revealed an increase of fluorosis prevalence among children indicating the need for continuous human health monitoring, it is desirable that future studies embrace part of population found without fluorine protection against dental caries.

INTRODUÇÃO

Segundo Ampabire *et al.* (1997), o flúor é um elemento que ocorre naturalmente em quase todas as águas desde concentrações traços até níveis muito elevados, como em lagos do leste da África que chegam a apresentar 2800 mg L⁻¹. Em água utilizada para abastecimento público a fluoretação é um método reconhecido na prevenção da cárie dentária, quando utilizada na concentração ideal para cada região, segundo a temperatura média local. Entretanto, é um fator de risco para fluorose dentária, quando a concentração de flúor excede os níveis recomendados (Ramires *et al.* 2004).

A abundância crustal do flúor é de aproximadamente 500 mg kg^{-1} , segundo Smith & Huych (1999), e relaciona-se comumente a processos ígneos como atividade vulcânica, fluídos geotermiais e ocorrência de rochas graníticas. O flúor é encontrado nos constituintes de rochas silicáticas, onde o fluorfosfato apatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$) é um dos minerais mais ricos em flúor. É componente essencial em minerais formadores de rochas somente como fluorita (CaF_2) e topázio ($\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{OH},\text{F})_2$). Segundo Bell (1998) a fluorita é o mais comum dos minerais que contêm flúor. Para Goldschmidt (1970), o flúor pode ser fixado em alguns hidroxissilicatos e hidroxialuminossilicatos complexos, nos quais os íons hidroxilas (OH^-) podem ser substituídos extensivamente por F^- , como é o caso dos anfibólios e minerais do grupo das micas (biotita, moscovita e lepidolita).

Atividades humanas contribuem para o acréscimo de flúor no ambiente. Como exemplos de atividades industriais podem ser citadas a siderurgia, fundições de minérios, fabricação de alumínio, produção de fertilizantes, produtos cerâmicos, termoelétricas a carvão mineral entre outras, que podem produzir emissões para a atmosfera. Em relação à presença de flúor no solo a aplicação de fertilizantes fosfatados contribui para o seu incremento local (Bell 1998).

A composição da água subterrânea é influenciada pelo material geológico na qual se insere. Suas características químicas dependem, inicialmente, da composição das águas de recarga e, em seguida, de sua evolução química, influenciada diretamente pelas litologias atravessadas. O teor de substâncias dissolvidas nas águas subterrâneas aumenta à medida que aumenta o seu percurso no aquífero e o seu tempo de residência.

No Brasil alguns estudos abordam a presença de flúor em água subterrânea (Marimon *et al.* 2007, Mirlean *et al.* 2002, Panagoulas & Silva Filho 2006). Outros têm estudado a relação entre as ocorrências de flúor em água subterrânea e casos de fluorose dentária (Licht *et al.* 1996, Toassi & Abegg 2005, Velásquez *et al.* 2006).

Cangussu *et al.* (2002), a partir de revisão da literatura, observaram que no Brasil, mesmo com alta prevalência, a proporção de indivíduos que apresentam formas de fluorose dentária moderada e severa ainda é pequena, aumentando significativamente apenas nos locais onde a fluorose é endêmica devido à alta concentração de fluoreto nas fontes naturais de água.

Dados do IBGE (2002) indicam que no Brasil, 15,6% dos domicílios utilizam exclusivamente água subterrânea, 77,8% usam rede de abastecimento público de água e 6,6% usam outras formas de abastecimento. A utilização da água subterrânea no Estado de São Paulo, para abastecimento público é intensa. Segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental-CETESB (2006), 72% dos municípios do Estado são abastecidos total ou parcialmente por este manancial. Segundo a Agência Nacional de Águas-ANA (2007), o Brasil ainda apresenta uma deficiência séria no conhecimento do potencial hídrico de seus aquíferos, grau de exploração e sobre a qualidade das suas águas além dos estudos regionais serem escassos e encontrarem-se defasados.

Atualmente, no Estado de São Paulo, a CETESB realiza o monitoramento da qualidade da água subterrânea por meio de coletas semestrais em 184 pontos de amostragens, selecionados de forma a abranger os principais aquíferos do Estado. Os resultados deste monitoramento são divulgados em relatórios trienais de qualidade da água subterrânea. No triênio 2001-2003, foram identificadas concentrações elevadas de fluoreto nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 5 e 10 (CETESB 2003). O poço que apresentou maiores concentrações de fluoreto foi o de Amparo, SP (9,1 a 16,1 mg L⁻¹ F), pertencente a UGRHI 5. Os poços com fluoreto excedente em água se repetiram no triênio 2004-2006, em Amparo o intervalo de concentração foi de 8,0 a 12,0 mg L⁻¹. A partir destes resultados a CETESB sugere que as hipóteses sobre a origem do fluoreto sejam investigadas com maior detalhe e recomenda às concessionárias e aos usuários de água subterrânea dessas regiões a realização de monitoramento da qualidade da água consumida, ou destinada à irrigação, assim como parcerias com universidades locais para a realização de pesquisa sobre a origem do flúor nestes aquíferos.

No município de Amparo, SP o abastecimento público de água é de responsabilidade do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE). O manancial primário utilizado para captação é o rio Camanducaia e, como complemento, o córrego do Mosquito. Nos bairros distantes do centro faz-se uso de poços tubulares profundos e parte da população utiliza ainda água de fontes naturais e água engarrafada. A água do rio Camanducaia e do córrego do Mosquito recebem tratamento convencional nas estações de tratamento. A fluoretação das águas está implantada desde fevereiro de 1997, excetuando as fontes e poços que recebem apenas cloração. Estima-se que 90% das residências urbanas são abastecidas pelas Estações de Tratamento (ETAs). Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) relatam uma população total de 62.692 habitantes

sendo 15.321 o número de ligações de água em residências urbanas fixas com uma rede distribuidora de 160 km de extensão.

O presente estudo teve por objetivo analisar as informações sobre a prevalência de fluorose em Amparo, SP, à luz da determinação das concentrações de flúor em águas de abastecimento.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A partir do levantamento de dados sobre a ocorrência de flúor e prevalência de fluorose no Estado de São Paulo, o município de Amparo (Fig. 3) foi selecionado para a realização de trabalhos de campo e de laboratório visando avaliar a qualidade das águas e as informações disponíveis sobre prevalência de fluorose na população.

O Município foi fundado em 1829 e emancipado em 1857, tornando-se Estância Hidromineral em 1945. Hoje é considerado a porta de entrada do Circuito das Águas, região de grande destaque turístico no Estado de São Paulo.

Localizado na porção nordeste do Estado de São Paulo, Latitude 22°42'43"S e Longitude 46°45'52"W (marco zero do município), dista aproximadamente 127 km da capital. O município conta com um território de 447,10 km², uma área urbana de 33,79 km² e dois distritos administrativos, Arcadas e Três Pontes, que abrangem, respectivamente, uma área de 1,57 km² e 0,39 km². Situa-se a 647 metros de altitude, sendo a topografia fortemente acidentada e clima tropical de altitude com média de 24°C (Secretaria Municipal de Saúde Amparo 2005).

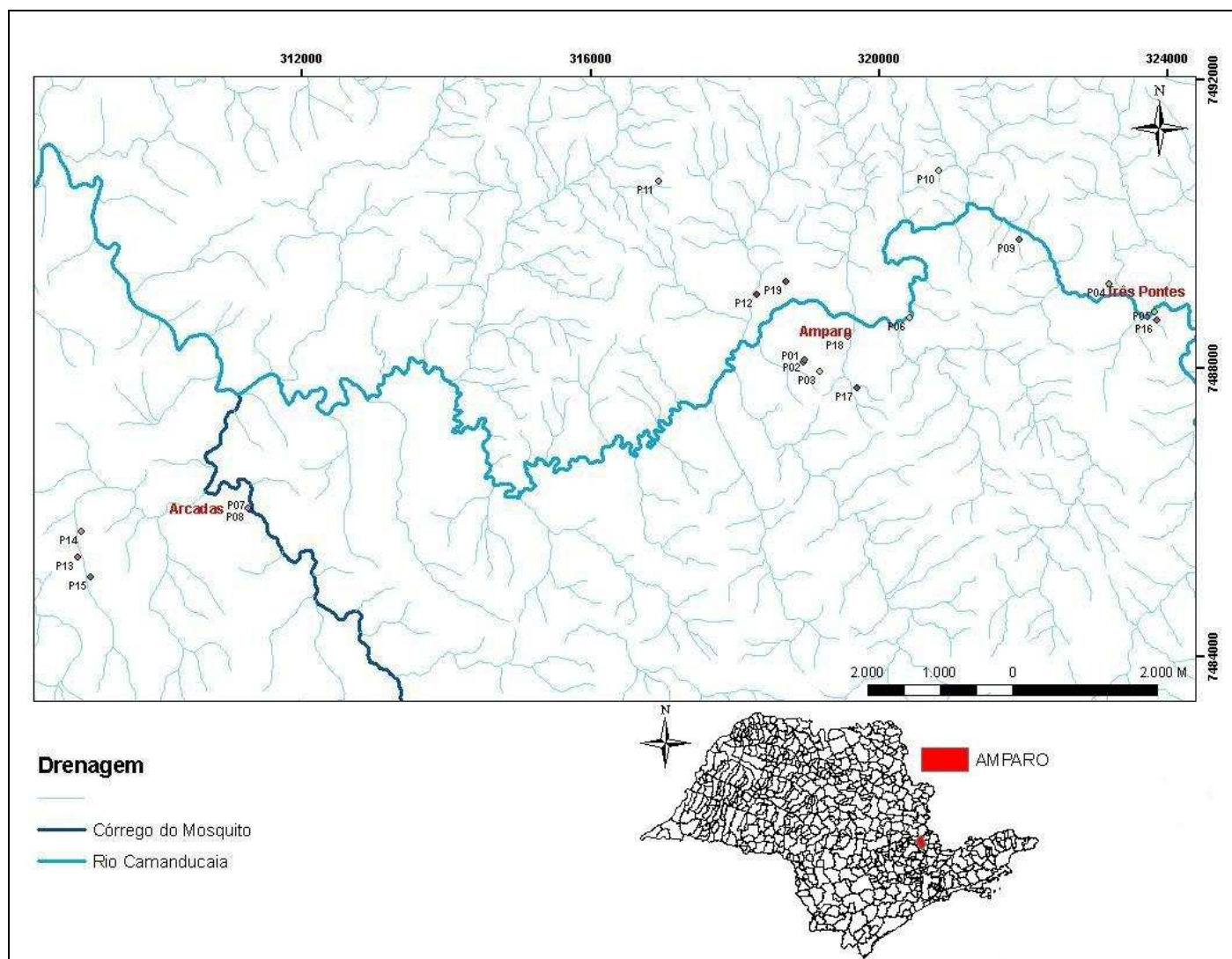


Figura 3 Localização da área de estudo.

A geologia de Amparo está representada na Figura 4. O arcabouço geológico da região de Amparo, de acordo com Campos Neto *et al.* (1990), é formado pelo complexo homônimo de idade arqueana-proterozóica inferior. As rochas são representadas por migmatitos estromáticos e flebíticos, intensamente deformados, e ortognaisses afetados por anatexia em proporções variáveis. Os migmatitos, nos quais o mesossoma corresponde a um biotita gnaiss, são cinzentos, estromáticos e flebíticos, ortoderivados e cortados por diques de biotita anfibolitos (Figura 5)

Uma cobertura metassedimentar ou metavulcanossedimentar, alóctone sobre os complexos ortognaissico-migmatíticos, encontra-se organizada em uma superposição de fatias de nappes anticlinais e/ou de cavalgamento, que justapõem diferentes sítios paleogeográficos transicionais. As unidades destas coberturas podem ser agrupadas em três grandes seqüências de origem sedimentar e vulcanossedimentar: plataforma transgressiva, grauváquica e plataformar progradante sobre as anteriores. O contato entre as duas primeiras seqüências é alóctone, através de pilhas de cavalgamento. Entretanto, na região de Amparo, Peloggia (1990) reconstituiu o arranjo estrutural entre nappes anticlinais e reconhece uma correspondência lateral entre elas. A terceira seqüência recobre, com consistente faciologia, as duas primeiras e ocorre, também, alóctone sobre as unidades ortognaissico-migmatíticas (Campos Neto *et al.* 1990).

A seqüência plataformar transgressiva, na região de Amparo, está representada por uma coluna de cerca de 500 m de biotita xistos em pacotes homogêneos ou alternando camadas de quartzo xisto e quartzitos decimétricos a métricos, com plagioclásio, granada e sillimanita e, localmente, passam a biotita-plagioclásio gnaisses. Também ocorrem intercalações de clinopiroxênio-biotita gnaisses calciossilicáticos e hornblenda gnaisses bandados (Campos Neto *et al.* 1990).

Segundo Wernick (1978), o padrão estrutural do Grupo Amparo é complexo, com evidências de redobramento e transposições no Ciclo Brasileiro. Na região de Monte Alegre do Sul, Amparo, Lindóia, Águas de Lindóia e Socorro, a foliação varia entre NE-SSW e NE-SW.

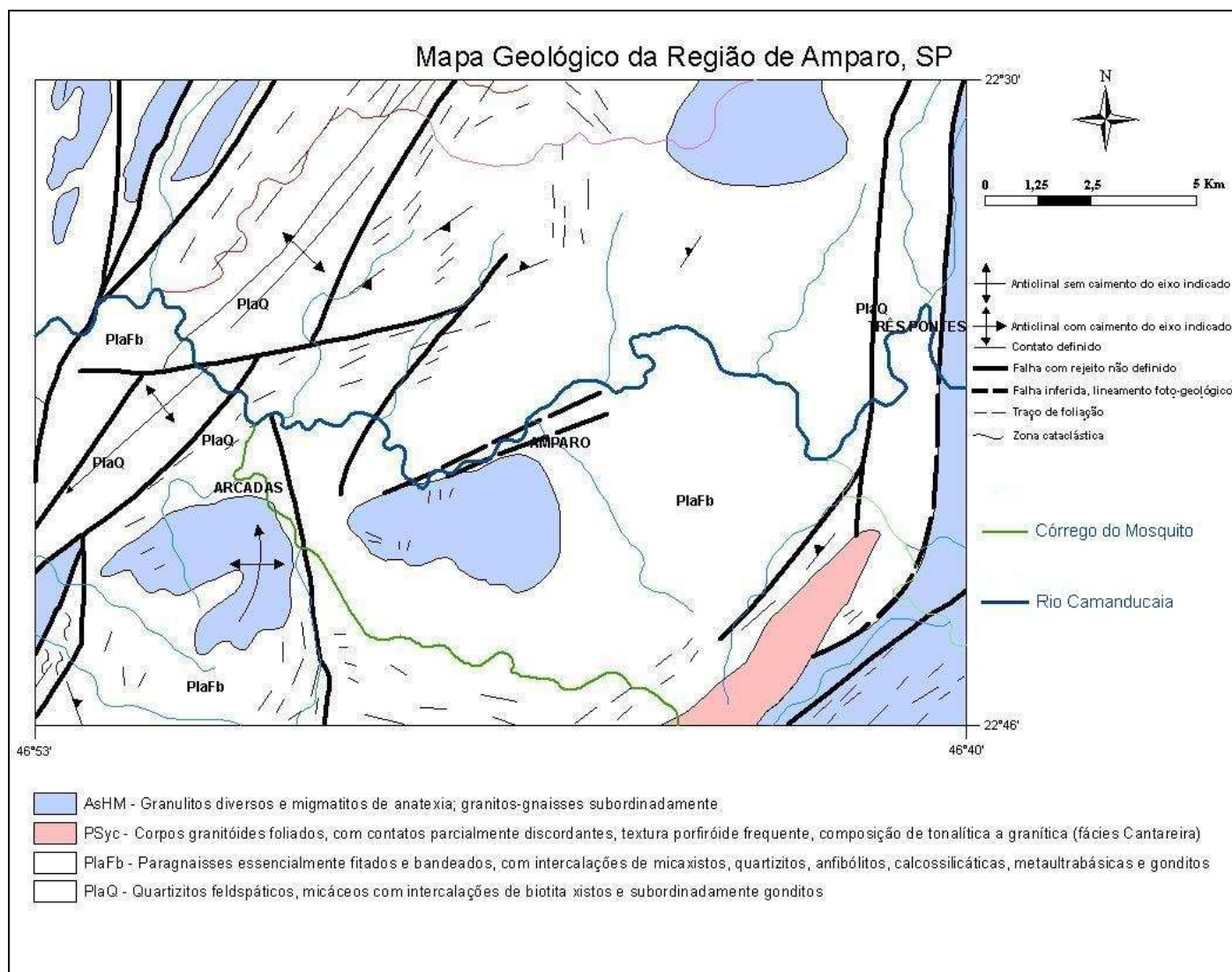


Figura 4 Mapa geológico da região de Amparo (modificado de DAEE/UNESP, 1982)



Figura 5 Gnaiss da área de estudo.

Conforme a Divisão Geomorfológica do Estado de São Paulo, o município se insere na Província do Planalto Atlântico. Neste contexto predomina um relevo com serras alongadas e morros com serras restritas, tratando-se de relevos residuais sustentados principalmente por rochas graníticas e quartzíticas, ambas do embasamento geológico cristalino.

Na planície de inundação do rio Camanducaia ocorrem largas faixas com solos hidromórficos e, em algumas regiões, é possível verificar a presença de matéria orgânica preservada, com coloração negra, ou ainda, mecanismos de gleização, produzindo colorações esverdeadas ou acinzentadas nos perfis de alteração. Nas partes mais superiores nota-se a presença de solo marrom, com textura siltico-arenosa, e grande quantidade de matéria orgânica.

Com relação à hidrologia e hidrogeologia, Amparo pertence à Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Camanducaia com 8.950 hectares e Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Jaguari com 5.170 hectares, ambas pertencentes à UGRHI-05, compondo o conjunto das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. O rio Camanducaia drena terras dos municípios de Monte Alegre do Sul, Pinhalzinho, Pedra Bela, Amparo, Santo Antônio da Posse e Pedreira.

Amparo localiza-se sobre o sistema aquífero cristalino que é do tipo fraturado, com sua parte aflorante localizado na porção leste do Estado de São Paulo. É constituído por rochas pré-cambrianas, correspondentes a rochas metamórficas (gnaisses, xistos, quartzitos, entre outras) e ígneas (granitos maciços e foliados), localmente ocorrem rochas intrusivas mais jovens (do início do Fanerozóico ou do Cretáceo) que apresentam comportamento hidráulico similar às rochas pré-

cambrianas. Denominado de aquífero pré-cambriano, seu potencial de produção é, de modo geral, mais baixo que o dos aquíferos granulares, no entanto é de grande importância para o abastecimento local, por exemplo, indústrias, propriedades rurais e condomínios (Fernandes *et al.* 2005).

Segundo DAEE (1972), geralmente estas rochas compactas são impermeáveis, mas eventos tectônicos, que afetaram os maciços cristalinos, formaram sistemas de falhas e fraturas normalmente permeáveis. A água percola estes sistemas abertos de falhas, fraturas, juntas, diáclases, etc. A largura das zonas fraturadas varia entre poucos metros até mais de 1500 m. A profundidade dos espaços abertos nas linhas tectônicas está por volta de 150 m, profundidade onde os espaços diminuem por compressão ou preenchimento.

Próximo à superfície, conforme Fernandes *et al.* (2005), as rochas cristalinas apresentam perfil de alteração, cuja espessura varia de menos de um metro a até dezenas de metros, constituída pelos horizontes “A”, “B” e “C” ou saprolito. O perfil como um todo é denominado de manto inconsolidado e se comporta principalmente como meio de porosidade granular, onde propriedades rurais, com necessidade de pequenas vazões, muitas vezes o exploram por meio de poços escavados (cacimbas).

Estudos de Fernandes *et al.* (2005), indicam que Amparo está localizado numa região do Aquífero Pré-Cambriano onde o potencial hidrogeológico é classificado como classe 3, isto é vazão entre 3 e 23 m³/h e capacidade específica entre 0,05 e 0,67 m³/h/m.

Campos (1993) demonstrou que no sistema aquífero cristalino as águas subterrâneas têm temperaturas que variam de 16,0 a 21,3 °C, pH de 5,61 a 8,96 e teores salinos inferiores a 250 mg L⁻¹ para 79% das amostras analisadas. As águas bicarbonatadas cálcicas perfazem um total de 33%, seguidas das bicarbonatadas cálcicas-sódicas (24%) e das bicarbonatadas sódicas (11%).

Segundo a classificação de Köppen, baseada em dados mensais pluviométricos e termométricos, o clima do município de Amparo caracteriza-se como do tipo Cwa, ou seja, tropical de altitude com inverno seco e verão chuvoso, com temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C (Tab. 7). O período de chuvas concentra-se entre os meses de outubro a março, coincidindo com os meses mais quentes (CEPAGRI 2007).

Tabela 7 Temperatura do ar e índice pluviométrico de Amparo-SP.

Temperatura do ar (°C)				Precipitação pluviométrica	Temperatura do ar (°C)				Precipitação pluviométrica
Mês	Mínima média	Máxima média	Média	Chuva (mm)	Mês	Mínima média	Máxima média	Média	Chuva (mm)
Janeiro	18.1	29.3	23.7	249.1	Julho	10.2	24.4	17.3	28.4
Fevereiro	18.3	29.3	23.8	199.0	Agosto	11.5	26.5	19.0	31.8
Março	17.6	29	23.3	162.9	Setembro	13.5	27.5	20.5	68.2
Abril	14.9	27.3	21.1	78.0	Outubro	15.2	28.0	21.6	121.9
Mai	12.2	25.3	18.8	62.1	Novembro	16.1	28.5	22.3	149.2
Junho	10.7	24.2	17.5	45.3	Dezembro	17.4	28.5	23.0	232.4
Ano						14.6	27.3	21.0	1428.3
Mínima/Máxima						10.2/18.3	24.2/29.3	17.3/23.8	28.4/249.1

Fonte: CEPAGRI/UNICAMP 2007.

Em relação à direção dos ventos, verifica-se que, independentemente da época do ano, o vento predominante provém da direção SE, dirigindo-se para NW. As direções N e NE atuam como 2^a e 3^a predominâncias.

O abastecimento de água é de responsabilidade do Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE, com 15.175 ligações no Município. A média de consumo mensal é de 659.704 m³. O manancial primário utilizado para a captação das águas é o rio Camanducaia. Capta-se também águas do córrego do Mosquito e poços tubulares profundos nos bairros distantes do centro. A fluoretação das águas está implantada desde fevereiro de 1997, excetuando as fontes e poços que recebem apenas cloração (Secretaria Municipal de Saúde de Amparo 2006).

Parte da população faz uso de fontes naturais, as quais são monitoradas pelo SAAE. As fontes São Benedito e Nossa Senhora do Amparo são administradas pelo SAAE, onde as torneiras de coleta são protegidas por construções de alvenaria e portões com cadeado, e a fonte Clube Floresta encontra-se nas dependências de um clube de mesmo nome (Fig. 6).



Figuras 6 (1) Fonte São Benedito, (2) Fonte Nossa Sra. do Amparo e (3) Fonte Clube Floresta.

Com relação ao esgotamento sanitário, a rede conta com 135 km de extensão com abrangência de 12.660 domicílios. Em 2006, o governo municipal iniciou a construção da estação de tratamento de esgotos, com término previsto para 2008 (Secretaria Municipal de Saúde de Amparo 2006).

Em 2002 a coleta de lixo passou a ser realizada pelo SAAE, sendo o lixo transportado para aterro sanitário, com coleta de 18.314,90 toneladas/ano. A coleta é diária na zona urbana, e realizada três vezes por semana nos bairros e nos dois Distritos. Não existe aterro industrial no município (Secretaria Municipal de Saúde de Amparo 2006).

Segundo relatório de gestão da Secretaria Municipal de Saúde de Amparo – 2006, a economia de Amparo baseia-se na indústria, serviços, comércio e agricultura. Em 2003, segundo dados da Fundação Seade, o município contava com 225 indústrias representando 42,23% da participação de empregos, 511 de serviços (30,6% dos empregos), 576 estabelecimentos comerciais (16,47% dos empregos) e cerca de 890 propriedades rurais (9,91% dos empregos).

As 890 propriedades rurais se estendem por cerca de 38.604,60 hectares. A produção agrícola tem como cultura perene principal o café, com 4.000.000 de pés, seguido da laranja e cana de açúcar; destacam-se ainda as culturas de chuchu (280 ha) e tomate (20 ha). Outra atividade expressiva é a avicultura com produção de ovos de 332.679 unidades/mês e 24.597.045 aves/mês para corte. O município conta com 04 abatedouros de corte e 02 fábricas de insumos agrícolas (Secretaria Municipal de Saúde de Amparo 2006).

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Amparo (SP), que conta com um território de 447,10 km² e uma área urbana de 33,79 km². Além de dois distritos administrativos, Arcadas e Três Pontes que abrangem, respectivamente, uma área de 1,57 km² e 0,39 km².

Amostras de águas superficiais foram coletadas em três pontos localizados junto aos locais de captação para as estações de tratamento (ETAs), sendo dois no rio Camanducaia (P05 e 06) e um no córrego do Mosquito (P07). A coleta de água tratada totalizou seis pontos, sendo quatro em ETAs (ETAs I (P02) e II (P01) na área urbana, ETA III (P16) em Três Pontes e ETA IV (P08) em Arcadas) e duas em Unidades de Saúde da Família (USFs) (P03 e 04), uma localizada na área urbana e outra em Três Pontes. Foram escolhidos os poços tubulares profundos utilizados para abastecimento público, perfazendo um total de sete poços distribuídos na área urbana e nos dois distritos (P09 a P15). Coletou-se também água de três fontes (P17 a P19), todas localizadas na área urbana, e de uma marca de água engarrafada adquirida no comércio local. As coletas foram realizadas nos meses de março, junho e dezembro de 2007, exceto para a água das fontes naturais e água engarrafada que foram coletas nos meses de dezembro de 2007 e janeiro de 2008 (Fig. 7).

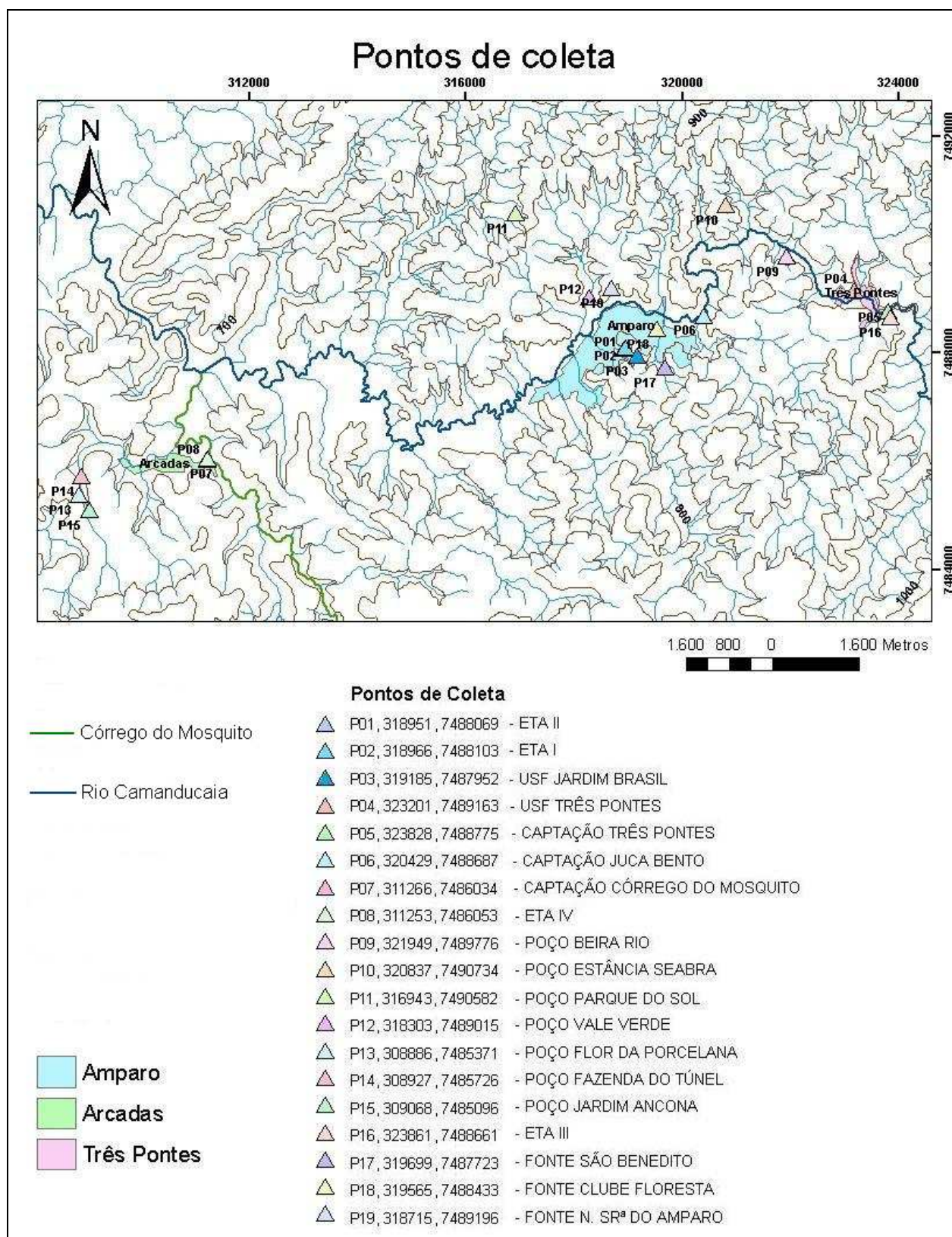


Figura 7. Localização dos pontos de coleta.

Os parâmetros físico-químicos da água (pH, Eh, condutividade, temperatura e totais de sólidos dissolvidos) foram determinados *in situ*, em todos os pontos, com o auxílio de equipamento portátil (Horiba-U22XD) devidamente calibrado com solução padrão Horiba-pH 4. Este instrumento realiza automaticamente a compensação do pH conforme a temperatura e a conversão da condutividade para temperatura de 25 °C. O eletrodo de Eh é de Ag:AgCl portanto, os valores de Eh medidos foram recalculados para o potencial padrão de hidrogênio (*Standard hydrogen electrode-SHE*), utilizando a seguinte equação:

$$Eh_{SHE} = Eh_{medido} + 209 - 0,7 (t - 25 \text{ }^{\circ}\text{C}) \text{ mV}$$

onde, 209 (mV) é o potencial do eletrodo de referência, relativo ao *SHE*, e 0,7 é um fator de correção em função da temperatura de aquisição de Eh (Nordstrom & Wilde 1998).

Em cada ponto coletou-se duas alíquotas de 50 ml, com o auxílio de seringa descartável acoplada a uma unidade filtrante de 0,45µm, em tubos de centrífuga de polipropileno. Também foram coletados 150 ml de água sem filtragem, para determinação da alcalinidade, no mesmo dia da coleta, pelo método da titulação. Para isto foram utilizadas 2 gotas de verde de bromocresol + vermelho de metila e a titulação foi feita com H₂SO₄ (0,16N).

Todos os materiais utilizados nas amostragens, antes de cada coleta, foram ambientalizados com a própria água a ser amostrada. Os frascos, após receberem identificação, permaneceram acondicionados em aproximadamente 4 °C, até a realização da análise no laboratório.

As análises químicas basearam-se na determinação dos íons maiores. Os ânions (F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, SO₄⁻, Br⁻, NO₃⁻ e PO₄³⁻) e cátions (Li⁺, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺ e Ca²⁺) foram determinados em cromatógrafo de íons da marca Dionex no Laboratório do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas. Foram preparadas soluções padrões com concentrações conhecidas (cinco para ânions e quatro para cátions), a partir de soluções intermediárias, para confecção das curvas e calibração do instrumento.

No laboratório do IG-Unicamp já foram realizadas análises de flúor utilizando-se a técnica do eletrodo de íon seletivo específico e de cromatografia iônica obtendo-se resultados rigorosamente idênticos (Andreazzini, 2005). Neste estudo optou-se pela técnica da cromatografia iônica porque

se trata de uma técnica adequada para a análise de flúor e para quantificar vários outros cátions e ânions presentes nas amostras de água.

Para o controle da qualidade analítica foram utilizados materiais de referência, *DIONEX Seven Anion Standard* diluído 20 vezes e *DIONEX Six Cation-II Standard (pH 3.0 ± 0.3)* diluído 50 vezes, as quais foram analisadas entre as leituras das amostras, não sendo aceitas variações maiores que 10%.

As águas foram classificadas quimicamente de acordo com os íons maiores, através do programa GW-CHART, o qual tem por princípio o cruzamento das quantidades percentuais dos teores em miliequivalente/grama dos cátions e ânions principais, resultando num diagrama denominado Piper.

O estudo sobre fluorose em Amparo (SP) caracteriza-se como descritivo simples, com fontes de dados documentais. Optou-se por busca de informação através dos portais www.bireme.br (Biblioteca Virtual de Saúde-BIREME), www.capes.gov.br (banco de teses) e www.google.com.br. Utilizaram-se como descritores: fluorose, saúde bucal, relatório, Amparo, Amparo, SP; os quais foram cruzados para obtenção de resultados.

RESULTADOS

De acordo com a distribuição das amostras no diagrama Piper, pode-se classificar a água superficial, subterrânea e a água engarrafada como água bicarbonatada mista. O diagrama para cátions permite observar que as amostras representam águas mistas, enquanto o triângulo para ânions mostra domínio do íon bicarbonato. A água de fontes foi classificada como água mista (Fig. 8).

As concentrações de fluoreto, nos diferentes pontos de coleta, estão expostas na Tabela 8 e o resultado completo encontra-se nas Tabelas em anexo A1-1, A1-2, A1-3 e A1-4. Observou-se, nos resultados da análise química, que alguns íons não apresentaram valores detectáveis. Como o ânion brometo em nenhuma das amostras; o lítio nas águas superficiais, fontes e engarrafada; o fosfato nas águas superficiais; e o amônio nas amostras de água tratada, subterrânea, fonte e água engarrafada.

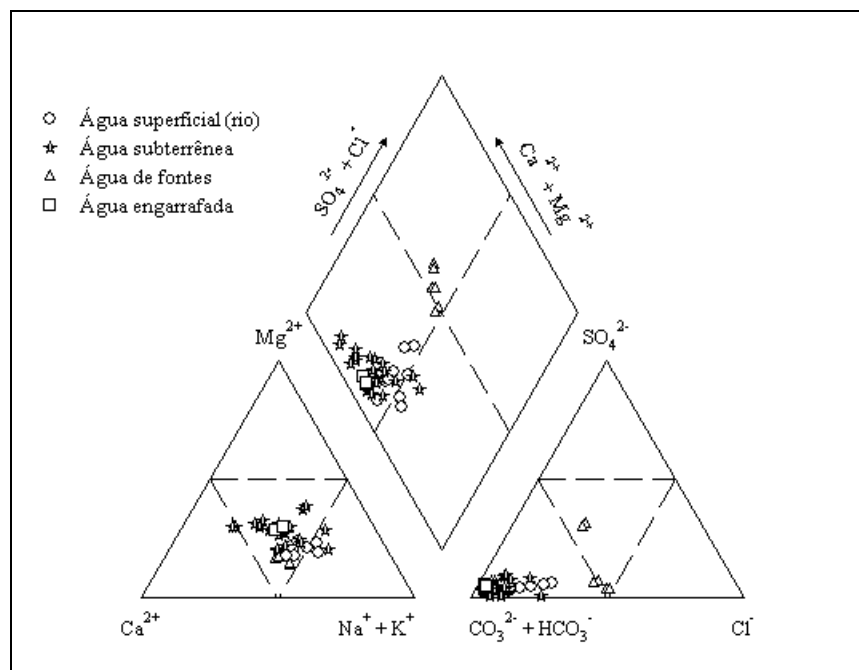


Figura 8. Composição das amostras de água segundo o diagrama de Piper.

Considerando a Portaria nº 518/2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) a qual estipula $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ como valor máximo de nitrogênio na forma de nitrito, 41,4% da somatória das amostras de água subterrânea, fontes e engarrafada, apresentaram concentrações de nitrito acima do permitido, observou-se, na totalidade das amostras variação entre $< 0,002$ a $3,7 \text{ mg L}^{-1}$. O nitrito pode ter como origens efluentes domésticos, em áreas sem rede de esgotos⁹, ou aplicação de fertilizantes nitrogenados (Campos 1993).

Tabela 8 Variação das concentrações de flúor em água (mg L^{-1}). O limite de detecção é de $0,01 \text{ mg L}^{-1}$

Tipos	Pontos de Coleta	Março/2007	Junho/2007	Dezembro/2007	Janeiro/2008
Superficial	Captação Juca Bento (P06)	0,14	0,10	0,12	---
	Captação Três Pontes ((P05)	0,14	0,09	0,12	---
	Captação Córrego do Mosquito (P07)	0,14	0,10	0,09	---
Tratada	ETA I (P02)	0,97	0,97	1,10	---
	ETA II (P01)	0,99	0,78	0,76	---
	ETA III (P16)	0,81	0,90	0,78	---
	ETA IV (P08)	0,57	0,48	0,81	---
	USF Jardim Brasil (P03)	0,79	0,85	0,80	---
	USF Três Pontes (P04)	1,40	0,84	0,95	---
Poços Tubulares	Loteamento Beira Rio (P09)	0,49	0,50	0,58	---
	Estância Seabra (P10)	0,21	0,10	0,23	---
	Parque do Sol (P11)	0,17	0,13	0,07	---
	Jardim Vale Verde (P12)	0,06	0,09	0,03	---
	Chácara Flor da Porcelana (P13)	0,08	0,14	0,06	---
	Fazenda do Túnel (P14)	<0,01	0,10	<0,01	---
	Jardim Ancona (P15)	0,16	0,16	0,14	---
Fontes	Fonte São Benedito (P17)	---	---	<0,01	0,06
	Fonte Clube Floresta (P18)	---	---	0,12	0,15
	Fonte Nossa Srª do Amparo (P19)	---	---	0,14	0,03
	Engarrafada	---	---	0,23	0,19

Constatou-se que para as nove coletas de água superficial o pH variou de 5,4 a 6,4, a condutividade elétrica de 5 a 8 mS/m, a temperatura de 16,1 a 24,8 °C, as concentrações de sólidos totais dissolvidos apresentaram variações de 0,03 a 0,05 g L^{-1} , Eh de 548 a 769 mV e a alcalinidade apresentou variação de 23,42 a 54,66 mg L^{-1} .

A partir dos resultados da análise química constatou-se que os ânions sódio, amônio, potássio, magnésio e cálcio, em geral apresentaram concentrações maiores no mês de junho, exceto o potássio no ponto córrego do Mosquito que apresentou maior concentração no mês de dezembro. Nos dois pontos do rio Camanducaia as menores concentrações foram observadas no mês de janeiro. No ponto do córrego do Mosquito constatou-se que somente o potássio exibiu menor concentração no mês de março. Para o sódio, o magnésio e o cálcio as menores concentrações foram observadas no mês de dezembro e o amônio não apresentou valor detectável nas amostras de janeiro e dezembro. Esse resultado é esperado devido o mês de junho representar período de estiagem e os meses de março e dezembro caracterizarem período chuvoso quando os elementos apresentam-se mais diluídos.

Observou-se, nos dois pontos do rio Camanducaia, que para os ânions cloreto e nitrato as maiores concentrações foram encontradas no mês de junho, constata-se menor concentração de cloreto no mês de março, e para o nitrato as concentrações dos meses de março e dezembro foram similares. As maiores concentrações de nitrito foram encontradas no mês de dezembro e as menores em março. Para o sulfato os meses de junho e dezembro apresentaram concentrações similares, representando as maiores concentrações.

Em relação ao fluoreto houve pouca variação entre as coletas, apresentando variação entre 0,09 e 0,14 mg L⁻¹. Observa-se, em cada ponto de coleta, que apesar de pequena variação de concentração, entre os meses de coleta, nos três pontos a maior concentração foi relatada no mês de março e a menor em junho (Fig. A2-1).

Observaram-se correlações positivas do Cl⁻ com SO₄²⁻ e NH₄⁺, SO₄²⁻ com NH₄⁺ e Ca²⁺, e NO₃⁻ com Na⁺, K⁺ e Mg²⁺. Constatou-se uma correlação negativa significativa do F⁻ com o íon amônio (NH₄⁺) (Tab A1-5). As correlações positivas podem estar indicando uma lixiviação de fertilizantes, como uréia e sulfato de amônia, usados amplamente como fonte de nitrogênio nas plantações.

Para a água subterrânea constataram-se os seguintes parâmetros físico-químicos: variação de pH entre 5,1 e 6,0, condutividade elétrica entre 5,0 e 27,0 mS m⁻¹, temperatura 20,0 e 24,1°C, totais de sólidos dissolvidos (TDS) 0,03 e 0,18 g L⁻¹, Eh com variação de 416 a 1054 mV e alcalinidade variando entre 28,30 e 171,78 mg L⁻¹.

Observou-se que, individualmente, os cátions lítio, sódio, potássio, magnésio e cálcio apresentaram concentrações similares nos meses de março e dezembro, representando as menores concentrações. Resultados que representam a sazonalidade da região. Os ânions sulfato e nitrato, individualmente, apresentaram concentrações similares nas três campanhas de coleta, com exceção do poço Loteamento Beira Rio onde a maior concentração foi observada no mês de dezembro e a menor em março. A variação de sódio foi de 3,1 a 39,8 mg L⁻¹, potássio 1,8 a 7,4 mg L⁻¹, magnésio 2,2 a 15,0 mg L⁻¹ e cálcio 2,2 a 33,4 mg L⁻¹, cloreto 1,7 a 10,9 mg L⁻¹, sulfato 0,1 a 13,2 mg L⁻¹, nitrato 0,34 a 3,9 mg L⁻¹.

Em relação ao fluoreto observou-se variação de <0,01 a 0,58 mg L⁻¹, com 100% das amostras apresentando concentração inferior ao estabelecido para o Estado de São Paulo. Constatou-se que em cada ponto de coleta o íon fluoreto apresentou variação de concentração. No poço Loteamento Beira Rio a maior concentração foi detectada no mês de dezembro (0,58 mg L⁻¹) e a menor em março (0,49 mg L⁻¹). No poço Estância Seabra a maior concentração de fluoreto apresentou-se em dezembro (0,23 mg L⁻¹) e a menor em junho (0,1 mg L⁻¹). Já nos poços Parque do Sol, Jardim Vale Verde, Chácara Flor da Porcelana e Jardim Ancona a menor concentração foi constatada no mês de dezembro. No poço Fazenda do Túnel não foram detectadas concentrações de fluoreto nos meses de março e dezembro, em junho foi de 0,1 mg L⁻¹ (Fig. A2-2).

Observaram-se correlações positivas do fluoreto com sulfato, cloreto e sódio; sulfato com sódio e bicarbonato; e magnésio com cálcio e sódio, além de potássio com magnésio; e magnésio com cálcio (Tab A1-6). Correlações que podem estar refletindo a alteração dos minerais da região.

As amostras de água tratada apresentaram pH no intervalo de 5,6 a 7,0, condutividade elétrica de 8,0 a 12,0 mS m⁻¹, temperatura 16,8 e 25,0 °C, as concentrações de sólidos totais dissolvidos variaram entre 0,05 a 0,08 g L⁻¹, o Eh situou-se entre 934 e 1092 mV e alcalinidade de 13,66 a 35,14 mg L⁻¹.

Observou-se que, a grande maioria dos cátions apresentaram as maiores concentrações no mês de junho e as menores em março. Constatou-se variação de sódio de 3,6 a 13,6 mg L⁻¹, potássio 2,7 a 5,2 mg L⁻¹, magnésio 1,1 a 4,2 mg L⁻¹ e cálcio 3,3 a 12,6 mg L⁻¹, cloreto 6,1 a 16,8 mg L⁻¹, sulfato 7,1 a 22,5 mg L⁻¹ e nitrato 0,29 a 0,73 mg L⁻¹.

Constatou-se que o fluoreto apresentou oscilações de concentração nas amostras coletadas, o mínimo encontrado foi de 0,48 mg L⁻¹ e máximo de 1,4 mg L⁻¹. Observou-se 29,4% das amostras dentro do intervalo considerado ideal para o Estado de São Paulo, 11,8% abaixo e 58,8% acima (Fig A2-3).

Para as amostras de água de fontes constatou-se variação de pH entre 4,7 e 5,7, condutividade elétrica 16,0 e 21,0 mS m⁻¹, temperatura 21,5 e 23,3°C, total de sólidos dissolvidos 0,10 e 0,14 g L⁻¹, Eh 561 e 823 mV e de alcalinidade variando entre 23,42 e 49,78 mg L⁻¹.

Observou-se que, entre os meses de coleta, os cátions potássio e magnésio apresentaram, individualmente, concentrações similares na fonte São Benedito, o sódio e o cálcio apresentaram maiores concentrações no mês de dezembro. Na fonte Clube Floresta, concentrações similares foram relatadas para potássio e cálcio, e maiores concentrações no mês de janeiro para sódio e magnésio. Na fonte Nossa Senhora do Amparo concentrações similares foram observadas para magnésio e cálcio, enquanto que para sódio e potássio as maiores concentrações foram relatadas no mês de janeiro.

Constatou-se que o sulfato apresentou a mesma concentração, entre os meses de coleta, na fonte Nossa Senhora do Amparo. Observou-se também que as maiores concentrações foram no mês de dezembro para o nitrito e o fosfato, e no mês de janeiro para cloreto e nitrato.

O fluoreto apresentou variação de 0,03 a 0,15 mg L⁻¹, houve aumento de concentração nas amostras de janeiro, exceto na fonte Nossa Senhora do Amparo. A amostra de dezembro da Fonte São Benedito não apresentou valor detectável (Fig. A2-4).

Observa-se na matriz de correlação para as amostras de águas de fontes e engarrafada (Tab A1-7), que o fluoreto apresentou correlação positiva com o íon bicarbonato e negativa com os íons cloreto, nitrato, sódio, potássio e cálcio.

Constatou-se que as amostras de água engarrafada, em dezembro de 2007 e janeiro de 2008 apresentaram, respectivamente, valores de pH de 5,7 e 5,0, condutividade elétrica 10,0 e 9,0 mS m⁻¹, temperatura 22,7 e 22,5 °C, total de sólidos dissolvidos 0,06 e 0,06 g L⁻¹, Eh 563 e 540mV e alcalinidade de 57,58 e 52,70 mg L⁻¹.

Observou-se que, individualmente, os cátions sódio, potássio e magnésio apresentaram as mesmas concentrações nas coletas de dezembro e janeiro. O cálcio apresentou maior concentração no mês de dezembro. Constatou-se que os ânions cloreto e fosfato, separadamente, apresentaram as mesmas concentrações nos dois meses de coleta. Observou-se que o nitrito e o sulfato apresentaram maior concentração no mês de dezembro.

A concentração de fluoreto relatada pelo produtor é de 0,11 mg L⁻¹. Constatou-se que as amostras de dezembro/2007 e janeiro/2008 apresentaram, respectivamente, concentrações de 0,23 e 0,19 mg L⁻¹. A precipitação pluviométrica em janeiro é maior, portanto os resultados de concentração refletem diluição no referido mês.

A pesquisa nas bases de dados, sobre fluorose dentária, revelou 866 referências sendo apenas uma pertinente ao objetivo da pesquisa. A única fonte encontrada foi o Plano Municipal de Saúde de Amparo (Conselho Municipal de Saúde de Amparo 2005), levantamento realizado em parceria com a Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP, onde indica que o percentual de fluorose dentária em escolares de 12 anos de idade da rede pública e privada de ensino, nos anos de 1999, 2002 e 2004 foi, respectivamente, 10,80%, 7,41% e 34,00% (Tab. 9). Os graus de fluorose moderada e severa não foram observados nos dois primeiros estudos (1999 e 2002). No estudo de 2004 foram observados 0,60% de casos de fluorose moderada (Tab. 9).

Tabela 9 Composição percentual de fluorose dental aos 12 anos no município de Amparo, SP

Condição	1999	2002	2004
Normal	72,20	81,48	63,20
Questionável	19,00	11,11	2,90
Muito Leve	9,50	6,48	29,90
Leve	1,30	0,93	3,50
Moderada	0,00	0,00	0,60
Severa	0,00	0,00	0,00

Fonte: Secretaria Municipal de Saúde de Amparo, SP. Plano Municipal de Saúde de Amparo 2005-2008.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A avaliação da qualidade das águas naturais e de abastecimento público de Amparo, objeto deste estudo, não pode ser considerada completa porque esteve baseada em poucas coletas realizadas ao longo de apenas um ano e porque não incluiu análises biológicas que poderiam ter ensejado o cálculo de índices de qualidade de água. Não obstante, o principal objetivo desta pesquisa com foco na determinação dos níveis atuais de flúor em águas foi atingido, devendo-se ressaltar que o método analítico escolhido (cromatografia iônica) é um dos mais indicados para a determinação de fluoreto em soluções aquosas. A pesquisa nas bases de dados, sobre prevalência de fluorose dental em Amparo, resultou em apenas uma fonte, porém considerada confiável, pois foi realizada pela Secretaria de Saúde do município em conjunto com a Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP, empregando metodologia recomendada pela Organização Mundial de Saúde.

Em municípios com flúor na água de abastecimento, o Estado de São Paulo apresenta uma média de 13,77% de fluorose dental, em escolares aos 12 anos de idade, representados por 10,92% da forma muito leve, 2,18% leve, 0,61% moderada e 0,06 severa (Secretaria de Saúde de São Paulo 2002). A prevalência relatada de 34% no município de Amparo encontra-se acima da média para o Estado. Contudo as formas muito leve e leve foram as responsáveis por este excedente. A prevalência de fluorose dental, em Amparo, é inferior à encontrada em estudos anteriores (Cangussu *et al.* 2001, Gomes *et al.* 2004), em municípios com flúor na água de abastecimento. Relata-se também prevalências similares (Catani *et al.* 2007, Oliveira Júnior *et al.* 2006) em outros municípios. São extensos os relatos dos benefícios da fluoretação no controle e prevenção da cárie dentária. Contudo a exposição a outras fontes de flúor podem agravar a severidade da doença. Portanto indica-se a necessidade de vigilância e investigação para o controle e prevenção desta situação.

No presente estudo constatou-se que os resultados das águas superficiais não apresentaram alterações em relação aos parâmetros de qualidade da CETESB, e manteve-se abaixo do limite para flúor estipulado pelo CONAMA. As concentrações de fluoreto encontradas nos rios (intervalo de 0,09 a 0,14 mg L⁻¹) estão dentro da média para águas superficiais²¹.

A Resolução 396/2008 do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, estipula o valor máximo de flúor para água subterrânea em $1,5 \text{ mg L}^{-1}$. Os poços, fontes naturais e água engarrafada apresentaram-se dentro deste limite, porém abaixo do ideal para o Estado de São Paulo em 100% das amostras.

Não foi refletida nos poços utilizados para abastecimento público, a mesma concentração elevada de flúor encontrada no poço de monitoramento da CETESB. Por ter abrangido maior número de poços este estudo reflete melhor a qualidade da água subterrânea no município de Amparo, porém é indicada a necessidade de estudos adicionais visando os poços particulares.

Segundo Oliveira *et al.* (2004), os principais tipos de rochas, da região, são biotita-hornblenda gnaiss e ou hornblenda-biotita gnaiss; há ocorrências de granodioritos, anfibolitos e quartizitos; rochas passíveis de conterem flúor em suas estruturas. Pode-se concluir que as baixas concentrações de flúor encontradas nos poços, fontes e água engarrafada são compatíveis com as rochas e minerais encontradas na região e o tipo de aquífero.

Em relação à água tratada observaram-se oscilações na concentração de flúor. Contudo, constatou-se uma maior frequência de teores acima do recomendado, fato que indica a necessidade de heterocontrole (controle operacional).

Apesar de não ser o foco da pesquisa, o nitrito receberá uma explanação, pelo fato de terem sido encontradas concentrações que excederam o permitido nos poços, fontes e água engarrafada. Níveis elevados de compostos nitrogenados, nos seus diferentes estados de oxidação (nitrogênio amoniacal e albuminóide, nitrito e nitrato) podem constituir risco à saúde humana, pois o seu consumo está associado à indução à metemoglobinemia (Alaburda & Nishihara 1998, Fernícola & Azevedo 1981) e a formação de nitrosaminas e nitrosamidas, substâncias potencialmente carcinogênicas (Garófolo *et al.* 2004, Gomes-Carneiro *et al.* 1997). Por estes motivos é indicada a necessidade de vigilância e estudos adicionais visando o conhecimento da origem deste composto e a sua influência sobre a saúde dos indivíduos expostos.

Estima-se que 90% da população da área de estudo é abastecida pelas ETAs, que apresentaram concentrações oscilantes de flúor, predominando níveis acima do recomendado. Contudo em se tratando de uma cidade do circuito das águas, as águas de fontes naturais são muito utilizadas para consumo doméstico, além da água engarrafada e poços, que apresentaram concentrações de

flúor abaixo do recomendado. Portanto, é indicada a necessidade de estudos adicionais com o intuito de mensurar o consumo das diferentes fontes de água e sua contribuição de fluoreto, tanto para o controle e prevenção da cárie dental quanto para a epidemiologia da fluorose dentária.

REFERÊNCIAS

1. Agência Nacional de Águas (ANA). Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil. Disponível em URL: <http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/Cadernos%20de%20recursos%20h%EDdricos%20-%20volume%205.pdf>.
2. Alaburda J & Nishihara L. Presença de compostos de nitrogênio em água de poços. *Rev. Saúde Pública* 1998; 32(2): 160-165.
3. Allmann R & Koritning S. Fluoride. In: Wedepohl KH. Handbook of Geochemistry. Springer-Verlag Berlin. Heidelberg; 1972. 66p.
4. Ampabire WB, Boyle DR, Michel FA. Geochemistry, genesis, and health implications of fluoriferous groundwaters in the upper regions of Gana. *Environmental Geology* 1997; 33(1): 13-24.
5. Bell FG. Environmental geology: principles and practice. Malden; Blackwell; 1998.
6. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Relatórios de qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo período 2001-2003. Disponíveis em URL: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/publicacoes.asp>.
7. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Relatórios de qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo período 2004-2006. Disponíveis em URL: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/publicacoes.asp>.
8. Campos HCNS. Caracterização e cartografia das províncias hidrogeológicas do Estado de São Paulo. [Tese de Doutorado] São Paulo: Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo; 1993.
9. Campos Neto MC, Perrota MM, Peloggia AUG. 1990. A porção ocidental da Faixa Alto Rio Grande (SP-MG). In: SBG, Congr. Bras. Geol., 36, *Anais*, 6: 2615-2630.

10. Cangussu MCT, Coelho EO, Castellanos Fernandez RA. Epidemiologia e iniquidade em saúde bucal aos 5, 12 e 15 anos de idade no município de Itatiba, São Paulo, 2000. *Rev. FOB* 2001; 9(1/2): 77-85.
11. Cangussu MCT, Narvai PC, Fernandez RC, Djehizian V. A fluorose dentária no Brasil: uma revisão crítica. *Cad. Saúde Pública* 2002; 18(1): 7-15.
12. Catani DB, Hugo FN, Sousa MLR, Cury JA. Relação entre níveis de fluoreto na água de abastecimento público e fluorose dental. *Rev. Saúde Pública* 2007; 41(5): 732-39.
13. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura (CEPAGRI). Disponível em: <<http://orion.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acessado em 5 de setembro de 2007.
14. Conselho Municipal de Saúde de Amparo. Plano municipal de saúde de Amparo 2005 a 2008. Disponível em URL: http://www.amparo.sp.gov.br/saiba_mais/saude/plano_sms_2005_2008.pdf.
15. Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). 1972. Estudo de águas subterrâneas – Avaliação preliminar. São Paulo, SP.
16. Fernandes AJ *et al.* 2005. Aquíferos fraturados. *In*: Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, pp: 66-84.
17. Fernícola NGG & Azevedo FA. Metemoglobinemia e nitrato nas águas. *Rev. Saúde Pública* 1981; 15: 242-248.
18. Foster S, Ventura M, Hirata R. Poluição das águas subterrâneas: Um documento executivo da situação da América Latina e Caribe com relação ao abastecimento de água potável. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Geológico; 1993.
19. Garófalo A. *et al.* Dieta e câncer: um enfoque epidemiológico. *Rev. Nutr.* 2004; 17(4): 491-505.
20. Goldschmidt VM. Geochemistry. Claredon; Oxford; 1970.

21. Gomes-Carneiro MR, Ribeiro-Pinto LF, Paumgartten FJR. Fatores de risco ambientais para o câncer gástrico: a visão do toxicologista. *Cad. Saúde Pública* 1997; 13(1): 27-38.
22. Gomes PR, Costa SC, Cypriano S, Souza MLR. Paulínia, São Paulo, Brasil: situação da cárie dentária com relação às metas OMS 2000 e 2010. *Cad. Saúde Pública* 2004; 20(3): 866-70.
23. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000. Disponível em URL: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/default.shtm>.
24. Licht OAB, Morita MC, Tarvainen T. A utilização de dados de prospecção geoquímica da fluorita no primeiro planalto paranaense na identificação de áreas de interesse para a saúde pública: Uma abordagem preliminar. *Geochim. Brasil*. 1996; 10(1): 57-69.
25. Marimon MPC *et al*. Anomalous fluoride concentration in groundwater – is it natural or pollution? A stable isotope approach. *Isotopes Environ Health Stud*. 2007; 43(2): 165-175.
26. Mirlean N, Casartelli MR, Garcia MRD. Propagação da poluição atmosférica por flúor nas águas subterrâneas e solos de regiões próximas às indústrias de fertilizantes (Rio Grande, RS). *Quím. Nova* 2002; 25(2): 191-195.
27. Nordstrom DK & Wilde FD. 1998. Reduction-Oxidation Potencial (Electrode Method). U.S. Geological Survey, TWRI, book 9, 20 p.
28. Oliveira Junior SR, Cangussu MCT, Lopes LS, Soares AP, Ribeiro AA, Fonseca LA. Fluorose dentária em escolares de 12 e 15 anos de idade. Salvador, Bahia, Brasil, nos anos 2001 e 2004. *Cad. Saúde Pública* 2006; 22(6): 1201-06.
29. Oliveira MAF, Zanardo A, Lazarini AP, Silva AHM, Nardy AJR. Caracterização petrográfica e geoquímica de rochas anfíbolíticas e metamáficas associadas às faixas metamórficas Amparo e Itapira na região nordeste de São Paulo. *Rev. Bras. Geoc.* 2004; 34(3): 393-400.

30. Panagoulas TI & Silva Filho EV. Estudo hidrogeoquímico do flúor nas águas subterrâneas das bacias dos rios Casseribú, Macacú e São João, Estado do Rio de Janeiro. *In: da Silva CR, Figueiredo BR, de Capitani EM, da Cunha FG. Geologia Médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente. São Paulo: CPRM-Serviço Geológico do Brasil; 2006. p. 126-129.*
31. Peloggia AUG. A Faixa Alto Rio Grande na região de Amparo (SP). [Dissertação de Mestrado] São Paulo: Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo; 1990.
32. Ramires I, Grecc RH, Cattán L, Moura PG, Lauris JR, Buzalaf MA. Avaliação da concentração de flúor e do consumo de água mineral. *Rev. Saúde Pública* 2004; 38(3): 459-465.
33. Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública-Universidade de São Paulo. Condições de Saúde Bucal no Estado de São Paulo em 2002: Relatório Final. Disponível em URL: http://portal.saude.sp.gov.br/resources/gestor/destaques/saude_bucal/condicoes_de_saude_bucal,2002.pdf.
34. Secretaria Municipal de Saúde de Amparo 2005. Plano municipal de saúde de Amparo 2005 a 2008. Disponível em: http://www.amparo.sp.gov.br/saiba_mais/saude/plano_sms_2005_2008.doc. Acessado em 12 de agosto de 2006.
35. Secretaria Municipal de Saúde de Amparo 2006. Relatório de gestão da Secretaria Municipal de Saúde de Amparo 2006, São Paulo, 105p.
36. Smith FA & Ekstrand J. The occurrence and chemistry of fluoride. In: Fejerskov O, Ekstrand J, Burt BA. Fluoride in Dentistry. 2nd ed. Copenhagen: Munksgaard; 1996. p: 17-26.
37. Smith KS & Huyck HLO. An overview of the abundance, relative mobility, bioavailability, and human toxicity of metals. In: Plumlee GS, Logsdon MJ. The environmental geochemistry of mineral deposits. Volume 6. Society of economic geologists, Inc. Littleton, USA; 1999. p: 29-69.

38. Toassi RFC & Abegg A. Fluorose dentária em escolares de um município da Serra Gaúcha, Rio Grande do Sul, Brasil. *Cad. Saúde Pública* 2005; 21(2): 652-655.
39. Velásquez LNM *et al.* Fluorose dentária e anomalias de flúor em água subterrânea no município de São Francisco-Minas Gerais, Brasil. In: *da Silva, CR. et al. Geologia Médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente.* Rio de Janeiro: CPRM – Serviço Geológico do Brasil; 2006. p: 110-117.
40. Wernick E. 1978. Contribuição à estratigrafia do Pré-Cambriano do leste do Estado de São Paulo e áreas vizinhas. *Rev.Bras. Geoc.*, **8**:206-216.

ANEXOS

Tabela A1-1. Parâmetros físico-químicos e composição química das amostras de água tratada. A 1ª coleta refere-se a março/2007, 2ª junho/2007 e 3ª dezembro/2007.

		ETA II			ETA I			USF JARDIM BRASIL			USF TRÊS PONTES			ETA IV			ETA III				
		P01			P02			P03			P04			P08			P16				
	Unidades	Mar/07	Jun/07	Dez./07	Mar/07	Jun/07	Dez./07	Mar/07	Jun/07	Dez./07	Mar/07	Jun/07	Dez./07	Mar/07	Jun/07	Dez./07	Jun/07	Dez./07	LD	ANVISA	
Ph	---	6,1	5,9	6	6,5	5,7	6	6,7	5,7	5,9	7	6	6	5,7	5,9	5,9	5,6	6,2	---	---	
Cond	mS/m	9	11	11	10	10	11	9	10	12	10	8	10	11	10	11	8	10	---	---	
Temp.	°C	23,1	17,7	22,8	23,5	17,5	23,1	24,9	18,8	23,8	25	19	23,9	23,3	18	22,6	16,8	22,8	---	---	
TDS	g/L	0,06	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,06	0,07	0,08	0,06	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,05	0,06	---	1	
Eh	MV	968	968	962	985	965	987	934	936	973	942	981	1013	1027	980	1092	1000	1001	---	---	
[HCO3]	mg/L	31,23	25,38	29,28	27,33	23,42	21,47	25,38	27,33	21,47	35,14	19,52	17,57	31,23	33,18	13,66	19,52	19,52	---	---	
F ⁻		0,99	0,78	0,76	0,97	0,97	1,1	0,79	0,85	0,8	1,4	0,84	0,95	0,57	0,48	0,81	0,9	0,78	0,01	1,5	
Cl ⁻		10,2	11,6	14,3	10,2	11,1	14	11,1	10,5	16,8	8,5	8,1	12,4	8,2	6,1	10,8	8,1	12,4	0,03	250	
NO ₂ ⁻ -N		<0,002	<0,002	0,7	<0,002	<0,002	0,8	<0,002	<0,002	0,72	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,52	<0,002	<0,002	0,002	1	
SO ₄ ²⁻		10,8	9,4	18,5	16,5	9,6	19,4	14	9	17,2	13	7,1	19,6	19,7	13,4	22,5	7,2	19,5	0,02	250	
Br ⁻		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	---
NO ₃ ⁻ -N		0,39	0,51	0,47	0,38	0,44	0,45	0,44	0,49	0,54	0,42	0,67	0,53	0,55	0,73	0,29	0,69	0,51	0,01	10	
PO ₄ ³⁻ -P		0,05	0,08	0,06	<0,02	0,05	0,04	0,12	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	---
Li ⁺		<0,01	0,07	<0,01	<0,01	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	---
Na ⁺		3,8	8,7	5,5	4,3	9,1	5,4	3,6	6,7	5,6	13,6	12	9,7	6,8	11,9	5,6	11,9	10,1	0,02	200	
NH ₄ ⁺		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	---
K ⁺		2,9	5	3,9	2,7	5	3,5	3	3,8	3,7	3	3,8	3,2	3,4	5,2	4,5	4	3,3	0,05	---	
Mg ²⁺		1,3	2	1,6	1,3	2,1	1,5	1,1	2	1,5	1,2	1,9	1,3	2,6	4,2	2	2	1,3	0,03	---	
Ca ²⁺		8,8	11	9,8	9,4	11,9	11,3	9,6	12,6	11,3	3,3	4,6	3,9	7,4	9,8	7,4	4,5	4	0,05	---	

Tabela A1-2. Parâmetros físico-químicos e composição química das amostras de rios. A 1ª coleta refere-se a março/2007, 2ª junho/2007 e 3ª dezembro/2007.

		Rio Camanducaia										
		Captação Três Pontes			Captação Juca Bento			Capt. córrego do Mosquito				
		P05			P06			P07				
	Unidades	Mar/07	Jun/07	Dez./07	Mar/07	Jun/07	Dez./07	Mar/07	Jun/07	Dez./07	LD	CONAMA
Ph	---	6,3	6,1	6,4	5,4	5,6	6,1	5,5	5,5	6,2	---	---
Cond	mS/m	5	6	5	5	8	8	8	8	8	---	---
Temp.	°C	22,8	16,6	21,8	22,7	16,1	22	24,8	18,4	22,7	---	---
TDS	g/L	0,03	0,04	0,04	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	---	0,5
Eh	MV	661	627	648	644	676	717	548	584	769	---	---
[HCO ₃]	mg/L	29,28	23,42	27,33	29,28	27,33	31,23	54,66	40,99	40,99	---	---
F ⁻		0,14	0,09	0,12	0,14	0,1	0,12	0,14	0,1	0,09	0,01	1,4
Cl ⁻		2,6	3,6	3,2	2,7	6,4	6,3	2,1	3,7	2,6	0,03	250
NO ₂ -N		<0,002	0,01	0,81	<0,002	0,01	0,74	<0,002	<0,002	0,98	0,002	1
SO ₄ ²⁻		0,75	1,1	1,2	0,87	1,9	1,9	0,99	1,5	2,4	0,02	250
Br ⁻		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	---
NO ₃ ⁻ -N		0,37	0,65	0,37	0,36	0,51	0,41	0,53	0,73	0,28	0,01	10
PO ₄ ³⁻ -P		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	0,025
Li ⁺		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	---
Na ⁺		3,1	6,8	3,5	3,7	9	5,1	6,8	13,7	5,2	0,02	---
NH ₄ ⁺		<0,05	0,39	0,38	<0,05	0,58	0,34	<0,05	0,47	<0,05	0,05	---
K ⁺		2,8	4,1	3,3	3,1	4,5	3,7	3,6	6,5	7,9	0,05	---
Mg ²⁺		1,2	2	1,3	1,4	2,3	1,5	2,5	4	1,8	0,03	---
Ca ²⁺		3,2	4,6	3,6	3,7	7,5	5,5	5,3	7,1	4	0,05	---

Tabela A1-3. Parâmetros físico-químicos e composição química das amostras de água subterrânea. A 1ª coleta refere-se a março/2007, 2ª junho/2007 e 3ª dezembro/2007.

		Loteamento Beira Rio			Estância Seabra			Parque do Sol			Jardim Vale Verde			Chácara Flor da Porcelana			Fazenda do Túnel			Jardim Ancona				
		P09			P10			P11			P12			P13			P14			P15				
	Unidades	Mar/07	Jun/07	Dez./07	Mar/07	Jun/07	Dez./07	Mar/07	Jun/07	Dez./07	Mar/07	Jun/07	Dez./07	Mar/07	Jun/07	Dez./07	Mar/07	Jun/07	Dez./07	Mar/07	Jun/07	Dez./07	LD	ANVISA
Ph	---	5,4	5,7	6	5,3	5,8	5,9	5,5	5,6	6	5,6	5,4	5,9	5,8	5,3	6	5,4	5,1	5,7	5,8	5,3	5,9	---	---
Cond	mS/m	23	21	27	15	16,5	18	22	18,2	22	16	18	18	12	13	13	5	6	7	10	11	11	---	---
Temp.	°C	22,6	23	23	23,2	22,3	23,4	24,1	21,5	24	22,4	22,2	22,4	23	22,7	23,2	23,8	22,4	24	23,8	22,8	23,6	---	---
TDS	g/L	0,15	-----	0,18	0,1	-----	0,12	0,14	-----	0,15	0,11	0,11	0,11	0,08	0,08	0,08	0,03	0,04	0,05	0,07	0,07	0,07	---	1
Eh	MV	500	-----	642	892	-----	663	990	-----	997	863	977	751	416	603	583	546	563	1054	500	895	846	---	---
[HCO3]	mg/L	171,78	150,3	144,45	111,26	76,13	86,86	165,92	124,93	124,93	121,02	101,5	96,62	87,84	72	70	31,23	40,99	28,3	74,18	50,75	57,58	---	---
F ⁻		0,49	0,5	0,58	0,21	0,1	0,23	0,17	0,13	0,07	0,06	0,09	0,03	0,08	0,14	0,06	0,01	0,1	0,01	0,16	0,16	0,14	0,01	1,5
Cl ⁻		6	8,9	8,6	3,2	10,4	6,6	10,9	9,8	9	2	2,6	2	1,9	2,2	2,7	2,2	1,7	5,8	1,9	2,4	1,8	0,03	250
NO ₂ -N		<0,002	3,3	3,7	<0,002	<0,002	2,4	<0,002	<0,002	2,4	<0,002	<0,002	2,3	<0,002	<0,002	1,9	<0,002	<0,002	1,5	<0,002	<0,002	1,5	0,002	1
SO ₄ ²⁻		10,7	12,1	13,2	6,5	6,6	6,3	4,4	4,7	4,3	3,3	3,4	2,6	1,8	1,9	1,9	0,1	0,16	0,12	1,3	1,5	1,6	0,02	250
Br ⁻		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	---
NO ₃ ⁻ -N		0,34	0,38	0,5	2,7	2,5	2,4	1,2	1,5	1,4	3,5	3,9	3,4	1,5	1,5	0,91	0,7	0,63	0,72	1,5	1,6	1,5	0,01	10
PO ₄ ³⁻ -P		<0,02	<0,02	<0,02	0,07	0,1	0,11	<0,02	0,04	<0,02	<0,02	0,03	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	0,02	---
Li ⁺		0,04	0,08	0,04	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	<0,01	0,16	<0,01	<0,01	0,38	<0,01	0,005	0,39	<0,01	0,01	---
Na ⁺		21,5	39,8	19,4	16,6	38,1	17,1	18,7	28,9	14,4	14,8	25,4	13,2	7,2	11,6	6,2	3,5	8,8	6,4	3,5	8,5	3,1	0,02	200
NH4 ⁺		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	---
K ⁺		4,3	7,4	4,9	3,1	4,3	3	3,7	6,2	3,4	2,5	4	3	2,4	3,7	2,3	1,8	6,1	2,2	2,2	5,2	2	0,05	---
Mg ²⁺		6,3	12,1	6,1	5,2	7,6	4,9	7,8	15	7,4	6	10,9	5,7	4,9	8,4	4,4	2,2	6,1	2,2	3,9	7,2	3,7	0,03	---
Ca ²⁺		20,8	33,4	19,9	10,3	12,9	10,3	17,7	27,3	16,8	12,2	18,7	11,7	11,3	16,6	10	2,2	5,3	2,3	11	16,4	10,6	0,05	---

Tabela A1-4. Parâmetros físico-químicos e composição química das amostras de água das fontes e engarrafada. A 1ª coleta refere-se a dezembro/2007 e a 2ª janeiro/2008.

		Fonte São Benedito		Fonte Clube Floresta		F. N.Sra.do Amparo		Engarrafada			
		P17		P18		P19		P20			
		Unidades	Dez/07	Jan/08	Dez/07	Jan/08	Dez/07	Jan/08	Dez/07		
Ph	---	5,3	4,8	5,6	5	5,7	4,7	5,7	5	---	---
Cond	mS/m	18	19	21	20	16	16	10	9	---	---
Temp.	°C	23,2	22,3	23,3	23	21,9	21,5	22,7	22,5	---	---
TDS	g/L	0,12	0,12	0,14	0,13	0,1	0,1	0,06	0,06	---	1
Eh	MV	823	575	791	561	695	608	563	540	---	---
[HCO3]	mg/L	35,14	35,14	49,78	42,94	23,42	23,42	57,58	52,7	---	---
F ⁻		<0,01	0,06	0,12	0,15	0,14	0,03	0,23	0,19	0,01	1,5
Cl ⁻		17,7	16,2	17,9	14,9	13,3	14	1	1,1	0,03	250
NO ₂ -N		2,4	<0,002	1,9	<0,002	1,2	<0,002	1,4	<0,002	0,002	1
SO ₄ ²⁻		3,8	3,1	28,5	22,9	1,3	1,3	2,6	2	0,02	250
Br ⁻		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	---
NO ₃ ⁻ -N		11,4	10,5	0,5	7,3	8,9	9,5	1	1,2	0,01	10
PO ₄ ³⁻ -P		0,04	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	0,03	0,03	0,02	---
Li ⁺		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,01	---
Na ⁺		16,8	15,9	14,4	15,4	10,7	11,2	6,5	6,4	0,02	200
NH ₄ ⁺		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	---
K ⁺		3,9	3,6	2,7	2,7	2,6	3,1	2,9	3	0,05	---
Mg ²⁺		2,8	2,8	6,5	7	2,6	2,7	3,5	3,4	0,03	---
Ca ²⁺		13,5	12,8	12,7	12,8	11	11	7,5	6,3	0,05	---

Tabela A1-5. Matriz de correlação água superficial.

F⁻	1															
Ph	-0,164	1														
Cond	-0,432	-0,343	1													
Temp.	0,713	0,113	-0,1499	1												
TDS	-0,52	-0,183	0,9419	-0,195	1											
Eh	-0,348	0,532	0,0864	0,024	0,069	1										
Cl⁻	-0,341	-0,038	0,4174	-0,57	0,429	0,329	1									
NO₂⁻-N	-0,256	0,633	0,1324	0,315	0,299	0,706	0,09098	1								
SO₄²⁻	-0,679	0,124	0,7157	-0,217	0,738	0,691	0,50168	0,6236	1							
NO₃⁻-N	-0,347	-0,444	0,3095	-0,622	0,317	-0,678	0,16718	-0,602	-0,1639	1						
Na⁺	-0,506	-0,551	0,6299	-0,587	0,604	-0,4	0,28199	-0,374	0,26951	0,83162	1					
NH4⁺	-0,572	-0,044	0,2598	-0,841	0,409	-0,07	0,74226	-0,062	0,29445	0,57465	0,589	1				
K⁺	-0,737	-0,045	0,6163	-0,201	0,603	0,348	-0,0221	0,3529	0,75442	0,11698	0,52	0,095	1			
Mg²⁺	-0,39	-0,588	0,6078	-0,403	0,578	-0,513	0,0682	-0,38	0,17166	0,81295	0,97	0,413	0,528	1		
Ca²⁺	-0,412	-0,568	0,7491	-0,599	0,718	-0,231	0,64567	-0,302	0,41184	0,66163	0,865	0,703	0,322	0,765	1	
[HCO3]	0,19	-0,402	0,5792	0,524	0,514	-0,358	-0,4114	-0,01	0,1036	0,11755	0,304	-0,415	0,357	0,487	0,197	1
	F⁻	Ph	Cond	Temp.	TDS	Eh	Cl⁻	NO₂⁻-N	SO₄²⁻	NO₃⁻-N	Na⁺	NH4⁺	K⁺	Mg²⁺	Ca²⁺	[HCO3]

Tabela A1-6. Matriz de correlação para água subterrânea

F⁻	1																
Ph	0,058	1															
Cond	0,643	0,339	1														
Temp.	-0,069	0,276	-0,1701	1													
TDS	0,663	0,342	0,9854	-0,181	1												
Cl⁻	0,403	0,279	0,6567	0,042	0,692	1											
NO₂⁻-N	0,425	0,69	0,4416	0,247	0,455	0,312	1										
SO₄²⁻	0,896	0,207	0,8272	-0,173	0,839	0,616	0,47541	1									
NO₃⁻-N	-0,413	0,009	0,0811	-0,366	0,026	-0,254	-0,2202	-0,175	1								
PO₄³⁻-P	-0,048	0,087	0,073	-0,216	0,053	0,238	-0,0127	0,1709	0,43032	1							
Li⁺	0,031	-0,603	-0,3128	-0,28	-0,314	-0,258	-0,2164	-0,198	-0,1812	-0,1044	1						
Na⁺	0,457	0,01	0,6399	-0,486	0,655	0,701	0,14699	0,714	0,14124	0,37946	-0,113	1					
K⁺	0,529	-0,309	0,373	-0,53	0,429	0,458	0,132	0,5148	-0,251	0,03127	0,524	0,679	1				
Mg²⁺	0,26	-0,178	0,4989	-0,621	0,551	0,477	-0,0317	0,3863	0,12549	0,05246	0,133	0,752	0,773	1			
Ca²⁺	0,628	0,048	0,7235	-0,391	0,77	0,538	0,23533	0,6838	-0,0898	-0,1221	-0,006	0,73	0,72	0,854	1		
[HCO₃]	0,639	0,127	0,906	-0,151	0,918	0,574	0,20738	0,7719	0,00033	-0,0864	-0,32	0,595	0,377	0,515	0,747	1	
	F⁻	Ph	Cond	Temp.	TDS	Cl⁻	NO₂⁻-N	SO₄²⁻	NO₃⁻-N	PO₄³⁻-P	Li⁺	Na⁺	K⁺	Mg²⁺	Ca²⁺	[HCO₃]	

Tabela A1-7. Matriz de correlação para águas de fontes e engarrafada.

F⁻	1																
Ph	0,463	1															
Cond	-0,587	-0,113	1														
Temp.	0,139	0,367	0,2815	1													
TDS	-0,583	-0,102	0,9941	0,355	1												
Eh	-0,505	0,457	0,5098	0,415	0,552	1											
Cl⁻	-0,771	-0,152	0,956	0,141	0,949	0,623	1										
NO₂⁻-N	-0,125	0,758	0,1638	0,553	0,202	0,85	0,22817	1									
SO₄²⁻	0,114	0,168	0,6248	0,649	0,663	0,273	0,41705	0,1584	1								
NO₃⁻-N	-0,783	-0,428	0,4534	-0,353	0,41	0,185	0,61808	-0,094	-0,3549	1							
PO₄³⁻-P	0,138	0,473	-0,5436	0,154	-0,507	0,273	-0,3989	0,5385	-0,5287	-0,0047	1						
Na⁺	-0,719	-0,231	0,924	0,362	0,929	0,514	0,92508	0,1999	0,43541	0,61518	-0,329	1					
K⁺	-0,686	-0,397	0,0996	0,105	0,114	0,234	0,25665	0,1687	-0,4198	0,55912	0,282	0,436	1				
Mg²⁺	0,295	0,118	0,4631	0,629	0,499	0,047	0,22072	0,0076	0,96021	-0,4287	-0,501	0,288	-0,506	1			
Ca²⁺	-0,721	-0,125	0,9612	0,251	0,952	0,575	0,97471	0,2534	0,43747	0,63404	-0,363	0,97	0,307	0,27	1		
[HCO3]	0,693	0,3	-0,3918	0,644	-0,339	-0,232	-0,5847	0,129	0,34255	-0,844	0,112	-0,379	-0,188	0,453	-0,497	1	
	F⁻	Ph	Cond	Temp.	TDS	Eh	Cl⁻	NO₂⁻-N	SO₄²⁻	NO₃⁻-N	PO₄³⁻-P	Na⁺	K⁺	Mg²⁺	Ca²⁺	[HCO3]	

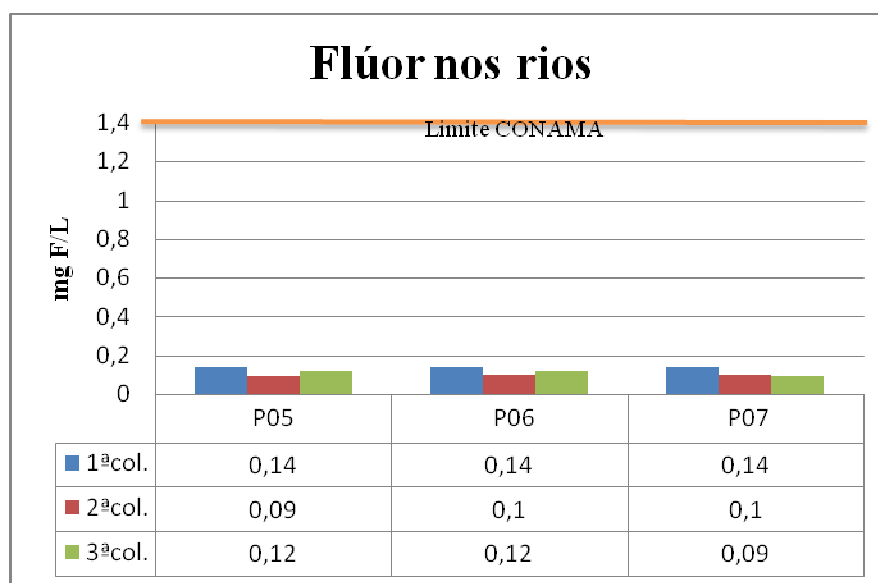


Figura A2-1. Concentração de flúor em água superficial.

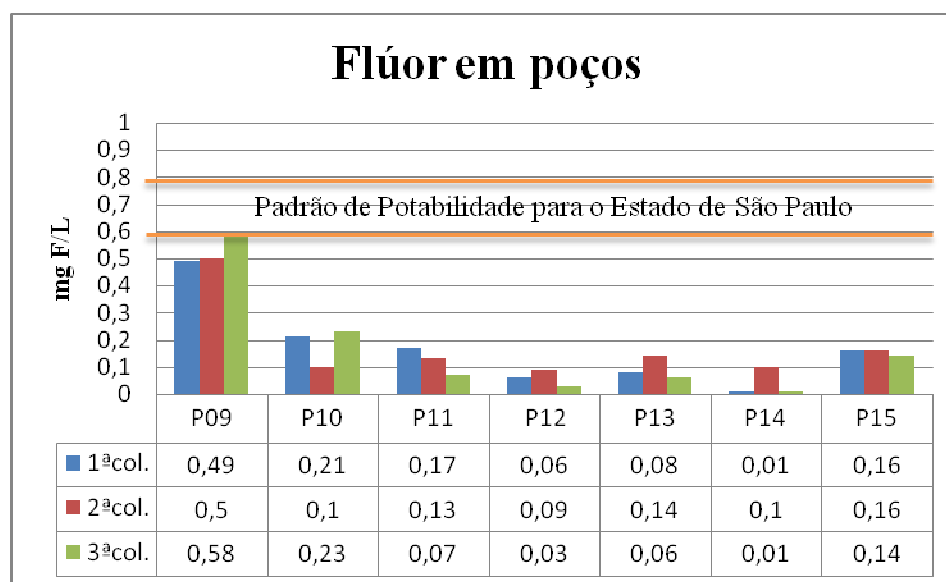


Figura A2-2. Concentração de flúor em água subterrânea.

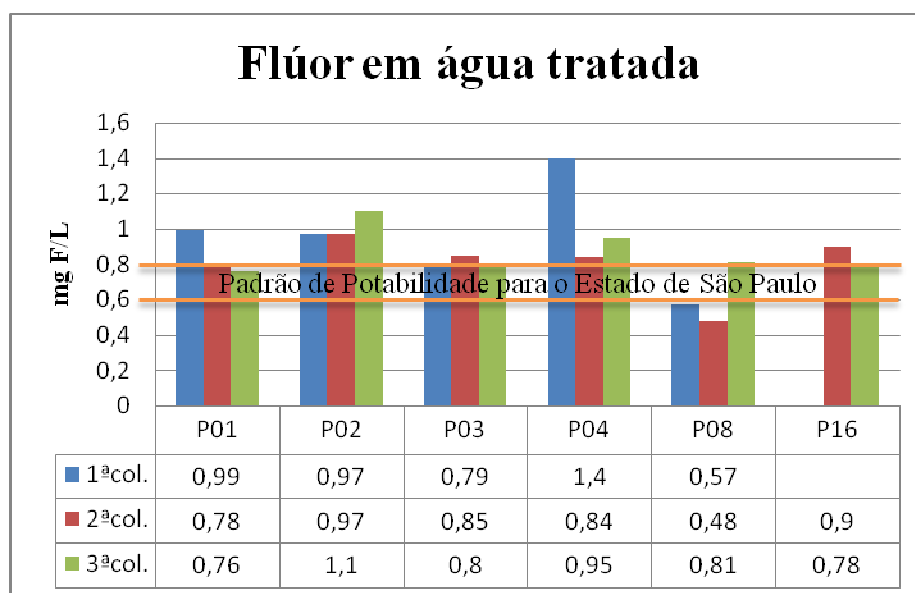


Figura A2-3. Concentração de flúor em água tratada com indicação do intervalo de concentração ótima para o Estado de São Paulo.

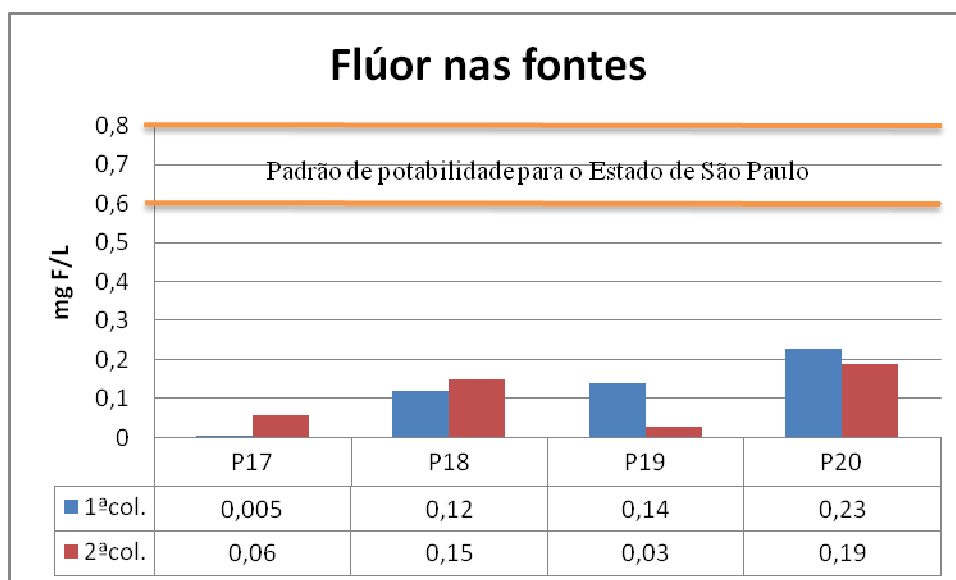


Figura A2-4. Concentração de flúor em água de fontes e engarrafada.



Figura A2-5. Cromatógrafo de íons.



Figura A2-6. (1) Rio Camanducaia, (2) Captação Juca Bento, (3) Captação três Pontes e (4) Captação Córrego do Mosquito.



Figura A2-7. Poços.

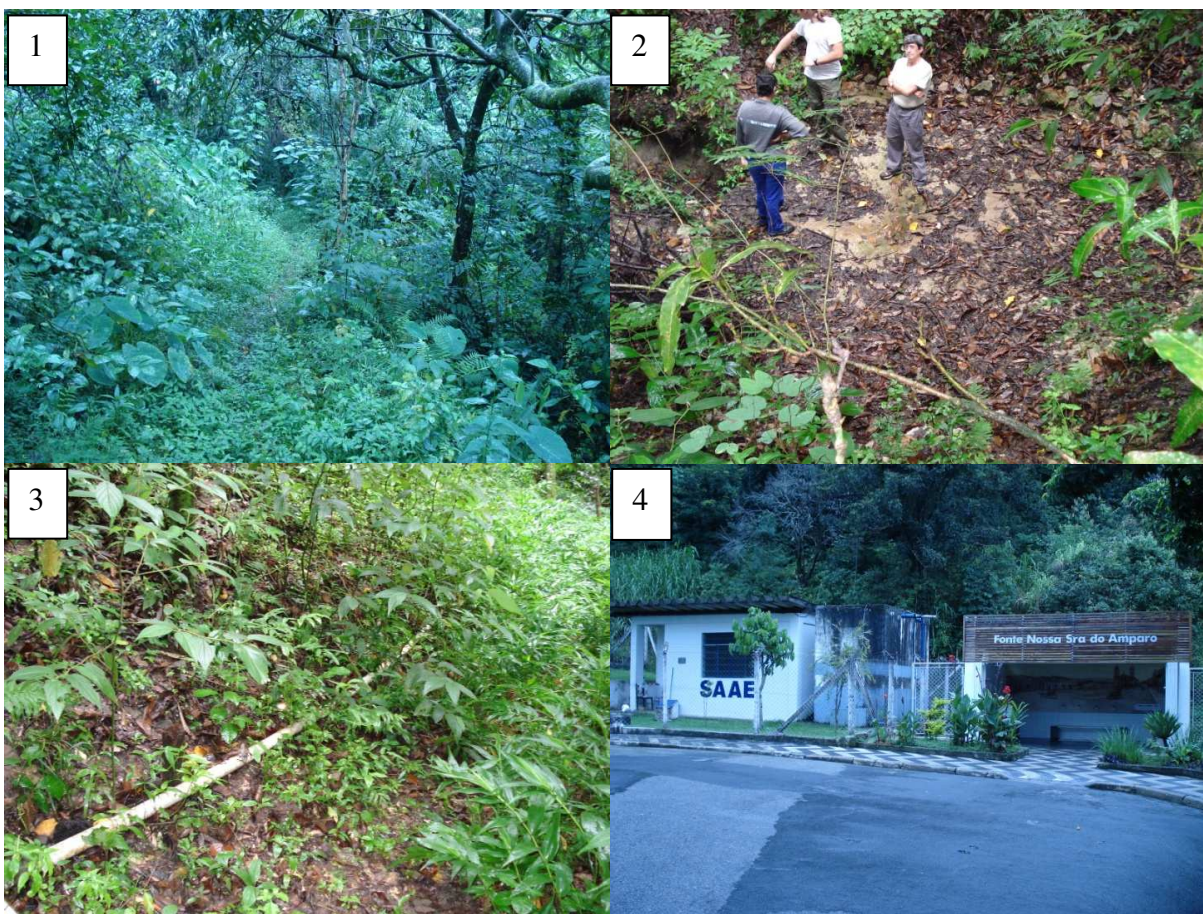


Figura A2-8. (1) Mata de Capoeira, (2) Nascente protegida por piso cimentado, (3) Tubulação condutora da nascente ao reservatório e (4) fonte Nossa Senhora do Amparo.