UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO FLUORETO NAS
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA BACIA DO MÉDIO -
TIETÊ (REGIÃO DE PIRACICABA) -
CARACTERIZAÇÃO E METODOLOGIAS
PROPOSTAS PARA SUA EXTRAÇÃO**

Regina Aparecida Ribeiro

Orientadora: Profa. Dra. Mária Szikszay

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica

SÃO PAULO
1992

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO FLUORETO NAS
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA BACIA DO MÉDIO -
TIETÊ (REGIÃO DE PIRACICABA) -
CARACTERIZAÇÃO E METODOLOGIAS
PROPOSTAS PARA SUA EXTRAÇÃO**

Regina Aparecida Ribeiro

Orientadora: Profa. Dra. Mária Szikszay

DEDALUS - Acervo - IGC

30900005459

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica

SÃO PAULO
1992

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO FLUORETO NAS
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA BACIA DO MÉDIO -
TIETÊ (REGIÃO DE PIRACICABA) -
CARACTERIZAÇÃO E METODOLOGIAS
PROPOSTAS PARA SUA EXTRAÇÃO**

Regina Aparecida Ribeiro

Orientadora: Profa. Dra. Mária Szikszay

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO JULGADORA

	nome
Presidente:	Dr ^a M. Szikszay
Examinadores:	Dr. A.C. Rebouças
	Dr. O. Sinelli

ass.

São Paulo
1992

ÍNDICE

	Página
AGRADECIMENTOS	1
RESUMO	2
ABSTRACT	3
1. INTRODUÇÃO	5
1.1. Objetivos	5
2. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	6
3. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO	7
3.1. Localização	7
3.2. Geomorfologia	9
3.3. Clima	9
3.3.1. Pluviometria	11
3.4. Características político-administrativas e sócio-econômicas	12
3.5. Geologia geral	13
3.5.1. Rochas cristalinas	16
3.5.2. Bacia do Paranã - Rochas sedimentares	16
3.5.2.1. Grupo Tubarão	16
a) Formação Itararé	16
b) Formação Aquidauana	17
c) Formação Tatuí	17
3.5.2.2. Grupo Passa-Dois	18
a) Formação Irati	18
b) Formação Corumbataí	18
3.5.2.3. Grupo São Bento	18
a) Formação Pirambóia	19
b) Formação Botucatu	19
3.6. Hidrogeologia geral	19

	Página
3.6.1. Aquífero cristalino	20
3.6.2. Aquíferos da Bacia do Paraná	20
3.6.2.1. Aquífero Tubarão	20
3.6.2.2. Aquífero Passa-Dois	21
3.6.2.3. Aquífero Botucatu	22
3.7. Dados regionais específicos para o Município de Piracicaba (Distrito de Artemis)	22
3.7.1. Introdução	22
3.7.2. Perfuração de poços (P_1 e P_2)	24
3.7.2.1. Perfis geológicos dos poços P_1 e P_2	24
3.7.2.2. Classificação estratigráfica dos poços P_1 e P_2	29
a) Grupo Tubarão	29
b) Grupo Estrada Nova	29
c) Grupo São Bento	30
d) Pleistoceno	30
e) Holoceno	30
3.7.3. Hidrogeoquímica regional do Distrito de Artemis	31
3.7.4. Águas mineralizadas	32
4. METODOLOGIA	33
4.1. Cadastramento de dados	33
4.2. Amostragem e análises	33
4.2.1. Amostragem	33
4.2.2. Análise	34
4.3. Tratamento dos resultados de análises	35
5. A QUÍMICA DO FLUORETO	38
5.1. O Grupo do flúoreto	38
5.2. Propriedades físicas e químicas do fluoreto	39
5.3. Geoquímica do fluoreto	40
5.3.1. O cristal químico do flúor em relação à geoquímica	41

	Página
5.3.2. O ciclo geoquímico do fluoreto	42
5.3.3. Fluoreto em rochas magmáticas e em minerais	43
5.3.4. Fluoreto em depósito pneumatolíticos e hidrotermais	43
5.3.5. Fluoreto em regiões de metamorfismo	44
5.3.6. Fluoreto em processo de intemperismo e formação de solo	44
5.3.7. Fluoreto na seqüência de sedimentação	45
5.3.8. Fluoreto em sedimentos de fosforita	46
5.3.9. Fluoreto em argilas	46
6. OCORRÊNCIA DE FLUORETO NOS DIVERSOS RESERVATÓRIOS DO MEIO AMBIENTE	49
6.1. Fluoreto na água	49
6.1.1. Origem de fluoreto na água subterrânea ...	49
6.1.2. Fluoreto na água do mar	50
6.2. Fluoreto no ar	50
6.3. Ocorrência de fluoreto em alimentos e bebidas ...	51
7. A FLUORETAÇÃO ARTIFICIAL	54
7.1. Efeitos benéficos	54
7.2. Efeitos tóxicos	54
7.3. Efeitos do excesso de fluoreto sobre animais e seres humanos (absorção, distribuição e excreção) .	55
7.4. Considerações sobre a fluoretação	56
7.4.1. Fluoretação com a água de abastecimento ..	56
7.4.2. Fluoretação com o sal de cozinha	58
8. RESULTADOS	59
8.1. Apresentação dos resultados das análises físico-químicas de água subterrânea na Bacia do Médio Tietê	59

8.2. Classificação hidrogeoquímica das águas subter- râneas da área em estudo	60
8.2.1. Tipos hidrogeoquímicos	60
8.2.2. Tipologia dos aquíferos com anomalia de flu- oreto nos fácies hidrogeoquímicos	65
8.3. Teores de fluoreto encontrados nas águas subter- râneas da Bacia do Médio Tietê e suas correlações geológicas	67
8.3.1. Avaliação dos dados existentes	78
8.3.2. Concepção química	78
8.3.3. Proveniência e paragênese do flúor	79
8.4. Correlação entre os teores do íon fluoreto e os demais íons encontrados nas águas subterrâneas ..	82
8.4.1. Variação dos teores de fluoreto em função dos teores de sódio, nas águas subterrâneas da Bacia do Médio Tietê	82
8.4.2. Variação dos teores de fluoreto em função dos teores de cálcio das águas subterrâneas da Bacia do Médio Tietê	84
9. ALTERNATIVAS PARA SOLUÇÃO DO PROBLEMA DO EXCESSO DE FLU- ORETOS NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS UTILIZADAS PARA ABASTECI- MENTO	84
9.1. Extração do fluoreto pelo método de adsorção em car- vão Ósseo	85
9.1.1. Introdução	85
9.1.2. Metodologia	85
9.1.3. Sistema piloto	86
9.1.4. Condições operacionais	88
9.2. Extração pelo método de filtração em membrana Osmô- tica reversa para retirada do excesso de fluoreto.	
9.2.1. Pré-tratamento	88
9.2.2. Vantagens do sistema de membrana de osmose reversa em relação à troca iônica para pro- dução de água ultrapura	90

	Página
9.3. Ensaio experimentais para retirada do excesso de fluoreto por filtração com alumina ativada em temperatura ambiente e a 63°C	90
9.3.1. Introdução	90
9.3.2. Desenvolvimento dos trabalhos	91
9.4. Extração do excesso de fluoreto da água, por simples diluição	100
9.5. Comparação entre os métodos de extração de excesso de fluoretos	100
10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	102
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105

T A B E L A S

	Página
Tabela 1 . Algumas propriedades dos halogêneos	39
Tabela 2 . Concentração de fluoreto em alimentos de origem animal, vegetal e bebidas	53
Tabela 3 . Concentração de fluoreto recomendada para água potável	58
Tabela 4 . Modelo de evolução dos mecanismos de concentração de flúor no sistema água-rocha (adaptação)	81
Tabela 5 . Dados e condições de operação das membranas de osmose reversa	90
Tabela 6 . Condições para tratamento com alumina ativada.	93
Tabela 7A. Primeiro ciclo de remoção de fluoretos a 63°C.	93
Tabela 7B. Primeiro ciclo de remoção de fluoretos a 22°C.	94
Tabela 8A. Segundo ciclo de remoção de fluoretos a 63°C..	94
Tabela 8B. Segundo ciclo de remoção de fluoretos a 28°C..	95
Tabela 9A. Terceiro ciclo de remoção de fluoretos a 63°C.	95
Tabela 9B. Terceiro ciclo de remoção de fluoretos a 23°C.	96
Tabela 10A. Quarto ciclo de remoção de fluoretos a 63°C...	96
Tabela 10B. Quarto ciclo de remoção de fluoretos a 23°C...	97
Tabela 11A. Quinto ciclo de remoção de fluoretos a 28°C...	97
Tabela 11B. Quinto ciclo de remoção de fluoretos a 63°C...	98
Tabela 12 . Sexto ciclo de remoção de fluoretos a 28°C....	98
Tabela 13 . Sétimo ciclo de remoção de fluoretos a 25°C...	98
Tabela 14 . Técnica de regeneração utilizada nos ensaios experimentais	99
Tabela 15 . Avaliação dos Métodos de Tratamento para retirada do excesso de fluoreto da água	101
Tabela 16 . Análises físico-químicas de águas subterrâneas.	118
Tabela 17 . Análises físico-químicas de águas subterrâneas.	119

	Página
Tabela 18 . Análises físico-químicas de águas subterrâneas	120
Tabela 19 . Análises físico-químicas de águas subterrâneas	121
Tabela 20 . Tabela de parâmetros que apresentaram teores <u>a</u> cima dos limites de potabilidade	123
Tabela 21 . Tabela de parâmetros que apresentaram teores <u>a</u> cima dos limites de potabilidade	124
Tabela 22 . Tabela de parâmetros que apresentaram teores <u>a</u> cima dos limites de potabilidade	125
Tabela 23 . Tabela de parâmetros que apresentaram teores <u>a</u> cima dos limites de potabilidade	126
Tabela 24 . Cálculo para as correlações	128
Tabela 25 . Cálculo para as correlações	129
Tabela 26 . Cálculo para as correlações	130
Tabela 27 . Cálculo para as correlações	131
Tabela 28 . Cálculo para as correlações	132
Tabela 29 . Correlação por análise	134
Tabela 30 . Correlação por análise	135
Tabela 31 . Correlação por análise	136
Tabela 32 . Correlação por análise	137
Tabela 33 . Correlação por análise	138

F I G U R A S

	Página
Figura 1. Localização da Região no Estado de São Paulo ..	8
Figura 2. Mapa de Isoietas Anuais	10
Figura 3. Mapa Geológico	15
Figura 4. Mapa Geológico com Localização do Distrito de Artemis	23
Figura 5. Perfil Geológico dos Poços do Distrito de Artemis (P_1)	25
Figura 6. Perfil Geológico dos Poços do Distrito de Artemis (P_2)	27
Figura 7. Estrutura Geológica dos Poços P_1 e P_2 do Distrito de Artemis, Município de Piracicaba	28
Figura 8. O Ciclo do Fluoreto	42
Figura 9. Capacidade de Trocas Iônicas (OH^- por F^-) nas Argilas	48
Figura 10. Transferência de Fluoreto no Meio Ambiente ...	52
Figura 11. Diagrama de Análise de Água Segundo Piper ...	62
Figura 12. Diagrama de Análise de Água Segundo Schoeller - Berkaloff	63
Figura 13. Mapa da caracterização hidroquímica segundo Stiff para a Bacia do Médio Tietê	64
Figura 14. Dendograma: Correlações entre os teores analisados, que encontram-se acima dos limites de potabilidade	66
Figura 15. Diagrama Frequência/Fluoretos	68
Figura 16. Diagrama Frequência/Cloretos	68
Figura 17. Diagrama Frequência/Sulfatos	69
Figura 18. Diagrama Frequência/Nitrogênio Nitrato	69
Figura 19. Diagrama Frequência/Carbonatos	70

	Página
Figura 20. Diagrama Frequência/Dureza Total	70
Figura 21. Diagrama Frequência/Potássio	71
Figura 22. Diagrama Frequência/Sódio	71
Figura 23. Diagrama Frequência/Cálcio	72
Figura 24. Diagrama Frequência/Magnésio	72
Figura 25. Diagrama Frequência/Ferro	73
Figura 26. Diagrama Frequência/Boro	73
Figura 27. Diagrama Frequência/Alcalinidade Total	74
Figura 28. Diagrama Frequência/pH	74
Figura 29. Diagrama Frequência/Sílica	75
Figura 30. Diagrama Frequência/Condut. Elétrica	75
Figura 31. Diagrama Frequência/Resíduo Filtrável à 105°C ..	76
Figura 32. Diagrama Frequência/Resíduo Filtrável à 180°C ..	76
Figura 33. Mapa de Localização dos Teores de Fluoreto	83
Figura 34. Desfluoretação por Adsorção com Carvão Ósseo ..	87
Figura 35. Sistema de Retirada de Excesso de Fluoreto com Mem- brana de Osmose Reversa	89
Figura 36. Esquema de Unidade Experimental de Desfluoreta- ção com Alumina Ativada	92
Figura 37. Diagrama Teores de Remoção de Fluoreto em Rela- ção ao Tempo. $t = 22^{\circ}\text{C}$ (1º ciclo)	139
Figura 38. Diagrama Teores de Remoção de Fluoreto em Rela- ção ao Tempo. $t = 63^{\circ}\text{C}$ (1º ciclo)	140
Figura 39. Diagrama Teores de Remoção de Fluoreto em Rela- ção ao Tempo. $t = 63^{\circ}\text{C}$ (2º ciclo)	141
Figura 40. Diagrama Teores de Remoção de Fluoreto em Rela- ção ao Tempo. $t = 28^{\circ}\text{C}$ (2º ciclo)	142
Figura 41. Diagrama Teores de Remoção de Fluoreto em Rela- ção ao Tempo. $t = 63^{\circ}\text{C}$ (3º ciclo)	143

Figura 42. Diagrama Teores de Remoção de Fluoreto em Relação ao Tempo. $t = 23^{\circ}\text{C}$ (3º ciclo)	144
Figura 43. Diagrama Teores de Remoção de Fluoreto em Relação ao Tempo. $t = 23^{\circ}\text{C}$ (4º ciclo)	145
Figura 44. Diagrama Teores de Remoção de Fluoreto em Relação ao Tempo. $t = 63^{\circ}\text{C}$ (4º ciclo)	146
Figura 45. Diagrama Teores de Remoção de Fluoreto em Relação ao Tempo. $t = 63^{\circ}\text{C}$ (5º ciclo)	147
Figura 46. Diagrama Teores de Remoção de Fluoreto em Relação ao Tempo. $t = 28^{\circ}\text{C}$ (5º ciclo)	148
Figura 47. Diagrama Teores de Remoção de Fluoreto em Relação ao Tempo. $t = 28^{\circ}\text{C}$ (6º ciclo)	149
Figura 48. Diagrama Teores de Remoção de Fluoreto em Relação ao Tempo. $t = 25^{\circ}\text{C}$ (7º ciclo)	150

A N E X O S

	Página
Anexo 1 - Tabela de análises físico-químicas de águas	117
Anexo 2 - Tabelas de elementos que apresentam teores acima dos limites de potabilidade	122
Anexo 3 - Cálculos para o dendograma	127
Anexo 4 - Correlações por análise	133
Anexo 5 - Diagramas - teores de remoção de fluoreto por filtração com alumina ativada e com variação de temperatura (23 ^o , 28 ^o e 63 ^o C)	139

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos aos senhores

- Otávio Galembeck - geólogo do Departamento de Águas e Energia Elétrica e Hélio Nóbile Diniz - geólogo do Instituto Geológico - pelo acompanhamento e ajuda nos trabalhos de campo.
- Nelson Eugênio Lauer - químico da CETESB - Divisão de Laboratório de Campinas - pelas determinações físico-químicas.
- Marco Eulindo de Paula Seixas - químico da CETESB - Setor de Pesquisas de Água e Processo de Tratamento - pela ajuda nas pesquisas de tratamentos para a água.
- Ao Prof. Dr. Jaime Aparecido Cury da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP - pelas determinações de fluoreto.
- Ao Prof. Dr. Arlei Benedito Macedo do Instituto de Geociências-USP - pela ajuda no desenvolvimento dos programas de computação.
- Ao Sr. Isao Fujita do Departamento de Águas e Energia Elétrica - pela colaboração na impressão e composição deste trabalho.
- Ao Sr. Arnaldo Arzolla Woltzenlogel do Departamento de Águas e Energia Elétrica - pelo serviço de ilustração gráfica.

Meus agradecimentos especiais:

- À Profa. Dra. Mária Szikszay do Instituto de Geociências, USP, pela orientação, leitura e sugestões.
- À meus pais, pelo estímulo.
- A meu marido Walter, pela compreensão, estímulo e solicitude demonstrados.

RESUMO

A bacia do Médio Tietê engloba vários municípios que utilizam-se de água subterrânea para seu abastecimento. Como vários poços apresentaram águas com teores anormalmente altos, de fluoreto, procurou-se através deste trabalho, definir a distribuição de fluoreto nas águas dos poços localizados ao longo da Bacia.

Para tanto, desenvolveu-se um sistema de monitoramento na região onde foram feitas 216 análises específicas de água para detectar o fluoreto e 56 análises de água do tipo físico-química e bacteriológicas completas. As análises de água foram listadas e separou-se os elementos que apresentaram teores acima dos limites de potabilidade estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (1978) e Conselho Nacional de Meio Ambiente (1986), através de histogramas.

Através dos dados obtidos nos histogramas, que foram distribuídos num dendograma, estabeleceu-se as correlações de excesso existentes entre os íons sódio e fluoreto.

As correlações encontradas foram devidamente evidenciadas quando encontrou-se águas bicarbonatadas sódicas na maioria dos casos, comprovando que as águas portadoras de fluoreto são pobres em cálcio.

Os teores de íon fluoreto encontrados nas águas subterrâneas variaram de 1,5 a 5,2 ppm em média (chegando a atingir 10,8 ppm em pontos isolados), em águas que circulam através das formações do Grupo Passa-Dois e do Grupo Tubarão, neste último, quando há a presença de sills de diabásio.

Como a água subterrânea destina-se ao abastecimento público, houve priorização no estudo dos métodos de tratamento para se tornar a água potável. Métodos estes que foram adequados à realidade da região.

Os métodos pesquisados foram:

a) adsorção com carvão de ossos - "descartado" devido à sua complexidade na operação e manutenção, alto custo e grande quantidade de efluentes.

b) filtração com resina de osmose reversa - não foi utilizado devido ao altíssimo consumo de energia.

c) adsorção com alumina ativada - baixo custo pois em nosso país a alumina é barata, abundante e apresenta a "vantagem" de ocupar uma área reduzida, porém é um método demorado.

d) simples mistura - seria o melhor dos métodos se existissem outros mananciais com água sem excesso de fluoretos.

O método que mais se adequou à região foi a adsorção em alumina ativada que foi implantado para tratar a água subterrânea que serve como abastecimento do Município de Pereiras e até o "presente" momento tem apresentado bons resultados.

ABSTRACT

The Middle Tietê basin includes several counties which use ground water for their supply. As several wells present waters with anomalously high contents of fluorine, the aims of this work are to determine the distribution of the ion along the basin.

For this reason, a monitoring system was developed in the region, where 216 fluorine analyses were made, besides 56 complete physical-chemical and bacteriological analyses. These analyses were put on a list in order to separate the samples that have fluorine content above the potability limits indicated by means of the World Organization for Health (1978), National Council of Environment and by histograms.

The obtained data were distributed on a dendrogram through which it is possible to define the relationships between fluorine and sodium ions.

Those relationships became evident in the case of bicarbonated waters in almost all of the analyses, which prove that the fluorine waters have low concentration in calcium.

The fluorine ion concentration of the ground waters range from 1,5 to 5,2 ppm in average, but could reach 10,8 ppm in isolated points in waters which circulate through the geological formations of the "Passa-Dois" and "Tubarão" Groups, especially in the last ones when there are sills of diabase rock.

Taking in account that the ground waters are used for urban supply, it was given priority in this study to the methods of treatment in order to turn potable the waters.

The following methods were tested:

a) adsorption with bone-coal was considered not suitable for the region because of its complex operation and maintenance, high costs and great quantities of effluent production.

b) filtration through reverse osmotic resin was not used due to high power consumption.

c) adsorption with activated alumina is of low cost, since in Brazil alumina is abundant and the method requires small area. However, it is a very slow procedure.

d) simple blending - this would be the best process if there would be other sources of water without excess of fluorine.

The best method for the region is the adsorption with activated alumina, which was established in order to treat the ground water used in the urban supply of the "Município de Pereiras" with good results untill to-day.

1. INTRODUÇÃO

Nos anos de 1985 e 1986 ocorreu um longo período de estiagem, fato que levou as prefeituras a solicitar do Estado a perfuração de vários poços para complemento de abastecimento.

Tais perfurações foram feitas de maneira aleatória, sem acompanhamento em termos de qualidade de água, levando ao aparecimento de vários casos de fluorose dentária devido aos altos teores de fluoretos nas águas de abastecimento.

A preocupação com os altos índices de fluorose dentária existente na Bacia do Médio Tietê (Região de Piracicaba), que foi descoberta pela faculdade de Odontologia, evidenciou a necessidade do desenvolvimento de um estudo onde na Bacia fossem identificados os focos que causaram esse dano à saúde pública, e ainda, para que novas perfurações fossem devidamente posicionadas.

1.1. Objetivos

Com a finalidade de se conseguir uma água subterrânea de boa qualidade, para o abastecimento dos municípios da Bacia do Médio Tietê, procurou-se desenvolver um estudo onde fossem identificados os poços que mostrassem inequivocamente o excesso de fluoreto nas águas subterrâneas. Sem maiores preocupações com as causas dos excessos encontrados. Todavia, procurando encontrar correlações entre os excessos identificados nas águas, através das análises físico-químicas.

Porém nosso objetivo principal, e de maior interesse à população, foi propor métodos de extração do excesso de fluoretos, para que as águas tornem-se potáveis e não ofereçam maiores perigos à saúde da população.

2. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Este levantamento não corresponde à totalidade dos trabalhos existentes sobre o assunto, mas mostra a bibliografia suficiente e principalmente acessível para o desenvolvimento deste trabalho.

As pesquisas geológicas feitas por WASHBURN (1930), FELICÍSSIMO (1952), MENDES (1952), LANGE (1954), BJORNBERG (1956), BARBOSA (1958), ALMEIDA (1964), FÚLFARO (1964), GUIMARÃES (1964), PETRI (1964), DURANTE (1965), MEZZALIRA (1965), ROCHA CAMPOS (1967), WERNICK (1967), NORTHFLEET (1969), LANDIM (1970), SILVA (1972), SOARES (1972, 1977), FÚLFARO (1984), CANUTO (1985) e HACHIRO (1991), forneceram subsídios para caracterizar a geologia da região em estudo.

Para se levantar hipóteses sobre o aparecimento do fluoreto na água foi necessário um bom conhecimento da química do flúor; neste campo, destacam-se os trabalhos feitos por STACEY (1960), GARRELS e CHRIST (1965).

A geoquímica do fluoreto, foi objeto de estudos feitos por GOLDSCHMIDT (1958) e RANKAMA (1963), que pesquisaram as maneiras de ocorrência do elemento flúor nos minerais, fato que nos facilitou a compreensão do aparecimento do fluoreto em determinados minerais.

Para as noções do aparecimento do fluoreto na água foram de grande importância os estudos de hidrogeologia feitos por: LOPES (1956), GARGAT (1961), SALLENTIEN (1962), SCHOELLER (1963), YASSUDA (1965), JOHNSON (1966), BOGOMOLOV (1967), SILVA (1967), TODD (1967), TALASSE (1968), MAACK (1970), SILVA (1972), FRAGA (1986, 1990) e KIMMELMANN (1986, 1989, 1990).

Tendo-se em vista as preocupações quanto à patologia da ingestão de fluoreto através da água de abastecimento, DAVER (1945), ERICKSON (1978), AMARAL (1985) e ALVES (1986) pesquisaram tais efeitos de maneira abrangente.

Para o estudo dos limites estabelecidos para a ingestão de fluoretos foram utilizados os dados estabelecidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 1986) e pela Organiza

ção Mundial da Saúde (OMS, 1978).

Tendo se tornado um problema para vários municípios e empresas, o excesso de fluoreto em águas subterrâneas tem sido estudado amplamente, sob o ponto de vista dos métodos de extração.

Trabalhos sobre a remoção do excesso de fluoreto por filtração com carvão ósseo, feitos por MEDAGLIA (1985), para um poço no Município de Rio Claro, mostraram-nos as dificuldades encontradas para a implantação de tal sistema.

A filtração com membrana de osmose reversa para retirada do excesso de flúor também foi bastante pesquisada pela Dow Produtos Químicos (1987), mostrando as vantagens que o método apresenta.

PAVAN (1988), que tem pesquisado a retirada do excesso de fluoreto na água subterrânea através da adsorção com alumina ativada, mostra que esse método é o mais indicado para ser utilizado em nosso país, visto que a alumina é abundante e de baixo custo.

3. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

3.1. Localização

A Bacia do Médio Tietê estende-se entre os meridianos de $46^{\circ}75'$ e $48^{\circ}13'$ a Oeste de Greenwich e os paralelos $22^{\circ}02'$ e $23^{\circ}11'$ de latitude Sul; limita-se com as Regiões Administrativas de Ribeirão Preto ao Norte e Nordeste, Bauru a Oeste, Sorocaba ao Sul e Sudeste, grande São Paulo ao Sul, Vale do Paraíba a Sudeste, e com o Estado de Minas Gerais ao Leste e Nordeste (figura 1).

PROJETADO: REGINA APARECIDA RIBEIRO	
DESENHADO: ANÁLISE ARZOLLA WOLTZENLOEL	
VERIFICADO:	
DATA:	MARÇO/80
APROVADO	
APROVADO	
DAEE SECRET. DE ENERGIA E SANEAMENTO DEP. DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA BACIA DO MÉDIO TIETÊ	
TÍTULO	
FIG. 1 - LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO NO ESTADO DE SÃO PAULO	
ESCALA	Nº DESENHO

3.2. Geomorfologia

A Bacia do Médio Tietê localiza-se quase que totalmente dentro de uma Depressão Periférica, segundo ALMEIDA (1964).

Apresentando forma alongada, como autêntica "meia-lua", arco de círculo de largura de 50 quilômetros, a Depressão Periférica corta o Estado de Nordeste a Sudeste em sua porção central.

Suas camadas sub-horizontais de terrenos sedimentares encostam na borda dos maciços cristalinos ao longo de uma linha, em forma de arco, que atravessa longitudinalmente a Região de Campinas. Os rios, ao alcançarem as formações sedimentares carboníferas, talham-se até atingirem o embasamento resistente, constituindo cachoeiras e corredeiras.

Pertencem a esta área toda a orla ocidental das sub-regiões de Campinas e a parte central e meridional da sub-região de Piracicaba.

Em termos altimétricos o relevo gira em torno de 500 m a 700 m de altura, onde se destacam morros testemunhos e pequenas "cuestas" resultantes da desigual resistência das rochas.

A zona do Médio Tietê ocupa a parte sudeste da região de Campinas, onde a Depressão Periférica apresenta, de modo geral, uma topografia pouco acidentada com desníveis locais que só excepcionalmente ultrapassam 200 m onde predominam colinas baixas de formas suavizadas, com vales jovens sem planícies aluviais importantes.

3.3. Clima

No sistema de Köppen, o clima é do tipo Cwa, ou seja, temperado quente com estiagem no inverno. A predominância da pluviosidade anual é de 1.200 a 1.300 milímetros e a temperatura média do mês mais quente oscila entre 23° e 24°C. (Figura 2).

Segundo os dados colhidos pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" para o período de 1917-1965, as temperaturas médias variam de 16,7°C a 23,6°C anualmente; as pressões barométricas variam anualmente de 712,8 mm/hg a 718,4 mm/Hg e as precipitações variam anualmente de 1254,5 mm durante o transcorrer de um ano.

A climatologia regional apresenta características mais tropicais do que sub-tropicais, dada a grande variabilidade climática. Isso seria causado por estar a região numa zona de transição climática, em que atuam as massas intertropicais continentais vindas N-W e as marítimas, vindas NE-E e a frente polar sulina.

3.3.1. Pluviometria

De acordo com o Estudo de Águas Subterrâneas (1981), existem na região, 192 postos pluviométricos operados pelo CTH-Centro de Tecnologia em Hidráulica, e 91 pluviométricos da rede do DNAEE-Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (incluídos os extintos).

Entre eles cerca de 60 postos com mais de 15 anos de observação foram utilizados para análises de dias de chuva diária, chuva mensal e número de dias de chuva no mês, calculando-se as médias multianuais de chuva e número de dias de chuva dentro de um período de 30 anos (1949 a 1978).

Tem-se para os meses de janeiro, médias mensais de precipitação de até 255 mm em média (cabeceira), com 19 dias de chuva por mês e para os meses de julho e agosto, médias mensais de 30 mm (jusante e meio da bacia), em média com 4 dias de chuva por mês.

Pode-se ainda observar que a ocorrência de totais mensais de precipitação maiores nas cabeceiras se deve fundamentalmente ao aumento significativo do número de dias de chuva, nestes locais de influência orográfica, sendo mais marcante no período chuvoso. Este fenômeno vem de encontro aos resultados obtidos em estudos anteriores para quase a totalidade do Estado de São Paulo.

3.4. Características Político-Administrativas e Sócio-Econômicas

A densidade demográfica da Região em média é de 120 hab/km², verificando-se a predominância da população urbana que representa cerca de 84% do total.

Os municípios que utilizam água subterrânea para complemento de abastecimento são:

01. Pereiras - 4. 433 habitantes
02. Porto Feliz - 36.799 hab.
03. Jaguariúna - 22.748 hab.
04. Campinas - 845.965 hab.
05. Valinhos - 67.867 hab.
06. Vinhedo - 33.571 hab.
07. Rio Claro - 137.475 hab.
08. Santa Gertrudes - 18.485 hab.
09. Araras - 87.355 hab.
10. Ipeúna - 2.699 hab.
11. Charqueada - 18.741 hab.
12. Piracicaba - 278.515 hab.
13. Rio das Pedras - 19.074 hab.
14. Capivari - 34.171 hab.
15. Conchas - 11.916 hab.
16. Tietê - 26.458 hab.
17. Corumbataí - 3.153 hab.

(I.B.G.E. 1991 - Notas preliminares)

A região apresenta um alto grau de desenvolvimento industrial, embora os municípios tenham uma atividade agrícola expressiva.

Se, por um lado, tal região tem por base econômica indústrias (Usina de Açúcar e Alcool, química, metalúrgica, cerâmica, têxtil, petroquímica, papel), em outras áreas, a agricultura reserva-se um papel mais relevante. A ocupação do solo rural apresenta-se bastante variada, embora haja áreas relativamente dedicadas a uma cultura específica. Dessa forma, destaca-se a cana-de-açúcar em toda a sua parte central (aproximadamente 141.232

hectares), aproximadamente mais que a terça-parte da área cultivada da região e também a terça-parte da área ocupada por essa cultura, no Estado. Outra cultura importante é o milho, que ocupa 6.900 hectares, correspondente a 15% da área na região, é equivalente a 10% da produção total do Estado de São Paulo, e ainda deve-se salientar o feijão, que ocupa 4,8 hectares, aproximadamente 0,87% do total do Estado.

Convém ressaltar que o grau de vinculação entre a agricultura e indústria é observado em alguns municípios, enquanto que, em outros, praticamente inexistente. É o caso de locais onde há instalações de grandes indústrias que dependem somente da matéria-prima de outras regiões ou mesmo do exterior.

Em consequência a esse dinamismo regional, formou-se um comércio atendendo às necessidades do desenvolvimento das atividades daquela estrutura, assim como da população urbana cada vez mais crescente.

O sistema rodoviário e ferroviário local é satisfatório, tanto para o transporte de passageiros como para o de cargas e mercadorias. Sendo bastante complexo, principalmente com rodovias formando uma rede densa, que possibilitam o fluxo de todas as direções por dentro da região, como também a passagem para outras regiões do Brasil.

3.5. Geologia Geral

A Bacia do Médio Tietê localiza-se em sua maior parte na Depressão Periférica do Estado de São Paulo, tendo como limites a leste os relevos movimentados do Planalto Atlântico e a oeste as Cuestas Basálticas. Essa divisão geológica, que é aflorante na área, envolve rochas de idade variando desde o Pré-Cambriano até o Cenozóico, conforme WERNICK (1967).

Em toda a parte leste, afloram as rochas cristalinas do complexo Gnaíssico Migmatítico e do Grupo Açungui, com vários corpos graníticos intrusivos, abrangendo uma área de 10.500 km². O restante da região corresponde à parte oriental da bacia do Paraná e envolve quase toda a área estratigráfica da mesma,

desde o Carbonífero superior até o Cretácio (figura 3).

Na região, aflora em grande extensão o Super-Grupo Tubarão, que está assentado discordante sobre o embasamento cristalino, e é subdividido em Formação Itararé, na parte inferior correspondente ao ciclo glacial, e Formação Tatuí, na parte superior iniciando o ciclo pós-glacial (SOARES, 1977).

A Formação Itararé, de idade desde o Carbonífero superior ao Permiano médio, é representada essencialmente por arenitos finos e grosseiros, lamitos e diamictitos depositados em ambiente flúvio-lacustre, glacial ou marinho perfazendo uma espessura da ordem de 600 a 1.200 metros. Distingue-se na parte norte da Região a Formação Aquidauana, representada por sedimentos arenosos e lamitos, com uma espessura máxima de 90 metros. Sobreposta a esses sedimentos, encontra-se a Formação Tatuí, constituída por siltitos e arenitos lamíticos do Permiano médio a superior, com uma espessura variando em torno de 70 metros.

A seguir, na seqüência estratigráfica, depositou-se em ambiente marinho, o Grupo Passa-Dois, constituído pelos folhelhos, siltitos e lamitos das Formações Irati e da Formação Corumbataí, com uma espessura máxima de 300 metros.

No Triássico-Jurássico depositaram-se os arenitos fluviais e eólicos das Formações Pirambóia e Botucatu, os quais foram recobertos no Cretáceo pelos espessos derrames basálticos da formação Serra Geral. O conjunto constitui o Grupo São Bento.

Na região não ocorre o Grupo Bauru. Em toda a área foram encontrados numerosos sills intrusivos de diabásio.

Em geral, as camadas mergulham suavemente para o centro da bacia do Paranã, porém, a intensa atividade tectônica na faixa oriental, marcada por inúmeras falhas e fraturas associadas às intrusões de diabásio, modificou bastante o comportamento das camadas. Quanto ao embasamento, encontra-se ocorrência de grandes falhas transcorrentes de direção SE-NW e falhas normais de grande extensão. (DAEE - Estudo de Águas Subterrâneas, 1981).

Fig. 3 - Mapa geológico (I.G.G. 1964)

3.5.1. Rochas cristalinas

A área correspondente aos terrenos cristalinos da região mostra-se estruturada sob a forma de blocos tectônicos de composição litológica e feições estruturais distintas, justapostas, desenvolvidas no fim do Pré-Cambriano superior e durante o Eopaleozóico sendo reativada, em regime de falha normal, sucessivamente durante todo o Fanerozóico. Este evento resultou em soberguimentos, abatimentos e basculamentos dos diferentes blocos tectônicos em questão (WERNICK, 1967).

Caracteriza-se pela freqüência em rochas intrusivas granitóides, que cortam rochas encaixantes com as características do embasamento do Grupo Amparo, aos quais se associam intercalações desta unidade. Trata-se de gnaisses e anatexitos com profundas intercalações de rochas granulíticas e ainda evidenciou-se uma fase de migmatização, sob condições de baixa pressão.

Os gnaisses, anatexitos e granulitos geralmente associam-se, na parte sul da Região de Campinas, aos metassedimentos do Grupo Açunguí.

3.5.2. Bacia do Paraná - Rochas sedimentares

3.5.2.1. Grupo Tubarão

O Grupo Tubarão, também denominado Super-Grupo Tubarão, subdivide-se em dois ciclos: o inferior glacial, representado pela Formação Itararé, e o superior pós-glacial, conhecido como Formação Tatuí. Interdigitados no topo da Formação Itararé e na base da Formação Tatuí aparecem os sedimentos avermelhados da Formação Aquidauana (SOARES, 1977).

A Formação Tatuí assenta-se em discordância erosiva sobre os sedimentos da Formação Itararé (BARBOSA e ALMEIDA, 1949).

a) Formação Itararé

Os sedimentos da Formação Itararé assentam-se diretamente sobre o embasamento cristalino. Estudando-se afloramentos e perfis de poços, verifica-se que são constituídos predominantemente de arenitos finos e grosseiros, lamitos e diamictitos das

cores: amarela, vermelha e cinza nas partes superior e inferior, enquanto que a parte média é representada por arenitos finos, siltitos e lamitos de cores cinza escuro e amarelo. Os arenitos frequentemente feldspáticos ou mesmo arcozianos formam corpos psamíticos existindo diversas estruturas singenéticas como marcas ondulares, marca de sola, estratificação cruzada, estratificação gradacional, etc.

A Formação Itararé tem uma largura máxima de afloramentos de 35 quilômetros. Exposições representativas ocorrem próximas às cidades de Araras, Piracicaba e Campinas, recobrando uma área de aproximadamente 3.300 km².

b) Formação Aquidauana

Aflora na área desde Araras, em pequenas manchas, até a parte setentrional da Região. (SOARES, 1972).

Do ponto de vista litológico, a Formação Aquidauana é constituída por arenitos muito finos a grosseiros, lamitos arenosos vermelhos com estratificação plano-paralela. Nota-se, também, dentro dos arenitos a presença de seixos que variam em tamanho desde milímetros até 10 a 15 centímetros de comprimento.

Os sedimentos da Formação Aquidauana apresentam-se, em geral, interdigitados nos sedimentos do Grupo Itararé, enquanto que na parte norte da área, assentam-se sob a Formação Tatuí.

c) Formação Tatuí

É representada, no membro inferior, por siltitos e arenitos muito finos de cor marrom avermelhado, e no membro superior, por siltitos de cores claras, amarelas e esverdeadas intercalando corpos acanalados de arenitos (SOARES, 1972).

No membro inferior, notam-se lamitos com finas lentes de calcário enquanto que, na parte superior, as camadas de calcário ocorrem mais raramente nos arenitos de granulação média.

A Formação Tatuí representa o fenômeno de transgressão em toda a bacia do Paraná. Dentro da formação, não são conhecidos fósseis tipicamente marinhos, salvo alguns espículos de esponjas encontrados em Iracemápolis por BARBOSA e ALMEIDA (1949).

3.5.2.2. Grupo Passa-Dois

Concordante sobre o Grupo Tubarão, assentam-se os sedimentos terrígenos do Grupo Passa-Dois que encinam a seqüência paleozóica da bacia do Paraná. O Grupo Passa-Dois é representado no Estado de São Paulo pelas Formações Irati na base e Corumbataí no topo, essa última, também denominada de Formação Estrada Nova.

a) Formação Irati

De acordo com vários autores, os sedimentos da Formação Irati teriam se depositado em ambiente marinho abaixo do nível das ondas. Nas áreas com ausência de suprimento terrígeno, desenvolveram-se colônias de algas, cujo retrabalhamento propiciou a formação dos calcários Irati.

Na região, os sedimentos da Formação Irati afloram numa estreita faixa perto de Piracicaba e Assistência, envolvendo uma superfície de 280 km² para mergulhar a oeste da bacia.

b) Formação Corumbataí

A Formação Corumbataí é caracterizada no Estado de São Paulo por arenitos muito finos, siltitos, lamitos e folhelhos com níveis de calcários eolíticos de cores predominantemente lilás e cinza. Os siltitos e os folhelhos apresentam laminação paralela, e fendas de ressecamento, enquanto que nos arenitos aparecem uma estratificação cruzada de pequeno porte e marcas onduladas devido ao processo sedimentar de correntes de maré em condições litorâneas num mar raso epicontinental.

Na região, sedimentos da Formação Corumbataí ocorrem numa faixa bastante extensa desde a margem do rio Tietê, passando por Piracicaba e Rio Claro. Os sedimentos afloram numa largura variável de 5 a 20 km por uma extensão contínua de 150 km, cobrindo aproximadamente 2.000 km².

3.5.2.3. Grupo São Bento

O Grupo São Bento envolve a seqüência sedimentar pré-vulcânica caracterizada por um pacote de arenitos fluviais e eólicos correspondente às Formações Pirambóia e Botucatu. (DAEE -

Estudo de Águas Subterrâneas, 1981).

a) Formação Pirambóia

Assentados em discordância sobre o Permiano, os arenitos de cores variáveis, de granulação muito fina a média exibindo estratificação cruzada planar com espessura pelo menos duas vezes maior que do pacote superior, corresponde à Formação Pirambóia.

Na Bacia do Médio Tietê a Formação Pirambóia apresenta-se, com granulação homogênea, variando de fina a média, dominando areias finas como visto entre Rio Claro e Itirapina.

Na região de Torrinha e Itirapina a formação encontra-se "capeada" pelos arenitos Botucatu.

b) Formação Botucatu

Sobreposta à Formação Pirambóia a partir de um contato de brusca mudança textural, estrutural e de cor, os arenitos de granulação fina e muito fina com estratificação cruzada planar de grande porte representam a formação Botucatu.

Na Região os arenitos afloram na parte oeste em volta da cidade de Itirapina.

A camada mergulha, suavemente para oeste da Região em direção à calha do rio Paraná abaixo dos derrames basálticos que recobrem aproximadamente 50% dos arenitos na área.

3.6. Hidrogeologia Geral

Os reservatórios de água subterrânea ou sistema aquíferos que ocorrem na área foram caracterizados, em função dos seus limites (em superfície e profundidade), condições de armazenamento e circulação de água, como unidade práticas para investigação e exploração em escala regional.

Dentro de tais critérios, o fator determinante nesta escala de trabalho, foi a geologia regional. Em função do comportamento hidráulico das principais unidades geológicas, pode-se delimitar quatro sistemas aquíferos, a saber:

01. Cristalino	
02. Tubarão	} Bacia do Paraná
03. Passa-Dois	
04. Botucatu	

(segundo D.A.E.E. - Estudo de Águas Subterrâneas - 1981)

Em cada um destes grupos, o armazenamento e circulação da água ocorre de modo específico, sendo possível, entretanto, reagrupá-los em dois tipos, de acordo com o escoamento subterrâneo em meios de porosidade predominantemente intersticial (Tubarão, Passa-Dois e Botucatu), e meios de porosidade de fissuras (cristalino e diabásio).

3.6.1. Aquífero cristalino

O domínio do aquífero cristalino ocorre na faixa oriental da região. O meio aquífero é desenvolvido nas descontinuidades provocadas pelo fraturamento das rochas (porosidade de fissura), caracterizando desta forma zonas aquíferas localizadas, com extensão e profundidade condicionadas pela intensidade do fraturamento existente. É importante salientar a existência de uma camada de alteração ou manto de intemperismo destas rochas, que apresentam uma grande importância na recarga do aquífero e, conseqüentemente, no escoamento básico da rede de drenagem superficial. Dependendo da natureza do tipo litológico, altitude, clima e fraturamento, o manto de intemperismo pode apresentar espessuras de 10 a 70 m. Para oeste da área de afloramento, há uma cobertura formada pelos sedimentos do Grupo Tubarão que mascara as feições estruturais impedindo a localização das zonas aquíferas do cristalino.

3.6.2. Aquíferos da Bacia do Paraná

3.6.2.1. Aquífero Tubarão

O aquífero Tubarão ocupa a parte central da Região estudada. Encontra-se cortado em diversos pontos por intrusões de diabásio que local ou mesmo regionalmente interrompe a sua continuidade e é ainda recoberto, em grande áreas, por pequena camada

de sedimentos cenozóicos. A espessura saturada apresenta a tendência desde zero até 1.300 metros. O armazenamento e a circulação da água subterrânea ocorre através dos interstícios dos grãos dos sedimentos clásticos grosseiros (arenitos, conglomerados, diamictitos), os quais estão intercalados com camadas de sedimentos finos (lamitos, siltitos, folhelhos) impermeáveis, que dificultam o escoamento da água subterrânea no sentido vertical, caracterizando uma situação de anisotropia, com permeabilidades verticais inferiores as horizontais. A alternância em área de sedimentos grosseiros e finos com espessuras variadas condicionam a heterogeneidade do armazenamento e circulação de água subterrânea, neste aquífero. O substrato deste aquífero é substituído pelas rochas do Pré-Cambriano, que constituem o aquífero Cristalino, e à medida em que avança para oeste, o aquífero Tubarão passa a ser confinado pela sequência sedimentar do Grupo Passa-Dois.

Os aquíferos existentes no diabásio ocorrem de forma dispersa na área da bacia sedimentar. O conjunto de corpos de maior extensão estão encaixados nos sedimentos do Grupo Tubarão, onde se destacam os sills de Campinas, Paulínia e Piracicaba. As zonas aquíferas estão associadas aos sistemas de fraturamento existentes nesses corpos de diabásio, caracterizando assim aquíferos localizados, descontínuos e heterogêneos.

3.6.2.2. Aquífero Passa-Dois

Os sedimentos do Grupo Passa-Dois pelas suas características litológicas assume regionalmente as características de aquicludo, embora localmente possa apresentar zonas aquíferas representadas principalmente pelos bancos de calcário, e por zonas de rochas lamíticas fissuradas.

Ocorre numa estreita zona que se estende de norte para sul, na parte centro oeste da Região ocupando 2.300 km².

Assenta-se sobre os sedimentos do Grupo Tubarão e está recoberto pela Formação Pirambóia, podendo atingir até 250 metros de espessura.

3.6.2.3. Aquífero Botucatu

O sistema aquífero Botucatu é constituído pelos arenitos fluviais e eólicos das formações Pirambóia e Botucatu respectivamente, que afloram a oeste da área recobrando os sedimentos do Grupo Passa-Dois. Para oeste, é recoberto pelos basaltos da formação Serra Geral, que passa a confiná-lo em áreas já fora da Região. As condições de ocorrência e o comportamento observado em perfurações implicam em uma caracterização regional de aquífero livre, podendo localmente apresentar-se confinado ou semi-confinado, pelos níveis de clásticos finos que ocorrem na base (Formação Pirambóia). A espessura média da região é da ordem de 250 metros.

3.7. Dados Regionais Específicos Para o Município de Piracicaba (Distrito de Artemis)

3.7.1. Introdução

O distrito de Artemis (Município de Piracicaba) foi escolhido como "modelo" para os dados regionais, devido aos excessos de certos parâmetros encontrados nas águas dos poços. E ainda porque, futuramente, talvez essas águas venham a ser exploradas com fins medicinais.

No distrito de Artemis, conforme ilustra a figura 4, ocorrem rochas sedimentares, cuja idade vai desde o Permiano até o Jurássico-Triássico.

A espessura total dos sedimentos paleozóicos é de cerca de 1.460 m (NORTHFLEET, 1969), encerrando corpos intrusivos de diabásio, filiados aos derrames mesozóicos, com espessuras que podem ultrapassar 200 m, ocupando posições geralmente subconcordantes. Segundo os dados da Petrobrás, a média de porcentagem de diabásio perfurado na secção paleozóica é de cerca de 10%. O topo do embasamento está na altitude 1.000 m, conforme mapa estrutural da Petrobrás (figura 7).

FIG. 4 — LOCALIZAÇÃO DO DISTRITO DE ARTEMIS — MUNICÍPIO DE PIRACICABA

3.7.2. Perfuração de poços (P_1 e P_2)

No distrito de Artemis, até a presente data, foram abertos dois poços tubulares profundos para água (P_1 e P_2 - figuras 5 e 6)

Secundariamente, o poço pioneiro da Petrobrás na Fazenda Limoeiro, apresentou produção de água artesianas em volume considerável.

3.7.2.1. Perfis geológicos dos poços P_1 e P_2

O poço P_1 apresentou o seguinte perfil geológico .
(Figura 5).

- 0 a 12 m - Solo argiloso, avermelhado, mole.
- 12 a 90 m - Argilitos avermelhados, folhelhos esverdeados, siltitos avermelhados, com pequenos horizontes calcíferos, com restos de escamas e dentes de peixes. Dureza média.
- 90 a 120 m - Siltitos acinzentados, com alguns horizontes de folhelho pirobetuminoso cinza - esverdeado, com restos de *Paulocaris pachecoi* Clarke. Dureza média.
- 120 - 197 m - Argilitos acastanhados, com grânulos de 0,51 a 1,00 cm esparsos, com restos de *Estherias*. Dureza Média.
- 197 a 202 m - Diabásio acastanhado, compacto duro.
- 202 a 207 m - Arenito, branco amarelado com grânulos médios, granulometria entre 0,25 a 0,50 mm, porosidade de 35 a 40%. Aquífero. Mole.
- 207 a 252 m - Argilitos acastanhados, com pequenos horizontes de tilito compacto. Dureza média.
- 252 a 262 m - Arenito branco amarelado, com grânulos médios, granulometria entre 0,25 e 0,50 mm, porosidade 35 a 40%. Aquífero. Mole.

POÇO P4

Fig. 5

PERFIL GEOLOÓGICO DOS
POÇOS DO DISTRITO DE ARTEMIS

DAEE

SECRETARIA DOS SERVIÇOS E OBRAS PÚBLICAS
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA

PROJ. Eng.º Ribeiro
DLS
VERIF.

DATA OUT/92
APROV.

VERTICAL 1:1.500
ESCALA

Nº do DESENHO

262 a 280 m - Argilitos acastanhados, siltosos, com restos de braquiópodos e lameli-brânquios. Dureza média.

280 m em - Arenito amarelado, com grânulos médios - granulometria entre 0,25 e 0,50 mm, porosidade entre 35 e 40% . Aquífero. Mole.

O poço P₂ apresentou o seguinte perfil geológico :
(Figura 6).

0 a 5 m - Solo argiloso, avermelhado, com pequena fração arenosa mole.

5 a 11 m - Diabásio cinza escuro, compacto, duro.

11 a 80 m - Argilitos avermelhados, folhelhos esverdeados e siltitos violáceos, com restos de escamas e dentes de peixes. Dureza média.

80 a 100 m - Siltitos acinzentados com alguns horizontes de folhelhos cinza-esverdeado, com restos de Paulo caris pachecoi Clarke. Dureza média.

100 a 126 m - Diabásio preto, fraturado, duro.

126 a 170 m - Argilitos acastanhados; arenitos amarelados; tilitos acastanhados e arenosos, com seixos rolados. Com horizontes aquíferos. Mole.

170 a 200 m - Diabásio cinza escuro, fendilhado, aquífero, dureza média.

A camada de arenito glacial atravessada por P₁ na profundidade de 202 a 207 m, contendo um lençol aquífero confinado, talvez se estenda sob a intrusão diabásica cortada por P₂ na profundidade de 170 a 200 m. Embora essa intrusão não tenha sido atravessada "in totum", graças ao fraturamento intenso que apresenta, é provável que propicie a intercomunicação hidráulica com o aludido aquífero confinado, fornecendo água sob pressão ao poço P₂. (SILVA, 1972).

Os lençóis aquíferos seccionados por P₁ e P₂, podem sofrer recarga através do "underflow" do Rio Piracicaba.

POÇO P2

LEGENDA

- SOLO
- DIABÁSIO INTRUSIVO
- FORMAÇÃO CORUMBATAÍ
- FORMAÇÃO IRATI
- FORMAÇÃO TATUI

Fig. 6

PERFIL GEOLÓGICO DOS POÇOS
DO DISTRITO DE ARTEMIS

DAEE

SECRETARIA DOS SERVIÇOS E OBRAS PÚBLICAS
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA

PROJ. Regina Ribeiro
DES. Lucas
VERIF.

DATA OUT / 92
APROV.

VERTICAL 1:1500
ESCALA

N.º do DESENHO

PROVÁVEL ESTRUTURA GEOLOGICA NA ÁREA DOS POÇOS

Escala 1: 2.000

GEOL. LEZIRO M. SILVA, 1971

Figura 7. Estrutura geológica dos poços P₁ e P₂ do Distrito de Artemis, Município de Piracicaba.

3.7.2.2. Classificação estratigráfica dos poços P_1 e P_2

Para este trabalho, foi utilizada a classificação estratigráfica do I.G.G.-Instituto Geológico e Geográfico, da qual ressaltam os seguintes fatos:

- O topo do embasamento cristalino faz contato com a base do pacote sedimentar, através de uma inconformidade estrutural. O contato do Grupo Tubarão com a Formação Irati é do tipo desconformidade erosional. O Grupo Estrada Nova, Formação Corumbataí, faz contato com o Grupo São Bento, Formação Botucatu, através de uma desconformidade erosional, com fendas preenchidas por arenito penetrando a formação subjacente, algumas vezes com a presença de um conglomerado basal sem estratificação alguma.

a) Grupo Tubarão

Está esse grupo representado na região por argilitos, arenitos, siltitos e varvitos, alguns deles localmente endurecidos devido às intrusões de diabásio.

A espessura máxima do grupo em Artemis está por volta dos 1.290 m. Nos poços tubulares P_1 e P_2 as espessuras parciais atravessadas foram de 278 a 100 m, respectivamente. Os sedimentos estão penetrados por corpos intrusivos diabásicos: no poço P_1 atravessou-se um corpo na profundidade 197 a 202 m, enquanto que no poço P_2 atravessaram-se dois corpos, nas profundidades 100 a 126 m e 170 a 200 m (este último não foi totalmente atravessado).

b) Grupo Estrada Nova

- Formação Irati - engloba um conjunto de rochas do tipo folhelhos pirobetuminosos, folhelhos pretos não betuminosos, calcários parcialmente silicificados em alternância com os folhelhos dolomitos, siltitos cinzentos, sílex e ocasionalmente arenito. A espessura máxima da formação, atestada pelas perfurações na área, foi de 30 metros, sendo que no poço P_2 esta formação é separada do Grupo Tubarão subjacente, por uma intrusão diabásica.

- Formação Corumbataí - é uma das unidades aflorantes na região de Artemis englobando rochas do tipo siltitos cinzentos (base), siltitos, folhelhos variegados, sílex e mais raramente arenitos e calcários. A espessura máxima da formação ates-

tada pelas perfurações na área, foi de 113 metros, notando-se que a espessura dessa formação tende a diminuir para NE e SE e aumentar para calcíferos com pequena espessura, nas proximidades do Rio Piracicaba, na estrada que liga Artemis a Anhembi. No poço P₂, dentro dessa formação, na profundidade de 5 a 11 metros, atravessou-se um corpo de diabásio intrusivo.

c) Grupo São Bento

- Formação Botucatu - é uma das unidades aflorantes na região de Artemis, representada por arenitos de cores vermelha rósea e parda, de granulação fina a média, com estratificação cruzada, formando quando decomposta os chamados "areições", com vegetação escassa e pobre (cerrados). A espessura dessa formação é muito variável, dando o mapeamento da Petrobrás, espessura média de 50 metros.

- Formação Serra Geral - representada na área por diabásicos de cores castanho a cinza escuro quase preto, granulação fina e grossa, sob a forma de "sills" e diques. A maior espessura atravessada pelas perfurações foi de 50 metros. Esse diabásio, nos corpos intrusivos, pode apresentar-se de maneira compacta (P₁ e P₂) ou fraturada (P₂).

d) Pleistoceno

Sob essa idade, situam-se os sedimentos cenozóicos constituídos por areias, arenitos, cascalhos e argilas de ocorrência localizada em alguns terraços mais antigos que as planícies aluvionares dos vales dos cursos d'água situados até cerca de 50 metros acima dos níveis atuais dos rios. Um desses terraços é o situado nas proximidades do Poço P₂, com altura beirando os 40 metros, originado provavelmente pela intrusão de diabásio complementada pelo trabalho do rio, no topo da qual ocorre cascalho ("pedregulho de cava").

e) Holoceno

Constituem tais sedimentos as planícies aluvionares dos cursos d'água na região: areias, cascalhos e argilas.

3.7.3. Hidrogeoquímica regional do Distrito de Artemis

A composição química das águas subterrâneas confinadas, se estabelece de acordo com a litologia, velocidade de fluxo da água, intensidade das trocas hídricas, condições de recarga e descarga, permeabilidade, processos físico-químicos, etc. (SILVA, 1972).

A mineralização é acentuada com o aumento da profundidade, observando-se um zoneamento vertical na composição química dos lençóis cativos. O fenômeno de zoneamento ocorre também no sentido horizontal.

No local onde há a recarga dos lençóis, as condições são mais favoráveis às trocas hidráulicas e é aí que se infiltram constantemente as águas meteóricas. Como consequência disso, as águas subterrâneas são "diluídas" sendo pouco mineraliza-das.

A medida em que há um deslocamento para o centro , as águas vão se tornando gradativamente mais mineralizadas, apresentando em geral composição bicarbonatada sódica ou sulfatada sôdica-cálcica.

No centro, as águas subterrâneas são bastante mine-ralizadas e de natureza clorada ou cálcio-cloradas. SILVA (1972) em seu estudo da hidrogeoquímica regional de Artemis usou os dia-gramas logarítmos verticais de SCHOELLER e BERKALOFF.

Com base nas análises químicas das águas, foram traçadas as linhas hidrogeoquímicas locais concluindo-se que:

- a) Os resíduos secos crescem de NE para SW.
- b) A dureza cresce de NW para SE.
- c) Os teores de cloreto crescem de NE para SW.
- d) Os teores de sulfatos crescem de SW para NE.
- e) Os teores de fluoretos crescem de NE para SW.

O fluxo de água subterrânea tem sentido predominan-te de NE para NW, com variações localizadas.

A cartografia hidrogeoquímica indica uma concentra-ção de anidrita ou gipsita nos sedimentos paleozóicos pelo teor local de sulfatos, teor esse que decresce para SW, à medida que a

água percola o subsolo nesse rumo, em consequência de trocas químicas e "diluição".

As linhas de isocloretos e isofluoretos indicam que os teores crescem de NE para SW, graças à mineralização.

De acordo com os padrões de potabilidade impostos pela norma da CONAMA (1986), a qual regulamenta a água destinada ao abastecimento público, as águas dos dois poços atuais não são aconselháveis para tal finalidade, embora sejam enquadradas como águas sulfurosas adequadas para banhos, com boas qualidades crenológicas. É conveniente frisar que as normas de potabilidade variam de país para país, não sendo possível a preparação de uma norma internacional, pois a adequabilidade de uma água depende da finalidade de seu destino, bem como das condições locais em que a mesma vai ser utilizada. (SILVA, 1972).

3.7.4. Águas mineralizadas

Na região de Artemis, abaixo da profundidade 330 a 350 metros, ocorrem águas mineralizadas, com pH entre 8,3 e 8,7. A salinidade está entre 1,400 a 1,800 ppm, a temperatura entre 30° e 32,3°C. A composição dessas águas é predominante cloro-sulfatada sódica, recebendo a classificação de primariamente salina, de acordo com SILVA (1972). Tais águas embebem os arenitos glaciais do Grupo Tubarão.

No poço da Petrobrás (NORTHFLEET, 1969) na Fazenda Limoeiro constatou-se a existência desse lençol de água mineralizada a partir dos 347 metros de profundidade. A fim de que o poço produzisse apenas água doce, foi necessário o tamponamento com cimento a partir dessa profundidade. Dessa maneira, aproveitou-se apenas a água doce contida na camada de arenito glacial que ocorre dos 200 aos 347 metros de profundidade.

Nos poços P_1 e P_2 , devido às suas profundidades, não foi alcançado esse nível de água mineralizada.

4. METODOLOGIA

A fim de atingir os objetivos propostos, foram efetuados trabalhos de campo e de laboratório, com a finalidade de se identificar os poços que apresentassem excessos de fluoreto e de outros parâmetros químicos que tenham ultrapassado os padrões de potabilidade, para se estabelecerem as correlações existentes e sugerir de forma acertada, os tratamentos que tornem as águas indiscutivelmente potáveis.

4.1. Cadastramento de Dados

De posse da constatação de ocorrência de fluorose na região, elaborou-se um programa de monitoramento do qual fizeram parte 17 municípios, 7 distritos e 3 bairros que utilizam água subterrânea, como abastecimento ou como complemento de abastecimento, tais como: Pereiras, Porto Feliz, Jaguariúna, Campinas, Valinhos, Vinhedo, Rio Claro, Santa Gertrudes, Araras, Ipeúna, Charqueada, Piracicaba, Rio das Pedras, Capivari, Conchas, Tietê, Corumbataí, Saltinho, Santa Olímpia (Distrito de Piracicaba), Godinhos (Bairro de Piracicaba), Jardim Novo Wenzel (Bairro de Rio Claro), Ajapi (Distrito de Rio Claro), Assistência (Distrito de Rio Claro), Batovi (Distrito de Rio Claro), Santa Luzia (Distrito de Charqueada).

Para o presente estudo, foram efetuados trabalhos de campo e de laboratório, com a finalidade de definir quais dos 37 poços, da região em estudo, apresentavam águas com excessos de fluoreto. Foram feitas 216 análises de água para detectar o fluoreto e 56 análises físico-químicas e bacteriológicas completas.

4.2. Amostragem e Análises

4.2.1. Amostragem

A amostragem das águas subterrâneas foi efetuada através do convênio DAEE-CETESB, desde março de 84 e outubro de 89,

mensalmente, diretamente da "boca" dos poços, após um período contínuo de bombeamento de duas horas, no mínimo. No local, foram determinados o pH, temperatura da água e condutividade elétrica.

As amostras destinadas às análises físico-químicas foram coletadas em frascos de polietileno, novos, descartáveis de 1,5 litros, sem preservação, para determinação do pH, condutividade elétrica, resíduo a 105°C e a 180°C, íons maiores, dureza, sílica, ferro, em um frasco de 1,0 litro, preservado com 2 ml de H₂SO₄ concentrado, para exame de nitrato.

Os frascos foram transportados em geladeiras de isolamento com gelo, para manter uma temperatura média baixa.

O fato de colocar as amostras da água e separar do seu meio natural provoca modificações mais ou menos importantes de alguns de seus parâmetros físicos, físico-químicos e químicos. Alguns, podem ser considerados como estáveis na escala de tempo em que se trabalha (de algumas horas até alguns dias), e outros, ao contrário, variam muito rapidamente, tais como a temperatura, condutividade, gases dissolvidos e pH.

Esses são alguns fatos que levaram a executar uma série de análises e determinações no próprio local de coleta.

A temperatura da água foi medida no local da perfuração, com termômetro da marca "Incoterm" portátil. A temperatura do ar, foi também registrada, no momento da coleta.

A medida da condutividade elétrica foi feita com o condutivímetro "Micronal" acoplado no pHmetro B 378.

A medida do pH também foi feita no local da perfuração, utilizando o mesmo pHmetro B 378 "Micronal".

4.2.2. Análise

Nos laboratórios da CETESB, os parâmetros físico-químicos foram analisados a 25°C de acordo com métodos do "American Public Health Association" (1980).

- resíduo a 105°C e 180°C (gravimétrico)
- Ca²⁺, Mg²⁺ e dureza total (titulométrico com E.D.

T.A.)

- Na^+ e K^+ (absorção atômica)
- HCO_3^- e CO_3^{2-} (titulação potenciométrica)
- Cl^- (titulométrico nitrato-mercúrio)
- SO_4^{2-} (turbimétrico, cloreto de bário)
- NO_3^- (auto-analyser com sulfanilamida)
- Fe^{2+} (auto-analyser com ortofenantrolina)
- F^- (Potenciométrico - Eletrodo Orion 94-09 - Potenciométrico Orion 701 - Tisab)
- SiO_2 (colorimétrico com molibdato de amônia)

4.3. Tratamento dos Resultados de Análises

A partir dos resultados obtidos nas análises físico-químicas das águas subterrâneas, foram realizados cálculos e gráficos que subsidiassem a caracterização hidroquímica e facilitassem a proposição dos métodos para a retirada do excesso de fluoreto da água.

Os resultados físico-químicos das águas subterrâneas foram trabalhados da seguinte maneira:

- listagem dos resultados de análise para cada parâmetro;

- Transformação dos resultados dos íons maiores originalmente em mg/l, para meq/l; cálculo da soma de cations e ânions em meq/l e porcentagem de cada íon em relação ao total de cations ou de ânions;

- cálculo dos erros (prático e teórico), segundo Stabler:

$$\%E = \frac{\Sigma \text{ cations} - \Sigma \text{ ânions}}{\Sigma \text{ cations} + \Sigma \text{ ânions}} \times 100$$

Com cations e ânions em meq/l.

Erro teórico - percentual máximo de erro prático
 permitido, levando-se em consideração os valores da condutividade
 elétrica, conforme quadro a seguir, CUSTÓDIO (1968).

Condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$)	50	200	500	2000	>2000
Erro permitido (%)	30	10	8	4	4

As análises que não corresponderam a tais limites foram refeitas.

Para melhor visualização do caráter químico da água, utilizou-se o diagrama de Piper - que permite determinar a fácies química da água.

Cada análise é representada no diagrama por um ponto no triângulo dos cátions e um no triângulo dos ânions. As coordenadas desses pontos são as porcentagens de cada elemento, inicialmente em meq/l, em relação à soma de cátions ou de ânions.

Um ponto representando a composição química global da água é determinado no losango pela intersecção de duas retas levadas paralelamente aos lados do diagrama e passando pelos dois pontos definidos anteriormente. O diagrama de Piper permite:

a) a comparação de um grande número de análises entre si do ponto de vista das concentrações relativas (expressas em %) e não absolutas. Esse ponto talvez seja um inconveniente do método;

b) a determinação da fácies química da água. É importante saber que para definir corretamente a fácies química de uma água, muitas vezes a repartição no losango não é suficiente e os dois triângulos permitem uma interpretação e distinções mais finas e às vezes necessárias;

Para auxiliar na determinação dos tipos hidroquímicos, utilizam-se os diagramas de Schoeller - Berkloff, sendo então possível estabelecer, além dos tipos hidroquímicos das águas, as condições de potabilidade da água analisada. Neste caso, os va

lores dos parâmetros analisados foram colocados em mg/l.

Com a finalidade de localizar sobre o mapa os resultados encontrados e chegar-se às conclusões finais, com relação aos tipos hidroquímicos encontrados na região, utilizou-se o diagrama de Stiff, onde os parâmetros foram colocados em meq/l.

Após a classificação dos tipos hidroquímicos, achou-se conveniente colocá-los num mapa geológico para que fossem observados quais os tipos hidroquímicos mais característicos para cada região da Bacia do Médio Tietê.

Estabelecidos os teores de fluoreto, estes foram colocados num mapa para a localização das regiões onde predominam os maiores teores.

Os resultados das análises físico-químicas foram também colocados em histogramas frequência/concentração, onde foram mostrados os padrões para a potabilidade, facilitando sobremaneira a identificação dos parâmetros excessivos e a quantificação dessas exceções, em termos de porcentagem.

O Programa Lotus 123 foi utilizado para o estudo das correlações. Estabeleceu-se a matriz - município x porcentagem excedente aos padrões de potabilidade para cada parâmetro analisado.

Para se conhecerem as porcentagens excedentes aos padrões da potabilidade, foram utilizados os histogramas. Quando o parâmetro analisado encontrava-se dentro dos limites de potabilidade, adotou-se, para colocação na matriz, o valor zero; em caso contrário, calculou-se percentualmente qual o excesso apresentado na análise físico-química.

Após a construção da matriz, foi fácil encontrar quais os parâmetros excessivos e correlacioná-los.

Estudadas todas as possibilidades de poluição, sugeriu-se métodos de tratamento para tornar a água potável; os quais estão descritos no item número 9 deste estudo.

5. A QUÍMICA DO FLÚORETO

Para se conhecer o comportamento do elemento químico "flúor" foi necessária a pesquisa de suas características químicas e das propriedades que o diferenciam dos outros halogêneos.

5.1. O Grupo do Flúoreto

Embora o flúor seja um membro do grupo dos halogêneos, suas propriedades físicas e químicas não estão de acordo com as propriedades típicas desse grupo.

A maioria das propriedades peculiares dos elementos do primeiro grupo podem ser explicadas pelo fato que (1) - os átomos são pequenos; (2) - as nuvens eletrônicas são fortemente atraídas, são muito compactas e não são facilmente distorcidas e (3) - não existem orbitais "d" disponíveis para a ligação (STACEY, 1960).

A estrutura eletrônica de um halogênio livre é igual à de um gás nobre, exceto na falta de um elétron "p" externo. Levando em conta a estabilidade de uma camada "p" completa, é compreensível que todos os halogêneos tenham forte tendência em adquirir elétrons para formar íons haleto:

O calor libertado nesse tipo de reação é chamado afinidade de eletrônica de X. Os valores das afinidades eletrônicas dos halogêneos encontram-se na tabela 1. Pode-se notar que a afinidade eletrônica cresce do I para o Br e para o Cl, mas a do F foge a seqüência, com uma afinidade eletrônica semelhante a do Br.

Por outro lado, um átomo de halogênio pode adquirir uma configuração eletrônica próxima à de um gás nobre compartilhando um par eletrônico com outro átomo de halogênio formando uma molécula diatômica. Todas as combinações possíveis dos halogêneos foram observadas; as energias necessárias para dissociar essas moléculas encontram-se na Tabela 1. Pode-se notar que a se-

quência. com energias cada vez mais altas do I_2 ao Cl_2 é quebrada pelo F_2 , cuja energia é semelhante ao I_2 .

Tabela 1. Algumas propriedades dos halogêneos (STACEY et al, 1960)

Propriedades	F	Cl	Br	I
Afinidade eletrônica do X, kcal/mol	79,5	83,3	77,5	70,6
Raio iônico de X^- , Å	1,33	1,81	1,95	2,16
Raio covalente típico, Å	0,65	0,99	1,14	1,33
Pot. de ionização de X, kcal/mol	401,8	298,86	274,61	240,78
Potencial de oxidação $2 XX_1 + 2 e^-$, -E° (volts)	-2,87	-1,36	-1,07	-0,54
Energia de dissociação, kcal/mol para:				
Molécula de halogênio (X_1)	36,7	57,1	45,5	35,5
Monofluoreto (X_F)		60,3	59,4	66,2
Monocloreto (X_{Cl})			51,5	49,6
Monobrometo (X_{Br})				41,9

5.2. Propriedades Físicas e Químicas do Fluoreto

O flúor funde a $-218^{\circ}C$, ferve a $-187,9^{\circ}C$ e tem uma cor amarela. O calor de fusão é 372 cal/mol e o calor de vaporização é 1,51 kcal/mol.

O átomo flúor forma ligações muito fortes com praticamente todos os elementos do sistema periódico, pois a energia F-F é bastante baixa. Certos metais, como o cobre, podem ser usados como recipiente para o flúor, unicamente porque uma camada de fluoreto do metal impede o prosseguimento da reação, além da superfície. O flúor reage explosivamente com material orgânico formando o HF e CF_4 . O teflon (polímero da fórmula $-CF_2-CF_2-$) é inerte ao flúor, à temperatura ambiente, desde que se remova qualquer traço de HF.

Muito poucas espécies têm o poder oxidante do flúor elementar. Os potenciais de oxidação em solução aquosa

não têm muita significação (Ele não forma oxo-ácidos, correspondentes aos conhecidos nos outros elementos como $HOCl$, $HClO_2$, etc. Assim, a química do flúor em solução aquosa é relativamente simples).

5.3. Geoquímica do Fluoreto

O fluoreto constitui aproximadamente 0,03 por cento da crosta terrestre, é encontrado principalmente na forma de fluoreto, CaF_2 ; criolita Na_3AlF_6 e flúor-apatita $Ca_5F(PO_4)_3$.

Tem-se informações qualitativas da presença e distribuição do fluoreto em rochas e depósitos minerais, os quais não podem ser obtidos por análise química, mas por observações mineralógicas e petrográficas. Observa-se a presença e distribuição de minerais de fluoreto, por exemplo: a fluorita, na fluorapatita, nas micas, nos anfílios contendo fluoreto, e no topázio, que são alguns dos mais importantes minerais portadores.

É fácil distinguir os minerais de flúor, dos outros, devido à baixa reatividade do íon fluoreto em comparação com cloro ou oxigênio.

O flúor é um típico elemento litófilo em condições terrestres. A maior parte do elemento é fixado nos constituintes das rochas silicáticas, como o complexo fluorapatita, que é o mais abundante mineral de flúor. Na seqüência, com referência à fixação da maior parte do flúor, acontece em alguns complexos hidroxi-silicatos e hidroxi-alumino-silicatos, nos quais o íon hidroxila (OH), talvez apareça abundantemente substituído pelo fluoreto (F^-), semelhante ao caso dos anfílios e minerais da família da mica (biotita e muscovita). Em algumas rochas, especialmente aquelas em estágios tardios de evolução de magmatismo, os flúor-silicatos podem exceder a quantidade fixada na apatita. Comumente encontra-se fluoreto como constituinte das rochas magmáticas.

Um grande número de minerais contendo fluoreto - provenientes de hidroxí-silicatos e boro-silicatos - são produzidos através de ação pneumatolítica, dentro destas condições, estão o topázio e a turmalina.

5.3.1. O cristal químico do flúor em relação à geoquímica

Naturalmente, o flúor é obtido através de uma única carga do ânion F^- , ou ocasionalmente, conforme componentes semelhantes a ânions complexos de $(BF_4)^-$, $(AlF_6)^{3-}$, $(SiF_6)^{2-}$, em que as ligações covalentes são, para alguns, grandeza presente, segundo GOLDSCHMIDT (1958). Em todo caso, pode-se atribuir um raio iônico de $1,33A^\circ$ para o átomo do flúor. O átomo de flúor une-se simplesmente por ligações covalentes, em compostos orgânicos, na molécula F_2 , e aí os raios são de $0,65A^\circ$.

É de grande importância, para comparação, o raio do íon fluoreto com um outro íon, para a discussão de várias possibilidades de isomorfos substituírem o fluoreto e outro ânion.

Observando a semelhança existente entre $F^- (1,33)A^\circ$, $OH^- (1,4 \text{ ou } 1,6)A^\circ$, $O^{2-} (1,32A^\circ)$, e a diferença existente entre o $Cl^- (1,8A^\circ)$, $Br^- (1,96A^\circ)$, $I^- (2,20A^\circ)$, nota-se ser possível, desta forma, a substituição entre o íons univalente F^- e OH^- no topázio, $AlSiO_4(OH, F)_2$, anfibólios e micas, e o íon fluoreto pode ainda substituir o oxigênio em alguns minerais e compostos sintéticos.

A semelhança entre o raio iônico, a carga simples do fluoreto, e a carga dupla do oxigênio, torna simples a construção de um modelo estrutural dos compostos de oxigênio por compostos de flúor (GOLDSCHMIDT, 1958).

Em compostos que são particularmente ou regularmente dominados por ligações covalentes, como os compostos de enxofre-sulfonados e flúor-sulfonados (íons) $(SO_4)^{2-}$ e (SO_2F) , ou nos pares $(PO_4)^{3-}$ e $(PO_3F)^{2-}$, na difícil química dos cristais similares, prepondera a liderança completa de analogias em estruturas e átomos distantes entre correspondentes sulfatos, flúor-sulfonados, ou entre fluorofosfatos, segundo GOLDSCHMIDT (1958).

Menos difíceis são as relações entre as cargas simples dos ânions de fluoreto e hidróxido, com cloro, bromo, iodo e

5.3.3. Fluoreto em rochas magmáticas e em minerais

O mais importante e comum mineral de flúor em rochas magmáticas é, a fluorapatita. Pode-se completar o conteúdo mínimo de fluoreto nas rochas magmáticas como sendo 8:29 por cento da quantia de P_2O_5 , assumindo o fluoreto o conteúdo da apatita de 3,5 por cento. A média nas rochas ígneas é de 0,015 por cento de F^- , não incluindo o fluoreto de outros minerais, especialmente nos anfibólios e micas, que são oriundas de substâncias em estágio tardio de evolução magmática. Desta forma, quase um quinto do fluoreto de rochas magmáticas pode ser fixado na apatita, segundo RANKAMA (1963).

Em contraste à abundância do fluoreto nas apatitas de sedimentos fosfáticos, existem algumas evidências da deficiência do elemento em algumas análises de rochas magmáticas e minerais reunidos. Em semelhantes apatitas, nenhum flúor sozinho, nem flúor + cloro satisfazem as necessidades da fórmula convencional da apatita, nem quando os íons hidróxido e carbonato estão incluídos.

É evidente a ocorrência de mais fluoreto em alguns granitos e nefelina sienitos e como hóspede em várias situações de fluoreto em minerais, em granito, e pegmatitos de nefelina sienito; por exemplo, a fluorita, topázio, micas, turmalinas e anfibólios, são ricos em fluoreto. O maior exemplo é a criolita pegmatítica de Ivigtut, perto do sul da Groenlândia.

5.3.4. Fluoreto em depósito pneumatolíticos e hidrotermais

Nos minerais pneumatolíticos do tipo de depósitos de cassiterita, onde freqüentemente o fluoreto é muito mais concentrado e aparenta ser o mais importante na migração dos compostos voláteis conforme se expressa na equação:

o ácido hidrofúorídrico assume a responsabilidade do metamorfismo em rochas graníticas, essencialmente nas misturas de quartzo, onde pode ocorrer o aparecimento de fluoreto nas micas, e no topázio.

São também observados depósitos de minerais pneumatolíticos associados com compostos de fluoreto resultantes de metamorfismo de contato.

Pode ser possível uma menção de transformação de rochas calcárias dentro de misturas de fluorita, magnetita. Veios de fluorita em zonas de contato de granitos são também frequentemente observados.

Em depósitos de minerais hidrotermais, correlacionados com magmas com grandes concentrações de fluoreto, quase sempre há CaF_2 (fluorita). Mas não é certo atribuir a todo depósito de fluorita a origem magmática.

5.3.5. Fluoreto em regiões de metamorfismo

Certos minerais são essencialmente compostos de rochas de metamorfismo regional e têm como constituintes hidróxidos e provavelmente quantidade de fluoreto, por exemplo, muscovita, biotita e anfibólios. É mostrado que estes minerais podem facilmente ser produzidos sinteticamente na aplicação de grande pressão hidrostática, na presença de compostos de flúor, no caso dos anfibólios em presença de baixas temperaturas, segundo GOLDSCHMIDT (1958).

5.3.6. Fluoreto em processo de intemperismo e formação de solo

É provável algum aparecimento de fluoreto ocupando o lugar de hidróxidos, nos minerais do grupo da mica ou aparecendo em silicatos nos anfibólios e minerais "humitec" (contendo água). Mas a fluorita é, facilmente dissolvida pela água na superfície, segundo GOLDSCHMIDT (1958).

Minerais do grupo da apatita podem talvez permutar o fluoreto pelo hidróxido, mas o importante do processo é que, à medida que se dá o processo, o reverso pode acontecer, em grande quantidade, isto é, a comprovação da dissolução do fluoreto através da circulação das águas na superfície, que não são fluoretadas ou insuficientemente fluoretadas com cimento fosfático. O processo de conversão hidroxi-apatita de ossos e outro esqueleto re-

manescente para a fluorapatita em tempo geológico pequeno, é comprovada. Em alguns processos, a fixação do flúor por causa da circulação das águas também transforma fosfatos fecais e fosfatos de cálcio, resultantes de metassomatismo em rochas calcárias, em minerais comparáveis a fluorapatita, segundo GOLDSCHMIDT (1958).

Existem processos naturais com poder de libertação do fluoreto em cristais de apatita ou em geral, processos onde podem dissolver ou alterar a quantidade de fosfatos. Esses processos produzidos na natureza são conhecidos pelo fato de poderem desenvolver a vegetação em solo natural, mas todas as evidências da ciência da agricultura convergem no fato do intemperismo ou soluções de fluorapatita na natureza, geralmente, serem produzidas muito lentamente. Soluções aquosas de ácido carbônico produzem ataque agressivo à apatita.

É irregular a distribuição de fluoreto nos solos. Análises de fluoreto em solo natural variam entre grandes limites; as médias regionais são da ordem de poucas centenas de ppm de F^- , isto é, quase idênticas às encontradas nas rochas magmáticas.

5.3.7. Fluoreto na seqüência de sedimentação

Nos resíduos sedimentares, a quantidade de fluoreto é certamente pequena, por causa da apatita e da fluorita, dois dos principais minerais envolvendo o fluoreto, serem muito solúveis, segundo GOLDSCHMIDT (1958). Mas os fragmentos de apatita são freqüentemente encontrados como areia e arenito, indicando a apatita, especialmente a fluorapatita, entre os minerais resistentes. Sedimentos residuais certamente retêm uma pequena quantidade do procedimento do elemento flúor nos borossilicatos; a turmalina, por ser extremamente resistente ao intemperismo e ao atrito mecânico, e ainda o topázio, irão se comportar de maneira idêntica.

Nos arenitos são encontrados clastos grosseiros de muscovita, especialmente em camadas selecionadas pelo fluxo da água. Os clastos de muscovita atingem a faixa de 2 a 5 mm. São eles obviamente em alguns casos derivados do granito e pegmatito granítico (próximos a mica - xistos e gnaisses). Derivados de silicatos magmáticos podem conter diversas percentagens do fluoreto,

inclusive pelo extenso poder que o fluoreto tem de reaparecer nos hidróxidos através da troca iônica.

Nos sedimentos carbonáticos o aparecimento do fluoreto é muito provável, como constituinte comum, porque em quantidades pequenas, a fluorita é muito freqüente em veios segregados das rochas calcárias.

Como a fosforita é muito solúvel em comparação com o CaCO_3 , é concentrada em resíduos de rochas calcárias, havendo considerável concentração do fluoreto.

5.3.8. Fluoreto em sedimentos de fosforita

Um grande número de depósitos fosfáticos, têm sido originados da acumulação do material fosfático primário, contendo grande quantidade de fluoreto.

Durante a precipitação da fluorapatita, o fluoreto aparece em excesso, em relação ao íon fosfato, igualmente para as águas das profundezas enriquecidas em íons fosfato.

O fato mais notável dessas precipitações é a grande dissolução (aproximadamente 1,4 mg F por litro e menos de 0,1 mg P_2O_5 por litro, na presença de aproximadamente 20,0 mg de Cl por litro), numa separação praticamente pura de fluorapatita (com alguns excessos de fluoreto) somente com traços de cloro.

Os nódulos de fosforita presentes nos mares contêm aproximadamente 60 - 70 por cento de fluorapatita, além de carbonato de cálcio.

5.3.9. Fluoreto em argilas

A existência de fluoreto em argilas pressupõe a presença, nestas, de minerais acessórios ricos no elemento. Assim sendo, as apatitas, as micas e a fluorita, mesmo em proporções mínimas, podem supostamente estar presentes. Além destes minerais, cuja existência é variável segundo a litologia regional, certas argilas apresentam capacidade para acondicionar íons fluoreto em sua estrutura. O mecanismo da substituição aniônica explica a presença de íons fluoreto na formação de argilominerais.

Os íons oxigênio e fluoreto apresentam dimensões muito semelhantes. A única diferença entre eles advém de suas cargas (e, naturalmente, da eletronegatividade de seus átomos). O íon F^- pode substituir o íon O^{2-} , acarretando a perda de uma carga positiva (H^+), pois a neutralidade elétrica das estruturas dos compostos deve ser mantida. Portanto, quando o íon F^- substitui o íon O^{2-} no retículo cristalino dos minerais, ele está, de fato, substituindo uma OH^- .

A caolinita, por exemplo, apresenta uma relação de óxidos isto é, $Al_2O_3:SiO_2:H_2O - 1:2:2$ (BROWN, 1972), que não permite variações notáveis em sua composição. Contudo, é possível que apresente certa capacidade de troca aniônica, mostrada na figura 9 (WEISS, 1959). Esta última dependerá da espessura e do diâmetro dos cristais que compõem a estrutura da caolinita, mostrada na figura 9. A superfície e as bordas dos seus cristais podem apresentar íons OH^- trocáveis por íons F^- (BROWN, 1972 e WEISS, 1959).

Isto significa que, havendo íons fluoreto disponíveis e sendo a caolinita um mineral de argila muito comum nas regiões tropicais úmidas, a possibilidade de troca com íons hidroxila é viável, mostrada na figura 9. Este mesmo raciocínio poderá ser válido para a haloisita e para a montmorilonita.

Nas micas (doze átomos de oxigênio) é também possível que ocorra substituição aniônica através do mecanismo descrito, de modo parcial ou total (MAUGUIN e GRABER, 1928). O mesmo é válido para as micas de dimensões argilosas, como a illita (BROWN, 1972) que "conserva" os íons F^- existentes na mica original e para as cloritas.

FIGURA 9 - CAPACIDADE DE TROCAS IÔNICAS (OH^- POR F^-) NAS ARGILAS
(SEGUNDO WEISS 1959)

6. OCORRÊNCIA DE FLUORETO NOS DIVERSOS RESERVATÓRIOS DO MEIO AMBIENTE

6.1. Fluoreto na Água

O fluoreto está presente tanto na água superficial como na água subterrânea. A concentração de fluoreto em águas subterrâneas varia desde <1 até 25 mg/l, ou mais, dependendo de fatores geológicos, químicos e físicos da área onde esta água se localiza. Na água potável superficial (águas de rios com tratamento convencional), as concentrações são menores, variando entre 0,01-0,3 mg/l. Na água do mar a concentração média de fluoreto é 1,3 mg/l. (ALVES, 1986).

Em algumas regiões da Bacia do Médio Tietê, devido a escassez de água superficial, a população é abastecida com águas de poços profundos, que contêm, concentrações de fluoreto de 1,5 a 10,8 ppm, provocando a fluorose endêmica (alterações fisiológicas provocadas por ingestão de fluoreto).

6.1.1. Origem de fluoreto na água subterrânea

A principal fonte de fluoreto na água é proveniente da dissolução de fluorita e da apatita. Ainda pode ser encontrada pela dissolução de hornblenda e certas micas onde o F^- substitui parte do grupo OH^- na estrutura mineral.

Contrário aos cloretos, os fluoretos são menos solúveis. A solubilidade da fluorita é 8,7 ppm na água pura $T = 25^{\circ}\text{C}$. O íon complexo de fluorsilicato (SiF_6^{2-}) parece bem mais solúvel que a fluorita. A solubilidade da fluorita aumenta com a temperatura e é influenciada pelo pH das soluções, (GOÑI, et al, 1973).

Nas soluções com pH superior a 3,5 forma-se somente um pouco de HF. Um dos domínios favoráveis ao transporte do F^- é aquele das águas de fumarolas em relação estreita com a atividade vulcânica (GOÑI et al, 1973).

De acordo com HEM (1970), concentrações mais elevadas que 1 ppm ocorrem nas águas sódicas e águas com fluoreto podem reagir com o cálcio das rochas para formar a fluorita (CaF_2).

6.1.2. Fluoreto na água do mar

Na água do mar, segundo RANKAMA e SAHAMA (1963), o conteúdo de flúor na água normalmente salina é de 1,4 ppm o valor varia de acordo com a proporção dos sais. A quantidade de flúor na água do mar é certamente muito maior do que a quantia média na água dos rios e fontes do globo, e excede os limites de toxicidade. A diferença do conteúdo de flúor na água do mar e na água doce é evidenciada pela grande quantidade de flúor contida nos ossos e dentes dos animais marinhos, em comparação com os animais da fauna terrestre.

A distribuição do flúor indica que o elemento foi intensamente acumulado na água do mar durante o tempo geológico. Existem duas hipóteses para tal fato, que são: a adição de flúor solubilizado no intemperismo das rochas ou da distribuição direta das exalações vulcânicas.

O conteúdo residual, hidrolizado, de sedimentos carbonáticos, é geralmente pequeno, quantidades em peso, quase a metade do conteúdo em rochas magmáticas primárias. O principal fator de remoção do flúor (e íons fosfato) da água do mar são as precipitações dos sedimentos fosforita e a formação da fluorapatita.

6.2. Fluoreto no Ar

A presença de traços de fluoreto no ar deve-se tanto a fontes naturais como às atividades humanas. Os vulcões são responsáveis por grande parte da quantidade de fluoreto na atmos-

fera, sendo sua contribuição estimada entre 1 a 7×10^6 toneladas/ano. Outras fontes naturais são as tempestades de poeira em áreas onde o solo tem alta concentração de fluoreto, além de gotículas de águas do mar transportadas para a atmosfera pelos ventos.

Em áreas urbanizadas ou próximo delas, a maior parte da quantidade de fluoreto encontrado no ar é proveniente das atividades humanas, tendo sido estimado que entre 150-155 mil toneladas/ano de fluoreto são descarregadas na atmosfera por fontes industriais nos U.S.A. (ALVES, 1986).

Um levantamento do teor de fluoreto na atmosfera, de algumas comunidades dos Estados Unidos, mostrou que as concentrações variam entre 0,02 a $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valores estes concordantes com os dados encontrados na Europa.

Nas áreas vizinhas a vulcões em atividade ou fábricas que queimam, manufaturam ou manuseiam materiais contendo fluoreto, podem apresentar concentrações muito maiores (ALVES, 1986).

6.3. Ocorrência de Fluoreto em Alimentos e Bebidas

A ingestão de fluoreto pelos animais e seres humanos é feita, principalmente, através dos alimentos e da água. Assim, as plantas representam uma importante fonte do elemento no ecossistema, como pode ser visto na figura 10 (ALVES, 1986).

Alimentos e bebidas, junto com a água potável, são as principais fontes de fluoreto para os seres humanos, sendo, portanto, importante a investigação da ingestão diária de fluoreto derivado de alimentos. Na tabela 2 estão as concentrações de fluoretos nos alimentos e bebidas.

FIGURA 10- TRANSFERÊNCIA DE FLUORETO NO MEIO AMBIENTE (ALVES-1986)

Tabela 2. Concentração de fluoreto em alimentos de origem animal, vegetal e bebidas. (ALVES, 1986)

Alimento	Concentração de Fluoreto (mg/kg)
Arroz integral	21,2
Arroz	0,2 - 10,7
Trigo integral	0,2 - 1,4
Trigo branco	0,1 - 0,9
Centeio	0,41 - 7,1
Cevada	0,4 - 4,8
Aveia	0,18 - 0,78
Batata	0,12 - 2,9
Cenoura	0,19 - 0,60
Alface	0,18 - 0,42
Espinafre	0,44 - 6,4
Maçã	0,61 - 0,64
Pera	1,07 - 1,11
Laranja	0,31 - 0,41
Chá em folha	3,2 - 400
Café	0,2 - 1,6
Vinho branco	0,20 - 1,7 ^a
Vinho tinto	0,084 - 0,94 ^a
Cerveja	0,2 - 1,2
Carne de vaca	0,20 - 2,00
Carne de porco	0,20 - 1,20
Ovos	1,2
Leite	0,084 - 0,22 ^a
Queijo	1,62
Manteiga	1,50
Bacalhau	3,73 - 4,34
Cavala	3,19 - 3,89
Camarão	2,27 - 2,53
Lagosta	1,19 - 2,18
Marisco	0,3 - 1,5

a = mg/l

7. A FLUORETAÇÃO ARTIFICIAL

7.1. Efeitos Benéficos

O efeito benéfico do fluoreto na redução de cáries tem sido amplamente comprovado através de extensa literatura publicada. Este efeito, denominada de carioestático tem sido explicado através dos seguintes mecanismos:

1. Alteração da morfologia dos dentes resultante da diminuição da solubilidade do esmalte e promoção de remineralização.

2. Retardamento do crescimento das placas bacterianas.

3. Favorecimento da precipitação do fosfato de cálcio sobre os esmalte.

A extensão do efeito carioestático depende fundamentalmente do número inicial de cáries, do padrão de higiene bucal e da quantidade de fluoreto ingerida diariamente, a qual deve encontrar-se na faixa de 1 - 2 mg/dia. A ingestão deve ocorrer principalmente durante o desenvolvimento dos dentes, devendo ainda ser mantida continuamente, caso contrário, a proteção adquirida pelo indivíduo diminuirá gradualmente.

Tem sido estudado o possível efeito do fluoreto no tratamento da osteoporose, devido ao fato de ter-se observado um pequeno índice desta doença em áreas onde a água potável contém altos índices de fluoreto. Apesar desta observação, não existem ainda resultados conclusivos sobre a dosagem adequada de fluoreto (UNEP, 1984).

7.2. Efeitos Tóxicos

A ingestão diária de fluoreto em concentrações a partir de 1,2 ppm já exerce efeitos tóxicos crônicos sobre os seres humanos. Estes efeitos, denominados por fluorose, resultam de alterações fisiológicas principalmente nos dentes (fluorose den-

tal) e ossos (fluorose esquelética). No primeiro caso, as alterações envolvem desde manchas amarelas no esmalte, até severas deformações (EAGENS, 1969). No segundo ocorrem alterações da histologia esquelética, tais como aumento da densidade óssea, mudanças morfométricas e calcificação excessiva das juntas. Estes efeitos aparecem em regiões que apresentam altas concentrações de fluoreto no solo e/ou na água.

Já a toxicidade aguda ocorre usualmente como resultado da ingestão acidental ou suicida de fluoreto, resultante em anomalias gastrintestinais, hipocalcemia, nefroses e choques (HODGE, 1965).

A toxicidade de fluoreto agrava-se em indivíduos que apresentam deficiência de cálcio e má nutrição (SINGH, 1984), sendo, portanto, mais freqüente em países subdesenvolvidos.

7.3. Efeitos do Excesso de Fluoreto sobre Animais e Seres Humanos (Absorção, Distribuição e Excreção)

Grande parte de fluoreto ingerido ou inalado, é rapidamente absorvido através da região gastrintestinal e dos pulmões, respectivamente. O fluoreto absorvido é transportado pelo sangue e excretado principalmente pelo sistema renal, ou, fica retido em tecidos calcificados (UNDERWOOD, 1971).

As concentrações de fluoreto em tecido moles são geralmente baixas e não aumentam com a idade. Os rins são ricos em fluoreto, quando comparados com outros órgãos; isto, em parte, devido à retenção na urina. No plasma, as concentrações são baixas (0,1 - 0,2 ppm) e após a ingestão, os níveis variam bruscamente em função do tempo em animais e seres humanos, e por isto, para que as análises reflitam a dose ingerida, devem ser executadas logo após a ingestão.

O fluoreto urinário não se origina apenas da alimentação e da água, podendo também ser proveniente dos ossos. Existe uma correlação entre fluoreto urinário e fluoreto ingerido, de modo que um aumento na dose ingerida gera um aumento de excreção ao mesmo tempo em que aumenta a porcentagem retida. (ALVES, 1986).

Enquanto o acúmulo de fluoreto em tecidos não calcificados é praticamente desprezível, o mesmo não pode ser dito com relação aos ossos. Efeitos acumulativos são observados mesmo onde a ingestão a partir de alimentos e água é muito baixa.

7.4. Considerações Sobre a Fluoretação

7.4.1. Fluoretação com a água de abastecimento

Na década de 30, foram divulgados os primeiros trabalhos associando a presença de fluoreto na água à deterioração dos dentes (fluorose), porém nestas mesmas regiões verificou-se que o índice de cárie dental era muito pequeno.

Os trabalhos posteriores visaram à determinação da dosagem diária de fluoreto que reduzisse a cárie dental sem acarretar fluorose.

Em 1945-1947, um estudo sobre fluoretação de água de abastecimento forneceu o valor de 1,0 ppm como dosagem ótima, uma vez que a cárie dental em crianças com idade variável de 5 - 12 anos diminuiu de 50 - 75%, enquanto, "apenas" 10% da população estudada apresentou fluorose (AZEVEDO NETO, 1966).

Este índice de fluorose deve-se à existência de uma estreita faixa de concentração entre a dosagem benéfica e tóxica onde 1,2 ppm são suficientes para causar manchas nos dentes.

Estes fatos geraram controvérsias entre os pesquisadores com respeito à fluoretação ou não das águas de abastecimento e sobre qual seria o limite permitido (MACCLURE, 1970).

Em função do grande índice de redução de cárie dental e "pequeno" índice de fluorose, várias cidades americanas passaram a fluoretar suas águas na faixa de 0,7 - 1,2 ppm. Esta faixa foi estipulada utilizando a seguinte fórmula para cálculo da concentração de fluoreto em água de abastecimento: $0,34 / (-0,038 + 0,0062 F)$ mg/l, onde F é a média da temperatura máxima em graus Fahrenheit. Em regiões de clima temperado, considerando-se a ingestão direta e indireta de água fluoretada, o consumo diário médio de um indivíduo encontra-se na faixa de 1,2 - 1,6 mg (MAC

CLURE, 1957).

Os valores entre 1,2 a 1,6 mg foram estimados nas décadas de 40 - 50, quando o grau de industrialização era pequeno. Atualmente, este quadro se altera no mundo todo, de modo que o maior consumo de alimentos industrializados gerou uma grande variabilidade nos níveis de fluoreto ingeridos, causada pela adição de aditivos aos produtos. O consumo exagerado destes últimos pode explicar os dados da literatura, que demonstram ter ocorrido, nos últimos 30 anos, uma diminuição de 17-60% no índice da cárie dental em cidade onde a água não é fluoretada e um aumento de 30 - 60% no índice de fluorose em cidades em que a água ainda é fluoretada.

A fluoretação da água iniciou-se em 1950, no Panamá, e em 1953, no Chile e Brasil. Os programas de fluoretação da água na América Latina surgiram porque os dados pareciam indicar que a incidência de cáries nesta parte do Continente Americano era no mínimo tão alta quanto o índice existente nos Estados Unidos. No Brasil, a "experiência" da fluoretação teve início em 1953 na cidade de Baixo-Guandu (ES). No entanto, o autor frisa que não se dispunham de informações seguras sobre o consumo real de água potável em relação ao clima e hábitos de alimentação e bebida. Apesar disto, poucos trabalhos sobre os níveis de fluoreto no ar, na água e nos alimentos têm sido publicados (ROLDI, 1981), mas várias cidades brasileiras tiveram suas águas de abastecimento fluoretadas.

A partir de 1978, a Organização Mundial de Saúde adotou o seguinte princípio, com relação aos teores de fluoreto para fluoretação da água de abastecimento:

Tabela 3. Concentração de fluoreto recomendadas para água potável

Média anual das temperaturas máximas do ao ($^{\circ}\text{C}$)	Limites de F^- (em mg/l)	
	Inferior	Superior
10,0 - 12,0	0,9	1,7
12,1 - 14,6	0,8	1,3
14,7 - 17,6	0,8	1,3
17,7 - 21,4	0,7	1,2
21,5 - 26,2	0,6	1,0
26,3 - 32,6	0,6	0,8

O Conselho Nacional do Meio Ambiente de 1986 decidiu que o limite máximo do teor de fluoreto nas águas deve ser de 1,4 mg/l. Este dado é o que há de mais recente em termos de limite para mananciais de classe I (águas para abastecimento sem tratamentos especiais).

7.4.2. Fluoretação com o sal de cozinha

O projeto de fluoretação do sal de cozinha, lançado pelo Ministério da Saúde brasileiro, no dia 19/02/92, é polêmico.

A adição do sal fluoretado de acordo com a proposta do Ministério é uma alternativa para prevenção de cáries em locais onde a água tratada ainda não foi enviada.

Hoje, dos 150 milhões de habitantes do país, aproximadamente 66 milhões recebem água com flúor. Como se não bastasse o risco que esses 44% da população corre, com o perigo da sobredosagem por fluoretação da água de abastecimento, ainda o governo pretende adicionar flúor ao sal através da adição de fluoreto de potássio, numa proporção de 250 mg por quilo.

O ministério pretende empregar US\$ 10 milhões e estender o programa de uma só vez a 60 milhões de pessoas. A distribuição do sal será feita nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

Atualmente está sendo utilizado o sal iodado e fluoretado no município de Arraial do Cabo (Estado do Rio de Janeiro),

em locais onde não há fluoretação da água de abastecimento.

O sal fluoretado não será distribuído nas cidades que dispõem de água tratada. Porém, para tal distribuição, não foi feito nenhum estudo-piloto para se avaliar a alimentação utilizada ou seja, as dosagens de flúor ingeridas naturalmente.

Questionável, também, é o sal a ser utilizado, pois o fluoreto de potássio, além de ser o produto mais caro que existe para a fluoretação do sal de cozinha, não é fabricado no Brasil e será comprado de uma empresa alemã.

Com tudo isso, o governo brasileiro conseguirá deixar o custo da fluoretação do sal próximo ao custo do tratamento da água. Enquanto que, em outros países, a fluoretação do sal custa menos que a fluoretação da água e ainda conseguirá expor a população a um risco com relação à sobredosagem do fluoreto.

Conhecendo-se os vários "depósitos" de fluoretos no meio ambiente, conclui-se que a fluoretação da água de abastecimento poderá gerar uma sobredosagem na ingestão de fluoretos, fato que causará uma série de efeitos que podem ser evitados. Assim, o uso de dentifrícios fluoretados parece ser a medida mais simples e racional de se controlar o processo de cárie.

8. RESULTADOS

8.1. Apresentação dos Resultados das Análises Físico - Químicas de Água Subterrânea na Bacia do Médio-Tietê

O exame de potabilidade das águas em função da composição e da concentração de sais foi baseado nos padrões estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (O.M.S., 1978) e Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 1986).

Foram caracterizadas 216 análises nas tabelas do anexo 1, que apresentaram os resultados das análises físico-quími-

cas das águas subterrâneas na Bacia do Médio Tietê e ainda complementando foram listados os elementos que apresentaram teores acima dos limites de potabilidade estabelecido pela Organização Mundial de Saúde, (1978) (Anexo 2).

As análises bacteriológicas não foram incluídas visto que, na maioria dos poços, as coletas foram feitas antes da desinfecção, que é feita no poço, após a perfuração.

8.2. Classificação Hidrogeoquímica das Águas Subterrâneas da Área em Estudo

A classificação quanto ao tipo de água é feita com base na predominância do cátion e ânion, valores expressos em mg/l. Essa classificação é útil de uma forma geral, para indicar a característica química da água e para apontar as semelhanças entre águas.

8.2.1. Tipos hidrogeoquímicos

Em termos percentuais, os tipos hidrogeoquímicos encontrados através dos diagramas citados foram:

- águas bicarbonatadas sódicas - 66,7%
- águas bicarbonatadas cálcicas - 25,0%
- águas bicarbonatadas magnesianas - 8,0%

Os resultados gerais encontrados estão nos diagramas: PIPER, SCHOELLER-BERKALOFF, e de STIFF (Figuras 11, 12 e 13).

Foram utilizados três diferentes tipos de classificação devido à diversidade de abrangência ideal para cada tipo de gráfico.

- O diagrama "Piper" fornece a melhor classificação quanto ao tipo da água.

- O diagrama "Schoeller-Berkaloff", a melhor classificação quanto à potabilidade.

- E o diagrama "Stiff", é o melhor dos três, para se poder fazer a localização dos tipos de água sobre o mapa da re-

gião.

Diagramas triangulares

Admitindo a validade das análises, os valores em miliequivalente são colocados em porcentagem, no diagrama de Piper (Figura 11) para comparação e classificação.

Pode-se através deste diagrama classificar todo tipo de água proveniente dos aquíferos da Bacia do Médio Tietê.

Em 66,7% dos casos, as águas são bicarbonatadas sódicas, e nestes casos elas são originárias dos Grupos Tubarão (normalmente quando há a ocorrência de sills de diabásio), Passa Dois (Formação Corumbataí) e São Bento (arenitos da Formação Botucatu).

Diagramas não triangulares

Os diagramas de Schoeller-Berkaloff (Figura 12) são os mais indicados para estabelecer o grau de potabilidade das águas analisadas.

As águas de qualidade duvidosa são as encontradas nos poços dos municípios de Pereiras, Conchas e Saltinhos. Essas águas foram classificadas como bicarbonatadas sódicas, de qualidade medíocre para a potabilidade (Figura 12).

Através do diagrama de Stiff (Figura 13) foi possível localizar as concentrações de cada tipo de água, distribuindo-as ao longo da Bacia do Médio Tietê. As águas do tipo bicarbonatadas sódicas são realmente as de maior ocorrência de aparecimento, estando concentradas nas regiões dos municípios de Vinhedo, Capivari, Tietê (vários poços), Saltinho, Rio das Pedras, Conchas, Pereiras, Piracicaba, Ipeúna, Corumbataí e Rio Claro (distrito de Ajapi).

As águas do tipo bicarbonatada cálcica aparecem nas regiões de Porto Feliz, Tietê (alguns poços), Valinhos, Campinas, Jaguariúna.

As águas bicarbonatadas magnesianas só aparecem no bairro Campestre (município de Piracicaba).

FIGURA II - DIAGRAMA DE ANÁLISE DE ÁGUA SEGUNDO PIPER

- 1 - CONCHAS
- 2 - IPEÚNA
- 3 - PEREIRAS
- 4 - VINHEDO
- 5 - RIO CLARO (P1)
- 6 - VALINHOS
- 7 - RIO CLARO (P2)
- 8 - TIETÊ (P21)
- 9 - PORTO FELIZ
- 10 - TIETÊ (ALTOS DO TIETÊ)
- 11 - PIRACICABA (CAMPESTRE)
- 12 - CORUMBATAÍ

CARACTERIZAÇÃO DO TIPO DA ÁGUA

BICARBONATADA	SÓDICA :	ANÁLISES - 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 12.
BICARBONATADA	CÁLCICA :	ANÁLISES - 6, 7, 9.
BICARBONATADA	MAGNESIANA:	ANÁLISES - 11.

divisão de planejamento de recursos hídricos
serviço de águas subterrâneas

teores em miligramas por litro

8.2.2. Tipologia dos aquíferos com anomalia de fluoreto nos fácies hidrogeoquímicos

Conforme foi abordado anteriormente (somente 25 % das águas, são bicarbonatadas cálcicas), é aceito experimentalmente que as águas portadoras de fluoreto são pobres em Ca^{2+} . Assim, as águas enriquecidas em fluoreto são resultantes da formação de tipos geoquímicos específicos. Dentro deste contexto, observa-se o grande aparecimento das águas bicarbonatadas sódicas ($\text{HCO}_3^- - \text{Na}^+$), devido talvez à precipitação da fluorita, ocasionada pelo excesso de fluoreto que se "combina" com o Ca^{++} retirando-o da água. Em outras palavras, as condições de equilíbrio e de agressividade destas águas favorecem a precipitação da fluorita e o aparecimento das águas bicarbonatadas sódicas.

Além dos aspectos de ordem puramente química e mineralógica, que intervêm na geração de fácies hidrogeoquímicos potenciais à ocorrência de fluoreto, participam, também, de forma não menos importante, a ação de elementos estruturais e morfoclimáticos sobre as unidades sedimentares. Neste caso, a idade e o tipo dos eventos e seus efeitos são fatores determinantes no condicionamento hidrogeoquímico dos aquíferos.

No caso da Bacia do Médio Tietê, analisando-se os histogramas (Figuras 15 a 32) e o dendograma (Figura 14), observa-se que os fatores constantes e os fatores excessivos, levam-nos a uma água bicarbonatada (em 100% dos casos), e sódica (em 66,7 % dos casos).

O dendograma (Figura 14) facilitou a visualização dos municípios mais problemáticos em termos de excesso de fluoreto e de outros íons.

Analisando-se os histogramas (Figuras 15 a 32), verifica-se que os parâmetros que encontram-se em excesso, nas águas, de acordo com as análises feitas são: fluoreto, sódio, pH, cloreto, ferro, carbonato, condutividade elétrica e sílica.

Com o auxílio do dendograma, pode-se estabelecer correlações entre os excessos encontrados através dos histogramas, as correlações são:

Figura 14 : DEMOGRAFIA : Correlações entre os teores analisados, que encontram-se acima dos limites de potabilidade (Municípios x Teores)

	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
A- B.F. 185.0					300	40,8			83,4	19																												
B- B.F. 180.0					300	41,0			79,6	16																												
C- ALC. TOTAL																																						
D- MUR. TOTAL																																						
E- Cl ⁻					60																																	
F- F ⁻	337,5			162,5	800	1212,5		112,5	725		162,5	1000	150		137,5	150	550	5	850					113,75													118,75	
G- SO ₄ ²⁻																																						
H- CO ₃ ²⁻									60																													
I- Fe					526,7				266,7				16,7											556,7														
J- H																																						
K- Ca																																						
L- Mg																																						
M- Na					172	5,6			69,6																													
N- K																																						
O- B																																						
P- COND. KLET.					528	154			178			40																	11									
Q- SiO ₂																								1,25					57,5	66,25	12,5							
R- Ph											1,09								7,7

Legenda: (Correlações) * MUNICIPIOS *

01 - Araras	14 - Porto Feliz	27 - Tiete (Poco 08)
02 - Campinas	15 - R. Claro (Ajapi)	28 - Tiete (Poco 09)
03 - Capivari	16 - R. Claro (Assistência)	29 - Tiete (Poco 10)
04 - Charqueada	17 - R. Claro (Safew)	30 - Tiete (Poco 11)
05 - Conchas	18 - R. Claro (Inst. Bisc.)	31 - Tiete (Poco 12)
06 - Corumbatai	19 - R. Claro (d. W. Menzel)	32 - Tiete (Poco 13)
07 - Ipeuna	20 - R. Claro (Poco 01)	33 - Tiete (Poco 14)
08 - Jaguariuna	21 - R. Claro (Poco 02)	34 - Tiete (Poco 15)
09 - Poreiras	22 - Rio das Pedras	35 - Tiete (Poco 16)
10 - Piracicaba (Campestre)	23 - Sta. Gertrudes	36 - Tiete (Poco 17)
11 - Piracicaba (Saltinho)	24 - Tiete (Altos de Tiete)	37 - Galinhos
12 - Piracicaba (Santana)	25 - Tiete (Poco 01)	38 - Vinhedo
13 - Piracicaba (Sta. Olimpia)	26 - Tiete (Poco 02)	

Observações:

- Na amostra (E) Cloretos (Cl⁻) - Não existe correlações.
- Na amostra (H) Carbonatos (CO₃²⁻) - Não existe correlações.
- Na amostra (R) Ph - (R1) - (X) Percentagem Superior;
(R2) - (X) Percentagem Inferior.

- O fluoreto é o parâmetro que aparece em excesso nas águas, na maior parte dos casos, sempre acompanhado pelos excessos de sódio, nestes casos os resíduos filtráveis e a condutividade elétrica também são altos.

- Em proporções menores aparecem águas que contêm além dos excessos de fluoreto e sódio, também excessos de ferro, sempre com resíduos filtráveis e condutividade elétrica altos e até teores de carbonato consideráveis.

- O pH dessas águas varia entre 8 e 9,2.

- Em proporções ainda menores aparecem as águas que apresentam excessos de fluoreto e ferro, mas nesses casos os resíduos filtráveis e a condutividade não são excessivos.

- Em casos esporádicos encontrã-se ainda águas com excesso de ferro e sílica, neste caso o pH chega a atingir 6,9 (o limite mínimo encontrado para o pH das águas analisadas).

8.3. Teores de Fluoreto Encontrados nas Águas Subterrâneas da Bacia do Médio Tietê e Suas Correlações Geológicas

Os resultados das análises físico-químicas das amostras coletadas mensalmente, no decorrer de 6 anos (1984 - 1989), evidenciaram que as águas provenientes de diversos poços da Bacia do Médio Tietê não atendem aos padrões de potabilidade, apresentando-se impróprias para o consumo humano, devido aos elevados teores de fluoreto (mapa de distribuição dos teores de fluoreto) (Figura 33).

Figura 15.

Diagrama Frequencia / Fluoreto

Limites estabelecidos para potabilidade (Segundo Organização Mundial de Saúde, 1978)
 Limite 1,4 mg/l de F⁻ (Segundo CONAMA, 1986, Conselho Nacional do Meio Ambiente)

Figura 16.

Diagrama Frequencia / Cloretos

Limites estabelecidos para potabilidade (Segundo Organização Mundial de Saúde, 1978)
 Segundo CONAMA (1986) - 250 mg/l de Cl⁻.

Figura 17.

Diagrama Frequencia / Sulfatos

Limites estabelecidos para potabilidade (Segundo Organização Mundial de Saúde, 1978) e CONAMA, 1986.

Limite . 250 mg/l de SO₄ (Segundo CONAMA, 1986).

Figura 18.

Diagrama Frequencia / Nitrogenio Nitrato

Limites estabelecidos para potabilidade (Segundo Organização Mundial de Saúde, 1978)

CONAMA (1986) - 10 mg/l de N.

Figura 19.

Diagrama Frequencia / Carbonatos

Limites estabelecidos para potabilidade (Segundo Organização Mundial de Saúde, 1978).

Figura 20.

Diagrama Frequencia / Dureza Total

Observação: Não há análises que apresentem teores de Ca₃CO₃ e MgCO₃ fora dos limites de potabilidade.

Figura 21.

Diagrama Frequencia / Potassio

Limites estabelecidos para potabilidade (Segundo Organização Mundial de Saúde, 1978).

Figura 22.

Diagrama Frequencia / Sodio

Limites estabelecidos para potabilidade (Segundo Organização Mundial de Saúde, 1978).

Figura 23.

Diagrama Frecuencia / Calcio

Limites estabelecidos para potabilidade (Segundo Organização Mundial de Saúde, 1978) (Limite admissível 75 mg/l)

Figura 24.

Diagrama Frecuencia / Magnésio

Observação: Não há análise que apresentem teores de íon Mg fora dos limites de potabilidade (limite 125 mg/l de Mg)

Figura 25.

Diagrama Frequencia / Ferro

Limites estabelecidos para potabilidade (Segundo Organização Mundial de Saúde, 1978)
 CONAMA (1986) - 0,3 mg/l de Fe.

Figura 26.

Diagrama Frequencia / Boro

Limites estabelecidos para potabilidade (Segundo Organização Mundial de Saúde, 1978) (Teor admissível 2 mg/l)
 CONAMA (1986) - 0,75 mg/l de B.

Figura 27. Diagrama Frequencia / Alcalinidade Total

Observação: Não há análises que apresentem teores de alcalinidade fora dos limites de potabilidade (não há limites estabelecidos desde que as águas sejam submetidas à tratamento convencional).

Figura 28. Diagrama Frequencia / pH

Limites estabelecidos para potabilidade (Segundo Organização Mundial de Saúde, 1978).

Segundo CONAMA (1986) - limite 6 a 9.

Figura 29.

Diagrama Frecuencia / Silica

Limites estabelecidos para potabilidade (Segundo Organização Mundial de Saúde, 1978).

Figura 30.

Diagrama Frecuencia / Conduct. Eletrica

Limites estabelecidos para potabilidade (Segundo Organização Mundial de Saúde, 1978).

Figura 31.

Diagrama Frecuencia

Resíduo Filtrável a 105. C

Limites estabelecidos para potabilidade (Segundo Organização Mundial de Saúde, 1978)

Figura 32.

Diagrama Frecuencia

Resíduo Filtrável a 180. C

Limites estabelecidos para potabilidade (Segundo Organização Mundial de Saúde, 1978).

Os teores de fluoreto encontrados e a geologia referente:

a) Teores de fluoreto acima de 5,2 ppm:

Município	Grupo	Formação	Idade
1. Pereiras	Tubarão	Itararé	Permo-Carbonífero
2. Piracicaba (Santana)	Tubarão	Itararé	Permo-Carbonífero
3. Corumbataí	Passa-Dois	Corumbataí	Permiano
4. Rio Claro (Jardim Novo Wenzel)	-	-	Plioceno
5. Rio Claro (Batovi)	Tubarão	Itararé	Permo-Carbonífero
6. Conchas	Tubarão	Itararé	Permo-Carbonífero

b) Teores de fluoreto entre 5,2 ppm e 1,7 ppm:

Município	Grupo	Formação	Idade
1. Santa Gertrudes	Passa-Dois	Corumbataí	Permiano
2. Araras-Suites básicas (sill de diabásio)	-	-	-
3. Piracicaba (Santa Olímpia)	Tubarão	Itararé	Permo-Carbonífero
4. Saltinho	Tubarão	Itararé	Permo-Carbonífero
5. Jaguariúna ($\approx$ 1,7 ppm) (Suites Granitoides)	-	Sill de diabásio (316 m)	Proterozóico Superior
6. Rio Claro (Ajapi)	Tubarão	Itararé	Permo-Carbonífero
7. Rio Claro (Assistência - cia)	Tubarão	Itararé	Permo-Carbonífero
8. Vinhedo ($\approx$ 1,7 ppm) (Suites Granitoides)	Embasamento cristalino	-	Proterozóico Superior
9. Charqueada	Tubarão	Itararé	Permo-Carbonífero

c) Teores abaixo de 1,7 ppm:

Município	Grupo	Formação	Idade
10. Tietê	Açungui	-	Proterozóico
11. Campinas	Açungui	-	Proterozóico
12. Porto Feliz	Açungui	-	Proterozóico
13. Valinhos	Açungui	-	Proterozóico
14. Ipeúna	São Bento	Botucatu	Jurássico-Triássico

8.3.1. Avaliação dos dados existentes

Os resultados das análises físico-químicas (Anexo 1) de vários poços perfurados no Aquífero Tubarão permitem constatar que o ânion F^- aparece, predominantemente, em concentrações maiores que 1,5 ppm (Figura 33).

O aquífero Tubarão ocupa a parte central da Região estudada. Encontra-se cortado em diversos pontos por intrusões de diabásio que local ou mesmo regionalmente interrompe a sua continuidade. Nestes locais os teores do íon fluoreto chegam a atingir mais de 4 ppm (Figura 33).

Similarmente aos valores de F^- referidos, constata-se que para alguns poços perfurados na área de ocorrência do Aquífero Passa-Dois o valor deste ânion chega a atingir 10,8 ppm (máximo constatado) provavelmente estes valores estão associados às áreas de tectonismo marcante e, temporalmente, as manifestações vulcânicas basálticas e pós-basálticas (FRAGA, 1990).

8.3.2. Concepção química

O enfoque da origem dos F^- através de um tratamento puramente químico não é, evidentemente, adequado para sustentar às conclusões apresentadas mais adiante. Entretanto, esta análise é útil na visualização do problema, porque conduz ao trabalho experimental a partir do qual podem ser levantadas respostas finais. É difícil, também a compreensão de todas as variáveis geológicas envolvidas na ocorrência de F^- na água. Por esse motivo foram incluídas pesquisas já existentes que completam o ciclo de ocorrências.

Há uma correlação entre os valores anômalos dos F^- com as faixas de concentrações de Na^+ no aquífero Passa-Dois. Neste caso, os fatores condicionantes são: tempo de residência e a geração de zonas de estagnação de fluxo, decorrentes da compartimentação que a bacia sobre com o soerguimento de estruturas marginais e da área central, bem como devido a ocorrência de múltiplas fases de injeção magmática à elas associadas (FRAGA, 1990).

As maiores concentrações de F^- , em águas subterrâneas, se referem àqueles que possuem elevado pH. Esta condição, segundo HEM (1959) é necessária para a adsorção e substituição de ânions por F^- nas superfícies dos minerais. Tal fato ocorre em águas alcalinas sob grande confinamento.

O equilíbrio dos íons, em solução depende das condições físico-químicas e dos efeitos de competitividade dos elementos maiores (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+). Entre estes, o mais importante é o Ca^{2+} . Embora o processo e os fatores codeterminantes não sejam ainda bem conhecidas, resultados experimentais são bastante claros para se constatar que: altas concentrações de F^- ocorrem em águas relativamente pobres em Ca^{2+} .

8.3.3. Proveniência e paragénesese do flúor

Apesar de não fazer parte dos nossos objetivos, achou-se bastante "interessante" mencionar algumas teorias de proveniência e paragénesese do flúor.

A gênese das mineralizações de flúor, em termos de idade e distribuição, pode ser atribuível, na área em estudo, as duas fases distintas: neoproterozóica (fluídos residuais - pós - magmáticos - do magmatismo ácido e alcalino granítico, instalado ao longo de fraturas de tração no fim da orogênese Brasileira - ANGEIRAS, TEIXEIRA, 1965) e do permiano (magmatismo mesozóico convectivo ascendente; múltiplas fases de injeção magmática originam depósitos hidrotermais, a partir de intrusões de magmas basáltico e alcalino, cujas soluções residuais contêm flúor), segundo estudos anteriores complementares.

Considerando que o assunto ora tratado é extremamente complexo e que são muito poucos os trabalhos da geoquímica do

flúor que efetivamente têm contribuído para o esclarecimento dos mecanismos de mobilização, transporte e deposição deste elemento, os autores fundamentaram as concepções das teorias propostas através da abordagem da seguinte linha de pesquisa: a) comportamento do flúor em função dos efeitos de processos intempéricos, geoclimáticos e sedimentológicos (modelo da evolução dos mecanismos de concentração do flúor no sistema água-rocha); b) composição química geral das águas subterrâneas fluoretadas (fatores hidrogeoquímicos condicionadores do enriquecimento de flúor e tipologia das fácies hidrogeoquímicas; c) aspectos litoestratigráficos e estruturais do local (tipos de eventos e seus efeitos nos condicionamentos hidrogeoquímicos dos aquíferos).

A compreensão da análise de ocorrência do fenômeno hidrogeoquímico ora em questão pode ser enormemente facilitada pela apresentação de um modelo de evolução dos mecanismos de concentração de flúor no sistema água-rocha, que permita as idéias expostas, sobre a proveniência e a paragénese mineralógica do flúor.

Assim, de conformidade com os fundamentos da teoria sedimentar, se define na tabela 4, a origem da fonte de fluoreto nas águas subterrâneas no aquífero Passa-Dois e nos aquíferos gerados em locais de sill de diabásio nas formações geológicas do Grupo Tubarão (FRAGA, 1990).

Através do modelo de evolução dos mecanismos de concentração de flúor, supõe-se a presença de fluídos residuais pós-magmáticos oriundos da granitogênese Brasileira (do Neoproterozóico), que foram transportados para as bacias de sedimentação, tendo sido concentrado, por processo geoquímico de amplitude regional, sob forte influência morfoclimática.

A partir da formação de precipitados e das condições favoráveis, o fluoreto aparece em excesso nas águas, muitas vezes proveniente da redissolução de rochas do Período Quaternário, ocorrendo a formação de fácies hidrogeoquímica $\text{Na}^+(\text{F}^-)$ talvez, em função dos aspectos geoestruturais da Bacia do Médio Tietê.

Tabela 4. Modelo de evolução dos mecanismos de concentração de flúor no sistema água - rocha
(FRAGA, 1990)

8.4. Correlação Entre os Teores do Íon Fluoreto e os Demais Íons Encontrados nas Águas Subterrâneas

Dos 37 municípios que foram monitorados neste estudo, em 16 deles foram encontrados excessos de fluoreto nas águas. (Figuras 14 e 33).

Na maior parte dos casos de excesso de fluoreto, o único elemento químico que aparece simultaneamente é o íon sódio (Figura 14). Este fato pode ser explicado quimicamente, considerando o fato que o flúor tem eletronegatividade 4 e o sódio, eletronegatividade 1, a diferença de 3 na escala de eletronegatividade, garante entre o flúor e o sódio uma ligação extremamente polar.

Geoquimicamente, o aparecimento constante do íon sódio acompanhando o fluoreto nas águas, comprovam a origem profunda dessas águas, pois o sódio raramente é procedente de eventos magmáticos; é um elemento muito solúvel e muito afetado pelas reações de troca de base, segundo FRAGA (1990).

8.4.1. Variação dos teores de fluoreto em função dos teores de sódio nas águas subterrâneas da Bacia do Médio Tietê

Os valores extremos de sódio observados nas águas são de 680 ppm (Município de Conchas) e de 1,6 ppm (Município de Rio Claro - poço 2).

SCHOELLER (1963) para explicar as fortes concentrações de fluoreto, foi pesquisar os teores de sódio existentes nas águas, e o produto de solubilidade $(Na)(F)$. Porém observou que o teor de fluoreto aumenta nas águas mais ricas em sódio, ou seja, o produto de solubilidade da CaF_2 é que acelera mais, devido à quantidade de fluoreto na água. Ocorre que quando os teores de sódio na água são baixos, as concentrações de fluoreto também são baixas, pois o fluoreto é regulado somente pelo produto de solubilidade da CaF_2 .

8.4.2. Variação dos teores de fluoreto em função dos teores de sódio nas águas subterrâneas da Bacia do Médio Tietê

Os valores extremos de cálcio observados nas águas são de 38 ppm (Município de Tietê) e de 1,8 ppm (Município de Ipeúna).

Em geral, os teores de cálcio variaram muito pouco, tendo em vista o grau de mineralização das águas.

Nas águas onde há a presença do íon Ca^{++} e do íon fluoreto em solução, o produto de solubilidade $(\text{Ca})(\text{F})^2$ deve ser considerado (segundo a reação: $\text{Ca}^{++} + 2\text{F}^- \rightleftharpoons \text{CaF}_2$)

Segundo SCHOELLER (1963), para cada concentração de cálcio, na água, o teor de fluoreto corresponde a: (em mg/l)

Ca^{++}	7,2	9,4	12,8	18,5	51	74	115	210	462	1000
F^-	8	7	6	4	3	2,5	2	1,5	1	0,68

Este quadro mostra que para as fortes concentrações de cálcio correspondem às fracas concentrações de fluoreto na água.

9. ALTERNATIVAS PARA SOLUÇÃO DO PROBLEMA DO EXCESSO DE FLUORETOS NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS UTILIZADAS PARA ABASTECIMENTO

Tendo-se em vista que o teor adequado de fluoretos em águas destinadas ao abastecimento público depende das médias das temperaturas máximas anuais, em nosso país o teor ótimo gira em torno de 0,8 ppm de F^- .

Os teores encontrados na Bacia do Médio Tietê são 85% dos casos, maiores que 0,8 ppm de F^- e 73% dos casos, maiores que 1,5 ppm, evidenciando a necessidade de se encontrar uma alternativa para que esses poços possam ser utilizados, ou seja, um tipo de tratamento mais adequado à realidade da região.

Como este trabalho visa o estudo do fluoreto em contribuição ao bem estar da população, tornando as águas potáveis, o item de maior interesse, é aquele que desenvolve os tratamentos para tornar a água potável. Neste trabalho foram incluídos os métodos mais modernos para o tratamento do excesso de flúor.

Os métodos são:

- a) Método de extração por carvão ósseo;
- b) Filtração em resina de osmose reversa;
- c) Filtração em alumina ativada, em temperatura ambiente e a 63°C;
- d) Simples diluição.

9.1. Extração do Excesso de Fluoreto da Água pelo Método de Adsorção em Carvão Ósseo

9.1.1. Introdução

O projeto que segue apresenta uma tecnologia ainda não aplicada no país, baseada em pesquisas literárias, de laboratório e de campo.

Trata-se de um projeto piloto, cujos dados operacionais estão relacionados ao equipamento básico, disponível, que deverão funcionar como colunas de adsorção de flúor (teor de $F^- \approx 2,5$ ppm).

Este sistema deverá operar em escala real, cujos resultados servirão para um projeto definitivo (MEDAGLIA, 1985).

9.1.2. Metodologia

O processo segundo a bibliografia consultada, atualmente mais utilizado para a remoção do excesso de flúor de águas de mananciais, geralmente subterrâneas, é o da troca iônica por adsorção, que é um fenômeno físico-químico que se caracteriza por uma atividade ao nível da superfície das partículas do material utilizado como intercambiador, no nosso caso, o carvão de ossos ativado.

Explica-se a escolha deste material, devido à dispo

nibilidade no mercado interno, alta afinidade pelo flúor, boa porosidade e superfície de contato, possibilidade de regeneração após cada ciclo de operação.

O mecanismo químico desse processo está baseado na reação de troca iônica entre os íons fluoreto e os íons hidróxido, sobre uma base de apatita que é a principal constituinte do carvão de ossos.

A reação de equilíbrio é a seguinte:

O sentido do deslocamento desta reação é que determina as duas operações básicas do processo, ou seja, no sentido direto, a remoção do flúor da água e sua fixação no carvão; substituído pelo íon OH^- .

A eficiência dessas operações depende das condições operacionais, que foram obtidas através de dados de literaturas, e confirmadas nos testes de coluna, em escala reduzida, realizados em campo, dados estes utilizados para efeitos de dimensionamento deste sistema. (Figura 34).

9.1.3. Sistema piloto

Descrição sumária do equipamento básico.

O sistema básico consta de dois filtros metálicos de pressão, cilíndricos, de geratriz vertical com calotas abauladas providas com boca de inspeção, bocas de injeção e descarga, fundo com distribuidores plásticos e pés de sustentação.

As dimensões básicas são as seguintes:

- diâmetro - 1,30 m
- altura cilíndrica - 1,20 m
- área filtrante - 1,33 m²
- área total (2 unidades) - 2,65 m²

FIGURA 34 - DESFLUORETAÇÃO POR ADSORÇÃO
COM CARVÃO ÓSSEO (MEDAGLIA, 1985)

9.1.4. Condições operacionais

O ciclo completo do processo de remoção de flúor é composto de 5 (cinco) operações intermediárias que são:

- filtração (remoção do flúor da água bruta);
- retro-lavagem (expansão do leito);
- regeneração da coluna;
- enxague;
- neutralização.

9.2. Extração pelo Método de Filtração em Membrana Osmótica Reversa para Retirada do Excesso de Fluoreto

O processo consiste na separação seletiva que purifica correntes fluídas (líquidas ou gasosas) sem mudança de fase. (Figura 35).

9.2.1. Pré-tratamento

Quanto ao pré-tratamento depende de:

a) determinação pelo projeto do processo e pela composição físico-química da água de alimentação;

b) substâncias comumente encontradas que causam efeito adverso ao desempenho ou vida útil das membranas de osmose reversa:

- sólidos em suspensão;
- cloro livre;
- alguns compostos orgânicos;
- ferro.

Tal tratamento compõe-se principalmente de filtros de areia, filtros de carvão ativado, filtros de cartucho, de membranas de ultra filtração, etc. (DOW QUÍMICA, 1987).

FIGURA 35 - SISTEMA DE RETIRADA DE EXCESSO DE FLÚOR
COM MEMBRANA DE OSMOSE REVERSA.
(DOW PRODUTOS QUÍMICOS)
(1987)

Tabela 5. Dados e condições de operação das membranas de osmose reversa

Tipo	1ª Geração	2ª Geração
	Aramide, acetato de celulose, poliamida, etc.	Filmtec FT 30 película fina composta de poliamida e polisulfone
Pressão máxima (kg/cm ²)	4,5 - 8,0	70
Temperatura máxima (°C)	25 - 35	45
pH	4,0 - 8,0	1,0 - 12,0
Rejeição %	88,0 - 94,0	98,0 - 99,7
Resistência a bactérias	mã/regular	boa/excelente

9.2.2. Vantagens do sistema de membrana de osmose reversa em relação à troca iônica para produção de água ultrapura

1. Simplicidade de operação e manutenção
2. Baixo custo operacional e de manutenção
3. Inexistência de efluentes
4. Qualidade constante da água produzida
5. Processo contínuo (sem nenhuma interrupção)
6. Muito pouco sensível ao aumento de sais dissolvidos na água de alimentação
7. Área muito reduzida para instalação
8. Flexibilidade para futuras expansões
9. Tempo de tratamento.

9.3. Ensaio Experimental para Retirada do Excesso de Flúor por Filtração com Alumina Ativada em Temperatura Ambiente e a 63°C

9.3.1. Introdução

Com a finalidade de avaliar a eficiência de remoção

dos fluoretos com água oriunda de um poço poluído, no Estado de São Paulo, foram realizados ensaios experimentais utilizando uma amostra de água de um poço profundo (1.800 m) localizado na região de Presidente Prudente. (ALCHERA, 1987).

A temperatura da água na boca do poço é de 63°C, aproximadamente. Diante disso, os ensaios de desfluoretação realizados nessa temperatura, a fim de se avaliar o efeito desse parâmetro na eficiência de remoção dos fluoretos. (Figura 36)

9.3.2. Desenvolvimento dos trabalhos

Os ensaios experimentais foram realizados em escala de laboratório, sob regime de escoamento contínuo, com fluxo decendente, em uma unidade experimental.

Foram empregadas duas colunas de adsorção em paralelo. A primeira, de referência, para efetuar os ensaios com água bruta à temperatura ambiente. A segunda, para realização dos ensaios com água bruta a 63°C. Para se aquecer a água até essa temperatura, foi usado um sistema de troca de calor constituído de uma serpentina de cobre imersa num banho termostatzado.

As dimensões das duas colunas de adsorção utilizadas no presente estudo foram:

- diâmetro interno - 2,3 cm
- seção transversal interna - 3,46 cm
- altura do leito de alumina - 9,0 cm
- volume aparente do leito - 34,4 ml
- massa do leito de alumina - 30,0 g

FIGURA 36 - ESQUEMA DA UNIDADE EXPERIMENTAL DE DESFLUORETAÇÃO COM ALUMINA ATIVADA (ALCHERA, 1987)

As condições de operação são as seguintes:

Tabela 6. Condições para Tratamento com alumina ativada.

Parâmetro	Reator 1	Reator 2
Tempo de detenção hidráulica (minutos)	0,7	0,7
Co (mg F ⁻ /l)	11,98	11,98
Temperatura da água bruta (°C)	23	23
pH da água bruta	5,5	5,5

C_o = concentração inicial

t_d = tempo de detenção

C.R. = coluna de regeneração

C_f = concentração final

Os volumes de capacidade de remoção de fluoretos (Coluna de Regeneração) indicam, no entanto, uma tendência de sua diminuição ao longo dos sucessivos ciclos (Tabela 7A a 10B).

Tabela 7A. Primeiro ciclo de remoção de fluoretos. Temperatura da água bruta = 63°C.

Tempo de operação (min.)	C _f (mg F ⁻ /l)
1	0,04
3	0,05
10	0,06
15	0,06
20	0,06
25	0,05
30*	0,05
31	0,16
45	0,12
60	0,11
90	0,10
105	0,09
135	0,10
335	0,31
375	0,36
385	0,40
400	0,50
415	0,60
445	0,67

(*) Ensaios interrompido

t_d = 0,73 min.; C_o = 11,98 mg F⁻/l; C.R. = 5,50 g F⁻/l leito

Tabela 7B. Primeiro ciclo de remoção de fluoretos. Temperatura da água bruta = 22°C

Tempo de operação (min.)	C_f (mg F^- /l)
3	0,10
16	0,14
20	0,20
30*	0,51
43	0,75
45	0,66
50	0,48
55	0,44
59	0,40
65	0,37
75	0,34
140	1,01

(*) Ensaio interrompido

$t_d = 0,67$ min.; C.R. 2,38 g F^- /l leite

Tabela 8A. Segundo ciclo de remoção de fluoretos. Temperatura da água bruta = 63°C

Tempo de operação (min.)	C_f (mg F^- /l)
10	0,37
15	0,32
20	0,28
35	0,23
50	0,20
60	0,21
80	0,19
120	0,23
150*	0,25
160	0,27
170	0,27
190	0,36
220	0,65
290**	1,75
310	2,07
345	2,84
365	3,37
380	3,75
395	4,06

(*) Ensaio interrompido; (**) Break-point

$t_d = 0,73$ min., $C_o = 11,98$ mg F^- /l; C.R. = 5,36 g F^- /l leite

Tabela 8B. Segundo ciclo de remoção de fluoretos. Temperatura da água bruta = 28°C.

Tempo de operação (min.)	pH saída	C_f (mg F^- /l)
10	-	0,35
15	-	0,28
20	-	0,26
35	6,65	0,27
50	-	0,27
60	-	0,29
80	6,42	0,49
90	-	0,64
120	-	1,31
150	-	1,41

$C_o = 11,98$ mg F^- /l; C.R. = 2,79 g F^- /l leite

Tabela 9A. Terceiro ciclo de remoção de fluoretos. Temperatura da água bruta = 63°C.

Tempo de operação (min.)	pH saída	C_f (mg F^- /l)
5	-	0,69
15	-	0,68
25	-	0,62
30	-	0,58
40	-	0,53
50*	6,72	0,49
55	-	0,36
65	5,50	0,37
70	-	0,37
75	-	0,33
85	-	0,31
95	5,50	0,30
120	-	0,29
140	-	0,28
155	-	0,29
200*	-	0,39
210	5,50	0,24
245	-	0,54
282	-	1,24
287	-	1,50**
292	-	1,75

(*) Ensaio interrompido; (**) Break point

$t_d = 0,75$ min.; $C_o = 11,98$ mg F^- /l; C.R. = 4,40 g F^- /l leite

Tabela 9B. Terceiro ciclo de remoção de fluoreto. Temperatura da água bruta = 23°C.

Tempo de operação (min.)	pH saída	C _f (mg F ⁻ /l)
5	5,50	0,35
15	-	0,32
40	-	0,26
60	-	0,30
90*	-	0,33
95	5,50	0,17
135	-	0,43
171	-	1,04
185	-	1,48

(*) Ensaio interrompido

t_d = 0,75 min.; C_O = 11,98 mg F⁻/l; C.R. = 2,76 g F⁻/l leite

Tabela 10A. Quarto ciclo de remoção de fluoretos. Temperatura da água bruta = 63°C.

Tempo de operação (min.)	pH saída	C _f (mg F ⁻ /l)
5	5,50	0,31
15	-	0,29
40	-	0,36
55	-	0,37
80	-	0,57
95	5,50	0,69
110	-	0,87
135	-	1,06
155	-	1,12
175	-	1,29
195	-	1,49
210	-	1,57

(*) Ensaio interrompido

t_d = 0,76 min.; C_O = 11,98 mg F⁻/l; C.R. = 3,37 g F⁻/l leite

Tabela 10B. Quarto ciclo de remoção de fluoretos. Temperatura da água bruta = 23°C.

Tempo de operação (min.)	pH saída	C_f (mg F^- /l)
5	5,50	0,23
25*	-	0,25
40	-	0,32
75	-	0,44
95	5,50	0,84
125	-	1,06
155	-	1,17
165	-	1,44
175	-	1,71
200	-	1,82

(*) Ensaio interrompido

 $t_d = 0,76$ min.; $C_o = 11,98$ mg F^- /l; C.R. = 2,43 g F^- /l leito

Os íons contidos na água bruta, adsorvidos parcialmente pelo leito de alumina ativada, poderiam ser responsáveis por esta diminuição, já aparentemente nos ensaios. Diante desta tendência, modificou-se a técnica, aumentando a concentração do hidróxido de sódio. A consequência desta alteração pode ser verificada pelo aumento da coluna de Regeneração no quinto ciclo (Tabela 11A), à temperatura ambiente.

Tabela 11A. Quinto ciclo de remoção de fluoretos. Temperatura da água = 28°C.

Tempo de operação (min.)	pH saída	C_f (mg F^- /l)
5	5,76	0,15
20	-	0,17
40	5,75	0,16
60	-	0,17
120	6,44	0,35
130	6,72	0,32
150	6,78	0,75
165	6,83	1,39
180	6,93	2,16

 $t_d = 0,62$ min.; $C_o = 11,98$ mg F^- /l; C.R. = 3,47 g F^- /l leito

Por outro lado, nos ciclos realizados à temperatura de 63°C, verificou-se uma tendência permanente à diminuição do valor da coluna de Regeneração (11B, 12, 13).

Tabela 11B. Quinto ciclo de remoção de fluoretos. Temperatura da água = 63°C.

Tempo de operação (min)	pH saída	C_f (mg F^- /l)
5	5,48	0,15
20	-	0,15
80	5,51	0,19
130	-	0,63
180	5,64	1,55

$t_d = 0,87$ min.; $C_o = 11,98$ mg F^- /l; C.R. = 2,18 g F^- /l leite

Tabela 12. Sexto ciclo de remoção de fluoretos. Temperatura da água = 28°C.

Tempo de operação (min.)	pH saída	C_f (mg F^- /l)
10	5,69	0,18
20	-	0,19
40	5,70	0,20
60	-	0,20
90	5,72	0,24
120	5,96	0,28
150	-	0,57
165	6,46	0,97
180	-	1,43

$t_d = 0,80$ min.; $C_o = 11,98$ mg F^- /l; C.R. = 2,89 g F^- /l leite

Tabela 13. Sétimo ciclo de remoção de fluoretos. Temperatura da água = 25°C.

Tempo de operação (min.)	pH saída	C_f (mg F^- /l)
5	-	0,22
9	5,60	0,24
32	-	0,30
62	-	0,44
102	-	0,66
142	5,62	0,98
154	-	1,50
180	-	3,26

$t_d = 0,85$ min.; $C_o = 11,98$ mg F^- /l; C.R. = 1,83 g F^- /l leite

Isto é, devido provavelmente à adsorção de íons cobre provenientes de incrustações na parede da serpentina utilizada no banho termostático. A coluna apresentou uma tonalidade esverdeada mais intensa ao longo dos ciclos. Tratadas com ácido nítrico, as análises das águas de lavagem confirmaram a presença do íon cobre.

A adsorção de outros íons que não são eliminados pela técnica de regeneração empregada contribuem para a diminuição de Coluna de Regeneração.

A técnica de regeneração utilizada nos ensaios experimentais está na Tabela 14.

Tabela 14. Técnica de regeneração utilizada nos ensaios experimentais.

Etapa	Vazão (ml/min)	Tempo (min)
Água em fluxo ascendente	110	10
NaOH 1% em fluxo ascendente	6	30
NaOH 1% em fluxo descendente*	6	30
Água em fluxo ascendente	110	60
Solução pH 2,5 em fluxo ascendente	8	56

(*) A partir do quinto ciclo utilizou-se NaOH 4%.

Este método foi implantado para tratar a água subterrânea, responsável pelo abastecimento do Município de Pereiras e tem apresentado bons resultados. Neste caso, a temperatura média da água é de 25°C.

Os diagramas das figuras de nº 42 a 53 (Anexo 5) mostram os teores de remoção de fluoreto em relação ao tempo com variação de temperatura. Mostrando que à 63°C a remoção de efluentes é mais eficiente que a temperatura menores.

9.4. Extração do Excesso de Flúor por Simples Diluição

Todos os três métodos citados para remoção do excesso de fluoreto, são substituídos com grande vantagem pela diluição.

Para se fazer a diluição de uma água com excesso de flúor, é necessário que exista outra fonte de abastecimento onde as águas possam ser misturadas. Se houver interesse, pode-se até obter água fluoretada naturalmente.

O problema reside no fato de que, normalmente, não existem outras fontes de abastecimento, pois a opção da perfuração de um poço, em geral, é feita para:

- a) bairros afastados onde a rede de água superficial tratada não atinge;
- b) para municípios que se localizam muito distantes da captação superficial;
- c) ou ainda, municípios que não possuam fonte para captação superficial de quantidade razoável onde, com um tratamento convencional, possa ser distribuído à população.

9.5. Comparação entre os Métodos de Extração de Excesso de Fluoreto nas águas

- a) Adsorção com carvão de ossos

Trata-se de uma troca iônica (fluoretos por hidroxila).

Para a região em estudo, este método é inviável devido à sua complexidade na operação (muito demorado) e manutenção, alto custo e grande quantidade de efluentes.

- b) Filtração em resina de osmose reversa

Trata-se de uma simples filtração, onde os íons fluoreto ficam retidos nos poros de resina. Limites de temperatura 0 a 35°C.

Apresenta vantagem em relação ao método do carvão ósseo, pois não possui efluentes e é razoavelmente mais rápido, mas se mostra inviável para a região devido ao seu altíssimo consumo de energia elétrica.

c) Adsorção com alumina ativada

Trata-se de uma troca iônica.

É um método de baixo custo, pois em nosso país a alumina é abundante e barata. Ainda apresenta a "vantagem" de ocupar uma área reduzida, porém também é um "método demorado".

d) Simples mistura

Seria o melhor dos métodos se existissem outros mananciais de água sem excesso de fluoretos, fato que dificilmente ocorre.

Tabela 15. Avaliação dos Métodos de Tratamentos para retirada do fluoreto da água.

Método	Local	Vantagem	Desvantagens
Filtração por adsorção com carvão de ossos	Rio Claro (Projeto piloto)	Bom rendimento	Processo complicado em termos de instalação e "caro"
Filtração por adsorção com osmose reversa	Dow Química	Bom rendimento	Extremamente "barato" devido ao consumo de energia elétrica
Filtração por adsorção com alumina ativada	Município de Pereiras (Projeto piloto)	Método simples e "barato"	Tempo de operação
Simples diluição	Saltinho e Charqueada	Barato e extremamente simples	O município não possui outra fonte de abastecimento para se poder fazer a diluição

10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Através das informações disponíveis, ora selecionadas, e do procedimento de estudo aqui introduzido, foi possível chegar-se às seguintes conclusões:

a) Os teores excessivos de fluoreto nas águas subterrâneas da Bacia do Médio Tietê advêm dos aquíferos explorados nos sedimentos do Grupo Tubarão e do Grupo Passa-Dois e ainda das fendas do diabásio intrusivo do Grupo Tubarão.

b) Os valores extremos de fluoreto observados nas águas analisadas, foram de:

- 10,8 ppm, no município de Corumbataí, onde foi explorado o aquífero Passa-Dois.

- e traços, nos municípios de Porto Feliz e Valinhos onde o aquífero explorado foi o cristalino.

No aquífero Tubarão, os teores de fluoreto na água variaram de 1,5 a 5,2 ppm, sendo que os maiores teores foram encontrados em locais onde há intrusões de diabásio.

No aquífero Botucatu não foram encontrados excessos de fluoreto.

c) Os excessos de sódio foram os mais observados, em aparecimentos simultâneos, com os excessos de fluoreto nas águas, devido, possivelmente à precipitação da fluorita.

d) O pH das águas com excesso de fluoreto variou entre 8 e 9,2 na maior parte dos casos. Para as águas sem excessos de fluoreto e com teores de ferro anormais, chegou a atingir 6,9.

e) As temperaturas das águas variaram entre 22 a 25°C.

f) O teor em carbonatos e bicarbonatos tem valor quase constante na água dos poços existentes, independentemente da profundidade da água subterrânea.

g) Do ponto de vista hidroquímico, os sistemas aquíferos, na Bacia do Médio Tietê, apresentaram três tipos de águas: (I) águas bicarbonatadas sódicas; (II) águas bicarbonatadas cálcicas

cas; (III) águas bicarbonatadas magnesianas.

As águas do aquífero cristalino são bicarbonatadas cálcicas na sua maioria, mas encontrou-se um caso, no município de Vinhedo, onde a água é bicarbonatada sódica e apresenta um teor de 1,7 ppm de fluoreto.

As águas do aquífero Tubarão são bicarbonatadas sódicas na sua maioria.

O único poço perfurado no aquífero Passa-Dois (município de Corumbataí) apresentou também águas bicarbonatadas sódicas.

As águas do aquífero Botucatu são bicarbonatadas sódicas.

De maneira geral as águas da Bacia do Médio Tietê são um 66,7% dos casos bicarbonatadas sódicas; 25% bicarbonatadas cálcicas e 8% bicarbonatadas magnesianas.

h) Os poços tubulares, poderão eventualmente ser aproveitados, desde que se consiga "diluir" suas águas com outras. Tal diluição se faz necessária, principalmente, devido ao elevado teor de fluoretos.

i) Deste estudo pode-se tirar diretrizes para o tratamento das águas subterrâneas com excesso do íon fluoreto, considerando que, dependendo da região, os fatores primordiais para a escolha do tratamento variam.

Para a Bacia do Médio Tietê foram pesquisados quatro tipos de tratamento, tidos igualmente eficientes.

- A adsorção com carvão de ossos, considerado inviável para a região devido à sua complexidade na operação e manutenção, alto custo e grande quantidade de efluentes.

- A filtração com resina de osmose reversa, não foi considerada adequada devido ao altíssimo consumo de energia elétrica.

- A simples diluição é o tratamento mais simples e eficiente, mas que necessita forçosamente de outra fonte de abastecimento.

- A adsorção com alumina ativada (muito similar ao método de carvão de ossos), apresenta a "vantagem" do baixo custo, pequena quantidade de efluentes químicos e ocupar uma área reduzida, apesar de ser demorado

Nos poços que se localizam próximos a reservatórios onde existam águas não comprometidas pelo excesso de fluoreto, é possível se fazer uma diluição e obter-se um teor ótimo de fluoretos, sem grandes "gastos", nos demais casos, há absoluta necessidades de se remover o flúor das águas obtidas nos poços profundos.

Encontrou-se na filtração por adsorção com alumina ativada, o método mais apropriado para tornar as águas potáveis devido a abundância da alumina em nosso país, ao seu baixo custo e principalmente, por ser um processo relativamente simples.

As águas com excesso de fluoreto não devem ser utilizadas nos alimentos da população (como bebida ou mesmo no preparo dos alimentos), devido a seus efeitos tóxicos.

Este estudo procurou abordar todos os pontos de interesse à população, quanto aos riscos e precauções a serem tomadas, visto que foram constatados excessos de fluoreto nas águas subterrâneas que servem ao abastecimento de alguns municípios.

Em termos de auxílio aos municípios, cabe aos técnicos ligados à área de meio-ambiente poupar a população de um abastecimento onde ocorram excessos de fluoreto, seja por via subterrânea ou por sobredosagem, numa fluoretação com pouco acompanhamento.

Por outro lado, além dos técnicos ligados às prefeituras, o Governo Federal, deveria procurar inteirar-se de maneira mais abrangente dos perigos do excesso de fluoretos na alimentação do brasileiro e reestudar o projeto de fluoretação do sal de cozinha, visto que, de região para região, os costumes alimentares variam muito, e considerando-se que o fluoreto já entra em nossa alimentação de várias maneiras, a sobredosagem poderá ocorrer, com todos os seus efeitos tóxicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCHERA, J.R., 1987. Alumina ativada para a desfluoretação das águas. Revistas DAE, 47 - março. São Paulo. SABESP.
- ALMEIDA, F.F.M., 1964. Fundamentos geológicos do relevo Paulista, Boletim 41, IGG, São Paulo.
- ALVES, J.C., 1986. Determinação de íons fluoreto em águas, por titulação condutimétrica com nitrato de Lantânio. Inst. de Química, Depto. de Química Fundamental, Dissertação de Mestrado - USP - São Paulo.
- AMARAL, F.P., 1985. A falácia da eficiência do flúor no combate às cáries. Revista Pau-Brasil, nº 6, ano I, maio-junho. São Paulo.
- ANGEIRAS, A.G. e TEIXEIRA, C.A.S., 1965. Notas sobre a gênese da fluorita no Morro da Fumaça. Rev. Eng. Met. Min. 42.
- APHA-AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1980. Standard Methods for the examination of water wastewater. 15th Ed. Washington, D.C.
- AZEVEDO NETO, J.M., 1966. Tratamento de água de abastecimento. Editora USP, São Paulo.
- BARBITT, H.E.; DOLAND, J.J.; CLEASBY, J.L., 1969. Abastecimento de Água, Ed. E. Blucher Ltda., 562 p., São Paulo.
- BARBOSA, O.; ALMEIDA, F.F.M., 1949. A série Tubarão na bacia do Rio Tietê - Estado de São Paulo. Departamento de Pesq. Min., Div. Geol. Mina, Rio de Janeiro - Notas preliminares e Est. nº 48,
- BARBOSA, O.B.; GOMES, F.A., 1958. Pesquisa de Petróleo na Bacia do Rio Corumbataí, Estado de São Paulo, Bol. nº 171, DGM, Departamento Nacional da Produção Mineral, 40 p., Rio de Janeiro.
- BIESKE, E., 1953. Bohrbrunnen, Ed. Verlag von R. Olderboung, 360 p., München.

- BJORNBERG, A.J.S., 1956. Arenitos do bordo de planalto de Poços de Caldas. Anais Acad. Bras. de Ciência, v. 28, Rio de Janeiro.
- BOGOMOLOV, G., 1967. Hydrogéologie et Notions de Geologie l'Ingenieur, Ed. La Paix, 278 pp, Moscou.
- BROWN, G., 1972. The x-ray identification and crystal structures of clay minerals. London, Jarrold and Sons.
- CAGLIONE, E., 1984. Métodos de análise. Periódico - CETESB. São Paulo.
- CANUTO, J.R., 1985. Origem dos diamictitos e de rochas associadas ao sub-grupo Itararé, no sul do Estado do Paraná e norte do Estado de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado. Inst. Geoc., USP - São Paulo.
- CASTANY, G., 1967. Traité Pratique des Eaux Soiterraines, Ed. Dunod, 660 pp. Paris.
- CASTANY, G., 1968. Prospection et Exploitation des Eaux Souter-raines, Ed. Dunod, 717 pp. - Paris
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 1986. Ministério do Desenvol-vimento Urbano e Meio Ambiente. Resolução nº 20, de 18 de ju-nho.
- COPLASA-ENGENHARIA DE PROJETOS, 1984. Plano global de recursos hídricos da Bacia do Rio Piracicaba - 1ª Etapa, vol. 3, Contro-le da poluição. São Paulo.
- CURY, J.A., 1989. Uso do flúor. Dentística: procedimentos preven-tivos e restauradores. 3ª impressão. São Paulo. Quintessence , cap. 2.
- CUSTÓDIO, E.G., 1968. Hidrologia subterrânea. Ed. Omega, 1976, Barcelona. Tomo I. Seção 10.
- CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M.R., 1983. Hidrogeologia subterrânea. Ed. Omega. Barcelona, 2 v.

- DAVER, M.B., 1945. Occurrence of fluorosis in endemic forms in Hyderabad State Indian. Med. Gaz ., 80.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA-DAEE, 1981. Mapa do Est. de São Paulo, escala 1:100.000. São Paulo.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA-DAEE, 1982. Mapa Geológico do Est. de São Paulo. Folha de Campinas - Convênio DAEE - UNESP. São Paulo, escala 1:250.000.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA-DAEE, 1981. Estudo de águas subterrâneas - Região Administrativa 4, Sorocaba, vol. 2.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA-DAEE, 1986. Estudos dos teores anômalos de fluoretos em águas dos aquíferos Botucatu e Serra Geral, no Estado de São Paulo, 1ª Etapa de trabalho e análises dos dados disponíveis.
- DOW-PRODUTOS QUÍMICOS, 1987. Conceitos básicos sobre membranas, aplicações existentes para tecnologia de membranas - Boletim de circulação interna - Dow Química. São Paulo.
- DURANTE, A.; MEZZALIRA, R., 1965. Estudos e Captações de Água Subterrânea no Estado de São Paulo, Bol. nº 44, Instituto Geográfico e Geológico do Estado de São Paulo, 14 pp., São Paulo.
- EAGENS, R.Y., 1969. Toxic Properties of Inorganic Fluorine Compounds, Elsevier Publishing, Amsterdam.
- ERICKSON, J.D., 1978. Mortality in selected cities with fluoridated and non fluoridated water supplies. N. Eng. J. Med., 298 - 18 may.
- ERICKSON, Y., 1980. Preventive Measures (Established Methods Fluorides: States of the Art.) J. Dent. Res., 59.
- FELISSÍCIMO JR., J., 1952. Histórico das Pesquisas de Petróleo no Estado de São Paulo, Revista "O IGG", v. 10, nº 3-4, São Paulo.

- FRAGA, C.G.; LISBOA, A.A., 1978. Relatório conclusivo do poço tubular profundo Borrazópolis - 1 - ARH - Administração de Recursos Hídricos, Curitiba - PR.
- FRAGA, C.G.; LISBOA, A.A., 1980. Relatório conclusivo do subproduto Botucatu. SUREHMA - Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente, Curitiba - PR.
- FRAGA, C.G., 1986. Introdução ao zoneamento do sistema aquífero Serra Geral no Estado do Paraná. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociência, USP - São Paulo.
- FRAGA, C.G. e LISBOA, A.A., 1990. A origem do flúor nas águas subterrâneas da Bacia do Paraná. Análise Int. 6º Congresso de Águas Subterrâneas, Porto Alegre - Rio Grande do Sul.
- FÚLFARO, V.J., 1964. A formação Corumbataí nos arredores de Conchas, Estado de São Paulo, Bol. nº 1 - 2, v. 13, Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo.
- FÚLFARO, V.J.; STEVEAUX, J.C.; SOUZA FILHO, E.E. e BARCELOS, J.H. 1984. A Formação Tatuí no Estado de São Paulo. Anais do XXXIII Congr. Geol., S.B.Q., Rio de Janeiro.
- GARGAT, J., 1961. Les Eaux Saleées au Maroc Hydrochimic. Notes et Memoires Serv. Geol. Maroc, nº 151, Rabat.
- GARRELS, R.M. e C.L. CHRIST, 1965. Solutions, minerals and equilibria, Harper e Row, Publishers, New York, U.S.A.
- GERICKE, S.V. e KURMIER, B.V., 1955. Fluorgehalt und Fluoraufnahme Von Kulturpflanzen, 155. Apud. J. Kumpulainen e P. Kivistonem, Residue Rev., 68 (1977).
- GILLESPIE, R.J., 1963. "The valence - Shell electron pair repulsion theory of Directed valency". J. Chem. Education., 40.
- GLATTRE, E. e WIESE, H. 1979. Inverse relationship between fluoride and cancer in mouth and the wat. Acta Odontol. Scand. 37 (1): 1-10.

- GOLDSCHMIDT, V.M., 1958. Geochemistry. Oxford, at the Clarendon Press.
- GOÑI, J.; GREFFARD, J.; LELEU, M. et MONITION, L., 1973. Le fluór dans les eaux de boisson. BRGM-73, SGN 429 AME.
- GUIMARÃES, D., 1964. Geologia do Brasil, Memória nº 1 Departamento Nacional da Produção Mineral 674 pp, Rio de Janeiro.
- HACHIRO, J., 1991. Litotipos, Associações Faciológicas e Sistemas Depositionais da Formação Irati no Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, USP - São Paulo.
- HEM, J.D., 1970. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. Geological survey water supply paper - Second edition. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- HODGE, H.C. e SMITH, F.A., 1965. In Fluorine Chemistry, vol. 4 (J.H. Simons Ed.), Academic Press, New York.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE, 1991. Senso de 1991. Notas preliminares. São Paulo.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS-IPT, 1981. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, volume 2, São Paulo.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO, 1964. Mapa Geológico. São Paulo.
- ISSLER, R.S. e KAUL, P.F.T., 1983. Sobre a gênese dos depósitos de fluorita de Santa Catarina : Modelo alternativo. Miner. Metal, Rio de Janeiro. nº 46.
- JOHNSON, 1966. Ground water and wells, 440 pp, Saint Paul. Minnesota, U.S.A.
- KIMMELMANN e SILVA, A.A.; SILVA, R.B. da; REBOUÇAS, A.C. E SANTIAGO, M.M.F., 1986. Hidrologia isotópica e química do aquífero Botucatu - Bacia do Paraná - Brasil. Anais do 4º Congr. Bras. Água Subt., Brasília, 25.

- KIMMELMANN e SILVA, A.A.; REBOUÇAS, A.C.; SANTIAGO, M.M.F. e SILVA, R.B.G. da, 1989. Isotopic Study of Aquifer System in the Brazilian Portion of Paraná Basin. Isotope Hydrology Investigation in Latin America. Proceeding of a regional seminar for Latin America on the use of isotope technique in hydrology ; SALAZER, México, 28 September. 2 October 1987. A Technical Document issued by the International Energy Agency. Vienna.
- KIMMELMANN e SILVA, A.A.; REBOUÇAS, A.C. e SANTIAGO, M.M.F., 1989 Analises of Groundwater from Botucatu Aquifer System in Brazil, Radiocarbon, 31 (3).
- KIMMELMANN e SILVA, A.A., 1990. Considerações sobre anomalias de fluoreto no sistema aquífero Botucatu-Pirambóia, na Bacia do Paraná - 6º Congresso de Águas Subterrâneas, Porto Alegre - Rio Grande do Sul.
- KRAYNOV, S.R.; KIRYUKHIN, K.V.; VASIL'KOVA, I.V.; KIRYUKONA, K.I. e GUDS, Z.G., 1978a. Fluorine compounds in ground water with nearly neutral and alkaline reations. Published by Scripta Publishing Co, Geochemistry International.
- LACHAIZE, J.L., 1968. Contribution a l'etude geochimique du fluor dans les eaux de la Region Parisienne. Chapitre 5 et 6.
- LANDIN, P.M.B., 1970. O Grupo Passa-Dois na Bacia do Rio Corumbataí, São Paulo, Bol., nº 252 - DGM, Departamento Nacional da Produção Mineral, 103 pp., Rio de Janeiro.
- LANGE, F.W., 1954. Estatigrafia e Idade Geológica da Série Tubarão, Bol. nº 2 - Geologia, Arquivos do Museu Paranaense, Curitiba.
- LIVINGSTONE, D.A. In data of geochemistry (M. Fleischer Ed.), 6 Ed., U.S. Department of the Interior, Washington D.C. (1963) : Apud Unep. ILO e WHO, Fluorine and Fluorides, World Health Organization, Geneva (1984).
- LOPES, R.S., 1956. Águas Minerais do Brasil, publ. nº 2, Comissão Permanente de Crenologia - Departamento Nacional da Produção Mineral, 148 pp., Rio de Janeiro.

- MAACK, R., 1970. Notas preliminares sobre as Águas do Subsolo da Bacia do Paraná - Uruguai, publ. Comissão Interestadual da Bacia Paraná - Uruguai, 162 pp, Curitiba.
- MACCLURE, F.J., 1957. Nondental physiological effects of trace quantities of fluorine. Dental caries and fluorine. Am. Assoc. Advanc. of Sci., Monografia, 74 (1946); Apud. C.R. Cox, Rev. DAE, 18.
- MACCLURE, F.J., 1970. Water fluoridation. The Search and the Victory, US Dep. Health, Education and Welfare National Inst. of Dental Res., Bethesda.
- MAGALHÃES, M., 1982. Levantamento de poluição com flúor em pastagens de gado situadas nas vizinhanças de Olaria - Município de Itaboraí - Estado do Rio de Janeiro - Universidade Fluminense. Niterói.
- MAUGUIN, CH. e GRABER, L., 1928. Étude des micas fluorés au moyen des rayons-x. Comptes rendus. Hebdomadaires des Sciences de L'Academie des Sciences, 186.
- MASON, B., 1962. Principles of geochemistry, New York - John Wiley e Sons, Inc.
- MEDAGLIA, 1985. Relatório técnico - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. São Paulo.
- MENDES, J.C., 1952. A Formação Corumbataí na Região do Rio Corumbataí, Bol. nº 145 - Geologia nº 8, Fac. Filos. Cienc. Letras da Univ. São Paulo, São Paulo.
- MEZZALIRA, S., 1950. Dados sobre Água Subterrânea nas Séries Passa-Dois e Tubarão, no Estado de São Paulo, Bol. nº 1, v. 7, Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo.
- MEZZALIRA, S., 1965 Descrição Geológica e Geográfica das Folhas de Piracicaba e São Carlos, Bol. nº 43, Inst. Geográfico e Geológico do Est. de São Paulo, São Paulo.

- MUETTERTIES, E.L. e TULLOCK, C.W., 1965. "Binary Fluorine", cap. 7, vol. 2 do Preparative Inorganic Reactions. Ed. W.L. Jolly - New York - Interscience.
- NIOSH, 1977. Occupational Diseases : a guide to their recognition, US Department of Health, Education and Welfare, Washington, DC.
- NORTHFLEET, A.A., 1969. Reavaliação dos Dados Geológicos da Bacia do Paran, Bol. Téc. Petrobrás Jul/Set., 1969, Rio de Janeiro.
- OELSCHLAEGER, W., 1971. Fluoride, 4 (1971): Apud. Chem. Abstr. , 75. (1971).
- OELSCHLAEGER, W., Fluoride, 3 (1970): Apud Chem. Abstr., 73 (1970).
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 1978. 31^a Assembleia Mundial de la Salude.
- PAVAN, L.A.F., 1988. Influência da temperatura da água na remoção de flúor. Revista Ambiente, vol. 2, n 2. CETESB. São Paulo.
- PETRI, S., 1964. Grupo Tubarão - Instituto Geográfico e Geológico - Boletim 41. São Paulo.
- RANKAMA, K.; SAHAMA, T.H.G., 1963. Geochemistry. The University of Chicago Press.
- REVISTA AMBIENTE, 1988. Influência da temperatura da água na remoção de flúor. vol. 2, CETESB. São Paulo.
- RIBEIRO, R.A., 1985. Relatório de qualidade de gua (Estudo geoquímico) do poço tubular profundo do Município de Capivari - (DAEE - Circulação interna). Seção BMC - Diretoria de Serviço-BMCA. São Paulo.
- RIBEIRO, R.A., 1986. Relatório de qualidade de gua (Estudo geoquímico) do poço tubular profundo do Município de Piracicaba -

(Distrito de Saltinho), (DAEE - Circulação interna). Seção BMC - Diretoria de Serviço BMCA. São Paulo.

RIBEIRO, R.A., 1986. Relatório de qualidade de água (Estudo Geoquímico) do poço tubular profundo nº 2 do Município de Pereiras (DAEE - Circulação interna). Seção BMC - Diretoria de Serviço - BMCA. São Paulo.

RIBEIRO, R.A., 1987. Relatório de qualidade de água (Estudo Geoquímico) do poço tubular profundo nº 3 - Município de Ipeúna - (DAEE - Circulação interna). Seção BMC - Diretoria de Serviço BMCA. São Paulo.

RIBEIRO, R.A., 1987. Relatório de qualidade de água (Estudo Geoquímico) do poço tubular profundo do Município de Valinhos - (DAEE - Circulação interna). Seção BMC - Diretoria de Serviço BMCA. São Paulo.

RIBEIRO, R.A., 1988. Relatório de qualidade de água (Estudo Geoquímico) do poço tubular profundo nº 3 do Município de Pereiras (DAEE - Circulação interna). Seção BMC - Diretoria de Serviço BMCA. São Paulo.

RIBEIRO, R.A., 1988. Relatório de qualidade de água (Estudo Geoquímico) do poço tubular profundo do Centro de Treinamento da CESP - Campinas (DAEE - Circulação interna). Seção BMC - Diretoria de Serviço BMCA. São Paulo.

RIBEIRO, R.A., 1988. Relatório de qualidade de água (Estudo Geoquímico) do poço tubular profundo do Instituto de Biociências UNESP - Rio Claro (DAEE - Circulação interna). Seção BMC - Diretoria de Serviço BMCA. São Paulo.

RIBEIRO, R.A., 1988. Relatório de qualidade de água (Estudo Geoquímico) do poço tubular profundo do Município de Rio Claro - (sede) - (DAEE - Circulação interna). Seção BMC - Diretoria de Serviço BMCA. São Paulo.

RIBEIRO, R.A., 1989. Relatório de qualidade de água (Estudo Geoquímico) do poço tubular profundo do Município de Vinhedo -

- (DAEE - Circulação interna). Seção BMC - Diretoria de Serviço BMCA. São Paulo.
- RIBEIRO, R.A., 1989. Relatório de qualidade de água (Estudo Geoquímico) do poço tubular profundo do Município de Conchas - (DAEE - Circulação interna). Seção BMC - Diretoria de Serviço BMCA. São Paulo.
- RIBEIRO, R.A., 1990. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Grupo Técnico da Bacia do Piracicaba - Departamento de Águas e Energia Elétrica. São Paulo.
- ROCHA CAMPOS, A.C., 1967. The Tubarão Group in the Brazilian portion of the Paraná Basin - Problems in Brazilian Gondwana Geology, Ed. J.J. Bigarella, R.D. Becher e I.D. Pinto, Curitiba.
- ROLDI, C.R., 1981. Absorção e excreção de fluoretos e partir de ingestão de dentifrícios fluoretados nacionais, Dissertação de Mestrado - Faculdade de Odontologia . UNICAMP. Piracicaba.
- SALLENTIEN, B., 1962. Água Subterrânea no Estado de São Paulo e Regiões Limítrofes, Bol. nº 11, Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo.
- SCHMIDT, H.; HEBBEL, J.; PENNACCHIOTTI, J.; TRUHAUT R.; BAUDEUE , C.; JIMENEZ, J.A.; TORRES, E. e LOPES, M. Fluoride, 5 (1972), Apud. Chem. Abstr., 77 (1972).
- SCHOELLER, H., 1963. Recherches sur l'acquisition de la composition chimique des eaux souterraines. Imp. E. Dranillard, Bordeaux, France.
- SCHOELLER, H. et SCHOELLER, M., 1979. Une etude des eaux Thermo-minerales du Massif Central Français. BRGM - Section III, nº 2.
- SINGH, G. e CLIFFORD, D.A., 1984. The equilibrium fluoride capacity of activated alumina. Environmental Engineering Program . The University of Houston, Houston, Texas, 77004.

- SILVA, L.M.; MORESCHI, J.B., 1967. Lições de Hidrogeologia, vol . 1, ed. particular, São Paulo, 1971 - Manual de Hidrogeologia, 5 volumes.
- SILVA, L.M., 1972. Revista Água Subterrânea, vol 1 - nº 1 - julho - Editora Água Subterrânea Ltda. São Paulo - Brasil.
- SILVA, S.J. e ALMEIDA, 1988. Influência da temperatura da água na remoção de flúor - Revista Ambiente, vol 2, nº 2, CETESB . São Paulo.
- SOARES, P.C., 1972. O limite glacial/pós-glacial do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. An. Acad. Bras. Ciênc., vol. 44.
- SOARES, P.C., 1977. Associações litológicas do sub-grupo Itararé e sua interpretação ambiental. Rev. Bras. Geol., 7.
- SORIANO, M.; MANCHON, F., 1969. Radiology, 87, 1966 : Apud R.Y . Eagens, Toxic Properties of Inorganic Fluorine Compounds. Elsevier Publishing Amsterdam.
- STACEY, M.; FATHON, J.C. e CHARPE, A.G., 1960. Advances in Fluorine, Chemistry, Londres, Butterworth.
- SZIKSZAY, M., 1981. Hidroquímica das fontes de Águas da Prata - Estado de São Paulo (origem, classificação e caracterização) Livre Docência. Inst. de Geociências - USP. São Paulo.
- TALTASSE, P., 1968. Os Fácies Hidroquímicas no Estado de São Paulo, Anais do XXII Congresso Brasileiro de Geologia, Belo Horizonte, set., 1969, São Paulo.
- TODD, D.K., 1967. Hidrologia das Águas Subterrâneas trad. A. Silveira e E. B. Silveira, Ed. Blucher Ltda., São Paulo.
- YASSUDA, E.R.; NOGAMI, P.S.; MONTRIGAUD, R., 1965. Poços Profundos - Manual Técnico, Fac. Hig. Saúde Pública da Universidade de São Paulo - São Paulo.
- UNDERWOOD, E.J., 1971. Trace elements in human and animal nutrition, 3 ed. - Academic Press, New York.

- UNEP, ILO e WHO, 1984. Fluorine and Fluorides World Health Organization, Geneva.
- US EPA, 1973. Air Pollut - Emission Factors, 2 ed., US Environ Protection Agency, North Carolina, 1973 : Apud. J.W. Moore , E.A. Moore, Environmental Chemistry, Academic.
- US EPA, 1980. Reviews of the Environmental Effects of Pollut : Fluorine, U.S. Environ. Protection Agency. Cincinnati.
- US NAS, 1984. Fluorides, National Academy of Sciences, Washington, D.C. (1971) : Apud. UNEP, ILO e WHO, Fluorine and Fluorides, World Health Organization Geneva.
- VIEGAS, R.A., 1987. Fluoretação da água de abastecimento público. Revista Ambiente, vol. 1, CETESB. São Paulo.
- WALBOT, G., 1985. Revista Pau-Brasil, nº 6, ano I, maio/junho , DAEE. São Paulo.
- WASHBURNE, C.W., 1930. Petroleum Geology of State of São Paulo . Bol. nº 22, Com. Geogr. Geol. 272 pp., São Paulo.
- WEISS, V.A., 1959. Cation -exchange ability of clay minerals III. Cation Exchange in kaolinite - Zeitschrift anorganische und Allgemeine Chemic., 299.
- WERNICK, E., 1967. A geologia da região de Amparo (Lista do Estado de São Paulo). Tese de Doutorado - F.F.C.L. de Rio Claro - Universidade de Campinas.

A N E X O 1

Tabela de análises físico-químicas de água

LOCAL		DATA	HORA- RIO	SI- LICA	CONDUTI- VIDADE	RESÍDUO FILTRAVEL		ALCALINIDADE			pH	DUREZA	ANIONS				CATIONS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
MUNICÍPIO	DISTRITO/BAIRRO					105oC	180oC	NCO	CO	OH			Cl	F	SO 4	CO 3	Fe	N	Ca	Mg	Na	K	B																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
ARARAS		30/06/87												3.50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				

Tabela 17. Análises físico-químicas de águas subterrâneas

LOCAL		DATA	HORA- RIO	SI- LICA	CONDI- VIDADE	RESÍDUO FILTRAVEL		ALCALINIDADE			pH	DUREZA	ANIONS				CATIONS								
MUNICÍPIO	DISTRITO/BAIRRO					105aC	100aC	HCO	CO	OH			Cl	F	SO 4	CO 3	Fe	N	Ca	Mg	Na	K	B		
PIRACICABA	SANTANA	24/09/85						227.0	74.0	0.0	9.2	96.00		9.00	0.01										
PIRACICABA	SANTANA	24/09/85						226.0	76.0	0.0	9.2	185.00		9.00	0.01										
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	26/09/84						345.0	0.0	0.0	7.6	160.00		1.50											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	26/09/84						345.0	0.0	0.0	7.5	170.00		1.50											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	03/10/84						231.0	0.0	0.0	8.7														
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	03/10/84						356.0	0.0	0.0	7.7														
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	17/10/84									7.6	249.00		1.50											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	17/10/84						325.0	0.0	0.0		249.00		1.50											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	25/11/84						362.0	0.0	0.0	7.6	213.60		1.50											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	28/11/84						241.0	0.0	0.0	8.6	534.00		1.50											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	19/12/84						360.0	0.0	0.0	7.6			0.70											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	19/12/84						356.0	0.0	0.0	7.7			0.70											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	10/01/85						340.0	0.0	0.0	7.4			1.00											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	10/01/85						365.0	0.0	0.0	7.5			0.40											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	10/01/85						342.0	0.0	0.0	7.3			1.00											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	10/01/85						377.0	0.0	0.0	7.2	154.60		0.90											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	27/02/85						339.0	0.0	0.0	7.5			1.20											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	20/03/85						350.0	0.0	0.0	7.3			1.40											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	20/03/85						340.0	0.0	0.0	7.4			1.40											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	09/04/85						492.0	0.0	0.0	7.6	61.40		1.00											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	09/04/85						485.0	0.0	0.0	7.3	72.70		1.00											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	25/04/85						345.0	0.0	0.0	7.5			1.20											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	25/04/85						349.0	0.0	0.0	7.4			1.20											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	14/05/85						406.0	0.0	0.0	7.7			1.20											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	14/05/85						421.0	0.0	0.0	7.6			1.20											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	25/06/85						345.0	0.0	0.0	7.6	182.20		1.30											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	25/06/85						352.0	0.0	0.0	7.5	186.10		1.30											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	10/07/85						368.0	0.0	0.0	7.6	183.60		1.40											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	16/07/85						362.0	0.0	0.0	7.6	186.30		1.40											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	30/07/85						350.0	0.0	0.0	7.7			2.00											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	30/07/85						351.0	0.0	0.0	7.7			2.00											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	20/08/85						338.0	0.0	0.0	7.7	158.00		2.00											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	20/08/85						339.0	0.0	0.0	7.8	158.00		2.00											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	10/09/85						339.0	0.0	0.0	7.5	167.00		2.80											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	10/09/85						341.0	0.0	0.0	7.5	172.00		2.80											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	24/09/85						369.0	0.0	0.0	7.6	107.30		2.80											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	24/09/85						367.0	0.0	0.0	7.6	146.20		2.80											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	00/10/85						345.0	0.0	0.0	7.7	158.00		2.60											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	00/10/85						341.0	0.0	0.0	7.7	132.00		2.60											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	22/10/85						39.0	0.0	0.0	6.9	42.00		2.00											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	22/10/85						352.0	0.0	0.0	7.7	174.00		2.20											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	03/12/85						339.0	0.0	0.0	7.7														
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	03/12/85						341.0	0.0	0.0	7.7														
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	17/12/85						336.0	0.0	0.0	7.9	150.00		3.00											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	17/12/85						334.0	0.0	0.0	7.9	150.00		3.00											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	14/01/86						349.0	0.0	0.0	7.8	180.00				10.90									
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	14/01/86						345.0	0.0	0.0	7.9	180.00				10.07									
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	05/02/86						352.0	0.0	0.0	7.6	172.00		3.00											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	05/02/86						346.0	0.0	0.0	7.7	168.00		3.00											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	25/02/86						347.0	0.0	0.0	7.6	174.00		2.00			10.03								
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	25/02/86						350.0	0.0	0.0	7.6	170.00		2.10			10.40								
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	11/03/86						365.0	0.0	0.0	7.8	180.00	38.00	2.00											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	11/03/86						350.0	0.0	0.0	7.5	180.00	36.00	2.20											
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	01/04/86						350.0	0.0	0.0	7.5	170.00	36.00	2.20			10.03								
PIRACICABA	ISTA OLÍMPIA	15/04/86						350.0	0.0	0.0	7.6	161.00	76.00	1.80			10.30								

.120.

LOCAL		DATA	HORA- RIO	SI- LICA	CONDU- TIVIDADE	RESIDUO FILTRAVEL		ALCALINIDADE			pH	DUREZA	ANIONS				CATIONS							
MUNICIPIO	DISTRITO/BAZARO					105oC	180oC	NCO	CO	OH			Cl	F	SO 4	CO 3	Fe	Mn	Ca	Mg	Na	K	B	
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	15/04/86						350.0	0.0	0.0	7.5	177.00	76.00	1.80			10.10							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	29/04/86						361.0	0.0	0.0	7.4	180.00	87.00	2.20			10.30							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	29/04/86						359.0	0.0	0.0	7.5	180.00	90.00	2.20			10.30							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	14/05/86						349.0	0.0	0.0	7.4	172.00		1.80			11.50							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	14/05/86						350.0	0.0	0.0	7.5	190.00		1.80			10.50							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	01/06/86						256.0	0.0	0.0	7.3	178.00												
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	04/06/86						257.0	0.0	0.0	7.3	176.00	80.30											
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	14/07/86						346.0	0.0	0.0	7.4	166.00	101.00											
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	14/07/86						347.0	0.0	0.0	7.7	172.00	101.00											
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	04/08/86						339.0	0.0	0.0	7.4	170.00	80.00	2.00			10.23							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	04/08/86						336.0	0.0	0.0	7.4	166.00	76.00	2.20			10.24							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	21/08/86						329.0	0.0	0.0	7.8	146.00	101.00	2.80			10.06							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	13/10/86						332.0	0.0	0.0	7.5	160.00	106.50	3.60			10.37							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	13/10/86						330.0	0.0	0.0	7.5	160.00	107.50	3.60			10.12							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	21/10/86						330.0	0.0	0.0	7.5	160.00	106.00	3.00			10.35							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	21/10/86						329.0	0.0	0.0	7.6	160.00	107.00	3.80			10.12							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	05/11/86						342.0	0.0	0.0	7.8	162.00	100.00	3.00			10.18							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	05/11/86						340.0	0.0	0.0	7.7	162.00	99.50	3.00			10.15							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	10/11/86						337.0	0.0	0.0	7.5	164.20	120.70	1.60										
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	10/11/86						330.0	0.0	0.0	7.4	164.30	111.10	1.60										
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	19/11/86						378.0	0.0	0.0	7.7	160.00	102.60	2.30			10.00							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	26/11/86						314.0	0.0	0.0	7.8	160.00	98.60	2.40			10.20							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	03/12/86						310.0	0.0	0.0	7.6	152.00	113.50	1.30			10.22							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	05/01/87						344.0	0.0	0.0	7.6	166.00	18.70	1.80			10.55							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	05/01/87						337.0	0.0	0.0	7.6	165.00	18.00	1.80			10.25							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	14/01/87						347.0	0.0	0.0	7.3	160.00	98.60	3.00			10.25							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	14/01/87						344.0	0.0	0.0	7.4	177.00	0.77	3.00			10.20							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	19/01/87						338.0	0.0	0.0	7.6	166.00	118.50	1.20			10.21							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	19/01/87						344.0	0.0	0.0	7.5	166.00	102.60	1.60			10.23							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	26/01/87						348.0	0.0	0.0	7.3	166.00	102.60	2.20			10.14							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	26/01/87						344.0	0.0	0.0	7.4	160.00	98.60	2.20			10.15							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	04/02/87						342.0	0.0	0.0	7.7	190.00	102.60	2.40			10.45							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	04/02/87						337.0	0.0	0.0	7.7	198.00	98.00	2.40			10.47							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	10/02/87						332.0	0.0	0.0	7.4	178.00	82.30	2.40			10.46							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	10/02/87						344.0	0.0	0.0	7.5	176.00	81.90	2.40			10.10							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	16/02/87						341.0	0.0	0.0	7.5	184.00	75.40	2.40			10.58							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	16/02/87						340.0	0.0	0.0	7.5	216.00	54.20	2.20			10.78							
PIRACICABA	ISTA OLIMPIA	25/02/87								8.0		189.50	78.30	2.40			10.80							
PORTO FELIZ		19/10/88	11:00	21.7	292.00			115.0	7.0	0.0	7.5	83.40	3.50	N.D.	N.D.	4.00	10.07	N.D.	125.5	4.8	19.0	1.2		
PORTO FELIZ		27/03/89	12:30	39.0	272.00	191	186	142.0	0.0	0.0	6.0	9.20	0.50	N.D.	11.00	0.00	N.D.	N.D.	127.7	5.4	26.8	1.6		
RIO CLARO	IAJAPI													1.94										
RIO CLARO	IAJAPI	25/07/84												1.76										
RIO CLARO	IAJAPI	31/07/84												1.78										
RIO CLARO	IAJAPI	31/07/84												1.65										
RIO CLARO	IAJAPI	01/08/84												1.78										
RIO CLARO	IAJAPI	28/01/85												1.99										
RIO CLARO	IAJAPI	30/01/85												1.97										
RIO CLARO	IAJAPI	30/01/85												2.04										
RIO CLARO	IAJAPI	01/02/85	8:55											1.96										
RIO CLARO	IAJAPI	01/02/85	14:25											1.96										
RIO CLARO	IAJAPI	01/02/85	22:00											1.96										
RIO CLARO	IAJAPI	02/02/85	9:00											1.94										
RIO CLARO	IAJAPI	02/02/85	14:00											1.96										
RIO CLARO	IAJAPI	02/02/85	22:00											1.93										
RIO CLARO	IAJAPI	03/02/85	9:00											1.93										

Tabela 19. Análises físico-químicas de águas subterrâneas

LOCAL		DATA	HORA- RIO	SI- LICA	CONDU- TIVIDADE	RESIDUO FILTRAVEL		ALCALINIDADE			pH	DUREZA	ANIONS				CATIONS							
MUNICIPIO	DISTRITO/BAIRRO					105aC	180aC	HCO	CO	OH			Cl	F	SO 4	CO 3	Fe	M	Ca	Mg	Na	K	B	
RIO CLARO	AJAPI	03/02/85	14:00											1.94										
RIO CLARO	AJAPI	03/02/85	22:00											1.90										
RIO CLARO	AJAPI	04/02/85	8:50											1.90										
RIO CLARO	AJAPI	04/02/85	14:15											1.88										
RIO CLARO	AJAPI	04/02/85	22:00											1.88										
RIO CLARO	AJAPI	05/02/85	8:50											1.90										
RIO CLARO	AJAPI	05/02/85	14:20											1.98										
RIO CLARO	AJAPI	05/02/85	22:00											2.02										
RIO CLARO	AJAPI	06/02/85	8:55											2.00										
RIO CLARO	AJAPI	06/02/85	16:00											1.92										
RIO CLARO	AJAPI	06/02/85	22:00											1.92										
RIO CLARO	AJAPI	07/02/85	9:40											1.95										
RIO CLARO	AJAPI	07/02/85	14:20											1.94										
RIO CLARO	AJAPI	07/02/85	22:00											1.95										
RIO CLARO	AJAPI	08/02/85	2:30											1.94										
RIO CLARO	AJAPI	08/02/85	6:30											1.92										
RIO CLARO	ASSISTENCIA													2.00										
RIO CLARO	BATEVI	29/02/88												5.20										
RIO CLARO	INST. BIOCENCIA	04/05/88	9:50					82.7	2.4	0.0	8.4	29.30	3.86	0.84			6.20	10.030						10.097
RIO CLARO	JO NOVO MENZEL													9.20										
RIO CLARO	JO NOVO MENZEL	02/03/87												6.00										
RIO CLARO	POCO 1	10/09/87	13:20	5.0	18.00	27	26	5.0	0.0	0.0	6.0	7.00	1.00	0.10	N.D.	0.00	10.00	10.660	N.D.	N.D.	1.6	0.5	10.220	
RIO CLARO	POCO 2	10/09/87	14:00	9.0	471.00	328	325	283.0	0.0	0.0	8.3	172.00	1.50	0.15	2.00	0.00	10.03	10.880	123.9	127.2	42.0	2.8	10.110	
RIO DAS PEDRAS		01/07/87												0.75										
STA GERTRUDES														1.70										
STA GERTRUDES														1.70										
STA GERTRUDES														1.73										
TIETE	ALTOS DO TIETE	16/07/87	10:30		156.00	146	142	79.9	0.0	0.0	7.4	55.00	0.83	0.12	6.00		12.14	10.155						
TIETE	ALTOS DO TIETE	16/07/87	12:30		148.00	126	123	79.9	0.0	0.0	7.4	57.70	0.65	0.23	9.00		12.17	10.107						
TIETE	ALTOS DO TIETE	16/07/87	15:30	40.5	147.00	149	144	76.4	0.0	0.0	7.0	53.60	0.65	0.23	9.00		11.60	10.115				25.0	1.8	N.D.
TIETE	POCO 01	21/09/88	9:00	29.0	256.00	146	143	122.0	0.0	0.0	6.7	77.30	1.50	N.D.			10.11	10.220				26.0	1.5	N.D.
TIETE	POCO 01	27/03/89	16:30	39.0	193.00	153	115	110.0	0.0	0.0	7.4	77.40	2.00	N.D.	9.00		N.D.	10.520	128.0	1.8	19.6	1.9	N.D.	
TIETE	POCO 02	21/09/88	12:00	29.5	362.00	228	227	170.0	0.0	0.0	7.1	74.70	2.50	0.11			10.01	10.040	121.2	5.3	56.0	1.4	10.041	
TIETE	POCO 02	27/03/89	15:00	6.4	362.00	206	189	170.0	0.0	0.0	7.5	81.00	1.50	N.D.	9.00		N.D.	10.040	113.5	111.5	49.0	1.4	N.D.	
TIETE	POCO 08	19/10/88	9:00	42.0	314.00			125.0	7.0	0.0	7.2	106.00	3.30	N.D.	5.00	4.00	10.01	N.D.	131.5	6.7	15.0	0.8	N.D.	
TIETE	POCO 08	29/03/89	10:15	38.0	314.00	213	170	162.0	0.0	0.0	7.6	122.00	0.50	0.21	2.00		10.01	N.D.	137.8	6.6	20.0	0.9	N.D.	
TIETE	POCO 09	19/10/88	8:00	11.6	552.00			194.0	10.0	0.0	8.8	4.20	9.50	0.25	65.00	6.00	10.01	N.D.	1.6	N.D.	1124.0	0.5	N.D.	
TIETE	POCO 09	27/03/89	13:00	18.0	558.00	315	294	165.0	14.0	0.0	9.4	4.00	9.50	0.24	55.00	8.00	N.D.	N.D.	2.5	0.5	114.0	0.6	N.D.	
TIETE	POCO 11	23/05/89	8:00	63.0	306.00	224	218	161.0	0.0	0.0	7.0	122.00	0.50	N.D.	8.00		N.D.	10.420	131.0	110.8	24.0	2.6	N.D.	
TIETE	POCO 15	28/11/88	8:30	45.0	420.00			218.0	0.0	0.0	6.1	121.00	13.50	0.31	15.00		10.04	10.220	136.5	7.1	60.2	1.8	N.D.	
TIETE	POCO 15	23/05/89	9:45	88.0	225.00	201	187	107.0	0.0	0.0	6.9	94.40	14.50	0.23	N.D.		N.D.	10.680	122.1	9.3	10.6	2.4	N.D.	
TIETE	POCO 17	21/09/88	7:30	44.0	351.00	230	227	177.0	4.0	0.0	7.4	94.70	1.50	N.D.			10.11	10.020			37.0	2.0	N.D.	
TIETE	POCO 17	29/03/89	10:40	46.0	334.00	232	170	151.0	0.0	0.0	7.8	47.00	1.00	N.D.	N.D.		10.01	N.D.	4.0	117.4	32.5	1.6	N.D.	
TIETE	POCO 19	21/09/88	10:00	26.5	235.00	157	154	110.0	0.0	0.0	8.0	44.20	0.50	0.16			10.01	10.040			40.0	0.6	10.026	
TIETE	POCO 19	29/03/89	10:00	23.0	214.00	152	116	120.0	0.0	0.0	7.9	46.00	1.00	N.D.	4.00		N.D.	10.020	1.7	110.1	37.5	0.5	N.D.	
TIETE	POCO 21	21/09/88	11:00	18.5	361.00	171	171	168.0	7.0	0.0	8.6	12.50	1.50	0.13			10.03	10.160			86.0	0.7	10.026	
TIETE	POCO 21	27/03/89	14:30	18.7	371.00	220	119	167.0	6.0	0.0	9.2	13.00	1.00	N.D.	7.00	4.00	N.D.	10.100	3.7	1.1	75.0	0.8	N.D.	
TIETE	POCO 21	23/05/89	9:30	34.0	258.00	172	167	113.0	0.0	0.0	7.2	69.70	4.00	N.D.	12.00		N.D.	11.000	120.0	4.8	30.0	1.7	N.D.	
TIETE	POCO 22	27/03/89	15:45	12.0	357.00	219	208	170.0	0.0	0.0	7.8	133.00	0.50	N.D.	11.00		N.D.	10.040	112.3	125.0	18.4	2.1	N.D.	
TIETE	POCO 47	19/10/88	10:00	15.0	444.00			128.0	5.0	0.0	8.9	3.70	7.50	0.11	28.00	3.00	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		0.7	N.D.
TIETE	POCO 47	29/03/89	11:15	20.0	356.00	226	197	144.0	0.0	0.0	7.4	16.00	7.50	0.51	18.00		10.02	10.160	4.5	1.0	75.0	1.2	N.D.	
VALINHOS		01/07/87	15:30	34.0	117.00	111	109	34.0	0.0	0.0	7.9	32.00	2.50	0.12	N.D.		10.13	13.300	7.7	3.3	9.2	2.4	N.D.	
VIMEDO		04/06/87	11:50	26.0	184.00	127	124	74.0	0.0	0.0	7.0	41.40	4.50	1.75	N.D.	0.00	10.02	11.320	112.8	2.3	25.0	1.7		

A N E X O 2

Tabela dos parâmetros que apresentam teores acima
dos limites de potabilidade

LOCAL		DATA	PARÂMETROS									RESÍDUO SECO
MUNICÍPIO	DISTRITO/BAIRRO		CONDUTIVIDADE	ALCALINIDADE	pH	DUREZA	Cl	Fe	F	N	Na	
ARARAS		30/06/87							3.50			
CAMPINAS		25/11/86						0.36		0.444		
CAMPINAS		25/11/86								0.541		
CAMPINAS		27/11/86										
CAMPINAS		02/04/87								0.000		
CAPIVARI		23/05/89			8.7							
CIMBUQUEADA	STA LUZIA								2.10			
CONCHAS		17/09/87	3.140				400		7.20		600	
CORUMBATAI									10.20			
CORUMBATAI		27/08/84						3.70	10.00			
CORUMBATAI		27/08/84							10.50			
CORUMBATAI		30/03/84			9.0				10.70	264.000		
CORUMBATAI		30/08/84							10.20			
IPEUNA		18/02/86								0.557		
IPEUNA		22/12/86										
IPEUNA		05/01/87										
IPEUNA		05/01/87										
IPEUNA		05/01/87										
JAGUARIUNA		16/06/88										
JAGUARIUNA		02/08/88							1.87			
JAGUARIUNA		13/09/88						0.40	2.36			
JAGUARIUNA		16/11/88							1.70			
PEREIRAS		01/03/87							7.10			
PEREIRAS		17/03/87							6.20			
PEREIRAS		25/03/87							6.55		424	
PIRACICABA	CANFESTRE	25/09/89						1.10				
PIRACICABA	SALTINHO	04/02/86	700		9.3				2.10		230	
PIRACICABA	SALTINHO	07/02/86			9.3				2.12			
PIRACICABA	SANTANA	10/01/85			9.0				9.00			
PIRACICABA	SANTANA	10/01/85			9.1				9.00			
PIRACICABA	SANTANA	16/01/85			9.1				9.00			
PIRACICABA	SANTANA	16/01/85			8.6				9.00			
PIRACICABA	SANTANA	27/02/85			9.2				7.00			
PIRACICABA	SANTANA	27/02/85			9.2				7.00			
PIRACICABA	SANTANA	20/03/85							9.00			
PIRACICABA	SANTANA	20/03/85			9.0				9.00			
PIRACICABA	SANTANA	09/04/85			9.2				8.00			
PIRACICABA	SANTANA	09/04/85			9.2				8.00			
PIRACICABA	SANTANA	25/04/85			9.1				9.10			
PIRACICABA	SANTANA	25/04/85			9.2				9.00			
PIRACICABA	SANTANA	14/05/85			9.2				9.00			
PIRACICABA	SANTANA	14/05/85			9.2				9.00			
PIRACICABA	SANTANA	20/05/85			9.0							
PIRACICABA	SANTANA	20/05/85										
PIRACICABA	SANTANA	25/06/85			9.0				9.00			
PIRACICABA	SANTANA	25/06/85			9.1				9.00			
PIRACICABA	SANTANA	16/07/85			9.1				9.00			
PIRACICABA	SANTANA	16/07/85			9.1				9.00			
PIRACICABA	SANTANA	30/07/85			9.2				9.00			
PIRACICABA	SANTANA	30/07/85			9.2				9.00			
PIRACICABA	SANTANA	20/08/85			9.2				9.00			
PIRACICABA	SANTANA	20/08/85			9.2				9.00			
PIRACICABA	SANTANA	10/09/85			9.1				9.00			
PIRACICABA	SANTANA	10/09/85			9.2				9.00			

Tabela 21. Tabela de parâmetros que apresentaram teores acima dos limites de potabilidade

LOCAL		DATA	PARÂMETROS								RESÍDUO SECO	
MUNICÍPIO	DISTRITO/BAIRRO		CONDUTIVIDADE	ALCALINIDADE	pH	DUREZA	Cl	Fe	F	N		Na
PIRACICABA	SANTANA	24/09/85			9.2				9.00			
PIRACICABA	SANTANA	24/09/85			9.2				9.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	26/09/84						1.50				
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	26/09/84						1.50				
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	03/10/84										
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	05/10/84			8.7							
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	17/10/84							1.50			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	17/10/84							1.50			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	25/11/84							1.50			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	28/11/84			8.6				1.50			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	19/12/84										
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	19/12/84										
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	10/01/85							1.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	10/01/85							1.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	10/01/85										
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	10/01/85							0.90			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	27/02/85							1.20			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	20/03/85							1.40			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	20/03/85							1.40			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	09/04/85							1.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	09/04/85							1.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	25/04/85							1.20			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	25/04/85							1.10			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	14/05/85							1.20			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	14/05/85							1.20			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	25/06/85							1.30			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	25/06/85							1.30			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	10/07/85							1.40			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	16/07/85							1.40			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	30/07/85							2.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	30/07/85							2.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	20/08/85							2.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	20/08/85							2.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	10/09/85							2.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	10/09/85							2.80			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	24/09/85							2.80			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	24/09/85							2.80			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	08/10/85							2.60			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	08/10/85							2.60			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	22/10/85							2.20			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	22/10/85							2.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	03/12/85										
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	03/12/85										
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	17/12/85							3.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	17/12/85							3.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	14/01/86										
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	14/01/86						0.90				
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	05/02/86							3.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	05/02/86							3.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	25/02/86						0.40	2.10			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	25/02/86							2.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	11/03/86							2.20			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	11/03/86							2.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	01/04/86							2.20			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	15/04/86							1.80			

Tabela 22. Tabela de parâmetros que apresentaram teores acima dos limites de potabilidade

LOCAL		DATA	PARÂMETROS									RESÍDUO SECO
MUNICÍPIO	DISTRITO/BAIRRO		CONDUTIVIDADE	ALCALINIDADE	pH	DUREZA	Cl	Fe	F	N	N ₂	
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	15/04/86							1.80			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	29/04/86							2.20			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	29/04/86							2.20			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	14/05/86						1.50	1.80			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	14/05/86						0.50	1.80			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	01/06/86										
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	04/06/86										
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	14/07/86										
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	14/07/86										
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	04/08/86							2.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	04/08/86							2.20			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	21/08/86							2.80			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	13/10/86							3.60			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	13/10/86							3.60			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	21/10/86							3.80			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	21/10/86							3.80			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	05/11/86							3.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	05/11/86							3.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	10/11/86							1.60			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	10/11/86							1.60			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	19/11/86							2.30			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	26/11/86							2.40			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	03/12/86							1.30			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	05/01/87						0.55	1.80			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	05/01/87							1.80			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	14/01/87							3.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	14/01/87							3.00			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	19/01/87										
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	19/01/87							1.60			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	26/01/87							2.20			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	26/01/87							2.20			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	04/02/87						0.50	2.40			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	04/02/87						0.47	2.40			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	10/02/87						0.46	2.40			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	10/02/87							2.40			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	16/02/87						0.78	2.20			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	16/02/87						0.60	2.40			
PIRACICABA	STA OLÍMPIA	25/02/87						0.80	2.40			
PORTO FELIZ		19/10/88										
PORTO FELIZ		27/03/89										
RIO CLARO	AJAPI								1.94			
RIO CLARO	AJAPI	25/07/84							1.76			
RIO CLARO	AJAPI	31/07/84							1.78			
RIO CLARO	AJAPI	31/07/84							1.65			
RIO CLARO	AJAPI	01/08/84							1.78			
RIO CLARO	AJAPI	28/01/85							1.99			
RIO CLARO	AJAPI	30/01/85							1.97			
RIO CLARO	AJAPI	30/01/85							2.04			
RIO CLARO	AJAPI	01/02/85							1.96			
RIO CLARO	AJAPI	01/02/85							1.96			
RIO CLARO	AJAPI	01/02/85							1.96			
RIO CLARO	AJAPI	02/02/85							1.94			
RIO CLARO	AJAPI	02/02/85							1.93			
RIO CLARO	AJAPI	02/02/85							1.96			
RIO CLARO	AJAPI	03/02/85							1.93			

A N E X O 3

Cálculos para o dendograma

LOCAL		DATA	MORA- RIO	SI- LICA	CONDU- TIVIDADE	RESÍDUO FILTRAVEL		pH		ANIONS				CATIONS							
MUNICÍPIO	DISTRITO/BAIRRO					105µC	180µC	Z ()	Z ()	Cl	F	SO 4	CO 3	Fe	N	Ca	Mg	Na	K	B	
ARARAS		20/06/87		25.0%	0.0%	0.0%	0.0%	ND	ND	0.0%	337.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
CAMPINAS		25/11/86	16:15	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	20.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
CAMPINAS		25/11/86	16:35	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	-6.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
CAMPINAS		27/11/86		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	ND	ND	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
CAMPINAS		02/07/87	10:30	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	ND	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
CAPIVARI		23/05/89	8:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	ND	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	ND	
CHARQUEADA	STA LUZIA			0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	ND	ND	0.0%	162.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
CONCHAS		17/09/87	10:30	0.0%	528.0%	300.0%	300.0%	0.0%	0.0%	60.0%	800.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	ND	ND	172.0%	0.0%	0.0%	
CORUMBATAI				0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	ND	ND	0.0%	1175.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
CORUMBATAI		30/03/84		0.0%	154.0%	48.0%	41.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1237.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.6%	0.0%	0.0%	
CORUMBATAI		27/08/84	15:40	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	ND	ND	0.0%	1212.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
CORUMBATAI		27/09/84	16:10	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	ND	ND	0.0%	1250.0%	0.0%	0.0%	1133.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
CORUMBATAI		30/08/84		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	ND	ND	0.0%	1175.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
IPEUNA		18/02/86	17:30	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
IPEUNA		22/12/86	10:35	20.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	ND	ND	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
IPEUNA		05/01/87		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	ND	ND	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
IPEUNA		05/01/87		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	ND	ND	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
IPEUNA		05/01/87		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	ND	ND	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
JAGUARIUNA		16/06/88	10:15	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
JAGUARIUNA		02/08/88	11:25	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	133.0%	0.0%	0.0%	0.0%	ND	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
JAGUARIUNA		13/09/88	9:30	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	195.0%	0.0%	0.0%	33.3%	TRACOS	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
JAGUARIUNA		16/11/88	9:15	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	112.5%	0.0%	0.0%	0.0%	TRACOS	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PEREIRAS		01/03/87		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	ND	ND	0.0%	787.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PEREIRAS		17/03/87		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	ND	ND	0.0%	675.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PEREIRAS		25/03/87	12:30	0.0%	178.0%	83.4%	79.6%	0.0%	0.0%	0.0%	718.0%	0.0%	60.0%	0.0%	ND	ND	ND	69.6%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	CAMPESTRE	25/09/89	12:00	0.0%	0.0%	19.0%	16.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	266.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SALTINHO	04/02/86	15:30	0.0%	40.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%	162.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SALTINHO	07/02/86		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%	165.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	10/01/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1025.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	10/01/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1025.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	16/01/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1025.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	16/01/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1025.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	27/02/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	775.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	27/02/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	775.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	20/03/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1025.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	20/03/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1025.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	09/04/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	900.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	09/04/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	900.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	25/04/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1037.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	25/04/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1025.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	14/05/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1025.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	14/05/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1025.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	20/05/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	ND	ND	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	20/05/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	25/06/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1025.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	25/06/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1025.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	16/07/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1025.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	16/07/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1025.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	30/07/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1025.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	30/07/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1025.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	20/08/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1025.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	20/08/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1025.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PIRACICABA	SANTANA	10/09/85		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1025.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	

.129.

[illegible]

*** PORCENTAGEM DE LIMITES PARA POTABILIDADE ***

LOCAL		MORA-	SI-	COMDUTI-	RESIDUO FILTRAVEL		pH		ANIONS				CATIONS							
MUNICIPIO	DISTRITO/BAIRRO	DATA	RIO	LICA	VIDADE	105uC	180uC	Z (	Z)	Cl	F	SO4	CO3	Fe	Mn	Ca	Mg	Na	K	B
PIRACICABA	STA OLIMPIA	01/04/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	175.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	15/04/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	125.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	15/04/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	125.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	29/04/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	175.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	29/04/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	175.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	14/05/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	125.02	0.02	0.02	400.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	14/05/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	125.02	0.02	0.02	66.72	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	01/06/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	04/06/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	14/07/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	14/07/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	04/08/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	150.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	04/08/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	175.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	21/08/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	250.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	13/10/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	350.02	0.02	0.02	23.32	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	13/10/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	350.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	21/10/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	375.02	0.02	0.02	16.72	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	21/10/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	375.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	05/11/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	275.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	05/11/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	275.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	10/11/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	100.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	10/11/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	100.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	19/11/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	187.52	0.02	0.02	166.72	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	26/11/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	200.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	03/12/86				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	62.52	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	05/01/87				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	125.02	0.02	0.02	83.32	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	05/01/87				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	125.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	14/01/87				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	275.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	14/01/87				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	275.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	19/01/87				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	50.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	19/01/87				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	100.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	26/01/87				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	175.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	26/01/87				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	175.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	04/02/87				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	200.02	0.02	0.02	50.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	04/02/87				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	200.02	0.02	0.02	56.72	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	10/02/87				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	200.02	0.02	0.02	53.32	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	10/02/87				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	200.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	16/02/87				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	200.02	0.02	0.02	93.32	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	16/02/87				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	175.02	0.02	0.02	166.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PIRACICABA	STA OLIMPIA	25/02/87				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	200.02	0.02	0.02	166.72	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PORTO FELIZ		19/10/88	11:00			0.02	0.02	0.02	0.02	ND	ND	0.02	0.02	0.02	ND	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
PORTO FELIZ		27/03/89	12:30			0.02	0.02	0.02	0.02	ND	ND	0.02	0.02	ND	ND	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
RIO CLARO	IAJAPI					0.02	0.02	0.02	ND	ND	0.02	142.52	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
RIO CLARO	IAJAPI	25/07/84				0.02	0.02	0.02	ND	ND	0.02	120.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
RIO CLARO	IAJAPI	31/07/84				0.02	0.02	0.02	ND	ND	0.02	122.52	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
RIO CLARO	IAJAPI	31/07/84				0.02	0.02	0.02	ND	ND	0.02	106.32	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
RIO CLARO	IAJAPI	01/08/84				0.02	0.02	0.02	ND	ND	0.02	122.52	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
RIO CLARO	IAJAPI	28/01/85				0.02	0.02	0.02	ND	ND	0.02	148.82	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
RIO CLARO	IAJAPI	30/01/85				0.02	0.02	0.02	ND	ND	0.02	146.32	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
RIO CLARO	IAJAPI	30/01/85				0.02	0.02	0.02	ND	ND	0.02	155.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
RIO CLARO	IAJAPI	01/02/85	8:55			0.02	0.02	0.02	ND	ND	0.02	145.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
RIO CLARO	IAJAPI	01/02/85	14:25			0.02	0.02	0.02	ND	ND	0.02	145.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
RIO CLARO	IAJAPI	01/02/85	22:00			0.02	0.02	0.02	ND	ND	0.02	145.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
RIO CLARO	IAJAPI	02/02/85	9:00			0.02	0.02	0.02	ND	ND	0.02	142.52	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

.131.

.131.

[illegible]

Tabela 28. Cálculo para as correlações

*** PORCENTAGEM DE LIMITES PARA POTABILIDADE ***

LOCAL		DATA	HORA- RIO	SI- LICA	CONDUTI- VIDADE	RESIDUO FILTRAVEL		pH		ANIONS				CATIONS							
MUNICIPIO	DISTRITO/BAIRRO					105a.C	100a.C	Z (	Z)	Cl	F	SO 4	CO 3	Fe	N	Ca	Mg	Na	K	B	
VALINHOS		01/07/87	15:30	0.0Z	0.0Z	0.0Z	0.0Z	0.0Z	0.0Z	0.0Z	0.0Z	ND	0.0Z	0.0Z	0.0Z	0.0Z	0.0Z	0.0Z	ND		
VINHEDO		04/06/87	11:50	0.0Z	0.0Z	0.0Z	0.0Z	0.0Z	0.0Z	0.0Z	118.6Z	ND	0.0Z	0.0Z	0.0Z	0.0Z	0.0Z	0.0Z	0.0Z		

A N E X O 4

Correlações por análise

[illegible]

*** DENDROGRAMA DE AMOSTRAS ***

[illegible]

.136.

LOCAL			NORA-	SI-	CONDUTI-	RESIDUO FILTRAVEL		pH	ANIONS					
MUNICIPIO	DISTRITO/BAIRRO	DATA	RIO	LICA	VIDADE	105mC	180mC	Z (Z)	Cl	F	CO 3	Fe	N	Na
PIRACICABA	STA OLIMPIA	01/04/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	15/04/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	15/04/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	29/04/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	29/04/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	14/05/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	14/05/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	01/06/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	04/06/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	14/07/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	14/07/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	04/08/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	04/08/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	21/08/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	13/10/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	13/10/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	21/10/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	21/10/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	05/11/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	05/11/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	10/11/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	10/11/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	19/11/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	26/11/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	03/12/86												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	05/01/87												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	05/01/87												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	14/01/87												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	14/01/87												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	19/01/87												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	19/01/87												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	26/01/87												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	26/01/87												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	04/02/87												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	04/02/87												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	10/02/87												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	10/02/87												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	16/02/87												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	16/02/87												
PIRACICABA	STA OLIMPIA	25/02/87												
PORTO FELIZ	:	19/10/88	11:00											
PORTO FELIZ	:	27/03/89	12:30											
RIO CLARO	AJAPI													
RIO CLARO	AJAPI	25/07/84												
RIO CLARO	AJAPI	31/07/84												
RIO CLARO	AJAPI	31/07/8												

• 151 •

LOCAL			HORA-	SÍ-	CONDUTI-	RESIDUO FILTRAVEL		pH	ANIONS					
MUNICIPIO	DISTRITO/BAIRRO	DATA	RIO	LICA	VIDADE	105oC	189oC	Z (Z)	Cl	F	CO ₃	Fe	N	Na
RIO CLARO	AJAPI	02/02/85	14:00	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	AJAPI	02/02/85	22:00	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	AJAPI	03/02/85	9:00	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	AJAPI	03/02/85	14:00	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	AJAPI	03/02/85	22:00	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	AJAPI	04/02/85	8:50	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	AJAPI	04/02/85	14:15	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	AJAPI	04/02/85	22:00	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	AJAPI	05/02/85	8:50	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	AJAPI	05/02/85	14:20	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	AJAPI	05/02/85	22:00	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	AJAPI	06/02/85	8:55	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	AJAPI	06/02/85	16:00	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	AJAPI	06/02/85	22:00	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	AJAPI	07/02/85	9:40	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	AJAPI	07/02/85	14:20	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	AJAPI	07/02/85	22:00	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	AJAPI	08/02/85	2:30	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	AJAPI	08/02/85	6:30	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	:ASSISTENCIA	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	BATONI	29/02/88	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	INST. BIOCIENCIA	04/05/88	9:50	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	JD NOVO WENZEL	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	JD NOVO WENZEL	02/03/87	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	POCO 1	10/09/87	13:20	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO CLARO	POCO 2	10/09/87	14:00	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
RIO DAS PEDRAS:	:	01/07/87	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
STA GERTRUDES :	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
STA GERTRUDES :	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
STA GERTRUDES :	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
TIETE	ALTOS DO TIETE	16/07/87	10:30	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
TIETE	ALTOS DO TIETE	16/07/87	12:30	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
TIETE	ALTOS DO TIETE	16/07/87	15:30	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
TIETE	POCO 01	21/09/88	9:00	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
TIETE	POCO 01	27/03/89	16:30	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
TIETE	POCO 02	21/09/88	12:00	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
TIETE	POCO 02	27/03/89	15:00	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
TIETE	POCO 08	19/10/88	9:00	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
TIETE	POCO 08	29/03/89	10:15	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
TIETE	POCO 09	19/10/88	8:00	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
TIETE	POCO 09	27/03/89	13:00	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
TIETE	POCO 11	23/05/89	8:00	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
TIETE	POCO 15	28/11/88	8:30	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
TIETE	POCO 15	23/05/89	8:45	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
TIETE	POCG 17	21/09/88	7:30	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
TIETE	POCO 17	29/03/89												

Tabela 33. Correlação por análise

*** DEMONSTRADO DE AMOSTRAS ***

LOCAL		DATA	HORA- RIO	SI- LICA	CONDUTI- VIDADE	RESIDUO FILTRAVEL		pH		ANIONS					
MUNICIPIO	DISTRITO/BAIRRO					105aC	180aC	Z (	Z)	Cl	F	CO 3	Fe	N	Na
VALINHOS		01/07/87	15:30												
VINHEDO		04/06/87	11:50												

*** LEGENDA : CORRELAÇÕES DE AMOSTRAS POR MUNICIPIOS

- SILICA = Araras
 Ipeuna - 22/12/86
 Tiete (Altos do Tiete) - 16/07/87 - 15h30
 Tiete (Poco 08) - 19/10/88 - 9h00
 Tiete (Poco 08) - 19/10/88
 Tiete (Poco 11)
 Tiete (Poco 15) - 28/11/88
 Tiete (Poco 15) - 23/05/89
 Tiete (Poco 17) - 29/09/88
 Tiete (Poco 17) - 29/03/89

A N E X O 5

Diagramas - teores de remoção de fluoreto por filtração com
alumina ativada com variação de temperatura
(23^o, 28^o e 63^o)

Diagrama Teores de Remocao de F em relacao ao tempo = 22.C 1.ciclo

Diagrama Teores de Remocao de F em relacao ao tempo = 63.C 1.ciclo

Diagrama Teores de Remocao de F em relacao ao tempo = 63.C 2.ciclo

Diagrama Teores de Remocao de F em relacao ao tempo = 28.C 2.ciclo

Diagrama Teores de Remocao de F em relacao ao tempo = 63.C 3.ciclo

Diagrama Teores de Remocao de F em relacao ao tempo = 23.C 3.ciclo

Diagrama Teores de Remocao de F em relacao ao tempo = 23.C 4.ciclo

Diagrama Teores de Remocao de F em relacao ao tempo = 63.C 4.ciclo

Diagrama Teores de Remocao de F em relacao ao tempo = 63.C 5.ciclo

Diagrama Teores de Remocao de F em relacao ao tempo = 28.C 5.ciclo

Diagrama Teores de Remocao de F em relacao ao tempo = 28.C 6.ciclo

Diagrama Teores de Remocao de F em relacao ao tempo = 25.C 7.ciclo