

# EXPERIÊNCIA DE INVESTIGAÇÃO DA FLUOROSE DENTÁRIA RELACIONADA AO CONSUMO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM SÃO FRANCISCO, MINAS GERAIS: APLICAÇÃO DE MÉTODOS DA GEOLOGIA MÉDICA

Leila Nunes Menegasse Velásquez<sup>1</sup>; Lúcia Maria Fantinel<sup>2</sup>; Lia Silva de Castilho<sup>3</sup>;  
Efigênia Ferreira e Ferreira<sup>4</sup>; Walter Duarte Costa<sup>5</sup> & Alexandre Uhlein<sup>6</sup>

**Resumo** - Em São Francisco, o aquífero carbonático do Grupo Bambuí, idade neoproterozóica, constitui a principal fonte de abastecimento da população rural. A precipitação (1133mm/ano) concentrada em quatro meses seguidos de longo período de estiagem e a elevada infiltração no domínio cárstico resultam em elevada disponibilidade subterrânea em detrimento da superficial. Pesquisa interdisciplinar envolvendo estudos geológico-hidrogeológico-hidroquímico e epidemiológico constatou anomalias de fluoreto nessas águas e estabeleceu sua relação com a incidência de fluorose dentária, indicando filiação geogênica dessa endemia. Os métodos de estudo visaram assegurar que a pesquisa desenvolvesse mantendo-se o caráter relacional dessas áreas de conhecimento. Procedeu-se a mapeamentos geológicos regionais e de detalhe, identificação e ocorrência de minerais fluoríticos, estabeleceu-se o modelo físico e de funcionamento dos aquíferos, realizou-se estudo hidroquímico e as relações do fluoreto com demais parâmetros químicos, estratigráficos e estruturais. No campo da saúde realizou-se o estudo epidemiológico por meio de exames clínicos odontológicos em 5 distritos. O inquérito epidemiológico e social qualitativo constaram de questões sobre o consumo e origem da água consumida. Essa metodologia interdisciplinar foi fundamental para se atingir os objetivos propostos visto que as informações nas áreas da saúde e da geologia/hidrogeologia se complementam em estudos relacionados ao campo da Geologia Médica.

---

<sup>1</sup> Prof<sup>a</sup> DEGEOL-IGC/UFMG Av. Antônio Carlos, 6627-Campus Pampulha. 31270-901, BH-MG. Tel.(31) 9123 4393–menegase@lcc.ufmg.br

<sup>2</sup> Prof<sup>a</sup> DEGEOL-IGC/UFMG. Tel.(31) 34995446 – lfantinel@uol.com.br

<sup>3</sup> Prof<sup>a</sup> DOR-FO/UFMG-Av. Antônio Carlos, 6627- Campus Pampulha.31270-901, BH-MG. Tel.(31) 88068758 – liacastilho@ig.com.br

<sup>4</sup> Prof<sup>a</sup> DOSP-FO/UFMG. Tel. (31) 34992457 – efigenia@net.em.com.br

<sup>5</sup> Prof. DEGEOL-IGC/UFMG – Tel. (31) 99738407 – wdcosta@rbeep.com.br

<sup>6</sup> Prof. DEGEOL-IGC/UFMG– Tel. (31) 34995444 – [uhlein@lcc.ufmg.br](mailto:uhlein@lcc.ufmg.br)

**Abstract** - In São Francisco Town, the carbonatic aquifer of Bambuí Group, neoproterozoic age, constitutes the main source of water supplying of the nonurban population. The precipitation (1133mm/year) concentrated in four followed months of long dry periods and high infiltration in the karstic domain result in high groundwater availability in detriment of the superficial resources. Interdisciplinary research involving geological-hydrogeological-hydrochemical and epidemiological studies evidenced anomalies of fluoride in these waters and established its relation with the dental incidence of fluorosis, indicating geogenic source to this endemic disease. The study methods had aimed at to assure that the research developed remains the relationary character of these areas of knowledge. It was proceeded regional and detailed geologic mappings and identification of the occurrence of fluoride minerals. The physical model and the aquifers hydrodynamic were established. Hydrochemical study was carried through and was defined the relations of the fluoride with chemical, stratigraphic and structural parameters. In the field of the health, was executed the epidemiological study by clinical odontological examinations in 5 districts. The qualitative epidemiological and social inquiries were consisted of questions on the consumption and origin of the consumed water. This interdisciplinary methodology was important to reach the proposed goals since the information in the areas of the health and the geology/hydrogeology are complementary in studies related to Medical Geology.

**Palavras-Chave** - aquífero cárstico; qualidade da água; fluoreto; fluorose dentária.

## **INTRODUÇÃO**

A região do município de São Francisco caracteriza-se pela limitada disponibilidade de mananciais superficiais de água, pela ausência de planejamento integrado de seus recursos hídricos (e naturais), compondo um quadro sócio-econômico com expressivos índices de pobreza e comprometimento da qualidade da saúde da população, o que contribui para a ocorrência de doenças de veiculação hídrica.

Na sede do município, o abastecimento de água é realizado pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA-MG) por meio de mananciais superficiais. Na área rural, o abastecimento é de responsabilidade da prefeitura, por meio de poços tubulares.

Uma das endemias que vem acometendo parte da população rural de São Francisco, principalmente crianças e jovens, é a fluorose dentária - anomalia do desenvolvimento dos dentes ligada a deformações do esmalte em consequência da ingestão prolongada de flúor em quantidades excessivas na faixa etária em que o esmalte está em formação, de zero a 5 anos. A doença caracteriza-se pelo aumento da porosidade do esmalte, o qual adquire aspecto opaco e manchado de

branco a vários tons de marrom, até preto. Uma vez instalada a doença, é de caráter permanente, restando apenas tratamento corretivo e de restauração dos dentes afetados.

O flúor é um elemento químico essencial para a resistência dos dentes e dos ossos, entretanto, a sua ingestão em excesso tem provocado sérios problemas de fluorose dentária (e fluorose óssea) a populações em diversas partes do mundo, citando-se a Índia (DISSANAYAKE, 1996), Kenya e África do Sul (WILLIAMSON, 1953; LAHERMO et. al., 1991). No Brasil, poucos são os estudos que abordam o assunto, embora casos dessas doenças também existam.

Pesquisas brasileiras de cunho geológico ou geoquímico foram realizadas nas décadas de 1980 e 1990 em regiões mineralizadas com fluorita, principalmente nos estados do PR, SC e RJ (FELIPE, 1986 citado em LICHT et al., 1996; FRAGA & LISBOA, 1990; LICHT et al, 1996). Voltados principalmente para a pesquisa mineral, tais estudos prescindiram até recentemente da análise epidemiológica sobre os efeitos das concentrações anômalas de flúor sobre a saúde da população.

CARDOSO et. al. (2001) realizaram um estudo de caráter multidisciplinar envolvendo as áreas de hidrogeoquímica e odontologia no município de Itacarambá – PR. O estudo geoquímico baseou-se em análises químicas das águas de abastecimento público oriundas de poços tubulares e de uma nascente e o estudo epidemiológico foi realizado em escolares. Os resultados indicaram uma associação entre a prevalência de fluorose dentária (60,9% dos escolares) e o consumo de água com altos teores de flúor.

Os estudos nos campos da Odontologia e Medicina, por outro lado, não têm sido acompanhados de pesquisas geocientíficas para determinar a fonte e os mecanismos da contaminação da água, informações fundamentais para a tomada de decisão sobre as ações preventivas e corretivas a serem adotadas.

Nesse contexto, a pesquisa realizada no município de São Francisco pauta-se pela articulação entre saberes e metodologias das áreas de Geologia/hidrogeologia e Odontologia/Saúde Pública. Além da coleta e interpretação de dados geológicos-hidrogeológicos e odontológicos, seu desenvolvimento envolveu a discussão de bases metodológicas adequadas à natureza de seu objeto e de suas metas. Os resultados obtidos podem ser reportados ao campo científico da Geologia Médica), que estuda a influência dos minerais sobre a saúde humana, criando as bases para a prevenção e a adoção de medidas que minimizem os efeitos provocados pela falta ou pelo excesso de determinada substância no organismo. Trata-se de campo multidisciplinar ainda em estruturação no Brasil (seu primeiro simpósio ocorreu em 2002, durante o 41º Congresso Brasileiro de Geologia, em João Pessoa). Os procedimentos de pesquisa adotados e os dados obtidos têm, portanto, significativo alcance científico e social nas áreas geológica e de saúde pública e configuram metodologias que podem ser adotadas em estudos futuros em outros municípios com similar contexto geológico e social.

## **OBJETIVOS**

A execução deste projeto e a perspectiva de implementação de propostas dele resultantes permitem o exercício do papel social da pesquisa por meio da geração de conhecimento científico, da articulação da atividade de pesquisa com as atividades de ensino e extensão e, por fim, da apresentação à sociedade de proposições advindas desta investigação.

O projeto reporta-se ainda ao direito que as comunidades têm de conhecer as origens, causas e processos degenerativos que levam à fluorose dentária, de modo a poderem atuar no sentido preventivo da endemia e, possivelmente, de outras doenças associadas. Em seu conjunto, os resultados alcançados almejam:

- contribuir para o conhecimento da origem da contaminação por flúor da água subterrânea no município de São Francisco e o esclarecimento de sua relação com os casos de fluorose dentária;
- indicar as regiões de maior vulnerabilidade à contaminação, subsidiando os órgãos públicos na adoção de programas específicos de abastecimento de água, nos âmbitos preventivo e de remediação, e na implementação de programas de orientação da população rural e de tratamento dos casos de fluorose dentária diagnosticados;
- contribuir metodológica e conceitualmente para o avanço dos estudos na área de interface da geologia/hidrogeologia com a saúde pública.

## **ABORDAGEM DO PROBLEMA EM SÃO FRANCISCO**

Inserido no polígono da seca da SUDENE, o município de São Francisco apresenta cenários físicos e sociais contrastantes, que desafiam os gestores públicos. Muitas das dificuldades resultam da baixa taxa de precipitação pluvial anual e das características geológicas dos terrenos, que favorecem a infiltração vertical da água e seu escoamento subterrâneo. A conjugação desses fatores torna crítica a disponibilidade hídrica superficial durante muitos meses do ano, em diversas áreas, provocando penúria a uma população já carente de recursos.

Há, porém, no município, importantes mananciais de água subterrânea, muitas vezes, os únicos disponíveis durante todo o ano, já que a maioria dos cursos d'água é de caráter intermitente. A partir do final da década de 1970 foram executados vários poços tubulares principalmente pela Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF) na tentativa de resolver o grave problema de água na região. De maneira geral, os poços começaram a funcionar no ano de 1980, mas, na década seguinte, os odontólogos começaram a perceber o manchamento escuro nos dentes de crianças do distrito de Mocambo. Análises da água de abastecimento do distrito,

realizadas pela FUNASA em 1995, viriam a confirmar os teores elevados de fluoreto e a alertar órgãos públicos sobre a ocorrência de fluorose dentária na região.

Em 2002 e 2003 foi realizada esta pesquisa ora apresentada, visando investigar a origem do fluoreto nas águas subterrâneas e a epidemiologia da fluorose dentária associada, na porção do município situada à margem direita do rio São Francisco.

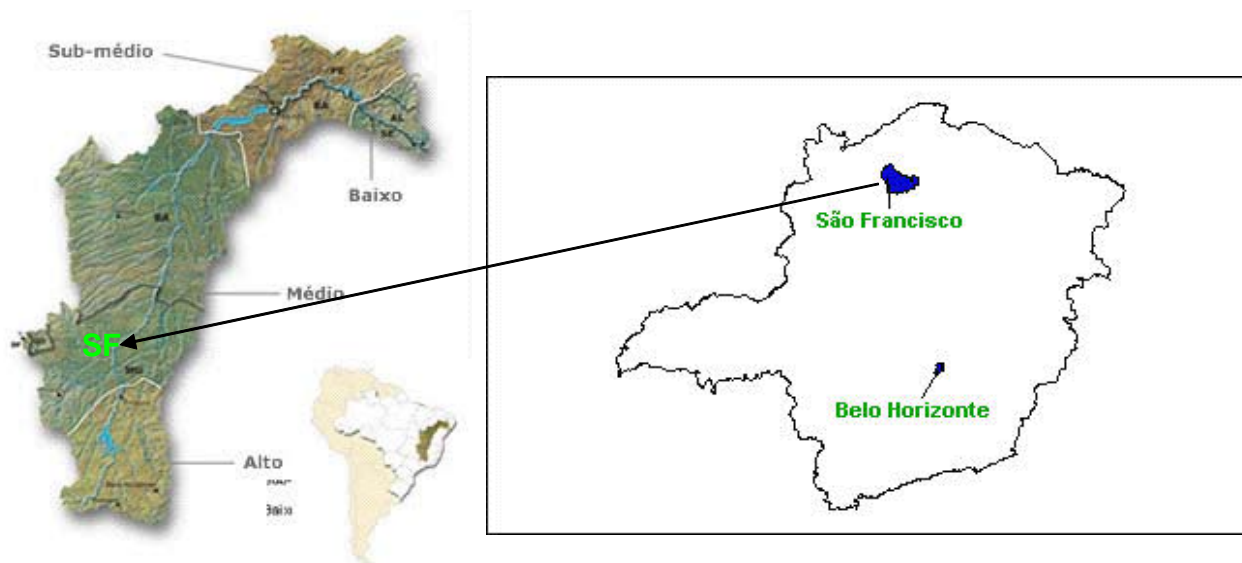
## **LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA**

O município de São Francisco está localizado na macrorregião Norte de Minas Gerais, na média bacia hidrográfica do rio São Francisco (Figuras 1a, 1b), distando 578 km de Belo Horizonte. Seu território de 3.298,44 km<sup>2</sup>, integra a Microrregião Administrativa de Januária e apresenta Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) de 0,68, ocupando o 633º lugar na classificação dos municípios mineiros de 2000, (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2003).

A população de São Francisco soma 52.639 habitantes (IBGE, 2002), sendo 46% residentes na zona rural. A economia municipal baseia-se em atividades agropecuárias, destacando-se a cultura de milho, seguida da cana-de-açúcar, mandioca e feijão. E na pecuária, a criação de galináceos e gado bovino; secundariamente, suínos e eqüinos.

### **Clima**

O clima da região é do tipo tropical semi-úmido, segundo a classificação de Nimer (1979) com temperatura média anual de 24°C, média máxima de 32,3°C e média mínima de 17,7°C (NIMER, 1979, citado em PATRUS et. al., 2001; MINAS GERAIS, 2002). O índice pluviométrico anual médio é de 1132,9 mm com um ciclo básico de precipitação bem definido de verão chuvoso (outubro a março) e inverno seco (abril a setembro). Predominam na região os biomas Cerrado e Caatinga (MINAS GERAIS, 2003).



FONTE: IGA (Instituto de Geociências Aplicada) em 10/05/1999 disponível em: <http://www.almg.gov.br/munmg/m61106>.

**FIGURA 1a.**

Localização do município de São Francisco na bacia hidrográfica do rio São Francisco. Mod.

de: <http://www.cbhsaofrancisco.org.br/>

**FIGURA 1b -** Localização do município de São

Francisco no Estado de Minas Gerais.

## Relevo

O relevo apresenta-se com formas de modelados de dissecação fluvial e de dissolução. As altitudes variam de 455m ( foz do córrego Sucuarana) a 815m (a sul de Morro). Regionalmente, predominam áreas aplainadas e dissecadas, desenvolvidas em sua maior parte sobre os metassedimentos do Grupo Bambuí, com elevações de topo tabular, colinas, elevação com encostas de decline suave e topo convexo, além de planícies aluviais. Patamares extensos e tabulares, situados nas cotas mais elevadas, principalmente na porção sul do município, correspondem às áreas constituídas de arenitos cretácicos.

As feições de relevo cárstico ocorrem nas camadas mais espessas de calcários e dolomitos, sendo de especial importância aquelas condicionadas pelo acamamento e pelos sistemas de fraturas (abatimentos, cavernas e condutos). Desempenham importante papel no desenvolvimento dos aquíferos cársticos, pois permitem a infiltração, circulação e armazenamento da água em profundidade. São observados em superfícies antigos condutos de água e em subsuperfície grutas e cavernas.

## **Geologia/Hidrogeologia**

O município de São Francisco está inserido no compartimento central da Bacia do São Francisco, na área de coberturas neoproterozóicas pouco deformadas da porção centro-sul do cráton do São Francisco – unidade geotectônica neoproterozóica que permaneceu estável em relação às faixas de dobramento brasileiras Araçuaí, Alto Rio Grande, Brasília, Rio Preto, Sergipana e Riacho do Pontal (ALMEIDA, 1977).

O arcabouço geológico desse município é constituído, da base para o topo, pelas seguintes unidades (Figura 2):

- Sequência carbonática e pelítica neoproterozóica do Grupo Bambuí
- Arenitos, folhelhos e siltitos cretácicos do Grupo Areado
- Arenitos cretácicos do Grupo Urucuaia
- Sedimentos elúvio-coluvionares cenozóicos, provavelmente tércio-quaternários
- Sedimentos aluvionares quaternários

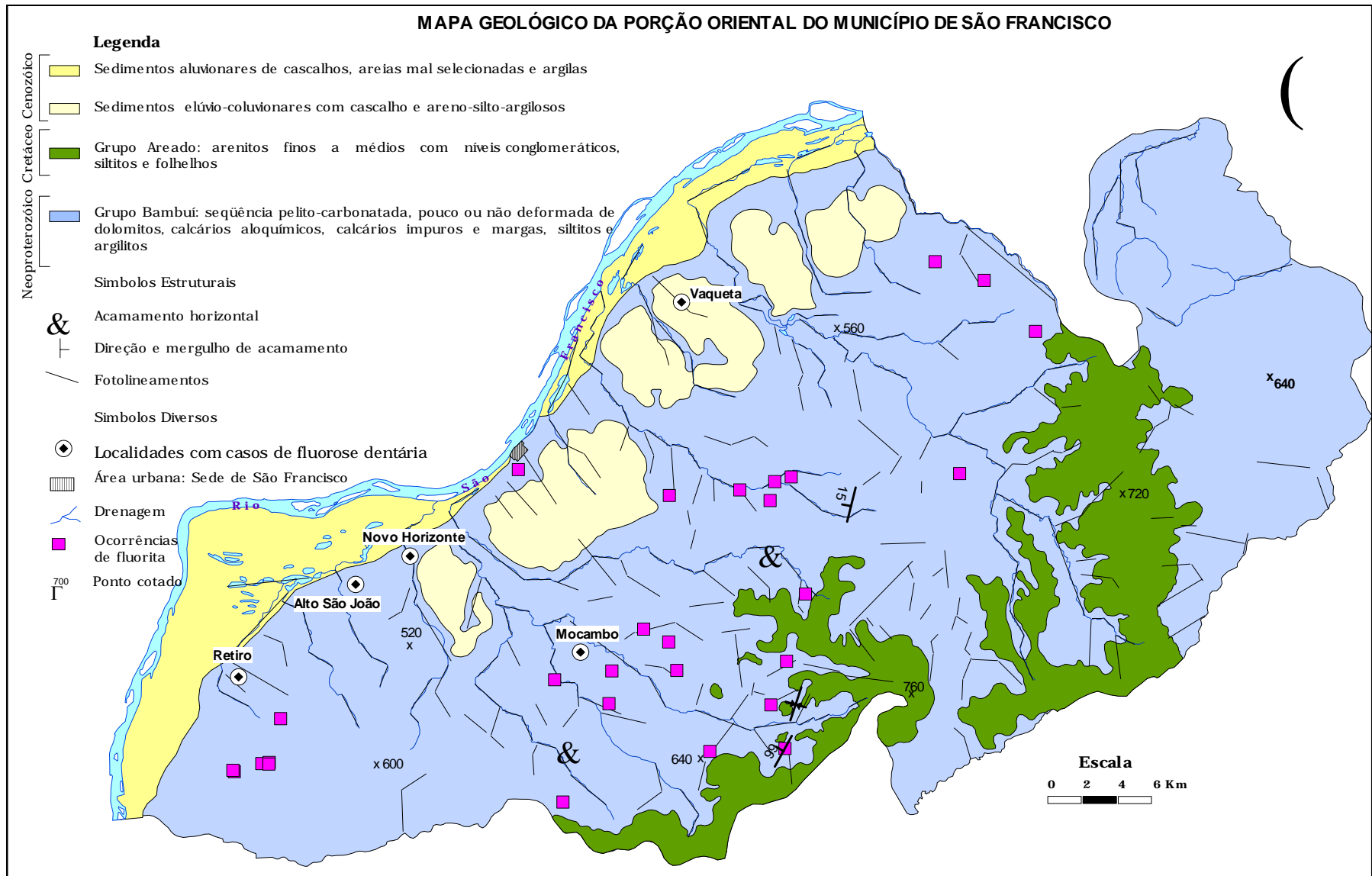
As alternâncias de rochas carbonáticas e pelíticas do Grupo Bambuí, bem como os sedimentos arenosos das coberturas, e os arenitos do Grupo Areado, permitem a definição de dois sistemas hidrogeológicos hidráulicamente conectados: o inferior, cárstico-fissural sobreposto pelo Granular.

O Sistema cárstico-fissural é constituído pela sequência de rochas carbonáticas e pelíticas do Gr. Bambuí (75% da área estudada), dispostas sub-horizontalmente, e com espessura estimada de 170 metros a partir do nível do rio São Francisco. As unidades carbonáticas sofreram um intenso processo de carstificação e fraturamento. Assim, as melhores possibilidades de armazenamento correspondem às zonas de maior incidência de fraturamentos nas unidades carbonáticas e pelíticas e ou às zonas de feições de dissolução cárstica nas unidades carbonáticas.

Em geral, o domínio cárstico-fissural é livre, com profundidade do nível de água de 14m em média, mas os pelitos funcionam localmente como aquícludes engendrando condições de artesianismo nos aquíferos cársticos.

As direções e o gradiente dos fluxos são extremamente complexos nos meios anisotrópicos tais como os fissurais e cárstico-fissurais, os quais, são determinados pelas permeabilidades, que por sua vez estão condicionadas às descontinuidades. Assim, em função das permeabilidades, nos aquíferos pelíticos predominam gradientes hidráulicos com forte componente vertical, enquanto que nos aquíferos cársticos-fissurais predominam as componentes horizontais.

A recarga nos aquíferos cársticos pode se dar de quatro formas: i) através dos arenitos do Grupo Areado, sotoposto ao Grupo Bambuí (porções leste e sudeste) e das coberturas Tércio-quaternárias; ii) por drenança através das unidades pelíticas; iii) diretamente pela infiltração nas áreas de afloramento dos calcários e iv) localmente a partir da infiltração pluviométrica através das dolinas e sumidouros.



FONTE: Fotografias aéreas (USAF, 1969), escala 1: 60.000. Folhas Topográficas São Francisco, Ubaí, São Romão e São João da Ponte (Serviço Geográfico do Exército, 1969), escala 1: 100.000. Junho/2004

**Figura 2** - Mapa geológico da área estudada



As rochas do Grupo Bambuí apresentam-se fraturadas principalmente segundo os sistemas N40°-60°W, N70°-90°W, N0°-10°E e N20°-30°E. Nas fácies calcárias, especialmente nos calcarenitos, as fraturas mostram-se abertas por dissolução, podendo formar canais e cavidades estruturalmente orientados.

As vazões extremamente variáveis, desde poucos m<sup>3</sup>/h alcançando 260 m<sup>3</sup>/h, refletem o elevado grau de anisotropia desse Sistema aquífero e a necessidade de conhecimento geológico para obtenção de sucesso de produção dos poços.

Este sistema aquífero é o principal alvo deste estudo, visto que constitui na mais importante fonte de abastecimento de água para a população vitimada pela endemia de fluorose dentária.

O Sistema aquífero granular é constituído pelas seguintes unidades: sedimentos do Gr. Areado, sobreposto ao Sistema aquífero cárstico-fissural, às Coberturas Tércio-Quaternárias e aos Aluviões/Coluviões recentes. As áreas que margeiam o rio São Francisco correspondem aos principais despositários das aluviões na região. A recarga do Sistema granular ocorre pela precipitação direta.

Além de serem explorados por meio de poços profundos (Fm. Areado) e por poços escavados (coberturas), estes aquíferos possuem a importante função de restituírem os recursos às drenagens que nascem no Sistema granular.

O fluxo subterrâneo regional estaria ocorrendo no sentido do trecho do rio São Francisco situado a oeste da área, o qual corresponde ao nível de base regional. Contudo, fluxos locais certamente ocorrem, nas demais direções constatadas, como é típico de terrenos cársticos.

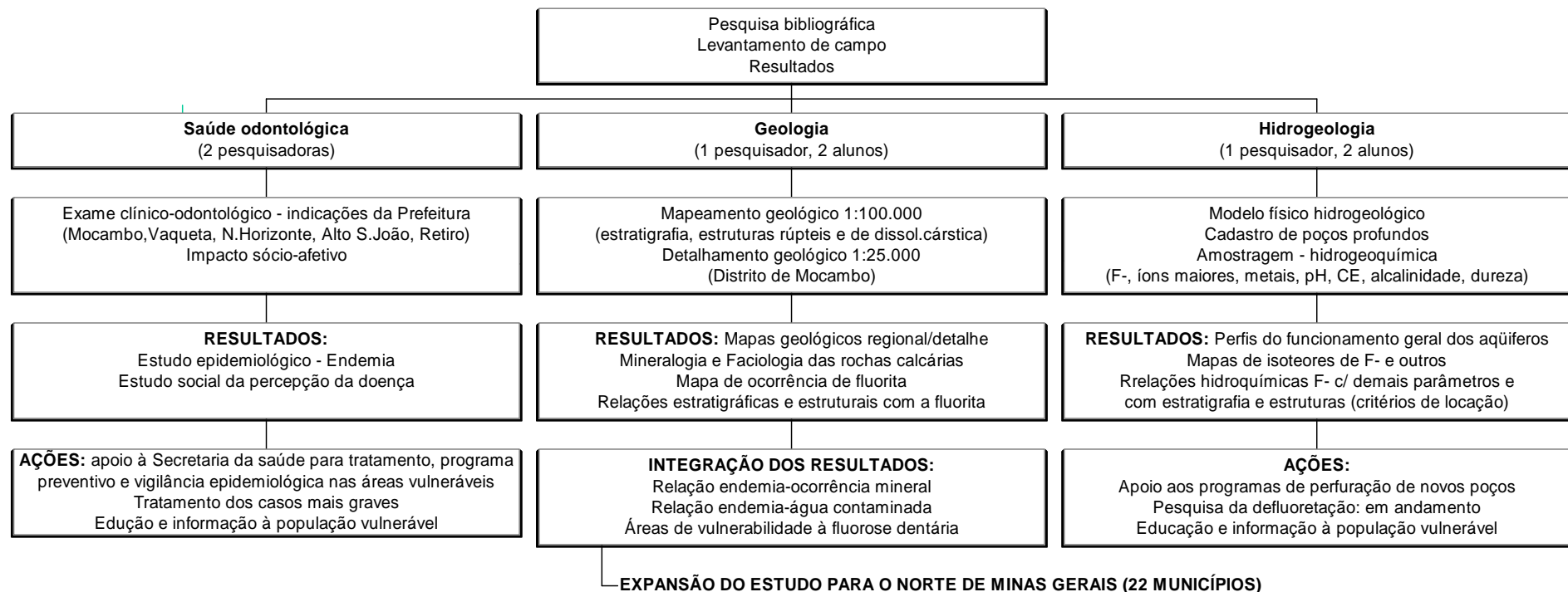
O mapeamento geológico do município de São Francisco identificou a presença do mineral fluorita em cristais macro e microscópicos disseminados em veios de calcita nas rochas calcárias

## **METODOLOGIA DO ESTUDO INTERDISCIPLINAR**

Os métodos de estudo nas várias especificidades científicas envolvidas no projeto foram delineados sob a ótica da multidisciplinaridade inerente do mesmo (Figura 3). Isto é, a pesquisa desenvolveu-se de modo a que, em todas as etapas, os dados e resultados nos campos da geociências e da saúde fossem discutidos em conjunto para a compreensão ampla do problema

Todas as etapas de campo foram realizadas concomitantemente mantendo-se, assim, a unidade da pesquisa e o caráter relacional das áreas de conhecimento, indispensável para se alcançar os objetivos do projeto. De modo particular, os locais selecionados para o estudo epidemiológico foram alvo de um maior detalhamento na investigação geológica hidrogeológica e hidroquímica. Similarmente, o inquérito epidemiológico constou de questões sobre o consumo e origem da água consumida.

## METODOLOGIA DO ESTUDO MULTIDISCIPLINAR



**Figura 3** – Metodologia do estudo interdisciplinar nos campos da Geologia, Hidrogeologia e da saúde odontológica,

Após as interpretações geológicas, hidrogeológicas e epidemiológicas de prevalência da fluorose dentária, os resultados foram integrados e analisados conjuntamente visando à compreensão das questões que surgiram durante a execução dos trabalhos e a um zoneamento da vulnerabilidade de ocorrência de fluorose dentária na área. Os métodos e técnicas específicos de cada grande campo, Geociências e Saúde, são descritas a seguir.

### **Campo da Geociências**

No campo da geociências dois sub-campos foram abordados – o da GEOLOGIA e o da HIDROGEOLOGIA, muito embora o segundo seja, fortemente determinado pelo primeiro. A pesquisa geológica compreendeu o mapeamento geológico, a definição da seqüência estratigráfica, a caracterização petrográfica macro e microscópica, a caracterização das estruturas metamórficas e tectônicas rúpteis das rochas e as feições de dissolução cársticas a elas associadas. Atenção especial foi dada à identificação e caracterização das ocorrências de minerais fluoríticos.

O mapeamento geológico regional foi realizado na escala 1:250.000 em toda a porção do município situado na margem direita do rio São Francisco, totalizando 1831km<sup>2</sup>. Seguiu-se um mapeamento na escala 1:60.000 em uma área chave (sub-bacia riacho do Mocambo), segundo os critérios: i) representatividade das unidades regionais; ii) ocorrências de fluorita; e iii) elevada prevalência de fluorose dentária na população examinada pelos odontólogos da equipe.

Procedeu-se ainda à realização de mapeamento geológico em duas áreas de 36 Km<sup>2</sup> cada uma, na escala 1:25.000, dentro da sub-bacia de Mocambo, visando a obter-se uma maior compreensão da seqüência estratigráfica da área e uma elucidação do controle litológico/estratigráfico das ocorrências de fluorita e da circulação das águas subterrâneas, permitindo apontar um modelo físico dos sistemas dos aquíferos da região.

A análise estrutural baseou-se no conjunto dos dados de toda a área de trabalho abrangida pela pesquisa para assim constituir um maior número de dados, estatisticamente mais confiáveis. Isso foi possível devido à relativa homogeneidade estrutural que se apresenta na área.

O estudo hidrogeológico compreendeu a caracterização física dos aquíferos, o modelo hidrodinâmico de funcionamento dos mesmos, as características da recarga e circulação da água subterrânea e o estudo hidroquímico. A caracterização física dos aquíferos foi realizada a partir da definição das seqüências litoestratigráficas, da relação hidráulica com as unidades imediatamente adjacentes, dos tipos de porosidade, e características hidroquímicas.

As atividades iniciais compreenderam o reconhecimento geológico e o levantamento dos dados de poços tubulares perfurados no município de São Francisco. junto à COPASA-MG (Companhia de Saneamento de Minas Gerais) e CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento de Vale do São Francisco) em Montes Claros. A partir desse cadastro, procedeu-se à amostragem e

análises hidroquímicas, visando: i) a caracterização hidrogeoquímica propriamente dita, sobretudo com relação ao flúor; ii) a verificação das associações entre o flúor e os demais parâmetros hidroquímicos; iii) a definição do *Background* do fluoreto.

Algumas análises foram realizadas em campo e outras foram submetidas a laboratório. Todos os procedimentos de coleta, preservação e análises da água foram realizados segundo o STANDARD METHODS for the Examination of water and wastewater, 20<sup>th</sup> (1998). Os parâmetros mais importantes analisados foram: pH, CE, T, STD, alcalinidade (total, bicarbonato, carbonatos e hidróxidos), Dureza total, íons maiores, F<sup>-</sup>, e Pb, Zn, Ba, Fe totais

As análises estatísticas foram realizadas no programa computacional SSPS - Statistical Package for the Social Science – SPSS e os mapas de isovalores foram elaborados no programa computacional Surfer32.

## **Campo da saúde**

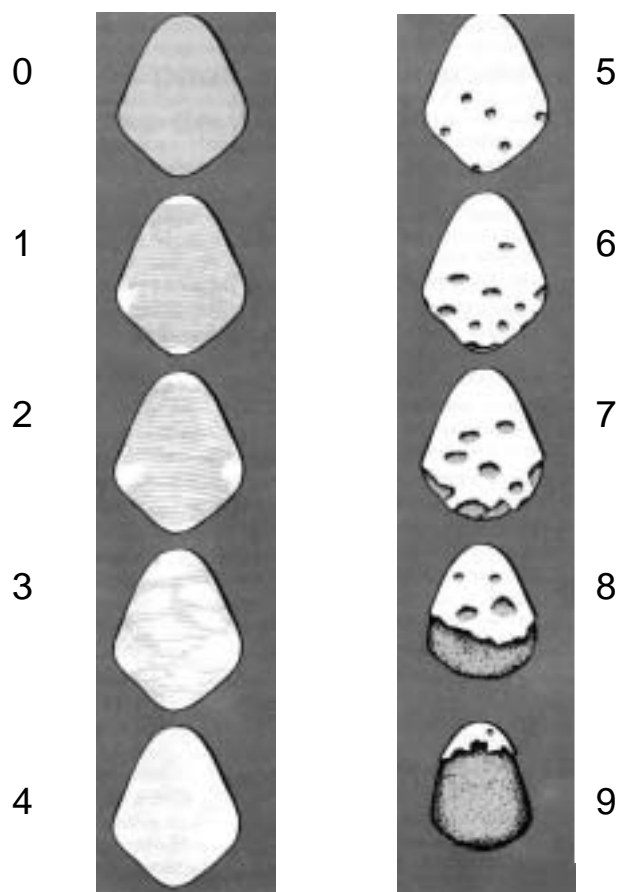
**Estudos epidemiológicos** - Foram selecionados cinco distritos da zona rural para os exames clínicos odontológicos, dos quais a prefeitura tinha conhecimento prévio da manifestação da doença: Mocambo, Vaqueta, Alto São João, Novo Horizonte e Retiro.

Os exames clínicos foram realizados em 288 indivíduos de 6 a 22 anos de idade que compareceram voluntariamente, aos locais determinados. A coleta de dados foi realizada após autorização da Prefeitura Municipal, depois de enviadas informações por escrito aos pais e responsáveis dos alunos a serem examinados, juntamente com o consentimento pós-informado.

A amostra compreendeu segmentos da população de acordo com a idade. O cálculo amostral foi feito para estimativas de proporções, tomando como base a prevalência de crianças livres de cárie e a prevalência aceitável de fluorose (SNEDECOR e COCHRAN,1989; DAWSON-SAUNDERS e TRAPP, 1994).

O exame dentário foi realizado por um único examinador, sob luz natural, com ajuda de afastadores descartáveis e gaze esterilizada. Previamente foi feita uma escovação com dentifrício. Incluiu-se um inquérito sobre dados de escovação com dentifrício e outros métodos de aplicação de flúor, informações sobre a residência no local desde o nascimento e procedência da água consumida.

Para a fluorose, foi utilizado o índice TF (FEJERSKOV et. al., 1994), que apresenta um classificação de 0 a 9, de acordo com o aspecto clínico da manifestação fluorótica, considerando-se a superfície vestibular (Figura 4). Para a análise os dentes foram classificados em 4 grupos: F1-fluorose aceitável (TF 0 a 2); F2-comprometimento estético (TF 3 e 4); F3-com perda de estrutura (TF 5 e 6); F4-com grande destruição (TF 8 e 9). O banco de dados foi desenvolvido no programa EPI INFO, da Organização Mundial de Saúde.



(FONTE: FEJERSKOV et. al., 1994)

**Figura 4** - Ilustração esquemática das características clínicas da fluorose dentária

A metodologia empregada neste estudo foi a de pesquisa qualitativa através de entrevistas abertas, semi-estruturadas e a produção de resultados pela análise de conteúdo baseada em BARDIN (1977).

A amostra foi constituída de 17 jovens de 12 a 22 anos que apresentavam manchamento de fluorose de graus que variavam de 1 a 9 pelo Índice TF. Para a participação nos exames e nos depoimentos, o responsável pelo adolescente era contactado e após a leitura do consentimento livre, a entrevista era iniciada. A coleta de dados foi realizada mediante entrevistas semi-estruturadas com roteiros, no caso dos adolescentes, divididos nas seguintes unidades de contexto: Saúde bucal, percepção da fluorose e expectativas.

O trabalho de análise de conteúdo seguiu as seguintes etapas: transcrição das fitas cassete pelo entrevistador, leitura compreensiva do conjunto do material, elaboração dos pressupostos iniciais, determinação dos conceitos teóricos que orientaram a análise, organização do material de acordo com as unidades de contexto, elaboração de categorias, análise dos diferentes núcleos de sentido

presentes nas diferentes classes do esquema de classificação com a finalidade de buscar temáticas mais amplas, redação e elaboração da síntese.

## RESULTADOS

- O estudo hidrogeológico de 78 poços tubulares resultou uma variação de fluoreto de zero a 3,9mg/L e background de 0,45mg/L. Em 16,7% as concentrações superam o limite de potabilidade local (0,8mg/L).
- Estudo epidemiológico realizado em quatro distritos, com exames clínicos da população de 6-22 anos, resultou em índice de prevalência de fluorose de 90%, com 30% dos dentes em estágio severo de agravo (Figura 5). Nas quatro localidades a água consumida provém do aquífero carbonático, com concentrações de flúor superiores a 1,18mg/L.



**Figura 5** - Fluorose dentária em criança. em Mocambo – TF: 7 (Foto: E.F Ferreira, 2002)

- O estudo epidemiológico da fluorose dentária comprovou haver um quadro endêmico preocupante no município de São Francisco, consistindo num grave problema de saúde pública para este município. As lesões de fluorose são um grande embaraço para os jovens acometidos e sua origem ainda é desconhecida para os entrevistados.
- Anomalias de fluoreto em águas subterrâneas nas localidades endêmicas epidemiologicamente estudadas apontam ser esta a principal fonte de ingestão de flúor e causa principal da endemia de fluorose dentária.
- A fluorita é o principal mineral fonte de contaminação das águas subterrâneas na região, identificado macroscopicamente e por microscopia óptica convencional, com ocorrência sob a

forma de cristais sub-centimétricos principalmente nos veios calcíticos dos calcarenitos do Grupo Bambuí.

- As concentrações de fluoreto nas águas subterrâneas atingem um máximo de 3,9mg/L e apresentam forte associação com as estruturas rúpteis, estratigrafia e com os parâmetros hidráulicos dos poços. Estes resultados permitem a adoção de critérios técnicos para a locação de novos poços tubulares em terrenos de menor vulnerabilidade à contaminação por flúor, citando-se como principais:

i) Profundidades de entradas d'água dos poços em cotas inferiores a 600m;

ii) Lineamento preferencial: N70°-90° E

- Foram observadas nove (9) outras localidades cujas águas de abastecimento por meio de poços mais novos encontram-se contaminadas com relação ao fluoreto. Este é um dado preocupante pois nenhuma medida vem sendo tomada para prevenir a população atualmente exposta (Figura 6).

## **CONCLUSÃO**

A metodologia interdisciplinar aplicada nessa pesquisa foi fundamental para se atingir os objetivos propostos, visto que as informações nas áreas da saúde e da geologia/hidrogeologia se complementam em estudos relacionados ao campo da Geologia Médica.

Ações que proporcionem a correção dos teores de fluoretos dos poços tubulares e ações odontológicas que possibilitem a saúde bucal, incluindo ações informativas sobre a origem das lesões, deverão ser empreendidas para a completa promoção de saúde dos moradores afetados pela fluorose dentária.

## **IMPACTOS SOCIAIS E CIENTÍFICOS DA PESQUISA**

Os principais impactos sociais proporcionados pela pesquisa foram:

- A articulação com a liderança política direta do município trouxe ganhos positivos no sentido de esclarecer aos líderes as soluções realísticas e técnicas para enfrentamento do problema no campo preventivo e corretivo, nas áreas da saúde bucal e hidrogeologia.
- Durante a fase de campo dos trabalhos geológicos, hidrogeológicos e exames dentários, foram dados esclarecimentos à população sobre a doença e suas causas, desmistificando os "mitos" já criados pela população a respeito da doença. Esta constitui e deverá se constituir no futuro numa importante fase preparatória das comunidades, para se obter sucesso nas ações de combate à endemia.

- As ações imediatas são a restauração dos dentes em estágio mais severo de agravo na população examinada. Este trabalho está previsto para ser executado no âmbito dos programas de extensão da UFMG, com participação de professores e alunos do internato rural da Faculdade de Odontologia.
- A outra ação, também de caráter imediato é a pesquisa de um processo de remoção do excesso de fluoreto da água, a qual encontra-se já em andamento.

## AGRADECIMENTOS

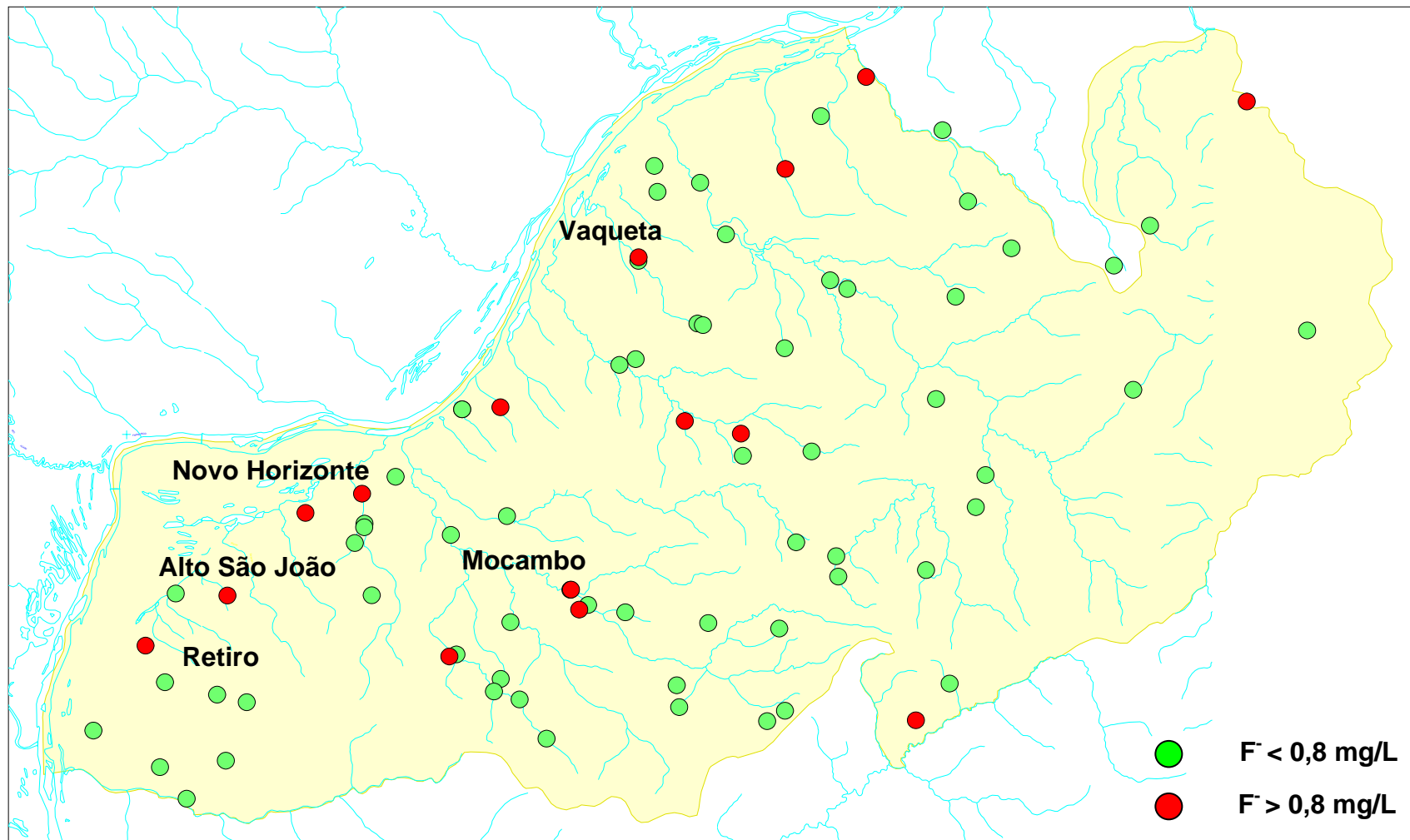
Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais - FAPEMIG, órgão financiador do projeto (Processo CRA 294/99), Instituto de Geociências da UFMG, À Fundação Nacional de Saúde Coordenação Minas Gerais - FUNASA, à Prefeitura Municipal de São Francisco, à Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA MG, à Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco –CODEVASF, e à população de São Francisco pela autorização dos exames clínicos odontológicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALMEIDA, F.F. M. DE. *O Cráton do São Francisco*. Revista Brasileira de Geociências, v.7 (4), p.349-364, 1977.
- [2] BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977, 228p.
- [3] BRASIL. *Controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de qualidade*. Ministério da Saúde. Portaria 1469. 29 de dezembro de 2000.
- [4] CARDOSO, L.M; MORITA, M.C.; ALVES, J.C.; LICHT, O.A.B. *Anomalia hidrogeoquímica e ocorrência de fluorose dentária em Itamaracá - PR*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 7, 2001, Curitiba. *Anais...* Curitiba, 2001. p. 34.
- [5] DAWSON-SAUNDERS, B. e TRAPP, R. G. *Basic and clinical bioestatistics*. Norwalk: Appleton e Lange, 1994, 344p.
- [6] DISSANAYAKE, C. B. (1996) – Water quality and dental health in the Dry Zone of Sri Lanka. In: Environmental Geochemistry and Health. Special Publ. Geological Society. London. Ed. J.D. Appleton, R. Fuge and G.J.H. McCall. 113:131-140.
- [7] FEJERSKOV, O. *Fluorose dentária: um manual para profissionais de saúde*. São Paulo: Ed. Santos, 1994.
- [8] FELIPE, R.S. *Mapeamento geológico e avaliação das anomalias de flúor e ouro: Relatório de etapa*. Curitiba: MINEROPAR, 1986. 25p. (Relatório interno).



- [9] FRAGA, C.G.; LISBOA, A. A. *A origem do flúor nas águas subterrâneas da Bacia do Paraná, Análise Introdutória*. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 6, 1990, São Paulo. *Anais...* São Paulo: ABAS, 1990. p. 98-106.
- [10] FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE [on line]. [2003]. Disponível na Internet: <http://www.ibge.gov.br>.
- [11] FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. *Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) 1991 - 2000 [online]*. Microsoft Excel-sites-91-00. Belo Horizonte. [citado 13 maio 2003]. Disponível na Internet: <http://www.fjp.gov.br>.
- [12] LAHERMO, P.; SANDSTRÖM, H.; MALISA, E. *The occurrence and the geochemistry of fluorides in natural waters in Finland and East Africa, with references to their geommedical implications*. Jour. Geoch. Exploration, 41, p. 65-79, 1991.
- [13] LICHT, O.A.B.; MORITA, M.C.; TARVAINEN, T. *A utilização de dados de prospecção geoquímica de flúor, no Primeiro Planalto Paranaense, na identificação de áreas de interesse para a saúde pública - uma abordagem preliminar*. Geochimica Brasiliensis, v. 10 (1), p. 57-69, 1996.
- [14] MINAS GERAIS. Assembléia Legislativa. [on line]. Belo Horizonte [2002]. Disponível na Internet: <http://www.almg.gov.br/munmg/m61106.asp>.
- [15] MINAS GERAIS. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD [on line]. Belo Horizonte [2003]. Disponível na Internet: <http://www.infostrata.com.br/semad/>.
- [16] NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422p. (Série Recursos Naturais e Meio Ambiente. Citado em PATRUS, M.L.R.A et al. *Parcela mineira da bacia do rio São Francisco: caracterização hidroclimática e avaliação dos recursos hídricos de superfície*. In: PINTO, C.P e NETO, M.AM. (Ed). *Bacia do São Francisco: geologia e recursos naturais*. Belo Horizonte: SBG-MG, 2001. p. 285-326.
- [17] PATRUS, M.L.R.A; SANTOS, A.C.S dos; FIGUEIREDO, V.L.S.; MATOS, A.R. e MENEZES, I.C.R. *Parcela mineira da bacia do rio São Francisco: caracterização hidroclimática e avaliação dos recursos hídricos de superfície*. In: PINTO, C.P e NETO, M.AM. (Ed). *Bacia do São Francisco: geologia e recursos naturais*. Belo Horizonte: SBG-MG, 2001. p. 285-326.
- [18] SNEDECOR, G.W. e COCHRAN, W.G. *Statistical methods*. 8ª Ames Yowa University, UNIVERSITY, 1989; 503p.
- [19] WILLIAMSON, M.M. *Endemic dental fluorosis in Kenya*. East African Medical Journal, 30(4), p. 217-233, 1953.



**Figura 6** - Distribuição do fluoreto em poços profundos segundo o limite máximo para a área, pela Portaria MS 1469/00