

Investigação da ocorrência de fluorose associada ao consumo de água subterrânea na região Nordeste do Estado de Goiás utilizando Sistema de Informações Geográficas

Sabrina de Morais Guimarães

Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás - CEFET/GO
Rua 75, nº 46, Centro - 74055-110 - Goiânia - GO, Brasil
sabinamguimaraes@yahoo.com.br

Abstract. In the northeast region of the state of Goiás there are rocks of the Bambuí Group, mostly limestones with fluorite occurrences, that in contact with water can be the cause of high indexes of fluoride, it is possible that the population of this area develops fluorosis, irreversible disease related to the ingestion of great amounts of fluoride. This work has the objective of explaining to the society the real situation of the Northeast area of Goiás regarding the public provisioning of underground water using geographical information system.

Palavras-chave: fluorosis, geographical information system, geology, fluorose, sistema de informações geográficas, geologia.

1. Introdução

A fluorose dentária (deformação no esmalte dentário) é uma doença que está diretamente relacionada com a elevada ingestão de flúor pelo ser humano durante a fase de formação dos dentes (de 0 a 5 anos de idade). É marcada por manchas na forma de linhas brancas que cruzam os dentes à erosões que prejudicam a estética de forma irreversível, podendo ainda, causar dor, atrapalhar a mastigação e propiciar um ambiente para a proliferação da cárie. O indivíduo pode chegar a ter perda de dentes e, até mesmo, anomalias no desenvolvimento dos ossos (fluorose esquelética).

Verifica-se assim a importância da utilização do flúor de forma correta, teores de até 1,5 mg/l geram benefícios para a saúde humana por aumentar a resistência da matriz mineral dos dentes e dos ossos evitando o enfraquecimento destes. Se ingerido em quantidades superiores torna-se extremamente prejudicial à saúde.

Constatando que a região Nordeste do Estado de Goiás apresenta características propícias para ocorrência de elevados teores de flúor em águas subterrâneas, surgiu a necessidade de investigar esta possibilidade através da utilização de um Sistema de Informações Geográficas, ferramenta ideal para realização deste trabalho que relacionou informações geológicas, tais como tipos de rochas, minerais e água subterrânea com dados sobre o perfil socioeconômico da região.

Basicamente o trabalho cruzou informações geológicas e análises químicas da água subterrânea coletadas em poços pré-determinados, utilizada para o abastecimento da população sem prévio tratamento, relacionando ainda com a ocorrência de casos de fluorose.

2. Área de estudo e suas características

A área estudada localiza-se no Nordeste do Estado de Goiás, abrangendo os municípios de Campos Belos, Divinópolis de Goiás, Iaciara, Monte Alegre de Goiás e Posse. É limitada ao Norte com o Estado de Tocantins e a Leste pelo Estado da Bahia **Figura 01**.

Apresenta rochas da unidade geológica denominada de Grupo Bambuí, amplamente distribuída em uma faixa de direção Norte-Sul, no Nordeste do estado, estendendo-se de forma contínua para os estados do Tocantins e Minas Gerais com a presença do mineral fluorita, Lacerda Filho (1999).

Com relação aos tipos de solo da região, ocorrem, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – Embrapa, os solos: Argissolos, Cambissolos, Gleissolos, Neossolos, Nitossolos e Plintossolos.

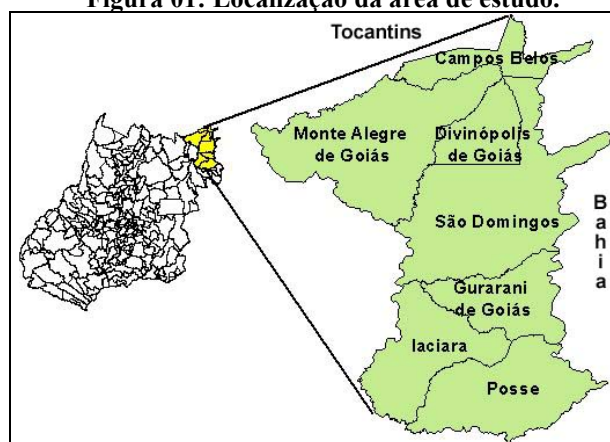
A região Nordeste do estado apresenta os três tipos de aquífero: poroso, fissural e o fissuro-cárstico. Pode-se verificar que os poços estudados ocorrem em aquíferos dos tipos fissural e fissuro-cárstico.

Devido à média anual da precipitação pluvial variar de 1.200 a 1.600 mm/ano, Silva (2004), a região possui limitada disponibilidade de mananciais hídricos superficiais, com deficiência no abastecimento público de água. Verifica-se que os municípios estudados apresentam o Índice de Desenvolvimento Humano - IDH **Tabela 01** abaixo da média do Estado de Goiás, num total de 246 municípios. Sendo que outro aspecto importante, é que a população residente na zona rural utiliza como principal fonte de abastecimento a água subterrânea de poços tubulares profundos.

Tabela 01: Relação do IDH do Estado de Goiás com o dos municípios estudados. Fonte: IBGE (2000).

	IDH /2000	Posição no estado
Estado de Goiás	0,777	-
Campos Belos	0,708	201
Divinópolis de Goiás	0,675	224
Iaciara	0,704	206
Monte Alegre de Goiás	0,626	240
Posse	0,711	194

Figura 01: Localização da área de estudo.



3. Objetivo

O presente trabalho visa apresentar à sociedade uma investigação sobre a possibilidade da ocorrência de fluorose relacionada ao consumo de água subterrânea no Nordeste do Estado de Goiás.

4. Relação mineral fluorita com a fluorose

Conforme as circunstâncias e quantidades os componentes metálicos ou minerais na água podem ser extremamente prejudiciais à saúde dos seres humanos, causando danos a comunidades inteiras.

Nas formações rochosas do Grupo Bambuí observa-se a presença de mineralização de fluorita, sendo encontradas concentrações maiores de flúor nas águas subterrâneas que nas superficiais.

O fluoreto é o décimo terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre. Os principais minerais primários de flúor são a fluorita, a criolita e a apatita. Dentre esses a fluorita é a principal fonte de obtenção do flúor, freqüentemente ocorrendo em concentrações entre 0,1 e 1,5 mg/l e, raramente, alcançando teores de 50 mg/l em águas muito sódicas com pouco cálcio. Em regiões áridas, os fluoretos podem aparecer com quantidades elevadas.

O flúor é essencial para a saúde humana, principalmente para a boa preservação de ossos e dentes sendo que concentrações de até 1,5 mg/l ajuda na prevenção de cáries dentárias em indivíduos na fase de crescimento. Quando ingerido em excesso provoca uma série de sintomatologias classificadas como fluorose dental, que torna os dentes manchados e frágeis, e a fluorose do esqueleto causador de dores nas costas, no pescoço e até deformações permanentes dos ossos como a calcificação dos ligamentos e a hiper-densidade óssea que geram invalidez, sendo que doses excessivas levam à morte. O flúor é ainda um elemento muito tóxico para vegetais. Por outro lado, a deficiência de flúor aumenta a vulnerabilidade dos dentes a carie.

A relação entre a concentração de flúor na água e problemas sanitários são apresentados a seguir.

Tabela 02: Efeitos do flúor dissolvido em água, sobre a saúde humana. Fonte: Cortecci.

Concentração em mg/l	Efeitos sobre a saúde
0,0	Limitações do crescimento
0,0 – 0,5	Não evita cárie dental
0,5 – 1,5	Evita enfraquecimento dos dentes, com feitos benéficos sobre a saúde
1,5 – 4,0	Fluorose dental (manchas nos dentes)
4,0 – 10,0	Fluorose dental e Fluorose esquelética (dores nas costas e ossos do pescoço)
>10,0	Fluorose deformante

A concentração de flúor ideal na água é de 1 mg/l em regiões de clima frio. Em locais mais quentes onde o consumo de água é maior costuma-se aplicar 0,7 mg/l na água.

O problema da fluorose pode ocorrer em regiões onde a água já apresenta alto índice de flúor dissolvido, em razão de fatores naturais da região, e que o abastecimento seja feito por poços, onde a água captada rica em flúor não passa por nenhum tipo tratamento devido à falta de infra-estrutura do local.

As águas superficiais e subterrâneas representam o mais importante meio de conexão entre a geoquímica das rochas, o solo e a fisiologia humana. A distribuição dos elementos traços em águas subterrâneas é de grande importância nos países em desenvolvimento, onde os habitantes estão em contato e se servindo diretamente das águas e alimentos disponíveis na natureza. Dessa forma, o estudo da migração dos elementos traços interessa muito mais às populações das zonas tropicais e subtropicais que às populações dos países desenvolvidos, a maioria em regiões de clima moderado, que têm acesso a alimentos e água tratada, mesmo que transportados por distâncias consideráveis, além de dispor de dietas alimentares bem variáveis, que evitam doenças geoquímicas. Em suma, o conhecimento da distribuição areal e dos mecanismos de migração dos elementos químicos, especialmente em áreas tropicais, são fundamentais para as pesquisas médicas e epidemiológicas.

Conforme P.A. Paracelso (apud Cortecci): “Todas as coisas são venenosas e nada é venenoso; é só uma questão de dosagem”.

Sabendo que a contaminação de fontes de água potável por flúor é um problema de saúde pública é fundamental que se exerça o papel social da pesquisa para geração do conhecimento científico com o objetivo de trazer benefícios e melhorias na qualidade de vida da sociedade.

5. Materiais

Para elaboração deste trabalho utilizou-se o seguinte material:

- Base Cartográfica - escala 1:250.000, obtida por vetorização e digitalização a partir das 34 cartas do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), convertidos para o sistema de coordenadas geográficas lat/long, Datum Horizontal - Sul Americano 1969, SAD-69.
- Mapa Geológico do Estado de Goiás e Distrito Federal que reúne informações geológicas, geoquímicas e de recursos minerais distribuídos em 34 folhas segundo o Corte Cartográfico 1:250.000;
- SIG Infra-estrutura e sócio-economia - agrupa dados sobre o perfil sócio-econômico da população de Goiás obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE no último Censo Demográfico - 2000, indicadores de desenvolvimento social (Cálculo do IDHM) do Novo Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil - IPEA/Fundação João Pinheiro/PNUD e informações coletadas junto a diversos órgãos do Estado de Goiás e sistematizados pela Secretaria de Indústria e Comércio / Superintendência de Geologia e Mineração.
- SIG Recursos Hídricos – dentre ampla gama de informações relativa aos recursos hídricos pertinentes ao Estado de Goiás utilizou-se neste trabalho a rede de drenagem (1:250.000) com toponímia e classificação dos cursos d'água de domínio federal ou estadual, poços cadastrados pela CPRM e SGM/SIC - Gerência de Geologia e classificação das unidades geológicas em aquífero fissural, fissuro-cárstico ou poroso;
- O *software ArcView 3.2* para gerenciamento do SIG, desenvolvido pela ESRI - *Environmental Systems Research Institute*, onde utilizou-se extensões, programas que ampliam as ferramentas de análise espacial para atender novas necessidades ou otimizar algumas funções que fazem parte do pacote do *software* e outras que podem ser adquiridas no *site* www.esri.com.
- GPS – Garmin 12 XL - Utilizou-se o formato UTM para a coleta das coordenadas dos poços facilitando a orientação no trabalho de campo e posteriormente foram transformadas para Lat/Long (geográficas) integrando estas informações ao SIG.

Os dados e informações referentes ao Estado de Goiás são disponibilizados pela Superintendência de Geologia e Mineração da Secretaria de Indústria e Comércio, através do Programa SIG-GOÍAS desenvolvido pela Gerência de Geoinformação e Laboratório de Geoprocessamento ou ainda na internet através do portal www.sieg.go.gov.br.

6. Método

6.1. Organização da Base de Dados Geográficos

Utilizando o *software ArcView 3.2* foi estruturada uma base de dados geográficos para viabilizar a identificação dos municípios com maior potencial de ocorrência de fluorose partindo-se da localização da área de rochas do Grupo Bambuí.

Adotaram-se os seguintes critérios para escolha dos municípios de interesse para desenvolvimento deste trabalho:

Inicialmente para identificar áreas de ocorrência de rochas do Grupo Bambuí utilizou-se a *shapefile* Geologia, do Mapa Geológico do Estado de Goiás e do Distrito Federal, realizou-se uma pesquisa no *ArcView 3.2* utilizando a ferramenta *Query Builder*, para localizar as ocorrências do Grupo Bambuí, uma vez selecionados estes valores foram posteriormente convertidos em uma nova *shapefile* denominada Grupo Bambuí, que entre os elementos geológicos considerados é o de maior importância para este estudo.

O tema Grupo Bambuí foi relacionado com o tema poços, cuja abrangência em todo o estado, atinge o total de 4.012 poços cadastrados pela SGM/SIC, para selecionar somente os

poços pertencentes à área de ocorrência desta unidade geológica. Utilizamos o método *Intersect* e na lista de temas selecionamos o tema grupo bambuí, deste modo foram selecionados os poços localizados na área de ocorrência do Grupo Bambuí, criando-se uma nova *shapefile* que passou a conter um total de 257 poços.

O tema municípios foi relacionado com o tema Grupo Bambuí para identificar quais os municípios goianos possuem rochas relativas a este grupo; a região de abrangência do Grupo Bambuí em Goiás engloba desde o município de Campos Belos (Região Norte Goiano) até uma pequena parte do município de Ipameri (Região Sul Goiano), num total de 24 municípios.

Foi adicionado à vista (*view*) também o tema localidades para identificação e localização das cidades, vilas, povoados pertencentes aos municípios de interesse.

A seguir, foi gerada uma área de influência para a identificação dos poços que deveriam receber maior atenção, com raio igual 20 km, a partir do ponto de ocorrência da mineralização de fluorita, no tema recursos minerais através da função de criação de *buffer*.

Para selecionar somente os poços que estão dentro do raio de 20 km a partir da ocorrência de fluorita, ativamos o tema poços e utilizando a ferramenta *Select By Theme* selecionando-se o tema *Buffer* criado na etapa anterior a partir das ocorrências de fluorita. Os poços selecionados foram convertidos em uma nova *shapefile* diminuindo a quantidade de poços a serem estudados que de 257 para 79 poços para posterior escolha de quais seriam submetidos à análise química.

Em seguida foram relacionados os temas municípios e poços, obtidos anteriormente, através da ferramenta *Select By Theme* opção *Intersect* e criou-se um novo *shapefile* com os municípios selecionados obtendo-se a relação dos municípios a serem pesquisados neste trabalho (municípios que continham os poços selecionados). Foram eles: Campos Belos, Divinópolis de Goiás, Monte Alegre de Goiás, São Domingos, Guarani de Goiás, Iaciara e Posse.

Através da extensão *Geoprocessing* do *ArcView 3.2*, que realiza análises espaciais, utilizou-se a ferramenta *Clip* que corta um tema de ponto, linha ou polígono baseado em um tema de polígono, seccionando os temas Grupo Bambuí, recursos minerais e localidades pela *shapefile* municípios obtida na etapa anterior, de modo a restringir-se as informações desejada apenas para os municípios de interesse onde se irá a campo para a coleta de amostras.

Nestes municípios foram escolhidos 20 poços (05 poços em Campos Belos, 09 poços em Divinópolis de Goiás, 01 poço em Iaciara, 01 poço em Monte Alegre de Goiás e 04 poços em Posse) dentre os pertencentes à área de influência da fluorita (*buffer* de 20 km) e em regiões de ocorrência de rochas do Grupo Bambuí, criando uma nova *shapefile* denominada *poços_coleta*, objetivando a coletada de amostras de água durante as atividades de campo para as análises de quantidade de flúor na água.

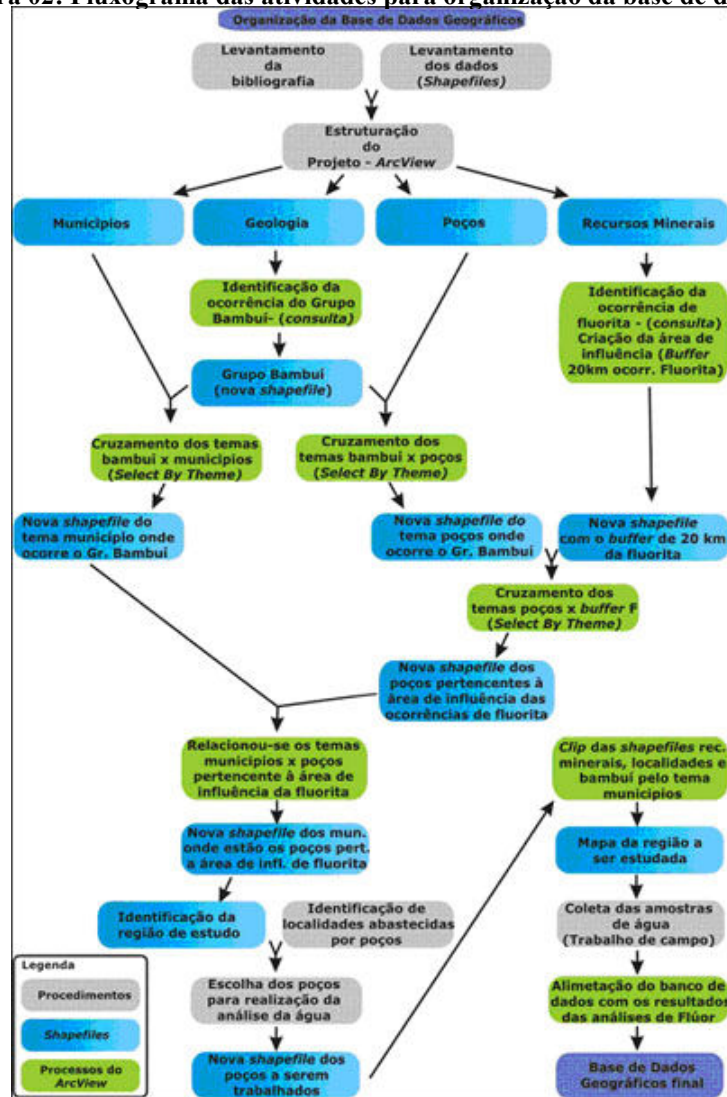
Definidos os poços que iriam ser estudados, realizou-se o trabalho de campo, descrito detalhadamente a seguir, onde foram coletadas amostras de água para realização de análise química em laboratório.

Após obter os resultados do laboratório, a tabela do tema *poços_coleta* foi alimentada, no *ArcView 3.2* adicionando colunas para especificar informações adicionais, como a coluna para armazenar os teores de fluoretos presente na água coletada dos poços selecionados, denominada “fluoretos” e a coluna “Data_col” para especificar a data que realizou-se a coleta da amostra que foi obtida no aparelho *GPS*, entre outras.

Foram ainda eliminados 02 poços pertencentes ao município de Campos Belos, onde não foi possível realizar a coleta de água no trabalho de campo.

Finalizando assim a estruturação do banco de dados onde foram realizadas as consultas para analisar as informações levantadas.

Figura 02: Fluxograma das atividades para organização da base de dados.



7. Trabalho de Campo

Foram coletadas 18 amostras de água subterrânea em localidades pertencentes à região de estudo, seguindo os critérios:

- Captura da coordenada geográfica, para simples conferência, com a utilização de Sistema de Posicionamento Global (GPS) na localização dos poços, para conferência;
- Coleta de amostras de água subterrânea diretamente dos poços em frascos de polietileno;
- Cada amostra contendo a quantidade de 100 ml;
- As amostras receberam uma numeração de acordo com a ordem de coleta que foi relacionada com os poços específicos para serem ordenadas no laboratório;
- Acondicionamento das amostras em recipiente refrigerado com gelo;
- Tempo limite de sete dias a partir do momento em que foi coletada até o momento da análise em laboratório.

Contatou-se profissionais de saúde para verificar a ocorrência de fluorose na região em estudo, durante as entrevistas foram obtidas diversas informações pertinentes. No município de Iaciara, os odontólogos relataram nunca terem detectado fluorose em seus pacientes.

No município de Posse foram observadas manchas semelhantes às de fluorose nos dentes de pacientes infantis, porém estas manchas eram associadas ao uso do antibiótico Tetraciclina durante a gravidez que também leva ao surgimento de manchas, mas em alguns casos não se verificou o uso deste antibiótico sendo possível, portanto, a ocorrência de fluorose através do uso de água com níveis elevados de flúor.

No município de Campos Belos foram detectados alguns casos de fluorose, mas que pelo número de ocorrências não podem ser consideradas endêmicas, pois o número de casos identificados estaria dentro de padrões aceitáveis.

8. Análise das informações

Verificando que a região Nordeste do Estado de Goiás apresenta formações geológicas do Grupo Bambuí, possui ocorrências de mineralizações de fluorita e localidades cuja fonte de abastecimento público são poços tubulares, realizou-se a verificação dos teores de flúor presente na água subterrânea desta região para se constatar a possibilidade de ocorrências de fluorose na população local.

Após a análise química em laboratório verificou-se a inexistência de teores elevados de flúor. Os índices de flúor nas amostras tiveram abrangência dentro dos seguintes valores 0,01 a 0,65 mg/l, como podem ser verificados na **Tabela 03**.

Tabela 03: Poços estudados e seus respectivos níveis de fluoretos.

Nome	Município	ϕ°	λ°	Fluoretos (mg/l)
S01	Iaciara	-14,0832	-46,5406	0,50
S02	Posse	-14,1454	-46,4767	0,23
S03	Posse	-14,0731	-46,4262	0,20
S04	Posse	-14,1351	-46,4453	0,14
S05	Posse	-14,1415	-46,4505	0,23
S06	Divinópolis de Goiás	-13,3112	-46,4034	0,26
S07	Divinópolis de Goiás	-13,1565	-46,4197	0,22
S08	Divinópolis de Goiás	-13,1238	-46,4049	0,19
S09	Divinópolis de Goiás	-13,2535	-46,4180	0,29
S10	Divinópolis de Goiás	-13,2635	-46,4478	0,29
S11	Divinópolis de Goiás	-13,2318	-46,4152	0,33
S12	Divinópolis de Goiás	-13,1260	-46,4433	0,22
S13	Campos Belos	-13,0077	-46,5979	0,65
S14	Campos Belos	-12,9751	-46,5432	0,63
S15	Monte Alegre de Goiás	-13,1175	-46,6385	0,27
S16	Campos Belos	-12,9938	-46,6657	0,63
S18	Divinópolis de Goiás	-13,2359	-46,3928	0,01
S19	Divinópolis de Goiás	-13,3022	-46,4263	0,22

Os resultados dos níveis de flúor apresentados estão dentro dos parâmetros permitidos pela Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde que apresenta como Valor Máximo Permitido (VMP) de 1,5 mg/l.

Conclui-se que apesar da região Nordeste do Estado de Goiás apresentar a formação geológica Grupo Bambuí e a presença de fluorita não foi capaz de alterar drasticamente a composição química da água subterrânea dos poços próximos a ocorrência deste mineral.

O entendimento do comportamento climático associado a características naturais e regionais é extremamente importante para a compreensão das relações entre a precipitação, tipo de solo, o tipo de aquífero e o reabastecimento dos aquíferos profundos na região Nordeste de Goiás para compreendermos melhor a interação da mineralização de fluorita com a água subterrânea.

Os baixos teores podem ser explicados devido ao índice pluviométrico da região Nordeste de Goiás, de 1.200 a 1.600 mm/ano, região mais carente de chuvas do estado ainda, possuindo, valores mais elevados do que em outras localidades do Brasil que apresentam casos de fluorose em sua população, como por exemplo, o município de São Francisco em Minas Gerais com índice pluviométrico de 1.132,9 mm/ano, e a presença de solos com característica arenosa como o Neossolos Quartzarênicos em uma faixa norte-sul na região Nordeste do estado onde a água proveniente de precipitação pluviométrica infiltra e alimenta os aquíferos, diluindo o teor de flúor presente.

9. Conclusão

Foi verificado que a utilização do *Sistema de Informações Geográficas (SIG)* mostrou-se uma ferramenta excelente para a realização desta pesquisa científica, atendendo totalmente as necessidades para sua execução. A utilização do *software ArcView 3.2* possibilitou a identificação da área de estudo a partir do cruzamento de informações, através de inúmeras ferramentas de edição e pesquisas, restringindo a amplitude do Estado de Goiás em regiões pertencentes a municípios localizados no Nordeste do estado, diminuindo consideravelmente o tempo de definição da região a ser estudada.

Trata-se de uma ferramenta extremamente ágil e precisa, o que a torna financeiramente viável por diminuir o tempo em pesquisas e na definição exata dos poços onde foram realizadas as coletas de amostras durante os trabalhos de campo. Gerando o conhecimento da área de estudo para um melhor planejamento da rota a ser feita.

Devido à região de estudo apresentar características que poderiam levar a existência de níveis elevados de flúor na água subterrânea causando fluorose na população que venha a utilizar desta para abastecimento, a realização deste trabalho teve o objetivo de esclarecer a sociedade, se, e de que forma a mineralização de fluorita estaria influenciado o abastecimento proveniente de poços tubulares profundos de povoados locais.

Nesta pesquisa constatou-se que a presença de fluorita no Nordeste de Goiás não chega a alterar de forma drástica a composição química da água, correspondendo aos valores permitidos pelo Ministério da Saúde, com níveis de flúor encontrados nas localidades estudadas não chegando a causar nenhuma epidemia na população e os poucos casos de fluorose verificados são considerados aceitáveis.

Referências

CORTECCI, Gianni. **Geologia e saúde**. Bologna: Università degli Studi di Bologna - Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientale. Trad. de Wilson Scarpelli. p. 05 - 17 Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/pgagem/geosaude.pdf>>. Acesso em: mar. 2006.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Serviço de Produção de Informação - SPI, 1999.

FEITOSA, F. A. C. et al. **Hidrogeologia Conceitos e Aplicações**. Fortaleza, CPRM, LABHID-UFPE, 1997.

LACERDA FILHO, J. V. de et al. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Goiânia: CPRM / METAGO / UNB, 1999. p. 67.

MENEGASSE, Leila Nunes et al. **Fluorose dentária e anomalias de flúor nos aquíferos do Grupo Bambuí em São Francisco, Minas Gerais**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Disponível em: <http://www.odonto.ufmg.br/odontologia/geologia_saude.html>. Acesso em: fevereiro de 2005.

Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde. Disponível em: <http://dtr2004.saude.gov.br/dab/saudebucal/legislacao/portaria518_25_03_04.pdf>. Acesso em: outubro de 2006.

SILVA, Silvano Carlos et al. **Caracterização Climática do Estado de Goiás**. SIC/SGM/FUNMINERAL. Goiânia, 2004. p. 62.