

ESTUDOS PRELIMINARES SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO DO ITABAPOANA - RJ

Jarbas Losano de Souza Júnior¹; Maria da Glória Alves¹; Rodrigo Menezes Raposo de Almeida²; Dejanira Costa Lauria³ & Rute Maria Oliveira de Morais⁴

RESUMO - A população do litoral do município de São Francisco de Itabapoana, Norte do Estado do Rio de Janeiro, não é abastecida por água de superfície potável, logo, predominam os poços domiciliares. A região é a maior produtora de cana-de-açúcar e de abacaxi do estado, atividades essas que utilizam grandes quantidades de pesticidas e adubação química. Além dessas atividades, nas praias da região está uma das maiores jazidas de areias monazíticas do Brasil, explorada pela empresa Indústrias Nucleares do Brasil (INB).

Lauria (1999) realizou estudos no Brejo Buena, o qual mostrou concentrações anômalas de Ra, as quais encontram-se acima dos valores prescritos para o consumo humano. Trabalhos posteriores correlacionam níveis mais altos de radionuclídeos e o pH baixo. (3,6 - 4,0).

Neste trabalho serão mostrados resultados, ainda preliminares, onde se abordará a situação das águas encontradas nos aquíferos da região.

O estudo une os esforços de duas universidades públicas (UENF e UFF), e do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD), com o objetivo de gerar uma série de informações que fornecerão o diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos subterrâneos da região litorânea do norte fluminense e subsidiarão a proposição de medidas mitigadoras para a preservação destes e da população local.

ABSTRACT - The population of the coast of the county of San Francisco of Itabapoana, North of the State of Rio de Janeiro, it is not supplied by surface water of drinkable, therefore, the home wells prevail. The area is the largest producing of sugarcane and of pineapple of the state, activities those that use great amounts of pesticides and chemical manuring. Besides those activities, in the beaches of the

¹ Universidade Estadual do Norte Fluminense; Laboratório de Engenharia Civil; Av. Alberto Lamego, 2000, Horto; 28015-620; Campos dos Goytacazes; RJ; Brasil; (0xx22)2726-1517; (0xx22)2726-1517; losano@uenf.br; mgloria@uenf.br

² Universidade Federal Fluminense; Departamento de Engenharia Civil; Rua Passo da Pátria 156 s.133; 24.210-240; Niterói; RJ; Brasil; 21 26130976; 21 2717 4446; rraposo@civil.uff.br

³ Instituto de Radioproteção e Dosimetria; Departamento de Proteção Radiológica e Ambiental; Av. Salvador Allende s/n; 22780-160; Rio de Janeiro; RJ; Brasil; 3411-8101; 3411-8101; dejanira@ird.gov.br

⁴ Universidade Federal do Rio de Janeiro; Depto de Geologia; Av. Brigadeiro Trompowski, s/nº CCMN, Ilha do Fundão; 21949-900; Rio Janeiro; RJ; Brasil; (0xx21)590-8091; rute@geologia.uffrj.br

area it is one of the largest beds of sands monazitic of Brazil, explored by the company Nuclear Industries of Brazil (INB).

Studies in the Brejo Buena, which showed anomalous concentrations of Ra, which are above the values prescribed for the human consumption. Subsequent works correlate higher levels of radionuclídeos and the low pH. (3,6 - 4,0).

In this work results will be shown, still preliminaries, where the situation of the waters will be approached found in the aquifers of the area.

The study unites the efforts of two public universities (UENF and UFF), and of the Institute of Radioprotection and Dosimetria (IRD), with the objective of generating a series of information that they will supply the diagnosis of the current situation of the groundwater resources of the coastal area of the fluminense north and they will subsidize the proposition of reliever measures for the preservation of these and of the local population.

Palavras-chave: Águas subterrâneas, radionuclídeos, pH.

INTRODUÇÃO

A população do litoral do município de São Francisco de Itabapoana, Norte do Estado do Rio de Janeiro, não é abastecida por água de superfície potável, sendo, por este motivo, a população de cidades como Barra de Itabapoana e Guaxindiba abastecidas por poços artesianos; já nas vilas e nas áreas rurais predominam os poços domiciliares. A região tem atividade agrícola intensa, sendo o maior produtor de cana-de-açúcar e de abacaxi do estado, atividades essas que utilizam grandes quantidades de pesticidas e adubação química. Além dessas atividades, nas praias atuais e antigas da região está uma das maiores jazidas de areias monazíticas do Brasil, explorada pela empresa Indústrias Nucleares do Brasil (INB). A presença de tal assembléia de minerais pesados pode resultar em concentrações dos isótopos radioativos naturais, urânio, tório e seus produtos de decaimento mais elevadas do que seria normal em outras áreas.

Lauria (1999) [1], realizou estudos sobre as águas desta região, mais especificamente no Brejo Buena, o qual mostrou concentrações de Ra-228 de 3,2 Bq/L e de Ra-226 de 0,6 Bq/L, em áreas com surgência de água subterrânea. Estes corpos d'água foram considerados os responsáveis pelas concentrações elevadas de Ra encontradas em lagoas da região. Os valores encontrados estão acima daqueles prescritos pelos principais agentes (OMS, EPA, Ministério da Saúde) para o consumo Humano.

Trabalhos associam o pH baixo (3.6 – 4.0) que ocorre com frequência na região como estando associado às concentrações elevadas de rádio, indicando a lixiviação de monazita como responsável

pelas elevadas concentrações. Trabalhos realizados na região dos Lagos também constataram que em áreas com pH baixo (<4,5) a concentração de radionuclídeos aumenta sensivelmente.

Devido ao intensivo uso das águas subterrâneas e as concentrações de rádio encontradas por Lauria (1999) [1] foi proposto um estudo visando avaliar a qualidade da água no entorno da vila de Buena e analisar se a distribuição de pH baixo apresenta feição local ou regional. Este estudo incluiu a coleta de amostras de água para análises físico-químicas completas, bacteriológicas, e quanto à presença de radionuclídeos e a ampliação do cadastro inicial de pontos d'água. Com a utilização de ferramentas de geoprocessamento (ArcView^{®1}) e de banco de dados (AquaChem^{®2}) foi possível espacializar a distribuição dos pontos d'água e inseri-lo no contexto geológico da área, através da sobreposição com o mapa geológico. Neste trabalho serão mostrados resultados, ainda preliminares, onde se abordará a situação das águas encontradas nos aquíferos da região. Em função deste primeiro levantamento, pretende-se realizar uma pesquisa mais detalhada visando a caracterização físico-química completa das águas subterrâneas, enfocando a questão da radioatividade natural e contaminação por atividades agrícolas, presença de nitrato.

Este é um estudo que une os esforços de duas universidades públicas (UENF e UFF), e do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD), com o objetivo de gerar uma série de informações que fornecerão o diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos subterrâneos da região litorânea do norte fluminense e subsidiarão a proposição de medidas mitigadoras para a preservação destes e da população local.

OBJETIVOS

Dentre os objetivos do trabalho encontram-se: a ampliação do cadastro de pontos d'água, a avaliação da qualidade da água e análise da distribuição de pH.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

Localização e Acessos

A área estudada neste projeto está compreendida entre as cidades de Guaxindiba e Barra de Itabapoana, no limite do estado do Rio de Janeiro com o Espírito Santo, abrangendo os depósitos terciários da Formação Barreiras e quaternários (litorâneos, fluviais e paludais). A cobertura da área é feita pelas cartas topográficas Barra Seca e Itabapoana, na escala 1:50.000 (IBGE) e a principal via de acesso à área é a rodovia federal BR-101, que dá acesso ao norte do estado do Rio de Janeiro. O acesso para Buena se dá através da rodovia RJ-224 que liga a cidade de Travessão a São Francisco de Itabapoana (Figura 1).

^{®1} Copyright 1992-2000, Environmental Systems Research Institute, Inc., All rights reserved

^{®2} Copyright 1997, Lukas Calmbach, All rights reserved

GEOLOGIA

Pré-Cambriano

REIS *et al.* (1982) [2] reconheceram, dentro do domínio Pré-Cambriano da área estudada neste projeto rochas da Unidade Bela Joana e rochas da Unidade São Fidélis.

A Unidade Bela Joana compreende um domínio de rochas com hiperstênio exibindo localmente características plutônicas. Essas rochas são maciças, granulação grosseira a média e coloração variando de cinza-esverdeada clara (composição granítica) a cinza-esverdeada escura (composição tonalítica).

A Unidade São Fidélis caracteriza-se por migmatitos constituídos predominantemente de (k-feldspato), granada, (silimanita), biotita, quartzo e plagioclásio-andesina, com foliação marcante e granulometria de média a grosseira. Aparece como “ilhas” no meio da Formação Barreiras (Figura2).

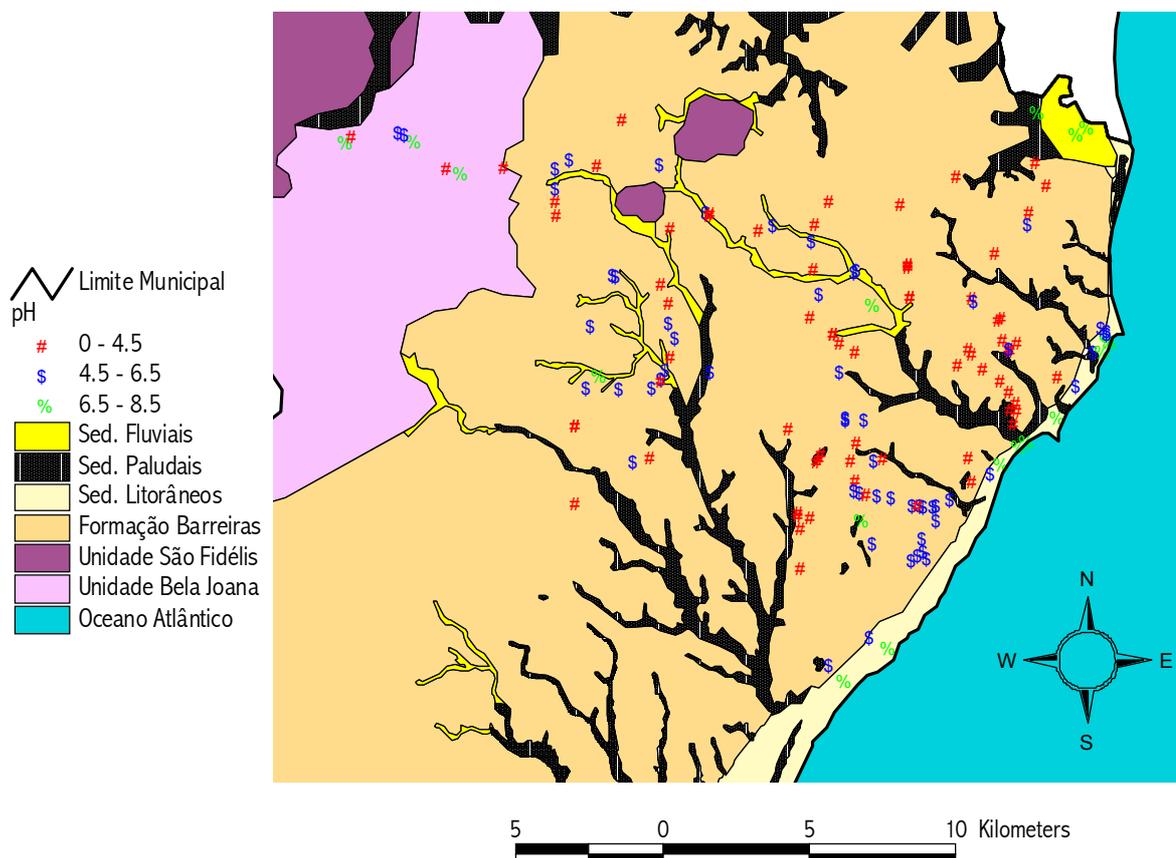


Figura 2 – Mapa Geológico com Dados de pH de Campo na Região Estudada
Escala 1:50.000. Fonte: Reis et al. (1982) modificado com Mapa Geológico da INB.

Depósitos Terciários - Formação Barreiras

Os sedimentos da Formação Barreiras segundo (REIS *et al.*, 1982 [2]) ocorrem alongados numa faixa diagonal de direção NE-SW, interpondo-se entre o domínio das rochas pré-cambrianas e os sedimentos quaternários. Apresenta as melhores e maiores exposições desde a margem norte do rio Paraíba do Sul, próximo à Cidade de Campos, até os limites com o estado do Espírito Santo.

MORAIS (2001) [3] fez uma descrição faciológica dos depósitos da Formação Barreiras no estado do Rio de Janeiro, onde os depósitos de ocorrência na área de estudo compõem-se, predominantemente, por sedimentos arenosos, com níveis de cascalho, intercalados com sedimentos lamosos. Em geral, esses depósitos apresentam camadas com geometrias de lentes extensas a sub-tabulares. A cor desses sedimentos geralmente é branca-acinzentada, com forte mosqueamento vermelho-arroxeadado, devido à presença de óxido/hidróxido de ferro.

Depósitos Quaternários

Os depósitos quaternários da região estudada são distribuídos em:

Sedimentos Paludais

Constituídos por sedimentos depositados em ambiente de água doce a pouco salobra, formados pelos depósitos de lagos, possui, como litologia característica, uma argila plástica de coloração cinza-negra, com alto conteúdo de matéria orgânica. Segundo REIS *et al.* (1982) [2] estes sedimentos podem ser associados a depósitos de diatomita (acumulação consolidada de organismos algais). É formado ainda pelos depósitos de pântanos ou brejos, caracterizados por turfa.

Sedimentos Litorâneos

Constituídos por areias quartzosas litorâneas, de coloração esbranquiçada, por vezes amarelada a acastanhada, apresentando um selecionamento razoável, com granulometria variando de fina a muito grossa, podendo, às vezes, ser conglomerática, arredonda a sub arredondada (REIS *et al.*, 1982 [2]). Segundo estes autores, podem ocorrer associados a estas areias grãos de feldspato, mica e minerais pesados (Tb, Zi, Ti), principalmente na folha Itabapoana, na zona praias atual, com sua origem provavelmente relacionada aos sedimentos da Formação Barreiras (REIS *et al.* 1982) [2].

Sedimentos Fluviais

Estes sedimentos segundo REIS *et al.* (1982) [2] compõem-se por argilas, argilas-siltíticas e siltes, de planície de inundação, geralmente micáceos, boa compactação e apresentam cores

castanho-amarelado a cinza-escuro. Ocorrem também areias quartzosas, de coloração branco-amarelada, granulometria variando de fina a grossa, às vezes conglomerática. Geralmente é mal selecionada, com grãos sub-angulares a sub-arredondados, podendo conter grãos de feldspato, mica e minerais máficos (anfíbólio e/ou piroxênio), REIS et al. (1982) [2].

ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

O presente projeto ocupa uma área que está situada na zona fisiográfica da *Baixada dos Goitacazes*, considerada como uma vasta planície sedimentar de ocorrência ao longo do litoral fluminense (COUTO *et al.*, 1974) [4].

O relevo é geralmente caracterizado por pequenas elevações de encostas suaves e o clima é tropical, quente e úmido, com duas máximas pluviométricas anuais, além de chuvas de verão. O regime pluviométrico anual varia em torno de 1.000mm, aumentando, algumas vezes, pelas precipitações provocadas pelas frentes frias polares (COUTO *et al.*, 1974) [4].

Segundo MARTIN *et al.* (1997) [5], a geomorfologia do litoral norte do Rio de Janeiro compreende três unidades:

- ⊗ Região Serrana, composta por rochas cristalinas Pré-Cambrianas e padrão de drenagem dentrítico;
- ⊗ Platô Terciário, formado pelos sedimentos continentais da Formação Barreiras, cuja superfície é suavemente inclinada para o mar. Apresenta-se dissecado por uma rede hidrográfica subparalela, caracterizada freqüentemente pela presença de amplos vales de fundos aplainados, colmatados por sedimentos quaternários;
- ⊗ Planície Quaternária, que constitui a área plana mais baixa das três unidades geomorfológicas, cujo desenvolvimento é bastante variável na área estudada, incluindo sedimentos de origem marinha, fluvial, flúvio-lagunar, eólica e coluvionar, acumulados durante o Quaternário.

RECURSOS MINERAIS

De acordo com SCHOBENHAUS *et al.* (1997) [6] os depósitos de minerais pesados na região foram originados principalmente pela erosão direta dos sedimentos do Grupo Barreiras (Formação Barreiras segundo MORAIS, (2001) [3], devido à ação das ondas.

Dos minerais pesados extraídos na região de Buena encontram-se a Ilmenita, o Rutilo, a Monazita e a Zirconita. A ilmenita (FeTiO_3) e o rutilo (TiO_2) são fontes de titânio. O titânio é aplicado na indústria química sob a forma de pigmentos, com aplicação também na indústria metalúrgica, aeronáutica, bélica e em reatores atômicos. A monazita é um fosfato de terras raras, é

uma das principais fontes de tório (COUTO *et al.*, 1974 [4]). Além de sua aplicação como combustível de reatores o tório é aplicado e sob outras formas como: tório metálico (cátodos, células fotoelétricas para ultravioleta, ligas e catalisadores) e óxido de tório (metalurgia, cerâmica, catalisadores, filamentos de tungstênio, tubos eletrônicos e camisas para lâmpadas incandescentes), COUTO *et al.* (1974) [4].

RECURSOS HÍDRICOS

Segundo o Mapa de Favorabilidade Hidrogeológica do Estado do Rio de Janeiro (*Barreto et al.* 2001 [7]), na área de estudo ocorrem aquíferos do tipo fissurado e sedimentar. Na região onde afloram rochas do cristalino, o aquífero fissurado foi classificado como de favorabilidade média a alta, o que implica em vazões de 1 a 5 m³/h, ou maiores em alguns locais. Apresenta solos com espessuras variáveis e permeabilidade média a elevada.

O aquífero sedimentar é composto basicamente pelos depósitos da Formação Barreiras. Nestes sedimentos os aquíferos são livres, pouco produtivos, com vazões máximas na ordem de 2 m³/h e capacidade específica média de 0.33 m³/h. Ainda dentro do contexto dos aquíferos sedimentares ocorrem os cordões, restingas e terraços litorâneos. Os sedimentos são compostos por areias razoavelmente selecionadas, com matriz síltica e argilosa, de granulometria fina a grossa. Os aquíferos são livres, rasos e normalmente salinizados, com aproveitamento restrito, normalmente por poços rasos, que captam os primeiros níveis de água, menos salinizados (SILVA & CUNHA, 2001 [8]).

METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste projeto consistiu da realização de um cadastro georreferenciado de um conjunto de poços na região de Buena e arredores, com determinação das suas características construtivas, e as análises físico-químicas das águas subterrâneas. Em áreas onde não havia poços, foram cadastrados outros pontos d'água, tais como córregos e lagoas, sendo apenas os originados pelo afloramento do lençol freático.

A caracterização física da região foi realizada a partir de dados secundários, principalmente aqueles fornecidos por: fotos aéreas, imagens de satélite e mapas topográficos, geológicos e de drenagem. Foi consultado o arquivo do extinto Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) que elaborou alguns estudos de viabilidade para irrigação na área.

Metodologia de Campo

A partir de uma ficha de campo pré-definida e utilizando um GPS (sistema de posicionamento global) e um equipamento para determinação do pH e condutividade elétrica (CE) das águas subterrâneas no campo, foi possível cadastrar cerca de 87 pontos d'água na área de estudo, que, somados a um cadastro prévio de 69 poços domésticos, totalizam, até o momento nosso conjunto de dados. Este cadastro anterior foi realizado por um técnico da INB, treinado pelo pessoal do IRD.

Quando do cadastramento além das coordenadas do ponto d'água e outras informações como proprietário, uso (doméstico ou industrial) e se a água é ou não utilizada para dessedentação humana, são definidas as características construtivas do poço, tais como:

- ⊗ Nível da água (m): distância da boca do poço ao nível d'água;
- ⊗ Profundidade (m): distância da boca do poço ao fundo da escavação;
- ⊗ Altura da Boca em relação ao solo;
- ⊗ Disposição construtiva: tubular ou cacimba;
- ⊗ Diâmetro (cm);

Foram também determinados os principais parâmetros físico-químicos: pH, condutividade, potencial de oxi-redução e temperatura.

Uma vez avaliados os pontos considerados mais característicos para a propriedade em questão, a radioatividade, (pontos com pH abaixo de 4,5), foram realizadas amostragens para análises físico-químicas completas e radionuclídeos em 22 destes locais.

Paralelamente foram coletadas amostras para análises bacteriológicas nos reservatórios de residências onde havia poços cadastrados.

Amostragem

Na coleta das amostras para as análises de laboratório o procedimento foi orientado de forma a garantir representatividade face às características do poço. Sabe-se que poços que estão inativos por algum tempo apresentam uma qualidade das águas diferente do que quando em atividade constante. Por outro lado, o bombeamento excessivo pode resultar em águas com diferentes composições ao longo do filtro, e causar a mistura das águas. O primeiro ponto a ser observado, além é claro da limpeza dos elementos envolvidos na amostragem, é a garantia de uma velocidade de fluxo que pondere esses dois aspectos. No início das atividades, o conteúdo do poço era bombeado, buscando-se eliminar o volume de água parado; após isso eram monitorados continuamente os parâmetros de campo, nomeadamente o pH e a CE, ao longo do bombeamento e, apenas após a sua estabilização, eram realizadas as coletas.

Cabe ressaltar que, em função do modelo construtivo dos poços da região, estes dispõem de filtros com vários metros de comprimento. Deste modo, a composição química da água subterrânea

reflete uma amostra integrada de todo intervalo do filtro, e é também função da permeabilidade relativa da formação.

A ficha de campo para a amostragem previa alguns parâmetros básicos para balizar esta etapa, e que eram colhidos logo no início do trabalho, como condições de tempo, estado geral do poço, entre outras. As medidas tomadas quando do cadastro do poço eram refeitas visando atualizar o banco de dados

A coleta para os diversos tipos de análise era diferenciada em função dos elementos analisados, sendo sempre realizada com água corrente. Todos os frascos são rotulados com caneta para transparência (Retroprojektor) usando-se o código do poço e o tipo de elemento a ser analisado.

Os processos de amostragem são descritos a seguir:

⊗ **Cátions:**

São utilizados tubos de centrifuga (tubo Eppendorf ou tubo Falcon), sendo colocados 20ml de água filtrada e adicionadas 2 gotas de HNO₃ bi-destilado. A filtragem é realizada utilizando-se uma seringa e um filtro de 45µm de abertura, sendo ambos descartados após cada amostragem.

⊗ **ICP-MS:**

Igual à amostragem para cátions.

⊗ **Ânions:**

Filtram-se 40ml de água para o tubo de centrifuga, de forma análoga a da utilizada para a amostragem de cátions; não é necessário acidificar. Mantém-se a amostra sob refrigeração (isopor com gelo no campo até o laboratório).

⊗ **Alcalinidade ou Acidez:**

É utilizado um frasco de 100ml, completamente cheio de forma a se evitar bolhas.

⊗ **NO₃:**

Igual a amostragem para Alcalinidade.

⊗ **Elementos Químicos (cor, turbidez, matéria orgânica dissolvida, pH, condutividade elétrica e carbonatos):**

Frasco de 1000ml, também completamente preenchido para diminuir a presença de bolhas.

⊗ **Frasco para a UFF (pH, CE, Cl e efeito da amostragem):**

Frasco de 500ml para controle e verificação, sendo enviado para a UFF refrigerado do campo até o laboratório.

⊗ **Radionuclídeos:**

Frasco de 2000ml. Deve ser completamente preenchido para evitar perda de gases; dispensa refrigeração.

Imediatamente após a amostragem os frascos eram colocados juntos em um saco plástico rotulado com o identificador do ponto, e dispostos numa caixa de isopor cheia de gelo, visando

garantir ideais condições para as amostras. Então, por via rodoviária, eram enviados à cidade do Rio de Janeiro para a realização das análises.

Metodologia de Gabinete

Os trabalhos de gabinete consistiram na verificação inicial do preenchimento das fichas de campo, estruturação de um banco de dados no Excel, tratamento preliminar para verificação da digitação, importação dos dados no AquaChem (versão 3.7.42) da Waterloo Hydrogeologic, e tratamento de dados (mapas e gráficos), no AquaChem e no ArcView. Desta forma criou-se um banco de dados geográfico com as informações do cadastro dos pontos d'água e das análises físico-químicas completas.

Metodologia de Laboratório

As análises físico-químicas foram realizadas no laboratório LAMIN - CPRM através de um convênio firmado entre a UFF e o referido laboratório. Tais análises envolvem 37 elementos químicos, 4 parâmetros físicos e o teor de matéria-orgânica. Estarão representados neste trabalho os elementos que ocorrem fora do padrão de potabilidade, segundo a portaria 1.469/2000 do Ministério da Saúde.

As amostras serão analisadas radioquimicamente para determinação dos isótopos de rádio (Ra-226 e Ra-228). Urânio, tório, elementos das terras raras, metais pesados e cátions maiores serão determinados por ICP-MS. Os ânions principais: fosfato, cloreto, sulfato, fluoreto e nitrato serão determinados por métodos clássicos e cromatografia iônica.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

De posse dos dados dos parâmetros físico-químicos, dos íons maiores e análises bacteriológicas, os dados foram organizados e estão sendo analisados. Foi possível integrar parte do banco de dados e por este motivo neste trabalho iremos falar sobre a variação do pH na região, valores de condutividade elétrica (CE), alguns elementos químicos e análise bacteriológica. Como base para as comparações a serem realizadas entre os padrões de potabilidade e as análises das águas utilizou-se os parâmetros da agência norte americana (EPA) e das portarias do CONAMA 20/86 e 1.469/2000 do Ministério da Saúde (MS), além das definições da Organização Mundial da Saúde (OMS).

Distribuição Espacial dos Dados

As distribuições de concentrações, as informações geográficas e geológicas foram integradas, gerando mapas (Figura 2), para que as informações sobre a hidrologia sejam interpretadas.

Observando-se os valores obtidos na análise de pH, encontramos uma significativa variação de acordo com a unidade geológica presentes na área de estudo.

Distribuição dos Parâmetros de Campo

De modo a elaborar um primeiro modelo conceitual das características das águas subterrâneas na região de Buena, foram selecionados os elementos mais representativos do banco de dados e que permitem uma análise quantitativa, como: pH, condutividade elétrica da água (CE) e profundidade do nível d'água (NA).

Observou-se que a CE apresentou valores entre 98,8 e 11550 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em um grupo de 141 amostras, isto é uma variação de cerca de 3 ordens de grandeza de diferença. Este fato tem sido observado freqüentemente por outros pesquisadores em áreas costeiras (Niterói, Região dos Lagos etc.) e pode ser explicado pela proximidade e interação da água doce de origem continental com a água do mar, salgada. A Figura 5 ilustra a distribuição estatística dos valores de CE. Observa-se que a CE obedece a uma distribuição log-normal, com cerca de 88 amostras ou 62,4% do total com valores de CE menores que 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, classificadas como água doce pela portaria do CONAMA 20/86. Do total, 31 amostras, ou 22 % do total apresentaram valores de CE entre 1000 e 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e, portanto, classificadas como salobras pelo CONAMA 20/86 e como potáveis pela portaria do MS 1496/00 (TDS < 1000 mg/L). Apenas 15,6% das amostras foram classificadas como salgadas pela portaria do CONAMA 20/86.

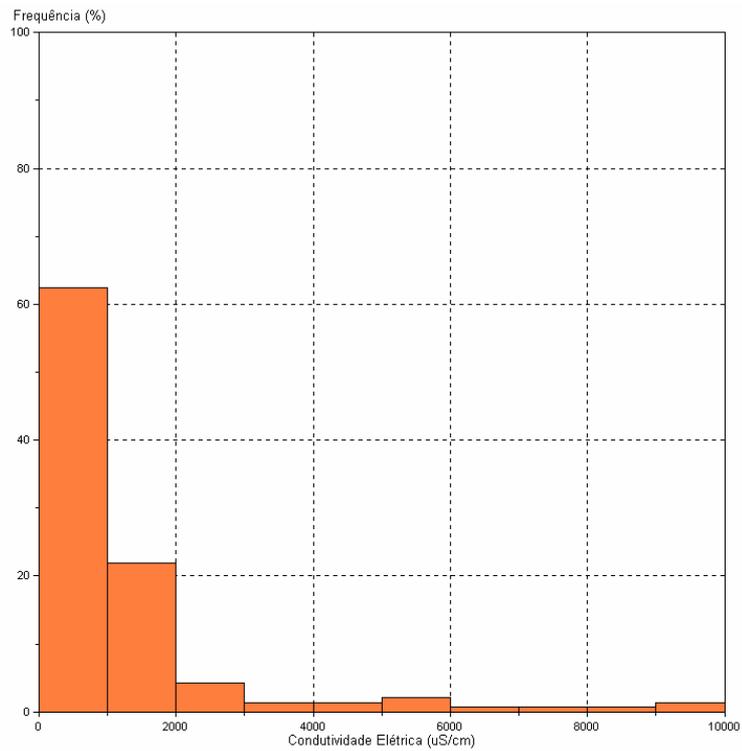


Figura 5 - Distribuição Estatística da CE (uS/cm) de Campo

Observa-se que os valores do pH de campo variaram entre 2,89 e 7,79 e um valor médio de 4,18. A Figura 6 apresenta a distribuição estatística dos valores de pH. Foram computados valores de 149 amostras.

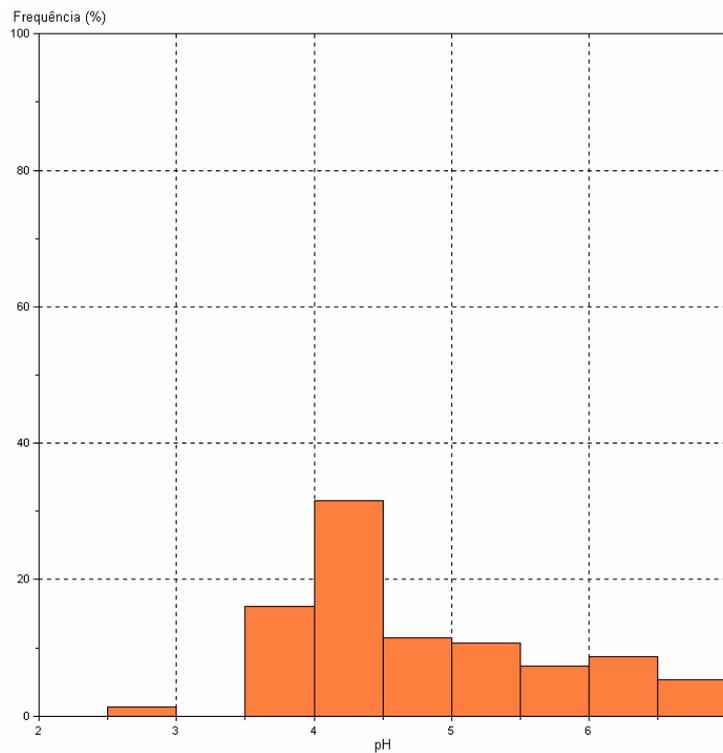


Figura 6 - Distribuição Estatística do pH de Campo

A Tabela 2 apresenta as variáveis estatísticas calculadas para os valores de nível d'água estáticos (NA) medidos em 110 poços cadastrados. Os valores de NA variaram entre 0 e 18,40 m, com valor médio de 7,17 m. Entretanto, observando a distribuição dos valores medidos no gráfico da Figura 7, identifica-se dois picos na curva de frequência, em uma distribuição aparentemente bi-normal, o primeiro e maior corresponde aos poços mais profundos, entre 8 e 9 metros, totalizando cerca de 18% do total e o segundo corresponde aos poços mais rasos, com profundidades entre 2 e 3 metros, totalizando 15% do conjunto. Portanto, é possível identificar um grupo de poços mais rasos, com profundidade média em torno de 3,0 metros e um outro grupo de poços mais profundos com profundidade média de cerca de 8,0 metros.

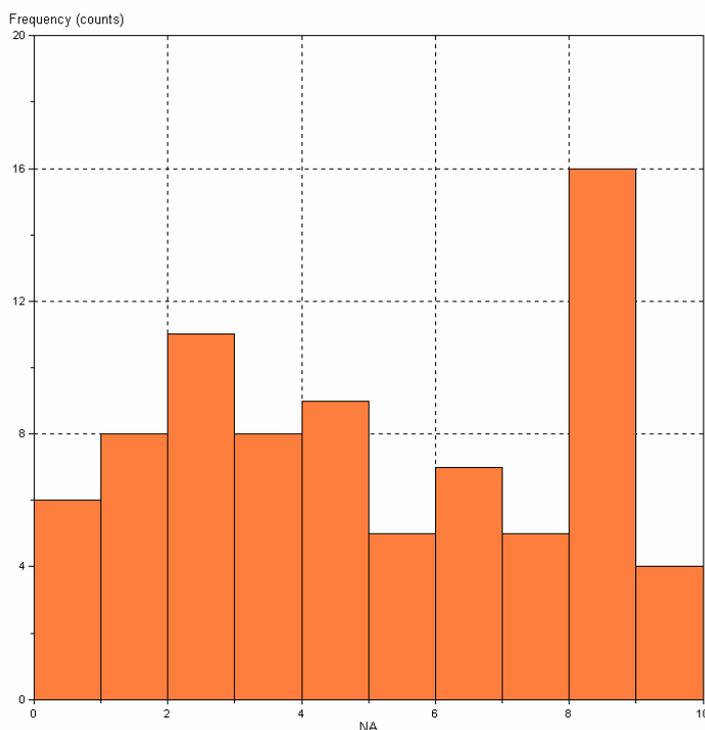


Figura 7 - Distribuição Estatística do Nível d'Água Estático

Análise Físico-Química

Dentre os 37 elementos analisados, das 22 amostras, 12 amostras ou 55% do total apresentaram concentrações mais elevadas que os níveis aceitáveis de potabilidade segundo o Ministério da Saúde, OMS, EPA, em algumas das mais significativas legislações. São eles: Na, K, Mg, Mn, Fe, Ba, Cl, SO₄, Al, NO₃, B, Cd e Ca.

	Mínimo	Máximo	Média	Nº de Amostras fora dos Padrões	% de Amostras fora dos Padrões	Padrão MS ⁵	Padrão OMS ⁶	Padrão EPA ⁷
Al	0,1	5,5	0,71	19	86	0,2	0,2	
Cd	0,001	0,01	0,003	11	50	0,003	0,005	
Cl	42,0	689,7	198,9	8	36	250	250	
Fe	0,002	0,891	0,028	3	14	0,3	0,3	
K	0,65	239,5	7,45	9	41			12
Mg	2,91	43,8	14,5	7	32			30
Na	24,8	374,0	127,9	8	36	200	200	
NO₃	4,0	321,4	38,44	9	41	45		

Tabela 2 - Avaliação da Distribuição Estatística dos Dados de Laboratório (valores em mg/L)

- ⊗ Al, com 19 amostras (86%) acima do padrão, apresentando uma amostra com a concentração de 5,5mg/L, sendo que o valor máximo permitido pela portaria 1.469/00 do Ministério da Saúde (MS) é de 0,2mg/L. As altas concentrações de Al podem ser explicadas pelos baixos valores de pH, pois aumentam a solubilidade do alumínio. A presença de matéria orgânica dissolvida na fração colóide, com diâmetro menor que 0.45µm, pode aumentar a concentração de alumínio na amostra, principalmente após a acidificação da amostra;
- ⊗ Cd, onde 11 amostras (50%) estão fora do padrão de aceitação da portaria 1.469/00 do MS, cujo previsto é 0,005mg/L. Há concentrações de até 0,01 no grupo amostrado;
- ⊗ Apesar de todas as amostras apresentarem como íons principais o Cl (máxima de 689,7mg/L) e o Na (máxima de 374,0mg/L), só 36% delas está com teores acima do valor aceitável de, respectivamente, 250 e 200mg/L, segundo o MS (portaria 1.469/00);
- ⊗ Para o Fe, os valores encontrados ficam acima dos padrões do MS, 0,3mg/L pela portaria 1.469/00, em 3 amostras (14%), atingindo o maior valor 0,891mg/L;
- ⊗ Os valores encontrados para o K, cujo máximo para a EPA é de 12mg/L, em 9 amostras (41%) estão além deste padrão. Na amostra de maior teor encontrado havia 239,5mg/L do elemento. Por ser uma zona eminentemente agrícola, acredita-se que tais resultados podem ter sido originados pela presença de adubação próxima ao poço;
- ⊗ Para o Mg, onde o máximo analisado foi de 43,8mg/L, foram encontradas 7 amostras fora do padrão, também seguindo valores da EPA (padrão de 30mg/L). Como elemento de boa solubilidade e elevada permanência em solução - difícil precipitação, pode ser o indicativo principal do teor

⁵ Portaria 1.469/00 do Ministério da Saúde

⁶ Recomendações da Organização Mundial da Saúde

⁷ Environmental Protection Agency, United States of America

salobro de 21% das águas encontradas. Embora seja em geral benéfico aos vegetais, em teores mais elevados é maléfico;

⊗ O NO_3 , cujo limite segundo a OMS é de 45mg/L, apresentou 9 amostras (41%) acima deste valor. São encontradas amostras com um pico de 321,4mg/L, 32 vezes acima do limite. Tais teores indicam uma provável retirada do elemento das camadas superiores do solo, provavelmente de adubos nitrogenados. Também devido à proximidade, em alguns locais, de instalações para animais e fossas sépticas, estes tipos de contaminação antrópica devem ser, combinados, os principais motivadores dos valores registrados.

As más condições de muitas das instalações, com poços abertos e mal locados em abundância, favorecem estes resultados sobremaneira. É importante ressaltar que a amostragem realizada, por basear-se num cadastro prévio e dirigida para os pontos onde o pH estava na faixa abaixo de 4,5, traduz a realidade dos poços com tal característica: pH baixo.

Análise Bacteriológica

Das 31 amostras analisadas, 24 (77%), não estão apropriadas para o abastecimento doméstico, sem prévia ou com simples desinfecção⁸, apresentando índices de coliformes fecais e totais acima dos prescritos. Para esta legislação, assim como nas recomendações da OMS, o valor deve ser de 0 (zero) coliformes totais por litro, e do mesmo modo para os coliformes fecais.

De uma forma geral esta água é utilizada para todos os fins pela população local, como para beber, cozinhar e para higiene e limpeza. Vale a pena destacar neste item que os poços são em sua grande maioria do tipo cacimba, e via de regra com péssima vedação, o que os deixa mais sujeitos à contaminação do que os do tipo tubular.

⁸ Classe Especial, segundo a resolução nº20/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] LAURIA, D. C., *Transporte de Radionuclídeos Naturais e Elementos das Terras Raras Leves no Sistema Lagunar de Buena - RJ*, Pontifícia Universidade Católica do RJ - Departamento de química. (1999)
- [2] REIS, A.P.; CASTRO, H.O.; DALCOLMO, M.T.; FERRARI, A.L.; MELO, E.F.; NEVES, L.F.L.; VAZ, M.A.A.; SILVA, V.P & NASSAR, W.M. Geologia das folhas Morro do Coco, Barra Sêca, Itabapoana, Travessão, São João da Barra, Campo, Muçurepe, Lagoa Feia e Farol de São Tomé - RJ. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 32, Salvador, Bahia. 1: 75-85. (1982).
- [3] MORAIS, R.M.O. *Estudo Faciológico da Formação Barreiras na região entre maricá e Barra de Itabapoana, estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, 113p. (Dissertação de Mestrado, Depto. Geologia - IGEO/UFRJ). 2001.
- [4] COUTO, P.A.; GOMES, A.P. & NETO, R.A. *Projeto Buena I: Pesquisa de Minerais Pesados no Litoral de Itabapoana – RJ*. CPRM, vol. 1 (texto). 1974.
- [5] MARTIN, L.; SUGUIO, K.; DOMINGUEZ, J.M.L. & FLEXOR, J-M. *Geologia do Quaternário Costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo*. Belo Horizonte: CPRM. 112p.: il, mapas. 1997.
- [6] SCHOBENHAUS c.; et al., *Geologia do Brasil*, Brasília: DNPM; 501p. 1984.
- [7] BARRETO, A.B.C.; MONSORES, A.L.M.; LEAL, A.S. & PIMENTEL, J. *Hidrogeologia do Estado do Rio de Janeiro. texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro*. Brasília: CPRM, CD-ROM. 2001
- [8] SILVA, L.C. & CUNHA, H.C.S. *Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro*. Brasília: CPRM, CD-ROM. 2001.