



GEOREFERENCIAMENTO DOS ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA FOZ DAS BACIAS DO PARAÍBA DO SUL E ITABAPOANA (BRASIL)

GROUNDWATER QUALITY GEOREFERENCING INDEXES OF ITABAPOANA AND PARAÍBA DO SUL RIVER MOUTH (BRAZIL)

Renato Aguiar Silva¹ ; Henrique Rego Monteiro da Hora¹ ;
Vicente de Paulo Santos Oliveira¹

Artigo recebido em: 16/01/2017 e Aceito para publicação em: 07/06/2017.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v31i3.28799>

Resumo: Na cidade de São Francisco de Itabapoana – RJ – Brasil, assim como em outras regiões do País, a falta de abastecimento na zona urbana e rural tem sido solucionada muito mais através da perfuração de poços que da adoção de medidas gerenciais capazes de reduzir as perdas e aperfeiçoar os sistemas existentes. O mapeamento da qualidade da água subterrânea consumida nas localidades de São Francisco de Itabapoana foi realizado através do uso de ferramenta Sistemas de Informações Geográficas - SIG, onde se verificou a sua conformidade com os padrões de potabilidade para água de consumo humano. Para isso, foram estudadas vinte e uma localidades e analisados parâmetros físico-químicos (potencial Hidrogeniônico (pH), turbidez, cloro total, salinidade) e parâmetros microbiológicos (coliformes totais e coliformes termotolerantes). Os resultados revelaram uma potencial contaminação por coliformes totais e termotolerantes em grande parte do município e que alguns parâmetros físico-químicos estão fora do padrão de qualidade da água de consumo humano em muitas localidades. Os resultados obtidos indicam uma precariedade no saneamento urbano e rural do município.

Palavras-Chave: SIG. Contaminação de água subterrânea. Saneamento básico.

Abstract: In the city of São Francisco de Itabapoana - RJ - Brazil, as well as in other regions of the country, lack of water supply in urban and rural areas have been solved much by drilling wells that the adoption of management measures to reduce losses and improve existing systems. The mapping of groundwater quality consumed in the villages of Itabapoana and Paraíba do Sul river mouth was accomplished through the use of Geographic Information Systems tool - GIS, where there was compliance with the potability standards for drinking water. For this, we studied twenty-one locations and analyzed physicochemical parameters (hydrogen potential (pH), turbidity, total chlorine, salinity) and microbiological parameters (total coliforms and fecal coliforms). The results revealed a potential contamination by total and fecal coliforms across much of the county and some physico-chemical parameters are out of standard quality of drinking water in many localities. The results indicate a precarious urban and rural sanitation in the municipality.

Keywords: GIS. Groundwater contamination. Sanitation.

1 INTRODUÇÃO

O consumo de águas dentro dos padrões de potabilidade adequados é uma questão relevante de saúde pública no Brasil e no mundo, além de constituir-se uma ação eficaz na prevenção de doenças veiculadas pela água. As atividades de rotina nas cidades contaminam as águas freáticas e fazem delas

um fator de risco para a população que as utiliza. O destino final do esgoto doméstico e industrial em fossas e tanques mal projetados; a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais; postos de combustíveis e de lavagem; e a modernização da agricultura destacam-se como fatores que podem comprometer a qualidade da água como fontes de contaminação por bactérias e vírus

¹ Instituto Federal Fluminense. E-mail: (renato_aguiar_rj@yahoo.com.br, henrique.dahora@iff.edu.br, vsantos@iff.edu.br)

patogênicos, parasitas, substâncias orgânicas e inorgânicas, entre eles (LE LOIR, BARON e GAUTIER, 2003). A presença de microrganismos na água constitui indicador de poluição fecal, originário de fonte antrópica e de outros animais, sendo os mais utilizados para essa finalidade são os coliformes totais e os coliformes termotolerantes (BRASIL, 2011).

A qualidade das águas pode ser representada por um conjunto de características, geralmente mensuráveis, de natureza química, física e biológica. Por ser um recurso comum a todos e para proteção dos corpos d'água, instituiu-se restrições legais de uso, onde as características físicas e químicas da água devem ser mantidas dentro de certos limites, os quais são representados por padrões, valores orientadores da qualidade de água, dos sedimentos e da biota.

A coleta de informações relacionadas com o espaço geográfico, por exemplo, a distribuição territorial de recursos minerais, propriedades, animais e vegetação, sempre foram uma parte importante das atividades das sociedades organizadas e suas instituições científicas. Até a poucas décadas atrás, no entanto, isto era feito apenas utilizando mapas e documentos em papel, o que dificultava a análise que combinasse diversos dados. O desenvolvimento da tecnologia de computadores e de ferramentas matemáticas para análise espacial, que ocorreu na segunda metade do século XX, abriu possibilidades diversas, entre elas a habilidade de armazenar, recuperar e combinar os dados disponíveis sobre um território (MOURA, ANDRADE e LUVIZOTTO JÚNIOR, 2001). A área de conhecimento que reúne recursos computacionais, com o objetivo de manipular informações geográficas, que influencia diversas áreas como a Engenharia Ambiental, Biologia, Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional entre outras é definida por Geoprocessamento (CÂMARA *et al.*, 1996; DRUCK, 2004).

A possibilidade de utilizar essa ferramenta para visualizar e manipular, de forma separada ou conjunta, os diferentes

tipos de camadas (*layers* ou planos de informação) representa um dos grandes avanços desses trabalhos, sendo uma das principais contribuições dessa tecnologia. Essa é uma das razões que permite que o geoprocessamento seja interdisciplinar, ganhando espaço nas áreas de pesquisa e no mercado.

O geoprocessamento, e consequente georeferenciamento, apresentam um enorme potencial em países de grandes dimensões e com carência de informações adequadas para tomada de decisões sobre problemas urbanos e ambientais, principalmente se for utilizado com tecnologias de custo relativamente baixo (ROCHA, 2002).

O município de São Francisco de Itabapoana apresenta um dos piores índices de desenvolvimento humano, ocupando a 90ª posição no critério do Índice de Desenvolvimento Humano - IDH estadual (IBGE, 2010). Dessa forma, torna-se muito importante para a região, qualquer avaliação sobre os índices de qualidade das águas do subsolo, mostrando sua adequabilidade ao padrão de uso para abastecimento humano.

Tendo em vista a busca por água de qualidade e com valor acessível, muitos moradores de São Francisco de Itabapoana têm preferido usar água de poço. Entretanto, essa água nem sempre é de qualidade, ou seja, não está dentro dos padrões de potabilidade exigidos por lei. Baseado nestas informações é necessário mapear a qualidade da água em uso na área urbana e rural de São Francisco de Itabapoana e alertar à população a cerca dos riscos a saúde, do consumo deste tipo de água.

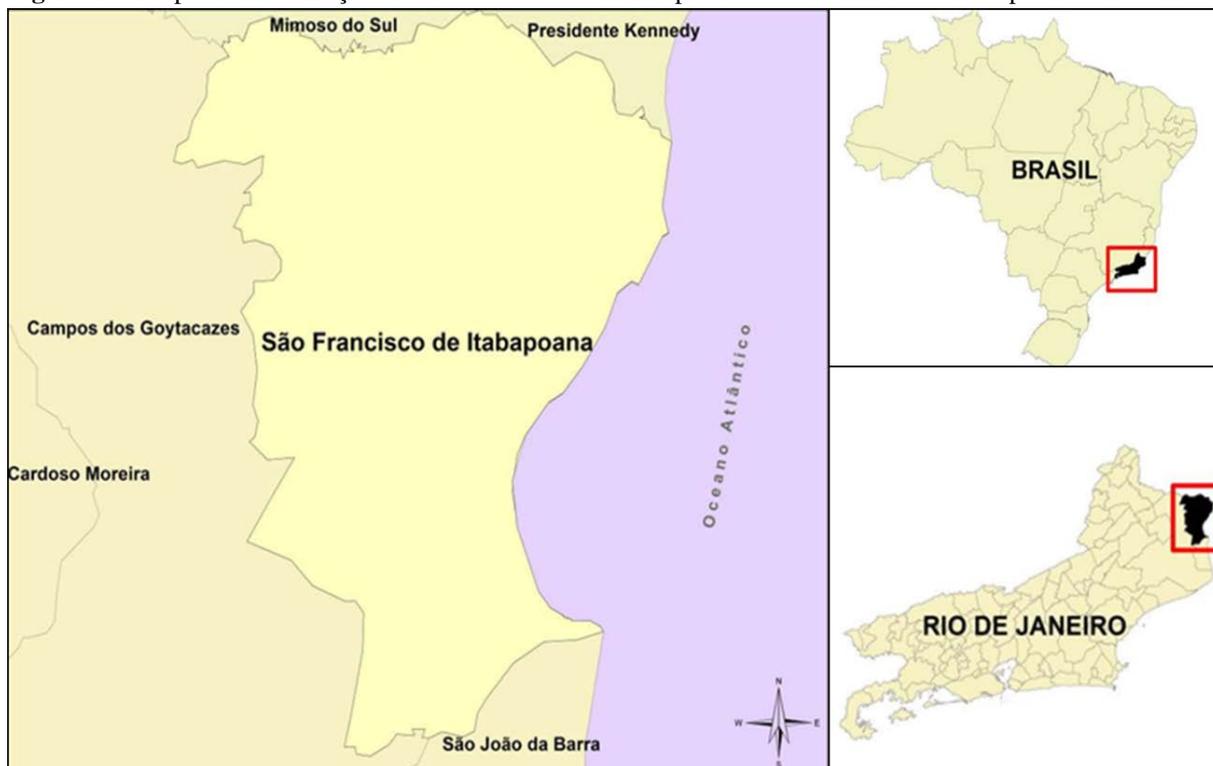
Esta investigação visa a caracterização águas subterrâneas na área de influência urbana e rural de São Francisco de Itabapoana – RJ – Brasil, onde é localizado o delta da bacia hidrográfica do rio Itabapoana, por meio de análises físico-químicas e microbiológicas, aferindo os parâmetros de turbidez, pH, salinidade, cloro total, coliformes totais e coliformes termotolerantes.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Estado do Rio de Janeiro é composto por 92 municípios distribuídos em oito regiões de governo: Metropolitana, Noroeste Fluminense, Norte Fluminense, Serrana, Baixadas Litorâneas, Médio Paraíba, Centro-Sul Fluminense e Costa Verde. Segundo o último Censo Demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de

Geografia e Estatística - IBGE em 2010, o município de São Francisco de Itabapoana (Figura 1) tem uma população de 41.354 habitantes, correspondentes a 4,86% do total da Região Norte Fluminense. Ocupa uma área de 1.122,438 km², sendo o segundo maior município do Estado do Rio de Janeiro em extensão territorial e foi emancipado através da Lei 2.379, desmembrando-se de São João da Barra em 1995.

Figura 1 - Mapa de Localização da área de estudo: Município de São Francisco de Itabapoana - RJ - Brasil



Segundo a Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2004), 43,8% do total de habitantes de São Francisco de Itabapoana vivem abaixo da linha de indigência, o maior percentual entre os municípios no estado do Rio de Janeiro. O município de São Francisco de Itabapoana, apesar das transformações econômicas vividas pela região com os recursos da exploração de petróleo, permanecia em 2004, fortemente vinculado à agricultura e pesca e apenas 12% da população economicamente ativa encontravam-se inseridos no mercado formal de trabalho.

Grande parte do território do município destina-se a produção agrícola e

pecuária, visto que o solo encontrado em praticamente todo o município é rico, fértil, de textura ideal e de acidez bastante tolerável (TCE, 2015).

A população adulta no período entre 2000 e 2010 deu um salto na escolaridade, saindo de 16,04% e indo para 34,84% os que haviam concluído o ensino fundamental, contudo, 47,50% da população acima de 25 anos é considerada analfabeta, não tendo completado o ensino fundamental. A população urbana é bem servida dos serviços públicos de água, energia e coleta de lixo, mas contrasta com a população urbana, que não possui dados oficiais sobre o assunto, uma vez

que somente 84,87% da população possui banheiro com água encanada em seu domicílio. Na área da saúde, a taxa de mortalidade infantil, em 2010, foi de 17,80 por mil nascimentos (PNUD, IPEA e FJP/MG, 2013).

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDH_M é calculado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA e pela Fundação João Pinheiro, com uma série de ajustes para se adaptar IDH, criado pelas Nações Unidas, à realidade brasileira. No ranking nacional São Francisco de Itabapoana ocupa a 3.312ª posição em relação aos 5.565 municípios do Brasil. No estado do Rio de Janeiro, em relação aos 91 outros municípios, o município ocupa a 91ª posição com um valor do IDH_M igual a 0,639.

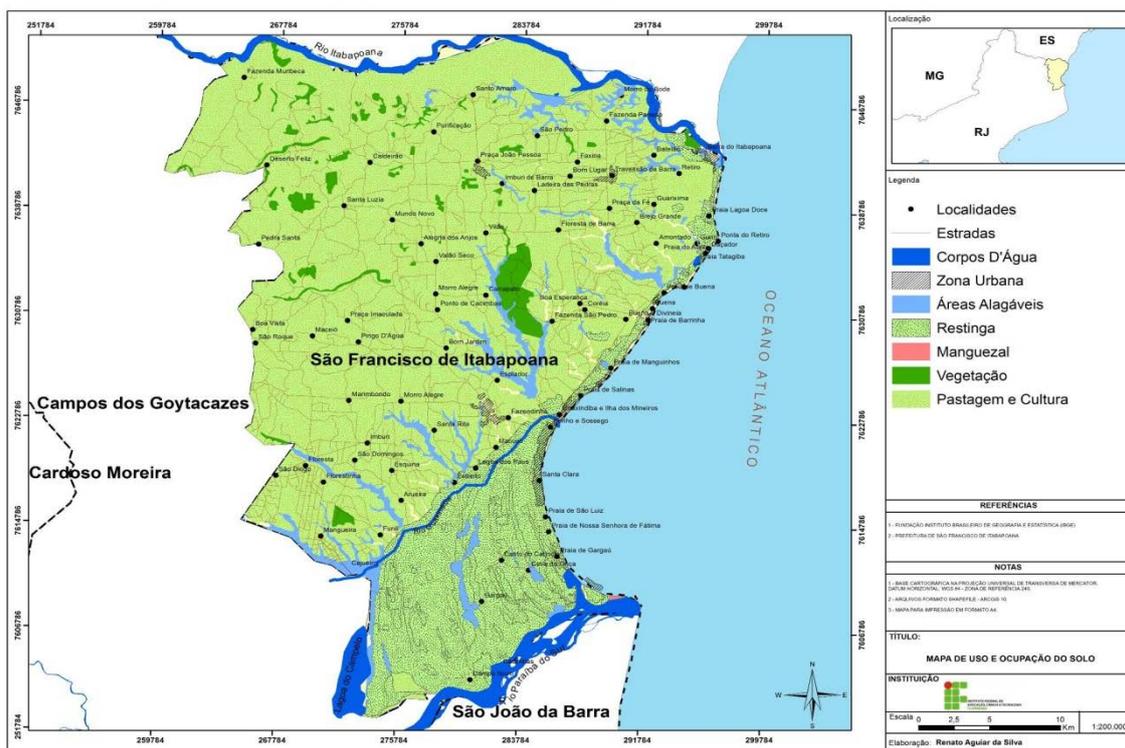
É importante frisar que a região do estudo é a foz de duas bacias hidrográficas de relevância nacional, a bacia do Rio Itabapoana, e a bacia do rio Paraíba do Sul, que juntas, caracterizam-se como as bacias hidrográficas de onde ocorre a maior concentração do PIB.

2.1 Uso e Ocupação do Solo

A área objeto deste estudo se encontra sob o espaço territorial da Mata Atlântica, entretanto as atividades econômicas que estiveram presentes nos últimos 200 anos, notoriamente o café e a pecuária, foram responsáveis pela dizimação da cobertura florestal na região. Atualmente apresenta a maior parte recoberta por pastagem utilizada para atividade pecuária leiteira e cultura agrícola, contra pequenos fragmentos de mata restantes (**Figura 2**).

O município de São Francisco de Itabapoana, segundo Werneck *et al.* (2013), possui o último fragmento significativo de Mata Atlântica Estacional de Tabuleiros no Estado do Rio de Janeiro, a Estação Ecológica Estadual de Guaxindiba - EEEG. Compreende uma área de 3.260 ha, sendo 1.200 ha de Floresta Estacional Semidecidual de Terra Baixas (LINS e NASCIMENTO, 2010). É também conhecida como Mata do Carvão, devido à grande quantidade de fornos de carvão que no seu interior existiam. Na década de 60 possuía mais de seis mil hectares de mata, na década de 80, já havia sido reduzida para aproximadamente três mil hectares (WERNECK, FULGENCIO e SALES, 2013).

Figura 2 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Município de São Francisco de Itabapoana



2.2 Formação geológica

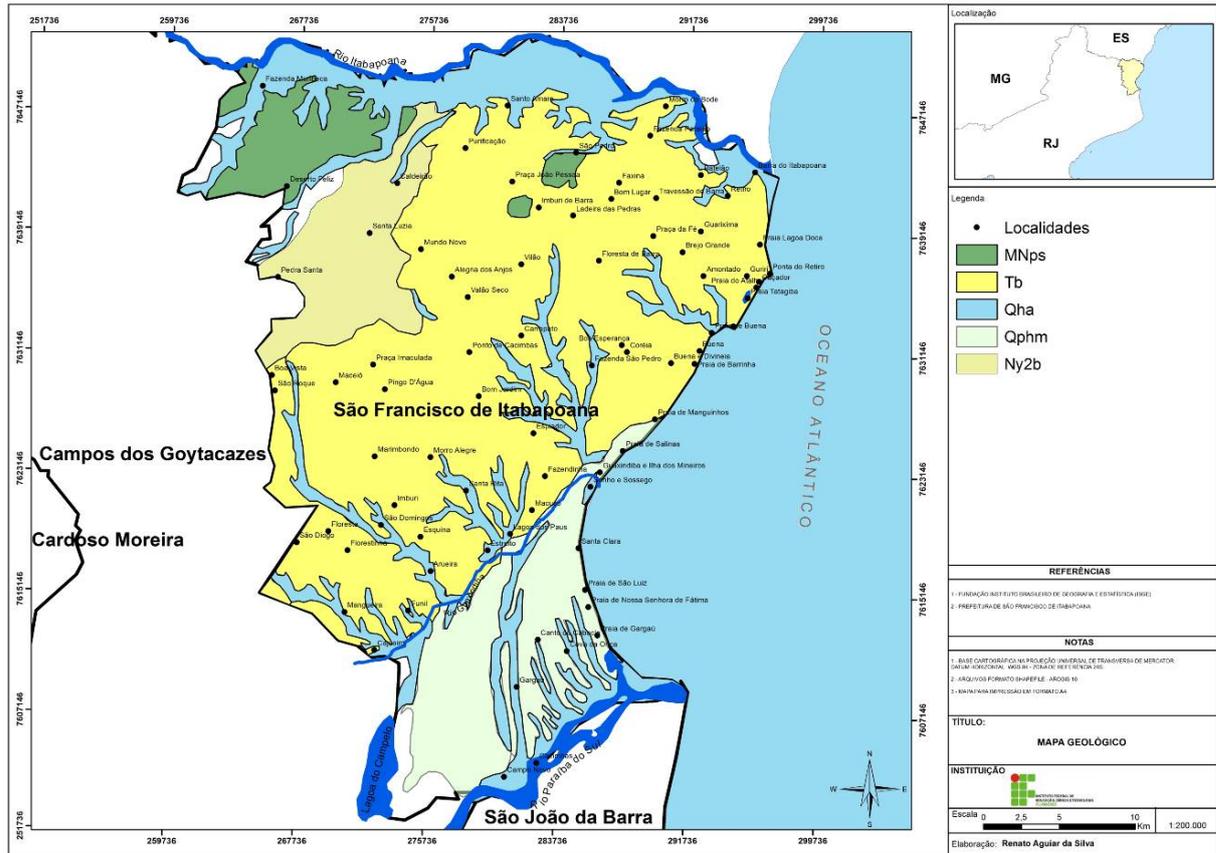
A geologia do município onde se encontra o delta da bacia hidrográfica rio Itabapoana em sua maior parte é composto por rochas sedimentares pouco litificadas de idade Terciária denominadas, genericamente, de Formação Barreiras. Junto ao litoral, destaca-se uma faixa da planície costeira associada à desembocadura do rio Paraíba do Sul até a localidade de Guaxindiba e, ao norte do município aflora o embasamento cristalino, nos arredores da localidade de Praça João Pessoa, Imburi de Barra e Deserto Feliz. Esse embasamento gnáissico-granítico Pré-Cambriano que ocupa parte da bacia do rio Itabapoana é composto por paragnaisses (gran-biot-sill gnaisses) da Unidade São Fidélis, de idade Meso-Proterozóica, assim como o embasamento charnockitos (gran-hornpirox charnockitos) da Suíte Bela Joana, de idade Neo-Proterozóica que ocupa a região onde se encontra as localidades de Pedra Santa, Santa Luzia e Caldeirão, por fim, é encontrado no município os depósitos fluviais e flúvio-marinhos que acompanha as áreas alagáveis e alagadas da região, visto na Figura 3 (SALES, QUINTO JÚNIOR e OLIVEIRA,

2011).

Esse conjunto de litologias foi modelado, amplamente, sob morfologia de colinas amplas e suaves, pontilhadas por relevos residuais (*insPolçelbergs*), tais como a serra da Pedra Lisa, do Baú e do Mico. Lamego (1945) sugere que estas serras isoladas sejam remanescentes esparsos da serra do Mar, a norte do rio Paraíba do Sul, resultantes de falhamentos Cenozóicos que fragmentaram e afundaram a serra do Mar neste trecho e propiciaram o desenvolvimento de extensa superfície colinosa que abrange os baixos vales dos rios Muriaé e Itabapoana. Todavia não pode se descartar o papel da erosão diferencial sobre essas rochas para compreender a gênese desses relevos serranos residuais, principalmente com relação aos granitos isotrópicos pós-tectônicos, mais resistentes ao intemperismo e à erosão.

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).

Figura 3 - Mapa Geológico do Município de São Francisco de Itabapoana



2.3 Saneamento

Embora se tenha desde o século XVI legislação para recursos hídricos no Brasil, as medidas de saneamento básico no país são recentes. São considerados como integrantes do saneamento brasileiro: o abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário abrangendo a coleta e tratamento deste de forma a ser descartado corretamente, limpeza pública juntamente com as fases de manejo de resíduos até sua disposição final, a drenagem pluvial envolvendo a condução da água de forma a minimizar os efeitos sazonais deletérios sobre a população e propriedades e ainda o controle de vetores transmissores de doenças (NERI, 2007).

Segundo o Atlas de Saneamento (IBGE, 2011), entre os anos de 2000 e 2008 houve um aumento no número de municípios do Brasil atendidos pelo sistema de saneamento básico em todas as regiões do país, mesmo com a persistência de marcantes diferenças regionais na abrangência de serviços de esgotamento sanitário, abasteci-

mento de água, manejo de águas pluviais e resíduos sólidos.

Segundo a Lei Municipal (São Francisco de Itabapoana/RJ/Brasil) N° 228/2006, de 10/10/2006, que se refere ao Plano Diretor, no Artigo 22: “São elementos referenciais para o saneamento ambiental de São Francisco de Itabapoana, de modo a melhorar as condições de vida da população no Município e impedir a degradação dos seus recursos naturais, os seguintes sistemas: I – abastecimento de água; II – esgotamento sanitário; III – drenagem das águas pluviais; IV – gestão integrada de resíduos sólidos; V – controle da poluição ambiental”. Entretanto, conforme indica a pesquisa Trata Brasil da FGV (2007), a menor taxa de acesso à rede coletora de esgoto é observada no Estado do Rio de Janeiro é em São Francisco de Itabapoana, que também apresenta a maior taxa de miséria do estado.

Em 2013 (TCE, 2015), São Francisco de Itabapoana contabilizava com 13.497 domicílios permanentes. Destes, apenas 3.418 domicílios são atendidos através da rede geral

de distribuição e o restante (10.079 domicílios) utilizavam água de poço, nascente ou de armazenamento de água da chuva para abastecimento domiciliar (TCE, 2015). Quanto ao esgotamento sanitário, distribuía-se entre a rede geral de esgoto ou pluvial (em 200 domicílios) e fossa séptica (em 1.563 domicílios). Outros 11.601 domicílios utilizavam formas inadequadas como fossa rudimentar, rio, lago ou mar e valas, sendo que 133 não dispunham de banheiro ou sanitário.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização das análises físico-químicas e microbiológicas da água subterrânea, foram realizadas coletas em 21 localidades (entre distritos e arraiais) do Município de São Francisco de Itabapoana. Em cada localidade foi gerado esforço para visita em média em 10 casas, totalizando 157 domicílios visitados.

Após as coletas as amostras seguiram para o laboratório, onde foram feitas análises de determinação de pH; determinação de turbidez, cloro total, coliformes totais e termotolerantes. Os ensaios foram realizados de acordo com normas padrões de procedimento definidas em Rice *et al.* (2012). As determinações dos parâmetros foram realizadas em triplicadas, sendo os resultados analíticos representados pela média destas.

Para a determinação do pH foi utilizado o pHmetro portátil da marca Thermo Scientific, modelo Orion 3 Star. Ao realizar a calibração do equipamento utilizando os padrões de pH de acordo com o procedimento descrito no seu manual, a amostra foi transferida para uma proveta de 50mL, para depois ser inserido o eletrodo do equipamento e realizada a leitura.

No procedimento de análise da turbidez, inicialmente, prepararam-se os padrões necessários de Unidades Nefelométricas de Turbidez - UNT (10, 100 e 800) utilizando Formazina. Em seguida, foi realizada a calibração no equipamento (Turbidímetro portátil, marca Solar Instrumentação, modelo SL 2K) com estes padrões, posteriormente realizou-se então,

três leituras na mesma cubeta.

O método descrito anteriormente foi utilizado para as 5 primeiras localidades (Gargaú - Muritiba, Guaxindiba - Ilha dos Mineiros, Buena - Divineia, Sonho - Sossego e Floresta) totalizando 51 amostras. Visando uma melhor logística e rapidez nas análises, foi adquirida uma sonda multiparâmetro da marca Aqua Probe, modelo 900 que analisa simultaneamente todos os parâmetros descritos anteriormente, totalizando 106 amostras analisadas na sonda.

A técnica utilizada para a determinação do número mais provável (NMP) de coliformes Totais e termotolerantes é a da Enzima-Substrato. A amostra foi introduzida em meio de cultivo (Colilfert), aguardando-se por cerca de 20 minutos para a introdução em cartela com pequenos blocos e colocada em estufa a 36°C com permanência de 24 horas, conforme resultado da **Figura 9**. *A posteriori* foi realizada leitura das possíveis colimetrias e o correspondente Número Mais Provável - NMP.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos ensaios físico-químicos foram comparados pela Portaria Nº 2.914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). Apenas os valores Máximo e Mínimo Permitidos para Cloro total não estavam contemplados na legislação, sendo utilizados então valores utilizados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e por alguns Estados Brasileiros.

4.1 Cloro Total

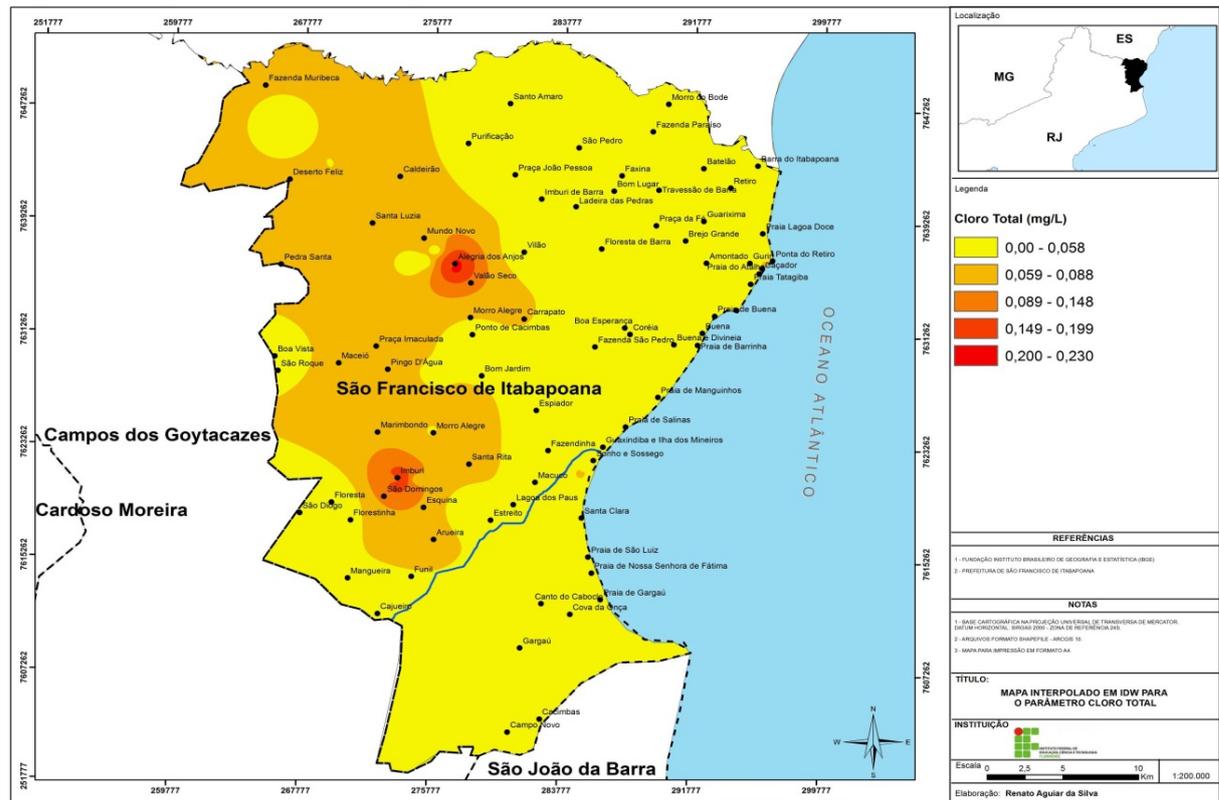
Apenas os valores Máximo e Mínimo Permitidos para Cloro total não estavam contemplados na legislação, sendo utilizados então valores utilizados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e por alguns Estados Brasileiros. Segundo a Portaria Nº 2.914 (BRASIL, 2011) é obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2mg.L⁻¹ de cloro residual combinado ou de 0,2 mg.L⁻¹ de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de

distribuição (reservatório e rede).

Ao analisar os resultados, foi verificado um número muito alto de amostras fora dos parâmetros estabelecidos na legislação, de no mínimo 0,2mg.L⁻¹. Apenas cerca de 1,27% das amostras possuíam o teor de cloro dentro da faixa obrigatória. Sendo que os outros 98,33% estavam fora dos padrões, como pode-se verificar na Figura 4.

Apenas nas localidades de Imburi e Alegria dos Anjos foram encontradas amostras dentro dos valores permitidos para consumo humano. O resultado obtido já esperado visto que por não se tratar de abastecimento público, a presença de cloro nas amostras só ocorreria por iniciativa dos moradores ou de origem natural.

Figura 4 - Mapa temático relativo ao parâmetro Cloro Total

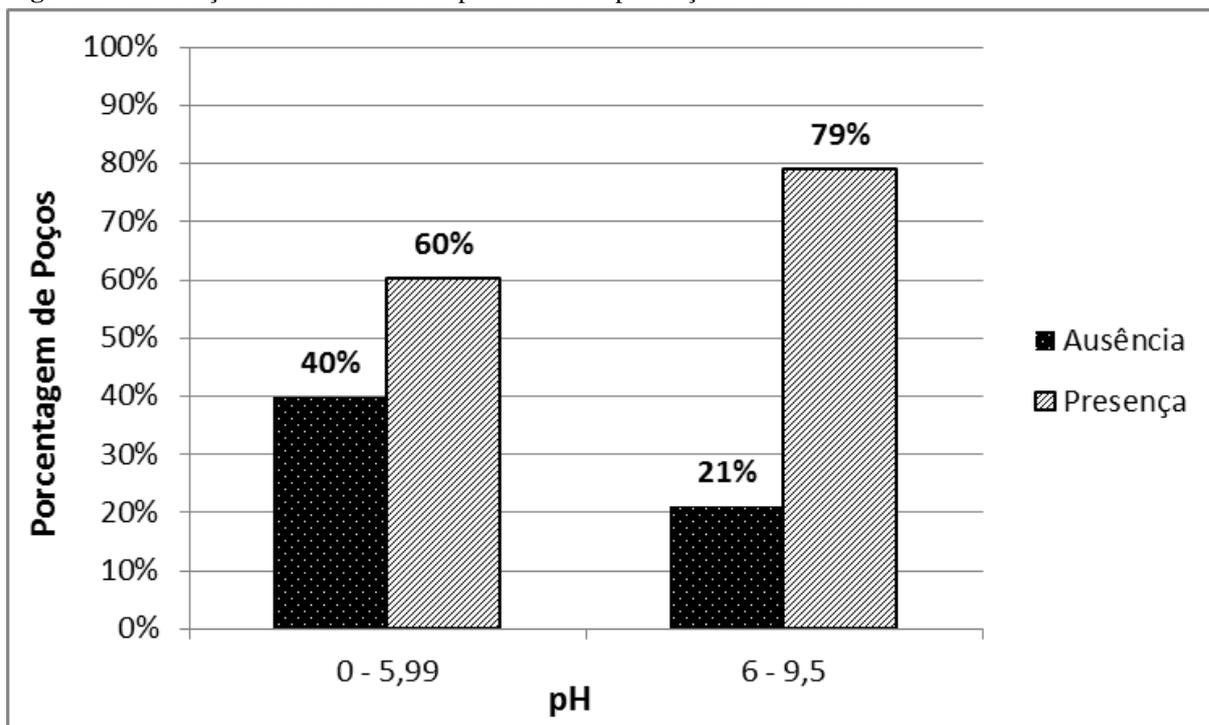


4.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Segundo a portaria N° 2.914/2011 (BRASIL, 2011), a faixa ideal de pH da água para o consumo humano é entre 6,0 e 9,5. Os limites de pH para crescimento de *Staphylococcus aureus* estão entre 4,2 e 9,3 (LE LOIR, BARON e GAUTIER, 2003), que se alojam em seres humanos e os animais homeotérmicos. O pH ótimo para o crescimento e desenvolvimento de *Escherichia coli* é de 6,0 a 8,0, coincidindo exatamente com os valores de pH encontrados na água.

Na Figura 5 apresenta a relação entre pH e contaminação por coliformes. Pode-se observar que, na água com pH menores que 6, a porcentagem de poços contaminados com coliformes é de 60%. Quando são analisados poços com pH entre 6 e 9,5 a presença de coliformes aumenta para 79%, justificando que as bactérias se desenvolvem e se mantem em pH semelhante ao de consumo humano da água. Isso explica a importância da água como potencial fonte de contaminação de coliformes.

Figura 5 - Correlação entre os valores de pH e ausência/presença de coliformes



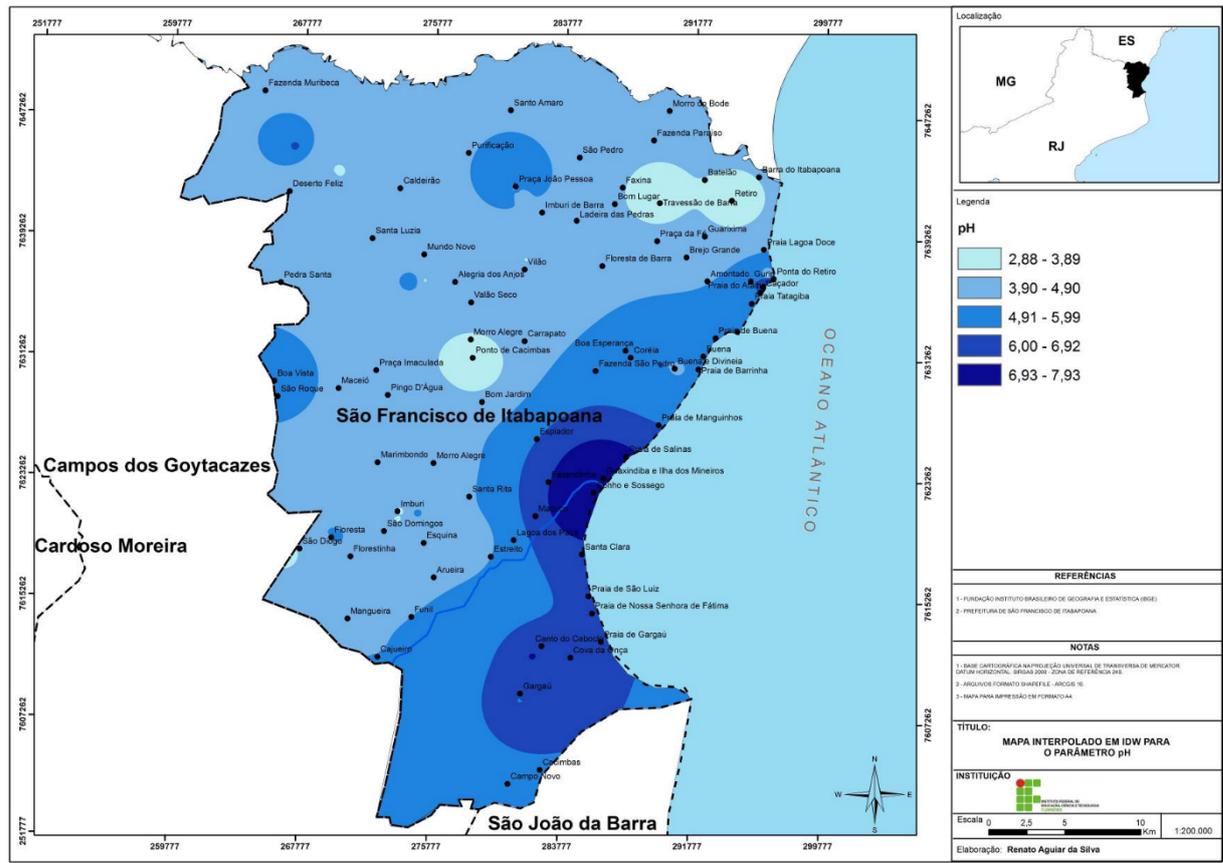
O mapa da Figura 6 representa espacialmente os resultados obtidos das análises para o parâmetro pH. Percebe-se que a coloração adotada para o pH ideal de 6 a 9,5 é o azul escuro, que representa os valores mais altos para o parâmetro. Assim, as localidades de Guaxindiba, Sonho, Sossego, Praia de Salinas e Ilha dos Mineiros foram as que possuíam os maiores valores para o parâmetro pH, entre 6,93 e 7,93. As localidades de Caçador, Manguinhos, Fazendinha, Macuco, Praia de Santa Clara, Praia de São Luiz, Praia de Nossa Senhora de Fátima, Gargaú, Canto do Caboclo e Cova da Onça obtiveram valores de pH menores, entre 6,00 e 6,92, porém dentro dos padrões. Os menores valores foram encontrados nas localidades de Batelão, Retiro, Travessão de Barra, Morro Alegre e Ponto de Cacimbas, nelas a maioria das amostras encontraram-se muito abaixo dos valores permitidos para o parâmetro pH, entre

2,88 e 3,89, possivelmente por influência da composição dos solos e pela formação geológica local.

De acordo com o mapa, ocorre uma tendência em valores mais altos de pH, nas localidades próximas a foz do Rio Guaxindiba, e nas áreas alagáveis pelas cheias do Rio Paraíba do Sul, provavelmente nos dois casos por influência marinha.

Segundo Alves e colaboradores (2004), trabalhos associam o pH baixo (3,6 – 4,0) que ocorre com frequência na região de Buena como estando associado às concentrações elevadas de rádio, indicando a lixiviação de monazita como responsável pelas elevadas concentrações. Trabalhos realizados na região dos Lagos do Estado do Rio de Janeiro, também constataram que em áreas com pH baixo (<4,5) a concentração de radionuclídeos aumenta sensivelmente.

Figura 6 - Mapa temático relativo ao parâmetro pH



4.3 Turbidez

A turbidez é uma característica da água devido à presença de partículas em suspensão em estado coloidal, em suspensão, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e outros organismos microscópicos. A turbidez representa o grau de interferência com a passagem de luz através da água, conferindo a mesma uma aparência turva (SPERLING, 2014).

Para a análise deste parâmetro, verificou-se que a 35,67% das amostras estavam acima do padrão de turbidez de 5 UNT para água de consumo humano, segundo Portaria Nº 2.914 (BRASIL, 2011).

Na Figura 7 pode-se observar que na área em branco (64,33%) foram encontradas amostras com valores de Turbidez considerados ideal para o consumo humano. No mapa verifica-se uma tendência do aumento na turbidez em localidades situadas nas áreas com predominância de cordões arenosos e áreas alagáveis como no caso de

Gargaú e localidades situadas ao longo do alagado do Rio Guaxindiba.

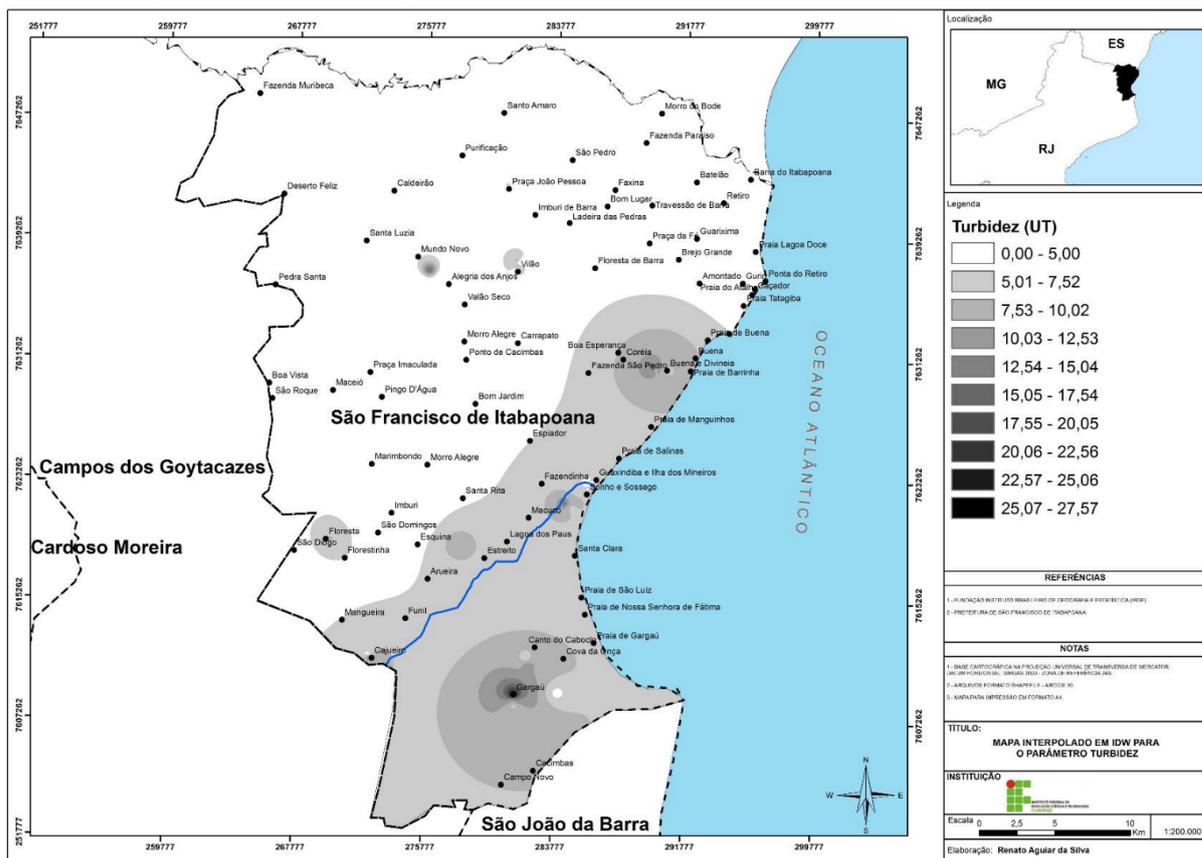
Na localidade de Gargaú, o evento pode ser atribuído ao fato de serem próximas ao rio Paraíba do Sul e estar sofrendo a influência deste corpo hídrico por percolação. Neste sentido, moradores confirmam ainda em seus relatos que no período chuvoso e de cheia do Rio a água dos poços apresentam coloração avermelhada e cheiro de “brejo”.

Zilmer; Carela e Rossete (2008) ao realizarem avaliação de características físico-químicas da água do Ribeirão Salgadinho, situado em Nova Xavantina – MT (Brasil), após chuvas fortes, ou períodos de chuva intensa, verificou que as águas de mananciais de superfície ficam turvas, isto é devido ao carregamento dos sedimentos das margens pela enxurrada, sendo assim, os solos argilosos e a movimentação das águas ocasionam o aumento da turbidez. Condições similares de aumento nos valores de turbidez podem ocorrer com a ocorrência de precipitação pluviométrica.

No caso das águas subterrâneas, podem aumentar a turbidez pelo fato dos poços serem escavados e utilizados sem nenhum tipo de revestimento, assim, sofrendo o desprendimento das paredes argilosas do

próprio poço. Segundo Zoby *et al.* (2006), os incrementos em turbidez e carga bacteriana podem ocorrer também devido, principalmente, à contaminação por esgoto doméstico.

Figura 7- Mapa temático relativo ao parâmetro Turbidez



4.4 Salinidade

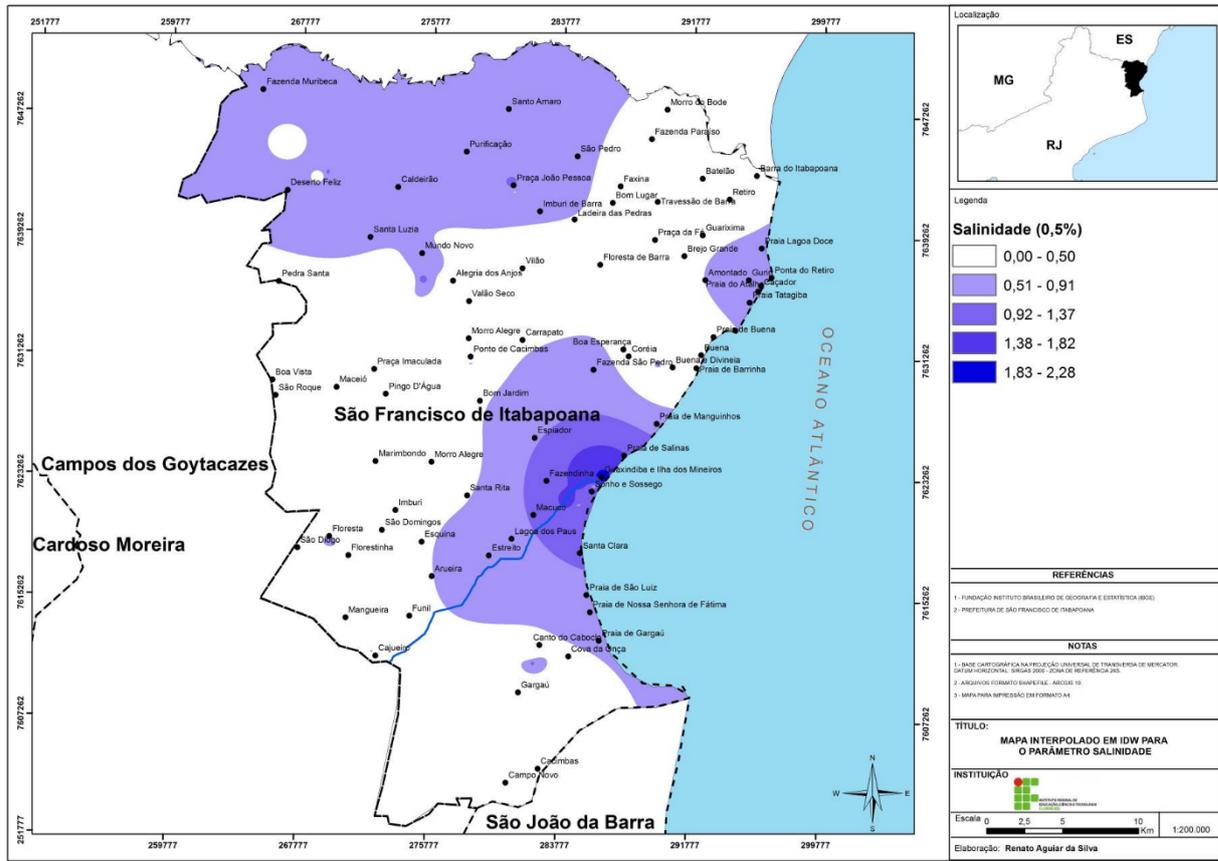
Nas análises utilizadas para a determinação da salinidade verificou-se que nas localidades situadas na área em branco do mapa da figura 8, possuem água com padrões ideais para o consumo humano para o parâmetro salinidade (menor que 0,5%). Neste sentido, nas áreas com coloração azul as análises verificaram uma tendência de água salobra, onde cerca de 29,94% das amostras estavam fora do padrão conforme Portaria N° 2.914 (BRASIL, 2011), as águas que possuem salinidade numa faixa entre 0,5 e 30%, estão enquadradas nesta categoria.

Estes resultados podem ser explicados pelo fato destas localidades estarem na costa

marinha, sofrendo a influência por percolação da água do mar. A visualização fica mais clara quando verificamos a área da foz do rio Guaxindiba, onde se pode observar que nela a influência marinha é muito maior que nas outras áreas da costa. Ao norte do município o mesmo comportamento é observado cuja origem provável é a intrusão de Cunha salina via rio Itabapoana.

Segundo Melo e colaboradores (2008), a salinidade da água subterrânea diminui à medida que a água subterrânea move-se para jusante com relação ao fluxo subterrâneo. Isto significa que o mecanismo de recarga contribui para uma diluição progressiva dos sais e uma redução na concentração do cloreto.

Figura 8 - Mapa temático relativo ao parâmetro Salinidade



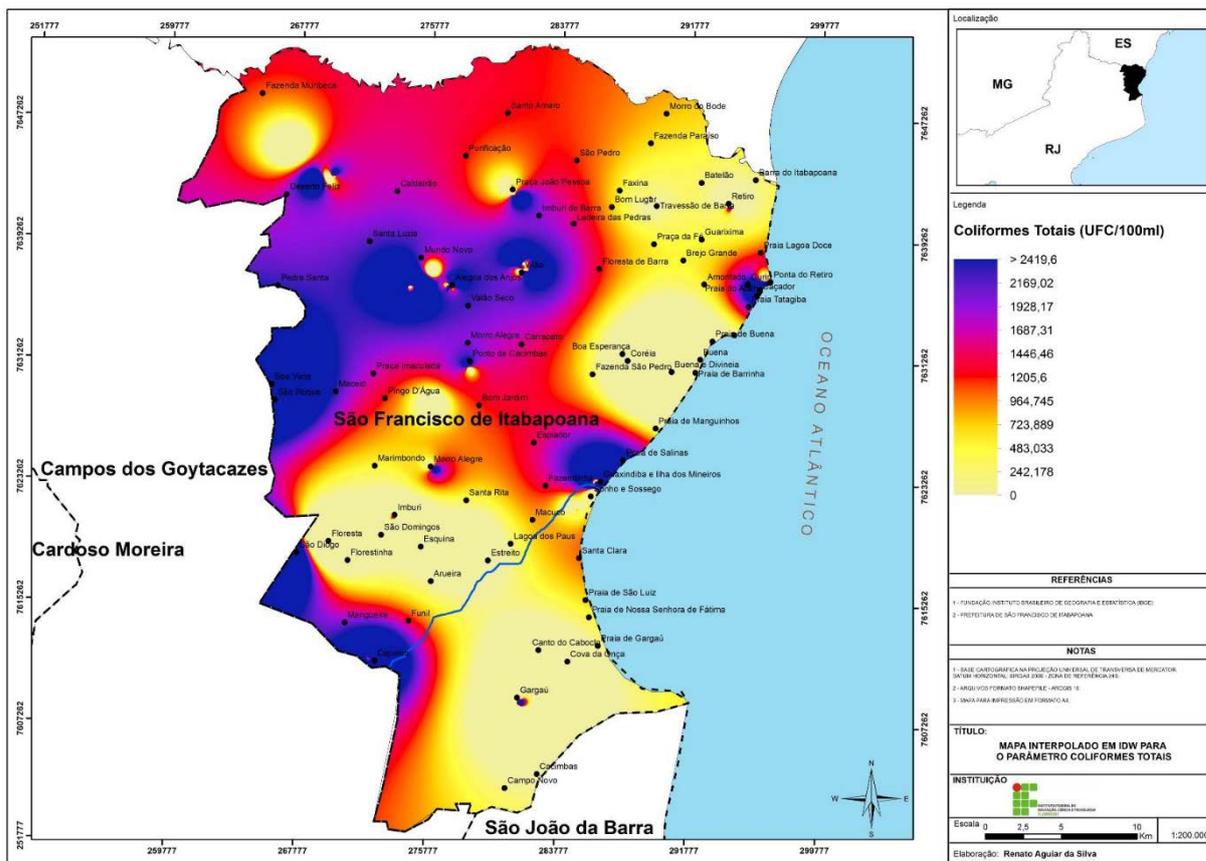
4.5 Coliformes Totais

Os resultados das análises da água subterrânea para o parâmetro coliformes totais indicam que 87,07% das amostras encontravam fora dos padrões de potabilidade. Considerando o uso da água para consumo humano, o Valor Máximo Permitido - VMP para coliformes totais é a ausência em 100 ml de água. Entretanto, a Portaria N° 2.914 (Brasil, 2011) admite que uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, pode apresentar resultado positivo em água de poços, fontes ou outra forma de abastecimento alternativo individual desde que haja ausência de *Escherichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes. A análise indicou que apenas 12,93% das amostras estavam dentro dos padrões e não possuíam contaminação por coliformes totais. Neste sentido, das 128 amostras que estavam

contaminadas com coliformes totais, 33 delas também continham contaminação por coliformes termotolerantes.

O mapa da Figura 9 representa espacialmente os resultados obtidos das análises para o parâmetro Coliformes Totais. Dentro das áreas mais contaminadas, deve-se ressaltar a localidade de Guaxindiba, pois é uma área mais povoada do município, e pelo fato das fossas serem rudimentares, representa uma tendência à contaminação por coliformes totais. Outra localidade que merece atenção é a área situada entre Mundo Novo e Alegria dos Anjos, conhecida pelo “lixão de São Francisco de Itabapoana”. Nesta região, o lixo era depositado sem nenhuma preparação capaz de minimizar o risco de contaminação ambiental e não existia nenhum controle quanto aos tipos de resíduos depositados e quanto ao local de disposição dos mesmos.

Figura 9 - Mapa temático relativo ao parâmetro Coliformes Totais



Na coleta dos dados foi medido a distância dos poços em relação às fossas, e foi verificado uma grande variação, entre 3 e 100 m e distância média em torno de 17m. Apenas 6,37% dos poços analisados possuíam distancia superior ou igual a 30m em relação à fossa de dejetos sanitários.

É importante ressaltar que em todas as residências analisadas o meio de disposição final de dejetos sanitários é a fossa (sumidouro), pois na maior parte do município não dispõe de esgotamento sanitário, o que pode contribuir para a contaminação. Segundo Camargo e Paulosso (2009) a curta distância entre fossas e poços pode ser considerada um dos grandes causadores do alto índice de contaminação, indicando que o lençol freático pode estar contaminado.

O escoamento das águas superficiais e as distâncias inferiores a 30m em relação às fossas sépticas facilita a contaminação dos poços de abastecimento (CAMARGO e PAULOSSO, 2009).

4.6 Coliformes Termotolerantes

A presença de bactérias do grupo Coliforme, especialmente as conhecidas como Coliformes Termotolerantes são indicadoras da contaminação do ambiente por matéria fecal proveniente de organismos de sangue quente.

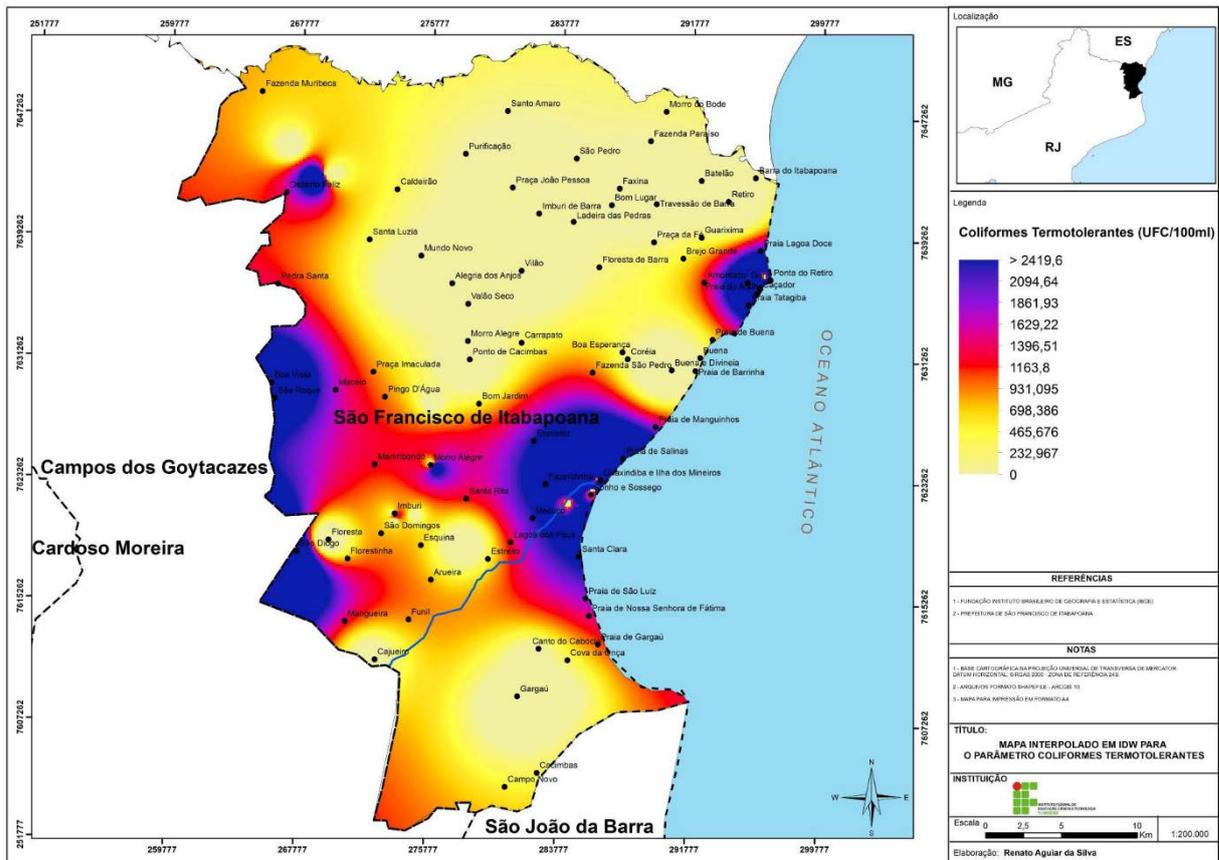
Segundo o MS, a simples presença de Coliformes Termotolerantes numa amostra de água de 100 ml acarreta numa não conformidade e invalida o uso deste manancial. O mapa da figura 10 representa espacialmente os resultados obtidos das análises para o parâmetro Coliformes Termotolerantes. Percebe-se que a tendência na contaminação está presente a na região central do município. Pode-se ressaltar que entre as praias de Santa Clara e Manguinhos, possui uma maior tendência à contaminação da água subterrânea, pois é a faixa onde ocorre a maior concentração urbana do município, segundo a Prefeitura Municipal a população nesta região duplica no verão, fazendo com que a demanda de água e o descarte do esgoto

também aumente. As localidades situadas entre a Praia de Buena e Lagoa Doce também obtiveram valores altos para o parâmetro Coliformes Termotolerantes. Na divisa do Município com Campos dos Goytacazes, nas localidades de São Diogo, Boa Vista e São Roque os valores encontrados mostraram uma tendência a contaminação por este parâmetro. No geral, em torno de 35,37% das amostras coletadas estavam em conformidade e não

apresentavam contaminação por Coliformes Termotolerantes, enquanto que 64,63% das amostras apresentavam contaminação.

A ocorrência de valores elevados de coliformes termotolerantes nestes ambientes são indicadores de contaminação devido ao despejo de efluentes *in natura* diretamente em fossas rudimentares que são construídas irregularmente e muito próximas ao poço de captação de água para consumo humano.

Figura 10 - Mapa temático relativo ao parâmetro Coliformes Termotolerantes



4.7 Ação do Estado

A instância municipal deve intervir de forma contundente e eficaz nestas localidades, a fim de zelar pela qualidade vida e saúde dos moradores. Dada as suas condições econômicas, ocupando a 90ª posição IDH estadual, o município deve buscar financiamento público existente.

Em nível estadual, São Francisco do Itabapoana é membro do Comitê de Bacia Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e do Itabapoana – CBHBPSI e em nível federal a região faz parte da área de atuação do

CEIVAP, Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. As duas representações, que recebem e aplicam os recursos arrecadados com a cobrança pelo uso da água na bacia, têm lançado editais periodicamente, principalmente com o objetivo de propiciar o saneamento em áreas críticas.

Por último, a população deve ser informada e educada (instruída) para que sejam tomadas providências para a proteção de seus recursos hídricos subterrâneos e superficiais, principalmente no caso de consumo para uso cotidiano.

5 CONCLUSÕES

A água subterrânea apresentou parâmetros fora do padrão de potabilidade em todas as localidades, em função da precária ou falta de manutenção dos poços e da sua inadequada construção, como perfuração feita próxima a fossa, entre outras.

Pode-se concluir ao analisar o parâmetro cloro, que possivelmente um número muito reduzido de residências fez uso de cloro para desinfecção da água, propiciando um meio adequado para a sobrevivência e proliferação de agentes patógenos oportunistas.

Para o parâmetro pH, conclui-se que a maioria dos domicílios visitados possuíam um valor muito abaixo do permitido e que existe uma tendência a menores valores de pH na localidade de Guaxindiba. Verificou-se que existe uma correlação entre o aparecimento de coliformes e o pH da água de consumo humano, revelando a importância do uso de medidas de manutenção e limpeza dos poços e caixas d'água.

Ficou evidente para o parâmetro turbidez que, as áreas onde ocorrem influência dos rios Paraíba do Sul e Guaxindiba, possuem uma maior tendência a valores altos de turbidez da água. Este fator também pode ser atribuído a má qualidade e falta de manutenção dos poços.

Após análises foi verificado que a salinidade estava fora dos padrões em cerca de 29,94% das amostras e este fato pode ser atribuído a percolação da água do mar nessas localidades costeiras e a localidade de Guaxindiba é novamente a que mais sofre com as águas salobras. No norte do município a maior salinidade ocorre provavelmente em função da intrusão da língua salina via rio Itabapoana.

Os parâmetros microbiológicos analisados demonstraram que 128 domicílios continham poços contaminados com coliformes totais, e dentre as áreas mais contaminadas, deve-se ressaltar a localidade de Guaxindiba, por ser uma área mais povoada do município, e pelo fato das fossas serem rudimentares, o que representa uma

facilidade à contaminação por coliformes totais.

Para o parâmetro Coliformes Termotolerantes 64,63% das amostras apresentaram contaminação, indicando a infecção por material fecal e precárias condições higiênico-sanitárias, não sendo aceitável para o consumo humano.

A correlação entre a distância da fossa e o poço de coleta de água concluiu que ocorre uma tendência a contaminação por coliformes totais e termotolerantes quando essa distância é inferior a 30 metros.

Os parâmetros analisados neste trabalho, provavelmente sofreram maiores alterações com relação a legislação em função da formação geológica predominante na região. O município é servido por três cursos d'água que deságuam no oceano e que sofrem importante influência marinha. A região entre os rios Paraíba do Sul e Guaxindiba encontra-se predominantemente a ocorrência de restinga e geologicamente é formada por depósitos marinho e flúvio-marinho, o que pode explicar os resultados inadequados para os parâmetros pH, turbidez e salinidade. Nota-se principalmente na foz do rio Guaxindiba, importante contaminação por coliformes totais e termotolerantes da água consumida pela população. Com relação a salinidade, resultado semelhante foi encontrado ao norte do município, provavelmente em função da intrusão salina no rio Itabapoana.

REFERENCIAS

ALVES, Maria Da Glória *et al.* - Avaliação de Elementos Tóxicos nas Águas Subterrâneas no Município de São Francisco De Itabapoana/RJ. *Águas Subterrâneas*, 2179-9784. 0:1 (2004).

BRASIL. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. (2011).

CÂMARA, Gilberto *et al.* - **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica** [Em linha]. São José dos Campos : INPE, 1996 [Consult. 22 ago. 2016]. Disponível em

- WWW:<URL:http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/anatomia.pdf>.
- CAMARGO, Mairo Fabio; PAULOSSO, Luciângela Vieira - Avaliação qualitativa da contaminação microbiológica das águas de poços no município de Carlinda – MT. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 30, n. 1, p. 77–82, 2009.
- DRUCK, Suzana - **Análise espacial de dados geográficos**. Planaltina : EMBRAPA Cerrados, 2004.
- FGV - **O Mapa da fome II**, 2004. [Consult. 8 mai. 2016]. Disponível em WWW:<URL:http://www.cps.fgv.br/cps/MapaFimFomeII/inicio.htm>.
- IBGE - **Censo 2010IBGE, 2010**. [Consult. 8 abr. 2012]. Disponível em WWW:<URL:http://www.censo2010.ibge.gov.br>.
- IBGE - **Atlas de saneamento 2011** [Em linha]. Rio de Janeiro : Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011 [Consult. 8 out. 2013]. Disponível em WWW:<URL:ftp://geoftp.ibge.gov.br/atlas/atlas_saneamento/atlas_saneamento_2011.zip>. ISBN 978-85-240-4202-7.
- LAMEGO, Alberto Ribeiro - **O homem e o brejo** [Em linha]. Rio de Janeiro : Conselho Nacional de Geografia, 1945 [Consult. 8 mai. 2016]. Disponível em WWW:<URL:http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv13016_v1.pdf>.
- LE LOIR, Yves; BARON, Florence; GAUTIER, Michel - Staphylococcus aureus and food poisoning. **Genetics and molecular research: GMR**, v. 2, n.1, p. 63–76, 2003.
- LINS, Beatriz; NASCIMENTO, Marcelo - Fenologia de Paratecoma peroba (Bignoniaceae) em uma floresta estacional semidecidual do norte fluminense, Brasil. **Rodriguésia - Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, v. 61, n. 3, 2010.
- MELO, Jose Geraldo De *et al.* - Aspectos da Salinização das Águas Subterrâneas na Borda Sul da Bacia Potiguar, RN. **Águas Subterrâneas**, 0:0, 2008.
- MOURA, André Negrão De; ANDRADE, José Geraldo Pena De; LUVIZOTTO JÚNIOR, Edevar. **Compartilhamento de dados entre sistemas de informação geográfica e modelos de simulação hidráulica**. Aracaju : [s.n.]
- NERI, Marcelo Cortes - **Trata Brasil: saneamento e saúde**. Centro de Políticas Sociais. [Em linha]. Rio de Janeiro : Fundação Getúlio Vargas, 2007 [Consult. 8 mai. 2016]. Disponível em WWW:<URL:http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/pesquisa1/texto.pdf>.
- PNUD; IPEA; FJP/MG - **Atlas do desenvolvimento humano no Brasil - São Francisco de Itabapoana**, 2013. [Consult. 8 jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL:http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/sao-francisco-de-itabapoana_rj>.
- RICE, Eugene W. *et al.* (EDS.) - **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed ed. Washington, DC : American Public Health Association, 2012. ISBN 978-0-87553-013-0.
- ROCHA, César Henrique Barra - **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora : UFJF, 2002.
- SALES, Claudio Wagner; QUINTO JÚNIOR, Luiz De Pinedo; OLIVEIRA, Vicente De Paulo Santos De - Avaliação da contaminação do solo e da água subterrânea na área do lixão de São Francisco de Itabapoana - RJ. Em **Seminário Sobre Ecotoxicologia Aquática** [Em linha]. Campos dos Goytacazes : Essentia, 2011 [Consult. 5 ago. 2016]. Disponível em WWW:<URL:http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/SEAquatica/article/view/1490>.
- SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**DESA. . 4. ed. Belo Horizonte : UFMG, 2014.
- TCE - **São Francisco do Itabapoana**. Estudos socioeconômicos dos municípios do estado do Rio de Janeiro. [Em linha]. Rio de Janeiro : Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro, 2015 [Consult. 8 jun. 2016]. Disponível em WWW:<URL:http://www.tce.rj.gov.br/>.

WERNECK, Laert Guerra; FULGENCIO, Alvaro Goulart; SALES, Cláudio Wagner - Conjuntura dos Recursos Hídricos do Município de São Francisco de Itabapoana, RJ. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 6, n. 1, p. 69–83, 2013. doi: 10.5935/2177-4560.20120005.

ZILLMER, Tatiane Aparecida; VARELA, Renato Figueiredo; ROSSETE, Amintas Nazareth - Avaliação de algumas características físico-químicas da água do Ribeirão Salgadinho, Nova Xavantina-MT. **Holos Environment**, v. 7, n. 2, p. 123–138, 2008.

ZOBY, J. L. *et al.* - Hidrogeología del Brasil: una breve crónica de la potencialidades, problemática y perspectivas. **Boletín geológico y minero**, v. 117, n. 1, p. 25–36, 2006.