



Qualidade das Águas Subterrâneas do Município de Frecheirinha – Estado do Ceará e Caracterização das Obras de Captação

Branco¹, Adelano Castelo; Albuquerque¹, Carlos Alberto da Silva; Sabadia², José Antonio Beltrão; Souto², Michael Vandesteem Silva

Resumo: Este trabalho foi desenvolvido na sede municipal do município de Frecheirinha, em uma área de estudo com 39km². Frecheirinha encontra-se situado na porção noroeste do Ceará, limitando-se com os seguintes municípios: sul com Ubajara, oeste com Tianguá e este com Coreaú. O trabalho teve início com os dados dos 56 poços cadastrados no sistema SIAGAS/CPRM. Dos 56 poços cadastrados no sistema SIAGAS/CPRM, 51 puderam ser visitados em todo o município. Quando possível foram feitas atualizações: proprietário data de perfuração, nível estático, vazão, condutividade elétrica, estado da obra, uso da água e avaliada a evolução da construção dos poços. Posteriormente foram selecionados 20 poços tubulares ativos, distribuídos na sede do município, atentando-se para uma distribuição espacial abrangente, possibilidade de acesso às medidas de condutividade elétrica, pH, temperatura, finalidade e importância do uso da água. Sempre foram observadas as condições de conservação e estado da obra de captação (com fotos também). Dos 20 poços selecionados dentro da sede municipal, 10 foram selecionados para realização de análises químicas. Os parâmetros analisados foram: Cloreto, Sódio, Magnésio, Cálcio, Sulfato, Ferro, Alcalinidades para Carbonato, Bicarbonato e Hidróxido, STD, ST e Turbidez. Os resultados foram submetidas ao cálculo de balanço iônico, e tratados com o auxílio programa computacional QualiGraf (para classificação iônica e qualidade para irrigação), além de contrastados com a Portaria 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde.

Palavras-chave: Recursos Hídricos Subterrâneos, Qualidade das Águas, Águas Subterrâneas, Caracterização das Obras de Captação.

Abstract: *This work was developed in the municipal seat of the municipality of Frecheirinha, in an area of 39km². Frecheirinha is situated in the northwestern portion of Ceará, and borders by the following municipalities: Ubajara, south, Tianguá, west and Coreaú, east. The work began with data from 56 wells registered in SIAGAS/CPRM system. Of the 56 wells registered in SIAGAS/CPRM system, 51 could be visited throughout the municipality. When were possible updates have been made, as: owner,*

1 Geólogos graduados pela Universidade Federal do Ceará

2 Universidade Federal do Ceará - Departamento de Geografia

Autor para correspondência: José Antonio Beltrão Sabadia

Programa de Pós-Graduação em Geologia - Universidade Federal do Ceará - Av. Humberto Monte, s/n, Campus do Pici, bloco 912 - Fortaleza - CE. E-mail: sabadia@ufc.br

Recebido em 02 de Junho de 2014 / Aceito em 19 de Dezembro de 2014

date of drilling, static water level, flow, electrical conductivity, conservation status of the wells, water use and evaluated the progress of the construction of the wells. Subsequently 20 active wells, distributed in the municipal, were selected paying attention to a comprehensive spatial distribution, accessibility to measurements of electrical conductivity, pH, temperature, purpose and importance of water use. During all work the state of conservation of the wells were observed and described (with photos too). Of the 20 selected within the municipal seat wells, 10 were selected to perform chemical analyzes. The parameters analyzed were: Chloride, Sodium, Magnesium, Calcium Sulphate, Iron, alkalinities for carbonate, bicarbonate and hydroxide, TDS, TS, and Turbidity. The results were submitted to ionic balance calculate, and treated with the computational program QualiGraf (ionic classification and irrigation), and contrasted with the 2.914 Ordinance, 2011 of the Ministry of Health.

Key words: *Groundwater, Water Quality, Wells Characterization.*

1. INTRODUÇÃO

Dentre tantas expressões que relatam a importância da água para a humanidade destaca-se “A água é a fonte da vida”, como uma das mais pronunciada pelo homem. Para que seja dada tanta significância deve-se compreender mais sobre o ciclo das águas, atuando como fonte de recarga das águas subterrâneas na dinâmica do sistema hídrico e o indissociável tratamento entre as águas superficiais e subterrâneas.

As águas subterrâneas, conforme Rebouças (2006), não são “fotogênicas” e, por isso, normalmente são menos lembradas, apesar de constituir a maior parte de toda a água doce líquida disponível do planeta (97%), e menos suscetível a poluição e contaminação, quando comparadas às águas superficiais.

O presente estudo teve início com os dados dos 56 poços cadastrados no sistema SIAGAS/CPRM. 51 destes poços puderam ser visitados em todo o município, quando possível foram feitas atualizações: proprietário, data de perfuração, nível estático, vazão, condutividade elétrica, estado da obra, uso da água e avaliada a evolução

da construção dos poços. Posteriormente, foram selecionados 20 poços tubulares ativos, distribuídos na sede do município, atentando-se para uma distribuição espacial abrangente, possibilidade de acesso às medidas de condutividade elétrica, pH, temperatura, finalidade e importância do uso da água. Foram sempre observadas, cadastradas e fotografadas as condições de conservação e estado da obra de captação. Destes 20 poços tubulares considerados dentro do limite da sede municipal, 10 foram selecionados para realização de análises químicas. Os parâmetros analisados foram: Cloreto, Sódio, Magnésio, Cálcio, Sulfato, Ferro, Alcalinidades para Carbonato, Bicarbonato e Hidróxido, STD, ST e Turbidez. Os resultados foram submetidas ao cálculo de balanço iônico, e tratados com o auxílio programa computacional QualiGraf (Möbus, 2003; disponível na página da FUNCEME/CE), para classificação iônica e qualidade para irrigação, além de contrastados com as normas e padrões da Portaria 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde.

1.1. Localização e Acesso

O município de Frecheirinha situa-se na porção noroeste do estado do Ceará, mesorregião noroeste cearense, limitando-se a Sul com Ubajara, a Oeste com Tianguá e a leste Coreaú (Figura 01). Compreende uma área de 202km², inserida na carta topográfica Frecheirinha (Folha SA.24-Y-C-VI). A sede municipal

(área de estudo) compreende aproximadamente 52km².

O acesso ao município, a partir de Fortaleza, pode ser feito pela BR-222 até perto do sopé da *cuesta* (encosta) da serra da Ibiapaba, no município de Frecheirinha. Por estradas secundárias, dobrando-se a esquerda, atinge-se a sede, vilas, lugarejos, sítios e fazendas.

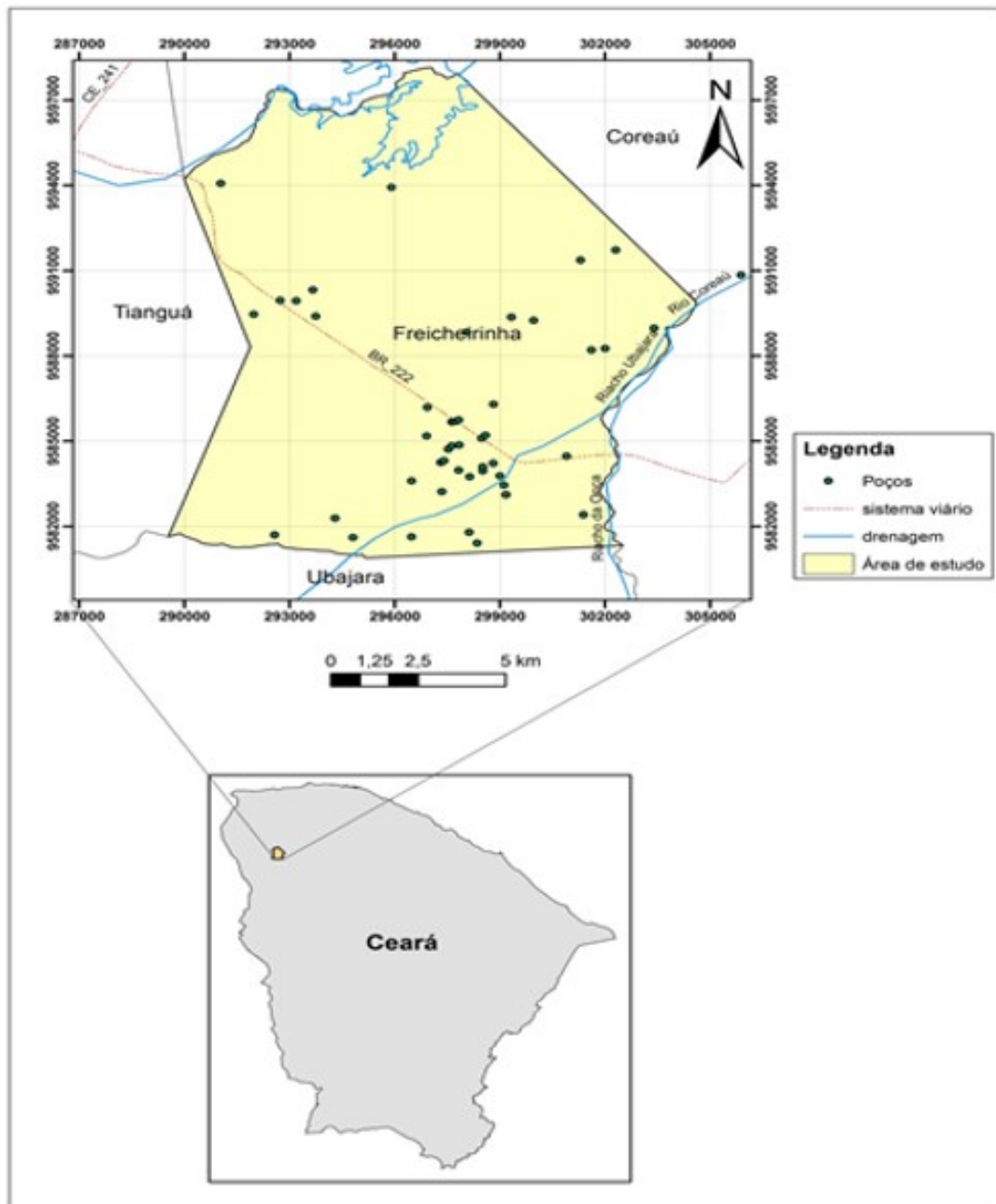


Figura1: Localização e acesso da área de estudo.

1.2. Justificativas

Apesar de todo o esforço da distribuição de água pelo serviço de abastecimento de água fornecida pela Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE), notadamente concentrada na captação de águas superficiais, as condições climáticas semiáridas são imponentes. Apesar do município de Frecheirinha encontrar-se na vertente oeste da serra da Ibiapaba, fica situado um pouco distante da citada serra (na divisa com o estado do Piauí), recebendo precipitações pluviométricas bem variadas a cada ano hidrológico, mesmo com as chuvas advindas do “bloqueio cuneiforme” produzido pela elevação da serra da Ibiapaba, com altitudes médias de 750m, a precipitação média anual é de 600mm (FUNCEME, 2012), sendo os rios todos intermitentes.

Desta maneira as águas subterrâneas apresentam-se como uma necessidade fundamental e, durante todo o período de trabalho em campo, muitas das obras de captação (poços tubulares, cacimbas, poços amazonas, etc.), estavam sendo recuperadas, com a distribuição via CAGECE intermitente por muitos dias, ou mesmo, em alguns locais, completamente inoperante. Os poucos açudes existentes estavam praticamente secos (alguns completamente sem água).

1.3. Objetivos

Dos 56 poços cadastrados no sistema SIAGAS/CPRM, 51 puderam ser visitados em todo o município. Quando possível foram feitas atualizações: proprietário data de perfuração, nível estático, vazão, condutividade elétrica, estado da obra, uso da água e avaliada a evolução da construção dos poços. Posteriormente foram selecionados 20

poços tubulares ativos, distribuídos na sede do município, atentando-se para uma distribuição espacial abrangente, possibilidade de acesso às medidas de condutividade elétrica, pH, temperatura, finalidade e importância do uso da água. Sempre foram observadas as condições de conservação e estado da obra de captação (com fotos também). Dos 20 poços tubulares selecionados dentro da sede municipal, 10 foram destacados para realização de análises químicas. Os parâmetros analisados foram: Cloreto, Sódio, Magnésio, Cálcio, Sulfato, Ferro, Alcalinidades para Carbonato, Bicarbonato e Hidróxido, STD, ST e Turbidez. Os resultados foram submetidas ao cálculo de balanço iônico, e tratados com o auxílio programa computacional QualiGraf (Möbus, 2003), para a classificação iônica e qualidade para irrigação, além de contrastados com a Portaria 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde. Foi também cadastrada uma cacimba ainda em uso.

2. METODOLOGIA

A metodologia aplicada envolveu uma diversidade de atividades que foram direcionadas no sentido de substanciar o desenvolvimento da pesquisa, seguindo um cronograma previamente estabelecido e dividido em etapas apresentadas a seguir.

2.1. Levantamento Bibliográfico

O levantamento bibliográfico concentrou-se em trabalhos referentes à geologia, hidrogeologia e aspectos geoambientais. Esta pesquisa foi realizada junto aos órgãos públicos como CPRM (Serviço Geológico do Brasil), através do banco de dados do SIAGAS/CPRM, 2012 (Sistema de Informação de Águas Subterrâneas), COGERH (Companhia de Gestão dos

Recursos Hídricos), SOHIDRA (Superintendência de Obras Hidráulicas), FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos), SRH (Secretária dos Recursos Hídricos) e IPECE (Instituto de Pesquisa e Estratégica Econômica do Ceará).

2.2. Cadastramento dos Poços

Nesta etapa foi atualizado o cadastro de poços tubulares e poços escavados (cacimbas) existentes na área de estudo através das informações fornecidas pela CPRM dentro do banco de dados SIAGAS/DNPM, 2012 e do Atlas Eletrônico dos Recursos Hídricos do Ceará, 2003. Foram cadastrados 51 poços, sendo 47 poços tubulares e 4 poços tipo amazonas (cacimbas escavadas). Esta etapa teve por objetivo verificar e atualizar in situ as diversas informações contidas nas fichas técnicas, completando as lacunas sem dados, e na medida possível, levantar novas informações junto às comunidades locais, tais como nome do atual proprietário, ano da perfuração, profundidade do poço, quanto ao uso da água captada e caracterizar principalmente como se encontra a atual situação do mesmo.

2.3. Elaboração das Bases Temáticas

Inicialmente foram integradas as informações obtidas nas fases anteriores com o objetivo de gerar um arquivo de dados integrando as diversas informações sobre os poços, tais como: data de perfuração dos poços, situação das obras de captação das águas, finalidade do uso, medidas in situ (pH, CE, T°C; utilizando-se uma sonda multiparamétrica; e, nível estático (medidor elétrico sonoro com trena de 30m), dentre outros dados possíveis. Foi realizado um tratamento estatístico utilizando planilhas eletrônicas e gerando

-se bases para, a partir daí, realizar um planejamento para novas atividades a serem executadas no decorrer do trabalho.

Posteriormente foram confeccionados mapas preliminares com os poços do cadastro, convertidos para escala de trabalho adequada à finalidade. As bases foram geradas pelo programa de sistema integrado de georreferenciamento (SIG) fornecido pelo banco de dados do SIAGAS/CPRM (2012).

2.4. Etapas de Campo

Esta etapa constou de três fases, a primeira com objetivo verificar a acuracidade dos dados das obras de captação (poços) com medições in situ buscando complementar e/ou adicionar novos dados a este conjunto de dados (Base de dados do SIAGAS/CPRM, 2012). A segunda fase constou da seleção de 20 poços tubulares ativos, distribuídos na sede do município, atentando-se para uma distribuição espacial abrangente, possibilidade de acesso às medidas de condutividade elétrica, pH, temperatura, nível estático, finalidade e importância do uso da água.

A última fase (terceira) ficou direcionada a 10 destes 20 poços acima citados (dentro da sede municipal), para a coleta das amostras de água para análises químicas laboratoriais. Levou-se em consideração critérios pré-estabelecidos sendo eles: representatividade dos poços na área, facilidade de acesso ao poço, uso preponderante da água (consumo humano, irrigação, etc.), dados de perfil construtivo, poços ativos e que estivesse próxima a fonte potencial de poluição, tais como, lixo, fossas ou esgoto doméstico. Foi cadastrada também uma cacimba.

2.5 Análises de Amostras de Água Subterrânea

As análises físico-químicas das águas foram realizadas no LANAGUA; Laboratório Núcleo de Água do Departamento de Química Analítica e Físico Química da Universidade Federal do Ceará. Os procedimentos dos métodos empregados nas análises estão descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005).

Os parâmetros analisados foram: Cloreto, Sódio, Magnésio, Cálcio, Sulfato, Ferro, Alcalinidades para Carbonato, Bicarbonato e Hidróxido, Condutividade Elétrica, pH, Temperatura, STD, ST e Turbidez. Os resultados foram submetidas ao cálculo de balanço iônico, e tratados com o auxílio programa computacional QualiGraf (Möbus, 2003; disponível na página da FUNCEME/CE), além de contrastados com as normas e padrões da Portaria 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde.

As águas também foram classificadas ionicamente (diagrama de Piper), como para uso em irrigação utilizando-se do diagrama do *United States Salinity Laboratory* (USSL).

Após o término das etapas anteriores tratou-se da integração e discussão de todos os dados obtidos com a utilização de alguns *softwares*, tais como ArcGis, para a realização dos mapas, Excel (histogramas) e do QualiGraf, como já dito e, a apresentação final de dados.

3. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA

A região encontra-se inserida no contexto da Província Borborema, que é sistematizada por Santos (1999) em três segmentos tectônicos fundamentais, limitados por importantes zonas de cisalhamento brasileiras aqui denomi-

nados de Subprovíncia Setentrional, Subprovíncia da Zona Transversal ou Central e Subprovíncia Externa ou Meridional, as quais foram subdivididas em domínios, terrenos ou faixas, com base no patrimônio litoestratigráfico, feições estruturais, dados geocronológicos e assinaturas geofísicas.

A área pesquisada compõe parte da Região de Dobramentos do Médio Coreau, entidade geotectônica definida por Brito Neves (1975), que ocupa a porção noroeste do estado do Ceará, na Subprovíncia Setentrional.

O Domínio Médio Coreau está localizado a Noroeste (NW) da Zona de Cisalhamento Sobral – Pedro II, componente do Lineamento Transbrasiliano–Kandi, que apresenta direção NE–SW, de idade Neoproterozóico, zona cinemática de transcorrência dextral, que o separa do Domínio Ceará Central. Esse domínio é formado pelas rochas do embasamento gnáissico migmatítico-granulítico, representado pelo Complexo Granja, e pelo conjunto supracrustal constituído pelos metassedimentos dos Grupos São Joaquim, Martinópolis, Ubajara e Jaibaras, de acordo com Santos (1999).

O Complexo Granja é considerado o embasamento da Faixa Martinópolis – Ubajara sendo constituído por ortognaisses TTG, granulitos ortoderivados e paraderivados e migmatitos. A granulitização e a migmatização do Complexo Granja ocorreram no Neoproterozóico.

A Faixa Martinópolis – Ubajara compõe-se de sequências supracrustais de margem continental passiva, depositadas entre 775 e 808Ma, metamorfoseadas em torno de 650Ma.

O Grupo Martinópolis corresponde à unidade inferior, que se inicia por quartzito e metacalcário, intercalados com rochas metavulcânicas (Formação São

Joaquim), seguidos por uma sequência metapelitocarbonática (formações Covão e Santa Terezinha).

O Grupo Ubajara, dominante em todo o território do município de Frecheirinhas, é constituído por sedimentos clastopelíticos (formações Trapiá e Caiçaras), com uma importante fácies carbonática, denominada de Formação Frecheirinha (em função do próprio município), a qual é superposta por uma recorrência clastopelítica (Formação Coreáú). Toda esta sequência é interpretada como de ambiente flúvio-marinho, contendo pequenos riftes implantados ao longo de algumas zonas de cisalhamento brasileiras que superpõem essas litologias e, são interpretados como bacias extensionais ou de escape de idade eocambrianas ou cambro-ordovicianas (Brito Neves, 1999).

Nesse trabalho monográfico é dada ênfase a área de estudo onde se situa o objeto de pesquisa:

A Formação Frecheirinha apresenta ocorrências de rochas metacalcárias, distribuindo-se em faixas irregulares na região compreendida entre a Serra da Ibiapaba e a Serra da Meruoca. Sua área tipo de ocorrência situa-se em torno da cidade de Frecheirinha, que cede seu nome à Formação. Litologicamente é constituída de metacalcários pretos, cinza-escuros e cinza azulados, raramente cremes e rosados, de granulação fina, bastante impura e com intercalações eventuais de delgados leitos de margas, metassiltitos e quartzitos escuros. Seu ambiente deposicional é considerado como marinho raso (plataformal).

Os metacalcários da Formação Frecheirinha são compostos mineralogicamente essencialmente de calcita e, em quantidades subordinadas, dolomita, matéria argilosa, óxidos de ferro e

quartzo. A calcita apresenta-se quase sempre como uma massa micrítica textualmente arranjada em mosaico, enquanto os veios recristalizados exibem caráter esparítico (BRASIL, 1979).

Como essa unidade é caracterizada por contatos transicionais e interdigitados, intensamente dobrada e falhada, é difícil identificar sua espessura máxima, entretanto estimasse que uma ordem entre 400 a 500 metros. Nos afloramentos, a Formação Frecheirinha apresenta-se em bancos de metacalcário predominantemente preto ou cinza escuro intensamente cortado por veios de calcita e sílica, exibindo sempre superfícies de dissolução.

A Figura 2 apresenta uma síntese geológica do município em questão, baseada no Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará/CPRM (2003).

Do ponto de vista Hidrogeológico pode-se considerar dois domínios com comportamento hidráulico absolutamente distintos: as litologias do Grupo Ubajara, notadamente metassedimentares, ocorrendo como destaque na sede e em grande parte do município a Formação Frecheirinhas, que se apresenta como um meio fraturado (comportamento de meio cristalino) e, os sedimentos aluvionares (meio sedimentar).

As rochas metassedimentares predominam totalmente na área e, em função dos níveis de metamorfismo e silicificação, praticamente não apresentam mais uma porosidade primária.

Nas rochas cristalinas típicas a ocorrência da água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios e descontínuos. Dentro deste contexto, as vazões produzidas pelos poços são baixas e a água, em função da

maior dificuldade de circulação e dos efeitos do clima semi-árido é, na maior parte das vezes, salinizada. Essas condições atribuem um potencial hidrogeológico baixo para esse domínio sem, no entanto, diminuir sua importância como alternativa de abastecimento em casos de pequenas comunidades ou como reserva estratégica em períodos prolongados de estiagem.

Os depósitos aluvionares são representados por sedimentos areno-argilosos recentes, que ocorrem margeando as calhas dos principais rios e

riachos que drenam a região e se apresentam pontualmente como uma alternativa como manancial, tendo uma importância relativa alta do ponto de vista hidrogeológico, principalmente em regiões semiáridas com predomínio de rochas com comportamento fissural. A alta permeabilidade dos terrenos arenosos em alguns pontos compensa as pequenas espessuras, podendo produzir vazões significativas apesar de sua elevada vulnerabilidade natural aos processos de contaminação.

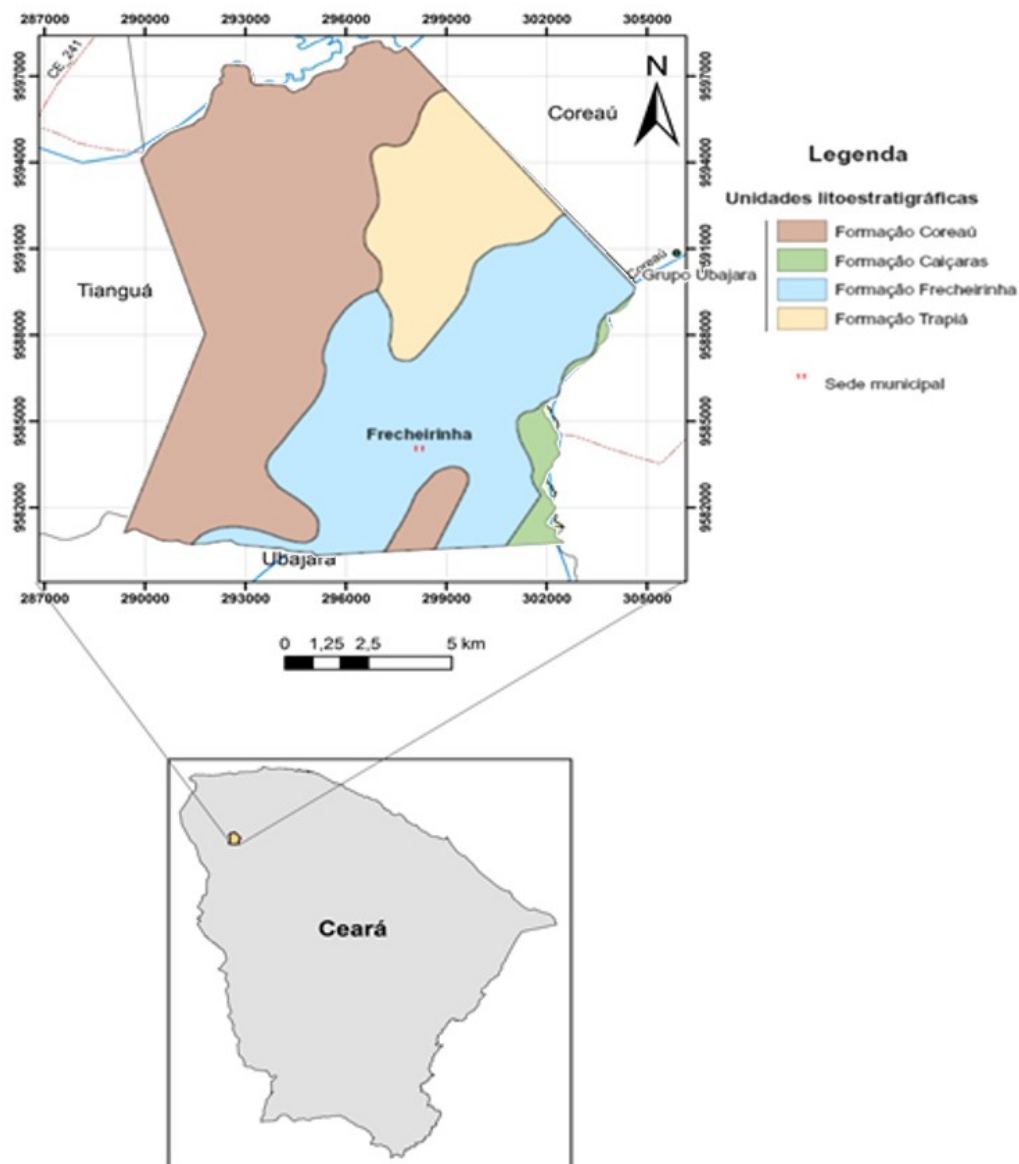


Figura 2: Mapa Geológico Simplificado do Município de Frecheirinha (Baseado no Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará/CPRM, 2003).

4. CARACTERIZAÇÃO DAS OBRAS DE CAPTAÇÃO

Foi feito um levantamento sistemático das características técnicas construtivas e de uso e conservação das obras de captação. Essa análise objetivou compreender as condições de exploração e proteção dos aquíferos na área estudada.

4.1. Evolução da Construção dos Poços Tubulares e Situação

Com relação à evolução da construção dos poços tubulares, dos 51 cadastrados no banco de dados do SIAGAS/CPRM, 2012, foi observado que na década de 90 ocorreu o maior período de construções de poços (39%). Entre os anos de 2000 a 2011 foram construídos 11 poços (Figura 3).

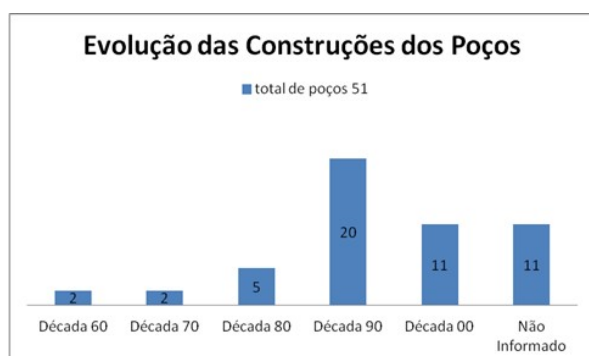


Figura 3: Evolução do período de construção dos poços tubulares no município de Frecheirinha, com base no SIAGAS/CPRM (2012).

Em relação à situação dos poços tubulares, dos 51 cadastrados no banco de dados do SIAGAS/CPRM, 2012, 26 poços (50,98%) estão equipados, 2 poços (3,92%) foram fechados, 1 poço encontra-se abandonado (1,97%), 17 poços (33,33%) não dispõem de informação e 5 poços não foram instalados (9,81%), ou seja, não foram completados (Figura 4).

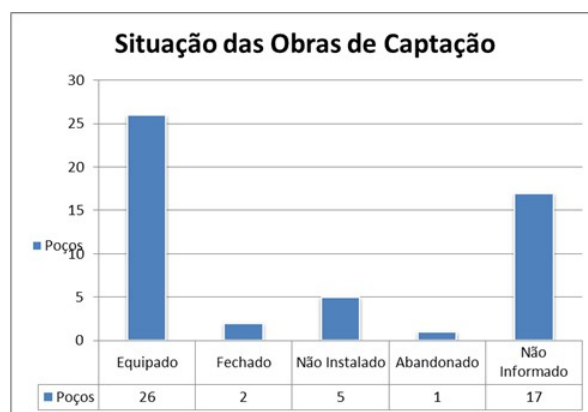


Figura 4: Situação dos poços tubulares no município de Frecheirinha, com base no SIAGAS/CPRM (2012).

4.2. Profundidades dos Poços Tubulares, Níveis Estático e Dinâmico e Vazões

Esta avaliação foi feita com base nos dados do SIAGAS/CPRM de 2012 com as atualizações possíveis realizadas nos trabalhos de levantamento de campo (poços tubulares).

As profundidades dos poços tubulares do município têm uma média de 58,6m, com valor mínimo de 25m e máximo de 100m (desvio padrão calculado de 11,7).

Os níveis estáticos (NE) variaram entre um mínimo de 6m e um máximo de 23,2m, com valor médio de 9,5m (desvio padrão de 3,6).

Os níveis dinâmicos (ND) variaram entre um mínimo de 12m e um máximo de 55m, com valor médio de 33m e desvio padrão de 18.

As vazões dos poços oscilaram entre um mínimo de 0,33m³/h e um máximo de 7,8m³/h com desvio padrão de 2,2.

4.3. Tipo de Poços e Revestimentos das Captações Avaliadas na Sede Municipal

Além dos 20 poços tubulares ativos monitorados na sede municipal foi

identificado um (1) poço tubular aberto abandonado e um (1) poço escavado (tipo cacimba). Os revestimentos dos 20 poços tubulares ativos são em PVC (tubo geomecânico; diâmetro variando entre 8 e 4 polegadas), com sistema de extração de água via bomba submersa elétrica. A cacimba encontra-se revestida em alvenaria (cimentada), com os pedaços das rochas retiradas da própria escavação e a captação de água é manual (a cacimba registrada apresenta um diâmetro aproximado de 2 metros e profundidade de 10 metros). O revestimento em alvenaria da cacimba é realizado para proteger os possíveis desmoronamentos e é realizado somente nos primeiros metros da captação, correspondendo à zona de intemperismo e/ou zona de solo. Segundo o dono a água da cacimba é pouco usada.

4.4. Principais Problemas Construtivos e de Localização das Captações Avaliadas na Sede Municipal

Em relação aos 20 poços tubulares avaliados na sede municipal foram identificados como principais problemas construtivos desde a locação indevida dos poços faltam completação, cimentação, proteção sanitária (selo sanitário da boca do poço) e a notada precariedade de seus abrigos para proteção do poço (no sentido de impedir o acesso de animais, eventuais danos, etc.).

As normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NB 1290 e 12212) recomenda uma distância mínima entre o poço e as potenciais fontes de contaminação. As principais fontes de contaminação dos aquíferos ou poços de água na área referem-se à falta de saneamento básico, uso de fossas sépticas e lixões. Recomenda-se que os poços sejam

alocados pelo menos a 15m das fossas sépticas, distantes de focos de lixos, sendo o saneamento básico (coleta de esgotos) essencial para o município.

A ocupação de espaço na área de estudo sem o devido planejamento e estudo, concorre para que o local de construção dos poços muitas vezes ocorra a poucos metros entre as fossas sépticas e a obra de captação, bem como em lugares próximos de acumulação de resíduos, lixos diversos e esgotos a céu aberto (Figura 5).



Figura 5: Observa-se a ocorrência de lixo e esgoto nas imediações do poço no bairro Mutirão Bela Vista (08/2012). Coordenadas do poço: 297888 /9583984 (UTM SAD 69).

Outro problema comum a todos os 20 poços tubulares avaliados é a falta de completação da obra de captação, sem a o devido selo de proteção, além da boca do poço estar praticamente rente ao nível do solo e, na maioria das vezes abertos ou selados de forma improvisada e inadequada as normas de proteção (Figura 6). As normas brasileiras (Associação Brasileira de Normas Técnicas/ABNT – NB 1290 e 12212) define claramente a necessidade de construção de uma laje de concreto envolvendo o tubo de revestimento (a boca do poço) com declividade do centro

(revestimento) para a borda com uma área mínima de 1m² e espessura mínima de 15cm. A coluna do tubo de revestimento, igualmente de acordo com a normativa técnica, deve ficar saliente (distante) do solo no mínimo com 50cm a partir da laje de proteção.



Figura 6: Poço sem a devida completação. Faltam a laje de proteção, tamponamento (o poço encontra-se aberto), além de estar praticamente ao nível do solo, mostrando a clara falta de atenção com a obra de captação, comum em todos os 18 poços vistoriados (08/2012). Localização no centro onde está instalada a Prefeitura Municipal de Frecheirinha. Coordenadas do poço: 298472/9584672 (UTM SAD 69).

Alguns poços não considerados nesta avaliação encontram-se abandonados, abertos e cheios de entulhos e sedimentos diversos, como o do Centro Social Urbano (Figura 7).

Em relação ao poço escavado (cacimba) cadastrada na área, ela se encontra aberta, com aproximadamente 2m de diâmetro, como já anteriormente dito e está praticamente ao nível do solo, representando um perigo de contaminação para o meio aquífero e também para os usuários e a população em geral (Figura 8).



Figura 7: Poço abandonado localizado no Centro Social Urbano, de maneira completamente inadequada (ao nível do solo e aberto), mostrando uma potencial fonte de poluição do aquífero e uma completa desconsideração com a obra pública e políticas de proteção do município. Coordenadas do poço: 298906 /9584170 (UTM SAD 69).



Figura 8: Cacimba aberta, praticamente ao nível do solo e tendo ao seu lado construído um banheiro. Isso acarreta um potencial de contaminação às águas subterrâneas, além do risco à população, notadamente relacionado às pessoas mais velhas e crianças (08/2012). Coordenadas da cacimba: 297478/9583274 (UTM SAD 69).

4.5. Uso das Águas e Propriedade dos Poços

As águas dos poços tubulares ativos visitados na área são usadas para diversos fins. Do total de 20 obras de captação uso das águas, temos 19 públicos para finalidades múltiplas de uso e um poço particular para irrigação e consumo humano localizado em um sítio dentro da sede municipal. A cacimba é particular e tem suas águas utilizadas para fins múltiplos, quando necessário, sendo bem pouco utilizada, segundo seu proprietário. Suas águas não foram monitoradas, mas, foi registrada (GPS) e fotografada.

5. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Como já anteriormente dito, dos 20 poços tubulares selecionados dentro da sede municipal, 10 foram selecionados para realização de análises químicas. Os parâmetros analisados foram: Cloreto, Sódio, Magnésio, Cálcio, Sulfato, Ferro, Alcalinidades para Carbonato, Bicarbonato e Hidróxido, Condutividade Elétrica, pH, Temperatura, STD, ST e Turbidez. Os resultados foram submetidas ao cálculo de balanço iônico, e tratados com o auxílio programa computacional QualiGraf (Möbus, 2003), além de contrastados com a Portaria 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde.

As águas foram analisadas vislumbrando-se o seu uso potencial para o consumo humano, a irrigação e classificadas ionicamente, segundo os íons maiores (majoritários), pelo diagrama de Piper (QualiGraf, Möbus, 2003; disponibilizado na página da FUNCEME).

5.1. Consumo Humano

Na classificação da água para o consumo humano foi utilizada a Portaria Nº 2914/2011 do Ministério da Saúde do Brasil.

5.1.1. Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica (CE) é a facilidade que um fluido tem de conduzir corrente elétrica, sendo assim, diretamente proporcional à sua concentração de sais dissolvidos sob a forma de íons.

Os valores de condutividade elétrica (CE) nas águas dos 20 poços tubulares em registro em campo variaram de 708 μ S/cm (Caeral – Sede) a 1434 μ S/cm (Vazante) com média de 934,45 μ S/cm. O valor do desvio padrão foi de 216,31.

5.1.2 Sólidos totais dissolvidos (STD) e Sólidos Totais (ST)

Os sólidos totais dissolvidos (STD) são definidos como a concentração total dos constituintes minerais presentes na água por unidade de volume, volátil ou não. Segundo o padrão de potabilidade da Portaria Nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, o limite máximo permissível de STD na água para consumo humano é de 1000mg/l.

Os valores obtidos dos STD das águas subterrânea no município de Frecheirinha realizado em campo variam entre 507mg/l (Sítio Barreira) e 1456mg/l (Oiticica – Sede), com média de 607mg/l e desvio padrão de 140.

Os valores obtidos para ST variaram entre 379,7mg/l (Mutirão Bela Vista) a 711,7mg/l (Hotel Municipal), com média de 530mg/l e desvio padrão de 106.

As águas em relação a estes parâmetros estão no limite máximo dentro dos padrões de potabilidade para o consumo humano.

5.1.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O balanço dos íons hidrogênio e hidróxido (H^+ e OH^-) determinam o quão ácida ou básica uma água é. Na água quimicamente pura, estes íons estão em equilíbrio e seu pH é neutro, ou seja, igual a 7. Valores menores que 7 são considerados ácidos e maiores são considerados básicos. Os principais fatores que determinam o pH da água são o gás carbônico dissolvido e a sua alcalinidade.

Dentre as 20 medidas de pH amostradas em campo, os valores oscilam entre 6,75 (Bairro Papagaio) e 7,5 (Bairro Caeral), onde 11 amostras tem caráter básico, 7 amostras apresentam-se como um pouco ácidas e 2 neutras, atendendo plenamente o uso para o consumo humano de acordo com a Portaria Nº 2914/2011 do Ministério da Saúde (VMP - Valor Máximo Permitido de pH entre 6,0 a 9,5). O valor médio foi de 7,1 e o desvio padrão de 0,2.

5.1.4. Temperatura das Águas

A temperatura das águas dos 20 poços tubulares amostrados em campo variou entre 25,4°C (mínimo; Caiçara de Cima) a 33,5°C (máximo; Multirão Goiabeira), com valor médio de 30,6°C e desvio padrão de 1,8.

5.1.5. Dureza Total

A dureza total é a soma da dureza temporária e da dureza permanente que é expressa em mg/L de $CaCO_3$, independente dos íons que a estejam causando. A figura 9 apresenta a classificação das águas subterrâneas quanto a dureza segundo Custodio & Lhamas (1996). As águas duras, em função das condições desfavoráveis de equilíbrio químico, podem incrustar nas tubulações e dificultar a formação de espumas com o sabão.

Os resultados das amostras das águas de 10 poços tubulares resultaram em águas classificadas como muito duras, ou seja, todas acima de 200mg/l de $CaCO_3$.

CLASSE DE ÁGUAS	INTERVALO (mg/L de $CaCO_3$)
BRANDA	< 50
POUCO DURA	50 - 100
DURA	100 - 200
MUITO DURA	> 200

Figura 9: Classificação de dureza das águas (dureza total) de acordo com Custodio e Llamas (1996).

5.1.6 Turbidez

A turbidez é a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar certa quantidade de água, conferindo uma aparência turva à mesma. Essa medição foi feita com o turbidímetro, que compara o espalhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra, com o de um feixe de igual intensidade, ao passar por uma suspensão padrão. Quanto maior o espalhamento, maior será a turbidez. De acordo com a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde o valor máximo permitido para o consumo humano é de 5 UNT que são os valores expressos, normalmente, em Unidades Nefelométricas de Turbidez – UNT.

Os valores de turbidez nas águas dos poços analisados em laboratório foram de 0,1UNT em 3 poços (Mutirão Bela Vista e Postos Papagaio e Sede) a 0,54UNT (Goiabeiras), com média de 0,16UNT e desvio padrão de 0,13. De acordo com a Portaria 2914/2011 todas as amostras estão dentro do padrão permitido para o consumo humano.

5.1.7 Alcalinidade Bicarbonato

A alcalinidade é definida como a capacidade de uma água neutralizar ácidos, sendo uma consequência direta da presença ou ausência de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. A distribuição destas três formas na água é função de pH. Não tem significado sanitário para água potável, mas em elevadas concentrações pode conferir gosto amargo à mesma.

Os resultados dos poços apresentaram valores de alcalinidade em mg/L de CaCO₃ os seguintes valores 244,3mg/L (Mutirão Bela Vista) a 364,7mg/L (Hotel Municipal). O valor médio das águas coletadas dos poços é de 295,5mg/L e o desvio padrão de 43,2.

A Portaria n° 2914/2011 do Ministério da Saúde não estabelece valor máximo permissível para esse elemento.

5.1.8 Magnésio (Mg²⁺) e Cálcio (Ca²⁺)

O magnésio (Mg²⁺) apresenta propriedades similares ao Ca²⁺, porém, é mais solúvel e mais difícil de precipitar. Em geral, as águas subterrâneas apresentam teores mais frequentes no intervalo de 1 a 40 mg/L, de acordo com Feitosa et al. (2008).

Os valores de magnésio nas águas dos poços variaram de 7,86mg/L (Bairro Nossa Senhora de Fátima) a 23,8mg/L (Mutirão Goiabeiras), com média de 14,5 mg/L e desvio padrão de 4,2.

Os valores de cálcio nas águas dos poços variaram de 119,6mg/L (Praça Matriz) a 246mg/L (Posto Sede), com média de 206mg/L e desvio padrão de 41,4.

A Portaria N° 2914/2011 do Ministério da Saúde não estabelece valores máximo permissível para esses elementos.

5.1.9 Cloretos (Cl⁻)

O cloro (Cl⁻) forma um composto muito solúvel e tende a enriquecer, junto com o sódio, a partir das zonas de recarga das águas subterrâneas. Teores anômalos são indicadores de contaminação por água do mar, ou por aterros sanitários. Segundo a Portaria n° 2914/2011 do Ministério da Saúde (MS), o valor máximo recomendável de cloreto (cloro) na água destinada ao consumo humano é de 250mg/L.

As amostras de cloretos obtiveram os seguintes valores 87,6mg/l (Mutirão Bela Vista) a 202,2mg/l (Goiabeiras), com valor médio de 137,2mg/L e desvio padrão de 35,3. Sendo assim os valores estão dentro dos padrões de potabilidade estabelecido pela Portaria 2914/2011 do MS.

5.1.10 Sódio (Na⁺)

O sódio (Na⁺) é um elemento químico quase sempre presente nas águas subterrâneas. Seu principal suprimento são os minerais (feldspatos, plagioclásios) são pouco resistentes aos processos intempéricos, principalmente os químicos. Os sais formados nestes processos são muito solúveis. Nas águas subterrâneas, o teor de sódio varia entre 0,1 e 100mg/L, sendo que há um enriquecimento gradativo deste metal a partir das zonas de recarga (LEMOS & MEDEIROS, 2006).

Segundo a Portaria N° 2914/2011 do Ministério da Saúde, o valor máximo recomendável de sódio na água potável é de 200mg/L. De acordo com os dados obtidos os valores estão dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria, variando 29,2 mg/L (Bairro Lapa) à 150,2 mg/l (Hotel Municipal), com média de 65,5mg/L e desvio padrão de 38,5.

5.1.11 Sulfato

O sulfato representa sais moderadamente solúveis a muito solúveis. Altas concentrações de sulfato podem provocar efeitos laxativos e na presença de íons de magnésio e sódio pode causar distúrbios gastrointestinais (CUSTODIO & LLAMAS, 1996).

Foram constatados teores de sulfato nas águas dos poços oscilando de 13,9mg/L (Posto Frei Anastácio) a 36,5mg/L (Hotel Municipal), com média de 19,2 mg/L e desvio padrão de 7,5. Todos os valores encontram-se dentro do limite permitido (até 250mg/L) pela Portaria N° 2914/2012 do Ministério da Saúde.

5.1.12. Ferro Total (Fe^{2+}); Alcalinidade Carbonato e Hidróxido

Apesar de o organismo humano

necessitar de até 19mg/L de ferro por dia, os padrões de potabilidade exigem que uma água de abastecimento público não ultrapasse os 0,3mg/L. Os valores de ferro para as águas amostradas nos dez poços tubulares ficaram abaixo do valor de detecção (LQ - Limite de Qualificação; como se refere o laboratório utilizado).

As alcalinidades para carbonato e hidróxido também ficaram abaixo do valor de detecção (LQ).

5.2. Águas para Irrigação

Na classificação da água para a irrigação foi adotado nesse trabalho a classificação do United States Salinity Laboratory (USSL). Esta classificação se fundamenta na razão de adsorção de sódio (RAS) e na condutividade elétrica da água (Figura 10).

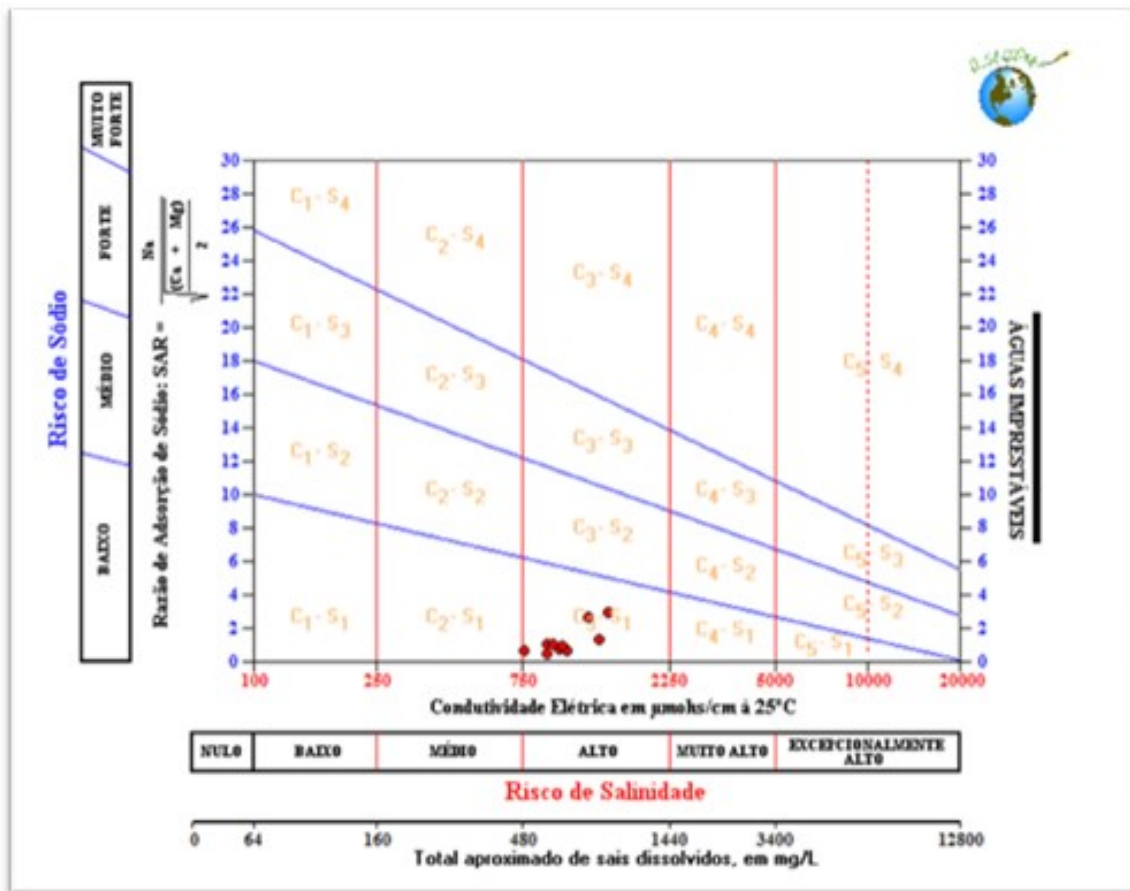


Figura 10: Classificação das águas para uso em irrigação dos 10 poços tubulares selecionados no município de Flecheirinhas (entorno da sede). Diagrama do USSL.

As amostras das águas amostradas ficaram todas na categoria das águas classe C3-S1, ou seja, águas de alta salinidade e fracamente sódicas. Podem ser utilizadas em vegetais de boa tolerância salina, com solos bem drenados, porém não apresentam risco em sódio (não há risco de modificação na estrutura do solo).

5.4. Classificação Iônica (Diagrama de Piper)

A classificação iônica das águas dos 10 poços na área de estudo foi baseada no diagrama de Piper, possibilitando identificar dois distintos *fácies* hidroquímicos (Figura 11): predominância de águas Bicarbonatadas Cálcidas (80%) e águas Sulfatadas ou Cloretadas Cálcidas ou Magnesianas (20%).

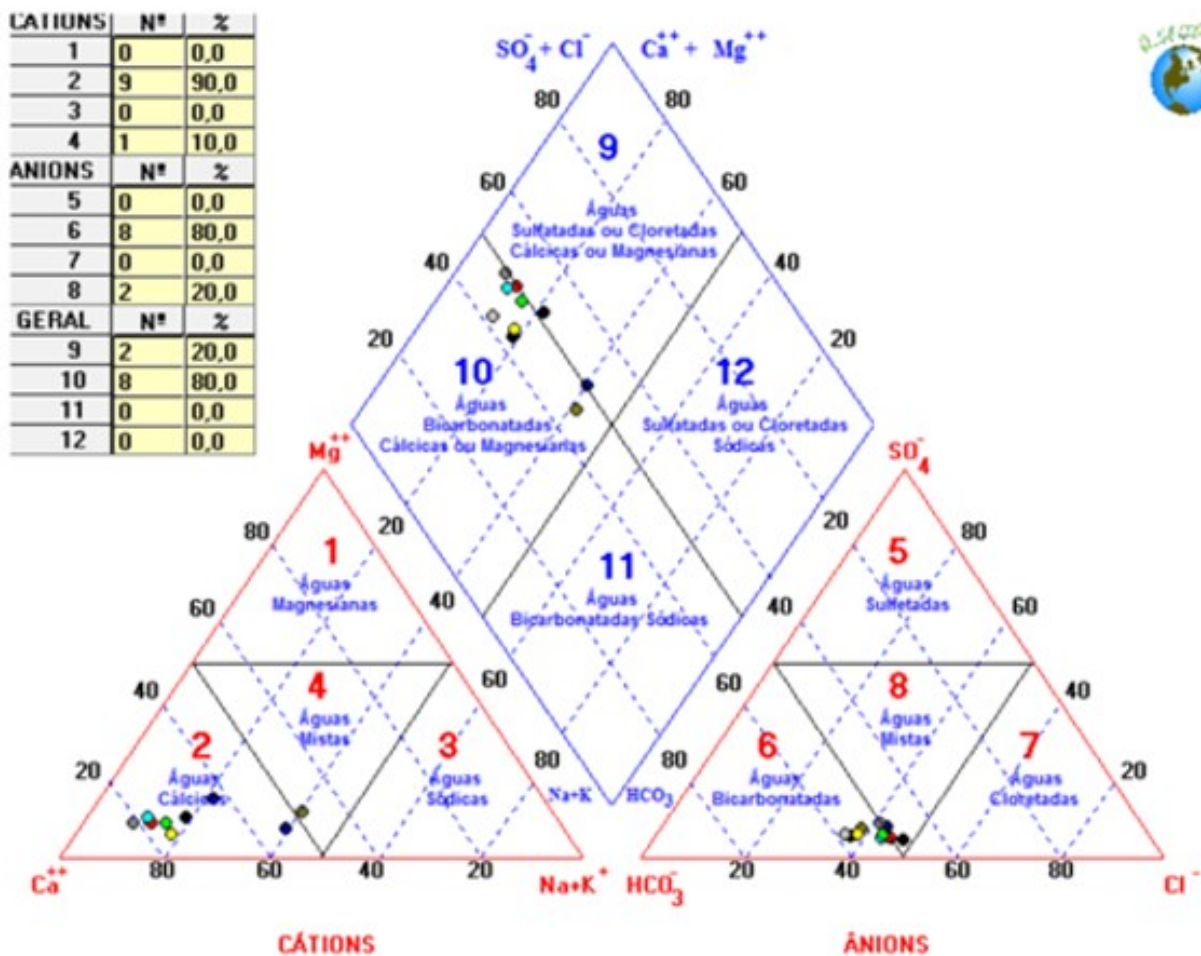


Figura 11: Classificação iônica das águas dos 10 poços amostrados no entorno da sede do município de Frecheirinhas, de acordo com o diagrama de Piper.

6. CONCLUSÕES

Em relação à situação dos poços tubulares, dos 51 cadastrados no banco de dados do SIAGAS/CPRM (2012), 26 poços (50,98%) estão equipados, 2 poços (3,92%) foram fechados, 1 poço encontra-se abandonado (1,97%), 17 poços (33,33%) não dispõem de informação e 5 poços não foram instalados (9,81%), ou seja, não foram completados. Com relação à evolução da construção dos poços tubulares, dos 51 cadastrados foi observado que na década de 90 ocorreu o maior período de construções de poços (39%). Entre os anos de 2000 a 2011 foram construídos 11 poços. As profundidades dos poços tubulares do município tem uma média de 58,6m, com valor mínimo de 25m e máximo de 100m (desvio padrão calculado de 11,7). Os níveis estáticos (NE) variaram entre um mínimo de 6m e um máximo de 23,2m, com valor médio de 9,5m (desvio padrão de 3,6). Os níveis dinâmicos (ND) variaram entre um mínimo de 12m e um máximo de 55m, com valor médio de 33m e desvio padrão de 18; e, as vazões dos poços oscilaram entre um mínimo de 0,33m³/h e um máximo de 7,8m³/h com desvio padrão de 2,2.

Em relação aos 20 poços tubulares avaliados na sede municipal foram identificados como principais problemas construtivos desde a locação indevida dos poços faltam: completação, cimentação, proteção sanitária (selo sanitário da boca do poço) e a notada precariedade de seus abrigos para proteção do poço (no sentido de impedir o acesso de animais, eventuais danos, etc.), além de 19 poços estarem praticamente ao nível do solo e a grande maioria destes abertos, contradizendo as normas ABNT – NB 1290 e 12212 (respectivamente 1990 e 1992). Adicionalmente a

estes 20 poços tubulares ativos foram cadastrados um poço abandonado (completamente aberto) e uma cacimba (poço amazonas) igualmente aberta, trazendo riscos de contaminação para as águas subterrâneas em ambos os casos, além da cacimba apresentar risco à população, notadamente relacionado às pessoas mais velhas e crianças. Os revestimentos dos 20 poços tubulares ativos são em PVC (tubo geomecânico; diâmetro variando entre 8 e 4 polegadas), com sistema de extração de água via bomba submersa elétrica.

De acordo com as dez análises físico-químicas realizadas (10 poços tubulares ativos), pode-se constatar que as concentrações de condutividade elétrica, pH, temperatura, sólidos totais dissolvidos, sólidos totais, turbidez, alcalinidade bicarbonato, magnésio, cálcio, cloreto, sódio, sulfato, ferro e alcalinidades carbonato e hidróxidos estão todas dentro dos padrões recomendados pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, já os valores obtidos para a dureza total foram superiores a 200 mg/L de CaCO₃, sendo assim classificadas em águas muito duras, mas, dentro dos limites da citada portaria.

De acordo com o diagrama de U. S. Salinity Laboratory, as águas possuem a seguinte classificação: C3–S1, ou seja, um alto risco de salinidade (C3) e um baixo risco de sódio (S1), sendo restritas para algumas plantações (mais resistente à salinidade), porém não apresentando risco de mudança da estrutura do solo (endurecimento, etc.).

A classificação iônica obtida utilizando-se o diagrama de Piper identifica a predominância de águas Bicarbonatadas Cálcicas (80%) e águas Sulfatadas ou Cloretadas Cálcicas ou Magnesianas (20%).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NB 1290. Construção de Poço para Captação de Água Subterrânea. 1990. Rio de Janeiro. Brasil.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NB 12212. Projeto de Poço para Captação de Água Subterrânea. 1992. Rio de Janeiro. Brasil.
- APHA. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21 ed. Washington DC.
- BRASIL, 1979. Ministério das Minas e Energia. Geologia da Bacia Jaibaras: Ceará, Piauí e Maranhão, Projeto Jaibaras, CPRM, Brasília.
- BRITO NEVES, B.B. 1975. Regionalização Geotectônica do Pré–Cambriano Nordestino. Tese de Doutorado apresentada ao IG/ USP, 198p.
- BRITO NEVES, B.B. 1999. América do Sul: Quatro Fusões, Quatro Fissões e o Processo Acrescionário Andino. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 28, N° 03, p. 01-20, SP.
- CUSTODIO, E. & LLAMAS, M.R. 1996. Hidrología Subterrânea. Ediciones Omega, S.A. Segunda Edición Corregida. Tomo I e Tomo II; 2350 p.. Barcelona, España.
- CPRM, 2003. Atlas Digital dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Estado do Ceará. Serviço Geológico do Brasil. CD ROM.
- FEITOSA, F.A.C.; FILHO, J.M.; FEITOSA, E.C.; DEMETRIO J.G. 2008. Hidrogeologia. Conceitos e Aplicações. 3° ed. rev. e ampliada. Rio de Janeiro: CPRM/Serviço Geológico do Brasil: LABHID. 812p.
- Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME 2012. Médias mensais de precipitação pluviométrica e temperatura em Fortaleza/CE. Secretaria da Ciência, Tecnologia e Educação Superior. Governo do Estado do Ceará. Histórico da FUNCEME.
- LEMOS, E. C. L. & MEDEIROS, F. W. 2006. Águas Subterrâneas e as Doenças de Veiculação Hídrica. Relatório de Graduação do Curso de Graduação em Geologia. Departamento de Geologia/Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará. 94p.
- MOBÜS, G. 2003. Qualigraf: Programa (software) para Interpretação de Análises Físico-Químicas, Versão Beta. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. FUNCEME. Fortaleza. Disponível em www.funceme.br. Acesso em 20/10/2012.
- PORTARIA MS N° 2914. 2011. Ministério da Saúde Secretaria de Vigilância em saúde. Coordenação - Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Brasília: Editora do Ministério da Saúde 2005. 34p.
- REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. 2006. Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação. 3ª ed. São Paulo: Escritura Editora.
- SANTOS, T. J. S. 1999. Evolução Tectônica e Geocronológica do Extremo Noroeste da Província Borborema. Tese de Doutorado Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo - USP, 186p.
- SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. 2012. CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Atualização Permanente na Página do CPRM.