

AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NOS MUNICÍPIOS DE MISSÃO VELHA E MILAGRES, VALE DO CARIRI – BACIA DO ARARIPE, CEARÁ – BRASIL

Larissa Silva e Silva¹; Itabaraci N. Cavalcante²; Wellington G. Guerra Junior³;

Maria da Conceição Rabelo Gomes⁴ & Luís Carlos Bastos Freitas⁵

RESUMO - O objetivo deste trabalho é de estudar a qualidade das águas subterrâneas captadas por poços tubulares em Missão Velha e Milagres (1.237 km²) localizados ao Sul do Ceará, a 460 km de Fortaleza. A metodologia adotada foi Levantamento bibliográfico, Cadastramento de poços tubulares e análises de água, Tratamento e integração dos dados. De acordo com os parâmetros analisados (Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Fe⁺⁺, HCO³⁻, CO³⁻⁻, SO⁴⁻⁻, Cl⁻, NO³⁻, SiO², STD, dureza, condutividade elétrica e pH), 73% das amostras estão dentro do padrão de potabilidade estabelecido da Portaria nº518 do Ministério da Saúde do Brasil de 25/03/2004.

ABSTRACT- The objective of this work is of studying the quality of the underground waters captured by tubular wells in Old Mission and Miracles (1.237 km²) located to the South of Ceará, to 460 km of Fortaleza. The adopted methodology was bibliographical Rising, registration of tubular wells and analyses of water, Treatment and integration of the data. In agreement with the analyzed parameters (Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Fe⁺⁺, HCO³⁻, CO³⁻⁻, SO⁴⁻⁻, Cl⁻, NO³⁻, SiO², STD, hardness, electric conductivity and pH), 73% of the samples are inside of the established potability pattern of the Entrance nº518 of Ministry of Health of Brazil 25/03/2004.

Palavras-chave: Qualidade, Águas subterrâneas, Milagres, Missão Velha.

¹ Graduanda do Curso de Geologia/UFC. Av. Isabel Maia e Silva de Alencar, nº241/CE. e-mail: larissa.ssgeo@gmail.com

² Prof. Dr. Adjunto do Departamento de Geologia/UFC. Av. Humberto Monte, s/n, Pici. Fortaleza/CE. e-mail: ita@fortalnet.com.br

³ Mestrando em Hidrogeologia/DEGEO/UFC. e-mail: wellington_guerra1@hotmail.com

⁴ Especialista em Gestão hídrica/UFPA e mestranda do Curso de Geologia/UFC (bolsista FUNCAP). Rua Alcides Gerardo 71. Conjunto Palmeiras. Fortaleza/CE e-mail: conceicaoabelo@yahoo.com.br

⁵ Mestrando em Hidrogeologia/DEGEO/UFC e geólogo da CPRM. e-mail: lcgeologia@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos no país são abundantes, porém nem sempre bem utilizados ou distribuídos. No planeta a água subterrânea representa 97% da água potável, estima-se que no Brasil, 51% da água doce seja oriunda de água subterrânea.

O Estado do Ceará encontra-se incluído no denominado Polígono das Secas, que apresenta um regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade de chuvas no tempo e no espaço, gerando uma desestruturação socioeconômica na região.

Devido ao crescimento da utilização das águas para uso doméstico, industrial e agrícola, existe um aumento potencial na perda da qualidade natural das águas por substâncias que podem ser de natureza biológica ou química, sendo necessário se buscar novos conhecimentos para proteção destes sistemas.

Este trabalho aborda uma avaliação da qualidade das águas subterrâneas dos municípios de Missão Velha e Milagres (1237 km²), localizados na porção sul do Estado do Ceará, a 460 km de Fortaleza, inserido na Bacia Sedimentar do Araripe (Figura 01).

Este trabalho tem uma grande importância para a região, pois, é voltado para o estudo das águas subterrâneas considerando os aspectos qualitativos de uma das principais regiões em termos de desenvolvimento, com o intuito de contribuir para o conhecimento do potencial hídrico na região.

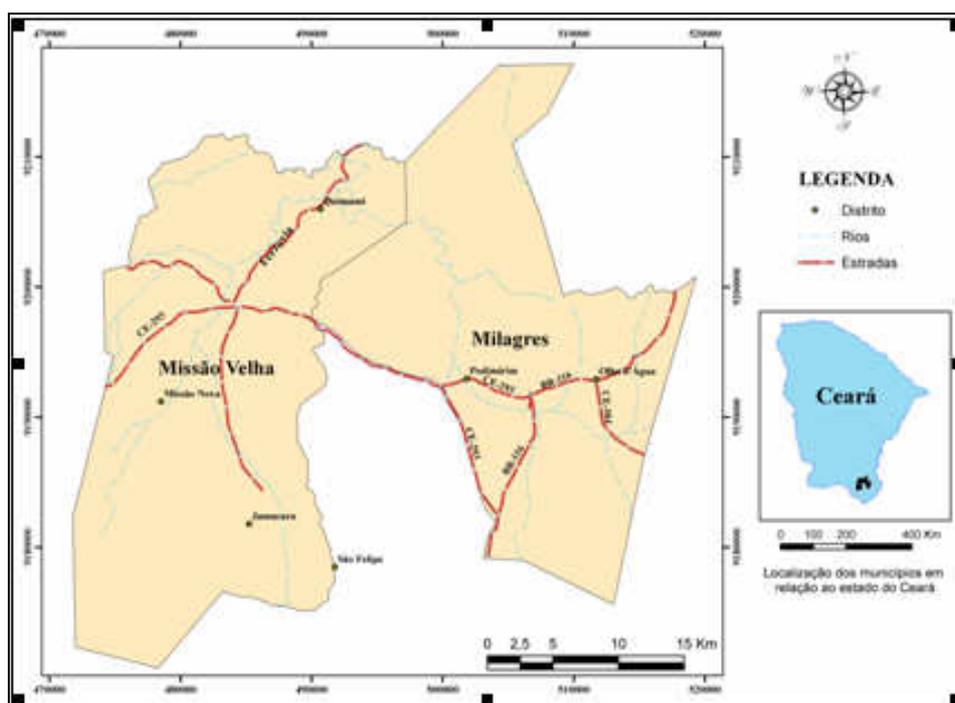


Figura 01 – Localização da área de estudo.

2. OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade das águas do Aquífero Missão Velha nos municípios de Milagres e Missão Velha, classificando-as em termos iônicos e analisando a sua qualidade para consumo humano e indústria, utilizando diagramas de *Piper* e *U. S. Salinity Laboratory*, além da Portaria nº518 do Ministério da Saúde do Brasil de 25/03/2004.

3. METODOLOGIA DE TRABALHO

A metodologia adotada foi desenvolvida sistematicamente seguindo etapas previamente estabelecidas, tais como: Levantamento bibliográfico, Cadastramento de poços tubulares e análises de água, Tratamento e integração dos dados.

O levantamento bibliográfico sobre a área, constou da obtenção de dados referentes à geologia, hidrogeologia, aspectos socioeconômicos e geoambientais, além de mapas temáticos. Esta pesquisa foi realizada por meio de órgãos públicos e privados, como CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos), SOHIDRA (Superintendência de Obras Hidráulicas), COGERH (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos), CAGECE (Companhia de Água e Esgoto do Ceará) e IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

O cadastro compreendeu 231 poços tubulares localizados em Milagres e Missão Velha, dos quais 32 possuíam análises físico-químicas.

O estudo constou da integração dos dados obtidos através de tratamento estatístico, verificando a procedência e validade dos mesmos.

O conjunto de dados gerou um cadastro preliminar de 231 poços tubulares, no qual, posteriormente foram selecionados 32 que possuíam análises físico-químicas, referentes aos seguintes íons e parâmetros, Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Fe^{++} , HCO_3^- , CO_3^{3-} , SO_4^{4-} , Cl^- , NO_3^- , SiO_2 , STD, dureza, condutividade elétrica e pH. Para a caracterização química das águas subterrâneas utilizou-se os diagramas específicos: *Piper* e *U.S. Salinity Laboratory*, onde foram plotados as concentrações dos íons maiores envolvidos, e por fim um tratamento dos dados e elaboração da pesquisa, etapa final. Essa etapa resultou da utilização de softwares Word (digitação dos textos), Excel (elaboração de planilhas e gráficos) e ArcGIS 9 (digitalização e confecção do mapa).

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A Bacia do Araripe está localizada entre os estados do Ceará (porção sul do estado), Piauí e Pernambuco. Essa possui uma área de 11.000km², encontrando-se sobre as rochas pré-cambrianas (Província Borborema), apresentando rochas sedimentares originadas desde o Siluriano-Devoniano até o Cretáceo. A área de estudo situa-se na Bacia do Cariri que possui uma configuração tectônica representada por grábens e horsts, cujas espessuras clásticas oscilam até aproximadamente 1.400m.

Geomorfologicamente é caracterizada por duas unidades geomorfológicas (Costa & Gatto, 1981): o Planalto Sertanejo e a Chapada do Araripe. O município de Milagres apresenta uma superfície plana, tabular, representativo da chapada do Araripe, com altitudes próximas dos 500m; na porção norte do território aparecem as formas suaves da Depressão Sertaneja, em altitudes inferiores, com cerca de 300m. O município de Missão Velha abrange parte do planalto sertanejo e parte da Chapada do Araripe, com altitudes que chegar a ser superiores a 900m.

Os municípios apresentam temperaturas médias entre 23°C (no inverno) e 29°C (no verão) e precipitação atmosférica de 900 mm/ano para Milagres, e temperaturas médias de 19°C a 34°C, e precipitação de 800 mm/ano para Missão Velha.

Na região do Cariri a rede hidrográfica é caracterizada por uma ausência de rios na Chapada e por rios na planície alimentados pelas fontes naturais que surgem no topo da Formação Santana. As águas subterrâneas são a base para o desenvolvimento socioeconômico da região e são exploradas por 95% das comunidades e 100% das indústrias. O Sistema Aquífero Médio é o principal da região, possuindo poços com profundidades de até 350m e vazões de até 300.000 L/h.

Os municípios de Missão Velha e Milagres existem os solos dos tipos vertissolo, podzólicos, litólicos e aluviais que provém, essencialmente, dos clásticos da Bacia Sedimentar do Cariri.

A cobertura vegetal do Cariri é composta por quatro tipos de vegetação, no sentido sul para o norte (Figueiredo, 1997), sendo elas: Floresta Subperenifolia Tropical Plúvio-Nebular (Mata Úmida), Floresta Subcaducifolia Tropical Pluvial (Mata Seca), Floresta Caducifolia Espinhosa (Caatinga Arbórea) e Floresta Subcaducifolia Tropical Xeromorfa (Cerrado).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A qualidade da água está baseada em seu uso preponderante e seus correspondentes limites de aceitação de poluição e/ou contaminação (Silva,*et.al*, 2007).

As águas consideradas potáveis são aquelas consumidas pelo homem sem causar danos a saúde. Os padrões de potabilidade para consumo humano segue as normas estipuladas pela Organização Mundial da Saúde, podendo variar de região para região; no caso do Brasil os valores para o consumo humano é baseado na Portaria nº 518 do Ministério da Saúde do Brasil de 25/03/2004 .

De acordo com as 32 análises físico-químicas das águas subterrâneas, pode-se classificar através de 15 parâmetros o padrão de potabilidade: sódio (Na^+), potássio (K^+), magnésio (Mg^{++}), cálcio (Ca^{++}), cloretos (Cl^-), sulfatos (SO_4^{--}), nitratos (NO_3^-), carbonatos (CO_3^-), bicarbonatos (HCO_3^-), sílica (SiO_2^-), ferro total (Fe), dureza, pH, condutividade elétrica e Sólidos Totais Dissolvidos (STD) (Tabela 01).

Tabela 01- Valores dos parâmetros das águas subterrâneas da área de estudo

Parâmetros	< > mg/L			
	Média	Máximo	Mínimo	Padrão ^{***} (Portaria nº518-25/03/2004)
Mg^{++}	10,17	27	0,1	-
SO_4^{2-}	11,81	39	0	250 mg.L ⁻¹
SiO_2	22,10	45,9	0,2	-
CaCO_3^-	0,61	9,7	0	-
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2^-$	83,19	237,8	0	-
C.E.	251,81	612	68	1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

5.1. Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

É o peso total dos constituintes minerais (iônicos) presentes na água, por unidade de volume. Representa a concentração de todo o material dissolvido na água.

Os valores de STD das 32 análises apresentam um valor médio de 154,27 mg.L⁻¹ variando de 34 à 340 mg.L⁻¹ verificando assim que o STD das águas da área encontra-se dentro do padrão aceitável (1.000 mg.L⁻¹) segundo a Portaria nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde do Brasil, onde essas podem ser usadas para fins domésticos e econômicos, como por exemplo na indústria. Os poços que se encontram em Missão Velha possuem as águas com maior média de STD, 164,75 mg.L⁻¹.

5.2. Dureza

A dureza da água é produzida pela concentração de cálcio e do magnésio expressa em teores de carbonato de cálcio. Sendo demonstrada pela quantidade de sabão necessária para que se produza espuma (Custodio & Llamas, 1983 *apud* Santos, 2000). O valor médio das águas dos 32 poços (Milagres e Missão Velha) amostrados é de 57,19 mg.L⁻¹ de CaCO₃ não produzindo nenhum problema para a utilização no consumo humano segundo a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde do Brasil de 25/03/2004, que é de 500mg.L⁻¹ de CaCO₃.

Os valores máximos são de 177,5 mg.L⁻¹ e 183,2 mg.L⁻¹; e a média de 41,68 mg.L⁻¹ e 70,87 mg.L⁻¹, respectivamente em Milagres e Missão Velha. Ambos municípios apresentam padrões semelhantes, caracterizando assim o tipo de água como “Branda” variando de 0 à 43 mg.L⁻¹, “Pouco dura” de 52 à 90 mg.L⁻¹ e “Dura” de 106 à 183,2 mg.L⁻¹ de CaCO₃.

5.3. pH

O potencial hidrogênioônico é a medida da concentração do hidrogênio iônico na água ou solução, sendo controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio dos íons presentes, expressa em moles de íons de hidrogênio por litro de solução. A classificação do pH da água varia de 1 à 14, sendo neutro com valor 7, ácido com valores inferiores a 7 e alcalino ou básico com valores superiores a 7.

As 32 amostras apresentaram um valor médio de pH de 6,62, onde essas encontram-se na faixa das águas ácidas e tendendo a neutralidade, estando dentro dos padrões recomendados pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde do Brasil de 25/03/2004, que considera um intervalo para o consumo humano que seja mantido na faixa de 6,0 à 9,5.

Ambos os municípios apresentaram valores semelhantes em suas médias 6,79 e 6,46, sendo verificado o mesmo para os valores máximos 8,59 e 7,90 e mínimos 5,21 e 5,30, respectivamente em Milagres e Missão Velha.

5.4. Sódio (Na⁺)

O sódio se faz presente em todas as águas, uma vez que este é um dos metais mais abundantes nas águas subterrâneas, predominando algumas características, como distribuição ampla nos minerais, baixa estabilidade química dos minerais que o contém e solubilidade elevada e difícil precipitação da maioria dos seus compostos químicos em solução (Santos, 2000).

No geral a concentração de sódio nas 32 amostras, oscilam de 2 à 74 mg.L⁻¹, possuindo uma média de 19,01 mg.L⁻¹, sendo que a maior média foi verificada pela águas do município de Milagres 25,95 mg.L⁻¹, seguido por Missão Velha 12,88 mg.L⁻¹. Estando todos os valores dentro do limite permitido (200 mg.L⁻¹) pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004.

5.5. Potássio (K⁺)

O potássio encontra-se em pequenas quantidades ou está ausente nas águas subterrâneas, por causa da sua participação intensa em processos de troca iônica, e da sua facilidade de ser adsorvido pelos minerais de argila ou serem usados pelos vegetais. Sendo este muito importante para o consumo humano, uma vez que regula os batimentos cardíacos, controla os impulsos nervosos e as contrações musculares (Custódio & Llamas, 1993 apud Santos, 2000).

A concentração de Potássio nas águas dos poços para ambos os municípios variam de 1 à 18 mg.L⁻¹ com uma média de 6,09 mg.L⁻¹, onde a média é de 6,11 e 6,06 respectivamente em Milagres e Missão Velha.

5.6. Cálcio (Ca⁺⁺)

O cálcio é um dos elementos mais abundantes na maioria das águas e rochas, possui moderada a elevada solubilidade, sendo comum precipitar como carbonato de cálcio (CaCO₃) e também é o principal responsável pela dureza da água (Custódio & Llamas, 1983 apud Santos, 2000).

A concentração de cálcio tem função de manter os ossos saudáveis, além de atuar no mecanismo de coagulação do sangue, controlar impulsos nervosos e as contrações musculares. Em grandes quantidades pode causar dores musculares, fraqueza, sede, desidratação, enjôo e pedra nos rins e sua ausência pode provocar raquitismo e osteoporose (Custódio & Llamas, 1983 apud Santos, 2000).

Nos poços em geral, a concentração desse elemento varia de 0 à 41,09 mg.L⁻¹ com uma média geral de 13,22 mg.L⁻¹. Já por município a maior média foi do município de Missão Velha 17,92 mg.L⁻¹, seguida por Milagres de 7,89 mg.L⁻¹.

5.7. Ferro Total

Pode se apresentar com baixos teores em quase todas as águas, sob diversas formas químicas associado ao manganês. O ferro presente na água pode ocasionar incrustações nas tubulações, nos filtros de poços e no sistema de bombeamento.

Somente 22 análises apresentaram concentração de Fe, sendo o valor médio para estas de 0,13 mg.L⁻¹; sendo que a maior média 0,13 mg.L⁻¹ pelas águas do município de Milagres, seguida pelas de Missão Velha com média de 0,12 mg.L⁻¹, estando ambos dentro do limite permissível pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004.

5.8. Cloretos (Cl⁻)

O cloreto está presente em quase todas as águas naturais. As águas subterrâneas apresentam geralmente teores de cloretos inferiores a 100mg.L⁻¹(Santos, 2000).

Nas 32 análises das águas dos poços foi verificado uma média de Cl⁻ de 26,41 mg.L⁻¹, onde a maior média foi apresentada pelas águas do município de Milagres 28,44mg.L⁻¹, seguida por Missão Velha 24,62 mg.L⁻¹, variando de 2,0 mg.L⁻¹ à 101,0 mg.L⁻¹ no geral.

Segundo a portaria nº 518 do Ministério da Saúde do Brasil de 25/03/2004, o valor máximo permissível é de 250 mg.L⁻¹, ou seja, todos os valores amostrados encontram-se dentro do padrão aceitável, podendo esta água ser usada para o consumo humano.

5.9. Nitrato (NO₃⁻)

O nitrato caracteriza o estágio final da oxidação da matéria orgânica provenientes de resíduos da atividade humana, estando em todas as amostras de água de poços com valores de 0,01 à 47,1mg.L⁻¹, com média de 11,79 mg.L⁻¹ para ambos os municípios, sendo a maior média de 14,32 mg.L⁻¹ para Missão Velha e de 8,93 em Milagres.

Constatou-se que das 32 amostras, somente o poço P-1001 (47,1mg.L⁻¹) apresentou valor acima do VMP (45mg.L⁻¹ de NO₃), pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde do Brasil de 25/03/2004, podendo causar assim, câncer gástrico e outros males, sendo prejudicial ao homem à elevada concentração deste (Santos, 2000).

5.10. Classificação Iônica das Águas Subterrâneas

As águas subterrâneas dos municípios de Milagres e Missão Velha, foram classificadas a partir do Diagrama de Piper. No qual, esse diagrama compara os diferentes grupos de águas quanto aos íons dominantes em carbonatada, sódica, cloretada, magnesiana etc. Na confecção do diagrama foi utilizado o programa QUALIGRAF, versão Beta, desenvolvido por MÖBÜS (2003).

No município de Milagres há uma predominância de águas Cloretadas Sódicas (26,67%), seguida pelas Bicarbonatadas Magnesianas e Bicarbonatadas Sódicas (20%) cada, Bicarbonatadas Mistas e Mistas-Mistas (13,33%) cada, Cloretada Magnesianas (6,67%).

Em Missão Velha existe, uma predominância de águas Bicarbonatadas Mistas (47,05%), seguida pelas Cloretadas Mistas (29,41%), Cloretadas Sódicas (11,76%), Cloretada Magnesianas e Mistas Sódicas (5,88%) cada.

Na área foram consideradas águas bicarbonatadas aquelas com as concentrações de HCO_3^- iguais ou superiores a 50% do total, dos ânions .

5.11. Irrigação

Os padrões da água para uso na irrigação são mais simples, porque o número de parâmetros a serem considerados são menores (Santos, 2000). Utilizando-se os dados de condutividade elétrica da água a 25°C e do SAR (Sodium Adsorption Ratio) calculado pela equação abaixo, foram classificados os tipos de água para irrigação.

A classificação utilizada foi do *United States Salinity Laboratory*, que consiste em um gráfico semi-logarítmico, onde na abscissa localiza-se a condutividade elétrica da água a 25°C e, e na ordenada, o SAR. Na elaboração do diagrama foi utilizado o programa *QUALIGRAF*, versão Beta, desenvolvido por MÖBÜS (2003). As amostras foram classificados de acordo com a tabela 01.

$$\text{SAR} = \frac{r\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{1}{2}(r\text{Ca}^{++} + r\text{Mg}^{++})}}$$

Tabela 01 - Classificação das águas subterrâneas para irrigação

Tipos	Município		No. de Amostras	Frequência Relativa (%)
	Milagres	Missão Velha		
C ₁ - S ₁	10	9	19	59,37
C ₂ - S ₁	5	8	13	40,63
Total	15	17	32	100

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os parâmetros analisados, 73% das amostras estão dentro do padrão de potabilidade estabelecido da Portaria nº518 do Ministério da Saúde do Brasil de 25/03/2004.

A classificação iônica pelo *Diagrama de Piper* mostra que no município de Milagres há uma predominância de águas Cloretadas Sódicas (26,67%), seguida pelas Bicarbonatadas Magnesianas e Bicarbonatadas Sódicas (20%) cada, Bicarbonatadas Mistas e Mistas-Mistas (13,33%) cada, Cloretada Magnesianas (6,67%). Já em Missão Velha existe, uma predominância de águas Bicarbonatadas Mistas (47,05%), seguida pelas Cloretadas Mistas (29,41%), Cloretadas Sódicas (11,76%), Cloretada Magnesianas e Mistas Sódicas (5,88%) cada.

O Diagrama do *U. S. Salinity Laboratory* mostra a classificação das águas para irrigação, onde essas apresentam baixa a média salinidade e podem ser utilizadas para quase todos os solos, possuindo um fraco risco de formação de teores nocivos de sódio susceptível de troca, prestando-se ao cultivo de quase todos os vegetais.

Recomenda-se o desenvolvimento de pesquisas visando à seleção de locais apropriados à disposição de resíduos sólidos e estudos de planejamento e gestão dos recursos hídricos, associados à implementação de políticas de uso racional e proteção de zonas aquíferas, visando o desenvolvimento sustentável da região.

7. BIBLIOGRÁFIAS

HIDROGEOLOGIA – CONCEITOS E APLICAÇÕES, 2ª edição, Coors. FEITOSA, F.A.C & MANUEL FILHO, J.

LOPES, C.R.M. - 2004. Qualidade das águas subterrâneas no Vale do Cariri – Área em Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha – Estado do Ceará. Relatório de Graduação. DEGEO/UFC. Fortaleza – Ceará. 123 p.

PROJETO DE AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DA BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE. 1996. Anexo I e II (cadastros dos poços e fontes, gráficos de ensaio de bombeamento)

SILVA, L. S. ; CAVALCANTE, I. N.; GOMES, M. C. R.; FREITAS, L. C. B.; NOGUEIRA, R. M.; MAIA, J. T.V.; - 2007- Qualidade e uso das águas subterrâneas em Missão Velha e Milagres, Cariri- Ceará, Brasil. Encontro Intercontinental sobre a Natureza O2007- pág.18.