



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

RELATÓRIO DE GRADUAÇÃO

**AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA PORÇÃO CENTRAL DO
MUNICÍPIO DE BARBALHA – CEARÁ**

Iêdda Rachel Cruz Leite Braga

Orientador: Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante – DEGEO/CC/UFC

Co-Orientador: Prof. Msc. Daniel Bezerra das Chagas - UNIFOR

FORTALEZA
2015

IÊDDA RACHEL CRUZ LEITE BRAGA

**AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA PORÇÃO CENTRAL DO
MUNICÍPIO DE BARBALHA – CEARÁ**

Relatório de Graduação submetido à Coordenação do Curso de Graduação em Geologia, do Centro de Ciências, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de geólogo.

Área de concentração em Hidrogeologia.

Orientador: Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante – DEGEO/CC/UFC

Co-Orientador: Prof. Msc. Daniel Bezerra das Chagas – UNIFOR

FORTALEZA
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- B793á Braga, Iêdda Rachel Cruz Leite.
As águas subterrâneas na porção central do município de Barbalha - Ceará / Iêdda Rachel Cruz Leite
Braga. – 2015.
103 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
Curso de Geologia, Fortaleza, 2015.
Orientação: Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante.
Coorientação: Prof. Me. Daniel Bezerra das Chagas .
1. Águas subterrâneas - Barbalha (CE). 2. Hidrogeologia - Barbalha (CE). 3. Hidroquímica - Barbalha
(CE). 4. Geologia. I. Título.

CDD 551

IÊDDA RACHEL CRUZ LEITE BRAGA

**AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA PORÇÃO CENTRAL DO
MUNICÍPIO DE BARBALHA – CEARÁ**

Relatório de Graduação submetido à Coordenação do Curso de Graduação em Geologia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de geólogo. Área de concentração em hidrogeologia.

Aprovado em 03/06/2015

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante – DEGEO/CC/UFC

Prof. Dr. Enéas Oliveira Lousada – DEGEO/CC/UFC

Geólogo Msc. Jackson Alves Martins – DEGEO/CC/UFC

Dedico este trabalho a Deus, a minha família que sempre me apoiaram, permitindo a sua realização.

AGRADECIMENTOS

A Deus essencial na minha vida;

A minha família pelo amor e apoio;

Ao meu orientador, prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante e ao meu co-orientador prof. Msc. Daniel das Chagas pela paciência e ensinamentos;

Ao meu namorado Mikkael Medeiros pelo apoio e incentivo;

Aos amigos fiz ao longo do curso, Diones Oliveira, Jackson Alves, Henrique (Cidão), Gabriela Meireles, Laura Maia, Glauciane Diniz, Elisimara Sousa, Nelson Santos, Salomão Lima, Igor Praxedes, João Paulo Pitombeira, Paulo Victor, David Vasconcelos, Karini Barros, Wilkson Jardim, Juliana Rabelo, Jérsica Bezerra, Mikaelle Araújo, Joel Pedrosa, Ismael Pinheiro, Ailton, Ricardo Braga, Josilene Barreto, Henrique Barnabé, Henrique Sousa e Debora Cavalcante, Luiz Allan, Jean Marcel, Xikin José, Heury Silva, Henrique Theophilo, Robson Bôto, Taciana Martins, Paulo Giovani, Milton Filho, Valmique Junior, Emanuel Pinho, Johny Santos, Nilo Jr, Régis Cardoso, Edilza Monteiro, Angelo Luis, Saulo Luz, Enoque Neto, Aleksandro (cachaça), Loanny Medeiros, Bruna Paiva, Samuel Avelino, Mayana Santos, Luiz Buda, Vanessa Pires, Jorge Bruno, Junior Freire, Carol Barcelos, Claudia Abreu, Marcelo Rios, Cecilio Junior, Marcos Paulo, Vânia Pires, Dillano Rodrigues, Thiago Nogueira, Michele Alves, Andressa Araújo, Paulo Tales, Aucilianir Lima, Pablo Soares, Oséas Marçal, Nilberto Carlos, Viktor Oliveira, Augusto, Melina Esteves, Jamille Freitas, Andre Renan, entre outros.

Aos meus amigos e família do LABIH, Conceição Rabelo, Larissa Silva e Virgínia Pereira, José Gonzaga, Ediu Carlos, Felipe Peixoto, Karen Vedramini e Rafael Mota, Jean Michel, Magno Régis, Pedro Pina, Sulani Pereira e Natália Veruska.

Aos amigos do Laboratório de Geoquímica, Elisangela Nobre, Ludimila, Marcio, Prof. Diolande

A todos os funcionários do Departamento: Márcia Monteiro, Maria Antônia (Mara), Verônica Ferreira, Leal Neto, Cavalcante Junior e Valmir Abintes.

Aos meus amigos da Lanchonete SANFA'S, tia Fátima, tio Sandro, Sâmia Kelly, Greice e Débora.

A todos os professores do DEGEO que tiveram um papel importante na minha formação acadêmica e profissional.

Aos meus amigos, parceiros e irmãos de coração, que estiveram e estão presentes em minha vida pessoal.

*“Liberdade é pouco. O que desejo ainda
não tem nome” (Clarice Lispector)*

RESUMO

Esse trabalho foi realizado na porção central do município de Barbalha, no estado do Ceará, com objetivo de avaliar os aspectos hidrogeológicos e hidroquímicos da área, atualização dos poços com os parâmetros de profundidade, nível estático, pH, condutividade elétrica e Sólidos Totais Dissolvidos. A metodologia de trabalho constou do levantamento bibliográfico, atualização do cadastro de poços, elaboração das bases temáticas, etapas de campo, análises laboratoriais e tratamento e integração dos dados. Em relação à hidrologia, a área está inserida na Bacia Hidrográfica do Jaguaribe, Sub-Bacia do Salgado. No que se refere aos aspectos hidrogeológicos, a área está localizada em domínios hidrogeológicos sedimentares, onde estão situados os Sistemas de Aquífero Superior (Formação Exu e Arajara), Médio (Formação Barbalha, Abaiara e Missão Velha) e Inferior (Formação Mauriti e parte basal da Formação Brejo Santo) e os aquícludes Santana e Brejo Santo, além dos depósitos aluvionares. Verifica-se predominância dos poços em uso (66%), tendo suas águas utilizadas para vários fins predominando (66%) o uso múltiplo. No que diz respeito a pH, condutividade elétrica (CE) e sólidos totais dissolvidos (STD), medidos em campo, apenas o pH apresentou valores fora dos padrões recomendados pela Portaria nº 2914 de 14/12/2011 do Ministério da Saúde do Brasil, enquanto que as 15 análises físico-químicas realizadas apresentaram concentrações de dureza, cloreto, fluoreto, sódio, sulfato e nitrito dentro dos padrões recomendados pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde do Brasil, com algumas concentrações de turbidez (7 amostras), ferro (1 amostra) e nitrato (3 amostras) fora dos padrões de potabilidade. De acordo com os ânions presentes, as águas são bicarbonatadas sódicas (100%) segundo Diagrama de Piper. Na aplicação das águas na irrigação o diagrama de U. S. Salinity Laboratory, classifica as águas como de teores baixo a médio de salinidade prestando-se ao cultivo de quase todos os tipos de plantas.

Palavras-chave: Hidrogeologia, Hidroquímica, Barbalha.

ABSTRACT

This work was performed in the central portion of the town Barbalha in the state of Ceará, to evaluate the hydrogeological and hydrochemical aspects of the area, updating of wells with the depth parameters, static water level, pH, electrical conductivity and Total Dissolved Solids. The methodology consisted of bibliographical survey, updating the register of wells, preparation of thematic bases, stages of field, laboratory analysis and treatment and data integration. Concerning to hydrology, the area is within the Watershed of Jaguaribe, the Sub-Basin of Salty. With regard to hydrogeological aspects, the area is located in sedimentary hydrogeological domains, which are situated Upper Aquifer Systems (Exu and Arajara Formation), Medium (Barbalha, Abaiara and Missão Velha Formation) lower system (Formation Mauriti and basal part Brejo Santo) and Santana and Brejo Santo aquicludes, besides the alluvial deposits. There is a predominance of wells in use (66%), having its waters used for various purposes predominating (66%) multiple use. With respect to pH, electrical conductivity (EC) and total dissolved solids (TDS), measured in the field, only the pH was outside the recommended values by Portaria No 2914 of 14/12/2011 of the Ministry of Health of Brazil patterns, while the 15 physico-chemical analyzes showed concentrations of stiffness, chloride, fluoride, sodium, sulfate and nitrite within recommended by Portaria No 2914/2011 of the Ministry of Health of Brazil patterns, with some concentrations of turbidity (7 samples), iron (sample 1) and nitrate (3 samples) outside the standards for drinking water. According to the anions present, the waters are sodium-bicarbonate (100%) by Piper diagram. In the application of water for the U.S. Salinity Laboratory diagram, classifies waters as levels low to medium of salinity lends itself to the cultivation of almost all types of plants.

Keywords: Hydrogeology, Hydrochemistry, Barbalha.

LISTA DE FIGURAS

01.	Localização da área de estudo.....	17
02.	Classificação iônica das águas de acordo com o Diagrama de Piper.....	24
03.	Classificação das águas para irrigação de acordo com o Diagrama U. S. Salinity Laboratory.....	25
04.	Esboço esquemático do funcionamento dos sistemas aquíferos da Chapada do Araripe (Mendonça, 2001).....	46
05.	Situação dos poços cadastrados na área de estudo.....	49
06.	Mapa de distribuição dos poços cadastrados pela CPRM (SIAGAS-2008) e dos poços cadastrados na área de estudo.....	50
07.	Situação dos poços particulares cadastrados na área de estudo.....	51
08.	Situação dos poços públicos cadastrados na área de estudo.....	52
09.	Comparação entre os poços particulares e públicos em uso.....	52
10.	Tipos de poços cadastrados na área de estudo.....	53
11.	Finalidade dos poços cadastrados na área de estudo.....	54
12.	Tipos de revestimentos dos poços cadastrados na área de estudo.....	55
13.	Profundidade dos poços cadastrados na área de estudo.....	56
14.	Vazão dos poços cadastrados na área de estudo.....	56
15.	Nível Estático dos poços cadastrados na área de estudo.....	57
16.	Mapa de localização dos poços selecionados para coleta de água e realização das análises físico-químicas.....	60
17.	Zoneamento tendencial do pH das águas subterrâneas da área de estudo.....	67
18.	Zoneamento tendencial do CE das águas subterrâneas da área de estudo.....	68
19.	Zoneamento tendencial do STD das águas subterrâneas da área de estudo.....	69
20.	Zoneamento tendencial de dureza das águas subterrâneas da área de estudo.....	71
21.	Dureza total dos poços analisados na área de estudo.....	72
22.	Zoneamento tendencial de turbidez das águas subterrâneas da área de estudo.....	73
23.	Zoneamento tendencial de ferro total das águas subterrâneas da área de estudo....	76
24.	Zoneamento tendencial de cloretos das águas subterrâneas da área de estudo.....	78
25.	Zoneamento tendencial de fluoretos das águas subterrâneas da área de estudo.....	80
26.	Zoneamento tendencial de cálcio as águas subterrâneas da área de estudo.....	82
27.	Zoneamento tendencial de magnésio das águas subterrâneas da área de estudo....	84
28.	Zoneamento tendencial de sódio das águas subterrâneas da área de estudo.....	85
29.	Zoneamento tendencial de potássio das águas subterrâneas da área de estudo.....	87
30.	Zoneamento tendencial de sulfatos das águas subterrâneas da área de estudo.....	88
31.	Zoneamento tendencial de nitrato das águas subterrâneas da área de estudo.....	91
32.	Classificação iônica das águas subterrâneas na área de estudo segundo o Diagrama de Piper.....	93
33.	Classificação das águas subterrâneas na área de estudo segundo o Diagrama de U.S.S.L.....	94

LISTA DE TABELAS

01.	Coordenadas em UTM da área de pesquisa.....	16
02.	Classificação de dureza total das águas (Custódio & Llamas, 1983 <i>apud</i> Santos, 2000).....	23
03.	Coluna estratigráfica da Bacia Sedimentar do Araripe.....	33
04.	Classificação das águas segundo a dureza em mg/L de CaCO ₃	70

LISTA DE QUADROS

01.	Cobertura de abastecimento de água e esgotamento sanitário.....	26
02.	Parâmetros de pH, CE, STD e tipos de poços obtidos em campo das águas subterrâneas da área de estudo.....	61
03.	Parâmetros analisados nas águas subterrâneas da área de estudo.....	63
04.	Padrões de Potabilidade da Portaria N° 2914/2011 do MS.....	64

LISTA DE FOTOS

01.	Arajara Park, Barbalha – CE.....	28
02.	Fonte de água termal no Balneário do Caldas, Barbalha – CE.....	28
03.	Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (EMBRAPA).....	31
04.	Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico.....	31
05.	Arenito fino a médio caulinizado com intercalações de níveis conglomeráticos de espessura de 18cm e coloração avermelhado devido ao intemperismo químico, Nova Olinda – CE.....	35
06.	Argilito vermelho com intercalações de argilito esverdeado, Nova Olinda – CE...	36
07.	Floresta petrificada, Missão Velha – CE.....	37
08.	Cachoeira do Lameiro, no Rio da Batateira, GEOTOPE BARBALHA, Crato – CE.....	39
09.	Fóssil de peixe do tipo <i>Dastilbe</i> preservado no calcário, Nova Olinda – CE.....	40
10.	Folhelhos negros ricos em matéria orgânica pertencentes ao Membro Romualdo representam o capeamento (espessura de 32m) acima do pacote de gipsita (espessura de 8 a 10m). Mina Pedra Branca, Nova Olinda – CE.....	41
11.	Membro Romualdo com intercalações de folhelhos, margas, calcários e lentes de arenitos conglomeráticos, Crato – CE.....	42
12.	Estrada do Cancão Velho, GEOTOPE EXU, Santana do Cariri – CE.....	43
13.	Poço tubular em PVC geo-mecânico (P57) – EMBRAPA/EPACE. Coord.: 9193300/470136. Junho/2012.....	53

14.	Poço manual com revestimento de alvenaria para uso doméstico e recreativo – AABB. Coord.: 9193718/465825. Junho/2012.....	53
15.	Poço sem qualquer proteção sanitário (P73) – Malhada Grande. Coord.: 9189754/468487. Junho/2012.....	58
16.	Poço apresentando cuidados quanto à proteção sanitária (P02) – CEASA. Coord.: 9193816/464877. Junho/2012.....	58
17.	Observa-se o poço P55 revestido de ferro (P63) – SÃO PEDRO, Fazenda Domingos Miranda. Coord.: 9193160/467741. Junho/2012.....	74
18.	Observa-se a coloração avermelhada (capa rosa) da água do poço – SÃO PEDRO, Fazenda Domingos Miranda. Coord.: 9193160/467741. Junho/2012.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAS	Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CE	Condutividade Elétrica
COELCE	Companhia Energética do Ceará
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GPS	Global Positioning System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
MS	Ministério da Saúde
NE	Nível Estático
NRB	Norma Brasileira
pH	Potencial Hdrogeniônico
PVC	Polietileno Vinil Carbono
SAR	Sodium Adsorption Ration
SER	Secretaria Executiva Regional
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SIG	Sistema da Informação Geográfica
SOHIDRA	Secretaria de Obras Hidráulicas
SRH	Secretaria dos Recursos Hídricos
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
UFC	Universidade Federal do Ceará
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
UTM	Universal Transversal de Mercator

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1. Justificativa.....	15
1.2. Localização e acesso.....	16
1.3. Objetivos.....	18
1.3.1. Geral.....	18
1.3.2. Específicos.....	18
2. METODOLOGIA DE TRABALHO.....	19
2.1. Levantamento bibliográfico.....	19
2.2. Atualização do cadastro de poços.....	19
2.3. Elaboração das bases temáticas.....	20
2.4. Etapas de campo.....	20
2.4.1. Primeira fase.....	21
2.4.2. Segunda fase.....	21
2.5. Análises laboratoriais.....	21
2.6. Tratamento e integração dos dados.....	22
2.6.1. Tratamento hidroquímico.....	22
2.6.1.2. Tratamento das análises físico-químicas.....	22
2.6.2. Diagramas hidroquímicos.....	23
2.6.2.1. Diagrama de Piper.....	23
2.6.2.2. Diagrama de U.S. Salinity Laboratory.....	24
3. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS.....	26
4. ASPECTOS GEOAMBIENTAIS.....	29
4.1. Clima.....	29
4.2. Vegetação.....	29
4.3. Solos.....	30
4.4. Geomorfologia.....	32
4.5. Geologia.....	32
4.5.1. Embasamento cristalino.....	34
4.5.2. Formação Mauriti (Gaspary & Anjos, 1964).....	34
4.5.3. Grupo Vale do Cariri (Ponte & Appi, 1990).....	35
4.5.3.1. Formação Brejo Santo (Gaspary & Anjos, 1964).....	35
4.5.3.2. Formação Missão Velha (Beurlen, 1962).....	36
4.5.3.3. Formação Abaiara (Ponte & Appi, 1990).....	37
4.5.4. Grupo Araripe (Beurlen, 1971).....	38
4.5.4.1. Formação Rio da Batateira (Barbalha) (Chagas, 2007).....	38
4.5.4.2. Formação Santana (Beurlen, 1962).....	39
4.5.4.2.1. Membro Crato (Beurlen, 1971).....	39
4.5.4.2.2. Membro Ipubi (Beurlen, 1971).....	40
4.5.4.2.3. Membro Romualdo (Beurlen, 1971).....	41
4.5.4.3. Formação Arajara (Ponte & Appi, 1990).....	42
4.5.4.4. Formação Exu (beurlen, 1962).....	43

4.6. Hidrologia.....	43
<i>4.6.1. Águas superficiais.....</i>	<i>44</i>
<i>4.6.2. Águas subterrâneas.....</i>	<i>44</i>
5. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS.....	45
5.1. Domínio Hidrogeológico Sedimentar.....	45
<i>5.1.1. Sistema Aquífero Superior.....</i>	<i>46</i>
<i>5.1.2. Sistema Aquífero Médio.....</i>	<i>47</i>
<i>5.1.3. Sistema Aquífero Inferior.....</i>	<i>47</i>
5.2. Domínio Hidrogeológico Aluvionar.....	48
6. SITUAÇÃO DAS OBRAS DE CAPTAÇÃO.....	49
6.1. Tipos de poços.....	52
6.2. Finalidade das obras de captação.....	54
6.3. Tipos de revestimentos dos poços.....	54
6.4. Profundidade e vazão dos poços.....	55
6.5. Nível estático dos poços.....	57
6.6. Estado de conservação dos poços.....	57
7. ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	59
7.1. Parâmetros hidroquímicos.....	61
7.2. Balanço Iônico.....	62
7.3. Classificação de Potabilidade (Consumo Humano).....	64
<i>7.3.1. Zoneamento tendencial das águas subterrâneas.....</i>	<i>65</i>
7.4. Classificação iônica das águas subterrâneas.....	92
7.5. Uso na irrigação – Classificação do <i>U.S. Salinity Laboratory</i>	93
8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	95
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97

ANEXOS

APÊNDICE A - Cadastro dos poços cadastrados pela CPRM (SIAGAS – 2008) e dos poços novos cadastrados na área de estudo.

1. INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas apresentam melhor qualidade do que as águas superficiais pelo fato delas estarem mais protegidas das fontes de poluição. Por isso, estas águas estão se tornando a principal fonte de abastecimento da população e é de suma importância que haja a continuidade do estudo desse recurso, procurando se caracterizar hidrogeologicamente os aquíferos onde está armazenado.

O Vale do Cariri, sul do Estado do Ceará, possui os melhores sistemas aquíferos clásticos, onde estão as maiores reservas de água subterrânea, quase sempre cearenses, de boa qualidade, abastecendo todos os municípios através de poços tubulares e/ou fontes.

As águas subterrâneas representam uma parte importante do desenvolvimento socioeconômico da região do Cariri e constituem o principal mineral explorado pelas comunidades. No município de Barbalha não é diferente, a água que é utilizada para irrigação e consumo humano é, predominantemente, subterrânea, captada de poços tubulares e de fontes naturais. No ano de 2008 a CPRM (Serviço Geológico do Brasil) cadastrou 157 poços e 32 fontes naturais no município.

1.1. Justificativa

O trabalho visa cumprir a disciplina de Relatório de Graduação (CG449) que corresponde a um dos requisitos para a conclusão do curso de Graduação em Geologia, dando ênfase ao estudo da hidrogeologia do município de Barbalha, Estado do Ceará.

A água subterrânea é utilizada para uso doméstico, industrial e agrícola. Com o crescimento acelerado da população e indústria, gera-se o aumento da demanda dos recursos hídricos subterrâneos, pois apresentam várias vantagens quanto à qualidade, quantidade, localização, baixo custo de captação e tratamento.

A grande demanda na utilização desse recurso pode apresentar uma vulnerabilidade a agentes poluentes, podendo transformar a água imprópria para consumo, sendo de suma importância que haja um estudo da qualidade desse recurso.

Segundo Sá (2004), o município de Barbalha abrange 497 km² com a distribuição da maioria dos poços localizada nas cotas mais inferiores da região do município, conhecido como Vale do Cariri. Essa característica torna necessário

trabalhos de detalhe e métodos adequados, para que a demanda seja atendida em função da disponibilidade, sem causar colapso nas reservas dos aquíferos.

Desta maneira, este trabalho é justificado pela importância de se avaliar a situação de poços e a qualidade da água subterrânea, indicando pontos importantes a serem adotados pelas autoridades municipais, para precaver e assegurar a utilização da água de maneira adequada.

1.2. Localização e acesso

A área de estudo está situada no município de Barbalha, que pertence a Região do Cariri, localizado na Bacia Sedimentar do Araripe, Estado do Ceará. Ela abrange 40km² e está localizada na porção central no município de Barbalha.

O acesso principal a área, partindo-se de Fortaleza, é feito através da BR-116 por 418 km quando se alcança a BR- 230; seguindo-se nela por 39 km, se alcança a CE- 060 até Juazeiro do Norte e deste, pela Av. Leão Sampaio, se alcança a sede de Barbalha (Figura 01).

O município de Barbalha está situado no Vale do Cariri, à 540 km da capital do estado. Os municípios limítrofes são Crato, Juazeiro do Norte, Jardim e Missão Velha. Barbalha tem 4 (quatro) distritos: Barbalha (sede), Arajara, Caldas e Estrela, localizada na Carta Topográfica Crato/SUDENE (SB. 24-Y-D-III). Os vértices da área estudada possuem as coordenadas cartográficas, e podem ser observadas na Tabela 01.

Tabela 01 – Coordenadas em UTM da área de pesquisa.

Vértices	Coordenadas (UTM)
1	464.000/9194.000
2	472.000/9194.000
3	464.000/9189.000
4	472.000/9189.000

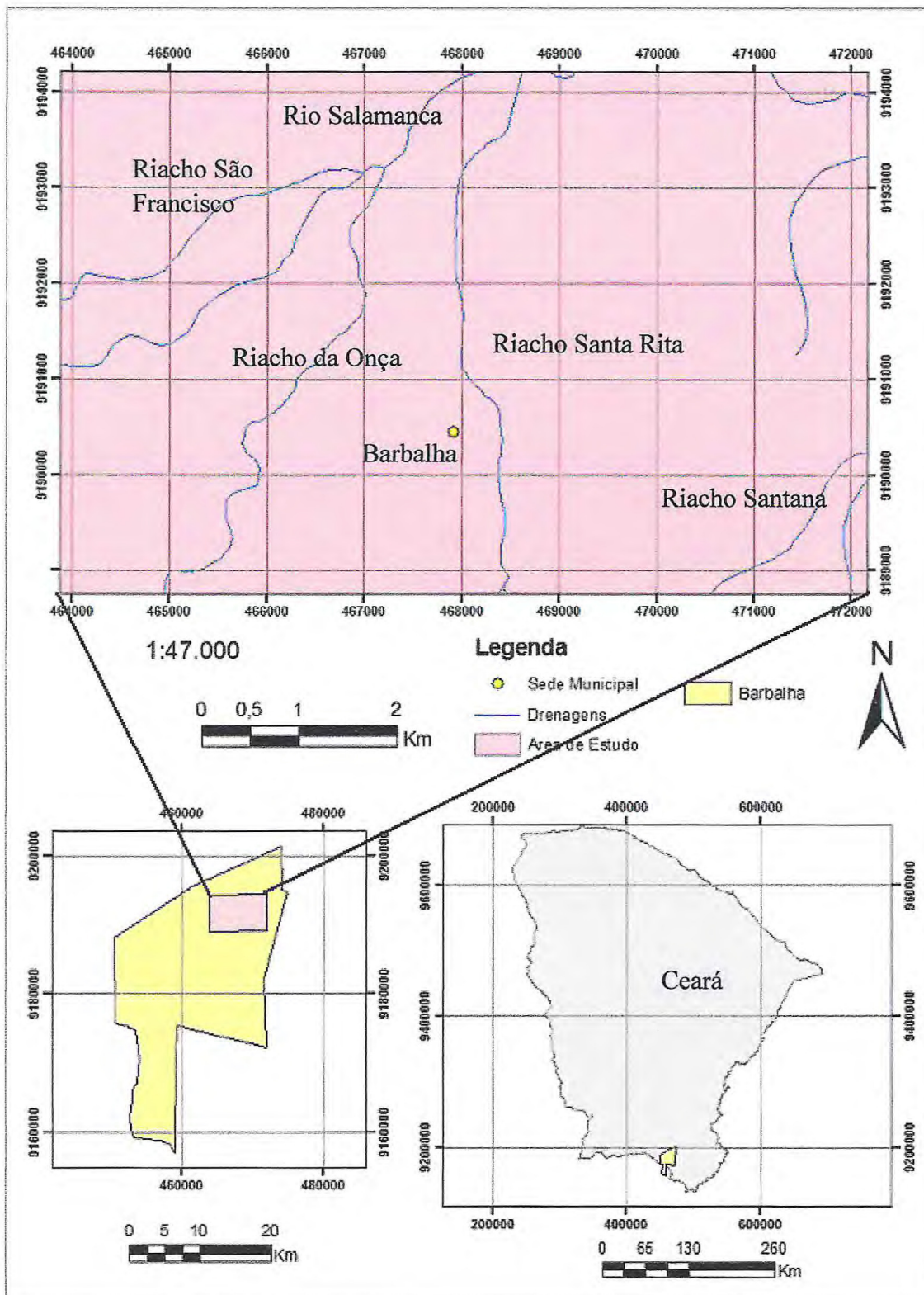


Figura 01 - Localização da área de estudo.

1.3. Objetivos

Os objetivos desse trabalho foram divididos em geral e específicos, descritos a seguir:

1.3.1. Geral

Avaliar os aspectos qualitativos e quantitativos das águas subterrâneas da porção central do município de Barbalha, Ceará.

1.3.2. Específicos

- ✓ Avaliar a situação atual das obras de captação dos poços;
- ✓ Atualizar o cadastro dos poços existentes na área;
- ✓ Identificar os sistemas hidrogeológicos na área;
- ✓ Realizar medidas “*in situ*” dos parâmetros de condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD);
- ✓ Coletar e analisar amostras de água subterrânea para análises físico-químicas;
- ✓ Elaborar mapas de isolinhas com zoneamento tendencial dos principais parâmetros (Cálcio, Magnésio, Cloreto, Potássio, Sulfatos, Sódio, Nitrato, Ferro, Turbidez, pH, STD, Dureza, Fluoreto e CE).

2. MÉTODO DE TRABALHO E MATERIAIS

O método de trabalho empregado abrange uma variedade de atividades que foram administradas no sentido de facilitar o desenvolvimento do mesmo, para atingir os objetivos propostos, seguindo uma sequência lógica de procedimentos e atividades, resultando, assim uma melhor interpretação de dados.

2.1. Levantamento bibliográfico

A pesquisa bibliográfica constou no levantamento dos trabalhos de conhecimentos geológicos, mapas e informações referentes à hidrogeologia, aspectos socioeconômicos e geoambientais relacionados à área pesquisada, representados por livros, monografias, dissertações e teses, bem como aqueles contidos em revistas técnicas, anais de simpósios e congressos.

Esta pesquisa foi realizada junto aos órgãos públicos, tais como na Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), Serviço Geológico do Brasil (CPRM)/ Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS), Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA), Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), Secretaria do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE), Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Universidade Federal do Ceará (UFC), a fim de aprimorar os conhecimentos característicos da região ajudando, também, na elaboração de bases preliminares de trabalho.

2.2. Levantamento e organização do cadastro de poços

A atualização do cadastro dos poços foi realizada junto aos órgãos públicos como CPRM (SIAGAS), SOHIDRA, COGERH, SRH, Departamento de Geologia (DEGEO) da Universidade Federal do Ceará (UFC). Esta etapa teve por objetivo atualizar as informações contidas nas fichas técnicas, completando os espaços sem dados, e levantar novas informações junto às comunidades locais, bem como nome do

atual proprietário, ano da perfuração, profundidade do poço, uso da água captada, situação atual e se possível, atualizar informações não existentes no cadastro.

2.3. Elaboração das bases temáticas

Com a integração das informações obtidas nas etapas anteriores foi possível à organização dos dados juntando as diversas informações, como: Distribuição dos poços na área, parâmetros hidrogeológicos (vazão, STD, pH, nível estático, CE, etc.), data de perfuração, situação das obras de captação das águas, finalidade, entre outros, dando a estes um tratamento estatístico utilizando planilhas eletrônicas no Excel (*Microsoft Office 2007*). Isto possibilitou um diagnóstico preliminar das condições de captação da água subterrânea na área de estudo.

2.4. Etapa de campo

As etapas do campo foram divididas em duas fases. A primeira se constitui na visita aos poços existentes nos registros da CPRM, o reconhecimento dos sistemas hidrogeológicos e cadastramento dos novos poços, bem como a verificação das informações como profundidade, NE, CE, pH, e ainda, completando e/ou adicionando novos dados. A segunda fase foi à coleta das amostras de água para análises físico-químicas.

Segundo o Serviço Geológico do Brasil - CPRM (SIAGAS – 2014), existem na área de estudo 72 poços cadastrados, entretanto após a atualização desse cadastro, realizado durante o campo, averiguou-se a existência de 08 novos poços, totalizando 80 poços cadastrados na área (Apêndice A).

2.4.1. Primeira fase

Essa fase aconteceu nos meses de maio e junho de 2012, onde foi feita a atualização do cadastro dos poços existentes na área, bem como medidas de profundidade (quando possível), nível estático, localização, coordenadas geográficas, atual proprietário, medidas de pH, Condutividade Elétrica (CE), temperatura (T°C), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), salinidade, situação das obras de captação, uso e

registro fotográfico. Foram visitados 26 poços selecionados e os equipamentos utilizados para tais fins foram GPS Garmin GPSmap, medidor multi-parâmetros METTLER TOLEDO, medidor de pH modelo MA 522/P Marconi e máquina fotográfica digital Sony.

2.4.2. Segunda fase

Ao término da primeira fase, foi possível selecionar 15 poços dentre os 26 poços visitados para serem coletadas as amostras de água para a realização de análises físico-químicas, fase esta sendo realizada no mês de junho/2012. Os critérios utilizados para essa seleção foram: representatividade dos poços na área, facilidade de acesso ao poço, água direcionada para consumo humano, comunidades e escolas, poços ativos e aqueles que estivessem próximos a fontes de poluição.

Para coleta foram utilizadas garrafas de plásticos de 500 mL e frasco de vidro escuro graduado liberado pelo laboratório analítico, este para a análise de amônia, nos quais foram acrescentados imediatamente após a coleta em campo os reagentes, Fenol e Citrato. Após a coleta, as garrafas foram mantidas refrigeradas e abrigadas da luz até a realização dos procedimentos laboratoriais.

2.5. Análises laboratoriais

Nesta etapa, as 15 amostras coletadas em campo foram submetidas a análises físico-químicas junto ao Laboratório de Geoquímica Ambiental do Departamento de Geologia do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará.

A análise das amostras envolveu os seguintes parâmetros físicos e químicos, em mg/L: Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Sódio (Na^+), Potássio (K^+) Cloretos (Cl^-), Sulfatos (SO_4^{2-}), Nitritos ($\text{N} - \text{NO}_2^-$), Nitratos ($\text{N} - \text{NO}_3^-$), Ferro (Fe), Amônia ($\text{N} - \text{NH}_3$), Alumínio (Al^{3+}), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Bicarbonatos ($\text{mg HCO}_3^-/\text{L}$), Sílica (SiO_2), Turbidez (UT-Unidade Turbidimétrica) e ainda, Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Ph e Dureza ($\text{CaCO}_3 \text{ mg/L}$).

2.6. Tratamento e integração dos dados

Nesta etapa foi realizado o tratamento e a integração dos dados obtidos nas etapas anteriores utilizando-se programa *Excel* (versão2007) na elaboração das planilhas, tabelas e gráficos; *Qualigraf*, versão Beta (MÖBUS, 2003) na elaboração de gráficos hidroquímicos (diagrama de classificação iônica e irrigação); através da ferramenta ‘*geostatica analyst*’ pelo método de Krigagem (ArcGIS versão 9.3) na confecção de mapas de isolinhas com zoneamento tendencial e SIG usado na digitalização e confecção dos mapas.

2.6.1. Tratamento hidroquímico

Para tratar os dados hidroquímicos foi utilizado o programa *Qualigraf* (MÖBUS, 2003) com o objetivo de estimar o grau de confiabilidade das análises físico-químicas por meio do cálculo do balanço iônico.

Os dados foram reunidos em tabelas, permitindo a caracterização das águas quanto à classificação iônica, potabilidade e capacidade para irrigação.

2.6.1.1. Tratamento das análises físico-químicas

Para o balanço iônico foi utilizada a Equação 01 definida por Stabler (*apud* LOGAN, 1965), que determina o coeficiente individual de erro das análises, aceitando um valor máximo de 10% para análises aproveitáveis.

$$E (\%) = \frac{\left| r \sum A - r \sum C \right|}{\left| r \sum A + r \sum C \right|} \times 100$$

[Equação 01]

Onde:

$r \sum A$ = Concentração total de ânions, em meq/l.

$r \sum C$ = Concentração total de cátions, em meq/l.

$E (\%)$ = Erro das análises

meq/L = Mili-equivalente por litro

Para a classificação da dureza foi utilizada a Tabela 02, de Custódio & Llamas (1983) *apud* Santos (2000), que utiliza a dureza total em mg/L de CaCO₃.

Tabela 02 - Classificação da dureza total das águas

Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	Tipos de água
0 – 50	Branda
50 – 100	Pouco dura
100 – 200	Dura
> 200	Muito dura

Fonte: Custódio & Llamas, 1983 *apud* Santos, 2000

2.6.2. Diagramas hidroquímicos

Para a caracterização hidroquímica das águas subterrâneas foram utilizados os diagramas de Piper e U.S. *Salinity Laboratory*, através do Qualigraf (MOBÜS, 2003), ferramenta básica para auxiliar na análise da qualidade da água.

2.6.2.1. Diagrama de Piper

Este diagrama é usado para classificar as águas subterrâneas em relação aos principais íons: Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄⁼, NO₃³⁻ e CO₃⁼ (=HCO₃³⁻ + CO₃⁼) sob a forma de percentual em meq/L (Figura 02).

A representação nesse diagrama é feita em três campos onde são plotados os valores percentuais das concentrações dos principais constituintes iônicos para cátions e os ânions, sendo possível identificar o fácies hidroquímicos. O cruzamento do prolongamento dos pontos na área do losango mostra sua posição e nomeia a amostra de acordo com o fácies.

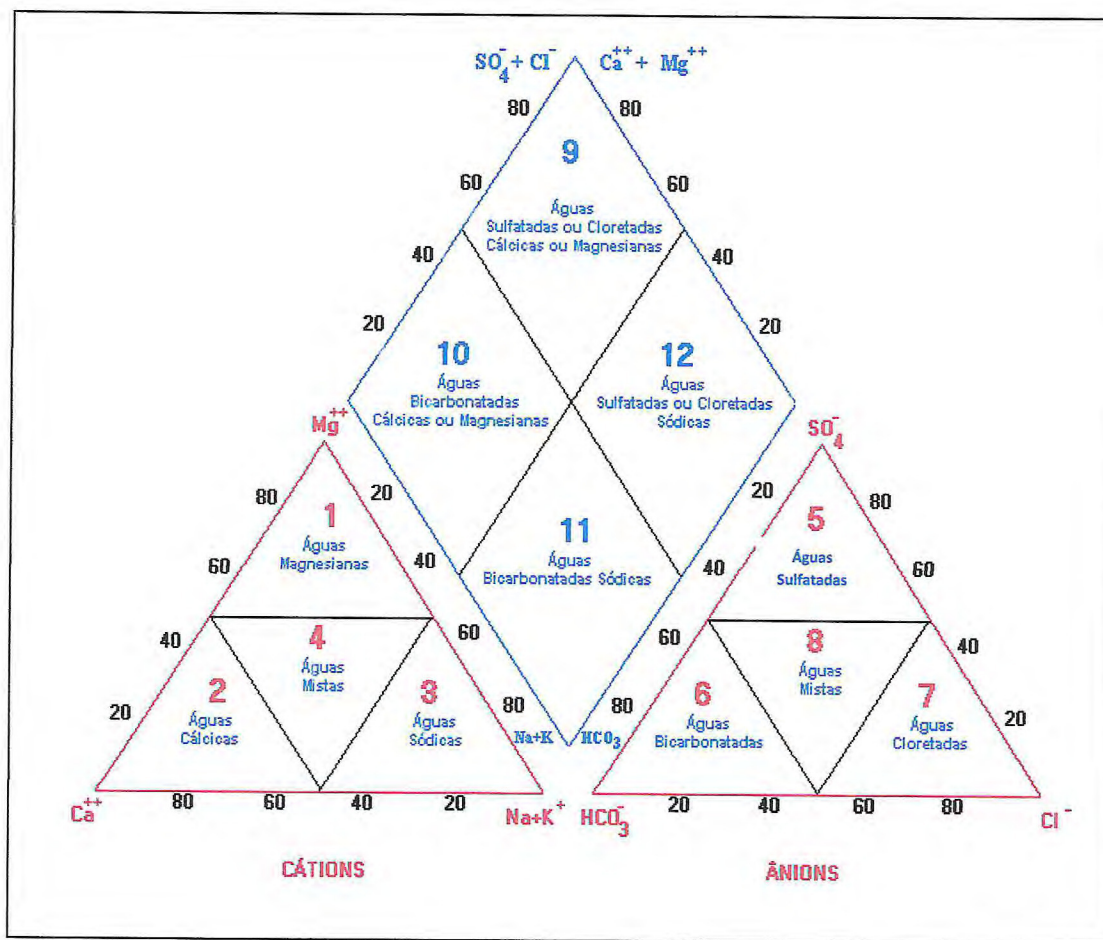


Figura 02 – Classificação iônica das águas de acordo com o Diagrama de Piper.
Fonte: MOBÜS, 2003.

2.6.2.2. Diagrama do U.S. Salinity Laboratory

Este diagrama é utilizado para classificar a qualidade das águas para a irrigação baseando-se nos riscos de sódio (Na^+) e na condutividade elétrica (CE).

A Razão de Adsorção de Sódio ou *Sodium Adsorption Ration* (SAR) é indicadora do perigo de sodificação, calculada mediante a utilização da Equação 02 em meq/L.

[Equação 02]
$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{1}{2}(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})}}$$

Onde:

SAR = Sodium Adsorption Ration

Na = Sódio

Ca = Cálcio

Mg = Magnésio

O Diagrama do *U.S. Salinity Laboratory* (Figura 03) consta de um gráfico semi-logarítmico, em cuja abscissa localiza-se a condutividade elétrica da água a 25°C.

O SAR é o parâmetro que representa uma estimativa de quanto o sódio da água pode ser adsorvido pelo solo e classifica água como: excelente ($0 \leq \text{SAR} \leq 10$); boa ($10 < \text{SAR} \leq 18$); regular ($18 < \text{SAR} \leq 26$) e má qualidade ($\text{SAR} > 26$).

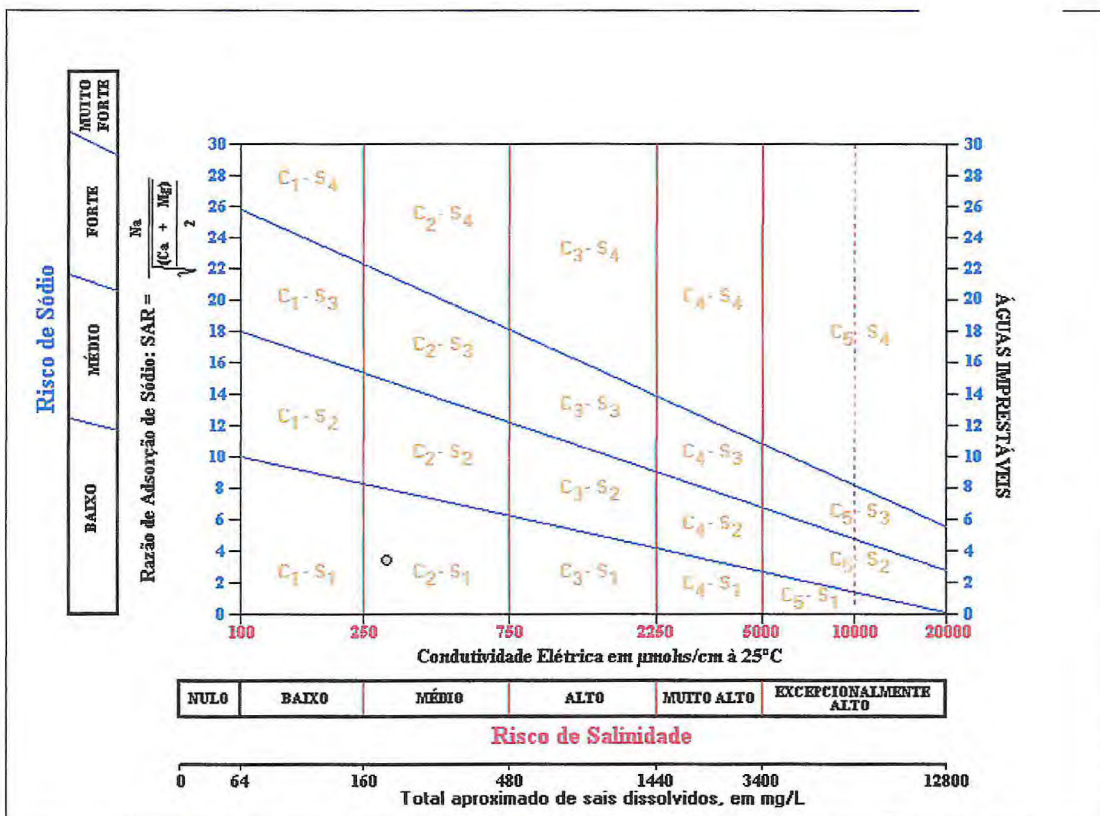


Figura 03 – Classificação das águas para irrigação de acordo com o Diagrama *U.S. Salinity Laboratory*.

3. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

Barbalha é uma das mais importantes cidades em desenvolvimento no estado do Ceará, fundada em 17 de Agosto de 1846. De acordo com o censo demográfico de 2010 realizado pelo IBGE, o município possui 479,18 km² e 55.373 habitantes, que representa 2,56% do território cearense, refletindo uma densidade demográfica de 115,56 hab/km² e taxa de crescimento anual de 1,64 %, possuindo taxa de urbanização de 68,73%.

O abastecimento de água de parte do município é fornecido pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) com 9.393 ligações reais de água, sendo 9.145 ativas, produzindo um volume de 2.783.395 m³/ano e cobrindo 98,04% (2009) da área urbana. O sistema de esgoto tem 2.721 ligações reais, com 1.168 ligações ativas, cobrindo 48,83% (2009) da área urbana (Quadro 01).

Quadro 01 – Cobertura de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Barbalha – Ce.

Domicílios particulares permanentes			
Abastecimento de água		Esgotamento Sanitário	
Total	14.682	Rede geral ou pluvial	1.748
Ligada a rede geral	11.542	Fossa séptica	955
Poço ou nascente	780	Outras	10.955

Fonte: IBGE – Censo demográfico 2010/ IPECE

O fornecimento de energia elétrica é feita pela Companhia Energética do Ceará (COELCE), consumo total de 77.131 MWh/ano distribuídos entre residências (14.710 MWh/ano), indústrias (40.998 MWh/ano), comércio (6.857 MWh/ano), zona rural (7.397 MWh/ano), público (7.107 MWh/ano) e particular (63 MWh/ano).

Em relação à saúde, Barbalha possui 40 unidades públicas e 14 unidades particulares, dispondo de 2 hospitais gerais e 22 centros de saúde que contam com 866 profissionais de saúde e dentre estes, 256 médicos refletindo uma relação de 4,63 médicos/1000 hab. A taxa de mortalidade infantil no município para cada 1000 nascidos vivos é de 17,44 crianças.

Os indicadores de educação mostram que o número de alunos matriculados é de 17.889 para o nível fundamental e médio, com 905 professores distribuídos na rede estadual, municipal e particular, com índice de aprovação de alunos de 88,6% no ensino

fundamental e 89,0% no ensino médio. Na indústria, 1077 pessoas foram admitidas, a construção civil possui 136 admissões, o comércio possui 394, os serviços gerais admitem 342 trabalhadores e na agropecuária tem 79 admissões. O PIB do município é de R\$ 290.183 milhões. A arrecadação do ICMS em 2009 foi de R\$ 16.087 e renda per capita de R\$ 5.528,00 (IPECE, 2011).

A principal atividade econômica está voltada para a agricultura de subsistência, com culturas de feijão, milho, mandioca, arroz, monocultura de algodão, banana, abacate, cana-de-açúcar, castanha de caju, hortaliças e frutas diversas. Na pecuária extensiva destaca-se criação de bovinos, ovinos, caprinos, suínos e aves. O extrativismo vegetal sobressai com a fabricação de carvão vegetal, sendo a extração de madeiras diversas para lenha e construção de cercas. Há o desenvolvimento de atividades com babaçu, oiticica e carnaúba. O artesanato de redes e bordados está representado localmente.

Na área de mineração, a extração de rochas ornamentais, rochas para cantaria, brita, gipsita e calcário para usos diversos na construção civil representa atividade revestida de grande importância geoeconômica, bem como a extração de areia e argila utilizadas na fabricação de telhas e tijolos, reveste-se de importância na economia local. O município também conta com fontes de água mineral exploradas por empresas engarrafadoras.

A região se destaca pelo amplo potencial turístico que gera grande renda para o município, sendo:

No turismo cultural na região tem a festa do padroeiro da cidade (Santo Antônio) que acontece no mês de junho, durando em média, 15 dias; tradição local com mais de 100 anos de existência e é uma das maiores festas juninas do Brasil. A festa tem início no dia do Pau da Bandeira, aonde os homens devotos vão às cinco horas da manhã em busca do “mastro”, em um sítio localizado a 6 km de distância do centro da cidade. Seguidos por uma multidão, os homens trazem o “Pau da Bandeira (mastro)” nos ombros até a Igreja Matriz de Santo Antônio para hastear a bandeira do padroeiro. Sincronizado a isto, pela manhã, acontece o tradicional cortejo folclórico, onde todos os grupos da cidade se apresentam na rua principal. Durante todo o dia, até a chegada do “Pau da Bandeira”, milhares de pessoas se aglomeram pelas ruas do Centro Histórico da cidade assistindo a shows típicos nos pólos artísticos, desfilando em blocos. Até o dia 13 de junho ocorrem os festejos sociais, como a quermesse, que acontecem após a missa e shows de grande porte no Parque da Cidade.

Para o turismo ecológico, a cidade conta com uma vasta área de floresta nativa repleta de fontes de água e trilhas ecológicas, como o Parque Ecológico do Riacho do Meio (Geopark Araripe), Balneário do Caldas (águas hidrotermais) e Arajara Park (piscinas, trilha e Gruta do Farias) (FOTOS 01 e 02).



Foto 01: Arajara Park, Barbalha – CE
(Fonte: www.arajarapark.com.br)

Foto 02: Fonte de água termal no Balneário do Caldas, Barbalha - CE (Fonte: www.balneariodocaldas.com.br)

O turismo histórico, a cidade conta com um preservado sítio arquitetônico com cerca de 40 prédios, composto por prédios públicos e particulares, o Casário do Centro Histórico de Barbalha se caracteriza pela arquitetura do período imperial com prédios construídos nos séculos XVIII e XIX. Além da Praça Engenheiro Dória (estação) e das históricas Igreja Matriz de Santo Antônio e Igreja de Nossa Senhora do Rosário, prédios como o antigo Casarão Hotel e Palácio 3 de Outubro fazem parte da composição.

O turismo rural vai do sítio Venha-Ver até o distrito de Estrela, é onde se concentra a maioria dos engenhos de cana-de-açúcar e rapadura. Sempre aberto à visitação, onde o turista conhece e experimenta o doce típico da cidade.

4. ASPECTOS GEOAMBIENTAIS

Os aspectos geoambientais da área são representados pelo clima, geomorfologia, vegetação, solos, geomorfologia, geologia e hidrologia, subdividida em águas superficiais e subterrâneas.

4.1. Clima

Apesar de estar localizado aos pés da Chapada do Araripe, seu clima é tropical quente semiárido, com temperatura oscilando, em média, de 30°C a 35°C ao longo do ano, com variação de temperatura durante os meses de maio a julho onde a temperatura média se encontra entre 19°C e os 28°C. A pluviometria média é de 1.160,1 mm/ano (FUNCEME, 2010) e as chuvas são concentradas no período de janeiro a março.

4.2. Vegetação

A região do Cariri é constituída por 4 (quatro) tipos de vegetação, no sentido sul para norte da região, sendo elas: Floresta Subperenifólia Plúvio-Nebular (Mata Úmida), Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Mata Seca), Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea) e Floresta Subcaducifólia Xeromorfa (Cerrado) (FIGUEIREDO, 1997 *apud* CAJAZEIRAS, 2007).

Floresta Subcaducifólia Tropical Xeromorfa (Cerrado) – ocorrem sobre a Chapada do Araripe, no nível entre 800 e 1.000 metros. As espécies vegetais apresentam cascas suberosas, folhas largas, brilhantes e persistentes. Algumas espécies mais comuns são representadas pela Janaguba (*Himatanthusdrasticus*), Faveira (*Dimophandragardneriana*), Piqui (*Caryocarcariaceum*), Louro-bravo (*Ocoteaglomerata*) e Murici (*Byrsonimasericea*).

Floresta Subperenifólia Plúvio-Nebular (Mata Úmida) – localiza-se nas vertentes da chapada, denominada de Serras Úmidas. A altitude e a exposição aos ventos úmidos são os principais determinantes da existência dessa floresta, considerando-se, ainda, a importância da água subterrânea, cuja ressurgência nas encostas da chapada contribui para a permanência da vegetação florestal. As árvores apresentam caules retilíneos, espessos, cobertos com líquens, orquídeas e samambaias. Algumas espécies mais comuns são representadas pelo Ingá (*Ingabahiensis*), Guabiraba

(*Campomanesiadichotoma*), Pinheiro (*Podocarpussellowii*) e Erva do mato (*Palicoureaaenveofusca*).

Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Mata Seca) – ocorre nas zonas abaixo das vertentes da chapada. As espécies são da mata úmida e da caatinga arbórea, cuja faixa de amplitude ecológica permite viver nesse ambiente, que reúne as espécies da mata seca. Algumas espécies mais comuns são representadas pelo Pau-d’arco-roxo (*Tabebuia impetiginosa*), Mulungu (*Erythrina velutina*) e Timbaúba (*Enterolobiumcontortisiliquum*).

Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea) – caatinga é um termo indígena que domina um tipo de vegetação xerófila que ocorre no semi-árido do Nordeste do Brasil. No Ceará, associada à umidade denominada “Carrasco”, cobrem cerca de 80% do estado. Ocupa as áreas abaixo das matas secas. Os indivíduos apresentam porte da ordem de 20 m, espessura dos caules maiores e a densidade é menor que as outras caatingas (800 indivíduos/ha). Algumas espécies mais comuns são representadas pela Aroeira (*Myracrodruon*), Imbu (*S. Tuberosa*) e Jucá (*C. Ferrea*).

4.3. Solos

De acordo com o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) os solos existentes na área são aluviais, litólicos, latossolo vermelho-amarelo e podzólico vermelho-amarelo. Leite & Marques (1997), classificaram esses solos como:

Latossolo Vermelho-Amarelo Álico – são solos desenvolvidos sobre arenitos da Formação Exu, ocupando a área do topo da chapada, fator que limita o uso e ocupação por fazer parte de uma zona de preservação. Os solos são profundos, com textura média a argilosa, bem drenados, cores variando de vermelho até amarelo, apresentando perfis do tipo ABC. Possui baixa fertilidade natural, mais deficiência hídrica, exigindo adubação e calagem. Podem ser utilizados para culturas cíclicas (milho, feijão, mandioca), pastagem e fruticultura. Possui uma estrutura física favorável aos processos erosivos (Foto 03).



Foto 03: Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (EMBRAPA).

Litólicos Eutróficos – são solos desenvolvidos sobre a Formação Santana e apresentam fertilidade natural, forte restrições quanto à profundidade efetiva, presença de rocha, deficiência hídrica, grande suscetibilidade a erosão e declividade elevada (> 25%). Podem ser utilizados para culturas de milho, feijão e algodão.

Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico – tem como material de origem a Formação Brejo Santo, são solos profundos, com textura variando de média a argilosa, cores entre vermelha e amarela, amarela e vermelha. Tem potencial elevado para agricultura, com restrições quanto ao relevo. Possui alta suscetibilidade a erosão e deficiência hídrica, necessitando de adubação complementar. Pode ser utilizado para culturas de milho, feijão, mandioca, algodão e pastagem (Foto 04).

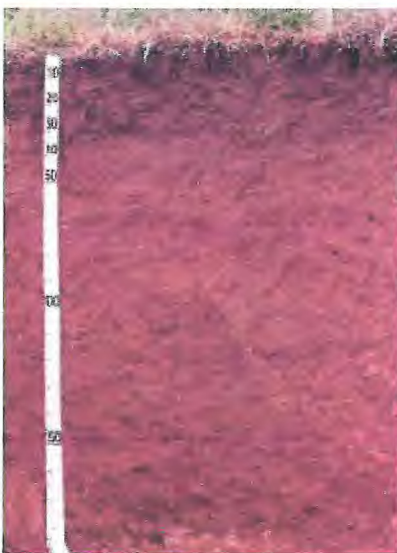


Foto 04: Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico (EMPRAPA).

Aluviais Eutróficos – são solos formados a partir da deposição de sedimentos fluviais não consolidados, distribuindo-se ao longo das planícies dos principais rios da área. Possui bom potencial agrícola, propício a irrigação desde que devidamente controlados, face ao risco de salinização e inundações nos períodos chuvosos. É utilizado em culturas de cana-de-açúcar, algodão e horticultura.

4.4. Geomorfologia

Essa região caracteriza-se por 2 (duas) unidades geomorfológicas (COSTA & GATTO, 1981): o Planalto Sertanejo e a Chapada do Araripe.

O Planalto Sertanejo apresenta-se na borda da chapada, com cota em torno de 350m. Possui um relevo de topo plana e índice de dissecação variando de 250 a 750 m, e drenagem de fraca densidade.

A litologia, a disposição das camadas e o suave mergulho de sul para norte beneficiam a ocorrência de fontes naturais, responsáveis pela alimentação dos rios e riachos da região.

A Chapada do Araripe representa uma superfície plana em harmonia com a estrutura geológica. Limita-se em toda sua extensão por escarpas erosivas, tocando a Depressão Sertaneja através de rampas. É composto, de rochas sedimentares do Cretáceo, onde na porção superior prevalecem os arenitos e siltitos da Formação Exu. As altitudes na chapada podem variar de 700 a 1000 m. É quase total a carência de drenagem no topo, devido ao solo homogêneo, arenoso e bem permeável.

4.5. Geologia Regional

Tendo em vista a grande divergência de opiniões atualmente existentes quanto à estratigrafia formal da Bacia do Araripe, neste trabalho segue-se a estratigrafia proposta por Ponte & Appi (1990), considerando que este autor trabalhou com informações mais abrangentes como seções sísmicas, análise de afloramentos e resultados de subsuperfície.

Ponte & Appi (1990) estudaram e caracterizaram os fácies e as sequências sedimentares dos sistemas lacustres Alptiano-Albiano da Bacia do Araripe. Esse trabalho resultou na seguinte proposta (Tabela 03):

Tabela 03 – Coluna estratigráfica da Bacia Sedimentar do Araripe.

G R U P O A R A R I P E	FORMAÇÃO EXU		C R E T Á C I O M É D I O
	FORMAÇÃO ARAJARA		
	F S O A R N M T A A Ç N Ã A O	MEMBRO ROMUALDO	
		MEMBRO IPUBI	
		MEMBRO CRATO	
FORMAÇÃO RIO DA BATATEIRA (BARBALHA)			
G R U P O A R I P E V I A R L I E D O	FORMAÇÃO ABAIARA		C I R N E F T E A R C I O R
	FORMAÇÃO MISSÃO VELHA		J U S R U Á P S E
	FORMAÇÃO BREJO SANTO		S R I I C O R
FORMAÇÃO MAURITI		D S E I V L O U N R I O A N O	

- Formação Mauriti (GASPARY & ANJOS, 1964);
- Grupo Vale do Cariri (PONTE & APPI, 1990) agrupando as

Formações:

- Brejo Santo (GASPARY & ANJOS, 1964);
- Missão Velha (BEURLLEN, 1962) e;
- Abaiara (PONTE & APPI, 1990).
 - Grupo Araripe (BEURLLEN, 1971) agrupando as Formações:
- Barbalha (ASSINE, 1990/1992);
- Santana com os membros Crato, Ipubi e Romualdo (BEURLLEN, 1971);
- Arajara (PONTE & APPI, 1990) e;
- Exu (BEURLLEN, 1962).

Tem-se, então, a caracterização litológica das sequências estratigráficas da Bacia do Araripe, da base para o topo:

4.5.1. Embasamento Cristalino

De acordo com o mapa da CPRM (CAVALCANTI *et al.*, 2003), o embasamento da área é composto por ortognaisses tonalito-granodioríticos, localmente trondjemíticos, incluindo esparsas lentes de rochas metaultramáficas, metabásicas, calcissilicáticas, matacalcários e formações ferríferas, relacionadas ao Complexo Granjeiro (micaxistos, com ou sem cordierita, quartzitos, metachertz, BIFs, metacarbonatos, calcissilicáticas, metabasaltos e/ou metagabros, metaultramáficas e granada anfíbolitos).

4.5.2. Formação Mauriti (GASPARY & ANJOS, 1964)

Composta por arenitos médios a grossos, muitas vezes conglomeráticos, ricos em feldspatos, caulinizados em maior ou menor escala, cor branca com tons róseos e com grãos angulares a subangulares (Foto 05). Em direção ao topo, os arenitos feldspáticos gradam para arenitos quartzosos brancos acinzentados de granulometria média a grossa, com seixos de quartzos dispersos ou acompanhando os planos de estratificação, quando por vezes formam níveis delgados de conglomerados quartzosos. Descontínuos níveis decimétricos de siltitos brancos com tonalidade arroxeada podem

aparecer complementando o quadro de uma unidade litologicamente monótona (ASSINE, 1992).

É interpretada como originada por sistema fluvial entrelaçado, pois exhibe estratificação cruzada de médio porte, tabulares planares e, secundariamente, acanaladas, em *sets* com espessura decimétrica a métrica. São fraturados e falhados e possuem mergulhos acentuados. Até o momento, a datação da Formação Mauriti é duvidosa pelo fato desta unidade apresentar escassez de registro fossilífero, permitindo apenas uma comparação com as litologias de regiões já datadas. Sua idade foi considerada como silurodevoniana, segundo correlação com a Formação Ipu, Bacia do Parnaíba (ASSINE, 1992).



Foto 05: Arenito fino a médio caulinizado com intercalações de níveis conglomeráticos de espessura de 18 cm e coloração avermelhada devido ao intemperismo químico, Nova Olinda – CE.

4.5.3. Grupo Vale do Cariri (PONTE & APPI, 1990)

É a sequência Juro-Neocomiana que foi a resposta sedimentar à subsidência mecânica, no interior da região nordeste do Brasil, induzida pela transmissão no interior da placa dos esforços decorrentes dos processos de riftamento do Gondwana.

4.5.3.1. Formação Brejo Santo (GASPARY & ANJOS, 1964)

Composta por arenitos argilosos, finos a médios, folhelhos, siltitos e argilitos vermelhos, marrons e esverdeados (Foto 06). Alternância estratificada de folhelhos e argilitos vermelhos, calcíferos, com intercalações decimétricas a métricas de arenitos

finos a médios, e delgadas lâminas de calcário argiloso, rico em ostracodes. Apresentam, em geral, estratificações cruzadas de pequeno porte, entretanto nos arenitos finos exibem estratificações cruzadas planares de grande porte. Ocorrem microfósseis (conchostráceos e ostracodes) e restos de vertebrados (peixes). O ambiente de sedimentação é continental, em depressões amplas e rasas, nas quais ocorreu o predomínio de sistemas aluviais/lacustres, caracterizados por condições oxidantes, ambientes estes propícios à formação de camadas vermelhas (*red beds*) (ASSINE, 1992).

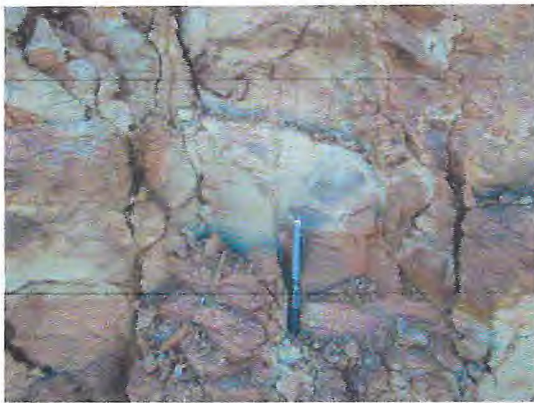


Foto 06: Argilito vermelho com intercalações de argilito esverdeado, Nova Olinda - CE

4.5.3.2. Formação Missão Velha (BEURLEN, 1962)

Composta por arenitos quartzosos, ligeiramente feldspáticos e/ou caolínicos, às vezes conglomeráticos, portadores de abundantes troncos e fragmentos de madeira silicificada (Foto 07), atribuídos a conífera *Dadoxylon benderi*, mas ainda não descritos (BRITO, 1994). Os arenitos apresentam-se em sets comumente decimétricos, com estratificação cruzada cunciforme planar ou acanalada. Os arenitos intercalam-se em níveis descontínuos, decimétricos a métricos, de siltitos arroxeados. O ambiente pode ser interpretado como um empilhamento sedimentar progradante, onde lagos rasos e/ou planícies aluviais distais úmidas foram colmatadas por sistemas fluviais, através de rios entrelaçados de pequeno a médio porte, mas de alta energia, a julgar pelas litologias e dimensões dos *sets* (ASSINE, 1992).



Foto 07: Floresta petrificada, Missão Velha - CE

4.5.3.3. Formação Abaiara (PONTE & APPI, 1990)

Assine (1992) define a Formação Abaiara como a sucessão que apresenta a maior variação faciológica lateral e vertical. Predominam, na base, folhelhos silticos e siltitos vermelhos e verdes claros, com intercalações lateralmente descontínuas de camadas decimétricas de arenitos finos e lâminas de carbonatos argilosos. No topo, ocorrem lentes métricas de arenitos quartzosos finos a muito grossos com níveis conglomeráticos interstratificados com folhelhos silticos papiráceos esverdeados. Seu conteúdo fóssilífero é constituído de fragmentos de madeira silicificada na parte média da unidade e topo, e nos folhelhos encontram-se escamas de peixes e ostracodes, em geral muito recristalizados. Os ostracodes desta unidade permitem inferir correlação com o andar Rio da Serra, pela presença de *Cypridea sellata* e *C. candeensis*, e andar Aratu (Neocominiano), pela presença de *Cypridea vulgaris*.

Pela litologia e o conteúdo fóssilífero, há indicação de um ambiente sedimentar continental do tipo lacustre raso ou fluvial. Os folhelhos e siltitos avermelhados são interpretados como sedimentação de sistemas lacustres rasos ou planícies aluviais, enquanto os arenitos em direção ao topo representam ambiente fluvial. Os folhelhos esverdeados e os biosparito, entremeados aos arenitos, são registros de lagos efêmeros (baixa energia) adjacentes aos canais, originados nas várzeas como consequência de inundações (ASSINE, 1992).

4.5.4. Grupo Araripe (BEURLLEN, 1971)

Esta sequência depositou-se por volta de 110 Ma e é marcada por um ciclo transgressivo-regressivo na Bacia do Araripe. É constituída pelas Formações Rio da Batateira, Santana, Arajara e Exu.

4.5.4.1. Formação Rio da Batateira (Barbalha) (CHAGAS, 2007)

Formação Barbalha é a primeira unidade litoestratigráfica da sequência Aptiana-Albiana da Bacia do Araripe de Assine (1990) e da sequência pós-rifte de Ponte & Ponte Filho (1996). Sua área de ocorrência é em torno o sopé das escarpas da chapada do Araripe no Vale do Cariri (CHAGAS, 2006).

A Formação Barbalha sobrepõe-se, em discordância angular as unidades sotopostas, marcando o início da sedimentação pós-rifte. Diversas seções colunares mostram a existência de duas sequências deposicionais caracterizadas por empilhamento estratigráfico em granodecrescência ascendente, registro de dois ciclos estratigráficos em que sistemas fluviais foram afogados por sistemas lacustres (Foto 08) (CHAGAS, 2007).

Assine (1992) caracterizou a Formação Barbalha como composta por intercalações de arenitos com lamitos avermelhados e amarelados, e de níveis conglomeráticos. Os arenitos são finos a médio, subarredondados a subangulares, em geral, bastante friáveis, argilosos e micáceos, às vezes seixosos e/ou portadores de feldspatos caulinizados e bolas de argilas. A estratificação é cruzada, de médio a pequeno porte, tabular planar ou tangencial na base, comparecendo também feições sigmoidais. Tais sedimentos apresentam-se em ciclos com granodecrescência ascendente que culmina em intervalos pelíticos. São interpretados como flúvio-lacustres, não só pelas litologias e estruturas sedimentares, mas pela presença de fósseis continentais.

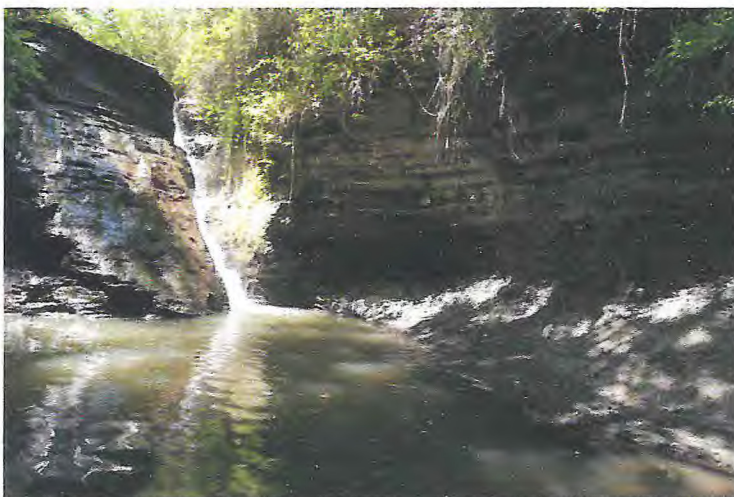


Foto 08: Cachoeira do Lameiro, no Rio da Batateira, GEOTOPE BARBALHA, Crato – CE.

4.5.4.2. Formação Santana (BEURLLEN, 1962)

Geocronologicamente, a Formação Santana é posicionada no Aptiano Superior/Albiano Inferior. Há, entretanto, divergências quanto à cronoestratigrafia. (ASSINE, 1992).

É constituída por três membros: o Membro Crato, constituído por calcários micríticos de cor creme a amarelada, bem laminados, com laminações plano-paralelas e por vezes onduladas, com peixes fósseis do tipo *Dastilbe*; o Membro Ipubi, caracterizado pela ocorrência de gipsita e mesmo anidrita em áreas localizadas, parecendo representar pequenas bacias ou salina do tipo *sabka*, provavelmente marginais, e o membro Romualdo constituído por pelitos, margas e calcários, já em parte representando uma transgressão marinha sobre o ambiente lagunar (MEDEIROS *et al.* 2001)

4.5.4.2.1. Membro Crato (BEURLLEN, 1971)

Composto do topo para a base, por folhelhos cinza, castanhos escuros e negros, calcíferos, laminados, calcários micríticos argilosos e folhelhos calcíferos (cinza claro e creme). Forma uma seção de folhelhos papiráceos calcíferos, pelítico carbonático (comumente chamado de calcário laminado), finamente estratificados em lâminas paralelas e uniformes, com extensos bancos com espessuras de até mais de duas dezenas

de metros, sendo a média de 50 m. A deposição desses sedimentos ocorreu em sistemas lacustres (Cretáceo Inferior), ou seja, ambiente deposicional de baixa energia, batizado de “Lago Araripe”, indicando condições de baixa energia no ambiente deposicional, com influxo terrígenos e turvação da águas paulatinamente decrescentes, sendo comum nos carbonatos a presença de filamentos algálicos. Os fósseis presentes incluem organismos de água doce ou salobra, do ar e terrestres. Existe a preservação de inúmeros organismos, destacando-se alguns muito delicados e pouco resistentes à decomposição e transporte, como é o caso de flores e insetos incluindo, também, pólenes, ostracodes, conchostráceos, aracnídeos, moluscos bivalves e gastrópodos, fragmentos vegetais carbonizados (algas, gimnospermas e angiospermas), peixes, anfíbios, répteis (pterossauros, quelônios, crocodilianos, lagartos), aves, estromatólitos e coprólitos (Foto 09) (ASSINE, 1992; VIANA & NEUMANN, 2002).



Foto 09: Fóssil de peixe do tipo *Dastilbe* preservado no calcário, Nova Olinda – CE.

4.5.4.2.2. Membro Ipubi (BEURLLEN, 1971)

Composta por sulfatos de cálcio, na forma de gipsitas (evaporitos), com leitos de folhelhos pirobotuminosos escuros e fossilíferos, com camadas lenticulares, lateralmente contíguas a folhelhos cinza-esverdeados, carbonatos ou mesmo arenitos. Esses evaporitos representam o clímax de uma seqüência sedimentar em um lago inferior, cujas águas se tornaram progressiva-mente salinas devido à crescente evaporação.

São interpretados como originados em ambientes costeiros (supra maré), sujeitos às variações relativas do nível do mar, em condições de clima árido a semi-árido,

semelhante às salinas do sul da Austrália atualmente. A gipsita está relacionada com a invasão de salmouras, possivelmente de origem marinha (ASSINE, 1992). A presença marcante de folhelhos pirobetuminosos pretos ricos em ostrácodes não-marinhos e fragmentos de vegetais carbonizados evidenciam a não existência de uma bacia evaporítica marinha ampla e contínua. Tampouco a bacia era exclusivamente continental, pois a associação paleontológica inclui também formas marinhas nos estratos associados (Foto 10) (LIMA, 1978).



Foto 10: Folhelhos negros ricos em matéria orgânica pertencentes ao Membro Romualdo representam o capeamento (espessura de 32 metros) acima do pacote de gipsita (espessura de 8 a 10 metros). Mina Pedra Branca, Nova Olinda – CE.

4.5.4.2.3. Membro Romualdo (BEURLLEN, 1971)

Constituída por intercalações de folhelhos, margas (ambos de coloração cinza esverdeada), calcários e lentes de arenitos conglomeráticos friáveis esbranquiçados. Estes são fácies de canais fluviais, indicativas de fluxos torrenciais episódicos em meio ao ambiente de aridez em que a precipitação dos evaporitos tinha lugar. E os lamitos esverdeados apresentam fósseis não-marinhos, como ostracodes de água doce (ASSINE, 1992; BERTHOU *et al.*, 1990).

Alguns metros acima do topo dos evaporitos ocorre o principal jazigo paleontológico do Araripe, constituídos por abundantes concreções carbonáticas, frequentemente fósilíferas, que ocorrem em meio à fácies de folhelhos calcíferos esverdeados ricos em ostracodes. Entre os fósseis encontram-se algas, fragmentos de vegetais carbonizados (troncos, folhas, ramos e frutificações), gastrópodes, ostracodes,

peixes (actinoptérgeos, celacantos, tubarões, raias), tartarugas marinhas, crocodilomorfos, dinossauros e pterossauros (Foto 11), como também coprólitos, icnofósseis (tubos de anelídeos), inclusive em alguns casos a preservação de partes mole do organismo. Os fósseis são encontrados não somente nos nódulos calcários, mas também nos folhelhos e margas que os envolvem e, nestes, foram identificados nove níveis de mortandades (horizonte dos peixes). Ambiente deposicional com ciclo sedimentar lacustre, lagos rasos e efêmeros, exceto pela camada de margas e calcários, contendo gastrópodes bivalves e equinóides, que evidenciam sedimentação marinha. É considerada também a presença de uma ingressão marinha efêmera no topo de sua sedimentação (Foto 11) (ASSINE, 1992; KELLNER, 2002; FARA *et al.*, 2005).



Foto 11: Membro Romualdo com intercalações de folhelhos, margas, calcários e lentes de arenitos conglomeráticos, Crato – Ce.

4.5.4.3 Formação Arajara (PONTE & APPI, 1990)

Corresponde a uma associação com até 100 metros de espessura, constituindo-se de siltitos, argilitos e arenitos finos, argilosos, bem estratificados, exibindo marcas de ondulações, estratos cruzados tabulares e acanalados de pequeno a médio porte, laminações plano-paralelas e cruzadas, estruturas de carga, pseudonódulos e eventuais estruturas de fluidização. Fósseis são raros, constituindo-se principalmente de palinóforos. Icnofósseis podem ser encontrados. O ambiente deposicional foi litorâneo, com planícies de maré e lagunas. (PONTE, 1991).

Uma característica marcante é a presença frequente de truncamentos na estratificação, constituindo diastemas angulares internos à unidade. São interpretados como gerados durante a sedimentação, produto de tectônica sindeposicional. Em alguns

intervalos, os ritmitos (argilo-siltosos de colorações avermelhados, arroxeados e amarelados, com laminação plano-paralela, que constituem o principal fácies presente) podem apresentar com dobramentos convolutos, por deformação penecontemporânea. Em outros, apresentam-se rompidos formando brechas intraformacionais, com contatos erosivos por sobre as litologias subadjacentes (ASSINE, 1992).

4.5.4.4 Formação Exu (BEURLLEN, 1962)

É constituída por associações areníticas granodecrescentes, com níveis de seixos basais seguidos de arenitos grossos com estratos cruzados tabulares e acanalados de porte decimétrico a métrico, culminando com camadas lamíticas. Os fósseis são ausentes e as características da unidade indicam deposição em ambiente fluvial meandrante e entrelaçado (Foto12) (PONTE, 1991).



Foto 12: Estrada do Cancão Velho, GEOTOPE EXU, Santana do Cariri – Ce.

4.6. Hidrologia

A água é a substância mais abundante na superfície do planeta, participando dos seus processos modeladores pela dissolução de materiais terrestre, transporte de partículas e ainda é responsável por manter a vida sobre a Terra (KARMANN, 2003).

A hidrologia é dividida em águas superficiais e águas subterrâneas.

4.6.1. Águas superficiais

A drenagem superficial da região está inserida na Bacia Hidrográfica do Jaguaribe, Sub-Bacia do Salgado, formada por vários rios que percorrem Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha. Em Barbalha os rios que deságuam no rio Salgado são o Salamanca e o Santana.

A hidrografia da bacia sedimentar que envolve o Cariri é caracterizada pelos seguintes fatores: falta de rede de drenagem no topo da chapada, fator torrencial nas vertentes da chapada até a planície, com contribuições em forma de fontes pontuais ou difusas e zona de espraiamento (aluviões) depois das vertentes, onde são depositadas as cargas das torrentes (MONT'ALVERNE *et al*, 1996).

Alguns exemplos de fontes existentes na região: Riacho Boa Esperança, do Saco, São Francisco e da Onça. O município não conta com açudes e reservatórios de grande porte.

4.6.2. Águas subterrâneas

A região do Cariri possui os melhores sistemas aquíferos do estado, onde estão as maiores reservas de água subterrânea e de boa qualidade. O abastecimento público de água na cidade de Barbalha, e mais 14 municípios, é oriundo de água subterrânea, captada através de poços profundos ou fontes, gerenciados pela CAGECE, prefeituras municipais e SAAE.

Barbalha é reconhecida por ser a única estância de água hipotermal do Estado do Ceará, estando localizada no distrito de Caldas a 20km de Barbalha e a 700m de altitude. O balneário de Caldas possui 4500 ha e contêm 5 (cinco) fontes naturais com temperatura de 26°C que brotam do sopé da Chapada do Araripe.

No distrito de Arajara, a 9 km da sede, existe a Caverna do Farias que possui 500 m em sentido horizontal com bicas naturais que abastecem o parque temático Arajara Park.

Existe, também, o Parque Ecológico do Riacho do Meio que abriga um sítio ecológico do Geopark Araripe, onde se encontram fontes e bicas de água mineral.

5. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

No município de Barbalha pode-se distinguir dois domínios hidrogeológicos distintos: rochas sedimentares e depósitos aluvionares.

5.1. Domínio Hidrogeológico Sedimentar

As rochas sedimentares são as mais significativas como aquíferos. Caracterizam-se por ter uma porosidade primária e, nos termos arenosos, uma elevada permeabilidade, traduzindo-se em unidades geológicas com boas condições de armazenamento e fornecimento d'água.

Na região do Cariri, o Grupo Missão Velha é qualificado como a unidade hidrogeológica mais importante e mais explorada para abastecimento, detendo vazões que podem alcançar até 300m³/h. As Formações Santana e Exu apresentam-se como alternativas para captação de água subterrânea.

Mont'Alverne et al (1996) dizem que, a semelhança de parâmetros hidrogeológicos, a falta de descrição dos perfis geológicos dos poços e a pequena profundidade não permitem definir, de forma mais precisa, as unidades hidrogeológicas, e desta fora adotam a seguinte divisão (Figura 04):

- ✓ Sistema Aquífero Superior (Formação Exu e Arajara) – Com aproximadamente 320m de espessura;
- ✓ Aquiclude Santana – Com aproximadamente 180m de espessura;
- ✓ Sistema Aquífero Médio (Formações Barbalha, Abaiara e Missão Velha) – Com aproximadamente 500m de espessura;
- ✓ Aquiclude Brejo Santo – Com aproximadamente 400m de espessura, e;
- ✓ Sistema Aquífero Inferior (Formação Mauriti e parte basal da Formação Brejo Santo) – Com 60 a 100m de espessura.

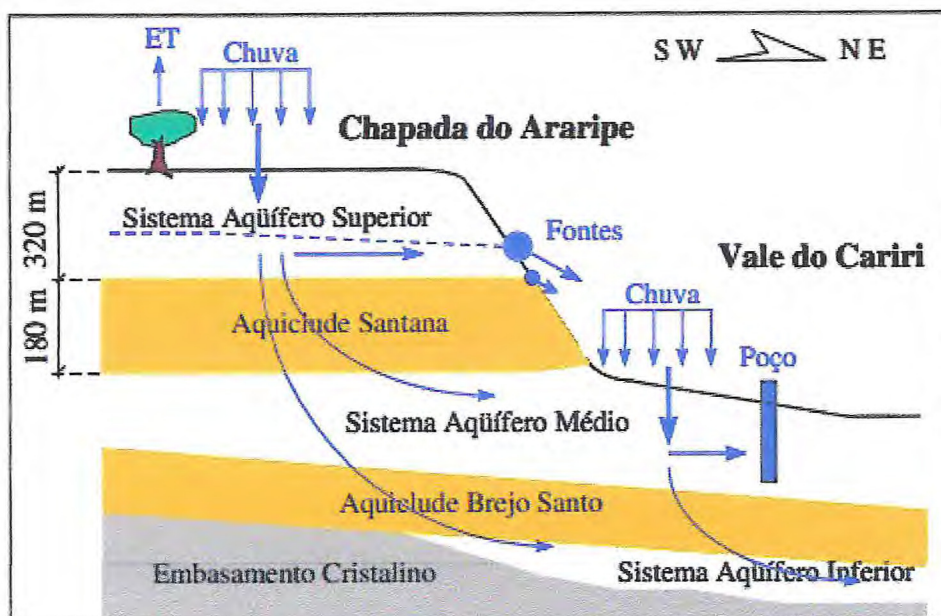


Figura 04 - Esboço esquemático do funcionamento dos sistemas aquíferos da Chapada do Araripe (MENDONÇA, 2001).

5.1.1. Sistema Aquífero Superior

O Sistema Aquífero Superior possui significativa variação litológica, englobando termos areníticos a siltico-argilosos, com intercalações de arenitos grosseiros a conglomeráticos que refletem diferentes condutividades hidráulicas, tanto verticais quanto horizontais. Sua recarga é proveniente da infiltração da água da chuva, pois a drenagem da no topo da Chapada é simples tornando-se escasso a presença de rios e riachos. Essa água desce por gravidade até atingir o nível de saturação, passando a circular sub-horizontalmente no sentido dos exutórios naturais (Fontes naturais).

Segundo Mendonça (2001), a escassez de água no topo da chapada tem, basicamente, duas causas:

- ✓ A alta condutividade hidráulica dos arenitos da Formação Exu ($k = 3.10^{-5}$ m/s) e dos solos deles derivados, que permite infiltração e percolação muito rápidas das chuvas, e;
- ✓ As características de um planalto que não permitem a acumulação de água por falta de um contorno lateral impermeável, mas levam à exudação da água da chapada por fontes.

Embora classificado como aquífero, os dados hidrogeológicos desse sistema são poucos, mesmo sendo predominantemente composto por arenito. Como possui nível

estático muito profundo, é considerado um aquífero de transferência para os outros sistemas.

Na base do sistema está o Aquiclude Santana, composto por níveis impermeáveis como folhelhos, calcário e gipsita.

5.1.2. Sistema aquífero médio

O Sistema Aquífero Médio tem sua recarga também pluviométrica facilitada pelas elevadas permeabilidade e porosidade dos litotipos. O estudo isotópico de O^{18} e C^{14} executado na bacia admite a possibilidade de alimentação desse sistema aquífero por filtração vertical através do pacote sedimentar da Formação Santana (MENDONÇA, 1996), embora seja contestada, haja vista a ocorrência de camadas impermeáveis de folhelhos, argilitos e calcários, com espessura da ordem de 200m e, em segundo plano, devido às pressões confinantes que geram cargas potenciométricas mais elevadas no aquífero sotoposto na Chapada, impedindo qualquer fluxo vertical descendente (MONT'ALVERNE *et al.*, 1996).

No Sistema Aquífero Médio estão localizados os poços tubulares com as maiores vazões do Vale do Cariri, chegando a 300 m³/h captadas por poços tubulares com profundidades predominantemente oscilando entre 80 a 200m, e responsáveis pela oferta hídrica para a população da região através da CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Ceará e SAAE. A descarga natural do sistema de fluxo hídrico subterrâneo se faz ao longo do vale do Rio Salgado e de seus afluentes, garantindo parcialmente o caráter perene de algumas drenagens da região (VERISSÍMO & CAVALCANTE, 2011).

A descarga artificial ocorre principalmente através do bombeamento de poços tubulares pertencentes ao Sistema Aquífero Médio.

Na base do sistema encontra-se o Aquiclude Brejo Santo, considerado de pequena vocação hidrogeológica.

5.1.3. Sistema Aquífero Inferior

O Sistema Aquífero Inferior possui pequena a média capacidade hidrogeológica, com os poços construídos neste sistema cedendo vazões geralmente inferiores a 20m³/h, aumentando à medida que captam o Aquífero Mauriti. Assim como os demais, sua

recarga é oriunda das precipitações atmosféricas e das redes de drenagem existentes na região.

É considerado um aquífero livre na borda da bacia e confinado nas áreas cobertas pelo Aquicludo Brejo Santo, tendo na base camadas arenosas e funciona como aquífero junto com o Aquífero Mauriti.

5.2. Domínio Hidrogeológico Aluvionar

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 apresentam, em geral, uma boa alternativa como manancial, tendo uma importância relativa alta do ponto de vista hidrogeológico. Normalmente, a alta permeabilidade dos termos arenosos compensa as pequenas espessuras, produzindo vazões significativas.

6. SITUAÇÃO DAS OBRAS DE CAPTAÇÃO

Na área de estudo, segundo dados do Serviço Geológico do Brasil - CPRM (SIAGAS) existem 72 poços cadastrados porém, após a atualização do cadastro de campo, onde verificou-se a existência de 08 novos poços, tem-se 80 poços cadastrados na área de estudo (Figura 06), sendo 34 (42,5%) particulares, 44 (55%) públicos e 02 (2,5%) não possuem informação sobre o uso.

Os poços em uso são aqueles que funcionam regularmente; os desativados estão sem funcionar devido a problemas relacionados à manutenção ou quebra de equipamentos; os abandonados são aqueles poços obstruídos, entupidos com cimento, lixo ou soterrados, e para os quais a recuperação pode ser, muitas vezes, impossível; os poços não instalados são aqueles que foram construídos, mas não foram equipados com sistema de bombeamento e distribuição (GOMES, 2006).

Quanto ao diagnóstico da situação dos poços, foi possível identificar a seguinte situação: dos 80 poços cadastrados na área de estudo, 53 (66%) poços encontram-se ativos, 01 (1%) inativo, 11 (14%) abandonados, 07 (9%) não instalados e 08 (10%) sem informação (Figura 05).

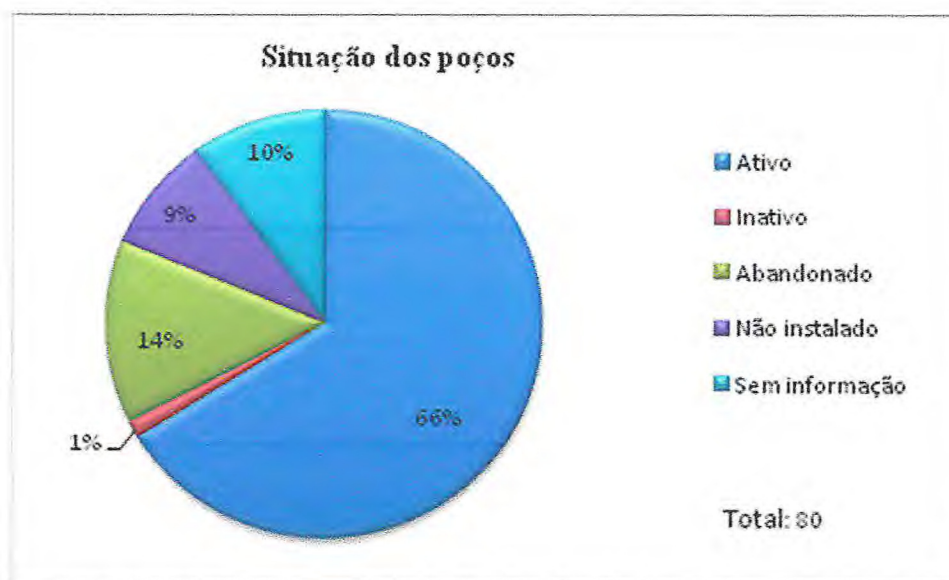
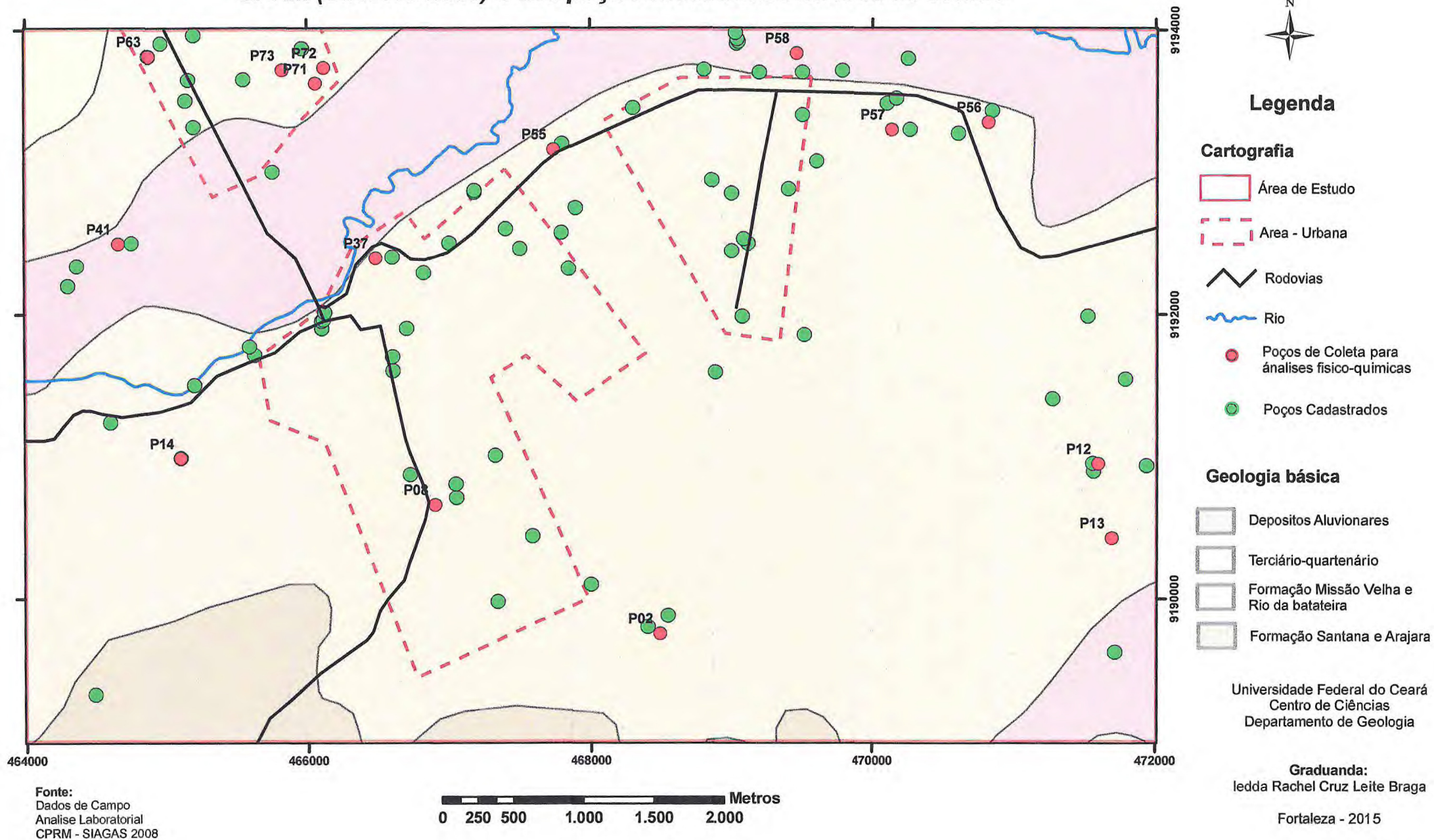


Figura 05- Situação dos poços cadastrados na área de estudo.

Figura 05: Mapa de distribuição dos poços cadastrados pela CPRM (SIAGAS-2008) e dos poços cadastrados na área de estudo



A situação dessas obras, levando em conta o caráter particular e público, e de acordo com os 78 dados, mostra que na área de estudo existem 34 poços particulares, onde 21 (62%) encontram-se ativos, 01 (3%) inativo, 09 (26%) abandonados, 02 (6%) não instalados e 01 (3%) sem informação (Figura 07), enquanto que dos 44 poços públicos cadastrados na área, 31 (70%) encontram-se ativos, 02 (5%) abandonados, 05 (11%) não instalados e 06 (14%) sem informações (Figura 08).

Verifica-se a predominância dos poços públicos em relação aos particulares (Figura 09), demonstrando o interesse dos órgãos públicos em fornecer água para a população, principalmente a mais carente, que muitas vezes sofre com a falta de água. Ressalta-se que a Prefeitura Municipal de Barbalha fornece água para a população sem cobrar nenhuma taxa, caso raro em recurso de administração pública brasileira.

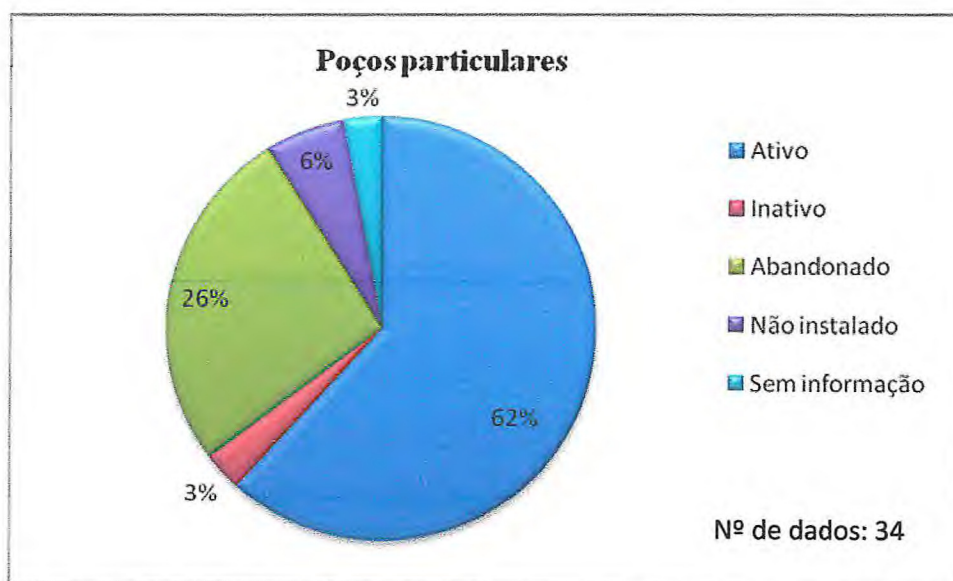


Figura 07 - Situação dos poços particulares cadastrados na área de estudo.

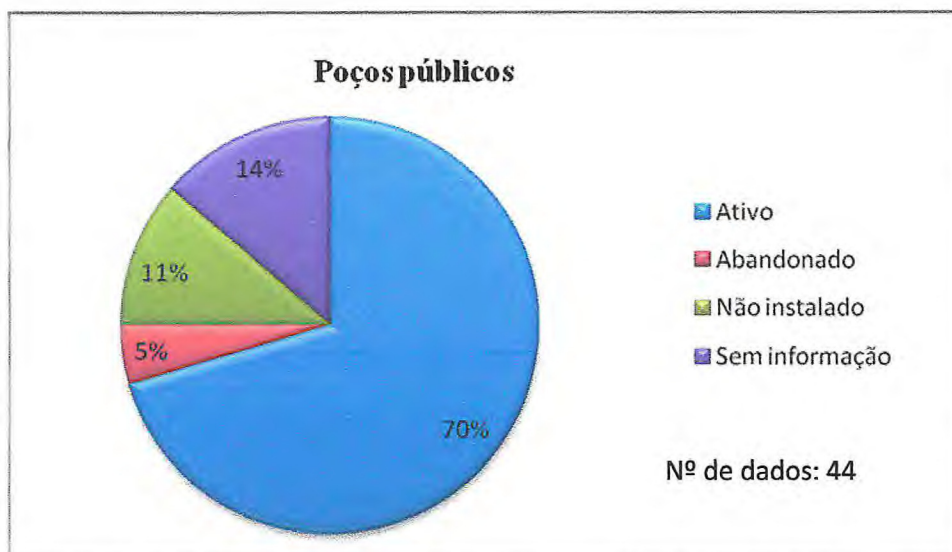


Figura 08 - Situação dos poços públicos cadastrados na área de estudo.

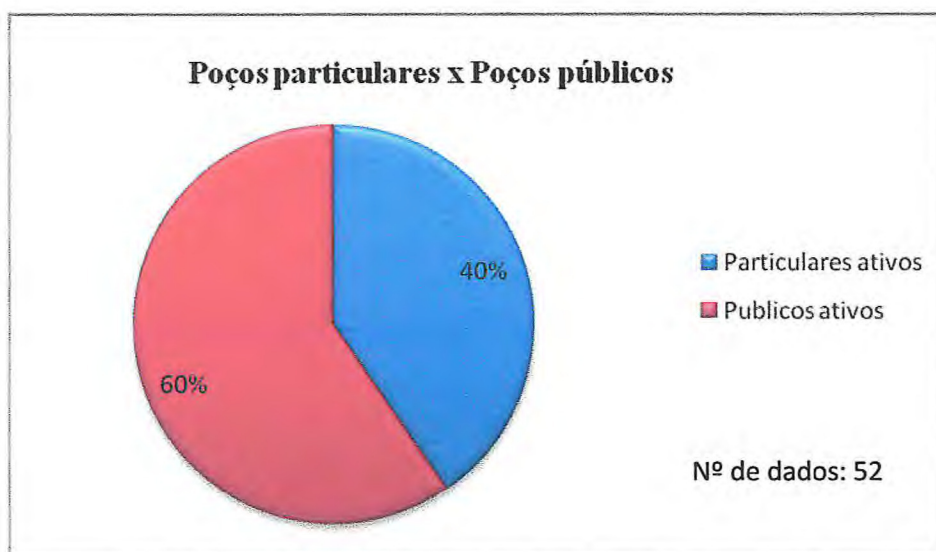


Figura 09 - Comparação entre os poços particulares e públicos em uso.

6.1. Tipos de poços

Na área de estudo podemos observar nos 40 poços visitados que ocorre uma predominância de poços tubulares 27 (67%) (Foto 13), seguido pelos poços manuais (cacimba) 09 (23%) (Foto 14) e sem informação 04 (10%). (Figura 10).

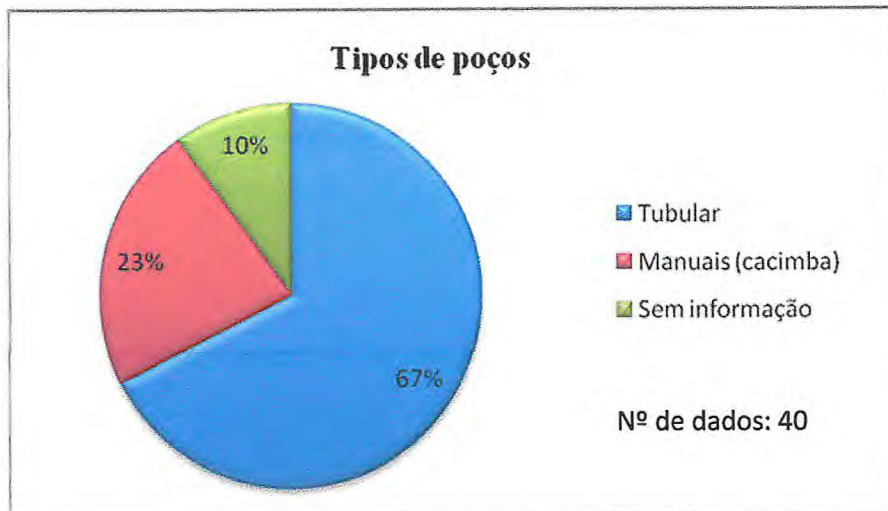


Figura 10 - Tipos de poços cadastrados na área de estudo.



Foto 13: Poço tubular em PVC geo-mecânico (P57) - EMBRAPA/EPACE. (Coord.: 9193300/470136). Junho/2012.



Foto 14: Poço manual, com revestimento de alvenaria, para uso doméstico e recreativo (P73) - AABB. (Coord.: 9193718/465825). Junho/2012.

6.2. Finalidade das obras de captação

Com relação à finalidade dos poços cadastrados ativos na área, observou-se que 27 (51%) dos poços são destinados ao uso múltiplo, 13 (26%) para uso doméstico, 08 (15%) para irrigação, 01 (2%) é utilizado na indústria e 03 (6%) não possuem informação (Figura 11).

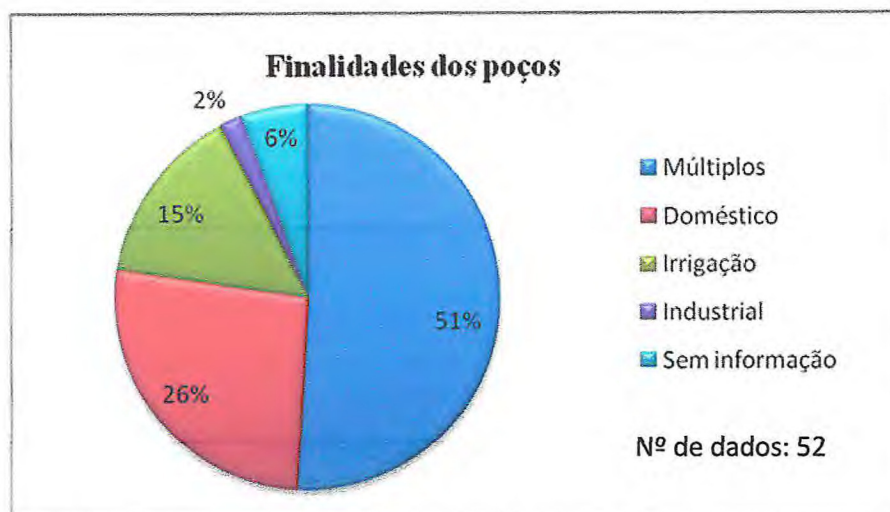


Figura 11 - Finalidade dos poços cadastrados na área de estudo.

6.3. Tipos de revestimento dos poços

A escolha do material (revestimento do poço) é função da resistência mecânica e química, de modo a adaptar-se às condições a que será submetido. Assim sendo, entre outras coisas, ela depende da qualidade da água, da profundidade do poço, do diâmetro de perfuração, do método de perfuração e também do custo (FEITOSA, 2000).

Na área de estudo, foram observados 4 tipos de revestimentos (Figura 12), onde 22 possuem revestimento de PVC, 06 revestimentos de concreto, 02 de ferro, 03 revestimentos de anel pré-moldado e 07 sem informações. O PVC é mais comum, com padrão de abertura e espaçamento das ranhuras, o de concreto e pré-moldado são utilizados nas cacimbas e são mais comuns na região.

O poço revestido de ferro não é recomendado pela alta vulnerabilidade à oxidação da parede do poço causando não só a precipitação do ferro, como também a obstrução das aberturas das ranhuras do filtro, prejudicando a qualidade da água e a vazão.

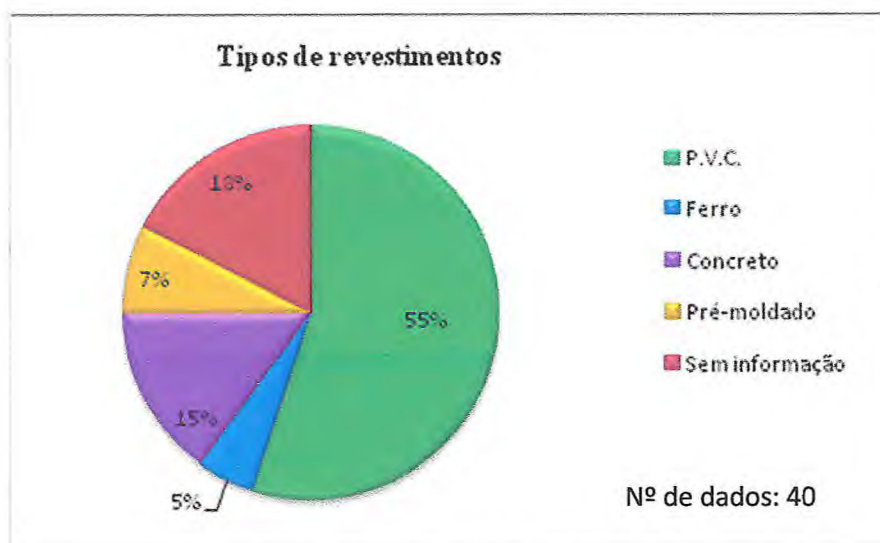


Figura 12 - Tipos de revestimentos dos poços cadastrados na área de estudo.

6.4. Profundidade e vazão dos poços

A profundidade dos poços existentes no Ceará é variável e a Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH/CE) os classifica com base no Artigo 4º do Decreto nº 23.068 de 11/02/1994, como poços rasos (Profundidade até 20m), medianamente profundos (Profundidade entre 20 a 50m) e profundos (Profundidade acima de 50m). Os dados constantes no SIAGAS refletem a predominância de poços profundos (79%), seguidos dos medianamente profundos e dos rasos, sendo, que, invariavelmente, os mais profundos encontram-se na Bacia do Araripe, atravessando litotipos sedimentares, principalmente os poços cedidos pela PETROBRAS para o governo cearense, cujas profundidades de perfuração alcançam até 1.524m (Araripe), mas com a completção do poço de 900m; exemplos são o Icapuí (861m) e o de Santana do Cariri (902m), sendo que o restante geralmente situa-se até 573m (CAVALCANTE & GOMES, 2011).

Em relação à profundidade, pode-se observar que dos 80 poços cadastrados na área de estudo, 03 (3%) possuem profundidades inferiores a 20 metros (poços rasos), 07 (9%) possuem profundidades entre 20 e 50 metros (medianamente profundos), 63 (79%) possuem profundidades superior a 50 metros e 07 (9%) poços não apresentam informações sobre sua profundidade (Figura 13).

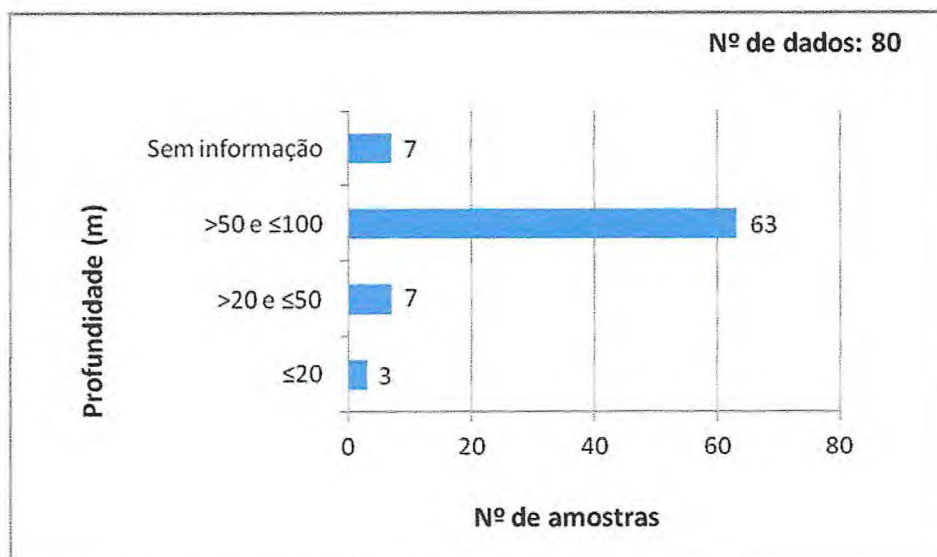


Figura 13 - Profundidade dos poços cadastrados na área de estudo.

Com relação às vazões dos poços cadastrados na área, dos 80 poços cadastrados, 12 não apresentam informações sobre suas vazões, 05 poços apresentam vazões baixas ($< 5 \text{ m}^3/\text{h}$), 38 apresentam vazões intermediárias (entre 5 e $20 \text{ m}^3/\text{h}$) e (entre 20 a $50 \text{ m}^3/\text{h}$), 25 apresentam vazões altas ($> 50 \text{ m}^3/\text{h}$) (Figura 14). Em relação aos poços que apresentam dados de vazão, pode-se observar na área de estudo ocorre uma predominância de poços com média vazão, entre 5 a $50 \text{ m}^3/\text{h}$.

A vazão de um poço depende das características hidrogeológicas e do projeto técnico-construtivo da obra (CAVALCANTE & GOMES, 2011).

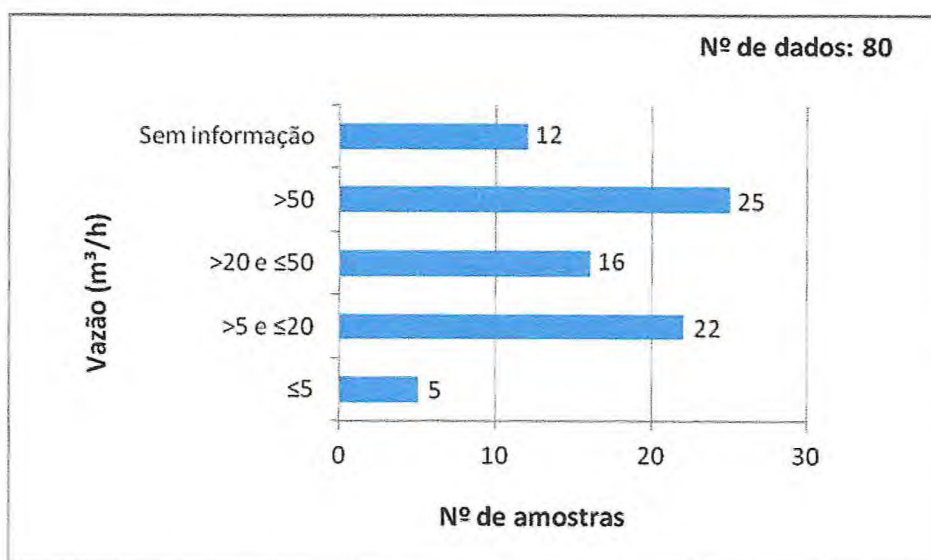


Figura 14 - Vazões dos poços cadastrados na área de estudo.

6.5. Nível estático dos poços

Quanto ao nível estático dos 80 poços cadastrados, 35 apresentam nível estático inferiores a 5 metros, 29 possuem nível estático entre 5 e 10 metros, 3 possuem nível estático superiores a 10 metros e 52 não apresentam informação (Figura 15).

De acordo com CAVALCANTE & GOMES (2011), as águas subterrâneas somente são visíveis no momento em que são captadas pelos poços, jorram dos poços artesianos (jorrantes) ou migram das diferentes e diversas fontes hídricas naturais. A profundidade em que as encontramos geralmente reflete seu nível estático natural, nível hidrostático ou nível d'água, e que pode ser raso (Freático) (Profundidade do nível estático até 15m), medianamente profundo (Profundidade do nível estático entre 15m e 30m) ou profundo (Profundidade do nível estático superior a 30m).

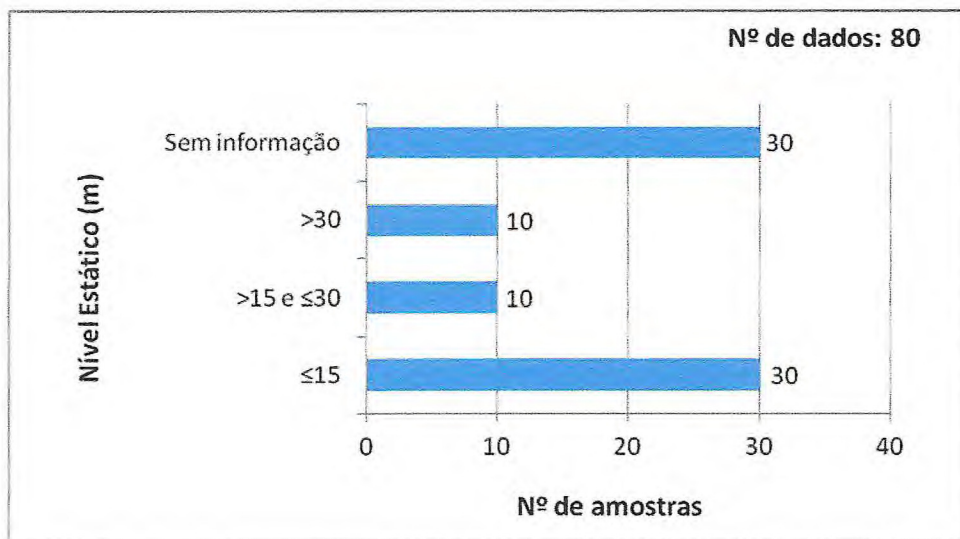


Figura 15 - Nível estático dos poços cadastrados na área de estudo.

6.6. Estado de conservação dos poços

Para se construir um poço deve-se satisfazer a requisição de proteção durante a construção e manutenção deste. Em caso de negligência, tornam-se verdadeiros condutos de contaminantes para o aquífero. Para evitar tal contaminação as normas da ABNT (NB-1290/90) orientam para a proteção sanitária correto de poços, apontando a necessidade de uma laje de proteção com declividade do centro para a borda, espessura mínima de 15 cm e área não inferior a 1 m². A coluna do tubo deve ficar saliente no mínimo 50 cm sobre a laje.

É possível observar que muitos poços na área de estudo não apresentam a menor condição de proteção sanitária, às vezes por falta de instrução técnica, permitindo que o poço fique exposto a contaminações nas águas mais superficiais, quase sempre poluídas, a níveis aquíferos mais profundos. Muitos desses poços têm suas águas explotadas para consumo humano, que podem gerar doenças a população (Fotos 15 e 16).



Fotos 15: Observa-se um poço sem qualquer proteção sanitária (P02) – Malhada Vermelha (Coord.: 9189754/468487). Junho/2012.



Fotos 16: Observa-se um poço apresentando cuidados quanto à proteção (P63) – CEASA (Coord.: 9193816/464877). Junho/2012.

7. ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Na aplicação dos recursos hídricos, sejam eles superficiais ou subterrâneos, o aspecto qualitativo é tão ou mais importante que o aspecto quantitativo, sobretudo quando a água captada é designada ao consumo humano, pois não adianta ter água em grande quantidade, se a mesma estiver indevida para o consumo.

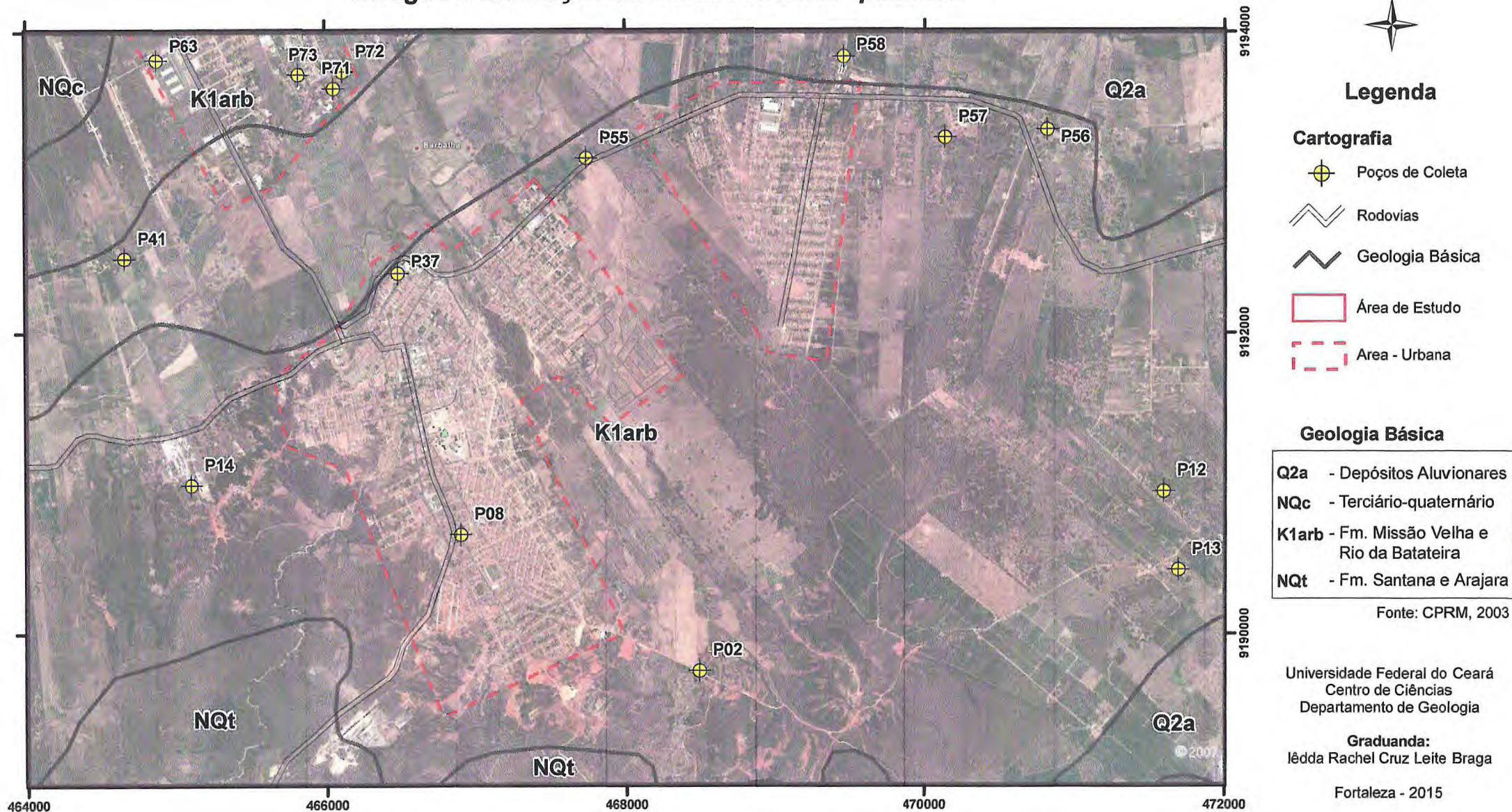
A ABAS define água subterrânea como toda a água que ocorre abaixo da superfície da Terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, e que sendo submetida a duas forças (de adesão e de gravidade) desempenha um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos. As águas subterrâneas cumprem uma fase do ciclo hidrológico, uma vez que constituem uma parcela da água precipitada.

A água subterrânea, embora menos vulnerável, também pode ser afetada por contaminantes provenientes de perdas em redes de esgotos, derramamentos de petróleo, intrusões de água de qualidade inferior, etc (FEITOSA, 2000).

A qualidade das águas subterrâneas é dada, a princípio, pela dissolução dos minerais existentes nas rochas que constituem os aquíferos por elas percolados. Mas, ela pode sofrer a intervenção de outros fatores, tais como a composição da água de recarga, o tempo de contato água/meio físico, o clima e até mesmo a poluição causada pelas atividades humanas. Devido ao maior contato com as rochas, baixa velocidade de fluxo e maiores pressões e temperaturas, as águas subterrâneas são geralmente mais mineralizadas do que as águas superficiais. Sendo assim, elas possuem menores teores de matérias em suspensão e matéria orgânica, esta última devido à ação dos microorganismos atuantes no solo. Também, devido as suas condições de circulação, as águas subterrâneas tendem a possuir menor teor de oxigênio dissolvido do que as superficiais (OLIVEIRA, 2012)

A Portaria nº 2914/2011 do MS determina valores padrões, onde a partir daí é possível estabelecer padrões para o consumo humano. A Figura 16 apresenta a localização dos poços que tiveram suas águas coletadas para a realização das análises físico-químicas.

Figura 16: Mapa de localização dos poços selecionados para coleta de água e realização das análises físico-químicas



Fonte:
Dados de Campo
Análise Laboratorial
Google Earth

Datum Horizontal:
WGS 84 Zona 24 Sul

0 250 500 1.000 1.500 2.000 Metros

7.1. Parâmetros hidroquímicos

O levantamento hidroquímico sugerido neste trabalho visa apresentar uma avaliação das características físico-químicas das águas subterrâneas da área estudada, conforme suas propriedades químicas e o padrão de qualidade para fins de consumo humano e irrigação, que são os principais tipos de demanda da região.

Para realizar essa caracterização foram coletadas 15 amostras de águas de poços, onde foram analisadas físico-quimicamente no Laboratório de Geoquímica Ambiental (DEGEO/CC/UFC).

Quadro 02 – Parâmetros de pH, CE, STD e Tipos de poços, obtidos em campo das águas subterrâneas da área de estudo.

Nº Poço	pH	CE ($\mu\text{S/cm}$)	STD (mg/L)	Tipos de poços
P12	6,83	262	203	TUBULAR
P13	7,34	299	296	TUBULAR
P56	5,61	282	215	CACIMBA
P57	6,95	278	265	TUBULAR
P58	4,96	376	279	TUBULAR
P08	6,24	723	433	TUBULAR
P37	7,1	549	434	TUBULAR
P63	5,62	67	88	TUBULAR
P73	4,55	91	98	CACIMBA
P71	5,68	141	117	TUBULAR
P72	4,5	173	149	CACIMBA
P41	5,52	185	152	CACIMBA
P14	6,51	138	159	TUBULAR
P02	6,56	550	467	TUBULAR
P55	6,15	152	178	TUBULAR

A avaliação dos aspectos hidroquímicos da área de estudo foi realizada através da determinação, *in situ*, dos parâmetros de temperatura, salinidade, resistividade, Condutividade Elétrica (CE) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD) de 15 poços (Quadro 02), e de análises físico-químicas das amostras para obtenção das concentrações dos seguintes

íons: pH, bicarbonato (HCO_3^-), cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}), sódio (Na^+), potássio (K^+), cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{-2}), nitrato (NO_3^-), sólidos totais dissolvidos (STD), amônia (NH_3), fluoreto (F^-), alcalinidade (CaCO_3), dureza (CaCO_3), turbidez (UNT), nitrito (NO_2^-) e sílica (SiO_2) (Quadro 03).

7.2. Balanço iônico

Em uma análise hidroquímica completa, a concentração total de íons positivos (cátions) deve ser aproximadamente igual à concentração total de íons negativos (ânions), onde o desvio percentual desta igualdade é determinado pelo coeficiente de erro da análise (E%) definido por Logan (1965), obtido de acordo com a Equação 01, conforme demonstrado no capítulo 2, página 22.

O Qualigraf versão Beta (MÖBUS, 2003) realiza o cálculo do erro prático (Ep%) por duas técnicas: uma usando os valores da Condutividade Elétrica (CE) da água, e a outra o somatório dos cátions ou ânions.

Utilizando o método que consideram os valores dos somatórios dos cátions e ânions, constatou-se que os valores tiveram erros de análises toleráveis, inferiores a 10% (LOGAN, 1965) para as quinze amostragens, cujo mínimo corresponde a 2,13% (P08) e o maior corresponde a 9,97% (P02).

Quadro 03 - Parâmetros analisados das águas subterrâneas da área de estudo.

N° da amostra / poço	pH	CE (µS/cm)	Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	Cálcio (Ca ⁺⁺)	Magnésio (Mg ⁺⁺)	Sódio (Na ⁺)	Potássio (K ⁺)	Cloreto (Cl ⁻)	Sulfato (SO ₄ ²⁻)	Nitrato (N-NO ₃ ⁻)	STD	Amônia (NH ₃)	Fluoreto (F ⁻)	Alcalinidade Total (CaCO ₃)	Dureza Total (CaCO ₃)	Turbidez (UNT)	Ferro Total	Alumínio (Al)	Nitrato (N-NO ₂ ⁻)	Silica (SiO ₂)
P12	6,83	262	104	13	13	10	12	11	5	4,3	203	<0,08	0,2	85	86	4,0	<0,07	0,02	<0,001	16
P13	7,34	299	177	37	17	12	6	15	12	0,4	296	<0,08	0,3	145	164	5,7	<0,07	<0,01	<0,001	18
P56	5,61	282	15	1	5	28	10	44	3	21	215	<0,08	0,2	12	24	4,0	<0,07	0,07	<0,001	17
P57	6,95	278	113	14	11	31	10	21	19	6,4	265	<0,08	0,2	93	80	4,0	<0,07	0,09	<0,001	18
P58	4,96	376	20	3	15	36	9	57	6	25	279	<0,08	0,2	16	70	12	0,20	0,07	<0,001	23
P08	6,24	723	30	6	29	54	26	87	3	40	433	<0,08	0,2	24	136	6,0	<0,07	<0,01	0,004	22
P37	7,1	549	133	56	30	15	8	46	129	0,5	434	<0,08	0,2	109	264	6,0	<0,07	0,03	0,063	15
P63	5,62	67	20	0	3	11	4	13	3	2	88	<0,08	0,1	16	18	4,4	<0,07	0,05	<0,001	24
P73	4,55	91	10	0	2	13	4	13	2	9,1	98	<0,08	0,09	8	10	5,0	<0,07	0,02	<0,001	14
P71	5,68	141	20	0	7	14	10	30	1	1,8	117	<0,08	0,08	16	28	6,0	<0,07	0,11	<0,001	27
P72	4,5	173	15	0	5	22	10	32	1	11	149	<0,08	0,1	12	20	5,6	<0,07	0,10	<0,001	16
P41	5,52	185	20	0	7	22	18	36	10	5,3	152	<0,08	0,1	16	28	10,6	<0,07	<0,01	<0,01	16
P14	6,51	138	79	11	10	12	3	17	1	0,5	159	<0,08	0,2	65	68	4,4	<0,07	0,02	ND	24
P02	6,56	550	99	51	30	18	10	46	190	2,1	467	<0,08	0,2	81	252	5,0	<0,07	<0,01	ND	14
P55	6,15	152	44	13	10	21	3	27	36	2,1	178	<0,08	0,2	36	72	26,0	2,33	0,07	0,008	15

Metodologia: Foram seguidas as diretrizes gerais do Standard Methods (APHA, 2005)

Concentração em mg/L / <Limite de Detecção

7.3. Classificação da potabilidade (Consumo humano)

Na Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, o controle da qualidade da água para o consumo humano é definida como o conjunto de atividades exercida regularmente pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, destinado a verificar se a água fornecida à população é potável, de forma a assegurar a manutenção desta condição.

De acordo com Santos (2000), as características que definem o modelo de água destinada ao abastecimento humano, representadas pelos padrões de potabilidade, compreendem critérios essenciais (proteção contra a contaminação por microrganismos patogênicos e contra a poluição por substâncias tóxicas ou venenosas) e critérios complementares (cor, sabor, odor, turbidez, dureza, corrosividade etc.).

O padrão de potabilidade para o consumo humano varia de região para região. No Brasil é recomendável pelas constantes na Portaria nº 2914/2011 do MS. (Quadro 04).

Quadro 04 - Padrões de Potabilidade da Portaria Nº 2914/2011 do MS.

PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS	UNIDADE	VMP ⁽¹⁾
Alcalinidade Total (CaCO ₃)	mg/L	-
Alumínio (Al)	mg/L	0,2
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	mg/L	-
Cálcio (Ca ⁺²)	mg/L	-
Cloreto (Cl)	mg/L	250
Condutividade Elétrica (a 25°C)	µS/cm	-
Cor Aparente (uC)	uH	15
Dureza Total (CaCO ₃)	mg/L	500
Ferro Total (Fe)	mg/L	0,3
Fluoreto (F ⁻)	mg/L	1,5
Fosfato (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	-
Magnésio (Mg ⁺²)	mg/L	0,1
Nitrogênio Amoniacal (N-NH _{3,4})	mg/L	1,5 (NH ₃)
Nitrito (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	1
Nitrato (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	10
pH a 25°C	-	6,0 – 9,5
Potássio (K ⁺)	mg/L	-
Sílica (SiO ₂)	mg/L	-
Sódio (Na ⁺)	mg/L	200
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	mg/L	250
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	mg/L	1.000
Turbidez (UNT)	uT	5

7.3.1. Zoneamento tendencial das águas subterrâneas

A partir dos dados coletados em campo e analisados em laboratório, foram construídos mapas de isolinhas com zoneamento tendencial, baseados nos valores de pH, Condutividade Elétrica (CE), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), turbidez, ferro, dureza, cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, nitrato, nitrito, sulfato e fluoreto, para determinar a variação espacial dos principais parâmetros físico-químicos.

➤ pH

O pH é a concentração de íons H^+ na água, onde através do balanço dos íons hidrogênio (H) e hidróxido (OH^-) podemos determinar se a água é ácida ou básica, variando de 1 a 14. Quando há um equilíbrio dos íons presentes o pH é neutro, ou seja, igual a 7. Já o pH ácido é com valor inferior a 7 e alcalino ou básico com valor superior a 7. A maioria das águas subterrâneas apresentam pH entre 5,5 e 8,5 (SANTOS, 2000).

Dos 15 poços com dados de pH (Figura 17), pode-se observar a predominância de águas ácidas (86,6%), apresentando valor mínimo de 4,5 (P72) e pH máximo de 7,34 (P13), média de 6,0. Conforme a Portaria nº 2914/2011 do MS, o Valor Máximo Tolerável (VMT) para consumo humano oscila de 6,0 a 9,5, em consequência disso, 7 poços (P41, P56, P58, P63, P71, P72 e P73) apresentam pH fora dos padrões aceitáveis.

Ressalta-se que os poços que apresentam águas com pH inferiores a 6,0 não indicam necessariamente que não são adequadas para o consumo, pois apresentaram valores bem próximos do padrão recomendável. No geral, as águas de pH baixo tendem a ser corrosivas ou agressivas a determinados materiais (paredes de concreto e superfícies de cimento-amianto, por exemplo), enquanto que as águas de alto pH tendem a formar incrustações (GOMES, 2006).

Os poços com pH baixo (ácido) estão localizado na região norte de área nos depósitos aluvionares, podem estar sofrendo influência das águas do Rio Salamandra.

O pH é essencialmente uma função do gás carbônico dissolvido (CO_2) e dos ácidos orgânicos disponíveis nos solos que aumentam a acidez das águas subterrâneas e a capacidade de dissolver Fe e Mg. Valores mais elevados de pH geralmente se encontram em águas com predominância dos íons Na^+ e Ca^{++} ou em águas ricas em bicarbonatos; as águas poluídas geralmente são mais ácidas (GOMES, 2013). É comum na área em questão,

as águas serem predominantemente bicarbonatadas. No capítulo 7 página 89, através do Diagrama de Piper foi especificado que 100% dos poços possuem águas bicarbonatadas sódicas.

➤ Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica ocorre quando os sais dissolvidos e ionizados presentes na água transformam-na num eletrólito capaz de conduzir a corrente elétrica, podendo aumentar à medida que a temperatura da água aumenta.

Na área estudada pode-se observar que os valores de condutividade elétrica das águas subterrâneas variam de 67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P63) a 723 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (P08), com média 284,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C. Dos 15 dados de CE nenhum apresentou valor elevado, ou seja, acima de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicando, portanto, uma baixa quantidade de sais dissolvidos nas águas dos poços analisados (Figura 18).

A Portaria nº 2914/2011 do MS não estabelece um valor máximo de CE recomendado para o consumo humano. Mas conhecendo a relação entre CE e STD, onde a medida da condutividade multiplicada por um fator que varia entre 0,55 a 0,75 gera o STD deduz-se que todas as amostras encaixam-se nos limites de águas potáveis da portaria citada.

➤ Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) representam a somatória dos teores de todos os íons existentes na água, por unidade de volume.

Observa-se que na Figura 19, que as águas subterrâneas da área de estudo apresentam baixos valores de STD, com média de 235,53 mg/L, valor mínimo de 88 mg/L (P63), e valor máximo 467 mg/L (P02). Verifica-se que os valores de STD das águas subterrâneas da área de estudo estão todas dentro dos padrões recomendados pela Portaria nº 2914/2011 do MS, que estabelece um valor máximo de 1.000 mg/L.

Os baixos valores de STD nas águas analisadas estão relacionados a baixa concentrações de íons, tais como cloreto, sódio, potássio, cálcio, entre outros. A concentração de sais nas águas subterrâneas pode ser produzida por diversos fatores, sendo os mais prováveis a dissolução e o processo de evaporação.

Figura 17: Zoneamento tendencial do pH das águas subterrâneas da área de estudo.

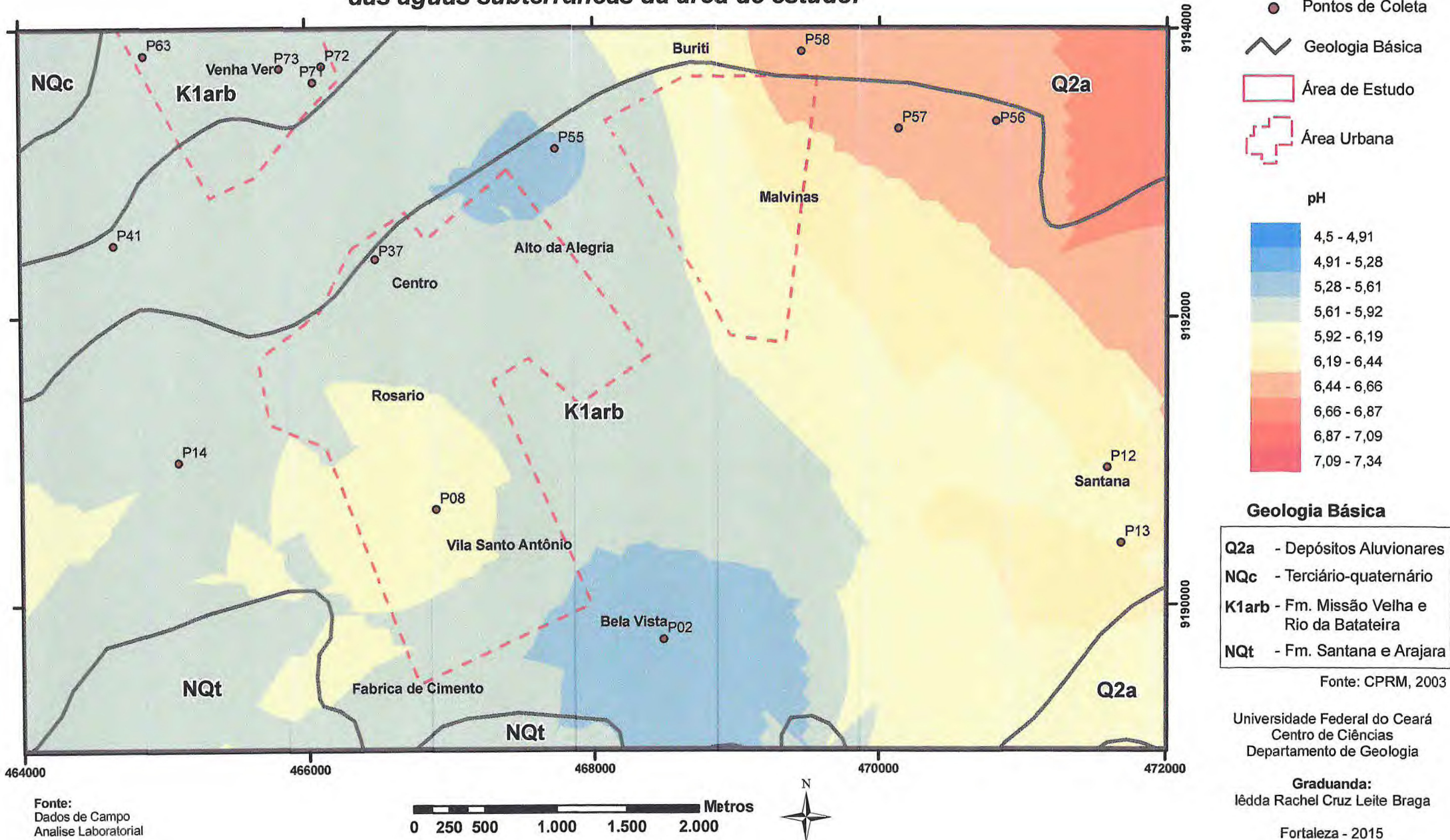


Figura 18: Zoneamento tendencial da Condutividade Elétrica das águas subterrâneas da área de estudo.

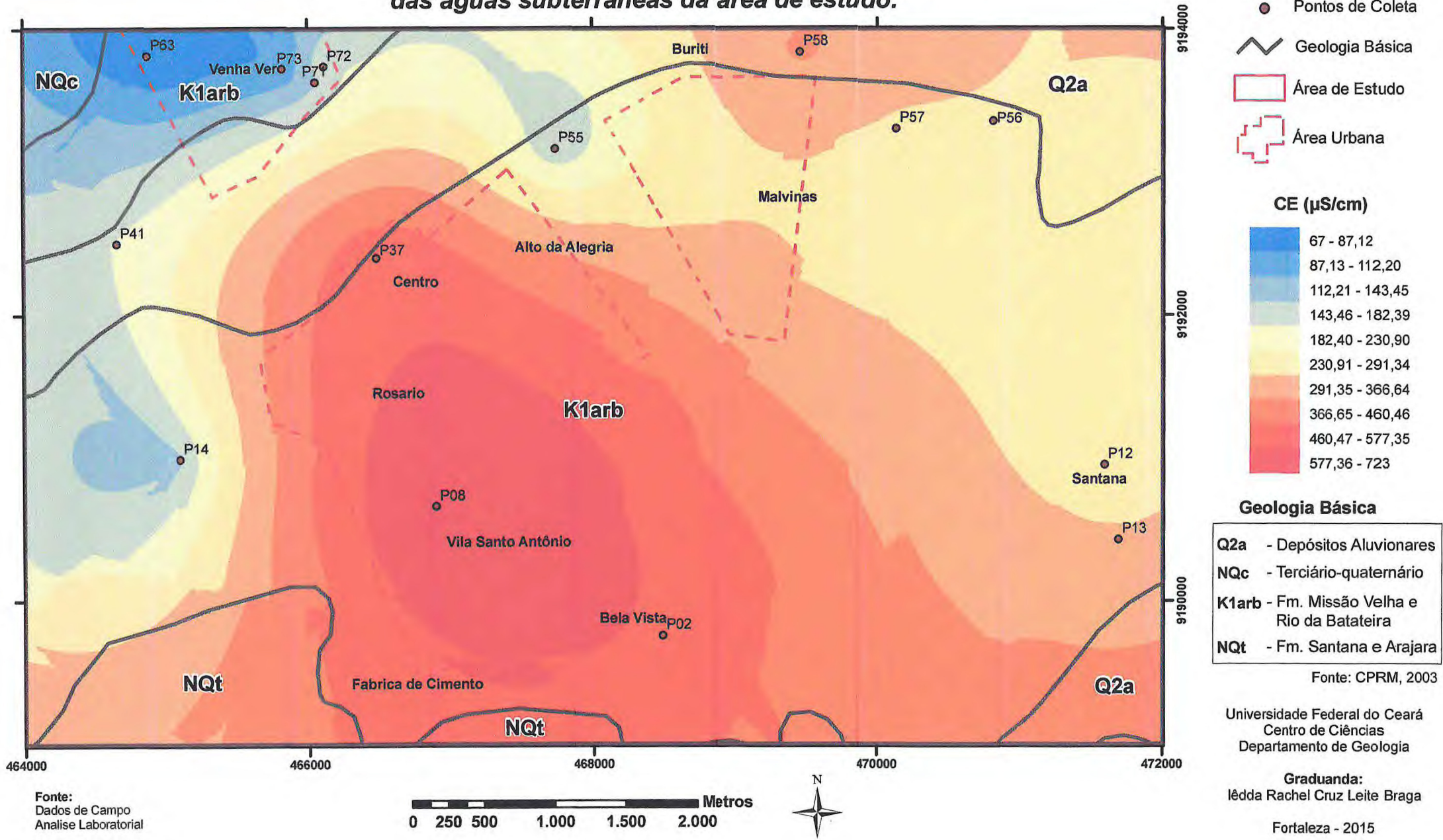
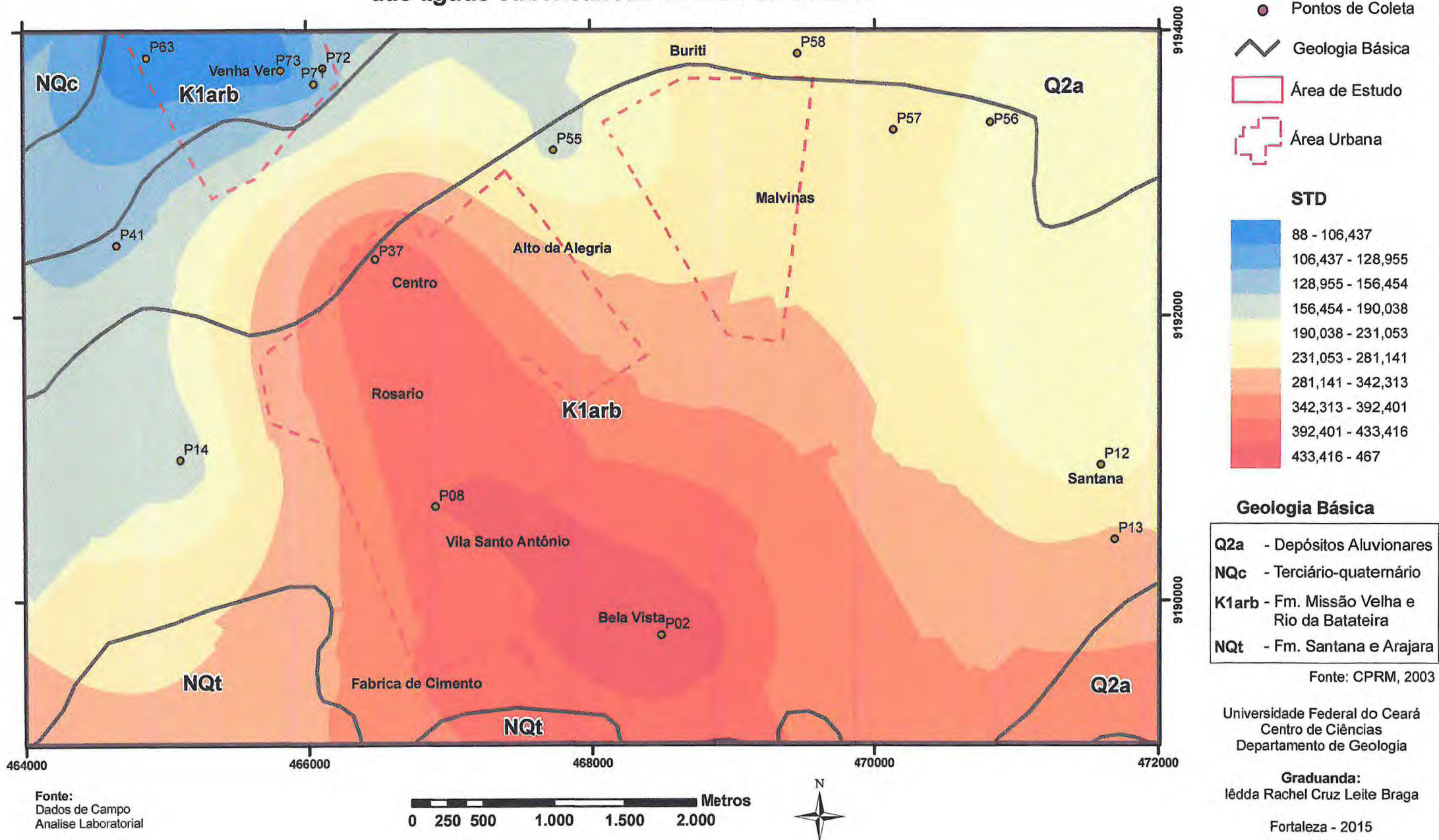


Figura 19: Zoneamento tendencial do STD das águas subterrâneas da área de estudo.



➤ Dureza (CaCO₃)

A concentração de cálcio, magnésio e outros elementos como Fe, Mn, Cu, etc, são os causadores da dureza da água. Essa dureza é definida como a dificuldade de uma água em dissolver o sabão pelo efeito dos sais alcalino-terrosos, podendo deixar uma película insolúvel sobre pias, banheiros, na pele e, principalmente, causando o entupimento dos canos e filtros dos poços. A dureza pode ser representada como dureza temporária, permanente e total, onde na primeira os compostos podem ser eliminados pela fervura da água e, na segunda, os compostos persistem após a fervura da água e, a terceira, a soma das duas primeiras, expressa em miligrama por litro (mg/L) de CaCO₃ (carbonato de cálcio).

Segundo Custódio & Llamas (1983), as águas, em relação à dureza são classificadas em brandas, pouco duras, duras e muito duras (Tabela 04).

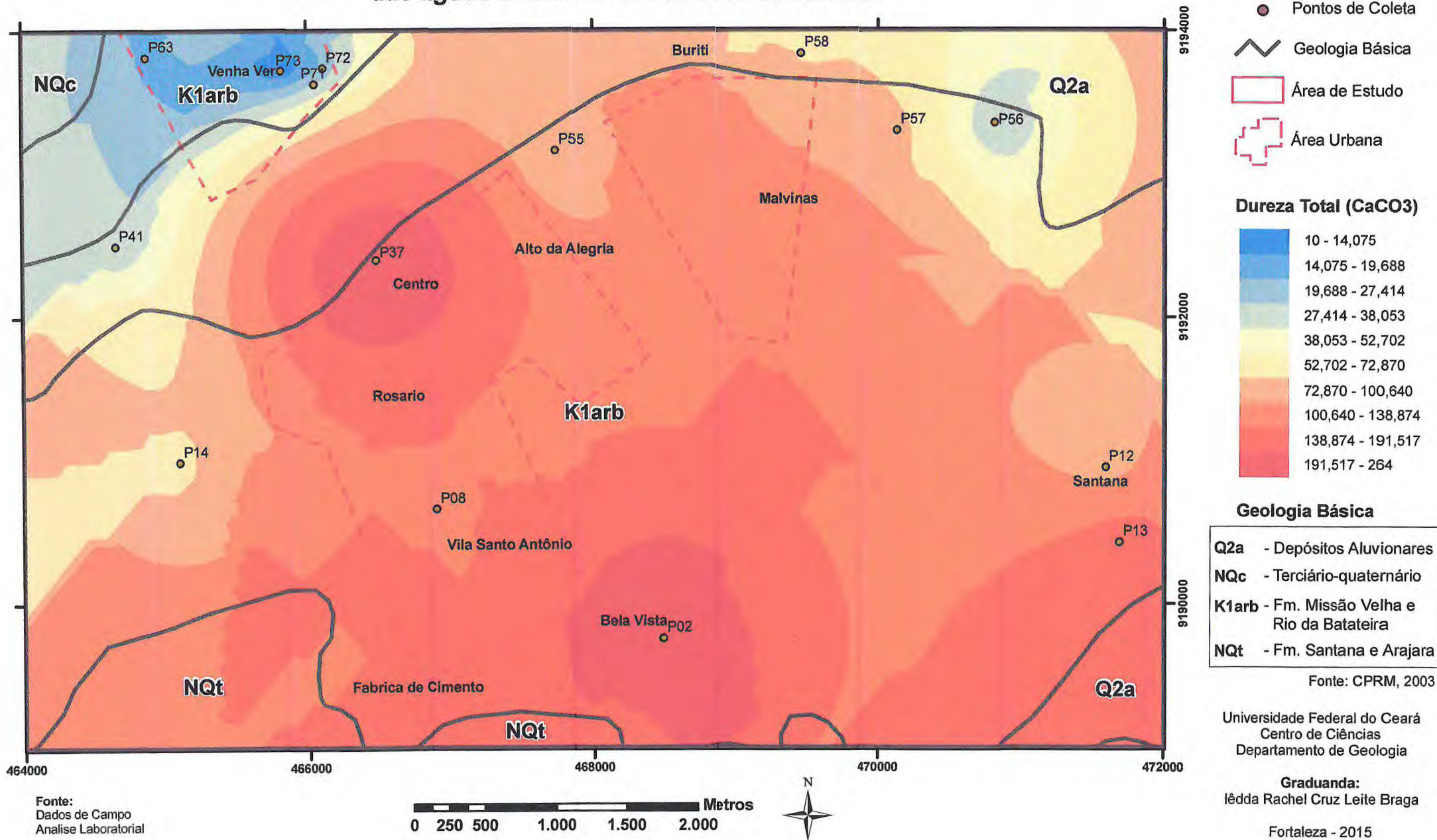
Tabela 04 - Classificação das águas segundo a dureza em mg/L de CaCO₃.

Tipo	Teor de CaCO₃ (mg/L)
Branda	< 50
Pouco Dura	50 – 100
Dura	100 – 200
Muito Dura	> 200

Fonte: Custódio & Llamas, 1983

De acordo com as 15 amostras analisadas (Figura 20), a dureza da água varia de 10 mg/L (P73) a 264 mg/L (P37), com média de 88 mg/L. Dos 15 poços analisados, os poços P41, P56, P63, P71, P72 e P73 apresentam águas do tipo branda, os poços P12, P14, P55, P57 e P58 apresentam águas do tipo pouco dura, os P08 e P13 apresentam águas do tipo dura e P02 e P37 apresentam águas do tipo muito dura (Figura 21). Verifica-se que os valores de dureza nas amostras analisadas apresentam valores baixos e estão dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria n° 2914/2011 do MS que é de até 500 mg/L de CaCO₃.

Figura 20: Zoneamento tendencial da Dureza Total das águas subterrâneas da área de estudo.



Fonte:
Dados de Campo
Análise Laboratorial

Método de Estatístico:
Krigagem

Datum Horizontal:
WGS 84 Zona 24 Sul

0 250 500 1.000 1.500 2.000 Metros



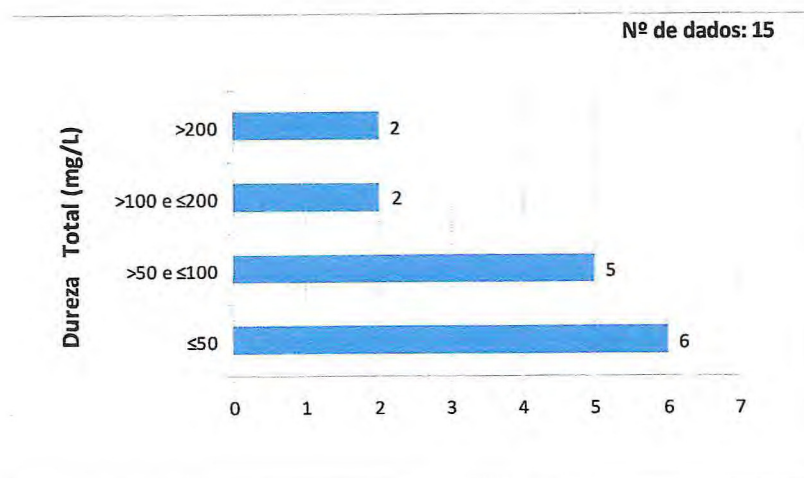


Figura 21 - Dureza Total das águas subterrâneas dos poços da área de estudo.

➤ Turbidez

A turbidez é medida a partir da dificuldade de um feixe de luz penetrar certa quantidade de água. Essa dificuldade é causada pela presença de matérias sólidas suspensas na água, como areia, argila etc, deixando a água com aspecto escuro e alterado, ao invés de cristalina. A Portaria nº 2914/2011 MS determina que o valor máximo de turbidez em água potável deve ser de 5 UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

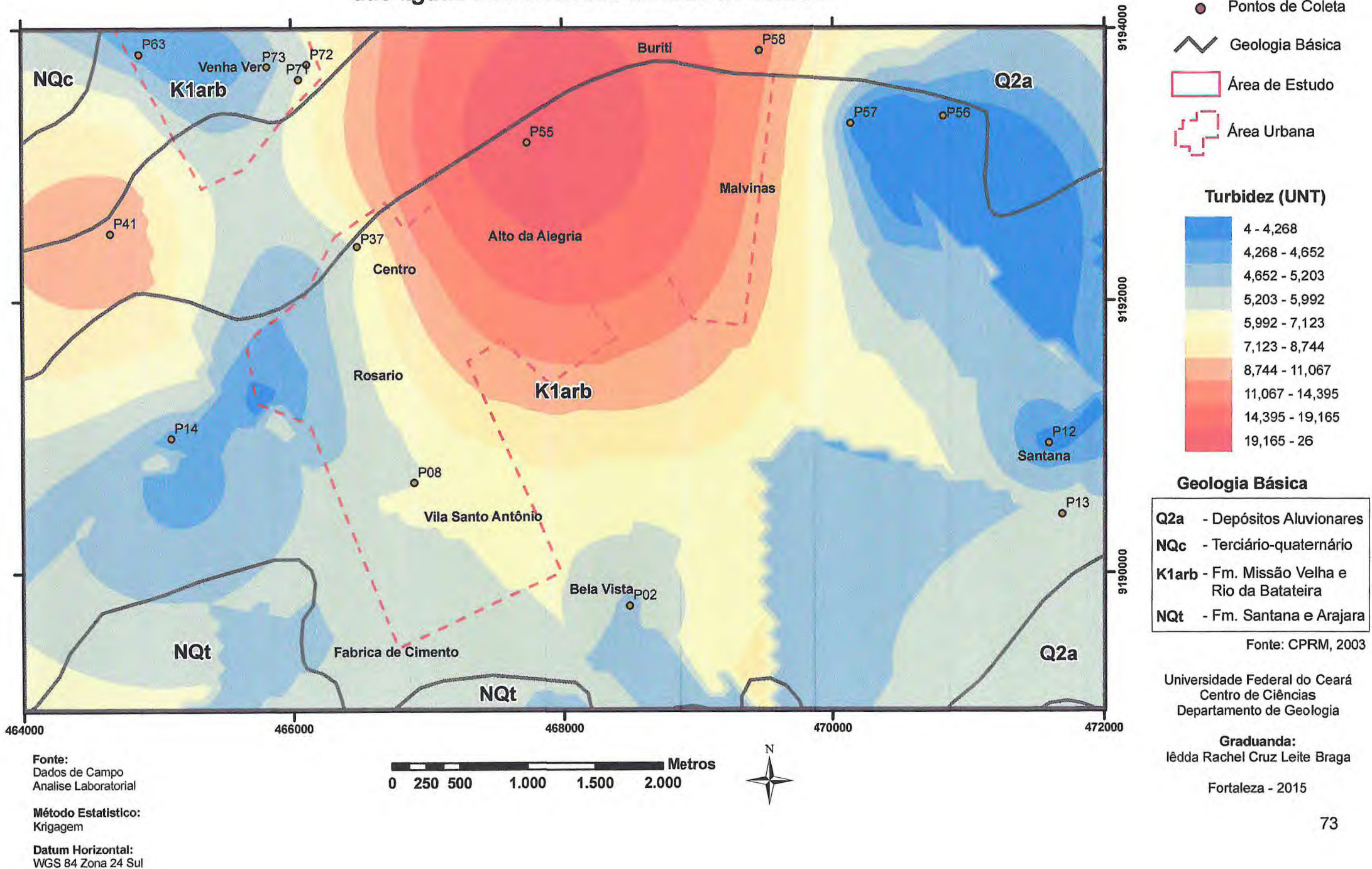
Conforme os dados analisados, os valores de turbidez nas águas dos poços variam de 4,0 UNT (P12, P56 e P57) a 26,0 UNT (P55), com média de 7,24 UNT.

Das 15 amostras analisadas, apenas sete (P02, P12, P14, P56, P57, P63 e P73) apresentam valores de turbidez no valor máximo tolerável ou abaixo dele.

A Figura 22 mostra a distribuição espacial de turbidez na área de estudo, podendo ser observado que ocorre uma predominância de águas turvas no norte da área, ou seja, com valores acima do máximo permitido para o consumo humano.

Normalmente, os poços que possuem valores elevados de turbidez, não apresentam um bom estado de conservação pois permite a entrada de impurezas.

Figura 22: Zoneamento tendencial da Turbidez das águas subterrâneas da área de estudo.



➤ Ferro Total

O ferro é um elemento durável que existe em quase todas as águas subterrâneas em teores abaixo de 0,3 mg/L, oriundo dos minerais ricos em minerais ferromagnesianos, como magnetita, biotita, piroxênios etc, aparecendo também associado ao manganês. O corpo humano necessita de até 19 mg de ferro por dia, mas o excesso pode causar problemas cardíacos e diabetes.

De acordo com a Portaria nº 2914/2011 MS, o valor máximo tolerável de ferro nas águas destinadas para o consumo humano é de 0,3 mg/L. Das 15 amostras analisadas, somente a água do poço P55 apresenta concentração acima do valor máximo tolerável, com 2,33 mg/L (Figura 23).

A água do poço P55, apresentou-se visualmente avermelhada, sendo necessário o bombeamento de cerca de 20 minutos, para que a mesma ficasse com uma aparência relativamente cristalina. O fato do poço ser revestido de ferro pode ter facilitado a oxidação do mesmo e estar contribuindo para a presença marcante do elemento na água. (Foto 17 e 18).

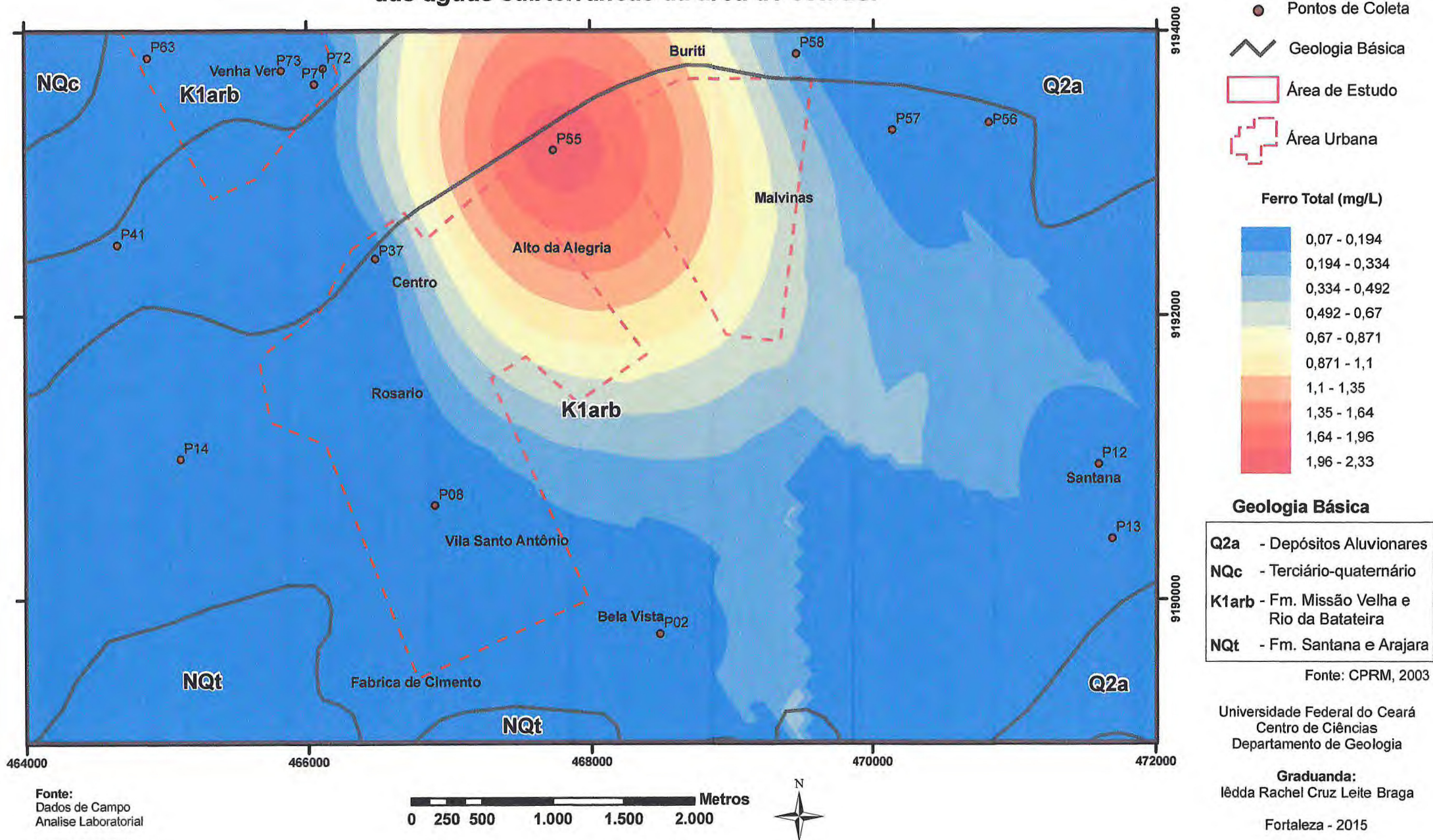


Fotos 17: Observa-se o poço P55 revestido de ferro - SÃO PEDRO, Fazenda Domingos Miranda (Coord.: 9193160/467741). Junho/2012



Fotos 18: Observa-se a coloração avermelhada (capa rosa) da água do poço – SÃO PEDRO, Fazenda Domingos Miranda (Coord.: 9193160/467741). Junho/2012.

Figura 23: Zoneamento tendencial do Ferro Total das águas subterrâneas da área de estudo.



➤ Cloretos (Cl⁻)

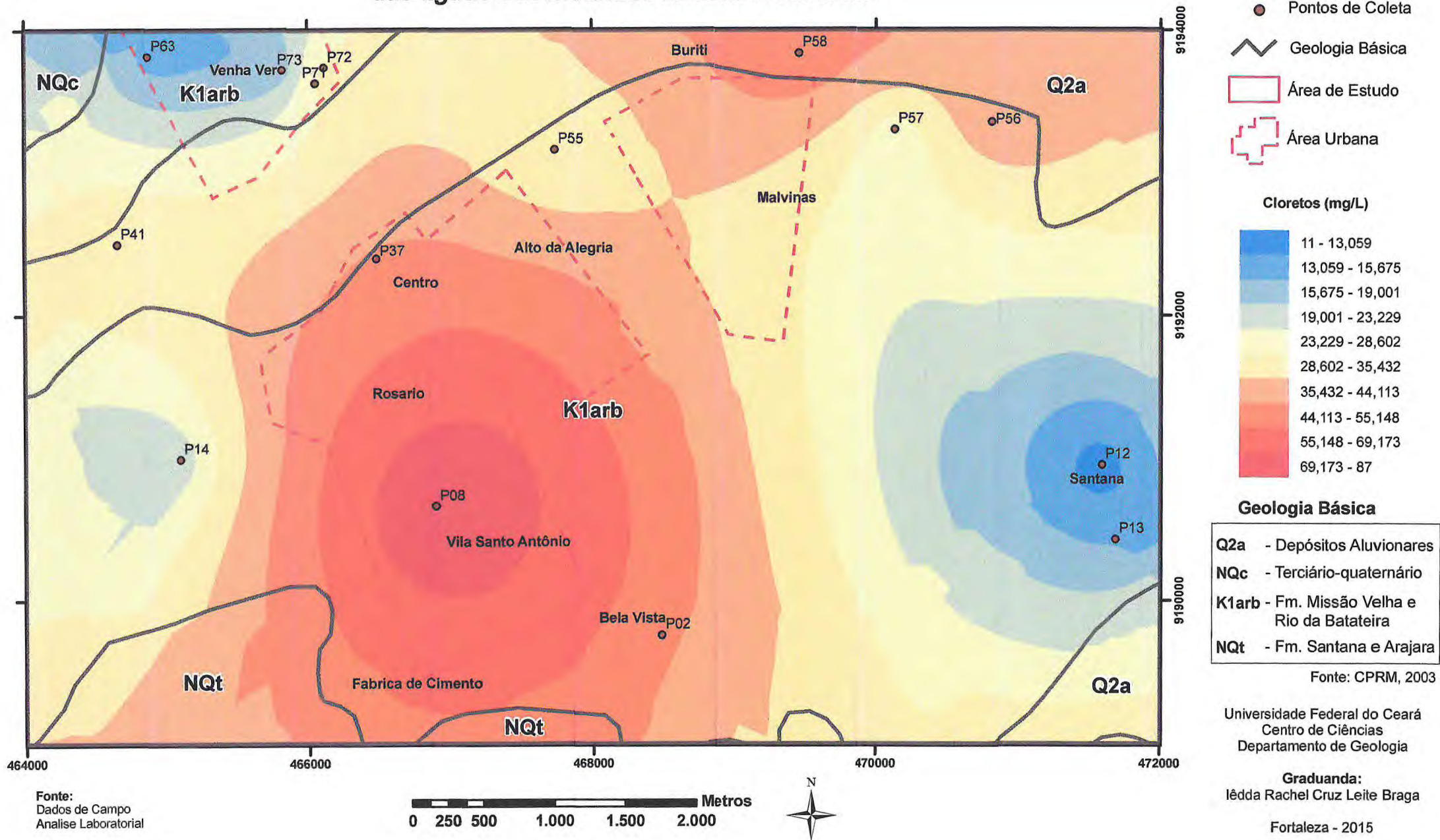
Os cloretos são provenientes da lixiviação de minerais ferromagnesianos de rochas ígneas e de rochas evaporíticas. O cloro é um composto solúvel e enriquece ao contato com o sódio e dificilmente precipita.

Nas águas subterrâneas, os cloretos estão presentes em teores abaixo de 100 mg/L, mas a Portaria nº 2914/2011 MS, ressalta que o Valor Máximo Tolerável de cloretos na água destinada ao consumo humano seja de 250 mg/L.

Todas as amostra analisadas apresentam concentração dentro dos padrões de potabilidade, variando seus teores de 11mg/L (P12) a 87 mg/L (P08), com média de 33 mg/L (Figura 24).

Os poços P02, P08, P37, P56, P58 estão bem distribuídos na área, mas localizados em regiões onde não existem saneamento básico, justificando o cloreto elevado.

Figura 24: Zoneamento tendencial dos cloretos das águas subterrâneas da área de estudo.



➤ Fluoretos (F⁻)

O flúor, em baixos teores de até 1,5 mg/L, é benéfico à saúde na prevenção de cáries dentárias de crianças em fase de crescimento; acima desse teor torna-se prejudicial, causando manchas nos dentes (fluorese dental) e deformação dos ossos. Doses excessivas podem levar o homem à morte, sendo também tóxico para os vegetais (SANTOS, 2000).

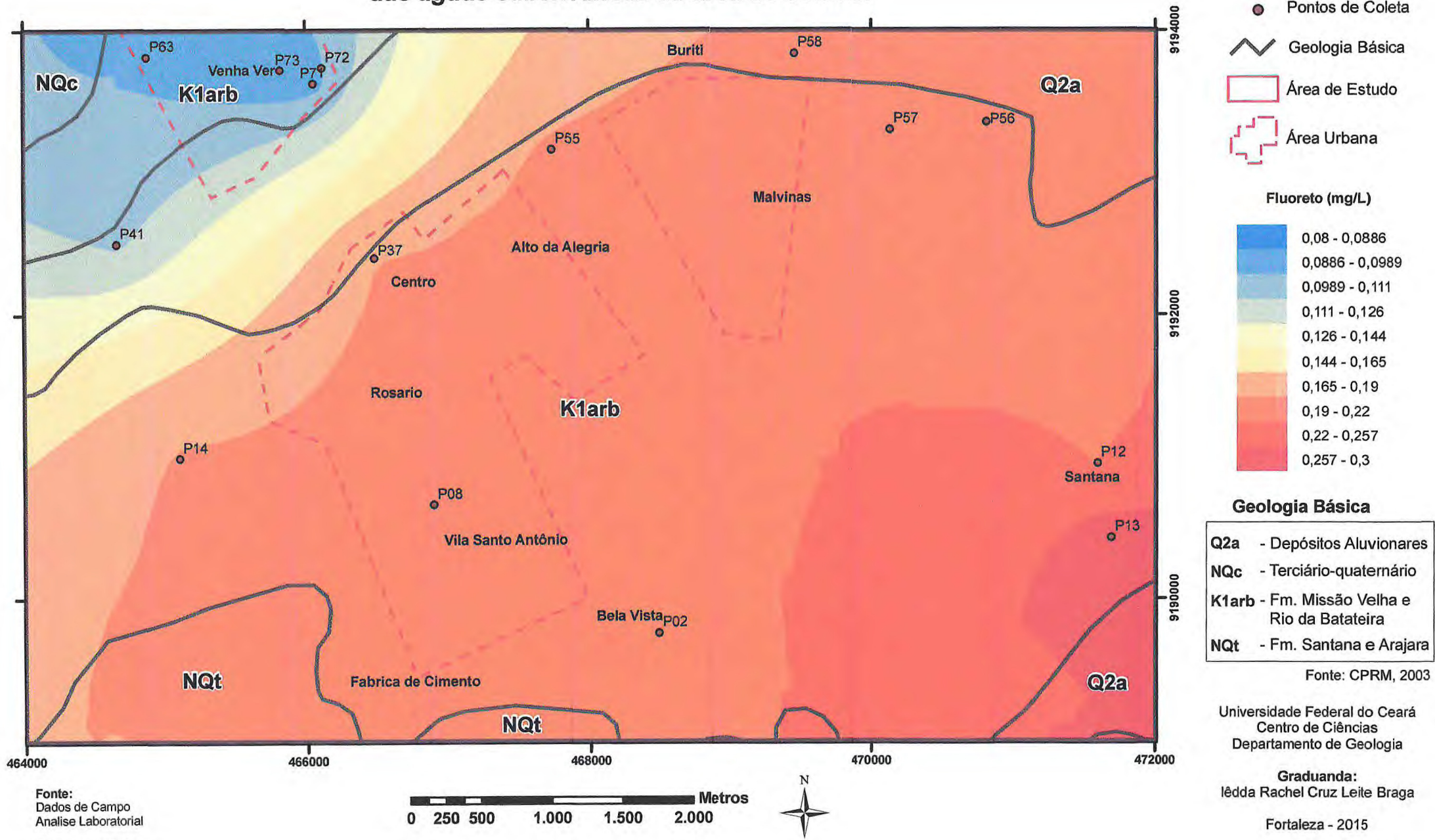
Os fluoretos possuem solubilidade limitada, ocorrendo frequentemente com concentrações entre 0,1 e 1,5 mg/L nas águas naturais, podendo chegar, às vezes, até 10 mg/L e, raramente, a 50 mg/L em águas muito sódicas com pouco cálcio. Em regiões áridas, os fluoretos podem aparecer com quantidades elevadas (SANTOS, op cit).

Pela Portaria nº 2914/2011 MS o valor máximo tolerável para a concentração de fluoreto na água destinada ao consumo humano é de 1,5 mg/L.

Nas águas analisadas, as concentrações de fluoretos variam de 0,08 mg/L (P71) a 0,30 (P13), com média de 0,17 mg/L (Figura 25), estando assim, todas dentro dos padrões de potabilidade.

O poço P13 está localizado no Sitio Santana, zona rural de Barbalha e apresentou um valor elevado de fluoreto em suas águas, que está relacionado a quantidade de cálcio que também apresentou um valor elevado.

Figura 25: Zoneamento tendencial dos Fluoretos das águas subterrâneas da área de estudo.



Fonte:
Dados de Campo
Análise Laboratorial

Método Estatístico:
Krigagem

Datum Horizontal:
WGS 84 Zona 24 Sul

0 250 500 1.000 1.500 2.000 Metros



➤ Cálcio (Ca^{+2})

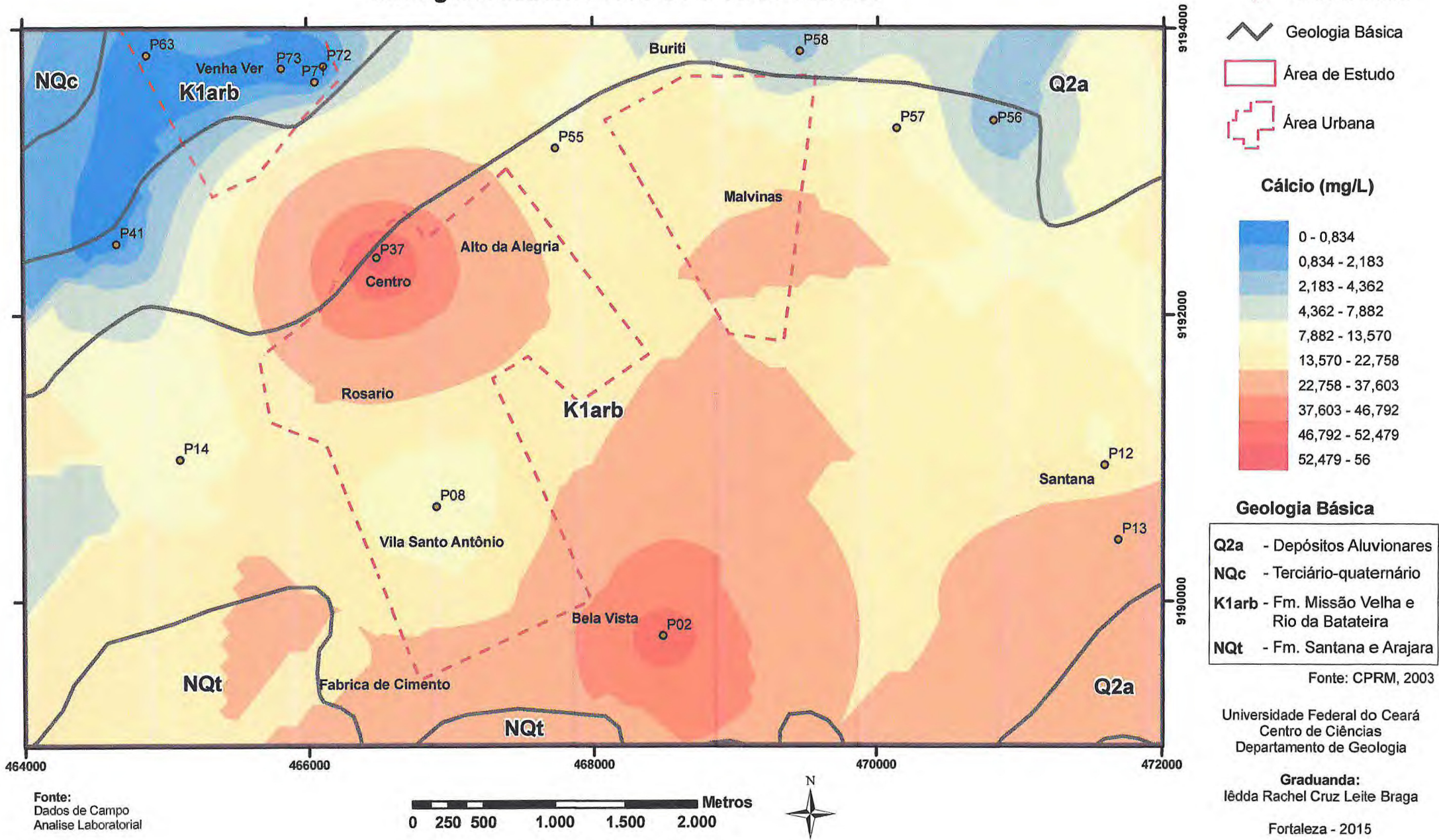
O cálcio se apresenta nas águas em forma de bicarbonato que é mais solúvel em contato com o gás carbônico dissolvido. Segundo Santos (2000), o teor de cálcio nas águas subterrâneas varia de 10 a 100mg/L e é responsável pela dureza da água.

No corpo humano o cálcio tem a função de manter os ossos saudáveis, além de atuar no mecanismo de coagulação do sangue, controlar os impulsos nervosos e as contrações musculares. Sua carência pode provocar raquitismo e osteoporose e seu excesso pode provocar dores musculares, fraqueza, sede, desidratação, enjôo e pedras nos rins. Segundo médicos ortomoleculares, sua ingestão em demasia pode causar o envelhecimento da célula. Na agricultura, o cálcio é benéfico, sendo essencial para o crescimento dos vegetais e a sua abundância em águas para irrigação tende a favorecer a redução dos perigos da alta concentração de sódio no solo (SANTOS, 2000).

De acordo com a Portaria nº 2914/2011 MS, não existe um Valor Máximo Tolerável para a concentração de cálcio presente nas águas. Na área de estudo, os valores das concentrações de cálcio presentes nas 15 amostras analisadas variam de 0 mg/L (P41, P63, P71, P72 e P73) a 56 mg/L (P37), com média de 13,66 mg/L (Figura 26).

Os poços P02 e P13 com concentração de cálcio 51 mg/L e 37mg/L respectivamente, estão localizados próximo a Formação Santana, podendo justificar a quantidade do cálcio elevado. Já o poço P37 com concentração de cálcio 56 mg/L, pode esta possivelmente sendo abastecido pelo Aquífero Médio, justificando com isso também sua dureza alta.

Figura 26: Zoneamento tendencial do cálcio das águas subterrâneas da área de estudo.



➤ Magnésio (Mg^{+2})

O magnésio tem comportamento geoquímico parecido com o cálcio, sendo que ambos estão associados à dureza total. Diferenciando, contudo, por formar sais mais solúveis. Ocorre nas águas subterrâneas com teores entre 1 a 40 mg/L (SANTOS, 2000).

No corpo humano, o magnésio tem a função de converter o açúcar em energia, além de ser necessário para o bom funcionamento dos nervos e músculos. Sua deficiência causa nervosismo e tremores e seu excesso é maléfico para a saúde humana provocando distúrbios intestinais. Para a agricultura o magnésio é benéfico, pois é um dos principais componentes da clorofila, porém em teores mais elevados é maléfico (SANTOS, 2000).

Na área de estudo, os valores das concentrações de magnésio presentes nas 15 amostras analisadas variam de 2 mg/L (P73) a 30 mg/L (P02 e P37), com média de 12,93 mg/L (Figura 27). Sabendo que a Portaria nº 2914/2011 MS, não determina um Valor Máximo Tolerável para a concentração de magnésio presente nas águas, nota-se que os teores encontrados se encontram concordantes com as concentrações normais para as águas subterrâneas. A quantidade de magnésio está relacionada ao cálcio.

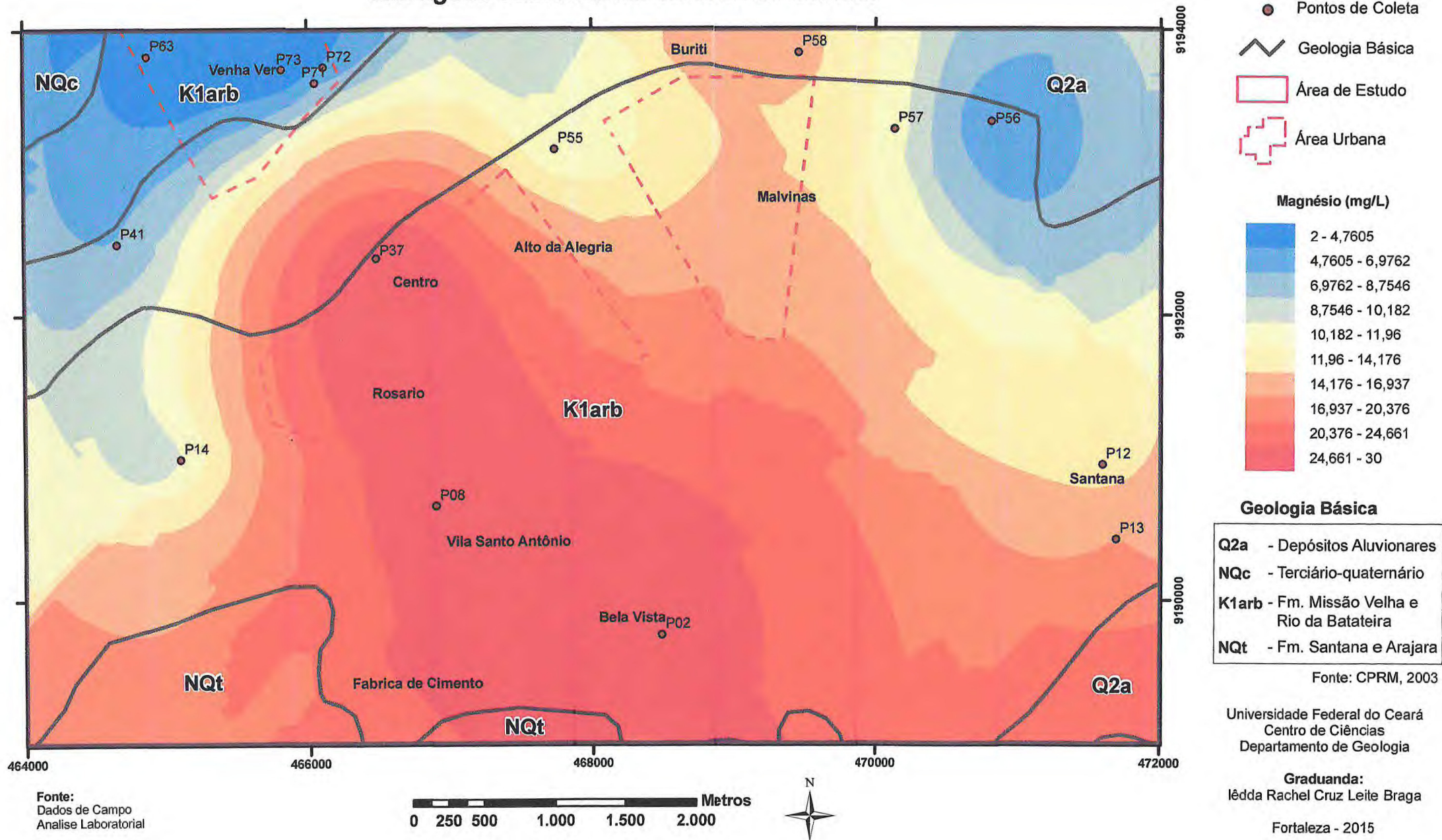
➤ Sódio (Na^+)

O sódio é um elemento químico que possui alta solubilidade, apresenta-se abundante nas águas subterrâneas, com concentrações que variam entre 0,1 e 100 mg/l. Suas principais fontes minerais são os feldspatos plagioclásicos.

Na área de estudo, as concentrações de sódio nas 15 amostras analisadas, variam de 10 mg/L (P12) a 54 mg/L (P08) com média de 21,26 mg/L (Figura 28), estando assim, dentro dos padrões de potabilidade, segundo a Portaria nº 2914/2011 MS, cujo o valor máximo tolerável de 200 mg/L.

No poço P08 encontra-se a maior concentração de sódio (54 mg/L), estando esse relacionado ao potássio e cloreto já que são íons de mesma carga iônica e podem ser substituídos.

Figura 27: Zoneamento tendencial do Magnésio das águas subterrâneas da área de estudo.



Fonte:
Dados de Campo
Análise Laboratorial

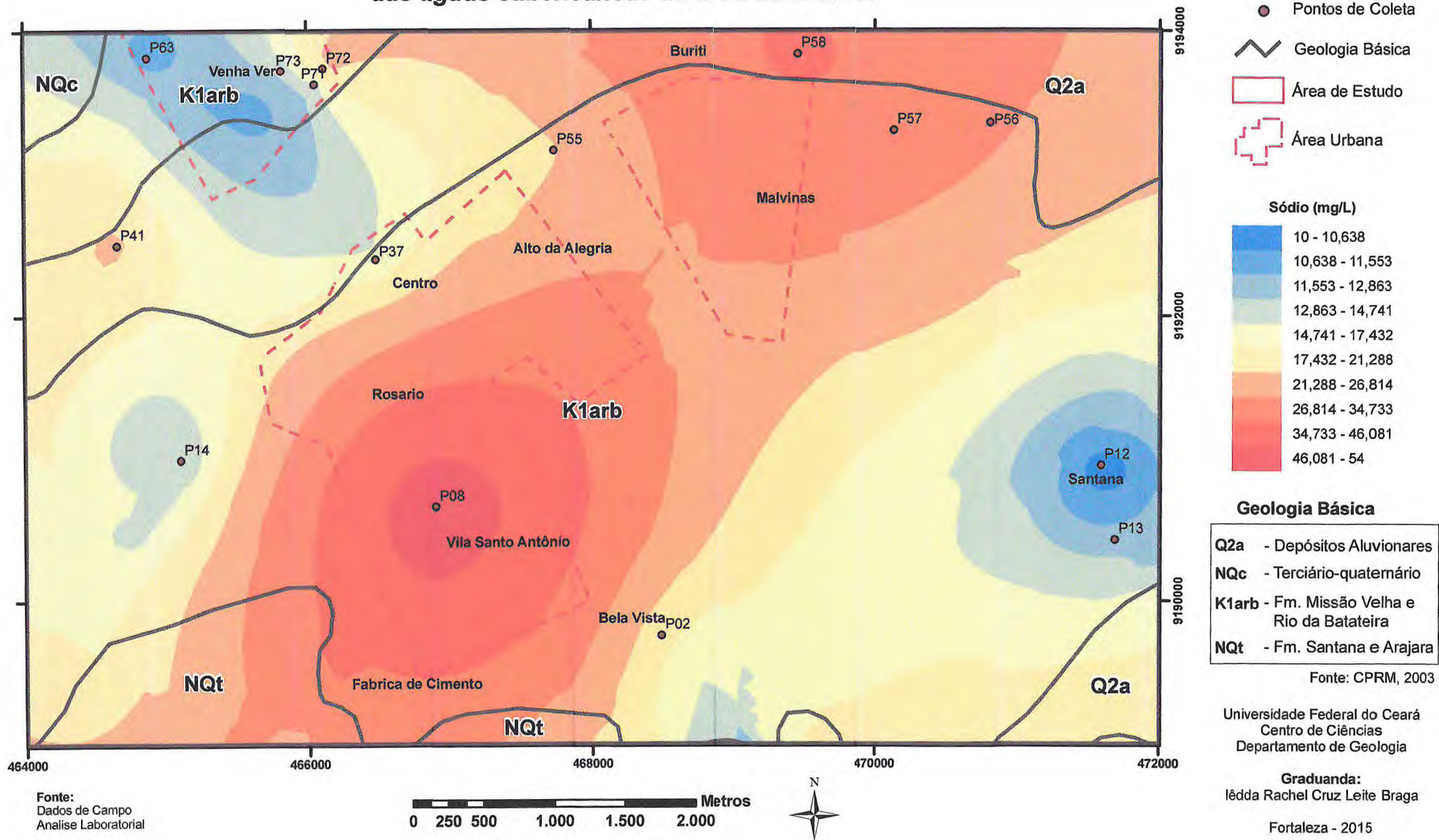
Método Estatístico:
Krigagem

Datum Horizontal:
WGS 84 Zona 24 Sul

0 250 500 1.000 1.500 2.000 Metros



Figura 28: Zoneamento tendencial do Sódio das águas subterrâneas da área de estudo.



Fonte:
Dados de Campo
Análise Laboratorial

Método Estatístico:
Krigagem

Datum Horizontal:
WGS 84 Zona 24 Sul

0 250 500 1.000 1.500 2.000 Metros



➤ Potássio (K^+)

O potássio nas águas subterrâneas apresenta teor inferior a 10mg/L, mais frequentemente de 1 a 5 mg/L, apesar de existir em abundância na crosta terrestre. Estando muitas vezes associado a argila. O feldspato potássico, moscovita e biotita são suas principais fontes minerais. É um elemento químico importante para o consumo humano e a Portaria nº 2914/2011 MS não exige um VMT para a concentração de potássio.

Na área de estudo, os valores das concentrações de potássio presentes nas 15 amostras analisadas variam de 3 mg/L (P14 e P55) a 26 mg/L (P08), com média de 9,53 mg/L (Figura 29).

Geralmente, as concentrações maiores de potássio são localizadas em solos argilosos, devido às trocas catiônicas. O poço P08 pode estar sendo abastecido pelo Aquífero Médio, pois existe ocorrência de camadas impermeáveis de folhelhos, argilitos e calcários, justificando, também, a dureza elevada.

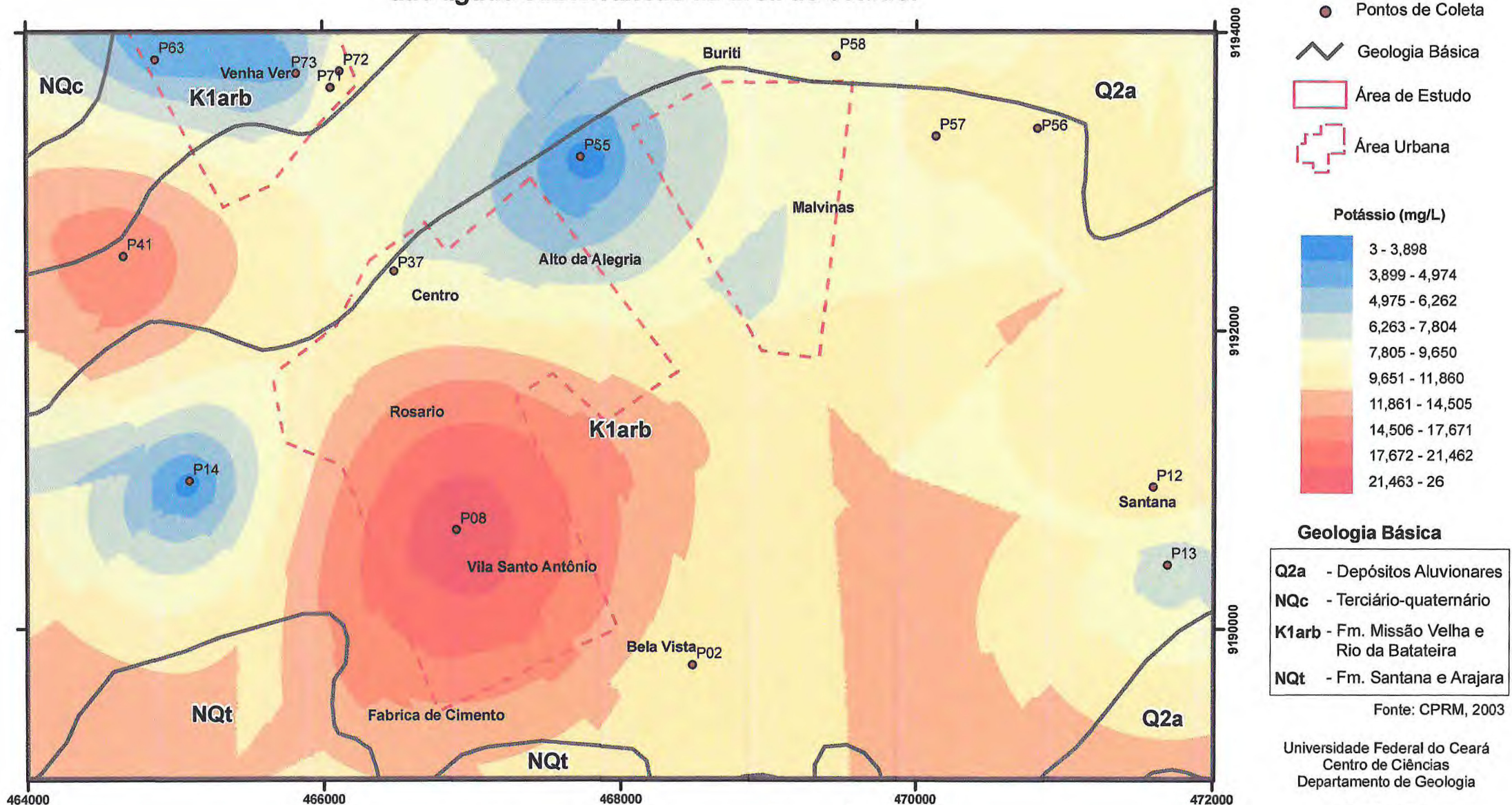
➤ Sulfatos (SO_4^{-2})

A presença de sulfato nas águas está relacionada à oxidação de sulfetos nas rochas e à lixiviação de compostos sulfatados como gipsita e anidrita.

Os sulfatos representam sais moderadamente solúveis a muito solúveis. Altas concentrações desse elemento podem provocar efeitos laxativos e na presença de íons de magnésio e sódio pode causar distúrbios gastrointestinais (CUSTÓDIO & LLAMAS, 1983 apud SANTOS, 2000).

Os valores das concentrações dos sulfatos presentes nas 15 amostras analisadas, variam de 1 mg/L (P14, P71 e P72) a 190 mg/L (P02), com média de 28,06 mg/L (Figura 30), estando assim, dentro dos padrões de potabilidade, segundo a Portaria nº 2914/2011 MS, que estabelece um Valor Máximo Tolerável de 250 mg/L.

Figura 29: Zoneamento tendencial do Potássio das águas subterrâneas da área de estudo.



Fonte: CPRM, 2003

Universidade Federal do Ceará
Centro de Ciências
Departamento de Geologia

Graduanda:
Iêdda Rachel Cruz Leite Braga

Fortaleza - 2015

Fonte:
Dados de Campo
Análise Laboratorial

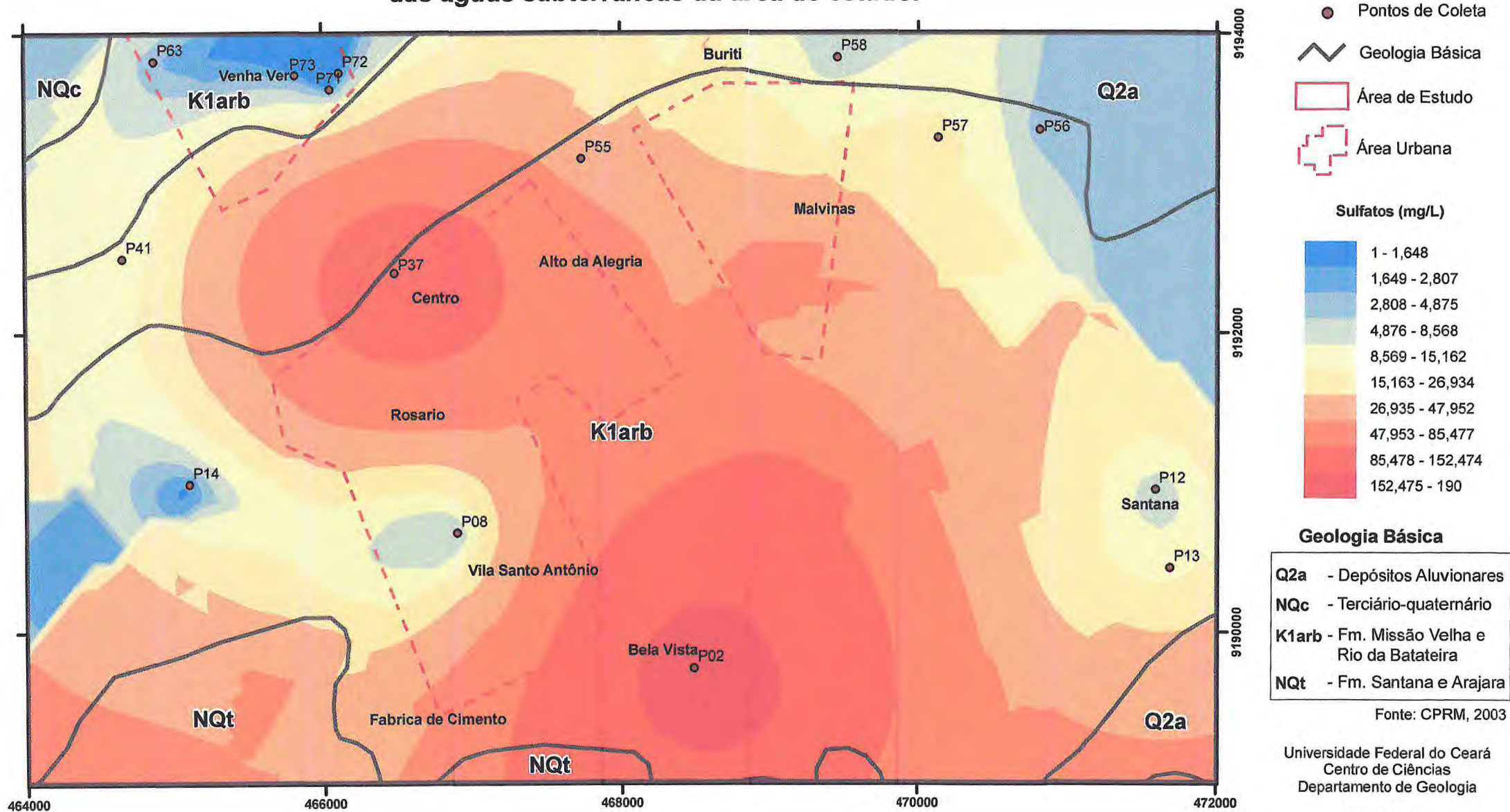
Método Estatístico:
Krigagem

Datum Horizontal:
WGS 84 Zona 24 Sul

0 250 500 1.000 1.500 2.000 **Metros**



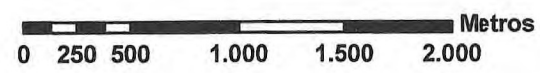
Figura 30: Zoneamento tendencial dos Sulfatos das águas subterrâneas da área de estudo.



Fonte:
Dados de Campo
Análise Laboratorial

Método Estatístico:
Krigagem

Datum Horizontal:
WGS 84 Zona 24 Sul



Legenda

- Pontos de Coleta
- ~ Geologia Básica
- Área de Estudo
- ⊕ Área Urbana

Sulfatos (mg/L)

1 - 1,648
1,649 - 2,807
2,808 - 4,875
4,876 - 8,568
8,569 - 15,162
15,163 - 26,934
26,935 - 47,952
47,953 - 85,477
85,478 - 152,474
152,475 - 190

Geologia Básica

Q2a	- Depósitos Aluvionares
NQc	- Terciário-quaternário
K1arb	- Fm. Missão Velha e Rio da Batateira
NQt	- Fm. Santana e Arajara

Fonte: CPRM, 2003

Universidade Federal do Ceará
Centro de Ciências
Departamento de Geologia

Graduanda:
Iêdda Rachel Cruz Leite Braga

Fortaleza - 2015

➤ Nitrito (NO_2^-)

O nitrito é produzido através do processo de nitrificação durante o ciclo natural do nitrogênio, que inicialmente produz a amônia, pelo processo de amonificação, em seguida produz o nitrito que posteriormente é convertido a nitrato pela ação de bactérias autótrofas do grupo nitrobactérias. A presença de nitrito nas águas subterrâneas é um indicativo de poluição recente (SANTOS, 2000).

Na área de estudo, os valores das concentrações de nitrito presentes nas 15 amostras analisadas, variam de 0,001 a 0,063 mg/L de N-NO_2^- , estando assim, dentro dos padrões de potabilidade segundo a Portaria nº 2914/2011 MS, que estabelece um VMT de 1 mg/L N-NO_2^- .

➤ Nitrato (NO_3^-)

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), o nitrogênio perfaz cerca de 80% do ar que respiramos. Como um componente essencial das proteínas ele é encontrado nas células de todos os organismos vivos. Nitrogênio inorgânico pode existir no estado livre como gás, nitrito, nitrato e amônia. Com exceção de algumas ocorrências como sais evaporíticos, o nitrogênio e seus compostos não são encontrados nas rochas da crosta terrestre. O nitrogênio é continuamente reciclado pelas plantas e animais.

O nitrato representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica proveniente dos resíduos da atividade humana, como por exemplo, esgotos, fossas sépticas, depósitos de lixo e fertilizantes nitrogenados. As altas concentrações de nitrato podem causar intoxicação em crianças ou até leva-la à morte por metahemoglobinemia (cianose) em casos extremos (SANTOS, 2000).

Na área de estudo, os valores das concentrações de nitrato como N-NO_3^- presentes nas 15 amostras variam de 0,40 mg/L (P13) a 40 mg/L (P08) (Figura 31), com média de 8,76 mg/L. De acordo com a Portaria 2914/2011 do MS, o VMT para a concentração de nitrato é de 10 mg/L de N-NO_3^- .

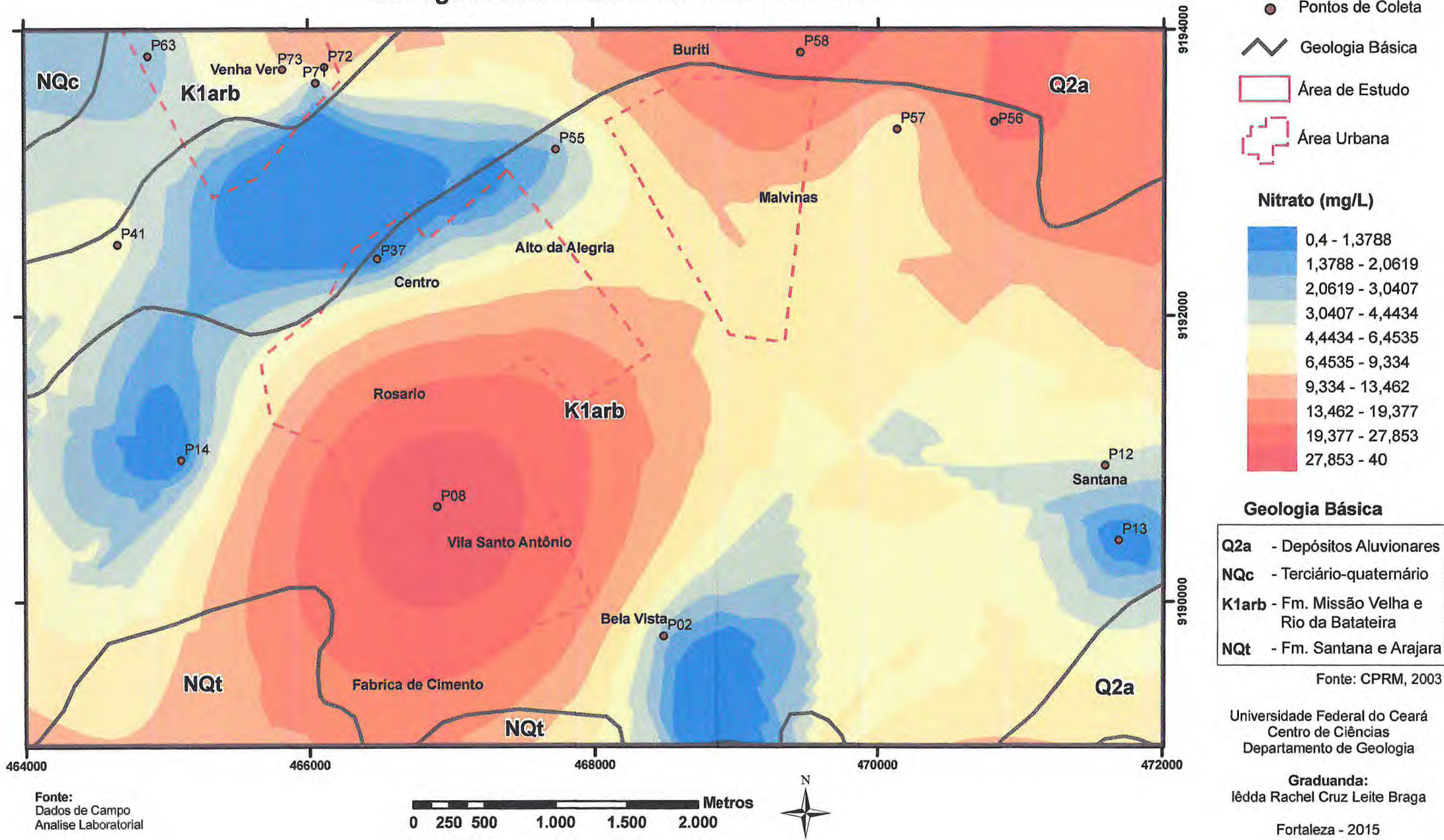
De acordo com os resultados, os poços (P08, P56, P58) apresentam águas com valores acima do máximo permitido, com concentrações que variam de 21 mg/L (P56) a 40 mg/L (P08). Esse tipo contaminação nas águas subterrâneas acontece, geralmente, quando há vazamentos de esgoto e também de fossas sépticas.

O poço P08 pertence à Prefeitura Municipal de Barbalha e serve para abastecer o Estádio Inaldão e o Centro de Referência a Assistência Social (CRAS), localizado no bairro Vila Santo Antônio na calçada de uma rua bem popular.

O poço P56, que pertence a Prefeitura, fica próximo a uma fossa, onde a limpeza é realizada mensalmente, sendo os dejetos despejados em uma plantação a menos de 10m do poço. O poço P58 pertence à indústria de cerâmica CERBAL, tem 6m de profundidade e isto pode estar contribuindo com a sua contaminação, provavelmente causada pelo nível estático raso (freático).

Na região é comum a construção de fossas sépticas com paredes intercaladas de tijolos, com a finalidade de que as fossas não encham (para não precisar limpar com frequência), fazendo com que os dejetos humanos sejam lixiviados para o subsolo.

Figura 31: Zoneamento tendencial dos Nitratos das águas subterrâneas da área de estudo.



Fonte:
Dados de Campo
Análise Laboratorial

Método Estatístico:
Krigagem

Datum Horizontal:
WGS 84 Zona 24 Sul

0 250 500 1.000 1.500 2.000 Metros



7.4. Classificação iônica das águas

Para a classificação iônica das águas utilizou o Diagrama de Piper, gerado no Qualigraf (MÖBUS, 2003), comumente usado para classificar o tipo químico da água, de acordo com o conteúdo iônico dominante. Sendo assim, os resultados das 15 amostras analisadas são as seguintes: em relação aos ânions ocorre, em sua totalidade, águas Bicarbonatadas (100%), e em relação aos cátions as águas são inteiramente Sódicas (100%) (Figura 32).

Nas Bicarbonatadas, a concentração de HCO_3 é de 600mg/L e nas Sódicas o sódio é de 200 mg/L. As águas Bicarbonatadas Sódicas possuem um sabor levemente salgado e podem possuir percentual elevado de dureza total.

Águas Bicarbonatadas são típicas de ambientes chuvosos, sendo o caso daquela região, influenciando também na lixiviação da Formação Santana, liberando assim o HCO_3 . Pode-se notar uma água homogênea, com todos os poços apresentando um tipo de íon dominante.

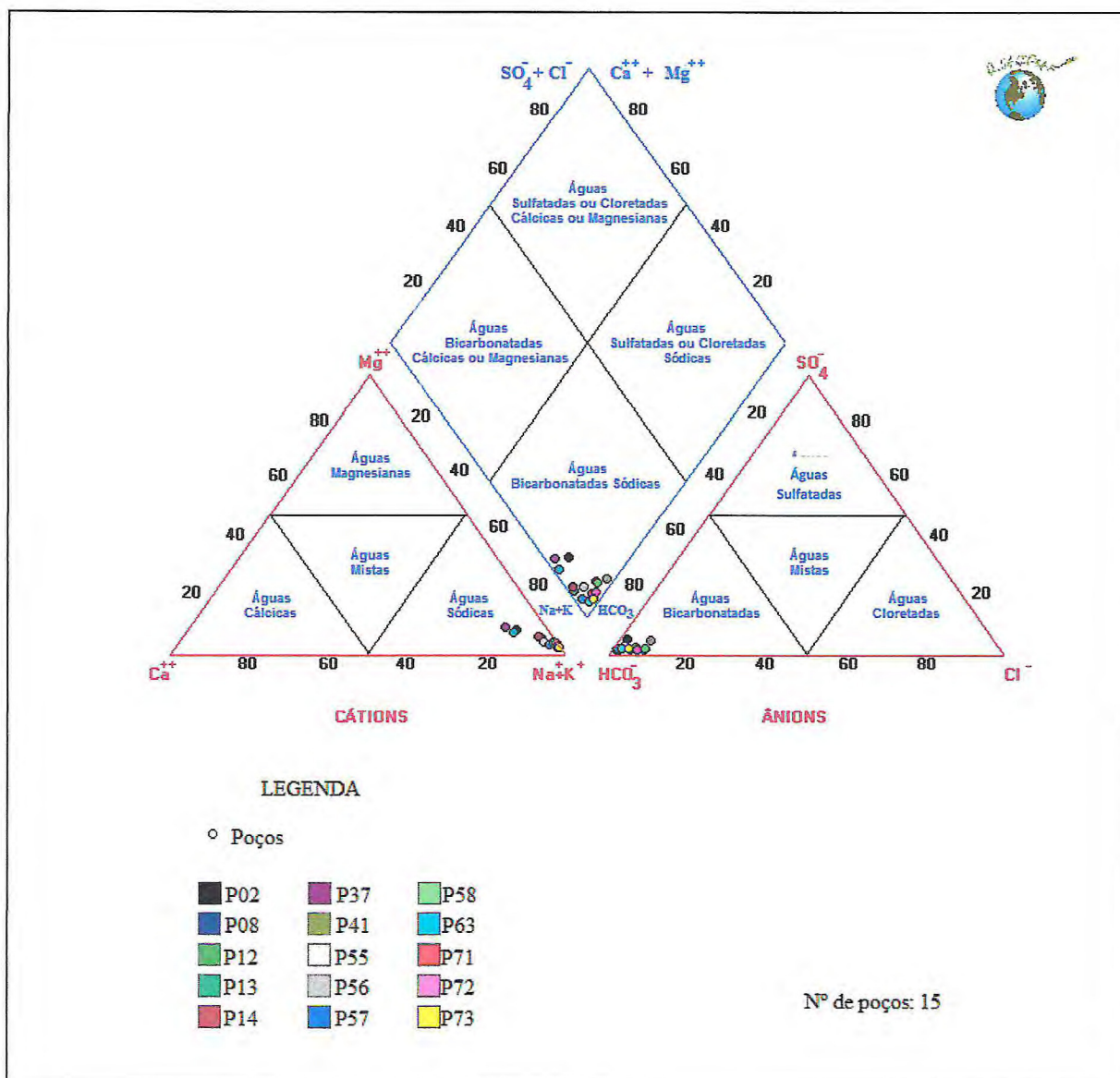


Figura 32 - Classificação iônica das águas subterrâneas na área de estudo segundo o Diagrama de Piper.

7.5. Uso na irrigação – Classificação do *U.S. Salinity Laboratory*

De um modo geral, qualquer água considerada potável ao consumo humano pode ser aplicada na irrigação, ressaltando-se, porém que nem todas as não potáveis são impróprias para este uso (GOMES, 2006).

Segundo a FUNCEME (2014), a classificação das águas para irrigação é determinada pela concentração de alguns íons, tais como o sódio, o potássio, o cloreto e o sulfato, e por parâmetros como os sais dissolvidos, a condutividade elétrica e a concentração total de cátions, que influenciam de maneira diferenciada no crescimento de

cada espécie vegetal. Dentre os critérios de classificação da água para fins de irrigação, um dos mais aceitos atualmente é a classificação proposta pelo United States Salinity Laboratory (USSL), que baseia-se na Razão de Adsorção de Sódio (RAS) e na condutividade elétrica da água.

As águas subterrâneas da área de estudo apresentam-se distribuídas nas classes C1-S1 e C2-S1, um teor de baixa a média salinidade sem limitação de uso na agricultura, podendo ser utilizadas para irrigação em grande parte dos tipos de solo e cultivos com tolerância salina (água de excelente qualidade) (Figura 33).

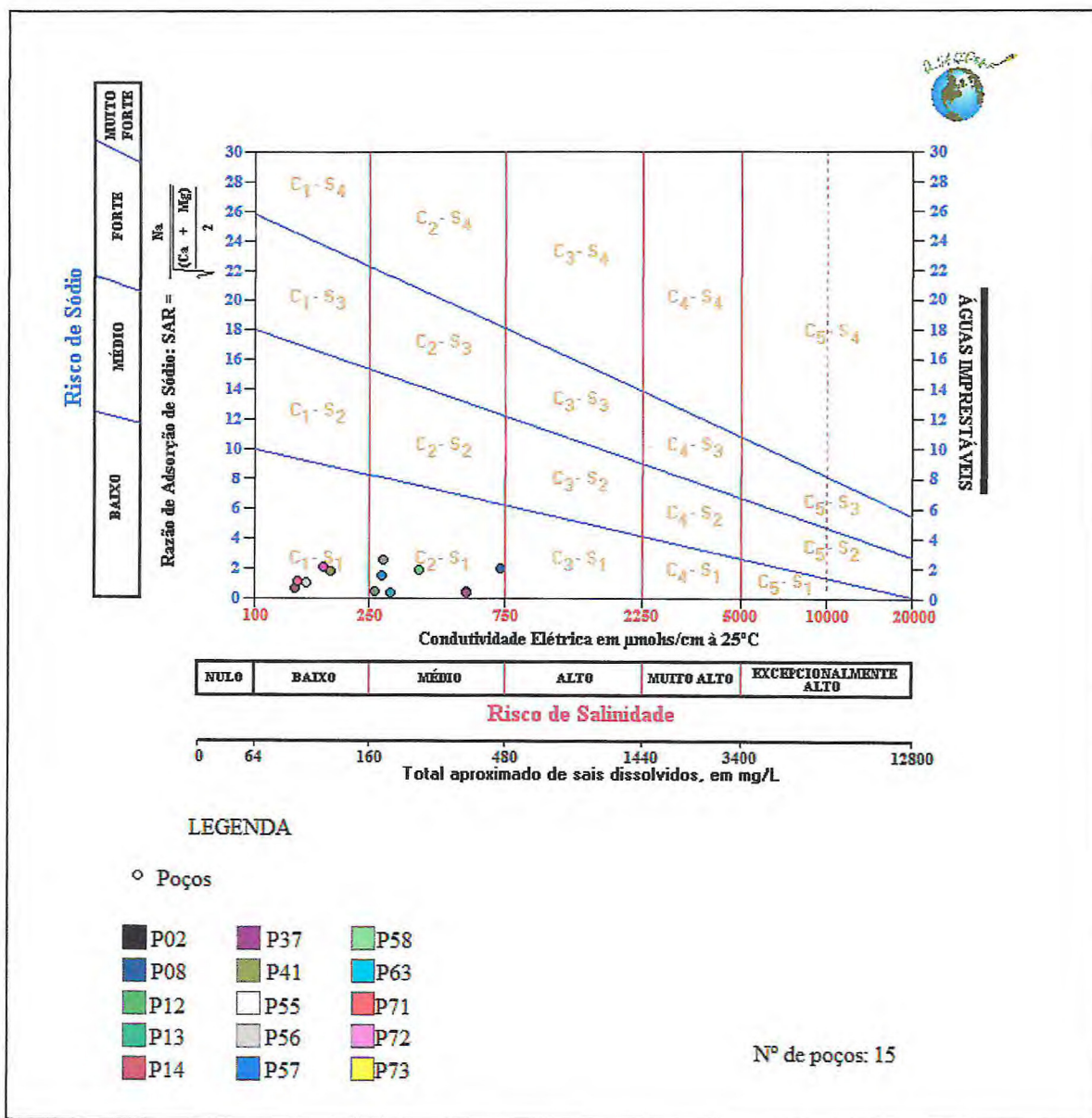


Figura 33 - Classificação das águas subterrâneas na área de estudo segundo o Diagrama de U.S.S.L.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A área de estudo encontra-se inserida em dois domínios hidrogeológicos: Sedimentar, onde estão situados os Sistemas Aquíferos Superior (Formação Exu e Arajara), Médio (Formação Barbalha, Abaiara e Missão Velha) e Inferior (Formação Mauriti e parte basal da Formação Brejo Santo) e os Aquicludes Santana e Brejo Santo, e Depósitos Aluvionares.

Foram identificados 72 poços na área oriundos do cadastro da CPRM – SIAGAS, sendo possível atualizar em campo 40 destes poços, sendo 8 pontos novos, totalizando 80 poços na área, dos quais 34 poços são particulares, 44 poços são públicos e 2 poços estão sem informações.

Quanto à situação das obras de captação, foi possível identifica-se que dentre os 80 poços, 53 (66%) são ativos, 01 (1%) inativo, 11 (14%) abandonados, 07 (9%) não instalados e 08 (10%) não possuem informação.

Na área de estudo foi possível identificar a ocorrência de dois tipos de poços, os tubulares que correspondem a 67% dos poços e os manuais (cacimbas), que correspondem a 23% dos poços, e 10% sem informação.

Em relação à finalidade dos poços ativos, foi observado que na área a maioria deles (51%) são utilizados para uso múltiplos, enquanto que 26% são para uso doméstico, 15% são utilizados para a agricultura (irrigação), 2% são destinados para atender as indústrias e 6% dos poços não apresentam informações sobre sua finalidade.

Em relação à profundidade, pode-se observar que os 80 poços cadastrados na área de estudo tem a profundidade que variam entre poços rasos e profundos, isto é, 03 poços possuem profundidades inferiores a 20 metros (poços rasos), 07 possuem profundidades entre 20 e 50 metros (mediamente profundos), 63 possuem profundidades superior a 50 metros e 07 poços não apresentam informações sobre sua profundidade.

Na área de estudo é visível a existência de poços que não obedecem às normas de proteção sanitária exigidas pela ABNT (NB-1290), o que facilita a contaminação dos aquíferos, bem como a construção de fossas intercaladas de tijolos, poços abandonados, saneamento básico, e a falta de informação da população.

Em no que diz respeito às características hidroquímicas da área, foi possível verificar que dos 15 dados de pH, CE e STD obtidos em campo, apenas o pH apresentou valores fora dos padrões de potabilidade, com pH ácido (4,5 a 5,68) em 08 poços.

As 15 análises físico-químicas realizadas apresentam concentrações de dureza, cloreto, fluoreto, sódio, sulfato e nitrito dentro dos padrões de potabilidade recomendados pela Portaria Nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, com algumas concentrações de turbidez (7 amostras), ferro (1 amostra), e nitrato (8 amostras) fora dos padrões de potabilidade.

De acordo com os resultados das 15 amostras as águas são em sua totalidade Bicarbonatadas (100%), e Sódicas (100%). Através do diagrama de U. S. Salinity Laboratory, utilizado para a aplicação das águas na irrigação, as mesmas foram classificadas como águas com baixo a médio risco de salinidade e baixo risco de sódio, prestando-se ao cultivo de quase todos os tipos de plantas.

Assim, recomenda-se que:

1º: Vendo que o município é abastecido por águas subterrâneas, aconselha-se a conservar os poços ativos e recuperar os poços abandonados e desativados, para que a população possa ter acesso a mais fontes de abastecimento.

2º: Instruir a população sobre as condições que o poço necessita para mantê-lo com a água em boa qualidade, isto é, sem fonte poluidora por perto. Caso seja possível, recomenda-se um monitoramento regular desses poços a fim de se obter um controle sobre a qualidade físico-química e bacteriológica, podendo auxiliar num melhor direcionamento na utilização das águas.

3º: Fazer um trabalho educacional no município conscientizando a população dos cuidados na construção de fossas, usando as normas da ABNT, para evitar contaminação dos aquíferos e sobre o local adequado para a construção de novos poços.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NB-1290: Construção de poço para captação de água subterrânea. Rio de Janeiro, 1990. 6p

ANA – Agência Nacional de Águas. Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil. Caderno de Recursos Hídricos, Brasília-DF, 2005.

ASSINE, M. L. – 1992. Análise Estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, 22 (3): 289- 300.

BERTHOU, P.Y. Le Bassin d'Araripe et les petits bassins intracontinentaux voisins (N.E. du Brésil): formation ET evolution dans le cadre de l'ouverture de l'Atlantique Equatorial. Comparaison avec les bassins ouest-africains situes dans le même contexte. In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1, 1990, Crato. Atas... Crato: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1990, p. 113-134.

BEURLEN, K. A geologia da Chapada do Araripe. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 34, n. 3, p. 365-370, 1962.

BEURLEN, K. 1971. As condições ecológicas e faciológicas da Formação Santana na Chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 43: 411 – 415.

BRITO, P. M.; BERTINI, R. J.; MARTILL, D. M. & SALLES, L. O. 1994. Vertebrate Fauna from the Missão Velha Formation (Lower Cretaceous, N.E. Brazil). Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 3, Rio Claro, São Paulo, UNESP, Universidade Estadual de São Paulo. 139 – 140.

CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará. 2011. Disponível em www.cagece.com.br. Acesso em outubro de 2011.

CAJAZEIRAS, C. C. de Aguiar – 2007. Qualidade e uso das águas subterrâneas e a relação com doenças de veiculação hídrica, região de CRAJUBAR/CE. Dissertação (Mestrado em Geologia). Universidade Federal do Ceará. UFC, Ceará.

CAVALCANTE, I. N. – 2001 - As Águas Subterrâneas do Estado do Ceará – Nordeste do Brasil. Instituto Hidroambiental Águas do Brasil. IHAB.

CAVALCANTE, I.N. & VERÍSSIMO, L.S. – 2003- Importância das águas subterrâneas– estudo de caso na região de Crato-Juazeiro do Norte-Barbalha, ao sul do estado do Ceará – Brasil. Recife – PE. 13p.

CAVALCANTE, I. N. & VERÍSSIMO, L.S. – 2011. Importância das águas subterrâneas do Vale do Cariri, Chapada do Araripe – Estado do Ceará. Os recursos hídricos do Ceará: Integração, gestão e potencialidades. Seção III. IPECE. Fortaleza. Ceará. 268p.

CHAGAS, das D.B. – 2006. Litoestrafigrafia da Bacia do Araripe: Reavaliação e proposta para revisão. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual de Paulista, Rio Claro. São Paulo. 112p

CHAGAS, das D. B.; ASSINE M. L.; FREITAS, de F. I. – 2007. Fácies sedimentares e ambientais deposicionais da Formação Barbalha no Vale do Cariri, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, 26 (4): 313- 322.

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil – 2011 - Banco de dados do SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas.

CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R. Hidrologia Subterrânea. 1983. 2ª Ed. Barcelona: Omega. 2350p.

FARA, E.; SARAIVA, A. A. F.; CAMPOS, D. A.; MOREIRA, J. K. R.; SIEBRA, D. C. & KELLNER, A. W. A. 2005. Controlled excavations in the Romualdo Member of the Santana Formation (Early Cretaceous, Araripe Basin, northeastern Brazil): stratigraphic, palaeoenvironmental and palaeoecological implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Amsterdam, 218: 145 – 160

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J (Coordenadores). 2008. *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. 3ª edição

FIGUEIREDO, M. A. (1997) - Vegetação. In.: CEARÁ. Secretaria de Planejamento e Coordenação - SEPLAN. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará - IPLANCE. Atlas do Ceará. Fortaleza. 28- 29 p.

FUCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

GASPARY, J. & ANJOS, N.F.R. Estudo hidrogeológico de Juazeiro do Norte – CE. Recife: SUDENE, Série Hidrogeologia, n. 3, 25 p., 1964.

GASPARY, J.; ANJOS, N. da F. R. dos; REBOUÇAS, A da C.; MANUEL FILHO, J.; LEAL, O; GARAU, J. P.; GUILLOT, P. - 1967. Estudo geral de base do vale do Jaguaribe. SUDEME-ASMIC Hidrogeologia. Vol. 7 – Recife – PE.

GOMES, M da C.R. - 2006 - Qualidade das águas subterrâneas e superficiais no Campus Universitário do Pici, Fortaleza-CE. Relatório de Graduação - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006. 122p

GUERRA JUNIOR, W.G. - 2008 – Qualidade das águas subterrâneas nos municípios de Mauriti e Brejo Santo– Vale do Cariri, Bacia do Araripe – Ceará, Brasil. Dissertação de Mestrado. DEGEO – UFC. Fortaleza – CE, 62p.

IBGE – Diretoria de Pesquisas, Departamento de população e Indicadores Sociais. Disponível na Internet: www.ibge.gov.br, consultada em julho de 2011.

IPECE- Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Perfil Básico Municipal de Barbalha, 2011. Governo do Estado do Ceará; Secretaria do Planejamento e Gestão (SEPLAG);

LIMA, M.R. Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil). São Paulo, 1978, 335 p. Tese de Doutorado – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

LOPES, C. R. M. CAVALCANTE, I.N.; GUERRA JR, W.G. & DIAS, F.W.C. – 2005 - Qualidade das águas subterrâneas no Vale do Cariri - área em Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha - Estado do Ceará, Brasil. XIV Encontro Nac. de Perfuradores de Poços/II Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste. ABAS. Rio de Janeiro/RJ, 24p.

MENDONÇA, L. A. R. Recursos Hídricos da Chapada do Araripe. Ceará, 2001. Tese de Doutorado. Centro de Tecnologia – Universidade Federal do Ceará.

MONT'ALVERNE, A. A. F.; PONTE, F. C.; COSTA W.C; DANTAS, J. R. A.; LOPES, C. F.; MELO JUNIOR, A. H.; PONTE, J. S. A.; FILGUEIRA, J. B. M.; SOUZA, S. do R.; SILVA, da E. C. C. – 1996. Projeto Avaliação Hidrogeológica da Bacia Sedimentar do Araripe. MME. DNPM – Programa Nacional de Estudos dos Distritos Mineiros. Fase Recife. 110p.

OLIVEIRA, de R.M. – 2012. Qualidade das águas subterrâneas nos bairros Montese, Vila União, Parreão, Bom Futuro e Damas – Fortaleza, Ceará. Relatório de Graduação em Geologia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará. 100p.

PONTE, F. C. & APPI, C. J. 1990. Proposta de Revisão da Coluna Litoestratigráfica da Bacia do Araripe. Congresso Brasileiro de Geologia. Anais. 1. p 211 – 226.

PONTE, F.C. 1991. Implantação tectônica das bacias sedimentares Mesozóicas do interior do nordeste do Brasil. Rio de Janeiro. PETROBRAS – CENPES – DIVEX – SEBIPE. Relatório interno.

PORTARIA MS nº 2914/2011/ Ministério da Saúde Secretaria de Vigilância em saúde. Coordenação - Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Brasília: Editora do Ministério da Saúde 2011.

PREFEITURA DE BARBALHA – Disponível na internet: www.barbalha.ce.gov.br, consultada em junho de 2011.

RIBEIRO, J. A. & VERÍSSIMO, L. S. – 1995. Projeto Avaliação Ambiental da Região do Cariri. Vulnerabilidade natural das unidades aquíferas da região do Cariri. CPRM. Fortaleza. 30 p. il.

RIBEIRO, J. A.; VERÍSSIMO, L. S.; PRADO, F. da S.; RIBEIRO, J. A. P.; ANDRADE, T.T. B. de – 1996. Projeto Avaliação Ambiental da Região do Cariri. Recursos hídricos e minerais do Município de Barbalha-CE. CPRM. Fortaleza.

SÁ, de F. T. – 2004. As águas subterrâneas no município de Barbalha – Ceará – Brasil. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Ceará/ UFC, Ceará. 121p.

SANTIAGO, M. F.; MENDES FILHO, J; SILVA, C. M. V. S; FRISCHKORN, H. - 1996. Modelo isotópico da dinâmica dos aquíferos do Cariri. Apêndice in Projeto Avaliação Hidrogeológica da Bacia Sedimentar do Araripe - Fase I. Recife.

SANTOS, A.C. 2000. Noções de Hidroquímica. Cap.05. In: Feitosa, C.A.F. & Filho, J.M. Hidrogeologia. Conceitos e Aplicação. CPRM e LABHID/UFPE. Fortaleza. 2a edição, 28p.

SIAGAS. 2011. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – Disponível na internet: siagasweb.cprm.gov.br, consultada em novembro de 2014.

VIANA, M.S.S. & NEUMANN, V. H. L. 2002. Membro Crato da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE. Riquíssimo registro de fauna e flora do Cretáceo. In: SIGEP, Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Brasília. p.113 – 120.

VERÍSSIMO, L. S. – 1999. A importância das águas subterrâneas para o desenvolvimento socioeconômico do eixo CRAJUBAR, Cariri Ocidental – Estado do Ceará. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Ceará/UFC, Ceará.

VERÍSSIMO L. S.; CAVALCANTE I. N.; AGUIAR R. B.; MAIA J. T. V. - 2007. Recursos hídricos subterrâneos da Bacia Sedimentar do Araripe – Zona Leste, Estado do Ceará. In: XV Encontro Nacional de Perfuradores de Poços – I Simpósio de Hidrogeologia do Sul-Sudeste.

APÊNDICE A

Cadastro dos poços cadastrados pela CPRM (SIAGAS – 2008) e dos poços novos cadastrados na área de estudo.

02	MALHADA VERMELHA	PREFEITURA	9189754	468487	60,00	27,00	5,00	MULTIPLoS	ATIVO	TUBULAR	P.V.C.	SUBMERSA
03	MALHADA VERMELHA	PROJETO SÃO JOSÉ	9189992	468484	108,00	1,00	72,00	IRRIGAÇÃO	NÃO INST.	TUBULAR	P.V.C.	
04	MALHADA VERMELHA	PROJETO SÃO JOSÉ	9190142	468330	100,00	1,00		IRRIGAÇÃO	ATIVO	TUBULAR	P.V.C.	SUBMERSA
05	SEDE- BELA VISTA (PT - 04)	CAGECE	9190142	468330	114,00	5,10	86,09	MULTIPLoS	ATIVO	TUBULAR	FERRO	
06	BREJO DE SALAMANCA	JOAQUIM C. SAMPAIO	9190100	468000	38,50	9,00	5,90	IRRIGAÇÃO	ABAND.			
07	SEDE - CIROLÂNDIA (PT -08)	CAGECE	9190440	467582	165,00	20,00	80,00	MULTIPLoS	NÃO INST.	TUBULAR	P.V.C.	
08	SEDE - CRAS E INALDÃO	PREFEITURA	9190660	466898	100,00	40,00	5,00	MULTIPLoS	ATIVO	TUBULAR	P.V.C.	
09	ALTO DA BELA VISTA	PREFEITURA	9190805	467042	73,40	1,00		MULTIPLoS				
10	HOSP. SANTO ANTÔNIO	ANTÔNIO CORREIA SARAIVA	9190870	466722	80,00	1,00	30,00	MULTIPLoS	ATIVO			
11	SANTANA / CABELUDO	SUDENE	9190951	471556	82,00	1,00	10,28		ATIVO			
12	SITIO SANTANA	CPRM	9190948	471595	50,00	14,00	5,70	MULTIPLoS	ATIVO	TUBULAR	P.V.C.	INJETORA
13	SITIO SANTANA	MIGUEL RONALDO C. LEITE	9190426	471692	120,00	1,00		MULTIPLoS	ATIVO	TUBULAR	P.V.C.	INJETORA
14	FARMACE - POÃO II	FARMACE	9190988	465102	104,00	12,00	51,00	MULTIPLoS	ATIVO	TUBULAR	P.V.C.	SUBMERSA
15	CIROLÂNDIA (PT - 07)	CAGECE	9191007	467320	230,00	1,00	59,00	MULTIPLoS	ATIVO			
16	LAMBEDOR	GIOVANI L. SAMPAIO	9191240	464600	98,50	1,00	36,00	DOMESTICO	ATIVO			
17	BARRO BRANCO	MANOEL COSTA FILHO	9191406	471271		1,00	46,60	IRRIGAÇÃO	ABAND.	CACIMBA	CONCRETO	
18	BARREIROS	GOVERNO FEDERAL	9191500	465200	150,00	1,00	180,00	MULTIPLoS	ATIVO			
19	BARRO BRANCO	MANOEL COSTA FILHO	9191544	471785	76,00	1,00	90,00	IRRIGAÇÃO	INATIVO	CACIMBA	CONCRETO	
20	SEDE - MALVINAS	EVERARDO SAMPAIO	9191591	468878	106,00	1,00	200,00	IRRIGAÇÃO	NÃO INST.	TUBULAR	P.V.C.	
21	HOSP.SÃO VICENTE D PAULA	IRMÃ ROSA MARIA	9191600	466602	150,00	1,00	80,00	MULTIPLoS	ATIVO			
22	TUBINAMBÁ	CAGECE	9191711	465623	170,00	1,00	144,00		ATIVO			
23	HOSP.SÃO VICENTE D PAULA	IRMÃ ROSA MARIA	9191700	466600	60,00	1,00	17,60	MULTIPLoS	ATIVO			
24	TUBINAMBÁ (PT - 02)	CAGECE	9191770	465588	98,00	4,80	100,00	MULTIPLoS	NÃO INST.	TUBULAR	P.V.C.	
25	SEDE - MALVINAS	HUMBERTO ANDRADE LEITE	9191854	469512	72,00	1,00	7,00	IRRIGAÇÃO	ABAND.	TUBULAR		
26	SEDE - TUPINAMBÁ	CAGECE	9191900	466100	152,00	3,95	48,00		ABAND.			
27	BANCO DO BRASIL	BANCO DO BRASIL	9191900	466700		1,00		MULTIPLoS	ATIVO			
28	SEDE - TUPINAMBÁ	CAGECE	9191950	466100	126,00	5,20	45,00		ABAND.			
29	TUPINAMBÁ (PT- 01)	CAGECE	9191961	466111	140,00	5,01	101,00	MULTIPLoS	ATIVO	TUBULAR	P.V.C.	
30	TUPINAMBÁ (PT- 10)	CAGECE	9191984	469070	123,00	51,30	10,29	MULTIPLoS	NÃO INST.	TUBULAR	P.V.C.	
31	BARRO BRANCO	MANOEL COSTA FILHO	9191986	471521	81,45	10,88	80,00	IRRIGAÇÃO	ABAND.	CACIMBA	CONCRETO	
32	BULANDEIRA	COMDEC	9192200	464300	60,00	29,00	8,08	MULTIPLoS				
33	SEDE - MARIZEIRA	CAGECE	9192290	466820		1,00		MULTIPLoS	ATIVO			
34	ALTO DA ALEGRIA (PT - 09)	CAGECE	9192320	467846	122,00	10,00	41,68	MULTIPLoS	NÃO INST.	TUBULAR		
35	BULANDEIRA		9192338	464363	100,00	3,50	75,00	DOMESTICO	ATIVO			
36	GIN. NOSSA SRA DE FATIMA	COLÉGIO N. SRA DE FÁTIMA	9192400	466601	51,00	1,00	6,00	DOMESTICO	ABAND.	TUBULAR	P.V.C.	
37	COLÉGIO N. SRA DE FÁTIMA	COLÉGIO N. SRA DE FÁTIMA	9192396	466484		1,00		MULTIPLoS	ATIVO	TUBULAR	P.V.C.	SUBMERSA
38	SEDE - MALVINAS	PREFEITURA	9192445	468996	95,00	45,00	6,60	DOMESTICO	ATIVO			
39	SEDE	FABIANO PAULA NEY	9192460	467500	70,00	35,00	15,00	DOMESTICO	ATIVO			
40	BULANDEIRA	JOSÉ DE ARLINDO	9192464	464646	74,00	8,00	78,00	IRRIGAÇÃO	ATIVO	CACIMBA	PRÉ-MOLD.	SUBMERSA
41	BULANDEIRA	JOSÉ DE ARLINDO	9192496	464659	10,00	8,00	4,00	DOMESTICO	ATIVO	CACIMBA	CONCRETO	SUBMERSA
42	UNIÃO	JOSÉ DE A. APOLINARDO	9192500	467000		1,00			ATIVO			
43	SEDE - MALVINAS (PT - 05)	CAGECE	9192512	469100	80,00	1,00	43,00	MULTIPLoS	ATIVO	TUBULAR	P.V.C.	
44	SEDE - MALVINAS	PREFEITURA	9192530	469080	80,00	38,00	9,32	DOMESTICO	ATIVO			
45	BULANDEIRA	JOAQUIM SAMPAIO	9192573	467794	68,00	6,30		IRRIGAÇÃO	ATIVO			
46	ALTO DA ALEGRIA	JOSÉ L. LUNA CALLOU	9192600	467400	71,00	36,00	10,90	DOMESTICO	ATIVO			
47	SÃO PEDRO	JOÃO EVERARDO B. S.	9192748	467894	100,00	1,00	60,00	IRRIGAÇÃO	ATIVO	TUBULAR	P.V.C.	
48	SITIO SÃO PAULO (PT - 03)	CAGECE	9192870	467177	164,00	6,90	80,00	MULTIPLoS	ATIVO	TUBULAR	P.V.C.	
49	ALTO DA ALEGRIA	CAGECE	9192857	467178	143,00	7,14	86,00	MULTIPLoS	ATIVO			
50	SEDE - MALVINAS	INSTIT. PESTALLOZI	9192850	468995	79,50	13,20	13,20	DOMESTICO	ATIVO			

51	BURITI	SOAFA	9192880	469400	40,00	16,00	12,00	DOMESTICO	ATIVO				
52	SEDE - MALVINAS (PT - 06)	CAGECE	9192840	468948	100,00	42,00	40,00	MULTIPLOS	ATIVO	TUBULAR	P.V.C.		
53	BULANDEIRA	JORGE NEY G. COELHO	9193000	465754	100,00	4,00	72,00	MULTIPLOS	ATIVO				
54	GRANJA SYSNE LTDA	HUMBERTO ANDRADE LEITE	9193074	469600	80,00	1,00	22,00	MULTIPLOS	ABAND.				
55	SÃO PEDRO	FAZ. DOMINGOS MIRANDA	9193160	467741	63,00	1,00	80,00	IRRIGAÇÃO	ATIVO	TUBULAR	FERRO	SUBMERSA	
56	BURITI	PREFEITURA	9193352	470817		1,00	60,00	MULTIPLOS	ATIVO	CACIMBA	PRÉ-MOLD.	SUBMERSA	
57	EMBRAPA	EMBRAPA	9193300	470136	60,00	8,00	18,00	MULTIPLOS	ATIVO	TUBULAR	P.V.C.	SUBMERSA	
58	BURITI	CERBAL	9193836	469459	6,00	2,00		INDUSTRIA	ATIVO	TUBULAR	P.V.C.	INJETORA	
59	BURITI	SEC. DO PLANEJAMENTO	9193400	469500	48,00	30,80	3,30	DOMESTICO	ATIVO				
60	BURITI	CLOVIS SAMPAIO	9193432	470843	100,00	4,00	35,00	IRRIGAÇÃO	ATIVO				
61	SÃO PEDRO	MANOEL COSTA FILHO	9193453	468303	78,00	6,00	113,00	IRRIGAÇÃO	ABAND.	CACIMBA	CONCRETO		
62	J. B. JEANS	IND. TEXTIL	9193516	465133	88,00	28,00	65,13	INDUSTRIA	NÃO INST.				
63	ALTO DA ALEGRIA	CEASA	9193816	464877	100,00	1,00	15,00	MULTIPLOS	ATIVO	TUBULAR	P.V.C.	SUBMERSA	
64	EPACE	EPACE	9193483	470100	62,00	16,00	18,00	MULTIPLOS					
65	BURITI	JOSÉ LIVIO CALLOU	9193700	469193	86,00	7,00	48,00	IRRIGAÇÃO					
66	BURITI	CECASA	9193700	469500	39,00	6,00	12,00	INDUSTRIA	ABAND.				
67	BURITI	CECASA	9193713	469786	60,00	1,00	50,00	INDUSTRIA	ABAND.				
68	BULANDEIRA	PREFEITURA	9193650	465160	80,00	16,00	9,31	DOMESTICO	ATIVO				
69	BURITI	FERNANDO LYRIO	9193720	468803	100,00	10,00	24,00	DOMESTICO	ATIVO				
70	CEDAPE	CEDAPE	9193800	470250	56,00	4,00		IRRIGAÇÃO	ATIVO				
71	SITIO LAGOA - ENGENHO	FRANCISCO A. SAMPAIO	9193626	466059	60,00	18,00	90,00	IRRIGAÇÃO	ATIVO	TUBULAR	P.V.C.	SUBMERSA	
72	VENHA VER	FRANCISCO A. SAMPAIO	9193736	466119	11,00	5,00	50,00	MULTIPLOS	ATIVO	CACIMBA	PRÉ-MOLD.	SUBMERSA	
73	VENHA VER	AABB	9193718	465825		1,00		MULTIPLOS	ATIVO	CACIMBA	CONCRETO	SUBMERSA	
74	SEDE - MALVINAS	PREFEITURA	9193904	469032	80,00	38,00	12,00	DOMESTICO	ATIVO				
75	P. DE SAUDE ESC. J. SARAIVA	PREFEITURA	9193918	469042	60,00	3,00	15,80						
76	SEDE - SOSP	PREFEITURA	9193936	469034	73,00	20,00	22,60	DOMESTICO					
77	FAZ. PADRE CICERO	GOVERNO FEDERAL	9193963	465199	207,00	93,00	40,00	DOMESTICO					
78	2 M ENGENHARIA LTDA		9193980	469024	36,00	10,00	4,80						
79	EPACE	EPACE	9194105	470751	50,00	1,00		DOMESTICO	ATIVO				
80	VENHA VER	PREFEITURA	9194130	465935	80,00	19,00	11,00	DOMESTICO	ATIVO				

LEGENDA		UNID.
PROF.	PROFUNDIDADE	m
NE	NIVEL ESTÁTICO	m
Q	VAZÃO	m ³ /h
REVEST.	REVESTIMENTO	x