



---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL  
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO DE  
RECURSOS HÍDRICOS**

**OTACIANA RIBEIRO ALVES**

**QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA E A PRESENÇA DE  
NITRATO NA ZONA URBANA DE CROATÁ, ESTADO DO  
CEARÁ.**

**FORTALEZA – CEARÁ**

**2014**

**OTACIANA RIBEIRO ALVES**

**QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA E A PRESENÇA DE  
NITRATO NA ZONA URBANA DE CROATÁ, ESTADO DO  
CEARÁ.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Gestão de Recursos Hídricos da Universidade Federal do Ceará como parte dos requisitos para obtenção de Título de Mestre em Gestão de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Itabaraci Nazareno  
Cavalcante – DEGEO/CC/UFC.

**FORTALEZA - CEARÁ  
2014**

**OTACIANA RIBEIRO ALVES**

**QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA E A PRESENÇA DE  
NITRATO NA ZONA URBANA DE CROATÁ, ESTADO DO  
CEARÁ.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Gestão de Recursos Hídricos da Universidade Federal do Ceará como parte dos requisitos para obtenção de título de Mestre em Gestão de Recursos Hídricos.

Aprovada em: 06 / 02 /2014.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará

---

Dr<sup>a</sup> Maria da Conceição Rabelo Gomes  
GAIA – Gestão, Análise e Investigação de Águas Ltda

---

Dr<sup>a</sup> Claudia Elizângela Tolentino Caixeta  
Cagece - Companhia de Água e Esgoto do Ceará

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Pós-Graduação em Engenharia - BPGE

- 
- A481q    Alves, Otaciana Ribeiro.  
          Qualidade da água subterrânea e a presença de nitrato na zona urbana de Croatá,  
          Estado do Ceará / Otaciana Ribeiro Alves. – 2014.  
          94 f. : il. color. , enc. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal do Ceará, Centro de  
          Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Mestrado Profissional  
          em Gestão de Recursos Hídricos, Fortaleza, 2014.  
          Área de Concentração: Recursos Hídricos.  
          Orientação: Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante.

1. Recursos hídricos. 2. Nitratos. 3. Poços. 4. Aquífero Serra Grande. I. Título.

## **AGRADECIMENTOS**

Existem situações em que é fundamental poder contar com o apoio e colaboração de algumas pessoas. Para a realização deste trabalho pude contar com várias, e através dessas poucas palavras prestarei os meus sinceros agradecimentos.

Ao professor Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante orientador e incentivador deste trabalho, pelos conhecimentos, sua atenção, boa vontade e receptividade;

Aos professores do Mestrado em Gestão dos Recursos Hídricos, na pessoa da Professora Dr<sup>a</sup> Ticiane Studart, pela dedicação em conduzir esse Curso de Mestrado;

A empresa Cagece, pela oportunidade, apoio e compreensão;

Aos colaboradores da empresa Cagece e meus amigos Roberto Felismino, Everton Farias, Henderson Silva, Helânio Bezerra, Fernanda Barros, Eraneide Maia, Darliane Rocha e Diego Farias pelas horas de dedicação na elaboração dos mapas e transmissão de conhecimento na área de geologia;

Aos amigos José Euclides Pimentel Gomes e Maria Amélia Menezes, pelo grande incentivo e colaboração nesse trabalho;

E, finalmente, a minha família José Alves, Ana Anice, Nairson, Tatiana e Betânia pela compreensão das horas ausente do seio familiar e por confiarem na realização deste trabalho.

*“Que ninguém se engane, só se consegue  
a simplicidade através de muito trabalho”*

Clarice Lispector

## RESUMO

O trabalho foi desenvolvido na cidade de Croatá, Ceará, cuja população é de 17.069 habitantes, abastecidos principalmente por poços tubulares. O índice de cobertura de rede de esgoto é de 33,5%, sendo que somente 17,33% das ligações são interligadas à rede de esgoto. Na área de estudo, a unidade hidrogeológica predominante é o aquífero Serra Grande. A pesquisa teve como objetivo principal avaliar a qualidade da água subterrânea da cidade de Croatá, Ceará, focando principalmente os resultados das concentrações de nitrato, utilizando-se a metodologia analítica da coluna de Cádmio-Cobre Redutora do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Foram selecionados 25 pontos de amostragem distribuídos pela cidade, obtendo-se a confirmação da presença de nitrato variando entre 0,06 a 48,1 mg/L de N-NO<sub>3</sub>. De acordo com a Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde, que estabelece os padrões de potabilidade para as águas de consumo humano, o valor máximo permitido de Nitrato em amostras é de 10 mg/L de N-NO<sub>3</sub>. Os resultados obtidos mostraram que 62,64% das amostras estão com concentrações acima de 10 mg/L de N-NO<sub>3</sub>, sendo um forte indício de contaminação das águas por esgotos, lixos, ou outros dejetos ricos em matéria orgânica na zona urbana do estudo. Das 11 amostras analisadas fora do perímetro urbano, todas apresentaram resultado abaixo de 10 mg/L de nitrato, portanto, potável para o consumo humano. Este trabalho recomenda que todos os poços do perímetro urbano do município de Croatá sejam monitorados quanto a qualidade da água; que se faça a construção de novos poços em zona livre de contaminação, que se tratem as águas com teor de nitrato acima do exigido na Portaria 2.914/2011 MS e que se elabore material didático, cartilhas e panfletos, esclarecendo a população sobre águas poluídas e os riscos à saúde.

**Palavras chave:** nitrato, poços, Aquífero Serra Grande.

## ABSTRACT

The study was conducted in the city of Croatá, Ceará, which population is 17,069 inhabitants, water supplied by drilling wells. The coverage ratio of sewage is 33.5 %, with only 17.3% of the links connected to the sewage network. In the study area, the prevailing hydrogeological formation is the Serra Grande Aquifer. The survey aimed as main target, to assess the quality of groundwater, of the City of Croatá, Ceará focusing primarily the results to determine the concentrations of nitrate in the groundwater, by the analytical methodology of the Column Cadmium - Copper Reducing the "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". 25 sampling points distributed around the city were selected getting the confirmation of the presence of nitrate ranging from 0.06 to 48.1 mg/L NO<sub>3</sub> N. According to the N<sup>o</sup> 2914/11 ordinance of the Ministry of Health, which sets standards of drinking water for human consumption, the maximum allowed value of nitrate in samples is 10 mg/L NO<sub>3</sub> N. The results showed that 62.64 % of the samples have concentrations above 10 mg/L NO<sub>3</sub> N, indicating a contamination of the aquifer by sewage, garbage, or other waste with rich organic matter in the urban area of the study. From the 11 samples analyzed outside the urban perimeter, all results were below 10 mg/L NO<sub>3</sub>, meeting the standards for human consumption. This study recommends that all the drilling wells of the urban perimeter of the city to be monitored in water quality parameter, as well as to dig new wells in the free zone of contamination, treat the water with nitrate levels above the required in the ordinance and prepare didactic materials, booklets and pamphlets, educating people about polluted waters and the health risks involved.

**Keywords:** nitrate, wells, Serra Grande Aquifer.

## LISTA DE FIGURAS

01. Panorâmica do município de Croatá .....	16
02. Localização e acesso a área de pesquisa .....	17
03. Mapa potenciométrico .....	23
04. Mapa de fluxo subterrâneo da área de pesquisa.....	24
05. Mapa de fluxo subterrâneo da área de pesquisa.....	25
06. Mapa de distribuição dos poços na zona e entorno de Croatá .....	31
07. Médias mensais de precipitações atmosféricas do município de Croatá ....	32
08. Distribuição litológica do município de Croatá .....	36
09. Rede de drenagem da bacia hidrográfica do Parnaíba.....	37
10. Mapa da bacia hidrográfica do Parnaíba .....	41
11. Localização dos poços.....	43
12. Percentual de domicílios particulares segundo rendimento mensal per capita .....	49
13. Croquis do sistema de abastecimento de água de Croatá .....	59
14. Localização dos poços pertencentes a Cagece.....	61
15. Ciclo do nitrogênio.....	70
16. Resultado das análises de nitrato na primeira amostragem .....	83
17. Resultado das análises de nitrato na segunda amostragem.....	84
18. Resultado das análises de nitrato na terceira amostragem.....	85

19. Resultado das análises de nitrato nos novos pontos de monitoramento	87
20. Percentual dos resultados das análises de nitrato – primeira amostragem .....	87
21. Percentual dos resultados das análises de nitrato –segunda amostragem .....	87
22. Percentual dos resultados das análises de nitrato – terceira amostragem .....	88
23. Percentual das análises de nitrato das 48 amostras .....	88
24. Concentração do teor de nitrato.....	90
25. Área apontada a Cagece para perfuração de novos poços .....	91

## LISTA DE FOTOS

01. Estação base do IBGE .....	27
02. Coleta de amostras .....	28
03. Vegetação típica da região do município de Croatá .....	33

## LISTA DE QUADROS

01.Dados de localização dos poços tubulares na área de pesquisa .....	21
02.Resultado das análises de água.....	44

## LISTA DE TABELAS

01. Relação dos métodos utilizados nas análises dos parâmetros físico-químico e valores padrões.....	30
02. Coluna litoestatigráfica da bacia sedimentar do Parnaíba .....	35
03. Índice de desenvolvimento de Croatá – 2000 – 2008.....	46
04. Crescimento do Produto interno Bruto – 2004 – 2008.....	48
05. Produto Interno bruto de Croatá por setores – 2008 .....	48
06. Descrição de famílias segundo informações do Cadastro Único – agosto de 2011. ....	50
07. Receitas e despesas de Croatá – 2010.....	51
08. Tipo de unidade de saúde do município de Croatá – 2009.....	52
09. Profissionais de saúde ligados ao Sistema Único de Saúde de Croatá – 2009.....	53
10. Número de professores e alunos matriculados de Croatá – 2009.....	54
11. Investimento em saneamento básico de Croatá por convênio federal e estadual – 1998 a 2011.....	55
12. Quantidade de economias ativas e cobertos do SES da zona urbana – 2008 a 2011.....	64
13. Índice de cobertura do SES – 2008 – 2011.....	65
14. Dados dos poços perfurados pela Cagece, fora da zona de contaminação...	89

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ARCE	Agência Reguladora de Serviços
CadÚnico	Cadastro Único
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CE	Condutividade Elétrica
COELCE	Companhia Energética do Ceará
COEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil
DEGEO	Departamento de Geologia
EEAB	Estação Elevatória de Água Bruta
FPM	Fundo de Participação do Município
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GECOQ	Gerência de Controle de Qualidade
GNSS	Sistema Global de Navegação por Satélite
GPS	Global Positioning System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDM	Índice de Desenvolvimento Municipal
IPECE	Instituto de Pesquisa do Ceará
MPS	Ministério da Previdência Social
MS	Ministério da Saúde
NE	Nível estático
PGIRS	Plano de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos
PIB	Produto Interno Bruto
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PSF	Programa de Saúde da Família
PT	Poço Tubular Profundo
PVC	Polietileno Vinil Carbono
RAP	Reservatório Apoiado
RDA	Rede de Distribuição de Água
SDA	Secretaria do Desenvolvimento Agrário
SES	Sistema de Esgotamento Sanitário
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SISAR	Sistema Integrado de Saneamento Rural
SOHIDRA	Superintendência de Obras Hidráulicas
SRH	Secretaria dos Recursos Hídricos
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
STN	Secretaria do Tesouro Nacional
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
UEPSJ	Unidade Executora do Projeto São José
UFC	Universidade Federal do Ceará
UTM	Universal Transversal de Mercator
VMP	Valor Máximo Permitido

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>18</b>
1.1 Justificativa / Relevância	18
1.2 Localização e acesso	19
1.2.1 Histórico	21
1.3 Objetivos	21
1.3.1 Geral	21
1.3.2 Específico	21
<b>2. METODOLOGIA DO TRABALHO</b>	<b>22</b>
2.1 Pré-Campo	22
2.2 Campo	19
2.2.1 Cadastro dos poços	20
2.2.2 Levantamento pontenciométrico	22
2.2.3 Coleta de amostra	28
2.3 Pós-Campo	29
2.3.1 Etapa de laboratório	29
2.3.2 Determinação dos parametros físico-químicos	29
2.3.3 Tratamento e integração de dados	30
<b>3. ASPECTOS CLIMÁTICOS E FISOGRÁFICOS</b>	<b>35</b>
3.1 Clima	32
3.2 Vegetação	36
3.3 Solos	33
3.4 Geomorfologia	37
3.5 Geologia	34
3.6 Hidrografia	37
3.6.1 Aspectos hidrogeológicos	38
3.6.1.1 Águas superficiais	44
3.6.1.2 Água subterrâneas	41
<b>4.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>42</b>
4.1 Seleção dos poços para análises	42
<b>5. ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS</b>	<b>48</b>

5.1	Índices de desenvolvimento.....	48
5.2	Produto interno bruto.....	50
5.3	Receitas e despesas .....	53
5.4	Saúde.....	55
5.5	Cobertura de saúde.....	55
5.6	Educação.....	56
<b>6.</b>	<b>SANEAMENTO BÁSICO DA ÁREA .....</b>	<b>57</b>
6.1	Sistema de Abastecimento de Água.....	61
6.1.1	Captação .....	64
6.1.2	Elevatória de água bruta .....	67
6.1.3	Adutora de água bruta.....	67
6.1.4	Tratamento .....	67
6.1.5	Adutora de água tratada.....	62
6.1.6	Reservação de água tratada .....	63
6.1.7	Rede de distribuição.....	68
6.1.8	Hidrometração .....	68
6.2	Sistema de esgotamento sanitário .....	68
6.2.1	Rede coletora de esgoto .....	64
6.3	Drenagem e manejo das águas pluviais.....	70
6.4	Sistema de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos .....	66
<b>7.</b>	<b>FONTES POTENCIAIS DE POLUIÇÃO .....</b>	<b>67</b>
<b>8.</b>	<b>ORIGEM E OCORRÊNCIA DOS COMPONENTES NITROGENADOS.....</b>	<b>68</b>
8.1	Fixação .....	68
8.2	Nitrificação .....	69
8.3	Assimilação.....	69
8.4	Mineralização (amonificação) .....	69
8.5	Desnitrificação .....	70
8.6	Eutrofização.....	70
8.7	O Ciclo do nitrogenio e a intervenção humana.....	71
8.7.1	Poluição.....	77
8.7.2	Contaminação das águas subterrâneas por nitratos.....	78
8.8	Inos nitrato .....	73

<b>9. PROBLEMÁTICA DA CONTAMINAÇÃO POR NITRATO NA SAÚDE PÚBLICA.....</b>	<b>74</b>
9.1 Doenças relacionadas à água .....	74
9.1.2 Doenças de veiculação hídrica.....	76
9.2 Toxicidade dos nitratos e nitritos.....	78
<b>10. QUALIDADE E USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....</b>	<b>81</b>
10.1 Concentração dos teores de nitrato .....	82
<b>11. CONCLUSÕES / RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>92</b>
<b>12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>93</b>

## **APENDICE**

- A - Mapa de Distribuição dos Poços Amostrados na Área de Pesquisa**
- B - Laudos de Qualidade de Água dos Poços Monitorados no Período da Pesquisa**

## **ANEXOS**

- A - Cadastro dos Poços Existentes na Cidade de Croatá - Ceará**
- B - Perfil Técnico dos Poços da Cagece, Existentes na Cidade de Croatá**

## **1. INTRODUÇÃO**

Esta pesquisa foi desenvolvida na cidade de Croata, Ceará, que possui 17.069 habitantes. O abastecimento de água deste município é realizado pela Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará – Cagece, que capta a água pela coleta de quatro poços tubulares. O município possui um percentual de 17,24% de coleta e tratamento de esgoto sanitário. Observa-se que os dejetos domésticos são lançados, em sua maioria, em sistemas de fossas do tipo seca e/ou negras, cujos efluentes constituem um risco constante de contaminação às águas subterrâneas por nitratos, sais, microrganismos patogênicos e outros.

O nitrato encontra-se presente nas águas, nos tecidos vegetais e animais. Devido a ações antrópicas, a concentração de nitrato em águas tem aumentado nas últimas décadas e valores máximos permitidos para águas potáveis foram estabelecidos por órgãos reguladores.

### **1.1 Justificativa / Relevância**

No cadastro do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS (2013) constam 86 poços tubulares, sendo a grande maioria de caráter particular. Em Croatá as águas subterrâneas são utilizadas para diversos fins, predominantemente para usos doméstico e agrícola, sendo adotada como principal fonte de abastecimento público.

A relevância deste trabalho se dá pela necessidade de avaliar a qualidade química da água e a sua contribuição na saúde pública, tendo em vista a ausência de estudos dessa natureza realizados na área. Após análise de diversos laudos físico-químicos da qualidade da água distribuída pelo sistema público deste município, concretizou-se a necessidade de realizar um estudo para investigar as causas do elevado teor de nitrato na água subterrânea.

A pesquisa desenvolvida contribuirá para o conhecimento da qualidade da água subterrânea, apontará as possíveis causas de contaminação e áreas com

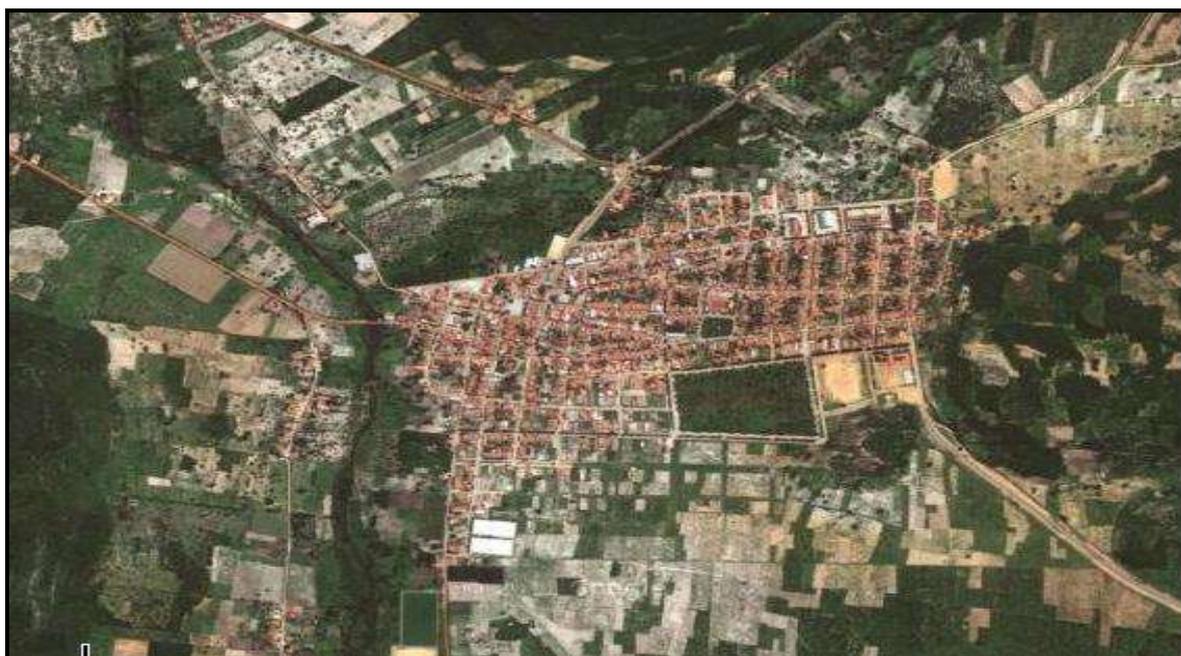
maior probabilidade de não interferência do nitrato, priorizando locais para a construção de poços e minimizando gastos públicos decorrentes da construção de poços para captação de águas com elevados teores de nitrato.

## 1.2 Localização e Acesso

O município de Croatá está localizado no oeste do Estado do Ceará (Figura 1) a aproximadamente 352 km da capital de Fortaleza, situando-se na Macrorregião de Sobral/Ibiapaba, Mesorregião do noroeste cearense e Microrregião de Ibiapaba. Croatá faz limite com os municípios de Guaraciaba do Norte ao Norte; Ipueriras ao Sul, Ipu e Guaraciaba do Norte ao Leste, Estado do Piauí ao Oeste (Figura 2). O acesso ao município, a partir de Fortaleza, pode ser feito através da BR-222 até Tianguá e, em seguida, por estrada estadual (CE-187) passando em Ubajara, Ibiapina, São Benedito e Guaraciaba do Norte atinge-se a sede, vilas, lugarejos, sítios e fazendas do município. Estradas carroçáveis interligam estas localidades, permitindo franco acesso durante todo o ano.

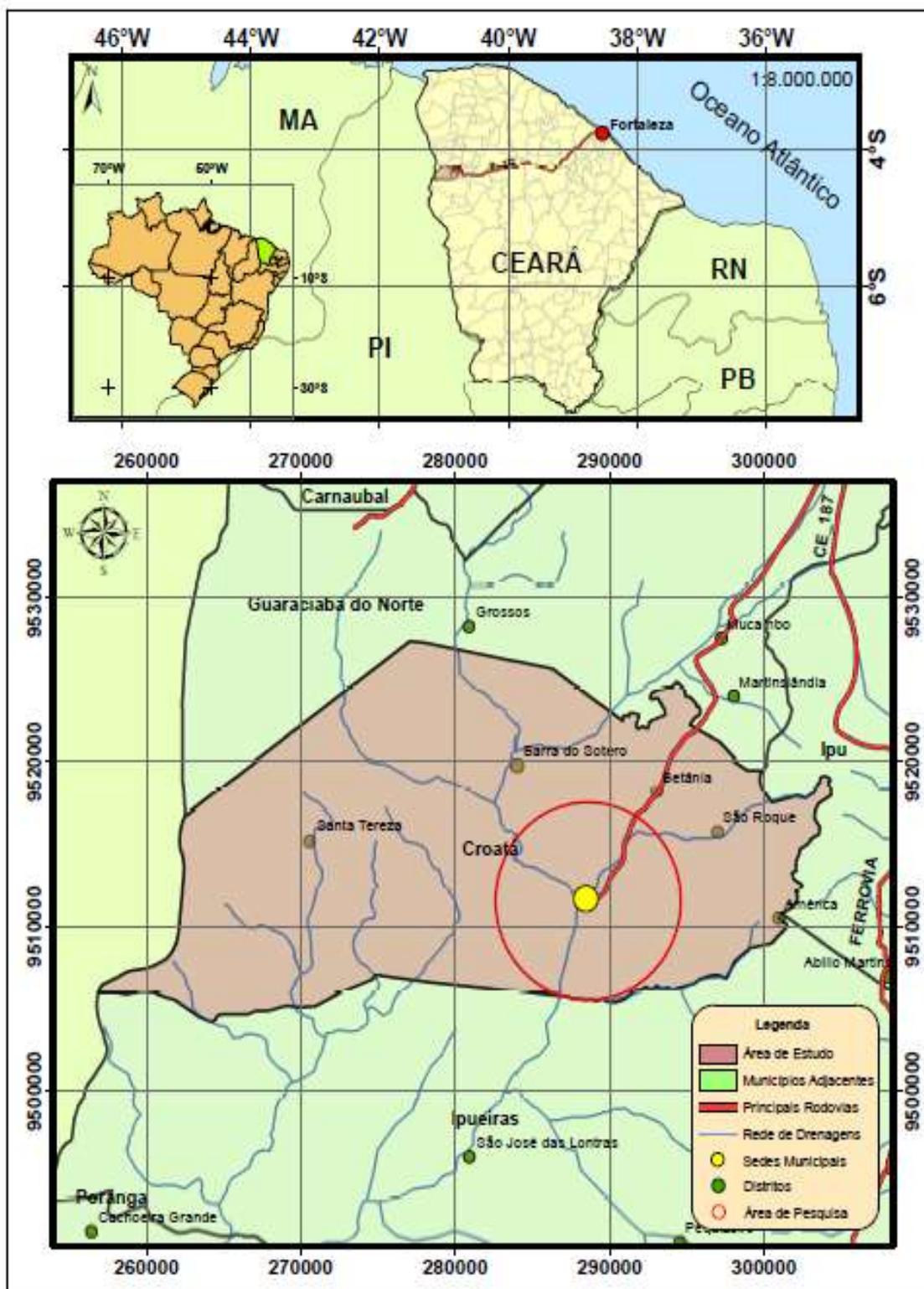
A área de estudo é a zona urbana de Croatá, sede municipal, que possui uma área de 697 km<sup>2</sup> e está a 520 m de altitude.

**Figura 1:** Panorâmica do Município de Croatá



**Fonte:** Google Earth (2012)

Figura 2 – Localização e acesso à área de pesquisa



### **1.2.1. Histórico Municipal**

A região de Croatá foi inicialmente habitada pela família "Tomaz", conhecida na região como os tomazes. No ano de 1896, Tomaz Ribeiro Leite, com seus filhos e genros, estabeleceu-se nas terras devolutas às margens do rio Macambira, hoje rio Inhuçu, então pertencentes ao Coronel Clínio de Oliveira, rico comerciante e residente em Campo Grande, hoje Guaraciaba do Norte. A elevação do povoado à categoria de vila ocorreu segundo a Lei Nº 2.677/1929 e à de Município conforme Lei Nº 8.339/1965, antes de ser instalado e restaurado na forma da Lei Nº 11.430/1988. Em divisão territorial datada de 1991, o município é constituído de 5 (cinco) distritos: Croatá, Barra do Sotero, Betânia, Santa Tereza e São Roque, assim permanecendo em divisão territorial datada de 2007. Posteriormente, em 2008, foram criados mais 3 (três) distritos: Repartição, Lagoa da Cruz e Vista Alegre.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Geral**

O objetivo desta pesquisa é determinar a variação espacial e temporal da concentração de nitrato e as conseqüentes alterações na qualidade da água subterrânea, para, posteriormente, propor alternativas com a locação poços em áreas não vulneráveis ao elemento nitrato e seus variantes.

### **1.3.2 Específicos**

- Selecionar poços e coletar informações qualitativas (pH – potencial hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica e NE – nível estático do poço);
- Mapear o fluxo de água subterrânea;

- Apresentar a condição de saneamento básico na zona urbana da cidade de Croatá e sua relação com a presença de nitratos no aquífero.
- Propor área para locação de poços tubulares livre de contaminação por nitrato.

## **2. METODOLOGIA DO TRABALHO**

A metodologia aplicada para a execução deste trabalho constou de diferentes etapas, sendo a primeira o Pré-Campo (levantamento bibliográfico, cadastro dos poços e das bases temáticas); a segunda etapa, Campo (atualização do cadastro dos poços, medições de campo e coleta de amostras de água subterrânea para análises físico-químicas) e a terceira, Pós-Campo (tratamento e integração dos dados), abordadas a seguir.

### **2.1 Pré-Campo**

Nesta etapa foram obtidos dados e informações dos cadastros dos poços existentes no SIAGAS e do banco de dados fornecidos pela Cagece, integrados a base geológica originando uma base preliminar de distribuição dos poços na escala de 1:20.000.

Levantamento bibliográfico referente a trabalhos, relacionados ao tema abordado além de outros que serviram de ferramenta para o desenvolvimento da pesquisa, tais como; trabalhos de cunho geológico, hidrogeológico, aspectos sócioeconômicos e geoambientais;

### **2.2 Campo**

Foram visitados em campo, 25 poços, sendo 14 no período de novembro de 2011 e agosto de 2012 e todos os 25 poços no mês de fevereiro de 2013. As informações coletadas foram: profundidade, nível estático, coordenadas geográficas, uso e finalidade dos poços e coleta de água para análise.

### **2.2.1 Cadastro dos Poços**

Foram visitados em campo 25 poços. As principais informações coletadas dos foram: localização, coordenadas, profundidade, nível estático, uso e finalidade da água ( Quadro 1).

**Quadro 1** - Dados de localização dos poços tubulares na área de pesquisa

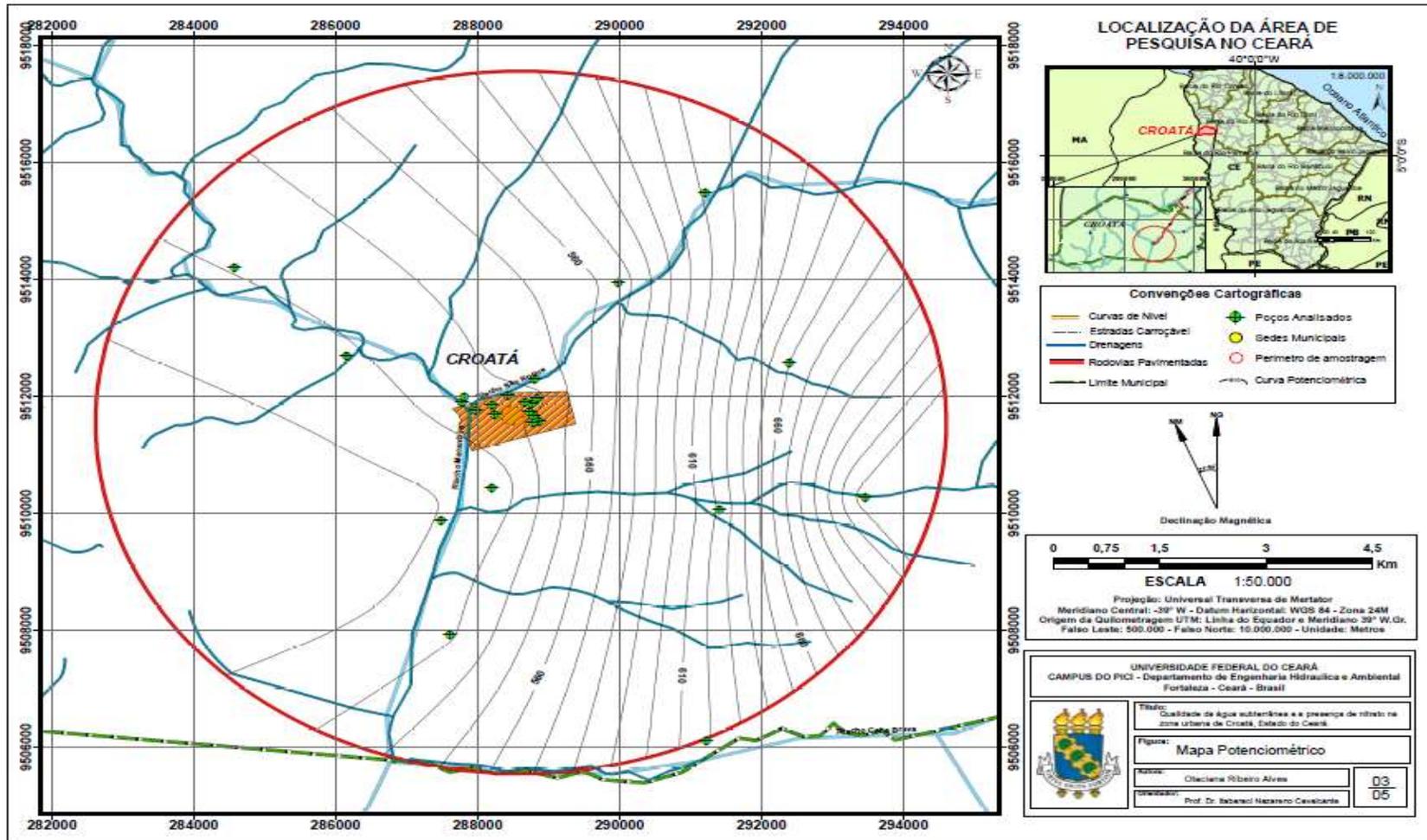
Nº de ordem	Localização	Profundidade (m)	NE (m)	Coordenadas		Uso/Finalidade
				Latitude	Longitude	
PT 1	PT 1 Cagece	50	17,77	288.835,679	9.511.973,305	Abastecimento público
PT 2	PT 2 Cagece	48				Abastecimento público
PT 3	PT defrente a EEE Cagece	-	1,06	287.975,120	9.511.761,618	Uso doméstico e irrigação familiar
PT 4	PT 4 Cagece	48				Abastecimento público
PT 5	PT Hospital	-	18,81	288.723,252	9.511.747,704	Uso doméstico e jardinagem
PT 6	PT bosque (prefeitura)	-	18,12	288.780,299	9.511.539,233	Irrigação
PT 7	PT Sr.Vicente Torquato Braz 487.	-	13,24	288.662,326	9.511.908,241	Uso doméstico e irrigação familiar
PT 8	PT Sr. Totó	-				Uso doméstico e irrigação familiar
PT 9	PT 09 Vereador Almir	-	2,50	287.809,531	9.511.990,275	Uso doméstico e irrigação familiar
PT 10	PT Posto Nsa. Senhora Aparecida	-	6,11	288.423,399	9.512.022,045	Uso doméstico
PT 11	PT Sr. Arno R. torquato Braz	-	3,45	288.199,964	9.511.846,909	Uso doméstico
PT 12	PT Sr. Arno Av. C Branco	-	7,70	288.805,441	9.512.290,669	Uso doméstico
PT 13	PT 03 Cagece	51	16,95	288.763,467	9.511.870,383	Abastecimento público
PT 14	PT (Prefeitura) Praça do Mercado	-	7,32	288.242,252	9.511.691,340	Fora de uso
PT 15	PT Lagoa da Cruz	-	15,30	9.515.491	291.207	Uso doméstico e irrigação familiar
PT 16	PT Olho D"aguinha	-	14,60	9.513.951	289.982	Uso doméstico e irrigação familiar
PT 17	PT Pau D"olho	-		9.510.067	291.408	Uso doméstico e irrigação familiar
PT 18	PT Escola Agrícola	-	19,60	9.510.429	288.201	Uso doméstico e irrigação familiar
PT 19	PT Vouta do Rio	-	17,20	9.514.203	284.576	Uso doméstico e irrigação familiar
PT 20	PT Barrocas	-		9.512.691	286.154	Uso doméstico e irrigação familiar
PT 21	PT Irapua	-		9.509.868	287.489	Uso doméstico e irrigação familiar
PT 22	PT Piau	-	18,40	9.507.916	287.609	Uso doméstico e irrigação familiar
PT 23	PT Vista Alegre	-	19,60	9.506.109	291.221	Uso doméstico e irrigação familiar
PT 24	PT Tuncas	-		9.512.573	292.395	Uso doméstico e irrigação familiar
PT 25	PT Baixio	-	17,30	9.510.260	293.462	Uso doméstico e irrigação familiar

Legenda: PT – Poço Tubular; NE – Nível Estático

### **2.2.2 Levantamento Potenciométrico**

Estudo realizado objetivando compreender o comportamento do fluxo subterrâneo abrangendo toda a área de estudo. Desta maneira, foram obtidas leituras da localização geográfica georreferenciada e do nível estático dos poços. Tal procedimento possibilitou o cálculo da carga hidráulica, a obtenção de linhas equipotenciais e a construção do mapa potenciométrico que indica o sentido do fluxo, a zona de acumulação, a zona de recarga e a zona de distribuição, conforme mostram as Figuras 2 e 3.

Figura 3 – Mapa potenciométrico.



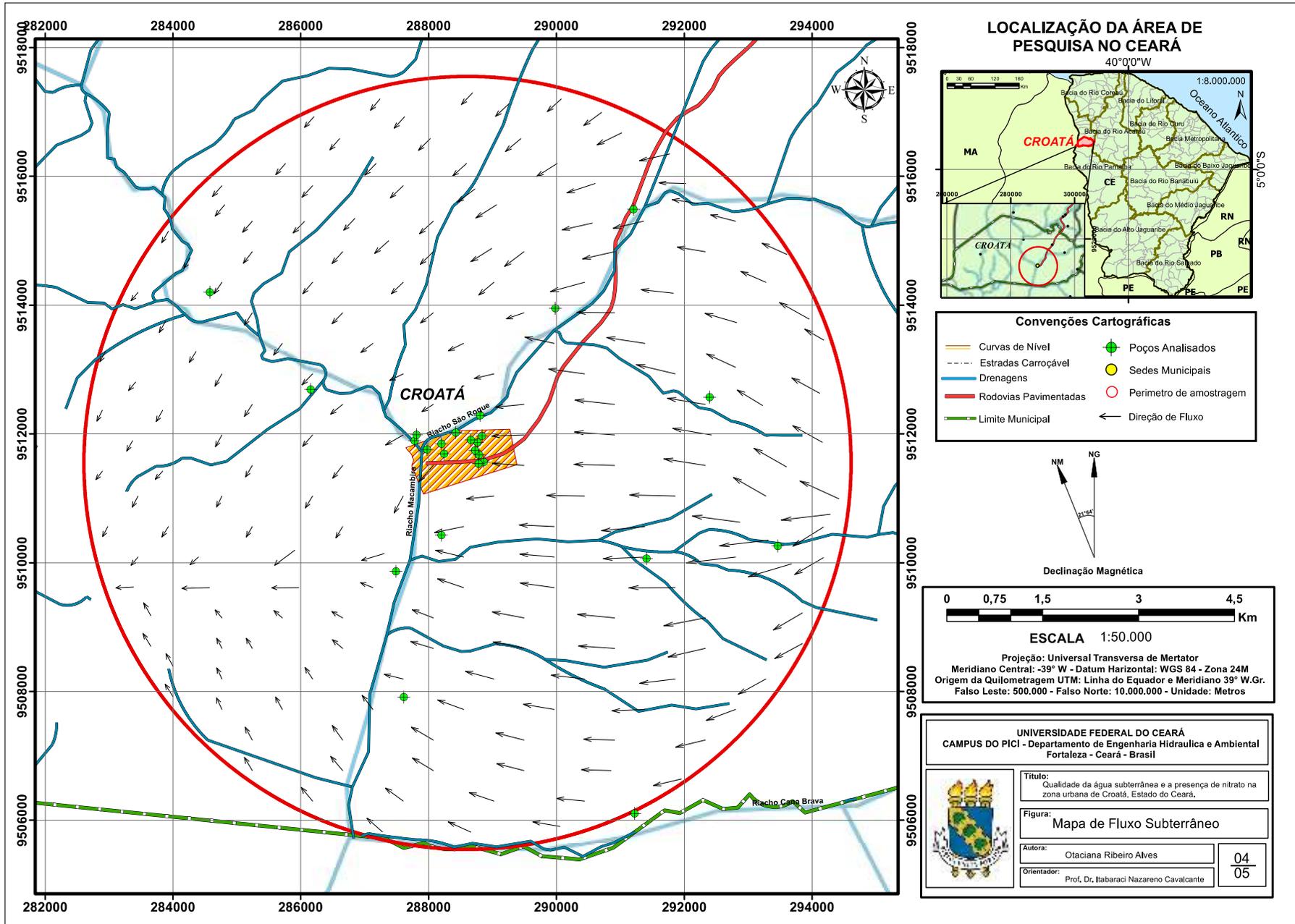
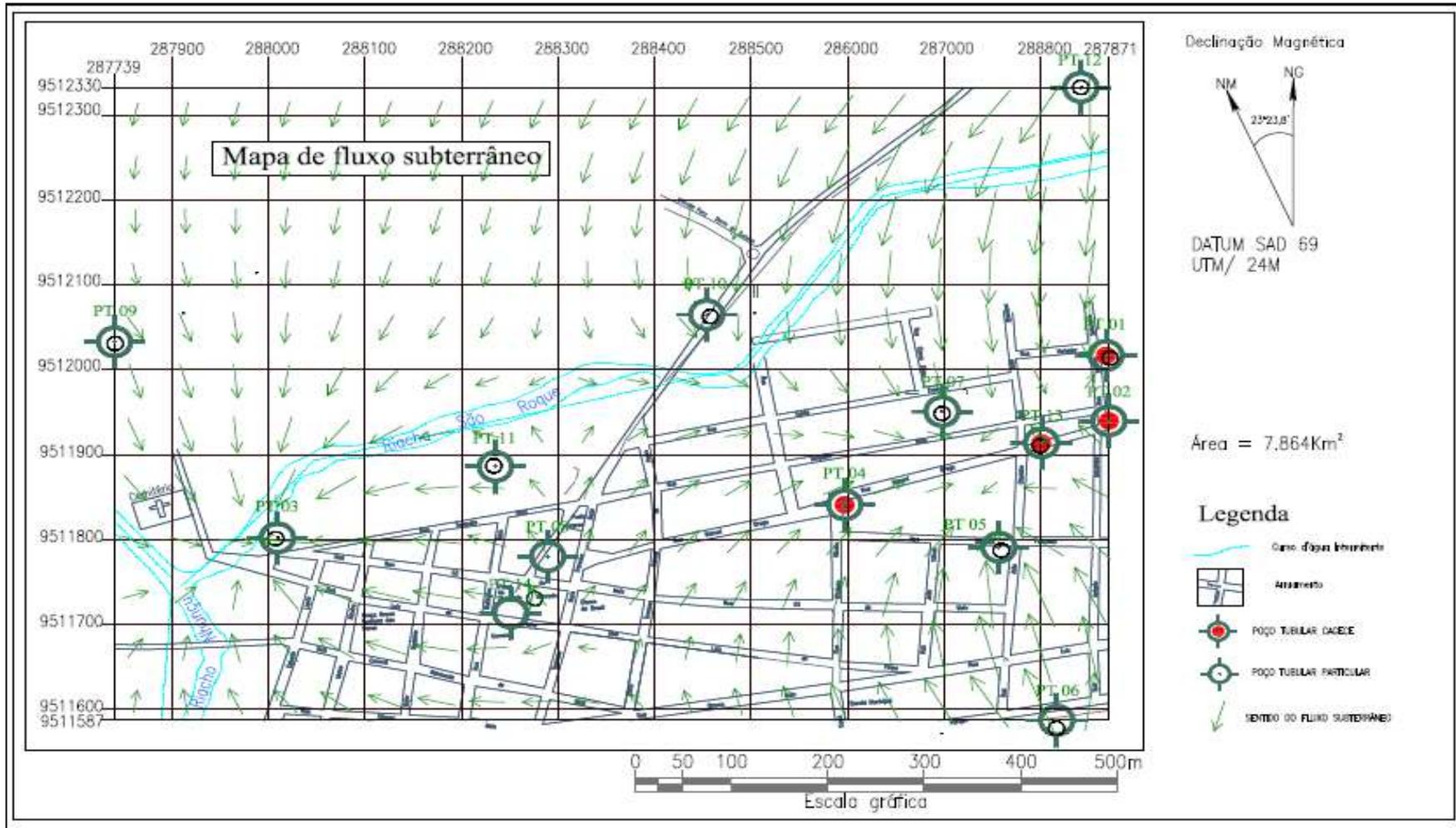


Figura 4 – Mapa de Fluxo Subterrâneo da área de pesquisa



Para realização do georreferenciamento foi utilizado um conjunto de 02 GPS's Geodésicos marca *Ashttech*, modelo *ProMark 2*, através do método diferencial no modo estático com tempo de aquisição variando entre 5 e 50 minutos sendo as leituras executadas automaticamente a cada 2 segundos nas estações. Utilizou-se como base para posicionamento horizontal e referência de nível o marco geodésico SB-24-1035 do IBGE (Foto 1 A) localizado no ponto de cota 851 na serra de Croatá - 5,5 km a nordeste da cidade de Croatá. A Foto 1 B retrata a coleta dos dados planialtimétricos utilizados no mapeamento de fluxo subterrâneo.

A modelagem equipotencial do fluxo envolve a construção, visualização e manipulação de elementos geológicos e hidrogeológicos no espaço tridimensional, com a possibilidade de integrar diversas ferramentas, como produtos de sensores remotos (imagens de satélite, fotografias aéreas, dados SRTM), informações hidrogeológicas (as quais inclui níveis estático e dinâmico, por exemplo) e dados planialtimétricos adquiridos com GPS geodésico.

A medição do nível estático só foi possível com a paralisação do sistema de captação da Cagece, bem como de poços particulares existentes; para tanto, a população foi informada através do núcleo da Cagece de Croatá, representado pelo técnico José de Oliveira. A paralisação do sistema visa a recuperação do nível da água objetivando adquirir leituras para o cálculo da carga hidráulica. Os poços tiveram o bombeamento paralisado por 16 horas para garantir a recuperação do nível da água. Para realizar a leitura do nível estático utilizou-se um medidor de nível da marca *Autronic*, com indicador luminoso e sonoro, e capacidade para obter leituras de até 200 metros de profundidade.

Os mapas temáticos foram elaborados através da base cartográfica da SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste constituída pela Folha Ipu (Folha SB. 24-V-A-III e Folha SB.24-V-A-II) e gerados com base na relação entre os pontos georreferenciados e o nível da água.

O tratamento dos dados georreferenciados foi obtido por meio digital através do programa *GNSS solutions* e executado pela equipe de geologia da Unidade Executora do Projeto São José - UEPSJ da Cagece. A carga hidráulica foi

obtida através da relação entre cota do terreno e nível da água através de planilha do programa Excel.

Os mapas das linhas equipotenciais e de fluxo foram gerados no programa *Surfer*, a partir dos dados da localização e da carga hidráulica.

**Foto 2** - A) Estação base do IBGE na serra de Croatá. Foto tirada na data 31/07/12 Coordenadas: Latitude: 287.809,531 Longitude: 9.511.990,275 B) Aquisição de dados planialtimétricos utilizados no mapeamento de fluxo subterrâneo em Croatá. Foto tirada na data 31/07/12. Coordenadas:Latitude 293.462 Longitude 9.510.260.

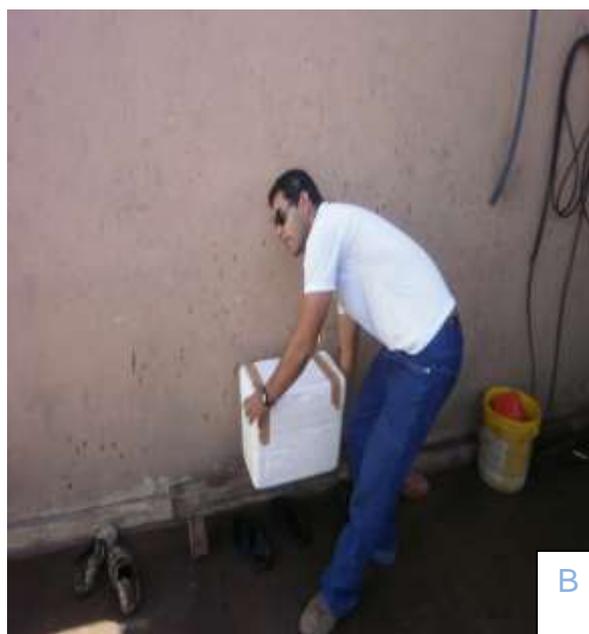


### 2.2.3 Coleta de Amostras

No dia 08 de novembro de 2011 foram coletadas 14 amostras dos poços selecionados, caracterizando a primeira amostragem após a seleção da área de estudo. A segunda amostragem, ocorrida em 01 de agosto de 2012, deu-se em 11 pontos, devido três poços incluídos no monitoramento estarem desativados. Em cada ponto de coleta foi registrado as coordenadas geográficas utilizando-se GPS *Garmin Etrex*. Na terceira e última amostragem (fevereiro/2013) foram coletadas 23 amostras dos 25 poços selecionados, ficando impossibilitado a coleta em 2 poços.

Para a coleta, foram utilizados frascos de polietileno, descartáveis, de 300 ml cada. No campo, os frascos foram lavados com a própria amostra antes da coleta. As amostras foram coletadas diretamente da saída da bomba, após, etiquetadas com numeração e local do poço, horário e dia da coleta (Foto 2. A e B). Após, coletada, as amostras foram armazenadas em caixas de isopor com gelo para garantir a conservação da condição físico-química até o momento da entrega no laboratório Central da Cagece, garantindo o prazo de entrega de até 24 horas.

**Foto 3** - A) Coleta de amostra PT 09. B); Caixa térmica para acondicionamento das amostras de água. Fotos tiradas em 08/11/11. Coordenadas: Latitude: 287.809,531 Longitude: 9.511.990,275



## 2.3 Pós-Campo

As amostras de água depois de devidamente identificadas e refrigeradas foram enviadas ao laboratório de Controle de Qualidade de Água da Cagece – GECCOQ.

### 2.3.1 Etapa de Laboratório

O laboratório de Controle de Qualidade de Água da Cagece utiliza as diretrizes analíticas gerais do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1998) para realização das análises físico-químicas. Nos resultados das análises apresentadas foram determinados nitrato, nitrito e amônia, medidos em mg/L. Conforme mostra a Tabela 1.

### 2.3.2 Determinação dos Parâmetros Físico-Químicos

Para a determinação das concentrações dos íons principais, foram usados os métodos padrões do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. As análises foram realizadas em novembro de 2011, agosto de 2012 e fevereiro de 2013.

- Para a determinação do nitrato e nitrito foi utilizado o método da Espectrofotometria/Coluna Redutora Cd-Cu e Espectrofotometria/Diazotização, respectivamente.
- A amônia fenato, foi determinado por Espectrofotometria de Fenato.

**Tabela 1** – Relação dos métodos utilizados nas análises dos parâmetros físico-químicos e valores padrões.

Parâmetros	Unidades	Metodologia das Análises	Resolução do CONAMA nº 357/05 Água Classe 1	Portaria 2.914/11/MS V.M.P
<b>Nitrato</b>	mg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L	Espectrofotometria/ Coluna Redutora Cd-Cu	10	10
<b>Nitrito</b>	mg N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L	Espectrofotometria/ Diazotização	1	1
<b>Amônia Fenato</b>	mg N-NH <sub>3</sub> /L	Espectrofotometria/ Fenato	3,7	1,5

Legenda: CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

V.M.P – Valor Máximo permitido

### 2.3.3 Tratamento e Integração Dos Dados

Nesta etapa foram elaborados gráficos e mapas temáticos preliminares em escala 1:20.000 que permitiram a visualização da distribuição dos poços na área de estudo (Figura 5), a direção do fluxo de água subterrânea (Figura 3) e a concentração do teor de nitrato (Figura 24). Para a confecção destes mapas e gráficos foram utilizados programas computacionais tais como *Excel*, utilizado na elaboração de planilhas e gráficos, software *Surfer*, usado na geração de mapas de isolinhas e SIG - Sistema de Informações Geográficas, utilizado na digitalização e confecção dos mapas, de localização e dos sistemas hidrogeológicos e distribuição dos poços.



Figura 5 - Mapa de distribuição dos poços na zona urbana e entorno de Croata

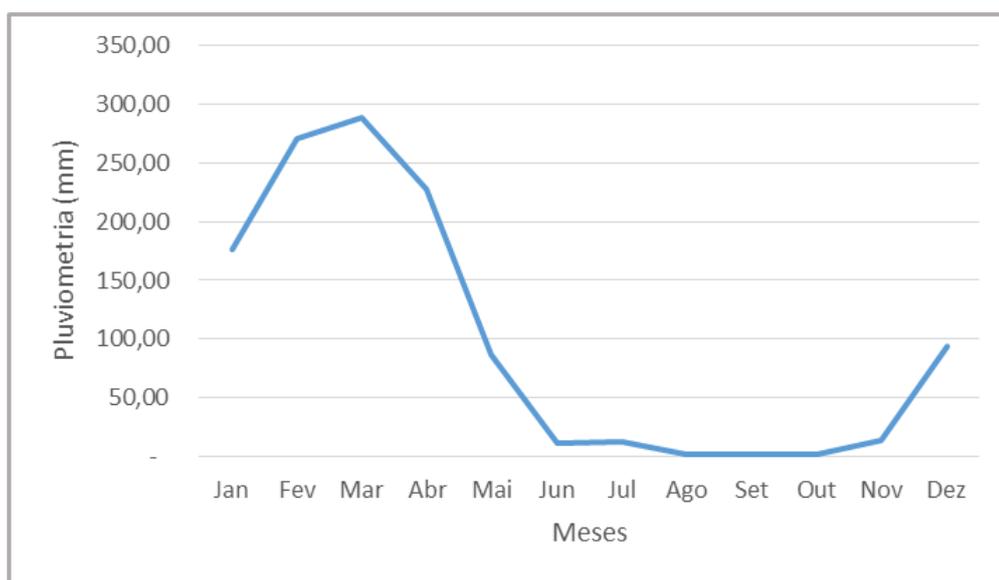
### 3. ASPECTOS CLIMÁTICOS E FISIAGRÁFICOS

Neste capítulo serão abordados os aspectos climáticos e fisiográficos do município de Croatá, tais como clima, solo, vegetação, geomorfologia, hidrologia e geologia.

#### 3.1 Clima

Na área de estudo o clima predominante é o tropical quente semiárido com pluviosidade média de 600 mm/ano com chuvas concentradas de janeiro à abril e temperatura média de 22° a 24°C, conforme mostra a Figura 7.

**Figura 7** - Médias mensais de precipitação atmosférica no município de Croatá (período de 2003 a 2010).



**Fonte:** Site da Funceme

### 3.2 Vegetação

O município de Croatá apresenta uma vegetação arbustiva densa, de caules finos (carrasco) e, na porção leste do território, a mata úmida, serrana (floresta subperenifolia tropical plúvio-nebular).

**Foto 3** – Vegetação típica do município de Croatá



**Fonte:** Site <http://www.piocera.com.br>

### 3.3 Solos

Os solos predominantes nesta região são os litólicos e podzólico vermelho-amarelo (CPRM, 2012).

- Latossolo vermelho-amarelo – tipo de solo encontrado no platô úmido do Planalto da Ibiapaba.
- Podzólico vermelho-amarelo – É o solo com horizonte B textural mais comum no Brasil. Ocupa na paisagem, via de regra, as áreas de relevo

mais acidentado, com superfícies pouco suaves e área de relevo suave mais jovem (rebaixadas). São ácidos e de fertilidade natural média. É comum a presença de grandes e pequenos blocos de rocha arenítica que deslizam das partes mais altas, principalmente durante a estação chuvosa.

- Solos litólicos – os solos litólicos são eutrófico, com fertilidade natural média a alta. Apresentam alta capacidade de troca catiônica, elevada saturação de bases, baixa saturação de alumínio, pouca acidez e ótimos teores de fósforo.

### **3.4 Geomorfologia**

A geomorfologia da área de ocorrência do Grupo Serra Grande possui uma característica marcante exibindo, no lado oriental, escarpas (fronteira entre os estados do Piauí e Ceará) e relevo suavemente plano na porção ocidental.

O relevo é plano e monótono, característico do cimo do planalto da Ibiapaba, com altitudes ultrapassando os 800 metros a leste e decrescendo em direção a fronteira com o Piauí.

### **3.5 Geologia**

Diante da extensão espacial do Grupo Serra Grande, será abordada nesse trabalho, parte das unidades litoestratigráficas que ocorrem na Bacia Sedimentar do Parnaíba.

A Bacia Sedimentar do Parnaíba é caracterizada, de maneira geral, por uma alternância de sedimentos siltsos e arenosos que mergulham em direção SE para NW. Possui idade paleozoica e, segundo Cunha (1986), foi formada sob condições tectonicamente estáveis, que propiciaram a deposição de uma coluna

sedimentar de até 3.500 m de espessura. Na Tabela 2 é apresentada a coluna litoestratigráfica, com informações compiladas de trabalhos anteriores.

O município de Croatá apresenta um quadro geológico bastante simples, sendo caracterizado por rochas sedimentares de idade paleozóica (siluro-devoniana), mais especificamente pelos arenitos grosseiros a conglomeráticos e conglomerados da Formação Serra Grande. Ocorrem ainda coberturas aluvionares, de idade quaternária, encontradas ao longo dos principais cursos d'água que drenam o município (Figura 7 – Distribuição litológica do município de Croatá).

**Tabela 2** Coluna litoestratigráfica da Bacia Sedimentar do Parnaíba

PERÍODO	GRUPO	FORMAÇÃO		LITOLOGIA
QUATERNÁRIO		QI	Aluviões	Areias, siltes e argilas.
TERCIÁRIO	Barreiras	Enb		Arenitos friáveis e níveis de argilas.
CRETÁCIO		K1	Sardinha	Derrames de basáltos e diabásios.
JURÁSSICO	Mearim	J2c	Cordeira	Arenitos homogêneos, friáveis e siltitos.
		J2pb	Pastos Bons	Arenitos argilosos fino a médio.
TRIÁSSICO	Balsas	T12s	Sambaíba	Arenitos homogêneos, friáveis.
PERMIANO		Ppf	Pedra de Fogo	Arenitos, siltitos, folhelhos e calcários.
CARBONÍFERO		C2pi	Piauí	Arenitos finos a grossos com níveis de siltitos.
	DEVONIANO	Canindé	C1po	Poti
D3c1l			Longá	Folhelhos cinza escuro, com níveis de arenitos e siltitos.
D2c			Cabeças	Arenitos médios a grossos de cores clara com subordinadas intercalações de folhelhos e siltitos cinza e vermelho.
D2p			Pimenteiras	Folhelhos e siltitos (cor vermelha), com finos níveis de arenito.
SILURIANO	Serra Grande	Ssgj	Jaicós	Arenitos muito grossos e conglomerados.
		Ssgt	Tianguá	Folhelhos, siltitos e arenitos finos.
		Ssgj	Ipú	Arenitos grossos.
PRÉ-CAMBRIANO				Granitos, gnaisses e micaxistos.

FONTE: CPRM, 2012.

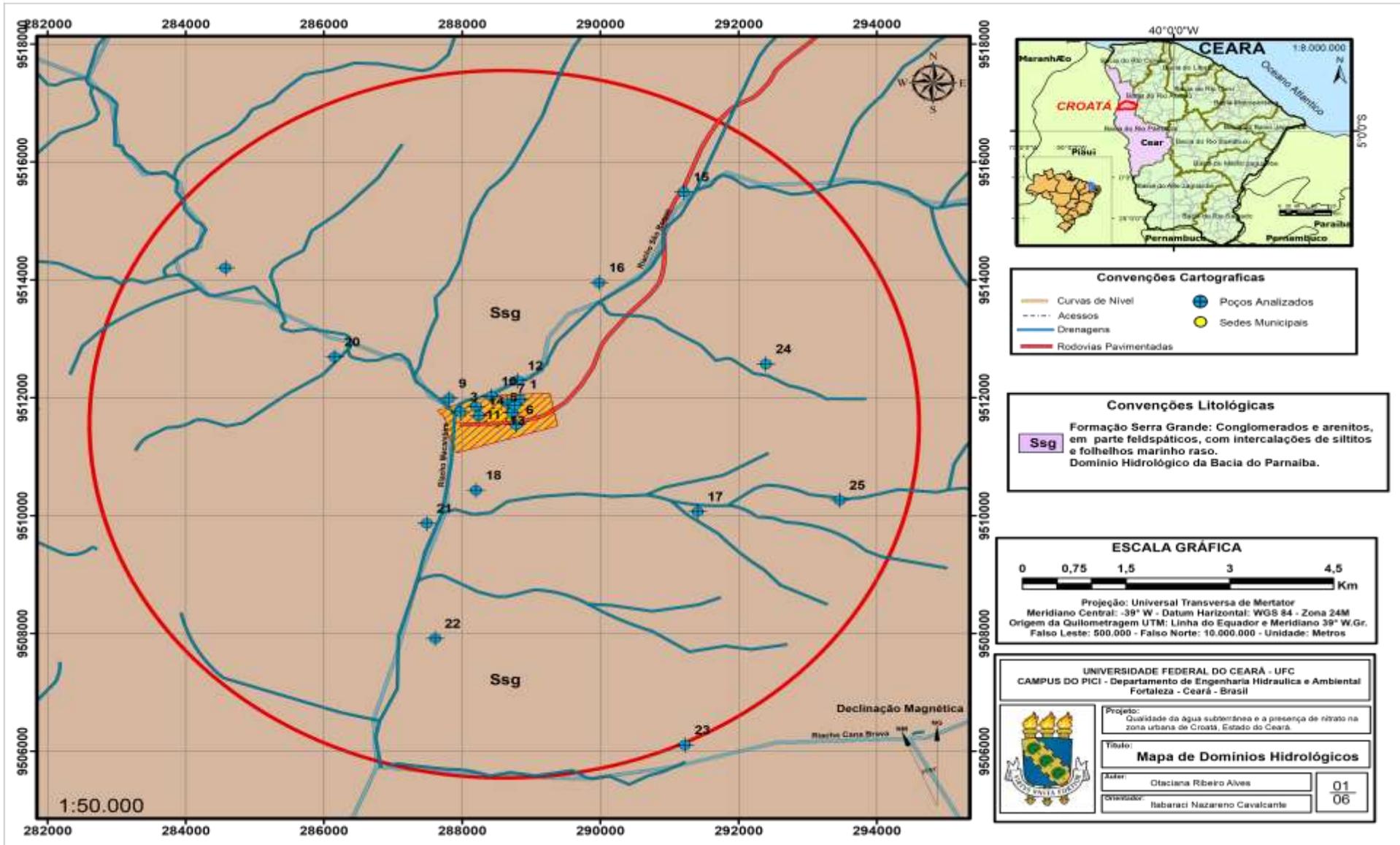
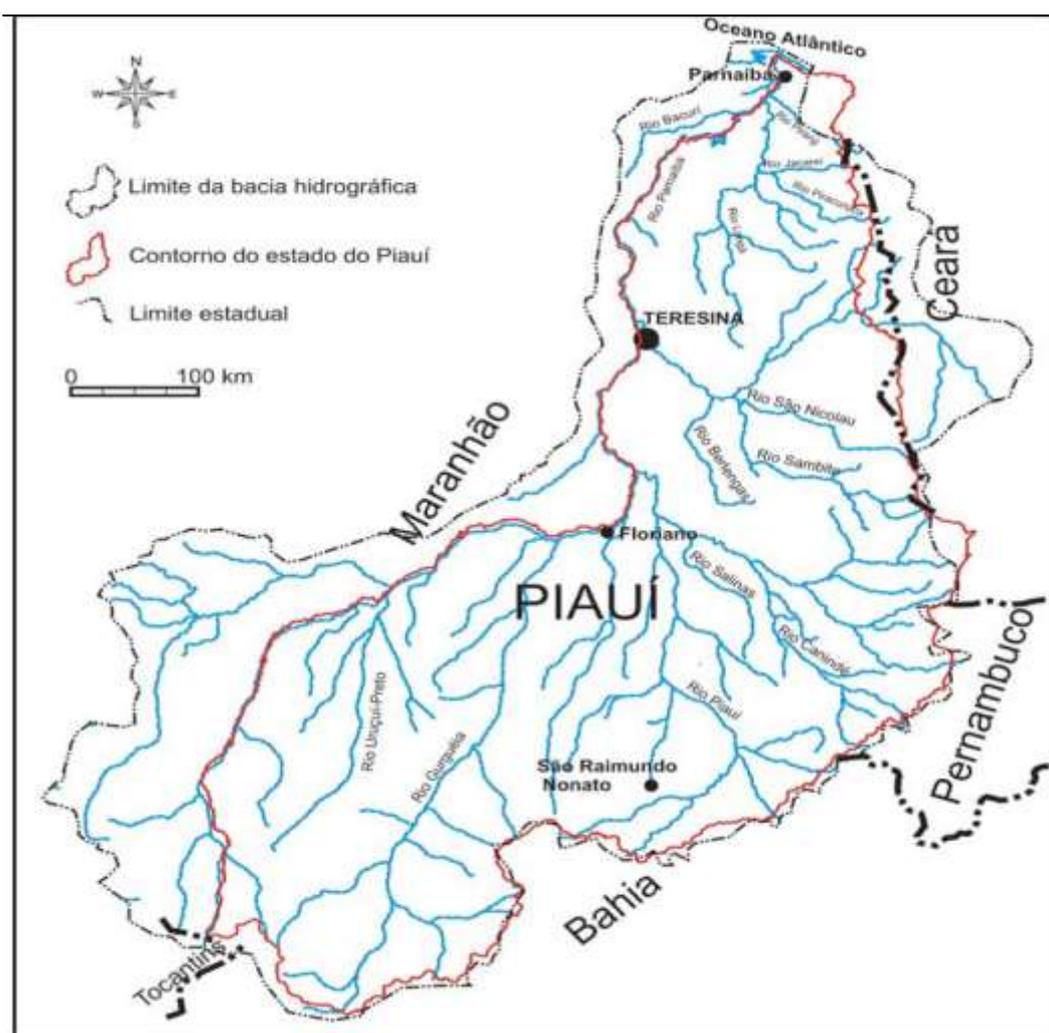


Figura 8 - Distribuição litológica do município de Croatá

### 3.6 Hidrografia

A Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba abrange, por completo, o Estado do Piauí e pequena parte dos Estados do Maranhão e Ceará. Na Figura 8 é apresentada a rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Parnaíba, na qual se podem verificar alguns rios de importância como: a) rios Gurguéia e Uruçuí-Preto na porção sul do Estado; b) rios Piauí, Canindé e Salinas na parte leste; c) rios Piranji, Jacaraí, Piracuruca e Longá no quadrante Berleugas, Sambito e São Nicolau na região central e, norte do Estado do Piauí. CPRM 2012.

**Figura 9** – Rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Parnaíba.



Fonte: (CPRM, 2012)

### 3.6.1 Aspectos Hidrogeológicos

#### **Bacia do Parnaíba (Poti)**

A Bacia do Parnaíba, também denominada Poti, abrange 16.900 km<sup>2</sup> onde estão localizados 14 municípios, sendo o Sistema Hidrogeológico Metamórfico o mais representativo em distribuição espacial com 9.631 km<sup>2</sup> (57 %), seguido pelo Serra Grande que ocupa 6.058,18 km<sup>2</sup> (35,8%). Até 1989, existiam na bacia do Poti 590 poços tubulares cadastrados, com o cristalino detendo 428 (72,5%). Do total de poços cadastrados, 469 (79,5%) contêm dados de vazão que retratam uma disponibilidade de 1.688,80 m<sup>3</sup>/h, ou seja, considerando-se uma taxa de bombeamento de 12 horas/dia, existia um volume de 7,4 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano. Para o contexto sedimentar existem 162 poços (27,4%) com 145 (89,5%) possuindo dados de vazão e que refletem uma disponibilidade de 819,1 m<sup>3</sup>/h, ou seja, 3.587.658 m<sup>3</sup>/ano (taxa de 12h/dia de bombeamento). O cristalino possui 324 poços com dados de vazão e uma disponibilidade de 869,7 m<sup>3</sup>/h, ou seja, 3,8 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano (taxa de 12h/dia de bombeamento). A disponibilidade efetiva instalada na Bacia do Poti é de 6,5 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano, que associada à instalável (3,8 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano) perfaz um volume total de 10,4 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano onde Crateús se destaca com 1,6 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano, seguida de São Benedito com 1,2 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano e Carnaubal com 1,1 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano. A demanda efetiva instalável (potencial) pode tornar-se instalada, dependendo da implementação de projetos de recuperação e/ou instalação de poços produtores já cadastrados. Os dados cedidos pela companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – COGERH (CEARÁ/COGERH, 2000) mostram que em 1999, 13 sedes municipais eram abastecidas com água subterrânea, consumindo um volume de 181.814 m<sup>3</sup>/mês para abastecer de 33,37% (Acarau) a 100% (Marco) da população das sedes municipais, com um total de 46.618.973 habitantes sendo beneficiados a uma taxa de 130 L/hab/dia.

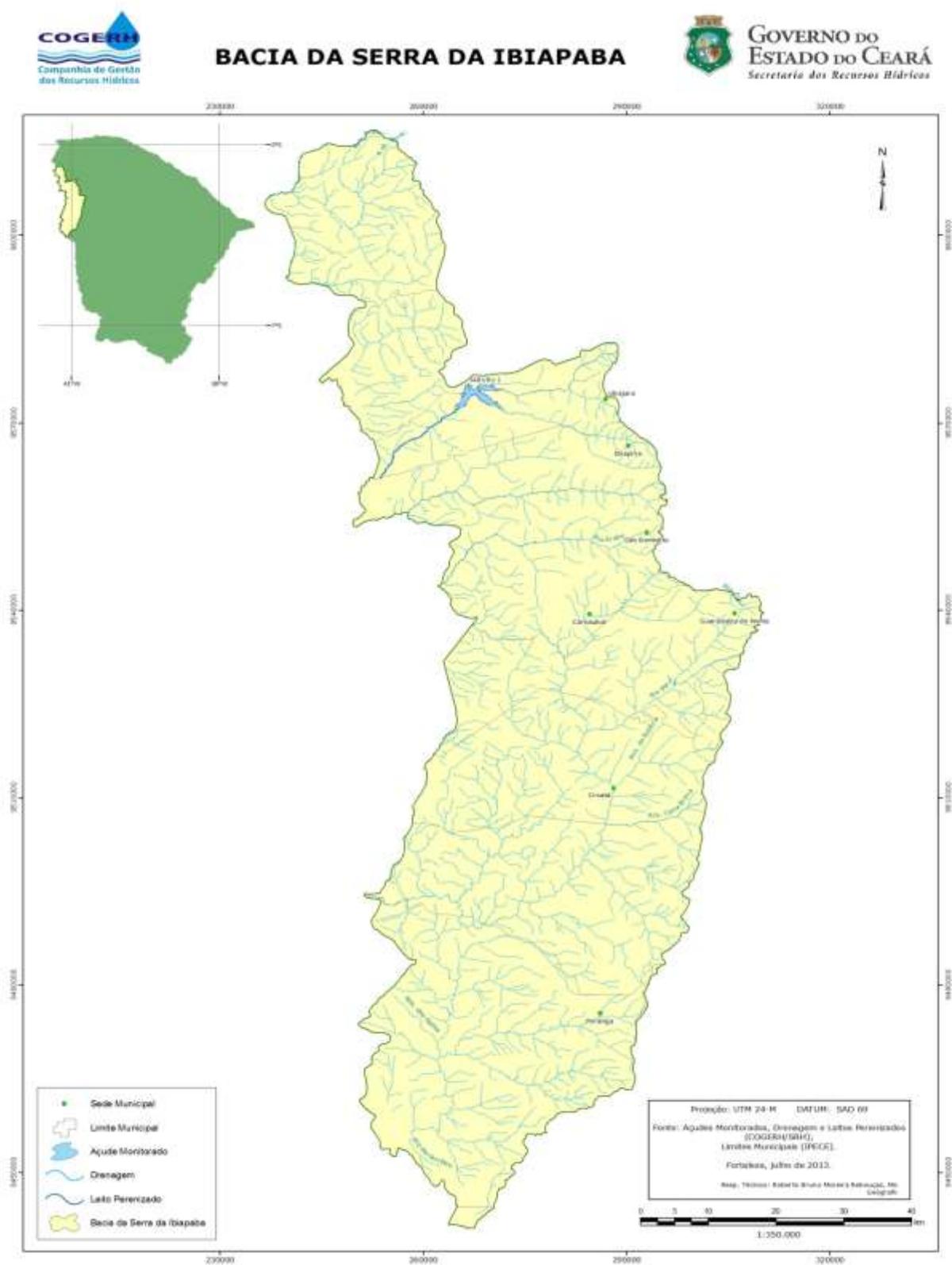
O município de Croatá encontra-se inserido na região da Bacia Hidrográfica do Acaraú e na Bacia Poti-Longá, parte integrante da Bacia do Parnaíba de domínio da União.

De acordo com o Pacto das Águas – Caderno Regional das Bacias Poti-Longá (CRBPL, 2009), as Bacias do Poti-Longá têm grandes reservas de águas superficiais derivadas de rios perenes e subperenes, além de bom potencial de reservas de águas subterrâneas, especialmente nas áreas de relevo plano.

O Rio Poti é o principal curso d'água da bacia, tendo aproximadamente 192,5 km de extensão abrangendo a parte sul, possuindo como principal afluente d'água o rio Macambira. O segundo rio mais importante é o Rio Longá, abrangendo a parte norte.

A gestão dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Parnaíba é de responsabilidade da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (COGERH). Já a gestão dos recursos hídricos na Sub-Bacia do Poti-Longá é executada pela COGERH em parceria com o DNOCS e com a participação do Comitê de Bacia.

Figura 10 – Bacia hidrográfica do Parnaíba



Fonte: (CRBPL, 2009)

### **3.6.1.1 Águas superficiais**

O município de Croatá está inserido totalmente na bacia hidrográfica do rio Poti e tem como principais drenagens os riachos Canindé Grande, Cruz, Macambira e São Roque que originam-se no Estado do Ceará e representam os tributários de cursos de água que deságuam no vizinho Estado do Piauí, formando assim, a única bacia hidrográfica não totalmente cearense. Não existem reservatórios de água superficial expressivos.

### **3.6.1.2 Águas subterrâneas**

No município de Croatá o domínio hidrogeológico predominante é o sedimentos da Formação Serra Grande. Este domínio é constituído principalmente por arenitos grossos a conglomeráticos que, normalmente, apresentam um potencial médio sob o ponto de vista da ocorrência de água subterrânea, tanto do ponto de vista quantitativo como qualitativo. No contexto do município de Croatá, onde não ocorrem rochas cristalinas, esse domínio apresenta uma importância relativa do ponto de vista hidrogeológico. CPRM 2012.

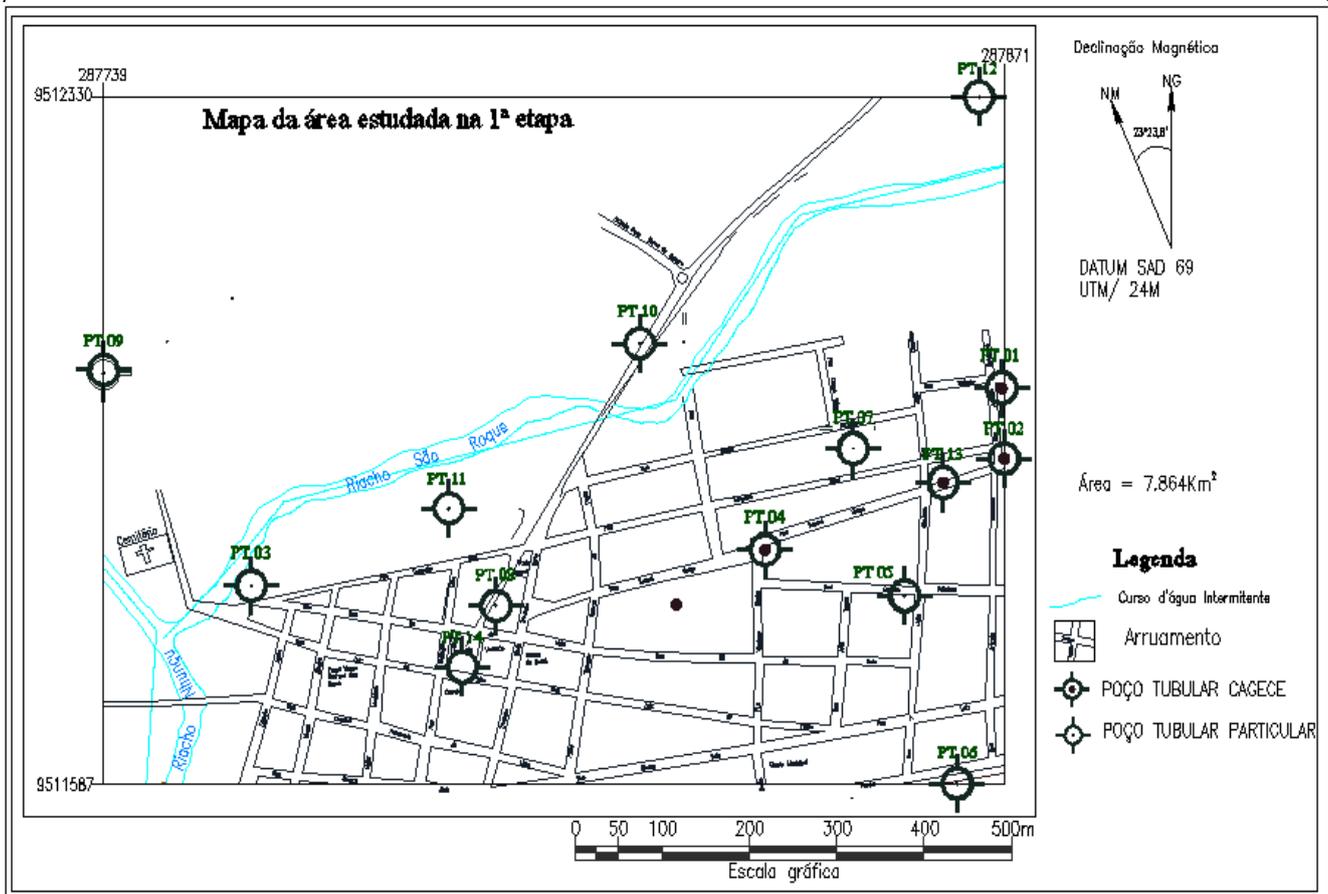
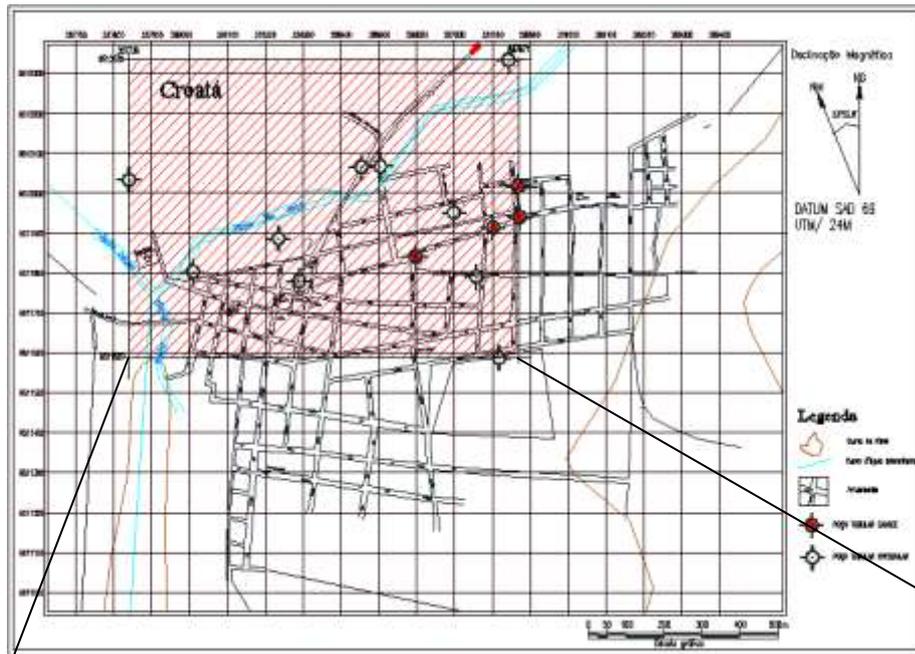
## **4.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Neste capítulo será abordado a qualidade das águas subterrâneas e as prováveis fontes de poluição.

### **4.1 Seleção dos Poços Para Análises**

O levantamento realizado no município de Croatá registrou a presença de 86 poços (Anexo A) Com relação à distribuição desses poços por domínios hidrogeológicos, verificou-se que todos eles encontram-se em rochas sedimentares da Formação Serra Grande. Para a realização da primeira fase da pesquisa, foram selecionados 14 poços tubulares, (conforme mostra a Figura 10.) distribuídos aleatoriamente no perímetro urbano, buscando caracterizar ao máximo toda a área de estudo através do monitoramento do Nitrato. Após análises dos resultados de qualidade de água e integração de todos os dados houve a necessidade de ampliar a área de estudo para um raio de 6 km<sup>2</sup>, cadastrar e mapear mais 11 poços na área do entorno a zona urbana, com o objetivo de certificar os resultados obtidos (Figura 5 – Mapa de Distribuição dos Poços (1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> etapa da pesquisa) (Apêndice A)

Figura 11 - Localização dos poços (1ª etapa da pesquisa)



Quadro 2 - Resultado das análises de água

Nº de ordem	Localização	Teor de Nitrato (mg N-NO <sub>3</sub> /L) Amostragem 1 (11/2011)	Teor de Nitrato (mg N-NO <sub>3</sub> /L) Amostragem 2 (08/2012)	Teor de Nitrato (mg N-NO <sub>3</sub> /L) Amostragem 3 (02/2013)	Padrão de Potabilidade (mg N-NO <sub>3</sub> /L) Portaria 2.914/11 MS
PT 1	PT 1 Cagece	4,50	7,15	3,72	10
PT 2	PT 2 Cagece	25,27	34,03	15,65	10
PT 3	PT de frente para EEE/Cagece	Poço obstruído	Poço obstruído	Poço obstruído	10
PT 4	PT 4 Cagece	19,12	22,42	19,50	10
PT 5	PT Hospital	16,70	18,18	8,09	10
PT 6	PT Bosque	5,10	4,20	7,56	10
PT 7	PT sr. Vicente Torquato Braz 487	24,65	33,10	48,10	10
PT 8	PT sr. Totó	39,00	-	44,48	10
PT 9	PT vereador Almir	1,70	1,71	1,15	10
PT 10	PT posto Nossa Senhora Aparecida	18,20	28,75	6,17	10
PT 11	PT sr. Arnô Rua Torquato Braz	10,82	10,17	13,09	10
PT 12	PT sr. Arnô Av. Castelo Branco	4,20	6,93	3,34	10
PT 13	PT 3 Cagece	18,40	18,29	13,52	10
PT 14	PT praça do Mercado	36,60	-	-	10
PT 15	PT Lagoa da Cruz	-	-	1,22	10
PT 16	PT Olho d'aguinha	-	-	2,52	10
PT 17	PT Pau d'olho	-	-	1,12	10
PT 18	PT escola agrícola	-	-	0,36	10
PT 19	PT volta do rio	-	-	0,06	10
PT 20	PT barrocas	-	-	0,06	10
PT 21	PT Irapuã	-	-	0,14	10
PT 22	PT Piau	-	-	3,38	10
PT 23	PT Vista Alegre	-	-	3,36	10
PT 24	PT Tuncas	-	-	1,10	10
PT 25	PT Baixio	-	-	0,98	10

Legenda: PT – Poço Tubular MS – Ministério da Saúde

## 5. ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

O município apresenta um quadro socioeconômico empobrecido, castigado por fatores climáticos adversos. A população, conforme último censo do IBGE, realizado em 2010 é de 17.069 habitantes, passando a ter uma concentração maior na zona urbana.

A sede do município dispõe de abastecimento de água, fornecimento de energia elétrica, serviço telefônico (fixo e móvel), agência de correios e telégrafos, serviço bancário, hospitais, hotéis e ensino de 1º e 2º graus.

A principal atividade econômica reside na agricultura de subsistência, com culturas de feijão, milho e mandioca, além de monoculturas de algodão, cana-de-açúcar, castanha de caju e frutas diversas. Na pecuária extensiva destaca-se criação de bovinos, ovinos, caprinos e suínos. O extrativismo vegetal baseia-se na fabricação de carvão vegetal, extração de madeiras diversas para lenha e construção de cercas, além de atividades com carnaúba e oiticica. O artesanato de redes e bordados encontra-se em desenvolvimento no município.

### 5.1 Índices de Desenvolvimento

Os índices de desenvolvimento do município de Croatá, em relação ao Estado e aos demais municípios cearenses, são explícitos na Tabela 3. Descreve-se tanto o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), que considera informações sobre longevidade, educação e renda, bem como o do Índice de Desenvolvimento do Município (IDM), no qual são observados quatro conjuntos de indicadores: i) fisiográficos, fundiários e agrícolas (que incluem pluviometria e salinidade de água) ii) demográficos e econômicos, iii) de infraestrutura de apoio, e iv) sociais (que incluem mortalidade infantil e cobertura de abastecimento de água). O primeiro e o quarto conjunto de indicadores do IDM são os que trazem mais parâmetros associados aos serviços de saneamento básico ou aqueles são influenciados por estes serviços.

**Tabela 3** - Índices de Desenvolvimento de Croatá – 2000 e 2008

Índices	Município		Estado
	Valor	Ranking Municipa l	Valor
Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM), 2008	31,69	56	29,14
Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM), 2000	21,56	114	26,19
Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), 2000	0,557	182	0,700

Fonte: IPECE (2011) e PMSS (2012)

O IDH é analisado apenas para o ano de 2000, devido ser esta aferição em nível municipal a mais atualizada. A análise do IDH desagregado revela que o IDH-Educação (índice de 0,673) apresenta maior valor entre as três medidas que compõem o IDH, seguido do IDH-Longevidade (índice de 0,558) e do IDH-Renda (índice de 0,441). Com relação ao IDM, de 2008, desagregado, verifica-se que a maior medida é dos indicadores fisiográficos, fundiários e agrícolas (índice de 55,83), seguidos pelos indicadores sociais (50,75), de infraestrutura de apoio (índice de 22,82) e demográficos e econômicos (índice de 9,62). Perfil Básico do Ceará, 2000.

Verificando informações sobre o IDH, constata-se que sua amplitude, no ano de 2000, entre os Estados brasileiros, ficou entre 0,636 a 0,822. Já a amplitude entre os municípios brasileiros foi de 0,467 a 0,919. Entre municípios cearenses, a amplitude do índice foi de 0,551 a 0,786. Ainda com relação ao IDH, que apresenta média nacional de 0,766 (superior ao índice estadual e do município), o Estado ocupa a vigésima colocação entre as unidades federativas e o município ocupa a posição de número 5.251 no país (de 5.507 municípios com índices calculados).

Em Croatá o IDH apresenta nível médio (intervalo 0,500-0,800) entre 3 (três) níveis que variam de baixo a alto. A avaliação do índice indicará maior desenvolvimento quanto mais próximo estiver de 1(um), conforme critérios do PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento).

O IDM é analisado nos anos 2000 a 2008. Em relação ao IDM, é verificada diminuição do indicador no período considerado, ao contrário da evolução do índice do Estado. Verifica-se tanto uma involução absoluta do IDM no período, com uma queda de posição do município frente aos demais.

A amplitude do IDM, em 2008, no Ceará, foi de 8,97 a 85,41; e no ano de 2000, foi de 4,51 a 79,25. Verifica-se, portanto, aumento dos valores mínimo e máximo, assim como aumento do índice médio no Estado, demonstrando melhoria nas condições de vida da população, tomando como parâmetro o IDM. Porém, o índice, no município, obteve diminuição (2000-2008), contribuindo para uma regressão de posição no ranking dos municípios, de 82º para 150º.

No município, o IDM é de classe 3 (três) (intervalo 27,08-40,03), entre quatro classes que variam de 1(um) a 4(quatro). A avaliação do índice dá-se com maior desenvolvimento quanto mais próximo estiver de 100, conforme critérios do IPECE (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará).

## **5.2 Produto Interno Bruto**

Indicador que demonstra a evolução da economia municipal, o Produto Interno Bruto (PIB) de Croatá apresentou aumento de 77% no período de 2004- 2008. No mesmo período, o PIB per capita cresceu menos (63%). O maior nível de crescimento dos indicadores ocorreu no período 2007-2008. Os resultados encontram-se na Tabela 4, considerando valores nominais (preços correntes), ou seja, sem efeito inflacionário.

**Tabela 4** - Crescimento do Produto interno Bruto de Croatá – 2004 a 2008

Ano	PIB a preços correntes		PIB per capita	
	Valor (R\$ mil)	Variação(%)	Valor (R\$)	Variação(%)
2004	38.203	-	2.292	-
2005	42.545	11,4	2.532	10,5
2006	52.520	23,4	3.101	22,5
2007	47.747	-9,1	2.757	-11,1
2008	67.624	41,6	3.745	35,8

Fonte: Adaptado de IBGE (2011) e IPECE 92011).

O resultado do PIB municipal de Croatá foi superior a 67 milhões em 2008, teve maior participação do setor de serviços, superior a 1/2 do montante, com proporção menor comparado ao Estado. No setor agropecuário é o segundo mais expressivo, com mais de 1/3 de participação na economia (Tabela 5.).

**Tabela 5** - Produto interno Bruto de Croatá por setores – 2008

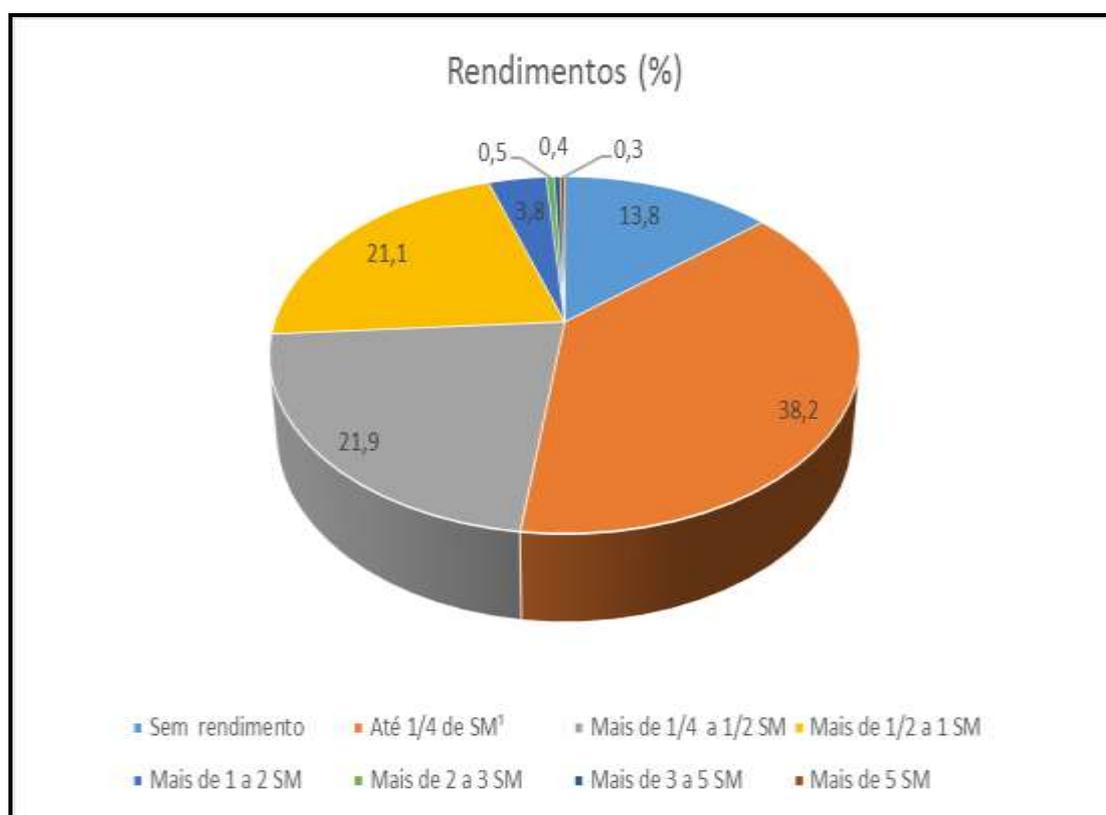
PIB		Município	Estado
<b>PIB a preços correntes (R\$ mil)</b>		67.624	60.099.000
<b>PIB per capita R\$</b>		3.745	7.112
<b>PIB Setorial</b>	Agropecuária (%)	38,6	7,1
	Indústria (%)	6,7	23,6
	Serviços (%)	54,7	69,3

Fonte: Fonte: Adaptado de IBGE (2011) e IPECE 92011)

Comparativamente aos valores de PIB do Estado, que, em 2008, foi de 60.099 milhões de reais, o PIB municipal participa com pouco mais de 0,1% do montante estadual. Já o PIB per capita cearense foi de 7.112 reais em 2008, sendo o indicador do Município, 53% do indicador estadual. Isto demonstra fragilidade social e econômica do Município. O valor do PIB per capita, relativamente reduzido, indica baixa capacidade de pagamento da população.

Esta condição ocorre, em especial, por 38,2% dos domicílios do Município terem renda mensal per capita de até 1/4 de salário mínimo e 60,1% terem renda mensal per capita de até 1/2 salário mínimo em 2010 (valor salarial de R\$ 510,00), conforme dados do IBGE dispostos na Figura 11. Além disso, 13,8% dos domicílios não apresentam rendimento. Perfil Básico do Ceará, 2000.

**Figura 12** Percentual de Domicílios Particulares, Segundo rendimento mensal *per capita* – 2010.



**Fonte: IBGE (2011)**

Nota <sup>1</sup>: SM – Salário Mínimo

A Tabela 6. demonstra, para o município de Croatá, dados do Cadastro Único para Programas Sociais (CadÚnico) do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome – MDS, que traz informações sobre famílias com renda mensal per capita de até 1/2 salário mínimo ou renda domiciliar mensal de até três salários mínimos. Tais famílias com filhos entre idade de 0 a 17 anos, têm perfil para inclusão no Programa Bolsa Família. Pode-se aferir que 64% das famílias cadastradas no CadÚnico são beneficiadas pelo Bolsa Família, e 93% têm renda mensal por pessoa de até 1/2 salário mínimo (valor 2011 de R\$ 545,00).

**Tabela 6** - Descrição de Famílias segundo informações do Cadastro Único – Agosto/2011.

<b>Identificação</b>	<b>Número de Famílias</b>
<b>Famílias Cadastradas</b>	4.187
<b>Famílias Cadastradas com renda mensal per capita até ½ salario mínimo</b>	3.912
<b>Famílias beneficiadas no Programa Bolsa Família</b>	2.666

Fonte: MDS (2011)

### 5.3 Receitas e Despesas

A situação das finanças municipais pode ser analisada pela observação das suas receitas e despesas (Tabela 7). As receitas correntes constituem principal componente de entrada (98%), sendo as transferências correntes como maior fonte de receita (96%) nesta rubrica. Estas transferências são compostas de participação na receita da União, com destaque à cota-parte do Fundo de Participação dos Municípios (FPM), superior a nove milhões de reais; bem como na receita do Estado, com destaque à cota-parte do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), superior a dois milhões de reais. Perfil Básico do Ceará, 2000.

**Tabela 7 -** Receitas e Despesas de Croatá – 2010.

Receitas	Valor		Despesas	Valor	
	R\$ mil	%		R\$ mil	%
<b>Receita Total</b>	21.867	100,0	<b>Despesa Total</b>	22.412	100,0
<b>Receitas Correntes</b>	21.459	98,3	<b>Despesas Correntes</b>	21.080	94,1
<b>Receita Tributária</b>	586	2,7	Pessoal e encargos sociais	9.609	45,6
<b>Receita de Contribuições</b>	0	0,0	Juros e encargos da dívida	0	0,0
<b>Receita Patrimonial</b>	124	0,6	Outras despesas correntes	11.471	54,4
<b>Receita de Serviços</b>	64	0,3	Despesas de Capital	1.332	5,9
<b>Transferências Correntes</b>	20.634	96,0	Investimentos	974	73,1
<b>Outras receitas correntes</b>	90	0,4	Inversões Financeiras	0	0,0
<b>Receitas de Capital</b>	371	1,7	Amortização da dívida	359	27,0

Fonte: STN (2011)

Da mesma forma, as despesas correntes constituem a principal componente de saída (94%), tendo o item outras despesas correntes (como serviços de terceiros e material de consumo) como a maior despesa (54%) nesta rubrica.

Portanto, com base em dados da Secretaria do Tesouro Nacional para o ano fiscal de 2010, verifica-se saldo negativo nas contas públicas do Município, de R\$ 545.000,00. O saldo das finanças demonstra falta de capacidade de investimento por parte do Município, sendo imprescindível o aporte de recursos dos demais entes da federação (União e Estado).

## 5.4 Saúde

Os sistemas de serviços de saúde propiciam a melhoria das condições de saúde da população através de ações de vigilância e de intervenções governamentais, assegurando promover, proteger e recuperar a saúde.

As unidades de saúde permitem, e facilitam, o acesso mais rápido à resolução dos problemas de saúde da população. Croatá dispõe de 9 (nove) unidades de saúde, sendo todas públicas, de acesso universal. A Tabela 12. apresenta os tipos de unidades existentes no Município, das quais 5 (cinco) são centros de saúde.

**Tabela 8** - Tipo de Unidade de Saúde de Croatá – 2009.

<b>Tipo de estabelecimento</b>	<b>Público</b>
<b>Centro de Saúde/Unidade Básica de Saúde</b>	5
<b>Hospital Geral</b>	1
<b>Posto de Saúde</b>	2
<b>Unidade de Vigilância em Saúde</b>	1
<b>Total</b>	9

Fonte: PMSS (2012)

## 5.5 Cobertura de Saúde

O Programa de Saúde da Família (PSF) é uma estratégia voltada para o atendimento primário no Município, com o objetivo de prestar assistência à população local na promoção da saúde, com prevenção, recuperação e reabilitação. O grupo do PSF de Croatá é composto por uma equipe de 99 multiprofissionais alocados em unidades básicas de saúde, em sua maioria, agentes comunitários que realizam visitas domiciliares em torno da unidade, obtendo informações capazes de dimensionar os

principais problemas de saúde que afetam a comunidade. Ademais, são mecanismos que levam até a população difusa as soluções destes problemas (Tabela 9).

**Tabela 9** - Profissionais de Saúde ligados ao Sistema Único de Saúde (SUS) de Croatá – 2009.

<b>Discriminação</b>	<b>Quantidade</b>
<b>Agentes comunitários de saúde</b>	36
<b>Dentistas</b>	7
<b>Enfermeiros</b>	11
<b>Médicos</b>	8
<b>Outros profissionais de saúde/nível médio</b>	34
<b>Outros profissionais de saúde/nível superior</b>	3
<b>Total</b>	99

Fonte: IPECE (2011)

O Programa de Saúde da Família confere ênfase às ações de promoção e prevenção da saúde da população. O mesmo acontece quando se investe em saneamento. Em Croatá, aproximadamente 97% das crianças com menos de dois anos, acompanhadas pelo programa, estão com suas vacinas em dia. Na avaliação geral, Croatá apresenta 4 (quatro) dos 6 (seis) indicadores do PSF com desempenho superior ao do Estado.

## **5.6 Educação**

A educação é o mecanismo pelo qual o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades e atitudes que estabelecem vínculos entre a cidadania e a qualidade ambiental. A Lei nº 9.795/1999 – Lei da Educação

Ambiental, em seu art. 2º afirma: "A educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal". Portanto, a educação ambiental tenta despertar em todos a consciência de que o ser humano é parte do meio ambiente.

No município de Croatá, em 2009, havia 5.660 alunos (Tabela 10.), representando um público passível de formação visando o desenvolvimento sustentável, com potencial para desenvolver idéias inovadoras, principalmente no que se refere à preservação dos recursos naturais. A rede de ensino municipal concentra 78% dos alunos matriculados em todo o Município.

A rede escolar possui 217 professores, distribuídos em escolas estaduais e municipais, das quais 84% são da esfera municipal. Esta rede educacional é um mecanismo potencial para a disseminação do conhecimento referente à educação ambiental.

**Tabela 10** - Número de Professores e Alunos matriculados de Croatá – 2009.

Dependência administrativa	Professores	Matrícula inicial
<b>Estadual</b>	34	1.241
<b>Municipal</b>	183	4.419
<b>Total</b>	217	5.660

Fonte: IPECE (2011)

## 6. SANEAMENTO BÁSICO DA ÁREA

Informações acerca de investimentos realizados ou previstos por meio de convênios estabelecidos por entes da federação com o município de Croatá estão descritas no Tabela 11. Em nível federal, o montante provém do Ministério da Saúde, destinados para sistemas de abastecimento de água e melhorias sanitárias, no período de 1998 a 2011. Em nível estadual, a Secretaria do Desenvolvimento Agrário – SDA,

disponibilizou recursos para sistemas de abastecimento de água, para o intervalo de 2008 a 2009.

**Tabela 11** - Investimentos em Saneamento Básico de Croatá por convênios federal e estadual – 1998 a 2011.

Ente	Órgão	Conveniente	Objeto	Vigência	Valor Conveniado (R\$)
<b>Governo Federal</b>	Ministério da Saúde	Prefeitura Municipal de Croatá	Melhoria da condição sanitária	dez/2009 – dez/2011	250.000,00
			Melhoria da condição sanitária	dez/2009 – dez/2011	99.000,00
			Sistema de Abasteciemento de Água	dez/2009 – dez/2011	99.000,00
			Melhoria da condição sanitária	dez/2009 – dez/2011	159.748,31
			Melhoria da condição sanitária	dez/2003 – set/2006	62.791,16
			Melhoria da condição sanitária	dez/2001 – dez/2003	100.000,00
			Melhoria da condição sanitária	Jan/2000 – set/2001	89.880,49
			Sistema de Abasteciemento de Água	dez/1998 – jun/2000	192.000,00
			Melhoria da condição sanitária	jul/1998 – mai/1999	48.000,00
<b>Governo Estadual</b>	Secretaria do Desenvolvimento Agrário	Associação. De Pequenos Produtores de Croatá	Sistema de Abasteciemento de Água	Nov/2008- nov/2009	71.590,50

FONTE: PMSB (2012).

O governo do Estado promove o Programa de Combate à Pobreza Rural, no qual se insere o Projeto São José, financiador de obras hídricas, inclusive sistemas de abastecimento, para comunidades rurais e distritais inseridas no semiárido que possuam de 25 a 500 famílias. Os sistemas são concebidos, analisados, executados e fiscalizados pela Superintendência de Obras Hidráulicas - SOHIDRA e pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará - Cagece. No custeio da execução do projeto, pela SOHIDRA e pela CAGECE, ocorre contrapartida de 10% proveniente da comunidade. A administração dos serviços é realizada de diversas formas, inclusive por meio do Sistema Integrado de Saneamento Rural (SISAR).

De acordo com a Secretaria de Desenvolvimento Agrário (SDA, 2011), os projetos de abastecimento de água conveniados com recursos do Projeto São José contemplaram 1.185 famílias através de 15 obras no período de 2002 a outubro de 2011, totalizando R\$ 1.372.840,77 em investimentos.

No período 2000 a 2010, conforme os Censos do IBGE, os domicílios com abastecimento de água por rede de distribuição em Croatá, aumentou de 44,62% para 94,60%; o percentual com rede de esgoto e fossa séptica aumentou de 9,91% para 17,24% e de 0,24% para 6,66%, respectivamente. Já com relação aos resíduos sólidos domiciliares, a coleta aumentou de 33,53% para 60,02%, sendo que os resíduos coletados por serviço de limpeza passaram de 7,0% para 49,14% e os coletados em caçamba diminuíram de 26,53% para 10,88%.

Conforme dados fornecidos pela Cagece, a cidade de Croatá possui uma taxa de cobertura d'água urbana de 82,52% (1.637 ligações ativas) e de 36,49% para esgotamento sanitário (333 ligações ativas). Prevalece, como forma de esgotamento sanitário as fossas negras.

De acordo com o PGABA (2010), os principais problemas ambientais com impactos no saneamento básico encontrados são os seguintes:

- Disposição inadequada de resíduos sólidos;
- Poluição por efluentes domésticos e hospitalares;
- Poluição por efluentes industriais;

- Impactos associados às atividades agrícolas;
- Água residuárias de dessalinizadores;
- Desmatamento e degradação da mata ciliar;
- Área com processo de desertificação;
- Atividade de aquicultura;
- Ocupação urbana às margens dos recursos hídricos

### **6.1 Sistema de Abastecimento de Água**

O município de Croatá delegou à Cagece por meio de contrato de concessão a exploração dos serviços públicos de abastecimento de água e de coleta, remoção, tratamento de esgotos sanitários. O contrato de concessão foi celebrado em 13/03/2002, com validade de 30 anos, renovável por igual período.

O objeto do contrato de concessão é a outorga, por parte do município, com exclusividade à Cagece, da prestação dos serviços públicos municipais de abastecimento de água e esgotamento sanitário, para fins de exploração e ampliação dos mesmos, exceto nos aglomerados com até 1.500 habitantes. Uma das exigências deste contrato de concessão, sob responsabilidade da Companhia, é a elaboração a cada 5 (cinco) anos de Plano de Exploração dos Serviços outorgados, contendo os investimentos a serem realizados.

Com o advento da Lei no 11.445/2007, o Plano de Exploração dos Serviços foi substituído pelo Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB.

Além das obrigações contratuais, a Cagece deve observar outros regulamentos, tais como as resoluções da ARCE, nos termos da Lei Estadual no 14.394/2009.

A utilização de recurso hídrico, insumo para a prestação dos serviços

desenvolvidos pela Cagece, está enquadrada, pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente (COEMA), na Resolução COEMA nº 08/2004 como atividade de potencial poluidor degradador médio.

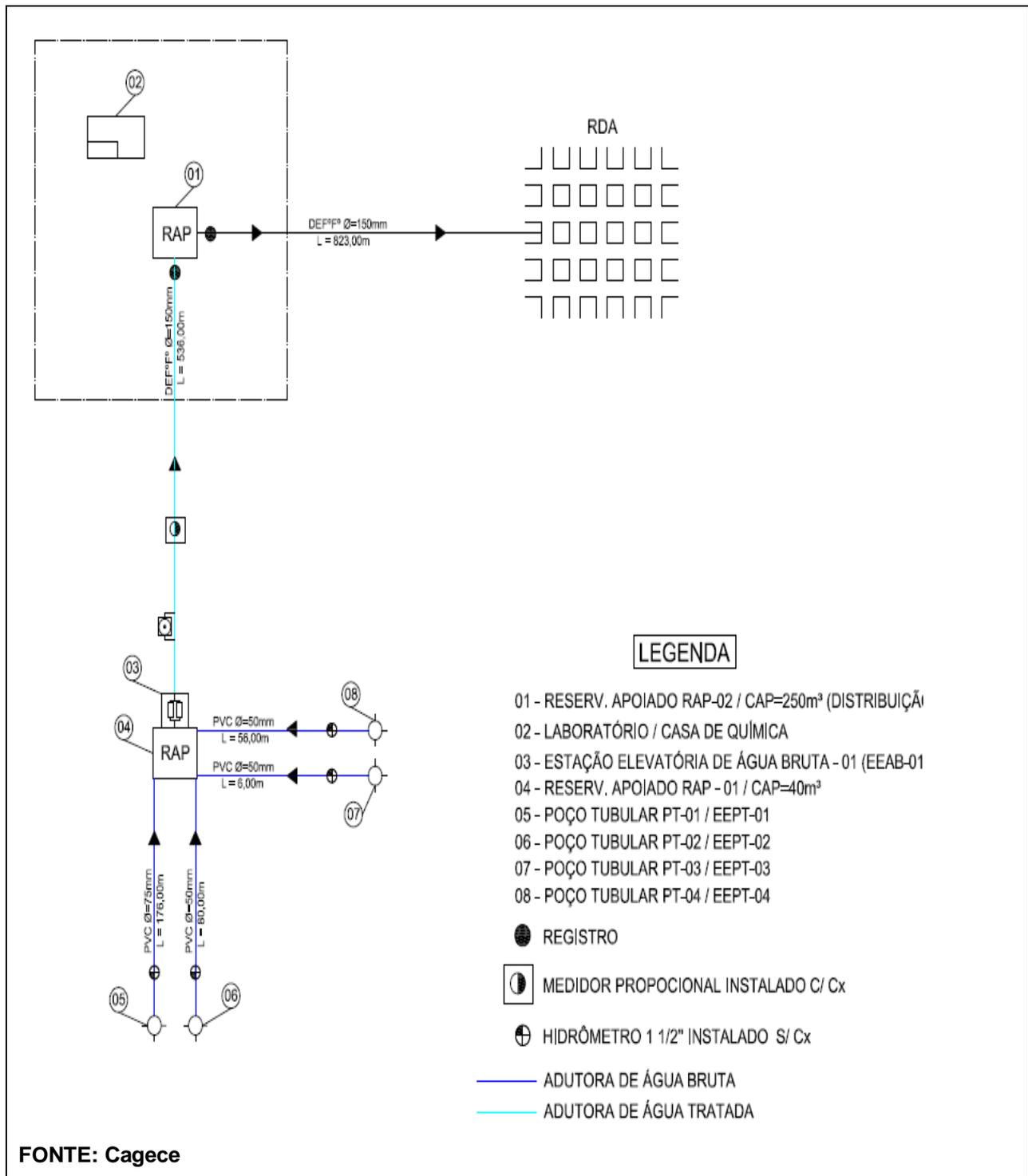
O abastecimento de água do município de Croatá ocorre por diversas formas: sistemas públicos de distribuição com tratamento convencional e simplificado (CAGECE e SISAR), associação, poço e chafariz. O principal sistema de abastecimento de água é delegado à CAGECE e inclui a sede urbana.

Somente 5 (cinco) distritos são contemplados com fornecimento de água por rede de distribuição, com tratamento.

O município de Croatá apresenta 100% de sua água distribuída com tratamento.

A sede do município, maior aglomerado populacional apresenta seu sistema público de abastecimento de água operado pela Cagece, sendo composto por: captação, adução de água bruta e tratada, tratamento, elevação de água bruta, reservação e rede de distribuição (Figura 12).

**Figura 13** - Croquis do sistema de abastecimento de água de Croatá.



### 6.1.1 Captação

A captação de água bruta do sistema está sob a gestão da Companhia de

Gestão dos Recursos Hídricos(COGERH). Esta ocorre em 4 (quatro) mananciais do tipo subterrâneo (Figura 13), sendo todos poços tubulares (PT-01, PT 02, PT 03 e PT-04), que juntos possuem uma vazão de 15,53m<sup>3</sup>/h. O Perfil dos poços monitorados pela Cagece podem ser conferidos no Apêndice A.

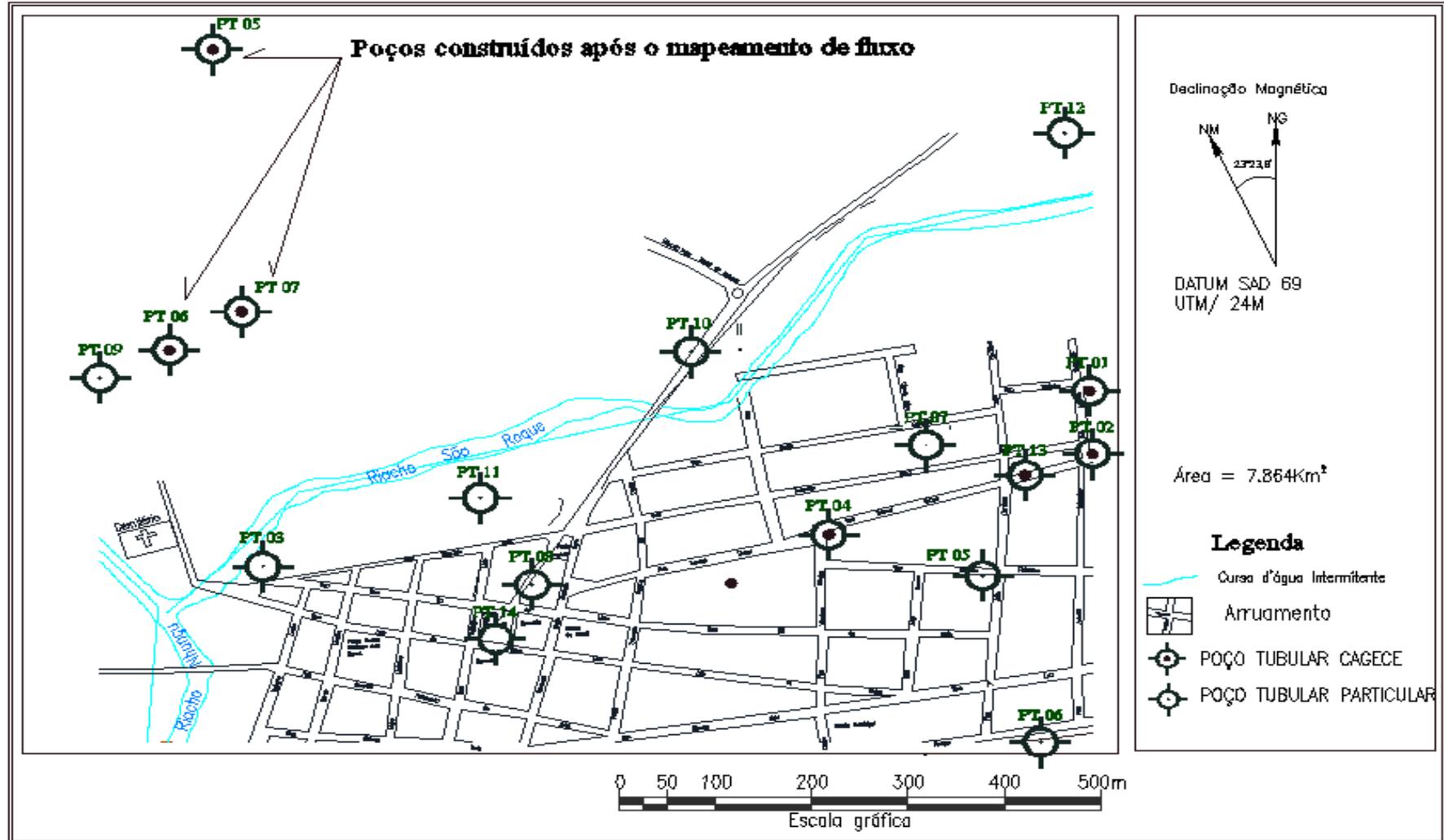


Figura 14– Localização dos poços pertencentes a Cagece.

### **6.1.2 Elevatória de Água Bruta**

A Estação Elevatória de Água Bruta-01 (EEAB-01), componente do sistema produtor, possui 1 (um) conjunto motor-bomba que recalca água bruta do Reservatório de Reunião-01(RAP-01) para o RAP-02.

### **6.1.3 Adutora de Água Bruta**

Existem 5 (cinco) trechos de adução de água bruta no sistema público de Croatá, totalizando 1.099 m de extensão, em PVC com diâmetros de 50 e 75mm.

A água bruta recebe o tratamento na Casa de Química proveniente do RAP-01, que envia a água tratada para reservação e rede de distribuição.

### **6.1.4 Tratamento**

O sistema de tratamento constitui-se de simples desinfecção com aplicação de hipoclorito de cálcio, por meio de tanque de dosagem no RAP-02.

### **6.1.5 Adutora de Água Tratada**

É a linha de adução entre o Reservatório Apoiado-01 (RAP-01) e a rede de distribuição de Croatá, com extensão de 823 m e 150 mm de diâmetro em DEFoFo.

### **6.1.6 Reservação de Água Tratada**

O sistema do distrito Sede é composto de 2 (dois) reservatórios, ambos apoiados.

Reservatório Apoiado-01 (RAP-01), com capacidade de 40m<sup>3</sup> é alimentado através da água proveniente dos poços tubulares (PT-01 a PT-04), que redistribui para o Reservatório Apoiado-02 (RAP-02). Quanto ao Reservatório Apoiado-02 (RAP-02), possui capacidade de 250 m<sup>3</sup> e alimenta a rede de distribuição de Croatá.

### **6.1.7 Rede de Distribuição**

A rede de distribuição de água - RDA é composta de 17.024 m de extensão, em PVC.

### **6.1.8 Hidrometração**

O sistema de abastecimento de água da Sede de Croatá, segundo a CAGECE (2012), tem em média 99% de suas ligações hidrometradas desde o ano de 2005.

## **6.2 Sistema de Esgotamento Sanitário**

Segundo o PNSB (2008), a Sede do município de Croatá possui rede coletora de esgoto do tipo separadora convencional e tratamento por meio de lagoa facultativa. O número total de economias esgotadas é de 866 unidades, sendo todas residenciais. Considerando os domicílios que não possuem infraestrutura mínima, não apresentando banheiro ou sanitário, tem-se 415 domicílios com situação

agravada pela exposição aos seus próprios dejetos (Censo, 2010), apenas 145 (4,0%) destinam adequadamente seus dejetos à rede geral e fossa séptica. O Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) do Município contempla apenas a zona urbana do distrito Sede e é delegado à CAGECE.

### 6.2.1 Rede Coletora de Esgoto

A rede coletora de esgoto de Croatá é composta de 6.077,33 m de extensão, em PVC e DEF<sup>o</sup>F<sup>o</sup>.

A zona urbana do município apresentou no ano de 2009, comparativamente a 2008, decréscimo de 1,22% em termos de ligações ativas e se manteve constante quanto a ligações reais. O serviço de esgotamento sanitário em 2008, na Sede, cobria 341 economias, e em julho de 2011 passou para 640 (Tabela 13), apresentando um aumento aproximado de 87,7%, enquanto a quantidade de economias ativas cresceu aproximadamente 4,7%.

**Tabela 12** - Quantidade de economias, ativas e cobertas do SES da zona urbana – 2008 a 2011.

Ano	Quantidade Total de Economias	Quantidade de Economias Ativas de Esgoto	Quantidade de Economias Cobertas de Esgoto
<b>Dez/2008</b>	1.754	316	341
<b>Dez/2009</b>	1.819	313	344
<b>Dez/2010</b>	1.873	317	632
<b>Jul/2011</b>	1.910	331	640

Fonte: IPECE (2011)

Segundo a CAGECE (2011), o índice de cobertura de esgotamento sanitário da Sede de 2008 a 2011, cresceu 14,07%. Em julho de 2011, esse índice atingiu 33,51%, sendo 17,33% ativos. (Tabela 14).

**Tabela 13 - Índice de Cobertura do SES 2008 – 2011.**

Ano	População projetada (IBGE x IPECE)	População ativa de esgoto	População com cobertura de esgoto	Índice Ativo de Esgoto (%)	Índice de Cobertura de Esgoto (%)
<b>Dez/2008</b>	4.146	747	806	18,02	19,44
<b>Dez/2009</b>	4.189	721	792	17,21	18,91
<b>Dez/2010</b>	4.233	716	1428	19,92	33,74
<b>Jul/2011</b>	7.728	819	1584	17,33	33,51

Fonte: IPECE (2011)

Ao entorno da zona urbana do município, não existe rede de esgotamento sanitário, no entanto, são atendidas apenas por fossa séptica, segundo o levantamento realizado pela Prefeitura de Croatá em 2011. Em complemento as informações da Prefeitura (2011), de acordo com o Censo (2010), a zona urbana possuem além das redes coletoras outras formas inadequadas para o esgotamento sanitário, sendo elas: fossas rudimentares, valas, recursos hídricos e outros escoadouros, Tem-se ainda 113 domicílios com situação agravada pela exposição aos seus próprios dejetos.

### 6.3 Drenagem e Manejo das Águas Pluviais

A rede de drenagem urbana está diretamente ligada à infraestrutura de

transporte e, as vias públicas, sob responsabilidade da Secretaria de Infraestrutura e Desenvolvimento Rural do Município. O planejamento das redes, de macro e microdrenagem, deve considerar as características planialtimétricas do terreno, os pontos de alagamento e os cursos de água existentes, além das passagens molhadas necessárias para o fluxo do tráfego.

#### **6.4 Sistema de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos**

Os serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos de Croatá têm como órgão gestor a Secretaria de Infraestrutura e Desenvolvimento Rural (PGIRS, 2008). O sistema dispõe de coleta, varrição, limpeza, capinaçãode logradouros entre outros, segundo a PNSB (2008). Contudo, o destino final dos resíduos ainda é inadequado, pois os resíduos sólidos são encaminhados para o lixão. Ressalta-se que, segundo o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PGIRS, 2008), estes serviços são terceirizados, sendo a Coordenadoria de Obras Públicas o órgão responsável direto pelo acompanhamento e fiscalização dos serviços executados. No ano de 2011, segundo dados da Prefeitura (2011), Croatá apresentou 3.600 dos seus domicílios urbanos atendidos com o serviço de coleta regular. Segundo dados do Município (2011), no distrito Sede, 100% dos seus domicílios são atendidos com o serviço de limpeza pública e manejo dos resíduos sólidos.

A coleta é realizada pela prefeitura diariamente, a qual não cobra taxa pelo recolhimento. Após, os resíduos são destinados ao lixão de Irapuá, onde, prevalece a prática da queima dos resíduos no lixão.

## 7. FONTES POTENCIAIS DE POLUIÇÃO

As águas de infiltração, carreando impurezas, podem causar a poluição de mananciais subterrâneos. Essas águas podem originar-se das seguintes fontes:

- Efluentes de fossas sépticas, infiltrados no solo a partir de sistemas de absorção (sumidouros ou valas de infiltração);
- Líquidos percolados em depósitos de lixo (lixiviados);
- Esgotos lançados em terrenos em instalações de tratamento tipo lagoa de estabilização ou de disposição no solo, e em sistemas de irrigação com águas servidas;
- Drenagem (infiltração) de áreas irrigadas (contendo pesticidas e fertilizantes);
- Injeção de resíduos líquidos, domésticos ou industriais, no subsolo;
- Infiltração de águas superficiais poluídas;
- Cemitérios;
- Depósitos subterrâneos de combustíveis;
- Intrusão de água salgada;
- Má execução de poços.

As águas subterrâneas, por estarem mais protegidas devido à profundidade em que se encontram, são menos vulneráveis à poluição do que as superficiais; quando a água subterrânea é contaminada, a sua recuperação pode levar muitos anos dependendo do tipo de contaminante e, até mesmo, tornar-se economicamente inviável.

## 8. ORIGEM E OCORRÊNCIA DOS COMPONENTES NITROGENADOS

O ciclo do nitrogênio é um ciclo gasoso, formado por seis mecanismos bastante diferenciados e importantes, a saber:

### 8.1 Fixação

A fixação é o processo através do qual o nitrogênio é capturado da atmosfera em estado gasoso ( $N_2$ ) e convertido em formas úteis para outros processos químicos, tais como: amoníaco ( $NH_3$ ), nitrato ( $NO_3^-$ ) e nitrito ( $NO_2^-$ ). Esta conversão pode ocorrer através de vários processos, os quais são descritos nas seções seguintes:

a) Fixação Biológica - Algumas bactérias têm a capacidade de capturar moléculas de nitrogênio ( $N_2$ ) e transformá-las em componentes úteis para os seres vivos restantes. Entre estas, existem bactérias que estabelecem uma relação de simbiose com algumas espécies de plantas (leguminosas) e bactérias que vivem livres no solo. A simbiose é estabelecida através do consumo de amoníaco por parte das plantas; amoníaco este que é produzido pelas bactérias que vivem nos caules das mesmas plantas.

b) Fixação Atmosférica - A fixação atmosférica ocorre através dos relâmpagos, cuja elevada energia separa as moléculas de nitrogênio e permite que os seus átomos se liguem com moléculas de oxigênio existentes no ar formando monóxido de nitrogênio (NO). Este é posteriormente dissolvido na água da chuva e depositado no solo. A fixação atmosférica contribui com cerca de 5 - 8% de todo o nitrogênio fixado.

c) Fixação Industrial - Através de processos industriais (nomeadamente o processo de Haber-Bosch) é possível produzir amoníaco ( $NH_3$ ) a partir do gás nitrogênio ( $N_2$ ) e hidrogênio ( $H_2$ ). O amoníaco é produzido

principalmente para uso como fertilizante cuja aplicação sustenta cerca de 40% da população mundial.

d) Combustão de combustíveis fósseis - A combustão decorrente dos motores dos automóveis e de centrais de energia libera monóxido e dióxido de Nitrogênio (NOx). Estes gases são posteriormente dissolvidos na água da chuva e depositados no solo.

## **8.2 Nitrificação**

A oxidação do amoníaco, conhecida como nitrificação, é um processo que produz nitratos a partir do amoníaco (NH<sub>3</sub>). Este processo é levado a cabo por bactérias (bactérias nitrificantes) em dois passos: numa primeira fase o amoníaco é convertido em nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) e numa segunda fase (através de outro tipo de bactérias nitrificantes) os nitritos são convertidos em nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) prontos a ser assimilados pelas plantas.

## **8.3 Assimilação**

Os nitratos formados pelo processo de nitrificação são absorvidos pelas plantas e transformados em compostos carbonados para produzir aminoácidos e outros compostos orgânicos de nitrogênio. A incorporação do nitrogênio em compostos orgânicos ocorre em grande parte nas células jovens no crescimento das raízes.

## **8.4 Mineralização (amonificação)**

Através da mineralização ou decomposição, a matéria orgânica morta é transformada no íon de amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) por intermédio de bactérias aeróbicas, anaeróbicas e alguns fungos.

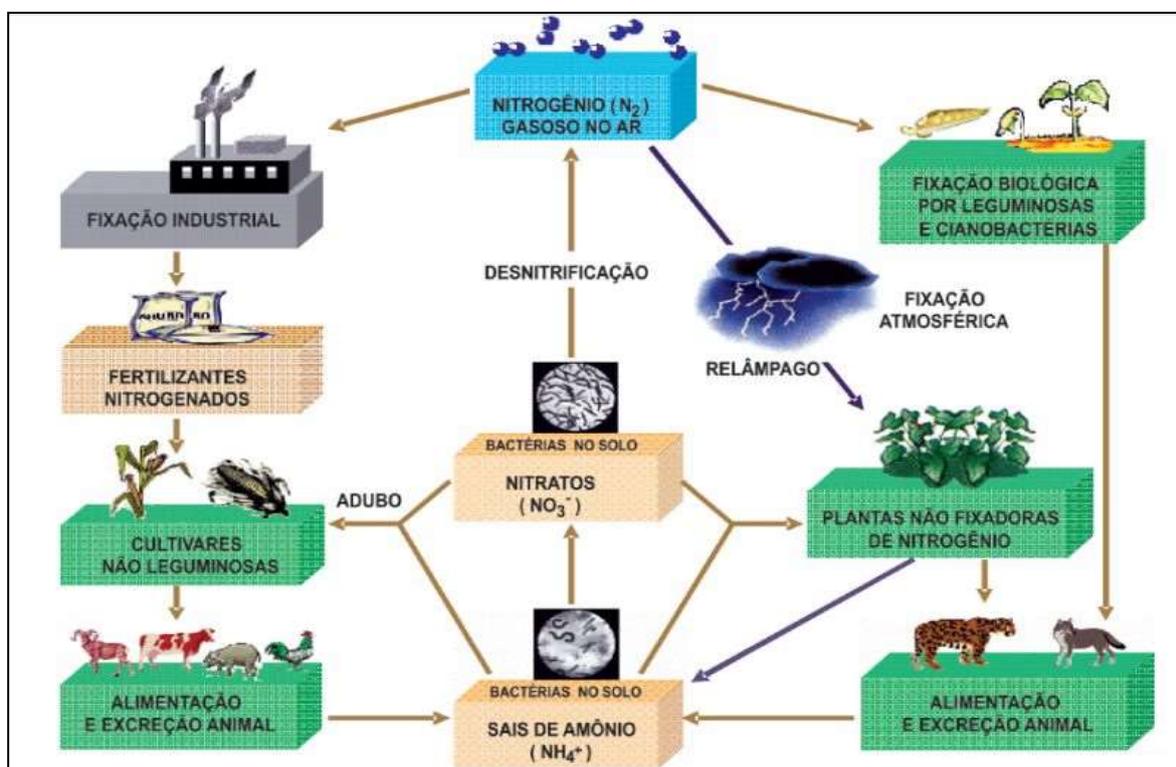
## 8.5 Desnitrificação

A desnitrificação é o processo pelo qual o nitrogênio volta à atmosfera sob a forma de gás quase inerte ( $N_2$ ). Este processo ocorre através de algumas espécies de bactérias (tais como *Pseudomonas* e *Clostridium*) em ambiente anaeróbico. Estas bactérias utilizam nitratos alternativamente ao oxigênio como forma de respiração e libertam nitrogênio em estado gasoso ( $N_2$ ).

## 8.6 Eutrofização

A eutrofização corresponde a alterações de um corpo de água como resultado de adição de nitrogênio ou fósforo. Os compostos de nitrogênio existentes no solo são transportados através dos cursos de água, aumentando a concentração nos depósitos de água, o que pode fazer com que estes sejam sobre-populados por certas espécies de algas podendo ser nocivos para o ecossistema envolvente. A figura 6.1 representa esquematicamente o ciclo do nitrogênio.

Figura 15 - Ciclo do Nitrogênio.



FONTE: <http://www.google.com.br/imgres?q=ciclo+do+nitrogenio>

## 8.7 O Ciclo do Nitrogênio e a Intervenção Humana

Como resultado da utilização intensiva de fertilizantes e da poluição resultante dos veículos e centrais energéticas, o homem aumentou significativamente a taxa de produção de nitrogênio utilizável biologicamente. Esta alteração leva a alterações da concentração deste nutriente, moderadamente em depósitos de água (através da eutrofização), e ao excessivo crescimento de determinadas espécies deteriorando o ambiente que as rodeia.

### 8.7.1 Poluição

A poluição provocada pelas influências antropogênicas do ciclo do nitrogênio pode manifestar-se das seguintes formas:

- a) **Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)** - gás libertado essencialmente por via da combustão e o fato de ser pouco reativo na troposfera permite exercer os seus efeitos nocivos durante muitos anos. O seu efeito na estratosfera assenta na deterioração da camada protetora de ozônio com influências das radiações ultravioletas.
  
- b) **Óxidos do Nitrogênio (NO<sub>x</sub>)** - particularmente o monóxido e o dióxido do nitrogênio são altamente reativos, com vidas relativamente curtas, por isso as alterações atmosféricas são apenas detectadas a nível local e regional. Estas alterações manifestam-se principalmente através de nevoeiro fotoquímico, que tem consequências perigosas para a saúde humana, assim como para a produtividade dos ecossistemas. O dióxido do nitrogênio transformado em ácido nítrico compõem a chuva ácida, que destrói monumentos e acidifica solos e sistemas aquáticos, desencadeando profundas alterações na composição das suas comunidades bióticas.

- c) **Nitratos (NO<sub>3</sub>-)** - contaminam águas que ao serem ingeridas provocam várias disfunções fisiológicas.

### 8.7.2 Contaminação das Águas Subterrâneas por Nitratos

O potencial de poluição da água subterrânea depende:

- Das características, da quantidade e da forma de lançamento do poluente no solo:
  - Quanto maior a persistência ou menor capacidade de degradação e maior sua mobilidade no solo e na água subterrânea, maior o potencial. Aliado a isso, uma pequena quantidade de poluentes em regiões muito chuvosas, pode transportar rapidamente as substâncias para as águas subterrâneas, mesmo considerando a capacidade do solo em atenuar os efeitos.
- Da vulnerabilidade intrínseca do aquífero.
  - A vulnerabilidade de um aquífero pode ser entendida como o conjunto de características que determinam o quanto ele poderá ser afetado pela carga de poluentes. São considerados aspectos fundamentais da vulnerabilidade: o tipo de aquífero (livre a confinado), a profundidade do nível d'água, e as características dos estratos acima da zona saturada, em termos de grau de consolidação e litologia (argila a cascalho).
- Uma vez poluídas ou contaminadas, as águas subterrâneas demandam um elevado dispêndio de recursos financeiros e humanos para sua remediação, o que de modo geral é atingido ao final de vários anos. Desta forma, devem ser tomadas medidas preventivas para sua proteção, associadas ao controle de poluição como um todo.

## 8.8 Íons Nitrato

O íon ( $\text{NO}_3^-$ ) possui grande mobilidade que pode facilmente ser removido das camadas superiores do solo para a água subterrânea. As águas subterrâneas dissolvem geralmente, teores de nitrato que variam entre 0,1 a 10 mg/L. Contudo, em águas poluídas, os teores podem atingir valores na ordem dos 200 mg/L e em casos mais extremos 1.000 mg/L. O nitrato provém da utilização de adubos na agricultura, dos produtos de dejetos da criação de animais e de sistemas sépticos deficientes, podendo ser altamente prejudicial para a saúde humana. Teores acima dos 3 mg/L podem ser indicativos de contaminação da água subterrânea (Barbosa, 2005). Altas concentrações de nitrato são extremamente perigosas para as crianças, podendo produzir grandes malefícios para a saúde e, em casos mais extremos, provocar a morte por cianose. O nitrato também tem ação na produção de *nitrosaminas* no estômago do homem, que são substâncias tidas como sendo cancerígenas.

De acordo com Barroso (2001), as contaminações das águas subterrâneas podem ter origens diversas sendo atualmente mais comuns aquelas relacionadas diretamente com a atividade industrial, doméstica e agrícola.

Segundo a classificação estabelecida pelo *Office of Technology Assessment* (OTA) do Congresso dos Estados Unidos, modificado por Fetter (*apud* Barroso, 2001), as fossas sépticas – águas residuais e esgotos domésticos podem ser considerados como uma fonte de contaminação.

## **9. PROBLEMÁTICA DA CONTAMINAÇÃO POR NITRATO NA SAÚDE PÚBLICA**

Segundo a OMS, a cada ano, a água insegura ou de qualidade inadequada e a falta de saneamento e higiene causam aproximadamente 3,1 por cento de todos os óbitos - ou seja, a morte de aproximadamente 1,7 milhão de pessoas em todo o mundo. Ademais, 3,7 por cento dos anos de vida perdidos por problemas de saúde (DALYs, sigla em inglês) podem ser atribuídos às doenças mais impactantes transmitidas pela água (OMS, 2002). Enquanto nos países em desenvolvimento a maioria das ameaças à saúde são consequência da água de baixa qualidade resultante de contaminantes microbianos e de doenças associadas, o uso histórico e atual de agentes químicos para fins industriais e agrícolas, junto aos subprodutos do manejo de resíduos, também comprometem a qualidade da água, comprometendo a saúde da flora e fauna silvestre, assim como dos seres humanos em todo o mundo. Esta seção trata dos impactos provenientes da água de baixa qualidade, com enfoque sobre doenças relacionadas à água e outros impactos diretos sobre a saúde humana.

### **9.1 Doenças Relacionadas à Água**

Em todo o mundo, as doenças transmitidas pela água estão entre as principais causas de óbito de crianças com idade abaixo de 5 anos e, a cada ano, mais pessoas morrem em consequência da água insegura que por todas as formas de violência, incluindo as guerras (OMS, 2002). São quatro as principais classes de doenças relacionadas à água: problemas transmitidos pela água ingerida (fecal-oral); problemas contraídos durante o banho; problemas provocados pelo contato com água contaminada; e problemas relacionados a vetores que se reproduzem na água. Essas doenças resultam da baixa qualidade da água utilizada para beber, lavar e outras finalidades. A seguir, uma descrição mais detalhada sobre duas classes de doenças relacionadas à água de baixa qualidade.

### 9.1.1 Doenças transmitidas pela água

As doenças transmitidas pela água incluem aquelas em que a água serve de meio de transmissão, especialmente no que diz respeito a agentes patogênicos provenientes do excremento que são passados pela água aos seres humanos. Entre elas estão a maioria das doenças entéricas e diarreicas causadas por bactérias, parasitas e vírus, tais como vibrião colérico, *Giardia* sp, *Salmonella typhi* e rotavírus. A água de beber contaminada por excremento humano ou animal é a principal causa de doenças relacionadas à água. As primeiras doenças deste tipo identificadas foram a tifoide e o cólera, e ambas ainda representam graves problemas em muitas regiões do mundo.

As causas mais comuns de graves doenças diarreicas incluem: rotavírus, *E. coli*, *Campylobacter jejuni* patogênicos e protozoários parasitas. A principal causa de diarreia em crianças é o rotavírus, e praticamente toda criança que atinge a idade de 5 anos passa por um episódio de gastroenterite por rotavírus (UNICEF,2008). As doenças diarreicas epidêmicas também são provocadas pela *Shigella* e pelo vibrião colérico. Ambos são altamente infecciosos e podem provocar graves epidemias. A cada ano, cerca de 1,8 milhão de pessoas morrem por doenças diarreicas, sendo que 88 por cento desses óbitos podem ser atribuídos a fontes inseguras de água de beber, falta de saneamento ou higiene inadequada (WHO, 2004b). No Sudeste Asiático e na África, a diarreia é responsável por até 8,5% e 7,7% do total de óbitos, respectivamente. Os casos severos e repetidos de diarreia contribuem, em grande medida, para a desnutrição infantil. A desnutrição - muitas vezes provocada pela diarreia que, por sua vez, é consequência da água insegura - causa 35% do total de óbitos de crianças de 5 anos ou menos em todo o mundo. Cinquenta por cento dessa desnutrição é associada à diarreia ou às infecções intestinais por nematóides transmitidos pela água insegura (Pruss – Ustun et al. 2008).

Nos últimos 50 anos, a mortalidade por diarreia baixou - de 4,2 milhões de óbitos/ano entre 1955 e 1979 para 2,5 milhões de óbitos entre 1992 e 2000 (UNICEF,2008).

Doenças não diarréicas transmitidas pela água, como a febre tifóide, também provocam 600.000 óbitos por ano. Duas formas de hepatite, hepatite A e E, são transmitidas pela ingestão de água contaminada por matéria fecal.

### 9.1.2 Doenças de veiculação hídrica

As doenças de veiculação hídrica provêm de vetores que vivem na água ou que precisam de água durante parte do seu ciclo de vida. Essas doenças são repassadas ao ser humano quando da ingestão de água contaminada ou pelo contato com a pele. Os dois exemplos mais comuns de doenças nesta categoria são esquistossomose (doença que resulta de contato com caramujos que servem como vetores) e dracunculiasis ou verme de guiné (doença que resulta da ingestão do *zooplankton* contaminado). Cerca de 160 milhões de pessoas em 74 países são infectadas por esquistossomose, e um décimo dessas pessoas são acometidas pelos efeitos mais graves da doença (UNICEF, 2008). Apenas na África Subsaariana, a esquistossomose pode responder por 200.000 óbitos (Zhang, 2007).

Segundo Frase *et al.* (1980), à ingestão de águas com elevada concentração de nitrato causa as seguintes enfermidades:

- a) Metahemoglobinemia (cianose infantil): processo que pode ocorrer sob condições específicas, no qual a toxicidade do nitrato deriva de sua redução a nitrito, no estômago e na saliva. O íon nitrito absorvido pelo sistema gastrointestinal reage com a hemoglobina, oxidando o ferro das moléculas e transformando-o de ferro ferroso ( $Fe^{+2}$ ) para ferro férrico ( $Fe^{+3}$ ). A metahemoglobina resultante, torna-se incapaz de fixar o oxigênio, levando à anoxia (falta de oxigênio) e mesmo à morte, caso a situação não seja corrigida. Esta doença afeta principalmente as crianças com menos de três meses de idade.

- b) Carcinogênese: as evidências epidemiológicas sugerem que a elevada ingestão de nitratos pode ser um fator contribuinte para o surgimento do câncer gástrico, mas atualmente existe pouca informação disponível para que se possa chegar a conclusões específicas. Devido ao fato de possuírem características orgânicas diferentes, os recém-nascidos estão mais expostos aos riscos de adquirir *metahemoglobinemia*, do que as crianças maiores / adultos. Basicamente, as diferenças nas características orgânicas entre recém-nascidos e crianças maiores de seis meses / adultos, são: a) os recém-nascidos possuem uma acidez estomacal mais baixa, o que permite o crescimento de certos tipos de bactérias no estômago e nos intestinos. Se uma criança consome água contaminada com nitratos, as bactérias podem converter os nitratos em nitritos, os quais mudam a hemoglobina que transporta oxigênio em *metahemoglobina*, que não é capaz de transportar o oxigênio; b) existe nos recém-nascidos, uma maior proporção de hemoglobina fetal, a qual se converte mais facilmente em *metahemoglobina*; c) crianças com mais de três meses de idade, são alimentadas segundo uma dieta com alto conteúdo de líquidos em relação ao seu peso corporal, o que contribui para o aumento das doses relativas de nitratos e d) lactantes estão mais propensos à incidência de vômitos e diarreia, o que ocasiona a diminuição da acidez normal do estômago.

Não se tem demonstrado o envenenamento de lactantes por nitratos ingeridos através do leite materno, quando a mãe consome água contendo este contaminante. A água, ao ser fervida para o preparo do alimento só elimina as bactérias, não os nitratos (Johnson & Kross, 1990).

As pessoas com acidez gástrica reduzida, portadores de *metahemoglobina* devido a causas hereditárias e mulheres grávidas, podem estar em risco de saúde ao ingerirem águas contaminadas por nitratos (Johnson & Kross, 1990).

O sintoma de envenenamento pode ser muito leve. A criança com uma *metahemoglobinemia* leve, ou moderada, pode sofrer letargia (sono profundo e contínuo), diarreia e vômito. Isto pode ser diagnosticado equivocadamente como um estado nutricional pobre ou uma indisposição estomacal. A *metahemoglobinemia* é

diagnosticada facilmente a partir de reconhecida quando já está em etapas agudas cianóticas, quando então a criança adquire uma cor café azulada, sinal que pode não ser notado em crianças com pele escura, associada à dificuldade para respirar (Johnson & Kross, 1990).

O único tratamento é tomar água não contaminada, isto se o paciente não correr risco de vida. Na ausência do contaminante, os sintomas melhorarão em dois ou três dias. No caso de crianças gravemente afetadas, se faz necessário um tratamento intravenoso com azul de metileno, o qual converterá a *metahemoglobina* em hemoglobina ocasionando uma rápida melhora (Johnson & Kross, 1990).

## 9.2 Toxicidade dos Nitratos e Nitritos

Altas concentrações de nutrientes podem apresentar graves riscos à saúde humana. Entre os muitos efeitos potenciais dos nitratos sobre a saúde, destacam-se: metemoglobinemia (síndrome do bebê azul), cânceres, distúrbios de tireóide e defeitos congênitos. A síndrome do bebê azul ocorre quando a capacidade da hemoglobina de transportar oxigênio é bloqueada por nitratos (causada pela conversão de nitratos no estômago) que conduz à privação de oxigênio e ao sufocamento. As crianças pequenas são as mais suscetíveis, pois seus estômagos convertem facilmente nitratos em nitritos (veja Harte et al., 1991). Altos níveis de nitratos são também associados a câncer do estômago e a distúrbios reprodutivos (Carr e Neary, 2008). Os nitritos reagem com componentes orgânicos naturais e sintéticos para produzir composto N-nitroso no estômago humano. Muitos desses compostos são carcinogênicos para os seres humanos (IARC, 1978, US NAS, 1977) e há muitos registros na literatura que apontam altos níveis de nitrato na água potável podem aumentar o risco de câncer (Mirvish, 1983, 1991). Atualmente, poucas agências de água adotam qualquer abordagem para diminuir os teores do componente N-nitroso na água potável.

Evidências epidemiológicas também apontam para riscos à função tireoidiana, associados à ingestão de água com altas concentrações de nitratos. Um

estudo aponta para um aumento de hipertrofia, condição caracterizada pela ampliação da tireóide, glândula responsável por muitas das funções endócrinas e hormonais do organismo humano (Van Maanen et al., 1994). Outros estudos indicam uma possível conexão entre defeitos congênitos e exposição a nitritos, nitratos e compostos N-nitroso. Os efeitos da exposição foram observados primeiro em animais, mas posteriormente também estudos epidemiológicos humanos (Dorsch et al., 1984; Knox, 1972; Super et al., 1981; Ward et al., 2005).

Em geral, os teores de nitratos na água potável podem ser um indicador da qualidade das águas. Altas concentrações de nitratos podem sugerir a possível presença de outros contaminantes, tais como microrganismos ou pesticidas, que poderiam causar problemas de saúde.

Em estudo realizado no sul de Louisiana (EUA), Torres (1993, apud Turra e Ayab, 1999) apresenta por meio de um experimento com populações negras que ingeriam nitratos por determinado período de tempo, a comprovação da associação entre o consumo do nitrato e o aparecimento do câncer gástrico, como também que o risco é maior em indivíduos que possuíam o hábito de fumar e de ingerir bebidas alcoólicas. Inúmeros casos de intoxicação acidental foram detectados, com a ingestão intencional ou exposição industrial de nitratos. Na Venezuela em 1992 em sua pesquisa Reyes *et al* (1993, apud Turra e Ayab, 1999) apresentam o caso de um paciente que apresentou cianose, hipotensão, *metahemoglobinemia* e coma, após consumir alimentos que possuíam nitratos em sua formulação.

Na mesma pesquisa de Reyes *et al* (1993), são citados os casos ocorridos em 1989, onde foram atendidos três adultos, na Venezuela, em hospital público, sendo um paciente de 78 anos, que apresentou o quadro clínico característico da intoxicação por nitratos (cianose, assistolia e coma) falecendo em seguida, e outro ocorrido em 1990, onde 30 pessoas se intoxicaram em um jantar, no qual se utilizou o nitrato de potássio no preparo dos alimentos. Todos os comensais apresentaram taquipnéia e cianose. A toxicidade dos nitratos em grandes doses foi verificada no século XVII, quando este produto era utilizado como diurético. Desde 1968, o FDA (*Food and Drug Administration*), dos Estados Unidos da América, realizou estudos relativos à possível substituição destes conservantes por outros menos tóxicos. (Anjos, 1996, apud Turra e Ayab, 1999).

Evidências sugerem que os nitratos também podem exercer ação cancerígena direta e o seu consumo pode estar associado com altas taxas de leucemia e de câncer no seio (Hughes, 1994, apud Turra e Ayab, 1999).

Há várias referências de estudos de casos de contaminação da água subterrânea por nitratos. Barbosa (2005) estudou o caso de contaminação por nitratos no bairro de Piranema, no município de Soropédica-RJ, tendo encontrado contaminação parcial do bairro por fonte antrópica e multi-pontual oriunda do Sistema de Saneamento *in situ* do tipo fossa séptica e valas de infiltração.

A maioria dos trabalhos experimentais envolvendo nitratos ingeridos pelo homem, presentes na água consumida ou em alimentos, tem sido relatado a *metahemoglobinemia* como o efeito tóxico mais freqüente.

Gestantes que receberam água potável contendo nitrito de potássio apresentaram mortalidade pré-natal, reabsorção fetal e diminuição do peso do feto. (Miranda, 1993, apud Turra e Ayab, 1999).

## 10. QUALIDADE E USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Os recursos naturais se relacionam entre si, de modo que alterações ocorridas em um meio podem repercutir em outros. Assim, os recursos hídricos não podem ser considerados como ambientes isolados, mas associados aos outros componentes do meio como um todo. Uma alteração em um dos meios pode causar modificações nos ambientes aquáticos, tanto sob os aspectos quantitativos como qualitativos. Para satisfazer suas necessidades, o ser humano necessita utilizar-se dos recursos naturais. Muitas vezes, isso ocorre de forma inadequada, provocando alterações que repercutem de modo nocivo ao próprio homem.

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.) (SANTOS, 2008). A água pode transmitir doenças de forma indireta através dos organismos indicadores de contaminações fecais pertencentes principalmente ao grupo dos coliformes. Para avaliar a contaminação por dejetos humanos e de outros animais de sangue quente, a avaliação da qualidade de uma água é feita através da análise de bactérias do grupo coliformes, sobretudo os Coliformes Termotolerantes, que são um subgrupo de bactérias tendo como principal representante a *Escherichia Coli*, de origem exclusivamente fecal, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos. O grupo dos Coliformes Fecais merece consideração como indicador de contaminação por essas bactérias estarem sempre presentes no trato intestinal do homem e de outros animais homeotérmicos, sendo eliminadas, em grande quantidade, com as fezes. A água considerada própria para o consumo humano não deve conter essas bactérias e a sua presença constitui uma indicação segura de que a água foi contaminada recentemente por excrementos, com grande possibilidade de também conter microrganismos

transmissores de doenças, tais como: febre tifóide, diarreia, gastroenterite aguda, cólera e paralisia infantil, dentre outras (QUESADO JÚNIOR, 2001).

No município de Croatá, os laudos de análise química têm revelado um aumento significativo nos resultados de teor de nitrato na água subterrânea que ultrapassam o valor máximo permitido pela Portaria 2.914/11 do MS. (Figuras 14, 15, 16, 17 e 18)

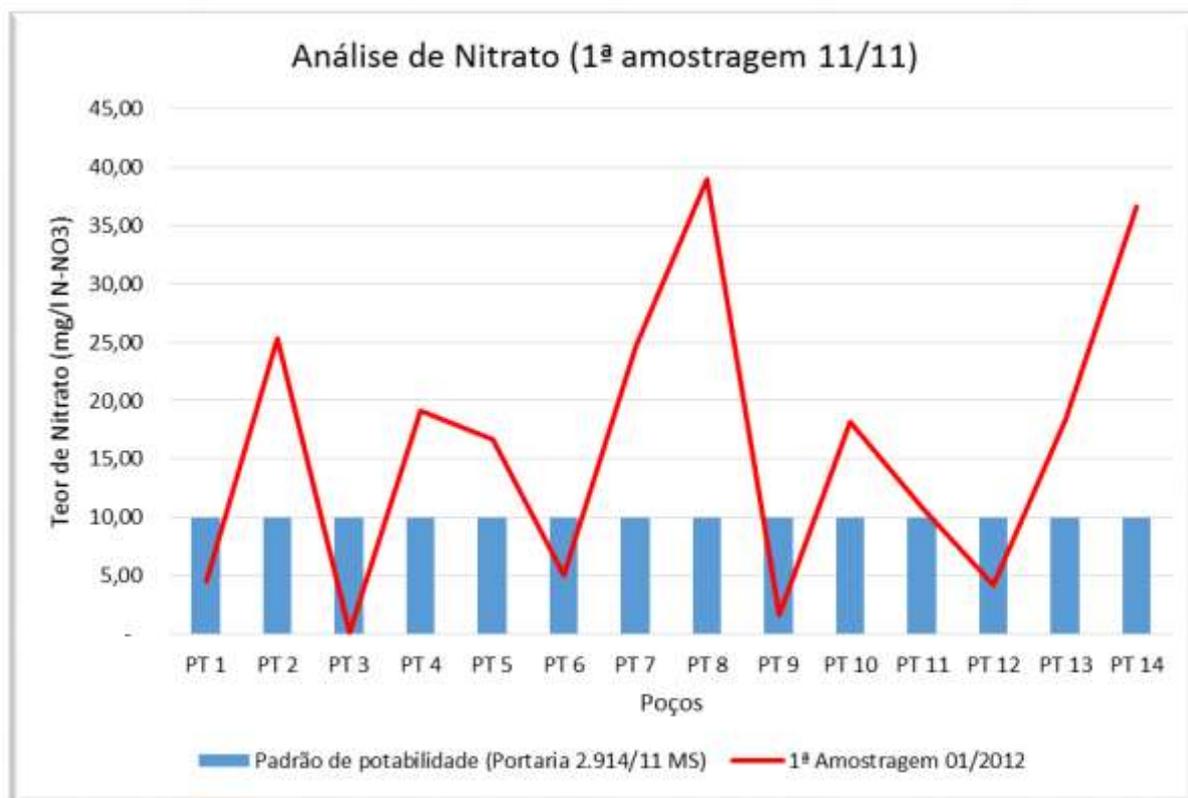
### **10.1 Concentração dos Teores de Nitrato.**

O nitrato representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica proveniente dos resíduos da atividade humana.

De acordo com a Portaria 2.914/2011 do MS, o valor máximo tolerável para o nitrato é de 10 mg/L de N-NO<sub>3</sub>.

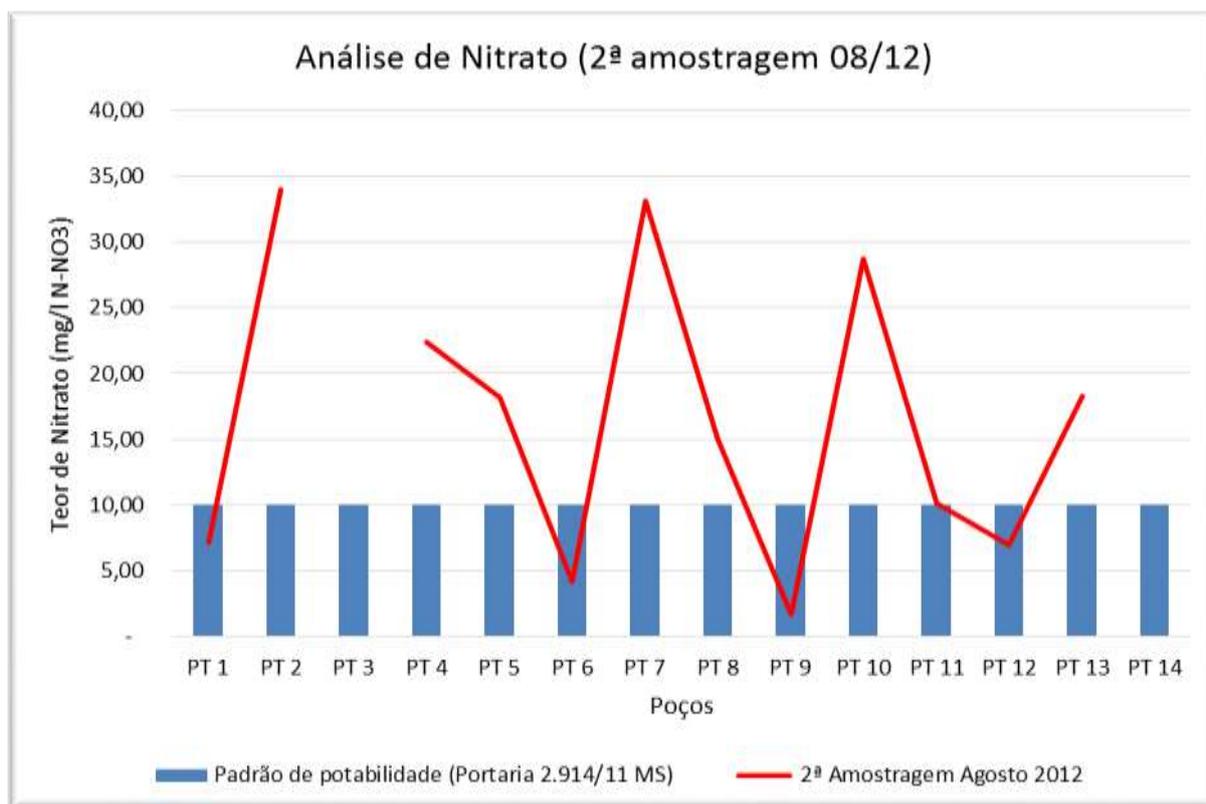
Observa-se na Figura 15 que das 14 amostras de água analisadas, na primeira amostragem da pesquisa, 64,28% ou seja, 9 (nove) estão fora do padrão de potabilidade, apresentando valores superiores ao máximo tolerável. Os pontos que apresentaram teores de nitrato elevado foram: PT 2 da Cagece, PT 4 da Cagece, PT 5 Hospital, PT 7 sr. Vicente Torquato Braz, PT 8 sr. Totó, PT 10 Posto Nossa Senhora Aparecida, PT 11 Sr. Arnô, PT 13 (POÇO 3) Cagece e PT 14 Praça do mercado.

Figura 15 – Resultado das análises de nitrato na primeira amostragem.



Na segunda amostragem, só foi possível fazer a coleta de água em 11 pontos, o motivo da não coleta foram 3 poços desativados (PT 3, PT 8 e PT 15). Observa-se na Figura 15, que das 11 análises, 63,63% (7 amostras) obtiveram resultados superiores ao permitido pela Portaria. Os pontos que apresentaram esses resultados foram: PT 2 da Cagece, PT 4 da Cagece, PT 5 Hospital, PT 7 sr. Vicente Torquato Braz, PT 10 Posto Nossa Senhora Aparecida, PT 11 Sr. Arnô, PT 13 (POÇO 3).

Figura 16 – Resultado das análises de nitrato na segunda amostragem



Poço Tubular 3, 4 e 14 estão sem amostragem de água

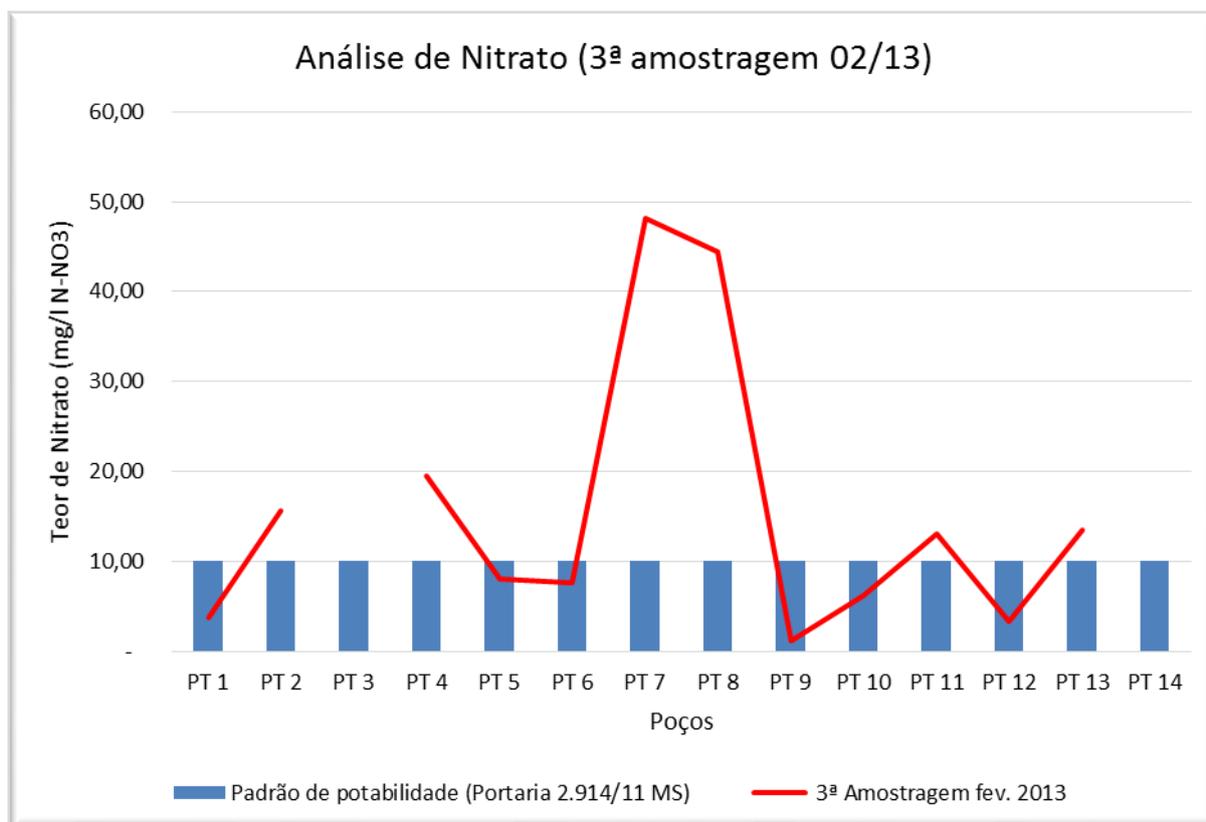
Na terceira amostragem realizada, além dos 14 pontos já monitorados houve a necessidade de ampliar a área da pesquisa com mais 11 pontos de monitoramento, para que pudessemos confirmar os dados obtidos até este estágio dos estudos.

Dos 25 pontos do monitoramento não foi possível realizar a coleta em 2 (dois) pontos (PT 3 e PT 14).

Para apresentação desses resultados a análise foi feita primeiramente com os 14 pontos já monitorados nas outras etapas; a análise dos pontos PT 15 ao PT 25 realizada separadamente e uma análise geral incluindo os 25 pontos. Obteve-se os resultados: Das 12 (doze) análises (não foi possível fazer a coleta em 2 poços por estarem desativados) 60% das amostras de água apresentaram teores de nitrato acima do estabelecido pela Portaria (6 amostras); Das 11 amostras

realizadas nos novos poços de monitoramento, nenhum resultado (0%) ultrapassou o limite estabelecido pela Portaria 2.914/11 MS. Quando analisou-se todas as amostras da 3ª amostragem obteve-se 26,08% (6 análises) fora do padrão de potabilidade.

Figura 17 – Resultado das análises de nitrato na terceira amostragem



Poço Tubular 3 e 14 estão sem amostragem de água

Figura 18 – Resultado das análises de nitrato – novos pontos de monitoramento.

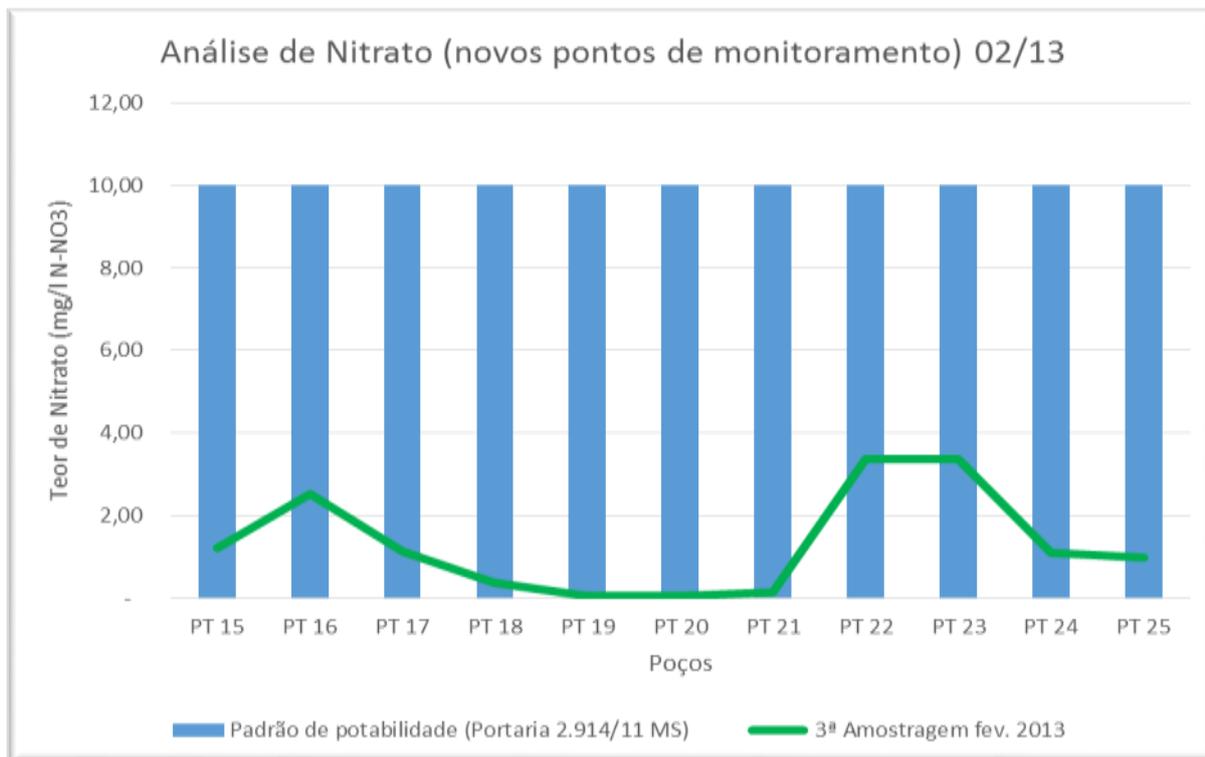
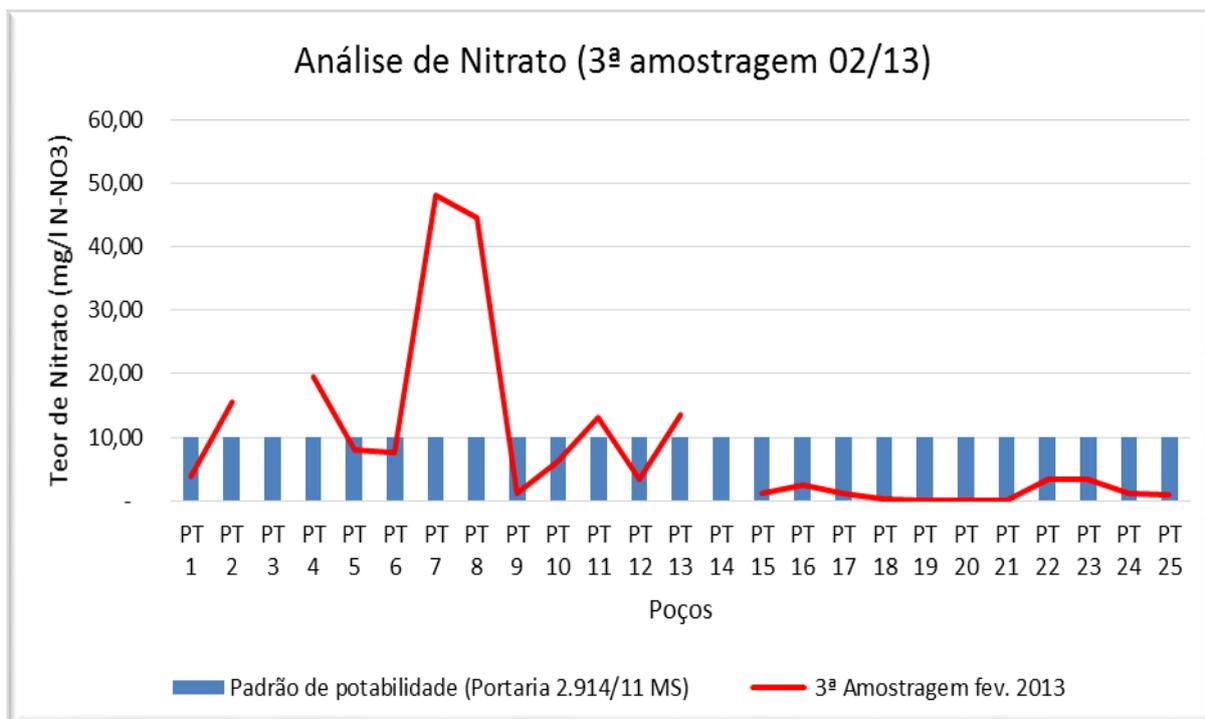


Figura 19 – Resultado geral das análises de nitrato na terceira amostragem

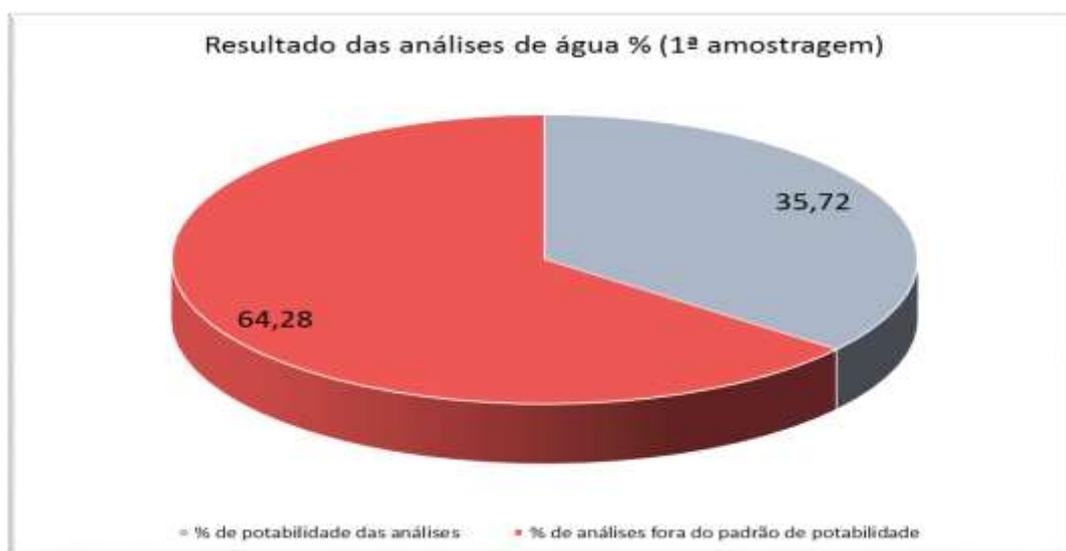


Poço Tubular 3 e 14 estão sem amostragem de água

Na análise conjunta de todos os laudos de água obteve-se:

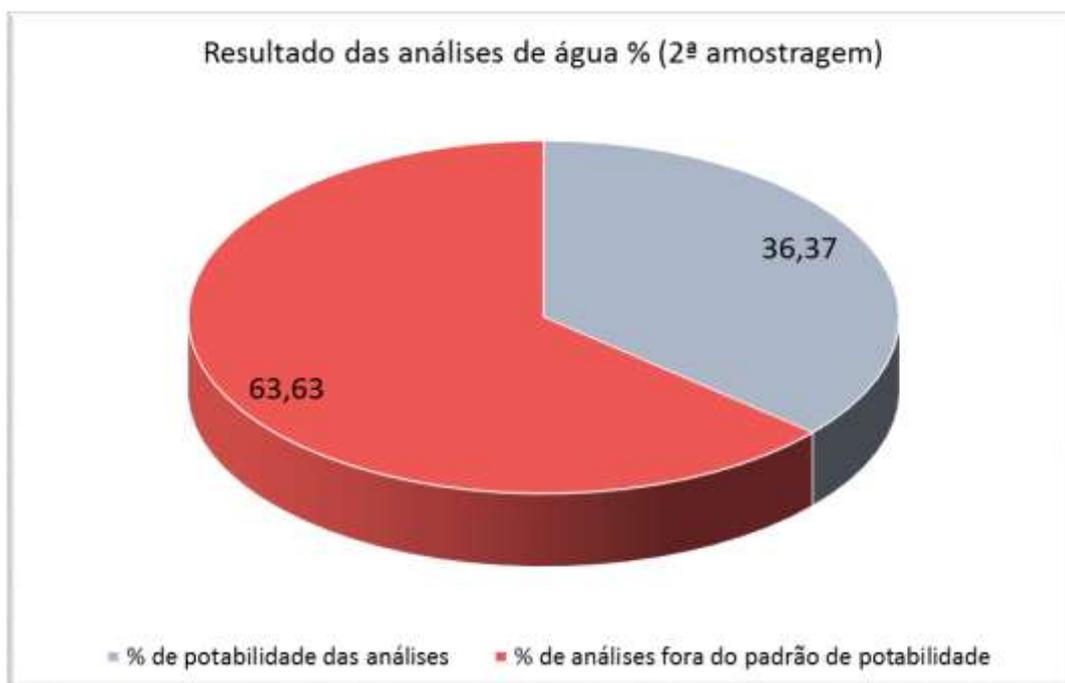
- a) Que 64,28% das amostras realizadas apresentaram valores superiores ao padrão de potabilidade recomendado na Portaria de potabilidade em vigor.

Figura 20 – Percentual dos resultados das análises de nitrato (1ª amostragem)



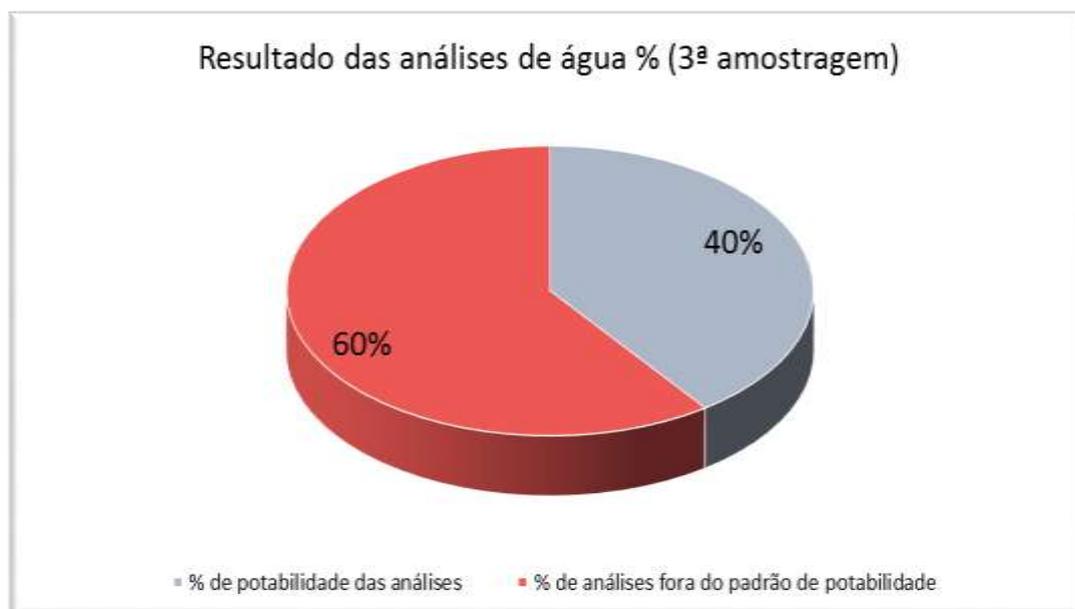
- b) Que 64,28% das amostras realizadas apresentaram valores superiores ao padrão de potabilidade recomendado na Portaria de potabilidade em vigor.

Figura 21 – Percentual dos resultados das análises de nitrato (2ª amostragem)



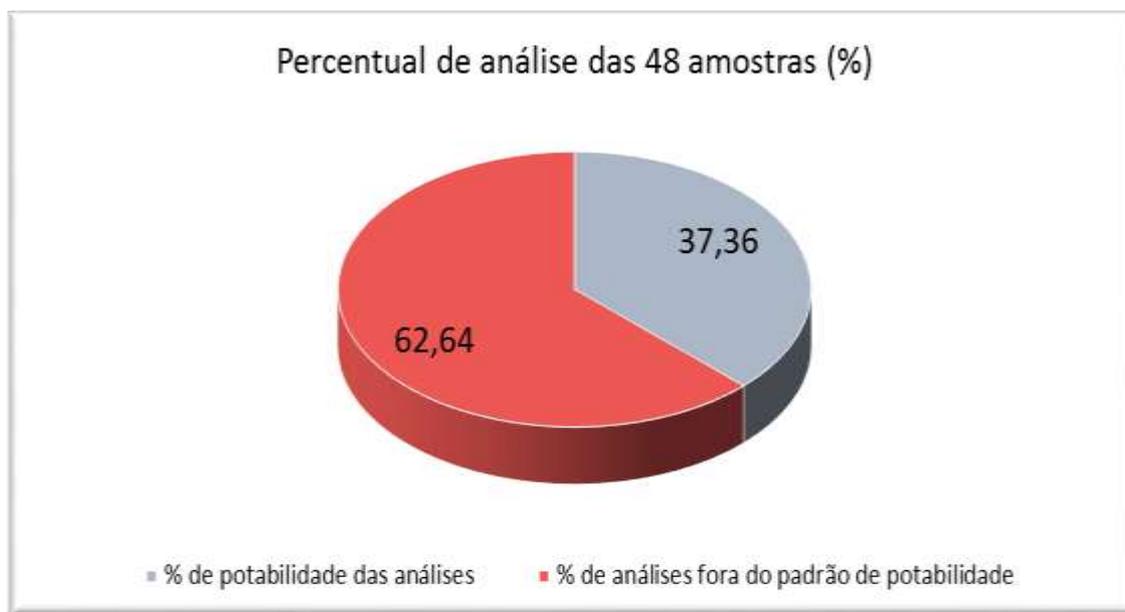
- c) Que 64,28% das amostras realizadas apresentaram valores superiores ao padrão de potabilidade recomendado na Portaria de potabilidade em vigor.

Figura 22 – Percentual dos resultados das análises de nitrato (3ª amostragem)



d) Que das 48 análises realizadas para o parâmetro de nitrato, 62,62% apresentaram valores superiores ao recomendado pela Portaria de potabilidade em vigor.

Figura 23 – Percentual dos resultados das análises de nitrato (48 amostras)



Na Figura 24 o mapa revela a área de concentração dos teores de nitrato para as três campanhas de amostragem.

Para consolidar a pesquisa, que demonstra a contaminação da área urbana da cidade de Croatá, a Figura 24 revela que ao analisar pontos de amostragem de água, fora da área urbana, o íon nitrato diminuiu em escala proporcional, quanto mais afastado do centro urbano, menor os índices de concentração de nitrato.

A pesquisa apontou para a Cagece uma área propícia para perfuração de poços livre de contaminação por nitrato Figura 25.

A Cagece perfurou três poços com profundidades de PT 5 (100m) PT 6 (84 m) e PT 7 (72m) (cujos perfis estão no Anexo A). Os resultados das análises de

água mostram que os valores de nitrato estão bem abaixo do mínimo exigido pela Portaria 2.914/11 MS, conforme mostra a tabela abaixo.

Com o objetivo de atender às exigências dos órgão de controle ambiental e das Portarias em vigor, a Cagece investiu R\$ 143.675,30 (cento e quarenta e três mil, seiscentos e setenta e cinco reais e trinta centavos) na perfuração de novos poços. Este investimento implicará na melhoria da saúde pública e consequentemente nos índices de desenvolvimento do município.

Tabela 14 – Dados dos poços perfurados pela Cagece, fora da zona de contaminação.

Nº de ordem	Localização	Teor de Nitrato (mg N-NO3)	Profundidade (m)	Coordenadas		Uso/Finalidade
				Latitude	Longitude	
<b>PT 05</b>	Croatá		100,00	287.957,0	9.512.435,0	Não instalado/ Abastecimento público
<b>PT 06</b>	Croatá	0,24	84,00	287.995,0	9.512.108,0	Não instalado/ Abastecimento público
<b>PT 07</b>	Croatá	1,50	72,00	287.921,0	9.512.069,0	Não instalado/ Abastecimento público

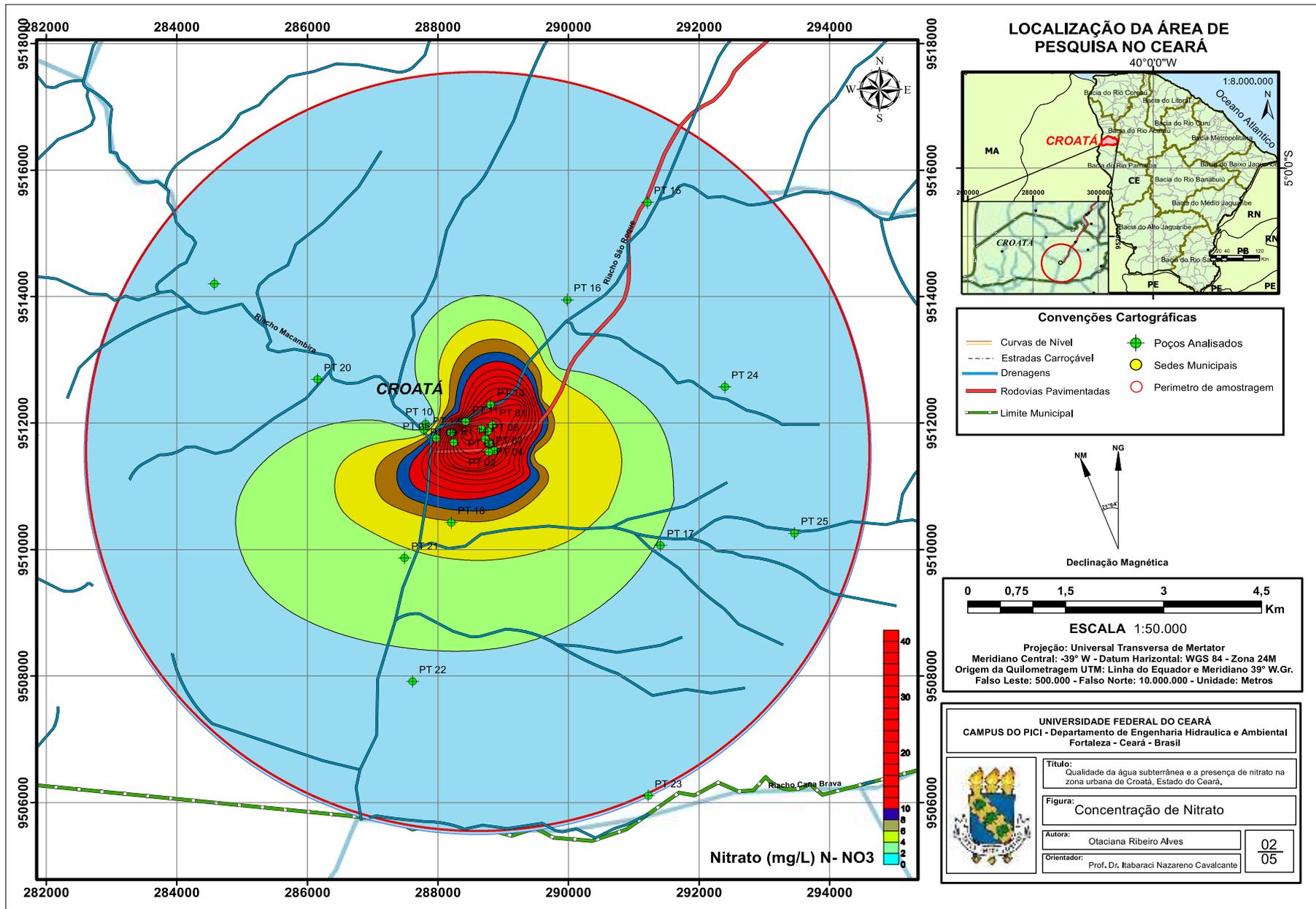
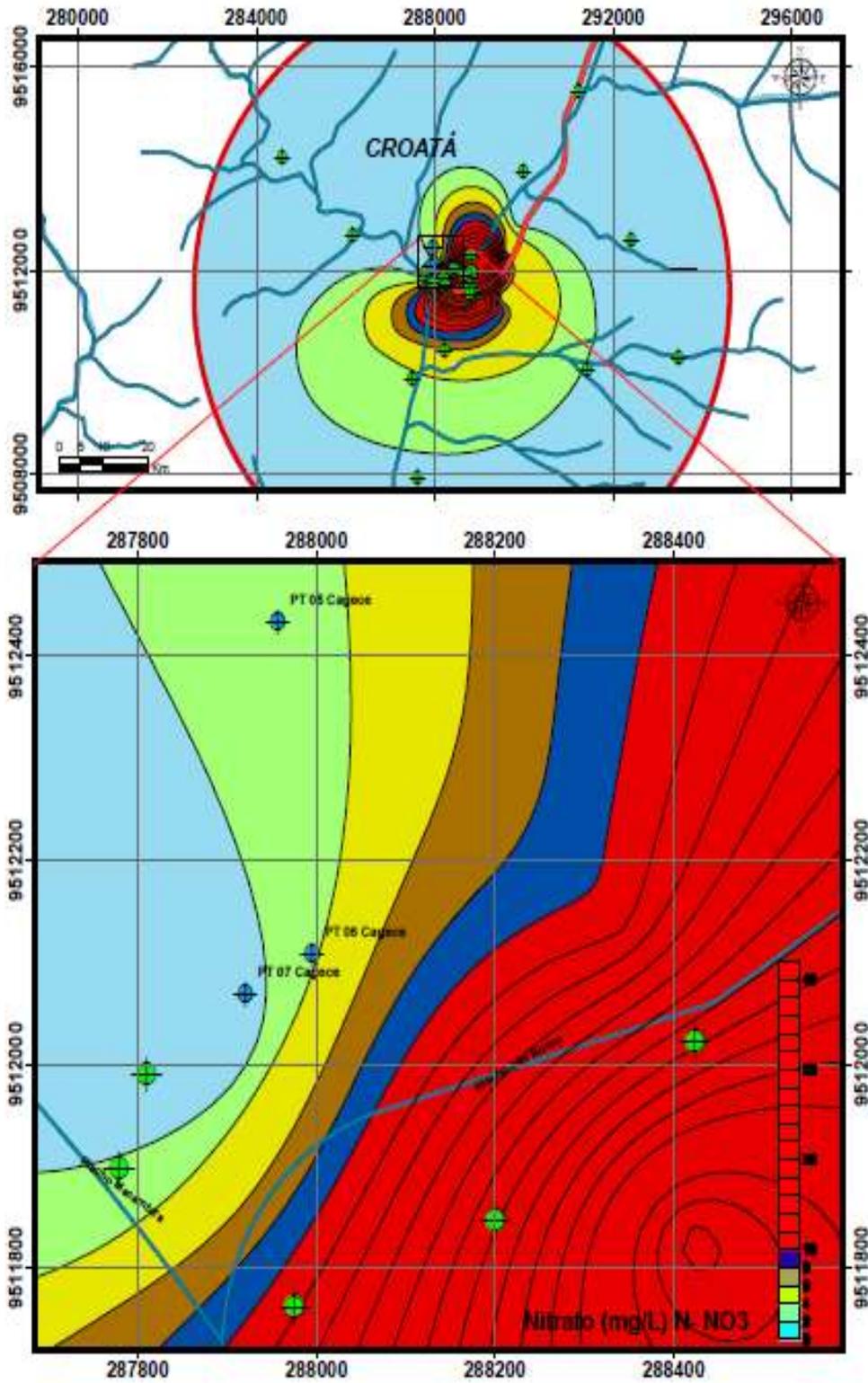


Figura 24 – Concentração do teor de nitrato

Figura 25 – Área apontada a Cagece para perfuração de novos poços



## 11. CONCLUSÕES / RECOMENDAÇÕES

As águas subterrâneas captadas por poços tubulares profundos abastecem a população da área urbana de Croatá, cujo aquífero captado é o Serra Grande e sua exploração é predominantemente utilizada para uso doméstico. O fluxo das águas subterrâneas possui direção predominante de Norte para Sul;

Das 48 amostras analisadas na zona urbana, 62,64% estão fora do padrão de potabilidade para consumo humano (Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde) em relação ao íon nitrato. Das 11 amostras analisadas fora do perímetro urbano, todas apresentaram resultado abaixo de 10 mg/L de nitrato, potável para o consumo humano.

Os resultados revelam que a falta de saneamento básico, com a implantação de um sistema de esgotamento sanitário e coleta adequado, está ocasionando a contaminação das águas subterrâneas. A situação agrava-se à medida que os poços de abastecimento público, distribuem para as residências esta água com teores de nitrato bem acima do exigido pela Portaria.

A pesquisa apontou uma área livre de contaminação de nitrato e repassado a Cagece para que a mesma perfurasse novos poços e com isso atender a população de Croatá com uma água livre de contaminação pelo íon nitrato.

A Cagece perfurou três (3) poços com profundidades de 100m (PT 5) 84 m (PT 6) e 72m (PT 7) (Perfis no Anexo A) livre de contaminação por nitrato, conforme mostra o resultado das análises de água (Apêndice B).

Como recomendação à partir dos resultados obtidos, propõe-se:

- a) Tratamento das águas com teores de nitrato acima do estabelecido pela Portaria 2.914/11 MS;
- b) Construção de poços nas áreas isentas de nitrato;
- c) Realizar monitoramento das águas de todos os poços no perímetro municipal;
- d) Elaboração e distribuição de material educacional como cartilhas, folhetos de esclarecimento à população sobre águas poluídas e riscos à saúde.

## 12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, P.P. **Variações sazonais dos componentes nitrogenados, em aquífero livre na zona urbana de Santa Isabel do Pará.** Tese de Mestrado, nordeste do Estado do Pará.
- BAIRD, C, 2002. **Química ambiental.** Porto Alegre, Bookman.
- BARBOSA, C.F. **Hidrogeoquímica e a contaminação por nitrato em água subterrânea no bairro Piranema, Seropédica-RJ.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Universidade de Campinas. São Paulo: Campinas. 2005. 82p.
- BATALHA, B.L.; PARLATORE, A.C. **Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais.** CETESB. São Paulo: São Paulo. 1993.
- BRAGA, B. et al. **Introdução a Engenharia Ambiental.** 1ed. Prentice Hall, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2002. 305 pp.
- BRASIL – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA no 396. Conselho Nacional do Meio Ambiente.** Distrito Federal: Brasília. 2008.
- BURT, T.P.; HEATHWAITE, A.L.; TRUDGILL, S.T. **Nitrate process, patterns and management.** Chichester, John Wiley. 1993. cap.15, p.404-8
- CHAPELLE, F.H. **Ground-water microbiology and geochemistry.** 2. Ed. John Wiley & Sons. 477 pp. 2000.
- DANIEL, Mariely Helena Barbosa. **Caracterização do perfil do nitrato na água para consumo humano do município de Natal-RN no ano de 2007.** Monografia (especialização) - Universidade de Brasília. 2008.
- E-GEO. Sistema Nacional de Informações Geocientíficas – glossário de termos hidrogeológicos. Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação. Portugal: Amadora. 2008. Disponível em: [http://egeo.ineti.pt/bds/lexico\\_hidro/glossario.aspx?letra=N](http://egeo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/glossario.aspx?letra=N).
- FERNÍCOLA, N. G. G. de.; AZEVEDO, F.A. de. **Metemoglobinemia e nitrato nas águas.** *Rev. Saúde Públ.*, São Paulo, 15:242-8. 1981.
- FERREIRA, F. N. **Determinação de nitrato em águas minerais pelo método simplificado do salicilato.** Artigo, Centro de Tecnologia Mineral - CETEM. 2002.
- FOSTER, S. et al. **Protección de la calidad del agua subterránea – guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales.** Banco Mundial. Estados Unidos: Washington-D.C.. 2002.

HEM, J. D. **Study and interpretation of the Chemical Characteristics os Natural Water. U.S.Geological Survey Water-Supply.** 2254, 26<sub>3</sub> pp.

HERRANZ, M.; CLERIGUÉ, N. **Intoxicación en niños. Metahemoglobinemia. Anales Sis San Navarra.** Espanha: Pamplona. 200<sub>3</sub>. 26(supl. 1): p. 209-22<sub>3</sub>.

KEENEY, D. (1987). **Critical Reviews in Environmental Control: Sources of nitrate to ground water. Madison: Wisconsin;** v.16. P. 257 – 304.

KREMER, T. O. **Resinas de troca iônica.** Kurita. São Paulo. 2007.

LADEIA, M.M.; SOUZA, M.I.R.; FREITAS, C.A. de. Pesquisa de nitrato em amostras de águas subterrâneas do norte de Minas Gerais. **IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24<sup>o</sup>.** Belo Horizonte, 2007. Anais...Minas Gerais: ABES, 2007.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Editora Átomo. São Paulo: Campinas.** 444p. 2005.

MOTA, S. 2006. **Introdução à engenharia ambiental.** Rio de Janeiro, ABES

PIVELI, R. P. & KATO, M.T, 2005. **Qualidade das águas e poluição: Aspectos Físico-Químicos.** São Pulo, ABES.

REIS, M.C. Alterações antropogénicas do ciclo do nitrogênio. Disponível no site: <http://www.naturlink.pt/canais/Artigo.asp?iArtigo=6191&iLingua=1>. Acesso em: 30 Mar. 2008. 2000.

ROSSI, P.; MIRANDA, J.H.; DUARTE, S.N. **Curvas de distribuição de efluentes do íon nitrato em amostras de solo deformadas e indeformadas.** Artigo (graduação) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" ESALQ/USP, Piracicaba. 2007.

SANTOS, P. R. S. dos. **Avaliação das concentrações de nitrato nas águas subterrâneas utilizadas para abastecimento na zona norte urbana de Parnamirim-RN. Monografia (Graduação Tecnologia em Meio Ambiente) –** Gerência de Recursos Naturais, Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, Natal (RN), 2005. 77p.

SCHWARTZ, J.L.; GOLDSTEIN, R. **Drinking water turbidity and gastrointestinal illness in the elderly of Philadelphia. Journal of Epidemiology & Community Health.** 54(1):45-51. 2000.

SILVA, S.A.; OLIVEIRA, R. **Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias.** Paraíba: Campina Grande. 2001. 266 pp.

STANDARD METHODS. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 20 ed. American Public Health Association, Washington, 1998.

TURRA, M.; AYAB, M.A. **Estudo da variação quantitativa de nitratos e nitritos adicionados nos embutidos coloniais**. Revista do Instituto Adolfo Lutz. São Paulo. 1999. 58(2):113-120, jul.-dez. graf.

THORNTHWAITE & MATHER. **The Water Balance. Publications Climatology .Vol VIII no. 1, Laboratory of Climatology, Drexel Institute of Technology, Centerton, New Jersey**, 104 p. 1955.

VARNIER, C.L.; HIRATA, R. **Contaminação da água subterrânea por nitrato no parque ecológico do tietê**. Rev. da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. São Paulo, 16:77-82. 2002.

VASCONCELOS, N. S. **O avanço da contaminação por nitrato nas águas subterrâneas da zona sul de Natal/RN**. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2002. 98p.