

**Avaliação dos Aquíferos das Bacias  
Sedimentares da Província Hidrogeológica  
Amazonas no Brasil (escala 1:1.000.000) e  
Cidades Pilotos (escala 1:50.000)**



**Volume VIII – Cidade Piloto: Santarém – PA**

**Tomo I – Texto**

**Dezembro/2015**

## **República Federativa do Brasil**

Dilma Vana Roussef

Presidenta

## **Ministério do Meio Ambiente**

Izabella Mônica Vieira Teixeira

Ministra

## **Agência Nacional de Águas**

### **Diretoria Colegiada**

Vicente Andreu Guillo - Diretor-Presidente

Gisela Forattini

João Gilberto Lotufo Conejo

Ney Maranhão

Paulo Lopes Varella Neto

## **Superintendência de Implementação e Programas e Projetos**

Ricardo Medeiros de Andrade

Tibério Magalhães Pinheiro

## **Coordenação de Águas Subterrâneas**

Fernando Roberto de Oliveira

Adriana Niemeyer Pires Ferreira

Fabício Bueno da Fonseca Cardoso (Gestor)

Leonardo de Almeida

Letícia Lemos de Moraes

Márcia Tereza Pantoja Gaspar

## **Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização**

Aline Maria Meiguins de Lima (SEMAS/PA)

Audrey Nery Oliveira Ferreira (FEMARH/RR)

Cléa Maria de Almeida Dore (FEMARH/RR)

Fabício Bueno da Fonseca Cardoso (ANA)

Fernando Roberto de Oliveira (ANA)

Flávio Soares do Nascimento (ANA)

Glauco Lima Feitosa (IMAC/AC)

Jane Freitas de Góes Crespo (SEMGRH/AM)  
José Trajano dos Santos (SEDAM/RO)  
Luciani Aguiar Pinto (SEMGRH/AM)  
Luciene Mota de Leão Chaves (SEMAS/PA)  
Marco Vinicius Castro Gonçalves (ANA)  
Maria Antônia Zabala de Almeida Nobre (SEMA/AC)  
Miguel Martins de Souza (SEMGRH/AM)  
Miguel Penha (SEDAM/RO)  
Nilza Yuiko Nakahara (FEMARH/RR)  
Olavo Bilac Quaresma de Oliveira Filho (SEMAS/PA)  
Vera Lucia Reis (SEMA/AC)  
Verônica Jussara Costa Santos (SEMAS/PA)

#### **Consórcio PROJETEC/TECHNE (Coordenação Geral)**

João Guimarães Recena  
Luiz Alberto Teixeira  
Antonio Carlos de Almeida Vidon  
Fábio Chaffin

#### **Gerência do Contrato**

Marcelo Casiuch  
Roberta Alcoforado

#### **Membros da Equipe Técnica Executora**

João Manoel Filho (Coordenador)  
Alerson Falieri Suarez  
Ana Nery Cadete  
Antonio Carlos Tancredi  
Carla Maria Salgado Vidal  
Carlos Danilo Câmara de Oliveira  
Cristiana Coutinho Duarte  
Edilton Carneiro Feitosa  
Fabianny Joanny Bezerra C. da Silva  
Maria de Fátima França de Moura  
Fernando Correia  
Joanderson James Oliveira Moraes

Ludmilla Calado  
Marcondes Assis  
Maria Marlúcia Freitas Santiago  
Mário Vicente Caputo  
Nelson da Franca Ribeiro dos Anjos  
Patrícia Celeste Lopes Jesuíno  
Paulo de Melo da Cunha Pedrosa  
Rilson Magalhão Cabral  
Roseli da Rocha Paixão de Almeida  
Rudson Fonseca  
Thiago Franklin de Almeida  
Wagner Vitor Araújo Ferreira  
Waldir Duarte Costa  
Walter Lucena  
Wilton José Silva da Rocha

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA

Avaliação dos Aquíferos das Bacias  
Sedimentares da Província Hidrogeológica  
Amazonas no Brasil (escala 1:1.000.000) e  
Cidades Pilotos (escala 1:50.000)

Volume VIII - Cidade Piloto: Santarém - PA

Tomo I - Texto

Dezembro/2015

Agência Nacional de Águas - ANA  
Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Bloco B, L e M  
CEP: 70610-200, Brasília - DF  
PABX: 2109-5400 / 2109-5252  
Endereço eletrônico: <http://www.ana.gov.br>

Equipe:  
Agência Nacional de Águas - ANA  
Superintendência de Implementação de Programas e Projetos - SIP

Elaboração e execução:  
Consórcio TECHNE-PROJETEC

Todos os direitos reservados  
É permitida a reprodução de dados e de informações, desde que citada a fonte.

Avaliação dos Aquíferos das Bacias Sedimentares da Província Hidrogeológica Amazonas no Brasil (escala 1:1.000.000) e Cidades Pilotos (escala 1:50.000).

Volume VIII – Cidade Piloto: Santarém - PA.

Tomo I - Texto

Brasília: ANA, SIP, 2015.

1. Recursos Hídricos
2. Província Hidrogeológica Amazonas
  - I. Agência Nacional de Águas
  - II. Consórcio TECHNE-PROJETEC.

## APRESENTAÇÃO

O relatório final de Avaliação dos Aquíferos das Bacias Sedimentares da Província Hidrogeológica Amazonas (PHA) no Brasil (escala 1:1.000.000) e Cidades Pilotos (escala 1:50.000) é constituído dos seguintes volumes:

- Volume I – Balanço Hídrico da Província Hidrogeológica Amazonas
- Volume II – Geologia da Província Hidrogeológica Amazonas
- Volume III – Hidrogeologia e Modelo Numérico de Fluxo da Província Hidrogeológica Amazonas
  - ✓ Tomo I - Texto
  - ✓ Tomo II - Mapas
- Volume IV – Hidrogeoquímica da Província Hidrogeológica Amazonas
  - ✓ Tomo I - Aquíferos: Aluvial, Rio Branco, Içá e Tucunaré
  - ✓ Tomo II - Aquífero Alter do Chão, Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, Barreiras, Pirabas, Monte Alegre, Itaituba e Inominado (Cruzeiro do Sul)
- Volume V – Cidade Piloto: Macapá – AP
  - ✓ Tomo I - Texto
  - ✓ Tomo II - Mapas
- Volume VI – Cidade Piloto: Porto Velho – RO
  - ✓ Tomo I - Texto
  - ✓ Tomo II - Mapas
- Volume VII – Cidade Piloto: Rio Branco – AC
  - ✓ Tomo I - Texto
  - ✓ Tomo II - Mapas
- Volume VIII – Cidade Piloto: Santarém – PA
  - ✓ Tomo I - Texto
  - ✓ Tomo II - Mapas
- Volume IX – Cidade Piloto: Tabatinga – AM
  - ✓ Tomo I - Texto
  - ✓ Tomo II - Mapas
- Volume X – Proposta de Projeto para Proteção Ambiental e Gestão Sustentável das Águas Subterrâneas na Região Amazônica a ser Desenvolvido pelo Brasil e Países Vizinhos
- Volume XI – Banco de Dados
- Volume XII – Resumo Executivo

## SUMÁRIO

<b>1 – Introdução .....</b>	<b>26</b>
<b>1.1 - Objetivo do Estudo .....</b>	<b>27</b>
<b>1.2 - Metodologia .....</b>	<b>27</b>
<b>1.3 - Localização e Dimensões da Área de Estudo .....</b>	<b>27</b>
<b>2 – Fisiografia .....</b>	<b>30</b>
<b>2.1 – Elementos e Fatores do Clima .....</b>	<b>31</b>
2.1.1 - Clima .....	31
2.1.2 - Temperatura .....	32
2.1.3 - Ventos .....	32
2.1.4 - Umidade Relativa .....	35
2.1.5 - Insolação .....	35
2.1.6 - Precipitação .....	35
2.1.7 - Número de Dias de Chuva .....	35
2.1.8 - Evapotranspiração .....	36
<b>2.2 - Relevo .....</b>	<b>37</b>
<b>2.3 - Hidrografia .....</b>	<b>39</b>
<b>2.4 - Solos .....</b>	<b>41</b>
<b>2.5 - Vegetação .....</b>	<b>43</b>
<b>2.6 – Influência do Intemperismo Químico Regional na Qualidade das Águas Subterrâneas da Província Hidrogeológica Amazonas - PHA .....</b>	<b>45</b>
<b>3 – Geologia .....</b>	<b>47</b>
<b>3.1 – Estrutura e Tectônica .....</b>	<b>48</b>
<b>3.2 - Litoestratigrafia .....</b>	<b>48</b>
3.2.1 – Depósitos Aluviais .....	48
3.2.2 – Formação Alter do Chão .....	53
3.2.3 – Formação Jazida da Fazendinha .....	53
3.2.4 - Formação Andirá .....	53
3.2.5 - Formação Nova Olinda .....	54
3.2.6 - Formação Itaituba .....	54
3.2.7 - Formação Monte Alegre .....	54
3.2.8 - Formação Urucuricaia .....	55
3.2.9 - Formação Faro .....	55
3.2.10 - Formação Oriximiná .....	55
3.2.11 - Formação Curiri .....	55
<b>4 – Hidrogeologia e Hidrodinâmica .....</b>	<b>56</b>
<b>4.1 – Sistema Aquífero Amazonas no Brasil .....</b>	<b>57</b>



4.1.1 – Litologia, Dimensões e Limites.....	57
4.1.2 – Propriedades Hidráulicas .....	65
4.1.2.1 – Execução de Testes de Bombeamento.....	65
4.1.2.2 – Interpretação dos Testes de Bombeamento.....	66
4.1.2.3 – Parâmetros Hidráulicos Obtidos .....	79
4.1.2.4 – Conclusões Sobre os Resultados Obtidos .....	82
4.1.3 – Recarga e Descarga de Água Subterrânea .....	84
4.1.3.1 – Variações de Nível Estático.....	84
4.1.3.2 – Variações de Cotas Potenciométricas.....	89
4.1.4 – Recarga, Escoamento e Exutórios.....	89
4.1.5 – Reservas .....	93
4.1.5.1 – Reserva Reguladora ou Recarga Potencial Direta.....	93
4.1.5.2 – Reserva Potencial Explotável Estimada .....	93
4.1.5.3 – Reserva Permanente.....	93
4.1.6 – Situação da Exploração em 2012.....	94
4.1.6.1 – Levantamento e Sistematização de Dados .....	94
4.1.6.2 – Poços Catalogados e Cadastrados .....	94
4.1.6.3 – Tratamento Estatístico dos Dados de Poços Catalogados e Cadastrados .....	96
4.1.7 – Regime de Funcionamento dos Poços .....	104
4.1.8 – Produção Global dos Poços.....	105
<b>5 – Hidrogeoquímica .....</b>	<b>107</b>
<b>5.1 – Introdução .....</b>	<b>108</b>
5.1.1 - Critérios de seleção para as amostragens.....	109
5.1.2 - Procedimentos de Coleta .....	113
5.1.3 - Métodos de Análise.....	114
5.1.4 - Balanço Iônico.....	115
5.1.5 - Índice de Troca de Bases (ITB).....	118
5.1.6 - Razões Iônicas.....	121
5.1.7 - Índice de Langelier.....	124
5.1.8 - Correlação entre Variáveis Hidrogeoquímicas.....	125
5.1.9 - Modelagem Geoestatística .....	135
5.1.10 – Modelagem Estatística de Parâmetros Físico-Químicos com Valores Abaixo do Limite de Detecção.....	137
<b>5.2 – Interpretação dos Resultados Analíticos das Águas Subterrâneas do Aquífero Alter do Chão.....</b>	<b>140</b>
5.2.1 – Cor.....	140
5.2.2 – Turbidez .....	142

5.2.3 – Condutividade Elétrica (CE) .....	147
5.2.4 – Temperatura .....	151
5.2.5 – Sólidos Totais Dissolvidos (STD) .....	155
5.2.6 – Potencial Hidrogeniônico (pH).....	161
5.2.7 – Potencial Redox (Eh) .....	166
5.2.8 – Cátions .....	172
5.2.8.1 – Sódio.....	172
5.2.8.2 – Potássio .....	176
5.2.8.3 – Cálcio.....	180
5.2.8.4 – Magnésio .....	184
5.2.9 – Ânions .....	188
5.2.9.1 – Cloreto .....	188
5.2.9.2 – Sulfato.....	193
5.2.9.3 – Bicarbonato.....	197
5.2.10 – Dureza .....	201
5.2.11 – Compostos Nitrogenados .....	206
5.2.11.1 – Nitrato .....	207
5.2.11.2 – Nitrito .....	212
5.2.11.3 – Amônia.....	216
5.2.12 – Ferro e Manganês .....	220
5.2.12.1 – Ferro .....	221
5.2.12.2 – Manganês .....	229
5.2.13 – Metais Pesados .....	233
5.2.14 – BTEX e Fenóis .....	237
5.2.14.1 – BTEX .....	237
5.2.14.2 – Fenóis .....	238
5.2.15 – Isótopos Ambientais .....	239
5.2.15.1 – Oxigênio-18 e Deutério .....	239
5.2.15.2 – Trício .....	241
5.2.15.3 – Carbono-14.....	243
5.2.15.4 - Conclusão.....	244
5.2.16 – Parâmetros Biológicos .....	244
5.2.17 – Classificação das Águas Subterrâneas do Aquífero Alter do Chão Segundo a Composição Química.....	252
5.2.17.1 – Diagrama Triangular de Piper.....	252
5.2.17.2 – Diagramas de Stiff .....	258
5.2.18 – Classificação das Águas Subterrâneas Segundo o Uso.....	268
5.2.18.1 – Diagramas de Schoeller-Berkaloff para Consumo Humano .....	268

5.2.18.2 – Diagramas de Risco de Sódio e Salinidade para Irrigação .....	270
5.2.18.3 – Pecuária.....	274
<b>5.3 – Conclusões Gerais sobre a Qualidade das Águas Subterrâneas do Aquífero Alter do Chão em Santarém .....</b>	<b>274</b>
<b>5.4 – Vulnerabilidade Natural do Aquífero Alter do Chão .....</b>	<b>276</b>
5.4.1 – Método DRASTIC.....	276
5.4.2 – Método GOD .....	285
<b>6 – Referências Bibliográficas.....</b>	<b>293</b>
<b>7 – Anexos.....</b>	<b>301</b>
<b>7.1 – Testes de Bombeamento – Planilhas, Gráficos e Valores Obtidos de T, K, S.....</b>	<b>302</b>
7.1.1 – Dados do Poço ST082 - Santarém - PA.....	303
7.1.1.1 - Planilha.....	303
7.1.1.2 – Gráficos e valores obtidos pelo método de Cooper & Jacob (1946) no poço ST082. ....	304
7.1.1.2a - Curva de Rebaixamento do poço ST082 durante o bombeamento. ....	304
7.1.1.2b - Recuperação no poço ST082 após o bombeamento. ....	304
7.1.1.2c - Relação entre o rebaixamento e a recuperação no poço ST082. ....	305
7.1.1.2d - Valores encontrados para T e K no poço ST082 pelo método Cooper & Jacob (1946).....	305
7.1.1.3 – Gráficos e Parâmetros Hidráulicos obtidos pelo método de Walton (1962) no poço ST082. ....	306
7.1.1.3b - Valores encontrados dos parâmetros hidráulicos T, K, S e K' no poço ST082 pelo método de Walton. ....	306
7.1.1.4 – Gráficos e Parâmetros Hidráulicos obtidos pelo método de Neuman (1975) no poço ST082. ....	307
7.1.1.4c- Resultados encontrados no poço ST082 supondo o aquífero do tipo livre, anisotrópico com poços totalmente penetrantes e com drenagem retardada. ....	309
7.1.2 – Dados do Poço ST047 .....	310
7.1.2.1 - Planilha do teste do poço ST047 na cidade de Santarém – PA.....	310
7.1.2.2 – Gráficos e Parâmetros Hidráulicos obtidos pelo método de Cooper & Jacob (1946) no poço S0847.....	311
7.1.2.2a - Rebaixamento do poço ST047 pelo bombeamento. ....	311
7.1.2.2b - Recuperação no poço ST047, após o bombeamento. ....	311
7.1.2.2c - Relação entre o rebaixamento e a recuperação no poço ST047. ....	312
7.1.2.2d - Valores encontrados para T e K no poço ST047 pelo método Cooper & Jacob. ....	312
7.1.2.3 – Gráficos e Parâmetros Hidráulicos obtidos pelo método de Neuman (1975) no poço ST047.....	313

7.1.2.3c - Resultados encontrados no poço ST047 supondo o aquífero do tipo livre, anisotrópico com poços totalmente penetrantes e com drenagem retardada. ....	315
<b>7.2 – Dados dos Poços Cadastrados pela ANA-PHA e Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 em Santarém .....</b>	<b>316</b>
7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém.....	317
7.2.2 – Resumo das Características Técnicas de 334 Poços Catalogados de CPRM/SIAGAS 2010 em Santarém, com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade .....	341
7.2.3 – Perfis litológicos dos 15 poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 utilizados na elaboração do diagrama de cerca e do bloco 3D do Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA.....	404
<b>7.3 – Resultados Hidrogeoquímicos das coletas de abril e outubro de 2012</b>	<b>413</b>
7.3.1 – Análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas em Santarém durante a primeira campanha de amostragem de água de 30 poços no período chuvoso em abril de 2012. ....	414
7.3.2 - Análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas em Santarém durante a segunda campanha de amostragem de água de 30 poços no período de estiagem em outubro de 2012.....	415
7.3.3 - Análises de metais pesados, BTEX, fenóis e de isótopos ambientais realizadas em Santarém durante a segunda campanha de amostragem de água de 30 poços no período de estiagem em outubro de 2012.....	416
<b>7.4 – Protocolo de Guia de Coleta de Amostras Bioagri Ambiental .....</b>	<b>417</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b> – Variáveis meteorológicas da Estação 82243 de Santarém (Taperinha), segundo as Normais Climatológicas de 1961-1990 (INMET, 2009)*. ....	31
<b>Tabela 2.2</b> – Estação 82181 – Monte Alegre (mais próxima de Santarém): Médias mensais das variáveis meteorológicas no período de 1981-2010. Fonte: Dados da base do INMET*.....	32
<b>Tabela 2.3</b> – Variação decenal da insolação mensal na Estação 81181 Monte Alegre - PA no período 1981-2010.....	37
<b>Tabela 3.1</b> – Perfis litológicos dos poços estratigráficos da Petrobras perfurados na região de Santarém nas cidades de Belterra e Alter do Chão. ....	52
<b>Tabela 4.1</b> – Estatística descritiva da porcentagem de camadas arenosas no SAAB na região de Santarém – PA. ....	57
<b>Tabela 4.2</b> – Litologia de 6 (seis) poços tubulares com profundidade de 225 a 256 m, perfurados no aquífero Alter do Chão em Santarém – PA. ....	58
<b>Tabela 4.3</b> – Faixa de valores de condutividade hidráulica em depósitos inconsolidados de natureza análoga à do Aquífero Alter do Chão, em m/s e m/dia (Adaptado de Fetter, 1994).....	65
<b>Tabela 4.4</b> – Características dos poços utilizados nos testes de bombeamento do Projeto ANA – PHA, realizados no aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA, conforme anexos 7.1.1.1 e 7.1.2.1. ....	66
<b>Tabela 4.5</b> - Parâmetros hidrodinâmicos do aquífero Alter do Chão em Santarém (Tancredi, 1996). ....	80
<b>Tabela 4.6</b> - Resumo dos dados obtidos nos dois ensaios de bombeamento do Projeto ANA-PHA em Santarém - PA pelo método de Cooper & Jacob (1946). ....	81
<b>Tabela 4.7</b> – Parâmetros hidráulicos do Aquífero Alter do Chão, avaliados pelo método de Walton (1962) baseado em Hantush & Jacob (1955).....	81
<b>Tabela 4.8</b> – Parâmetros hidráulicos do Aquífero Alter do Chão em Santarém – PA, obtidos pelo modelo de Neuman (1975).....	81
<b>Tabela 4.9</b> – Parâmetros hidráulicos avaliados para o aquífero Alter do Chão pelo método de Neuman (1975) na cidade de Santarém - PA.....	82
<b>Tabela 4.10</b> – Capacidade de produção prevista para poços tubulares profundos, de 500 m e 400 m de profundidade no aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA, equipados com filtros em diâmetros de 6”, 8” e 10”.....	84
<b>Tabela 4.11</b> - Variações de nível d'água nos poços de Santarém, monitorados no aquífero Alter do Chão no período chuvoso (abril de 2012) e no período de estiagem (outubro de 2012). ....	85
<b>Tabela 4.12</b> - Reservas do SAAB em Santarém na área estudada.....	93
<b>Tabela 4.13</b> - Parâmetros estatísticos dos dados de poços de Santarém.....	96
<b>Tabela 4.14</b> – Frequência da profundidade dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM e dos novos cadastrados pela ANA na cidade de Santarém - PA. ....	96
<b>Tabela 4.15</b> – Frequência dos diâmetros de revestimento dos poços tubulares levantados no SIAGAS e dos novos cadastrados pela ANA na cidade de Santarém - PA.....	97

<b>Tabela 4.16</b> – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS e cadastrados pela ANA na cidade de Santarém - PA.	98
<b>Tabela 4.17</b> – Distribuição de frequência dos níveis dinâmicos dos poços na cidade de Santarém - PA.	99
<b>Tabela 4.18</b> – Frequência da vazão dos poços cadastrados pela ANA na cidade de Santarém – PA.	100
<b>Tabela 4.19</b> – Cálculo do regime médio de funcionamento usando 86 dos 416 poços em operação, com vazão e regime informado na cidade de Santarém, no aquífero Alter do Chão.	104
<b>Tabela 4.20</b> - Produção global estimada para Santarém em 2012, explotada do aquífero Alter do Chão.	105
<b>Tabela 4.21</b> - Distribuição dos poços e da produção global com a situação operacional informada.	106
<b>Tabela 4.22</b> – Tipos de reservatório de água de poços em Santarém - PA.	106
<b>Tabela 5.1</b> – Resultado do balanço iônico realizado no Qualigraf para as amostras coletadas no Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém – abril de 2012.	116
<b>Tabela 5.2</b> – Resultado do balanço iônico realizado no Qualigraf, para as amostras coletadas no Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém – outubro de 2012.	117
<b>Tabela 5.3</b> – Resultado do Índice de Troca de Bases para as amostras coletadas no Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém, nas duas campanhas.	119
<b>Tabela 5.4</b> – Parâmetros estatísticos dos resultados do Índice de Troca de Bases para as amostras coletadas no Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém, nas duas campanhas.	121
<b>Tabela 5.5</b> – Principais razões iônicas e seus significados segundo Hem (1985).	122
<b>Tabela 5.6</b> – Resultado das razões iônicas para as amostras coletadas no Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém, nas duas campanhas.	123
<b>Tabela 5.7</b> – Faixas do IS segundo Snoeyink & Jenkins (1980).	124
<b>Tabela 5.8</b> – Resultado do Índice de Saturação (IS) para as amostras coletadas no Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém, nas duas campanhas.	125
<b>Tabela 5.9</b> – Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém – abril de 2012.	126
<b>Tabela 5.10</b> – Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém – outubro de 2012.	131
<b>Tabela 5.11</b> – Parâmetros analisados, limites de detecção (LD) e valores numéricos adotados para estatística descritiva dos resultados das coletas no Aquífero Alter do Chão nas duas campanhas.	138
<b>Tabela 5.12</b> – Estatística descritiva com 100% de valores abaixo do limite de detecção do nitrito, substituídos por um valor numérico.	140
<b>Tabela 5.13</b> – Distribuição de probabilidade do nitrito para 100% de valores abaixo do limite de detecção, substituídos por um valor numérico.	140
<b>Tabela 5.14</b> – Estatística descritiva da Cor do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Cor-1) - abril de 2012 e no período seco (Cor-2) – outubro de 2012.	140
<b>Tabela 5.15</b> – Distribuição de probabilidade da Cor do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Cor-1) - abril de 2012 e no período seco (Cor-2) – outubro de 2012.	142

<b>Tabela 5.16</b> – Estatística descritiva da Turbidez do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Tu-1) - abril de 2012 e no período seco (Tu-2) – outubro de 2012.....	142
<b>Tabela 5.17</b> – Distribuição de probabilidade da Turbidez do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Tu-1) - abril de 2012 e no período seco (Tu-2) – outubro de 2012. .....	143
<b>Tabela 5.18</b> – Estatística descritiva da Condutividade Elétrica do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (CE-1) - abril de 2012 e no período seco (CE-2) –outubro de 2012.....	147
<b>Tabela 5.19</b> – Distribuição de probabilidade da Condutividade Elétrica do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (CE-1) - abril de 2012 e no período seco (CE-2) – outubro de 2012.....	148
<b>Tabela 5.20</b> – Estatística descritiva da Temperatura (°C) do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (T-1) - abril de 2012 e no período seco (T-2) – outubro de 2012....	151
<b>Tabela 5.21</b> – Distribuição de probabilidade da Temperatura (°C) do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (T-1) - abril de 2012 e no período seco (T-2) – outubro de 2012.....	152
<b>Tabela 5.22</b> – Valores de condutividade elétrica CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e sólidos totais dissolvidos STD ( $\text{mg}/\text{L}$ ) no Aquífero Alter do Chão em Santarém – PA, na primeira e na segunda campanha de amostragem. ....	155
<b>Tabela 5.23</b> – Estatística descritiva dos Sólidos Totais Dissolvidos do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (STD-1) - abril de 2012 e no período seco (STD-2) – outubro de 2012.....	157
<b>Tabela 5.24</b> – Distribuição de probabilidade dos Sólidos Totais Dissolvidos do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (STD-1) - abril de 2012 e no período seco (STD-2) – outubro de 2012.....	158
<b>Tabela 5.25</b> – Estatística descritiva do pH <i>in situ</i> do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso – abril de 2012 (pH-1) e no período seco – outubro de 2012 (pH-2). ....	161
<b>Tabela 5.26</b> – Distribuição de probabilidade do pH <i>in situ</i> do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso – abril de 2012 (pH-1) e no período seco – outubro de 2012 (pH-2) .....	162
<b>Tabela 5.27</b> – Estatística descritiva do Eh do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Eh-1) - abril de 2012 e no período seco (Eh-2) – outubro de 2012. ....	168
<b>Tabela 5.28</b> – Distribuição de probabilidade da Eh do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Eh -1) - abril de 2012 e no período seco (Eh -2) – outubro de 2012. .....	169
<b>Tabela 5.29</b> – Estatística descritiva do Sódio do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Na-1) - abril de 2012 e no período seco (Na-2) – outubro de 2012. ....	172
<b>Tabela 5.30</b> – Distribuição de probabilidade do Sódio do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Na-1) - abril de 2012 e no período seco (Na-2) – outubro de 2012. .....	173
<b>Tabela 5.31</b> – Estatística descritiva do Potássio do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (K-1) - abril de 2012 e no período seco (K-2) – outubro de 2012. ....	176
<b>Tabela 5.32</b> – Distribuição de probabilidade do Potássio do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (K-1) - abril de 2012 e no período seco (K-2) – outubro de 2012. ...	177
<b>Tabela 5.33</b> – Estatística descritiva do Cálcio do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Ca-1) - abril de 2012 e no período seco (Ca-2) – outubro de 2012. ....	180

<b>Tabela 5.34</b> – Distribuição de probabilidade do Cálcio do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Ca-1) - abril de 2012 e no período seco (Ca-2) – outubro de 2012. ....	181
<b>Tabela 5.35</b> – Estatística descritiva do Magnésio do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Mg-1) - abril de 2012 e no período seco (Mg-2) – outubro de 2012. ....	184
<b>Tabela 5.36</b> – Distribuição de probabilidade do Magnésio do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Mg-1) - abril de 2012 e no período seco (Mg-2) – outubro de 2012. ....	185
<b>Tabela 5.37</b> – Estatística descritiva do Cloreto do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Cl-1) - abril de 2012 e no período seco (Cl-2) – outubro de 2012. ....	188
<b>Tabela 5.38</b> – Distribuição de probabilidade do Cloreto do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Cl-1) - abril de 2012 e no período seco (Cl-2) – outubro de 2012. ....	189
<b>Tabela 5.39</b> – Estatística descritiva do Sulfato do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (S-1) - abril de 2012 e no período seco (S-2) – outubro de 2012. ....	193
<b>Tabela 5.40</b> – Distribuição de probabilidade do Sulfato do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (S-1) - abril de 2012 e no período seco (S-2) – outubro de 2012. ...	194
<b>Tabela 5.41</b> – Estatística descritiva do Bicarbonato do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (B-1) - abril de 2012 e no período seco (B-2) – outubro de 2012. ...	197
<b>Tabela 5.42</b> – Classificação das águas segundo a sua faixa de valor de dureza (Von Sperling, 2005). ....	201
<b>Tabela 5.43</b> – Estatística descritiva da Dureza do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (D-1) - abril de 2012 e no período seco (D-2) – outubro de 2012. ....	201
<b>Tabela 5.44</b> – Distribuição de probabilidade da Dureza do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (D-1) - abril de 2012 e no período seco (D-2) – outubro de 2012. ...	202
<b>Tabela 5.45</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de nitrato e nitrito para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008). ....	207
<b>Tabela 5.46</b> – Estatística descritiva do Nitrato do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) – outubro de 2012. ....	208
<b>Tabela 5.47</b> – Distribuição de probabilidade do Nitrato do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) – outubro de 2012. ...	209
<b>Tabela 5.48</b> – Estatística descritiva do Nitrito do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) – outubro de 2012. ....	212
<b>Tabela 5.49</b> – Distribuição de probabilidade do Nitrito do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) – outubro de 2012. ...	213
<b>Tabela 5.50</b> – Estatística descritiva da Amônia do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (A-1) - abril de 2012 e no período seco (A-2) – outubro de 2012. ....	216
<b>Tabela 5.51</b> – Distribuição de probabilidade da Amônia do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (A-1) - abril de 2012 e no período seco (A-2) – outubro de 2012. ...	217
<b>Tabela 5.52</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de ferro e manganês segundo os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008). ....	220
<b>Tabela 5.53</b> – Estatística descritiva do Ferro do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Fe-1) - abril de 2012 e no período seco (Fe-2) – outubro de 2012. ....	221
<b>Tabela 5.54</b> – Distribuição de probabilidade do Ferro do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Fe-1) - abril de 2012 e no período seco (Fe-2) – outubro de 2012. ....	222



<b>Tabela 5.55</b> – Estatística descritiva do Manganês do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Mn-1) - abril de 2012 e no período seco (Mn-2) – outubro de 2012.	229
<b>Tabela 5.56</b> – Distribuição de probabilidade do Manganês do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Mn-1) - abril de 2012 e no período seco (Mn-2) – outubro de 2012.	230
<b>Tabela 5.57</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Arsênio, Bário, Cádmiio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco, segundo a Portaria MS 2914/2011.	233
<b>Tabela 5.58</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Arsênio, Bário, Cádmiio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008).	233
<b>Tabela 5.59</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (BTEX), segundo a Portaria MS 2914/2011.	237
<b>Tabela 5.60</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (BTEX) para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008).	238
<b>Tabela 5.61</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Fenóis para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008).	238
<b>Tabela 5.62</b> – Valores dosados de oxigênio-18 e deutério nas amostras coletadas no aquífero Alter do Chão em Santarém – PA, na segunda campanha de amostragem (outubro de 2012).	240
<b>Tabela 5.63</b> – Relação entre unidades de trício (U.T.) e idade das águas subterrâneas.	242
<b>Tabela 5.64</b> – Idades aparentes ou convencionais do radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ) em anos BP (before present – 1950) que, quando inferior a 200 anos, é dita “Moderna” por convenção e expressa em %M ou pMC (percent modern carbon).	243
<b>Tabela 5.65</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de microorganismos para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008).	248
<b>Tabela 5.66</b> - Classificação das Águas do Aquífero Alter do Chão em Santarém - Período Chuvoso (abril de 2012).	253
<b>Tabela 5.67</b> - Classificação das Águas do Aquífero Alter do Chão em Santarém - Período seco (outubro de 2012).	256
<b>Tabela 5.68</b> - Classificação das Águas do Aquífero Alter do Chão, em Santarém, de acordo com a predominância de íons - Período chuvoso (abril de 2012).	258
<b>Tabela 5.69</b> - Classificação das Águas do Aquífero Alter do Chão, em Santarém, de acordo com a predominância de íons - Período seco (outubro de 2012).	263
<b>Tabela 5.70</b> - Classificação das águas coletadas nas duas campanhas de amostragem de acordo com o risco de salinidade e de sódio, segundo USSL.	273
<b>Tabela 5.71</b> – Padrões de STD para uso animal, segundo McKee & Wolf (1963).	274
<b>Tabela 5.72</b> – Ponderação dos parâmetros do método DRASTIC (Aller <i>et al.</i> 1987).	277
<b>Tabela 5.73</b> – Parâmetros classificados por faixa de variação numérica (D, R, T, C).	277
<b>Tabela 5.74</b> – Parâmetros classificados por tipo de solo ou tipo de rocha (A, S, I).	278
<b>Tabela 5.75</b> – Parâmetros para avaliação do índice de vulnerabilidade DRASTIC no aquífero Alter do Chão, no período chuvoso (abril de 2012) e de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Santarém - PA.	281

<b>Tabela 5.76</b> – Valores para o parâmetro G do índice GOD (Foster, 1987). .....	286
<b>Tabela 5.77</b> – Valores para o parâmetro O do índice GOD (Foster, 1987). .....	286
<b>Tabela 5.78</b> – Valores para o parâmetro D do índice GOD (Foster, 1987).....	286
<b>Tabela 5.79</b> – Índices GOD e classes de vulnerabilidade.....	287
<b>Tabela 5.80</b> - Parâmetros para avaliação do Índice de Vulnerabilidade GOD no aquífero Alter do Chão em Santarém - PA. ....	288

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> – Localização da área de estudo na cidade de Santarém - PA.....	29
<b>Figura 2.1</b> – Variáveis meteorológicas condicionantes do clima em Santarém (Estação 82243 - Taperinha) segundo as Normais Climatológicas 1961-1990 (INMET, 2009). .	33
<b>Figura 2.2</b> – Variáveis meteorológicas condicionantes do clima em Monte Alegre (Estação 82181 – Monte Alegre), no período de 1981-2010. Fonte: Dados da base do INMET.....	34
<b>Figura 2.3</b> - Ilustração da tendência de aumento da insolação mensal na Estação 81181 Monte Alegre – PA (a mais próxima de Santarém). .....	36
<b>Figura 2.4</b> – Relevo da região de Santarém - PA.....	38
<b>Figura 2.5</b> – Hidrografia da folha de 15 minutos da região de Santarém - PA. ....	40
<b>Figura 2.6</b> - Classes de Solos da região de Santarém – PA. ....	42
<b>Figura 2.7</b> - Classes de vegetação da região de Santarém – PA.....	44
<b>Figura 3.1</b> – Estrutura geológica ilustrando a tectônica terciária do bloco Tapajós e adjacências, na região de Santarém – PA. Extraído da Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo Folhas SA.21 Santarém e SA.22 Belém.....	50
<b>Figura 3.2</b> - Mapa geológico da folha de 15 minutos da região de Santarém – PA. ...	51
<b>Figura 4.1</b> – Localização dos 6 (seis) poços produtores com perfis litológicos e construtivos tomados como exemplo da litoestratigrafia do aquífero Alter do Chão na área de estudo na cidade de Santarém – PA.....	60
<b>Figura 4.2</b> – Perfis litológicos e construtivos de poços com profundidades de 220 a 256 m perfurados em Santarém no aquífero Alter do Chão, na zona leste da área de estudo. ....	61
<b>Figura 4.3</b> – Perfis litológicos e construtivos de poços com profundidades de 250 a 256 m perfurados no aquífero Alter do Chão, na zona oeste da área de estudo.....	62
<b>Figura 4.4</b> – Diagrama de cerca mostrando a sequência de camadas de areia, areia argilosa, argila e argila arenosa do aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA.....	63
<b>Figura 4.5</b> - Bloco 3D do modelo litoestratigráfico, mostrando a alternância de camadas arenosas e argilosas do aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA. ....	64
<b>Figura 4.6</b> – Seção transversal de correlação litológica entre os poços selecionados com perfil litológico no setor oeste da área de estudo, adotando para o poço T.R. Ville (ST082) a litologia do S2163, para fins de estimativa dos parâmetros hidráulicos do aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA.....	67
<b>Figura 4.7</b> – Seção transversal de correlação litológica entre os poços selecionados com perfil litológico no setor leste da área de estudo, adotando para o poço A.M. Jutai (ST047) a litologia do S2160, para fins de estimativa dos parâmetros hidráulicos do aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA.....	68
<b>Figura 4.8</b> – Localização dos 2 (dois) poços usados para os testes de bombeamento e dos 6 (seis) poços com perfil litológico e construtivo selecionados como exemplo ( <b>item 4.1</b> ) no aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA. ....	69
<b>Figura 4.9</b> – Ilustração gráfica da aproximação logarítmica da função $W(u)$ (Cooper & Jacob, 1946).....	70

**Figura 4.10** – Família de curvas padrão de Walton (1962), baseadas na função de Hantush & Jacob (1955), com ajuste na curva do poço T.R. Ville (ST082)

$\beta = \frac{r}{B} = 0,1$  ..... 75

**Figura 4.11** – Cálculo dos parâmetros hidráulicos do aquífero Alter do Chão pelo método de Neuman (1975) com a curva de rebaixamento x tempo obtida no teste do poço A.M. Jutai, superposta à curva padrão Tipo A para  $\beta = 0,004$  ..... 78

**Figura 4.12** – Cálculo dos parâmetros hidráulicos do aquífero Alter do Chão pelo método de Neuman (1975) com a curva de rebaixamento x tempo obtida no teste do poço A.M. Jutai, superposta à curva padrão Tipo B para  $\beta = 0,004$  ..... 79

**Figura 4.13a** - Profundidade do nível estático das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012 na cidade de Santarém – PA. .... 87

**Figura 4.13b** - Profundidade do nível estático das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012 na cidade de Santarém – PA. .... 88

**Figura 4.14a** – Potenciometria das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012 na cidade de Santarém – PA. .... 91

**Figura 4.14b** – Potenciometria das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012 na cidade de Santarém – PA. .... 92

**Figura 4.15** – Distribuição espacial dos poços catalogados e cadastrados na folha de 15 minutos e na área de estudo da cidade de Santarém - PA. Fonte: SIAGAS/CPRM e ANA. .... 95

**Figura 4.16** – Frequências das classes de profundidade dos poços na cidade de Santarém - PA. .... 97

**Figura 4.17** – Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços na cidade de Santarém - PA. .... 98

**Figura 4.18** – Frequências das classes de profundidade do nível estático dos poços na cidade de Santarém - PA. .... 99

**Figura 4.19** – Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços na cidade de Santarém - PA. .... 100

**Figura 4.20** – Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados pela ANA na cidade de Santarém - PA. .... 101

**Figura 4.21** – Correlação entre profundidade e vazão dos poços no aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém – PA. .... 101

**Figura 4.22** – Distribuição espacial da vazão dos poços cadastrados e catalogados na região de Santarém – PA. .... 103

**Figura 5.1** – Localização dos pontos de amostragem das análises físico-químicas e bacteriológicas no Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém - PA. .... 110

**Figura 5.2** – Localização dos pontos de amostragem das análises de metais pesados e BTEX fenóis no Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém - PA. .... 111

**Figura 5.3** – Localização dos pontos de amostragem das análises de isótopos ambientais no Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém - PA. .... 112

**Figura 5.4** – Equações utilizadas no *software* Qualigraf para estimativa do erro prático no balanço iônico, segundo as metodologias de Custodio & Llamas (1983) e Logan (1965). .... 115

<b>Figura 5.5</b> – Ilustração dos resultados de ITB calculados para as amostras coletadas no Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém, no período chuvoso, com o predomínio de cátions. ....	120
<b>Figura 5.6</b> – Ilustração dos resultados de ITB calculados para as amostras coletadas no Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém, no período de estiagem, com o predomínio de cátions. ....	120
<b>Figura 5.7</b> – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade da Cor das águas do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	141
<b>Figura 5.8</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade da Turbidez do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	143
<b>Figura 5.9a</b> – Zoneamento de Turbidez das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA. ....	145
<b>Figura 5.9b</b> – Zoneamento de Turbidez das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.....	146
<b>Figura 5.10</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade da Condutividade Elétrica (CE) do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	148
<b>Figura 5.11a</b> – Zoneamento de Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.....	149
<b>Figura 5.11b</b> – Zoneamento de Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.....	150
<b>Figura 5.12</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade da Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	151
<b>Figura 5.13a</b> – Zoneamento de Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.....	153
<b>Figura 5.13b</b> – Zoneamento de Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA. ....	154
<b>Figura 5.14</b> – Relações entre a condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos no Aquífero Alter do Chão em Santarém – PA, no período chuvoso (abril de 2012) e no período seco (outubro de 2012). ....	156
<b>Figura 5.15</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade dos Sólidos Totais Dissolvidos do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	157
<b>Figura 5.16a</b> – Zoneamento de STD ( $\text{mg/L}$ ) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA. ....	159
<b>Figura 5.16b</b> – Zoneamento de STD ( $\text{mg/L}$ ) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.....	160
<b>Figura 5.17</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do pH <i>in situ</i> do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	162
<b>Figura 5.18a</b> – Zoneamento do pH <i>in situ</i> das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA. ....	164

<b>Figura 5.18b</b> – Zoneamento do pH <i>in situ</i> das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.....	165
<b>Figura 5.19</b> – Diagrama pH versus Eh (mV), de amostras de águas subterrâneas dos poços monitorados no Aquífero Alter do Chão em Santarém - PA (temperatura <i>in situ</i> variou de 26,4 a 33,5°C) nas duas campanhas de amostragem.....	167
<b>Figura 5.20</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade da Eh do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	168
<b>Figura 5.21a</b> – Zoneamento de Eh (mV) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA. ....	170
<b>Figura 5.21b</b> – Zoneamento de Eh (mV) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.....	171
<b>Figura 5.22</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Sódio do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	173
<b>Figura 5.23a</b> – Zoneamento de Sódio (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA. ....	174
<b>Figura 5.23b</b> – Zoneamento de Sódio (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA. ....	175
<b>Figura 5.24</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Potássio do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	177
<b>Figura 5.25a</b> – Zoneamento de Potássio (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.....	178
<b>Figura 5.25b</b> – Zoneamento de Potássio (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA. ....	179
<b>Figura 5.26</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Cálcio do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	181
<b>Figura 5.27a</b> – Zoneamento de Cálcio (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.....	182
<b>Figura 5.27b</b> – Zoneamento de Cálcio (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA. ....	183
<b>Figura 5.28</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Magnésio do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	185
<b>Figura 5.29a</b> – Zoneamento de Magnésio (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.....	186
<b>Figura 5.29b</b> – Zoneamento de Magnésio (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA. ....	187
<b>Figura 5.30</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Cloreto do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	189
<b>Figura 5.31a</b> – Zoneamento de Cloreto (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.....	191

<b>Figura 5.31b</b> – Zoneamento de Cloreto (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA. ....	192
<b>Figura 5.32</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Sulfato do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	194
<b>Figura 5.33a</b> – Zoneamento de Sulfato (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.....	195
<b>Figura 5.33b</b> – Zoneamento de Sulfato (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA. ....	196
<b>Figura 5.34</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Bicarbonato do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	198
<b>Figura 5.35a</b> – Zoneamento de Bicarbonato (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém – PA.....	199
<b>Figura 5.35b</b> – Zoneamento de Bicarbonato (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém – PA. ....	200
<b>Figura 5.36</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade da Dureza do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	202
<b>Figura 5.37a</b> – Zoneamento de Dureza (mg/L em CaCO <sub>3</sub> ) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.....	204
<b>Figura 5.37b</b> – Zoneamento de Dureza (mg/L em CaCO <sub>3</sub> ) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA. ....	205
<b>Figura 5.38</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Nitrato do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	208
<b>Figura 5.39a</b> – Zoneamento de Nitrato (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.....	210
<b>Figura 5.39b</b> – Zoneamento de Nitrato (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA. ....	211
<b>Figura 5.40</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Nitrito do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	212
<b>Figura 5.41a</b> – Zoneamento de Nitrito (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.....	214
<b>Figura 5.41b</b> – Zoneamento de Nitrito (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA. ....	215
<b>Figura 5.42</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade da Amônia do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	217
<b>Figura 5.43a</b> – Zoneamento da Amônia (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.....	218
<b>Figura 5.43b</b> – Zoneamento da Amônia (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA. ....	219

<b>Figura 5.44</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Ferro do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	222
<b>Figura 5.45</b> – Diagrama pH-Eh ilustrando a solubilidade do ferro em relação a pH, em 3 (três) zonas, para $C_{T,S} = 10^4 M$ ; $C_{T,CO_3} = 10^{-3} M$ , segundo Hem (1960). Adaptado de Snoeyink & Jenkins (1980). .....	224
<b>Figura 5.46a</b> – Zoneamento de Ferro (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA. ....	227
<b>Figura 5.46b</b> – Zoneamento de Ferro (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.....	228
<b>Figura 5.47</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Manganês do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	230
<b>Figura 5.48a</b> – Zoneamento de Manganês (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.....	231
<b>Figura 5.48b</b> – Zoneamento de Manganês (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA. ....	232
<b>Figura 5.49</b> – Diagrama mostrando a relação de oxigênio 18 e deutério das precipitações e das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em Santarém - PA. ....	241
<b>Figura 5.50</b> – Idade qualitativa da recarga do aquífero Alter do Chão em Santarém – PA, segundo os dados de trício de 7 (sete) amostras coletadas. ....	242
<b>Figura 5.51</b> – Idades medidas com carbono 14 de amostras de água do aquífero Alter do Chão em Santarém – PA.....	243
<b>Figura 5.52a</b> – Distribuição dos poços com presença /ausência de coliformes totais no Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Santarém - PA.....	246
<b>Figura 5.52b</b> – Distribuição dos poços com presença /ausência de coliformes totais no Aquífero Alter do Chão no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Santarém - PA. ....	247
<b>Figura 5.53a</b> – Distribuição dos poços com presença /ausência de <i>E. coli</i> no Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Santarém – PA. ....	250
<b>Figura 5.53b</b> – Distribuição dos poços com presença /ausência de <i>E. coli</i> no Aquífero Alter do Chão no período seco (outubro de 2012), na cidade de Santarém – PA. ....	251
<b>Figura 5.54</b> – Classificação das águas do aquífero Alter do Chão em Santarém, coletadas no período chuvoso (abril de 2012) segundo o diagrama Triangular de Piper. ....	253
<b>Figura 5.55</b> - Classificação das águas do Aquífero Alter do Chão em Santarém segundo a composição química - Período chuvoso (abril de 2012). ....	254
<b>Figura 5.56</b> – Classificação das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em Santarém, através do Diagrama de Piper, com base em amostras de água coletadas em outubro de 2012.....	255
<b>Figura 5.57</b> - Classificação das águas do Aquífero Alter do Chão em Santarém segundo a composição química - Período seco (outubro de 2012). ....	257



<b>Figura 5.58a</b> – Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Alter do Chão em Santarém - PA. ....	258
<b>Figura 5.59a</b> – Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Alter do Chão em Santarém - PA. ....	264
<b>Figura 5.60</b> – Classificação da potabilidade das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em Santarém no período chuvoso segundo o Diagrama de Schoeller-Berkaloff.....	269
<b>Figura 5.61</b> – Classificação da potabilidade das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em Santarém, no período de estiagem, segundo o Diagrama de Schoeller-Berkaloff.....	270
<b>Figura 5.62</b> – Classificação das águas do Aquífero Alter do Chão em Santarém para fins de irrigação – Abril de 2012. ....	271
<b>Figura 5.63</b> – Classificação das águas do Aquífero Alter do Chão em Santarém para fins de irrigação – Outubro de 2012. ....	272
<b>Figura 5.64a</b> – Zoneamento da vulnerabilidade do aquífero Alter do Chão na zona urbana de Santarém, na coleta de abril de 2012 – Método DRASTIC.....	283
<b>Figura 5.64b</b> – Zoneamento da vulnerabilidade do aquífero Alter do Chão na zona urbana de Santarém, na coleta de outubro de 2012 – Método DRASTIC. ....	284
<b>Figura 5.65</b> – Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade do aquífero à contaminação (Foster & Hirata, 1988).....	285
<b>Figura 5.66a</b> – Zoneamento da vulnerabilidade do aquífero Alter do Chão na zona urbana de Santarém, na coleta de abril de 2012 - Método GOD. ....	290
<b>Figura 5.66b</b> - Zoneamento da vulnerabilidade do aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém, na coleta de outubro de 2012 - Método GOD. ....	291

## ÍNDICE DE FOTOS

**Foto 5.1** – Kit's de coletas usados em campo para as amostragens de água do Aquífero Alter do Chão, nas duas campanhas, na cidade de Santarém - PA..... 113

# **1 – Introdução**

## 1.1 - Objetivo do Estudo

Em atendimento aos **itens 6.4.3.7 e 6.4.3.8** dos Termos de Referência (TDRs), o objetivo do estudo é a caracterização dos aspectos fisiográficos, geológicos, hidrogeológicos, hidrogeoquímicos e a vulnerabilidade natural do aquífero da cidade piloto de Santarém, visando, sobretudo, à avaliação dos recursos hídricos subterrâneos e da qualidade das suas águas, com proposições finais orientadas para a elaboração de planos de gestão para a região amazônica.

## 1.2 - Metodologia

O estudo realizado envolveu três etapas distintas, a saber:

- Levantamento e análise da bibliografia existente;
- Serviços de campo, com inventário de poços, nos quais foi realizado um monitoramento quali-quantitativo constando de coleta de água para análises e medições de níveis d'água. Esse levantamento foi levado a efeito em duas campanhas. Na primeira, em abril de 2012, correspondente ao período chuvoso, foram feitas medições de nível de água e coletas de amostras de água para análises físico-químicas e microbiológicas, em 30 (trinta) poços (**anexo 7.3.1**). Na segunda, em outubro de 2012, durante o período de estiagem, além das coletas de água para análises físico-químicas e microbiológicas e medições de nível de água em 30 (trinta) poços (**anexo 7.3.2**), foram coletadas amostras de água para análises específicas de metais pesados, BTEX e fenóis em 10 (dez) poços (**anexo 7.3.3**); para análises isotópicas de trítio em 7 (sete) poços; para análises de oxigênio 18 e deutério em 4 (quatro) poços; e para análises de carbono 14 em 4 (quatro) poços. Ademais foram realizados ensaios de bombeamento em 2 (dois) poços existentes no aquífero Alter do Chão, ST082 com profundidade de 186 m e vazão de 19,63 m<sup>3</sup>/h e ST047 com profundidade de 85 m e vazão de 9,41 m<sup>3</sup>/h.
- Interpretação dos resultados das análises de água, bem como dos dados existentes e levantados no campo, com avaliação quantitativa e qualitativa das águas do aquífero Alter do Chão.

## 1.3 - Localização e Dimensões da Área de Estudo

O município de Santarém localiza-se nas coordenadas geográficas de 02°24'52" S e 54°42'36" W, na margem direita da confluência dos rios Tapajós e Amazonas. Dista cerca de 807 km, em linha reta, da capital do Estado do Pará. O território de Santarém faz fronteira ao Norte com os municípios de Óbidos, Alenquer, Curuá e Monte Alegre; ao Sul com os municípios de Aveiro, Belterra e Placas; ao Leste com os municípios de Prainha e Uruará; e a Oeste com o município de Juruti (SEMMA-CIAM, 2013).

A área do município de Santarém é de 17.898,39 km<sup>2</sup> e a população total, segundo o Censo Demográfico do IBGE (2010), é de 294.580 habitantes, dos quais 215.790 (73,25%) na zona urbana e 78.790 (26,75%) na zona rural. A densidade demográfica é de 12,87 hab/km<sup>2</sup>.

A área de estudo situa-se numa folha de 15 minutos compreendida entre as coordenadas 2°20'S a 2°40'S e 54°35'W a 55°00'W, da região de Santarém, cobrindo uma superfície de 756 km<sup>2</sup>, dos quais 394 km<sup>2</sup> correspondem à área

de afloramento do aquífero Alter do Chão e os 362 km<sup>2</sup> restantes são ocupadas pelas massas de água dos rios Tapajós e Amazonas (235 km<sup>2</sup>), por ilhas fluviais (93 km<sup>2</sup>) e faixa aluvial adjacente à área de estudo (34 km<sup>2</sup>). A área de estudo propriamente dita, na qual foi realizado o monitoramento dos poços nas duas campanhas de medições de níveis e de coleta de água, cobre uma área de 74 km<sup>2</sup> e sua localização pode ser visualizada na **figura 1.1**. O modelo digital do terreno revela que as cotas topográficas da área da folha de 15 minutos variam de 10 a 200 m.

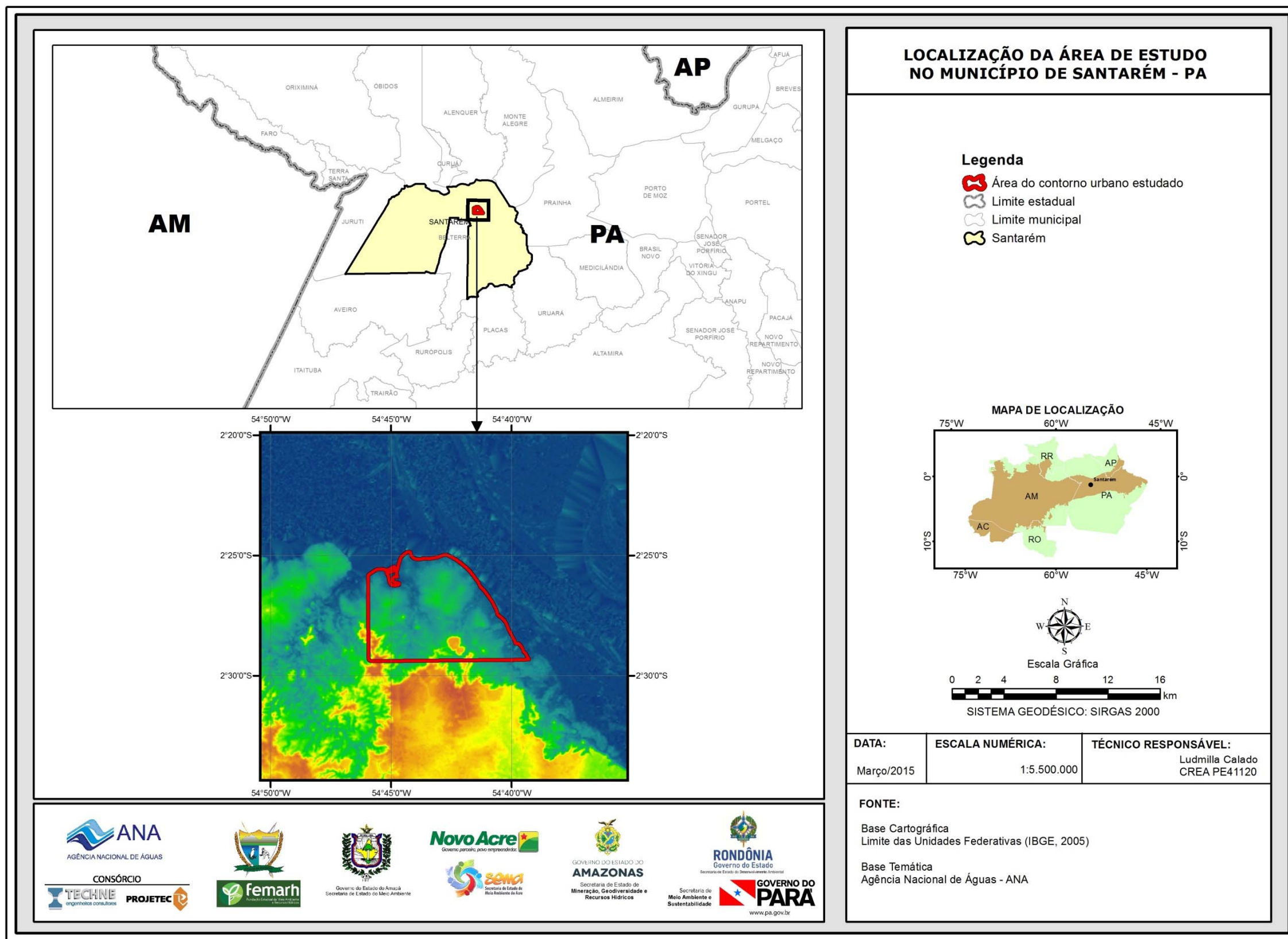


Figura 1.1 – Localização da área de estudo na cidade de Santarém - PA.

## **2 – Fisiografia**

## 2.1 – Elementos e Fatores do Clima

Temperatura, ventos, umidade relativa e insolação, constituem, juntamente com as precipitações, os principais elementos e fatores condicionantes do clima de uma região. Por padrão da Organização Meteorológica Mundial (OMM) as caracterizações climáticas devem ser caracterizadas com base em “normais climatológicas” de 30 anos.

Para a cidade de Santarém, segundo as Normais Climatológicas de 1961-1990 (INMET, 2009), os valores dessas variáveis meteorológicas principais para a Estação 82243 Santarém (Taperinha) são apresentados na **tabela 2.1**. Essa estação não fornece dados sobre evapotranspiração e, além disso, foi desativada, motivo pelo qual não possui dados climáticos dos 30 anos mais recentes (1981-2010). Não obstante, a título de complementação dessa análise do clima da região de Santarém, a **tabela 2.2** apresenta os dados obtidos na rede do INMET para o período 1981-2010 na estação meteorológica 82181 Monte Alegre, que é a mais próxima de Santarém.

### 2.1.1 - Clima

O clima dominante no município de Santarém é quente e úmido, característico das Florestas Tropicais. Segundo classificação de Köppen, enquadra-se no domínio de clima equatorial do tipo *Am*.

**Tabela 2.1** – Variáveis meteorológicas da Estação 82243 de Santarém (Taperinha), segundo as Normais Climatológicas de 1961-1990 (INMET, 2009)\*.

Mês	Direção do Vento	Velocidade do Vento (m/s)	Insolação (horas)	Precipitação		Temperatura do Ar (°C)			Umidade Relativa (%)
				Número de dias	Lâmina (mm)	Média	Min	Max	
JAN	N	1,9	143,2	16,0	193,9	25,8	22,2	30,7	86,9
FEV	N	1,7	108,5	18,0	273,5	25,5	22,1	30,1	88,6
MAR	N	1,6	111,1	22,0	382,9	25,5	22,1	30,2	89,1
ABR	N	1,6	125,5	21,0	347,1	25,6	22,3	30,2	89,2
MAI	N	1,4	139,9	22,0	273,6	25,7	22,3	30,3	89,8
JUN	N	1,6	167,1	16,0	152,2	25,5	21,9	30,6	89,3
JUL	N	1,8	205,1	12,0	130,0	25,4	21,4	31,0	87,4
AGO	N	2,4	234,4	8,0	63,6	26,1	21,9	31,8	84,9
SET	N	2,8	218,6	7,0	57,5	26,6	22,4	32,3	82,3
OUT	N	3,0	222,4	5,0	53,8	26,9	22,4	32,9	80,2
NOV	N	2,9	189,5	5,0	71,1	26,9	22,6	32,6	80,0
DEZ	N	2,4	166,3	10,0	119,7	26,2	22,3	31,7	83,1
<b>ANO</b>	<b>N</b>	<b>2,1</b>	<b>2.031,6</b>	<b>178,0</b>	<b>2.118,9</b>	<b>26,0</b>	<b>22,2</b>	<b>31,2</b>	<b>85,9</b>

\*Todos os valores nessa tabela, tanto mensais quanto anuais, são valores médios, ou seja, normais. Os totais anuais, ou médias anuais, de insolação, do número de dias de chuva e de precipitação são iguais à soma das médias mensais.



**Tabela 2.2** – Estação 82181 – Monte Alegre (mais próxima de Santarém): Médias mensais das variáveis meteorológicas no período de 1981-2010. Fonte: Dados da base do INMET\*.

Mês	Direção do Vento (graus)	Velocidade do Vento (m/s)	Evapotranspiração BH		Insolação (horas)	Precipitação		Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa (%)
			Potencial (mm)	Real (mm)		Número de dias	Lâmina (mm)		
JAN	5,2	3,3	150,6	95,0	169,8	15	298,9	26,5	73,5
FEV	4,7	3,1	123,7	123,7	138,3	18	277,8	26,0	76,9
MAR	4,7	3,1	134,5	128,9	141,4	20,4	331,8	26,1	78,1
ABR	4,4	2,8	131,8	131,8	141,5	21,7	261,8	26,2	79,1
MAI	4,3	2,8	135,9	135,9	157,8	20,3	130,6	26,4	78,7
JUN	4,9	3,0	137,8	133,3	206,6	15,5	44,9	26,4	74,4
JUL	4,8	3,1	150,7	141,7	239,6	9,8	30,2	26,6	70,3
AGO	4,9	3,7	170,2	100,7	264,3	5,6	65,5	27,3	67,0
SET	5,0	4,1	171,9	35,9	250,9	4,3	101,3	27,9	64,3
OUT	5,4	4,2	181,0	58,1	244,5	2,9	177,3	28,2	63,6
NOV	5,6	4,1	170,8	40,4	207,5	4,1	226,5	27,9	65,7
DEZ	5,0	3,7	154,0	128,6	197,2	7,8	272	27,4	68,4
<b>ANO</b>	<b>4,9</b>	<b>3,4</b>	<b>1.813,0</b>	<b>1.254,2</b>	<b>2.359,3</b>	<b>144,4</b>	<b>2.218,6</b>	<b>26,9</b>	<b>71,6</b>

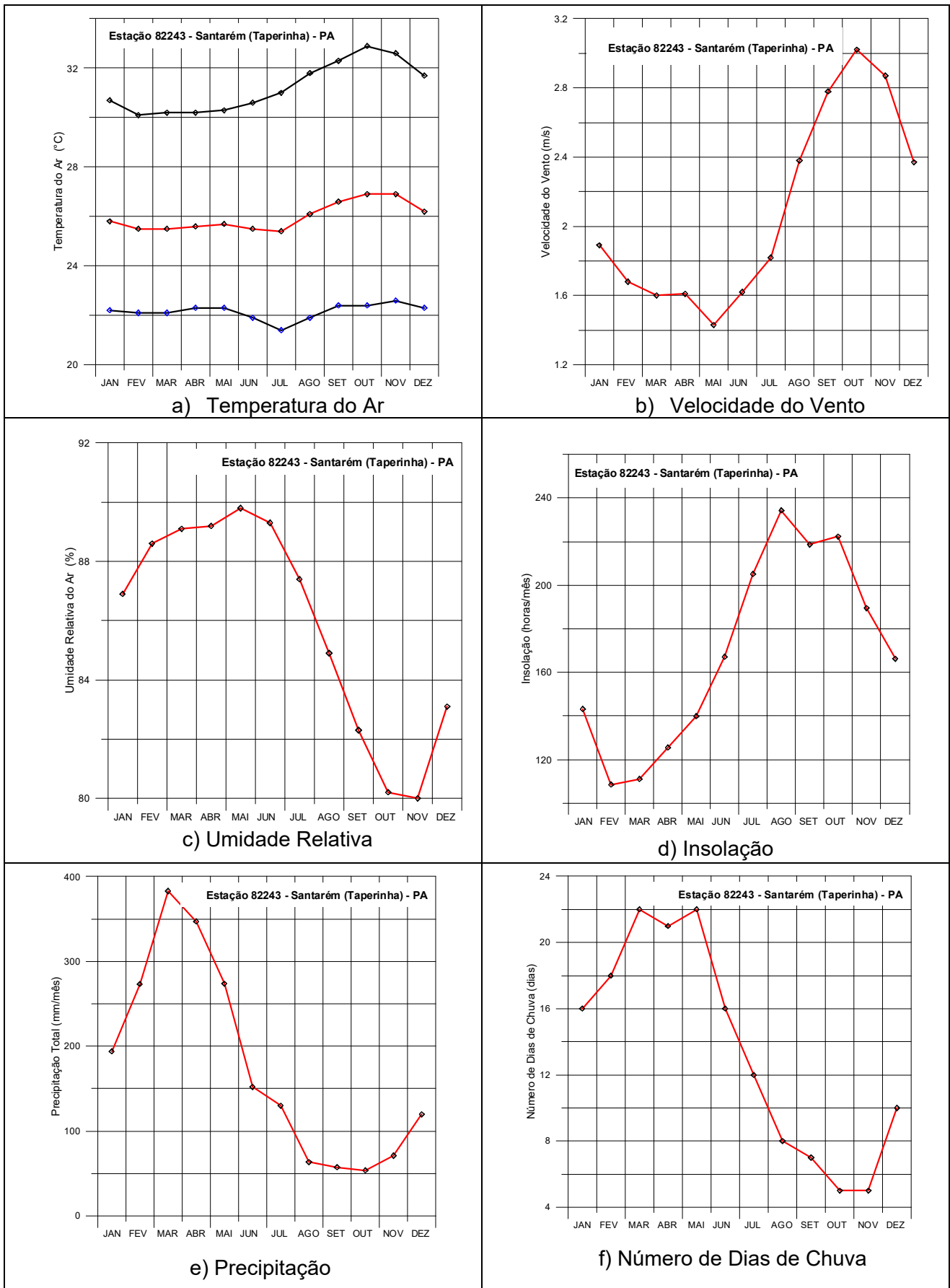
\*Todos os valores nessa tabela, tanto mensais quanto anuais, são valores médios, ou seja, normais. Os totais anuais, ou médias anuais, de evapotranspiração, de insolação, do número de dias de chuva e de precipitação são iguais à soma das médias mensais.

### 2.1.2 - Temperatura

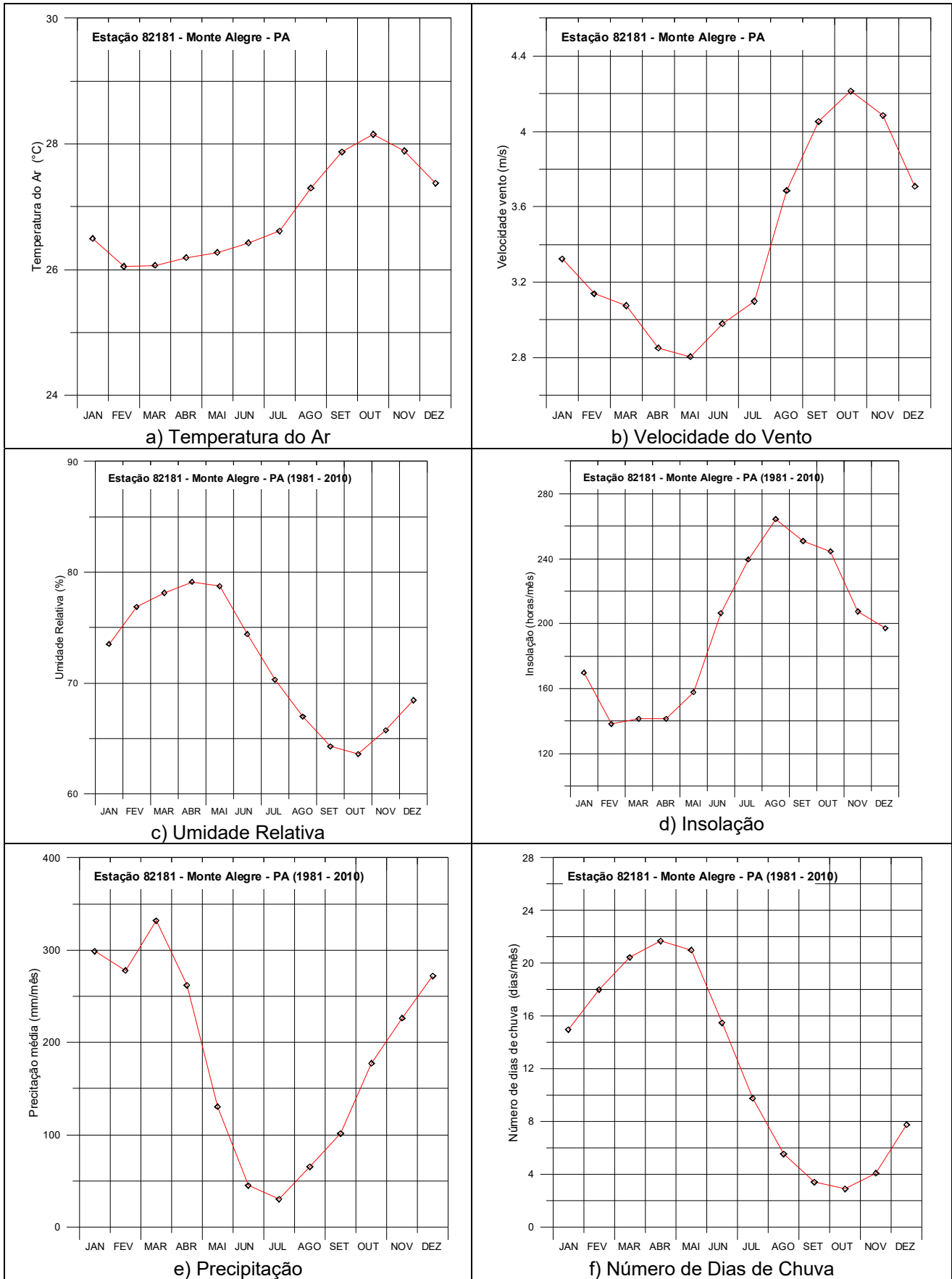
De acordo com as Normais Climatológicas de 1961-1990, as temperaturas médias mensais em Santarém oscilam aproximadamente entre 25,4°C em julho a 26,9°C, em outubro e novembro (**figura 2.1a**). As médias das mínimas permanecem pouco acima de 22°C durante todo o ano, enquanto que as médias das máximas variam de 30,1°C em fevereiro, no período chuvoso, a 32,9°C em outubro, no período seco, com uma média anual de 31,2°C (**tabela 2.1**). Nos 30 anos mais recentes (**figura 2.2a**) somente são apresentadas as temperaturas médias mensais, que possuem média de 26,3°C no período chuvoso (janeiro a junho) e média de 27,5°C no período seco (julho a dezembro). A média anual foi de 26,9°C (**tabela 2.2**).

### 2.1.3 - Ventos

A direção normal predominante dos ventos em Santarém no período de 1961-1990 (**tabela 2.1**) é N, com intensidade média variável de 1,4 m/s no final do período chuvoso, a 3,0 m/s em outubro, registrando uma média anual de 2,1 m/s. No período de 1981 a 2010 (**tabela 2.2**) o comportamento médio dos ventos na Estação de Monte Alegre apresentou maior intensidade do que nos 30 anos anteriores em Santarém (Taperinha), variando em intensidade de 2,8 m/s (maio) a 4,2 m/s (outubro) e apresentando média anual de 3,4 m/s. Em ambos os períodos a distribuição mensal da intensidade dos ventos segue o mesmo padrão, com mínima em maio e máxima em outubro (**figuras 2.1b e 2.2b**).



**Figura 2.1** – Variáveis meteorológicas condicionantes do clima em Santarém (Estação 82243 - Taperinha) segundo as Normais Climatológicas 1961-1990 (INMET, 2009).



**Figura 2.2** – Variáveis meteorológicas condicionantes do clima em Monte Alegre (Estação 82181 – Monte Alegre), no período de 1981-2010. Fonte: Dados da base do INMET.

#### **2.1.4 - Umidade Relativa**

Em Santarém (Taperinha) as normais 1961-1990 de umidade relativa do ar (**figura 2.1c**) variam em torno de 80% no mês mais seco (novembro) a 90% no mês de maio. Nos 30 anos mais recentes (1981-2010) essa variação em Monte Alegre, no período seco (outubro) foi de 63,6% e de 79,1% no período chuvoso, em abril. Com defasagem de 30 dias, mantém-se, portanto, o mesmo padrão de distribuição mensal da umidade relativa do ar nos dois períodos de 30 anos considerados.

#### **2.1.5 - Insolação**

A insolação média mensal, de acordo com as normais de 1961-1990 em Santarém (Taperinha), oscilou entre 108,5 horas (em fevereiro) e 234,4 horas (em agosto), com média anual de 2031,6 horas (**tabela 2.1**). Nos 30 anos mais recentes (1981-2010) essa variação, na Estação de Monte Alegre, oscilou de 138,3 horas (em fevereiro) a 264,3 horas (em agosto), sendo a média anual igual a 2.376,2 horas (**tabela 2.2**). O padrão de distribuição mensal (**figuras 2.1d e 2.2d**) é o mesmo em ambos os períodos de 30 anos considerados, com mínimos no trimestre chuvoso (fevereiro a abril) e máximos no trimestre seco (agosto a outubro).

#### **2.1.6 - Precipitação**

Os totais mensais das precipitações normais do período de 1961-1990 em Santarém (Taperinha) (**tabela 2.1**) estão compreendidos entre 53,8 mm (outubro) e 382,9 mm (março), com uma média anual de 2.118,9 mm, dos quais 77% (1.623,2 mm) precipitam no primeiro semestre e 23% (495,7 mm) no segundo semestre. O trimestre mais chuvoso vai de fevereiro a abril, com ocorrência de 47% das chuvas totais anuais e o mais seco de agosto a outubro. No período de 1981-2010 (**tabela 2.2**) as médias mensais em Monte Alegre variam de 30,2 mm (julho) a 331,3 mm (março), com total anual de 2.218,6 mm, ou seja, um total 4,5% superior ao das chuvas normais de 1961-1990 em Santarém. O trimestre mais chuvoso também vai de fevereiro a abril com ocorrência de 23% (metade das chuvas normais de Santarém) e estranhamente, com o período mais seco ocorrendo no trimestre de junho a agosto, ou seja, cerca de 2 (dois) meses antes do normal esperado.

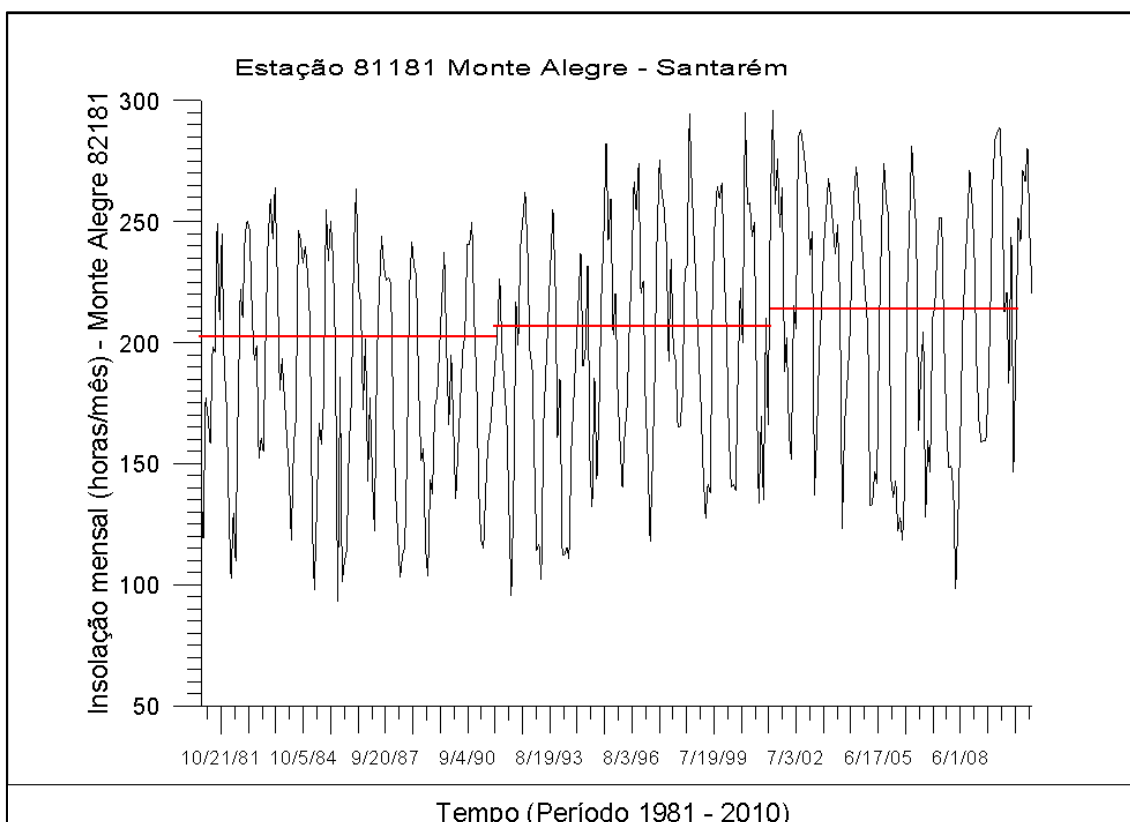
#### **2.1.7 - Número de Dias de Chuva**

O número médio anual de dias de chuva em Santarém (Taperinha), segundo as Normais Climatológicas de 1961-1990 (**tabela 2.1**), é de 178 dias, dos quais 115 (65%) no semestre chuvoso e 63 (35%) no semestre de estiagem. Já em Monte Alegre no período de 1981-2010 (**tabela 2.2**), embora tenha chovido 4,5% mais do que no período de 1961-1990, o número médio de dias de chuva é 19% menor e igual a 144 dias, sendo 111 dias (77%) no semestre chuvoso e 33 dias (23%) no semestre de estiagem.

### 2.1.8 - Evapotranspiração

Dados de evapotranspiração existentes apenas para a Estação de Monte Alegre, no período de 1981-2010 (**tabela 2.2**), segundo balanço hídrico da rede do INMET, indicam evapotranspiração potencial média anual de 1.813 mm (5,0 mm/dia) e média anual de 1.254,2 mm (3,4 mm/dia) para a evapotranspiração real.

Esses dados de evapotranspiração da base de dados do INMET na estação de Monte Alegre, só contemplam o último decênio da série de 30 anos no período de 1981 – 2010, e ainda assim, dentro dele, apenas períodos de 5 a 6 anos. Com o objetivo de dar uma ideia das médias mensais e da média anual de dados disponíveis de ETP e ETR nesse período, suas médias foram incluídas na **tabela 2.2**, mas os dados não permitem fazer uma análise satisfatória dos períodos de maior e de menor evapotranspiração. Essa análise, todavia, pode ser feita indiretamente, usando os dados disponíveis de insolação mensal, que embora também incompletos, estão disponíveis nas 3 (três) décadas do período de 1981-2010. Isto é possível porque na fórmula de Penman a evapotranspiração é diretamente proporcional à energia radiante, que por sua vez está diretamente ligada à insolação. A **figura 2.3** mostra que os valores médios são crescentes de uma década para outra.



**Figura 2.3** - Ilustração da tendência de aumento da insolação mensal na Estação 81181 Monte Alegre – PA (a mais próxima de Santarém).

Os valores de insolação mensal da base de dados do INMET cobrem 93,3% (112/120) meses, na década de 1981-1990; 88,3% (106/120) meses na década de 1991-2000 e 95,8% (115/120) na década de 2001 – 2010. As médias desses valores, em escala decenal, indicam que a insolação aumenta 4,3% da

primeira para a segunda década e 7,6% da segunda para a terceira, conforme se observa na **tabela 2.3**. Portanto, esse resultado sugere um aumento da evapotranspiração local, consistente com a tendência de aquecimento global.

**Tabela 2.3** – Variação decenal da insolação mensal na Estação 81181 Monte Alegre - PA no período 1981-2010.

Decênio	Número de meses	Insolação (horas/mês)		
		Mínima	Máxima	Média
1981-1990	112	93,00	263,90	186,36
1991-2000	106	95,60	295,00	194,40
2001-2010	115	98,40	295,80	209,25

## 2.2 - Relevo

De acordo com o Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Oeste do Estado do Pará (EMBRAPA, 2010), o relevo da folha de 15 minutos da região de Santarém é marcado principalmente por três unidades morfoestruturais, as quais estão representadas pela Planície Amazônica, pelo Planalto Rebaixado da Amazônia e pelo Planalto Tapajós-Xingu, conforme pode ser observado na **figura 2.4**. As áreas ocupadas e as faixas de altitude dessas unidades na folha de 15 minutos foram obtidas por meio do modelo digital do terreno (MDT).

A **Planície Amazônica** bordejia os rios Tapajós e Amazonas e constitui as áreas de várzea, temporariamente submetidas às inundações desses rios. Representa uma planície fluvial, levemente alçada em relação à lâmina d'água, possuindo as menores altitudes regionais, geralmente próximas de 10 m, podendo chegar até 20 m. Compreende depósitos aluviais, atuais e subatuais, com predomínio de argilas e areias. Essa unidade de relevo cobre 12 km<sup>2</sup> na área de estudo e na área da folha ocupa um total de 423 km<sup>2</sup>, incluindo 287 km<sup>2</sup> de massa de água dos rios Tapajós e Amazonas e 136 km<sup>2</sup> de ilhas fluviais e faixas de aluviões adjacentes.

O **Planalto Rebaixado da Amazônia** representa uma superfície intermediária entre a planície supramencionada e o Planalto Tapajós-Xingu. Está bem caracterizado dentro da folha de 15 minutos por uma faixa que se desenvolve de Sudeste para Noroeste passando pelo Sul da área de estudo e ocupando grande parte do setor Oeste da folha. Com cotas compreendidas entre 20 m e 100 m, ocupa 203 km<sup>2</sup> na área da folha de 15 minutos e 58 km<sup>2</sup> na área de estudo.

O **Planalto Tapajós-Xingu** é a feição morfológica dominante na porção Centro-Sul da folha de 15 minutos, com área de 131 km<sup>2</sup>, dos quais apenas 4 km<sup>2</sup> inseridos na área de estudo. Este planalto se desenvolve em cotas situadas entre 100 e 200 metros de altitude, que são as mais elevadas da região. Caracteriza-se por elevações de topo plano, com superfície tabular erosiva, conhecida como platôs.

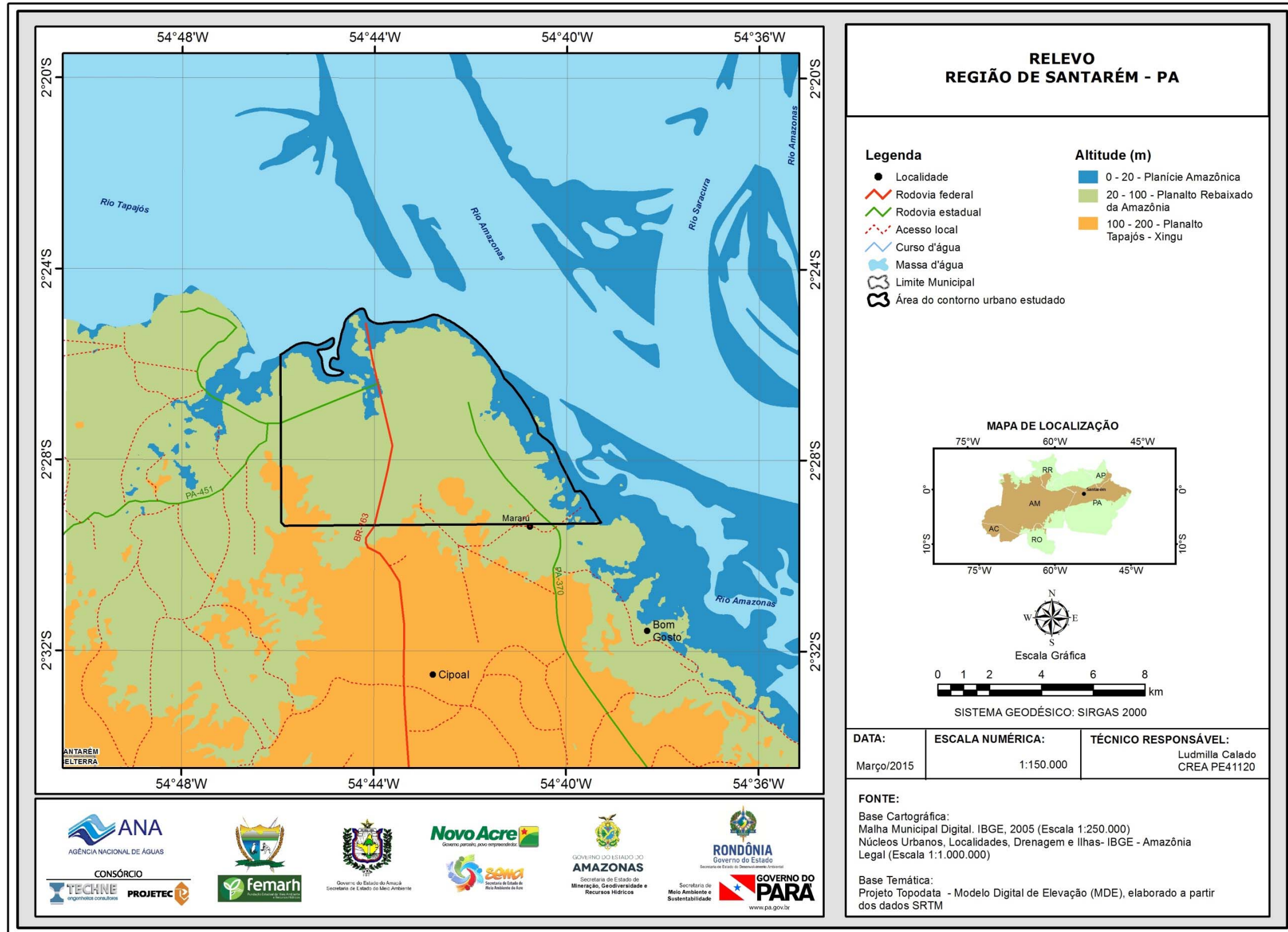


Figura 2.4 – Relevo da região de Santarém - PA.

### 2.3 - Hidrografia

Toda a porção Norte da folha de 15 minutos da região de Santarém, 362 km<sup>2</sup> (48% da área), é ocupada pelas águas dos rios Tapajós, Amazonas e Saracura, os quais reunidos ocupam uma área de 235 km<sup>2</sup>; e pelas baixadas com várzeas aluviais e ilhas fluviais cuja área corresponde a 127 km<sup>2</sup> (**figura 2.5**). A confluência dos rios Tapajós e Amazonas se encontra na altura do setor oeste da cidade de Santarém.

A rede de drenagem da folha, devido ao relevo plano e fracas declividades do terreno em cada um dos 3 (três) níveis de aplainamento, descritos no **item 2.2** (Planície Amazônica, Planalto Rebaixado da Amazônica e Planalto Tapajós-Xingu) é descontínua e incipiente. Além dessas características morfométricas, que contribuem para o espalhamento das águas superficiais e dificultam a sua concentração nos talwegues, a natureza arenosa da Formação Alter do Chão deve conferir à superfície do terreno uma boa permeabilidade, favorecendo a infiltração. Isso explica a ausência de desenvolvimento do escoamento superficial canalizado e faz com que a malha hídrica existente na região de Santarém seja composta por inúmeros igarapés e rios de pequeníssimo porte, muitos deles, como mostra a **figura 2.5**, descontínuos e restritos a setores isolados, principalmente na região do Planalto Tapajós-Xingu, no Sul da folha.

Para facilitar a compreensão e melhor ilustrar a drenagem superficial da região, foram traçados os interflúvios das microbacias hidrográficas usando técnicas de geoprocessamento mediante análise do modelo digital do terreno.

No setor Leste da área de estudo os cursos d'água gerados nos domínios da Planície e do Planalto Rebaixado escoam para o rio Amazonas, enquanto que na parte norte-noroeste, tanto da folha de 15 minutos quanto da área de estudo, nesses os igarapés escoam para o rio Tapajós.

No Centro-Sul da área da folha de 15 minutos, no domínio do Planalto Tapajós-Xingu, as águas superficiais não chegam a alcançar diretamente pela superfície os grandes rios, posto que se espalham e se acumulam nas depressões existentes na superfície desse domínio, a partir de onde se infiltram e vão contribuir para o escoamento subterrâneo do aquífero Alter do Chão, que na área da folha representa 1/3000 da área da PHA e se caracteriza como um aquífero suspenso, cujas águas subterrâneas escoam para os rios Tapajós e Amazonas caso não sejam captadas por poços existentes em exploração.

Na zona oeste a rede de drenagem superficial se desenvolve fora da área de estudo e escoam diretamente para o rio Tapajós.



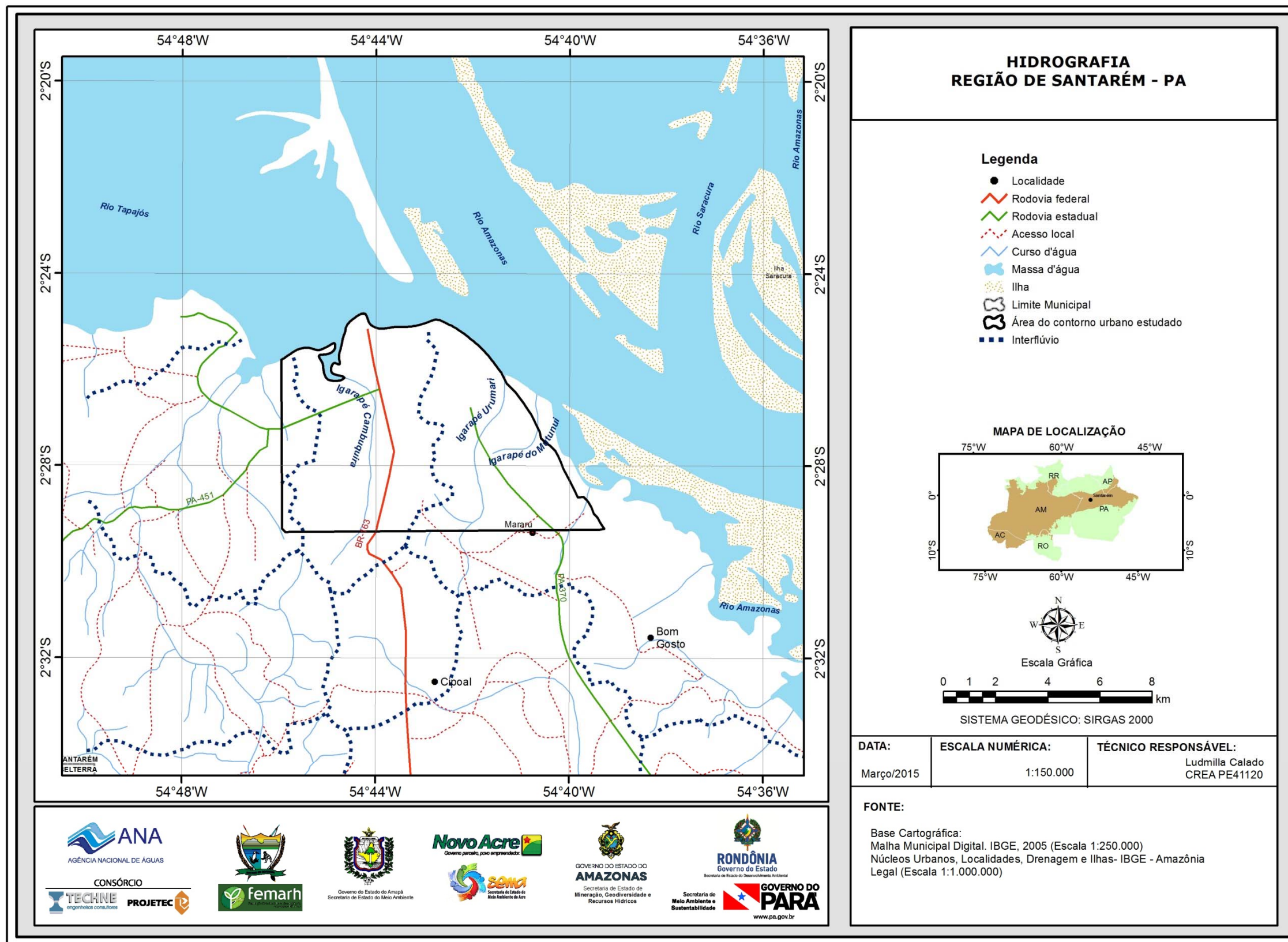


Figura 2.5 – Hidrografia da folha de 15 minutos da região de Santarém - PA.

## 2.4 - Solos

De acordo com o Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Oeste do Estado do Pará (EMBRAPA, 2010), há uma predominância de solos do tipo Latossolos, Argissolos, Neossolos e Gleissolos no município de Santarém.

A caracterização dos solos na folha de 15 minutos da região de Santarém (**figura 2.6**) se baseia no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), através do qual é possível verificar as seguintes classes de solos:

- **Gleissolo Háptico Tb Eutrófico - GXbe:** encontrado nas várzeas das ilhas fluviais, pois é característico de áreas alagadas ou sujeitas a alagamento, como margens de rios, ilhas e grandes planícies. Possui cor acinzentada, azulada ou esverdeada, dentro de 50 cm da superfície. Sua fertilidade está relacionada a condições de drenagem, podendo ser alta ou baixa. Tem representação insignificante (0,48 km<sup>2</sup>) na área de estudo, mas cobre uma superfície de 47 km<sup>2</sup> (6%) dentro da folha, no domínio da planície amazônica;
- **Latossolo Amarelo Distrófico - LAd:** correspondem a solos muito intemperizados, profundos e de boa drenagem, caracterizados pela grande homogeneidade de características ao longo do perfil e baixa fertilidade natural, em sua maioria. Em geral, são cultivados com grande variedade de lavouras. Ocupam uma superfície de 107 km<sup>2</sup> (14%) dentro da folha e não ocorrem na área de estudo;
- **Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico - PVAd:** presente em todo domínio da área de estudo (74 km<sup>2</sup>) e na área da folha de 15 minutos, ocupam 195 km<sup>2</sup> (26%). Esses solos possuem profundidade variável, mas em geral são pouco profundos. Apresentam como característica principal o aumento de argila do horizonte superficial A para o subsuperficial B, que é do tipo textural (Bt), geralmente acompanhado de boa diferenciação também de cores e outras características. As cores do horizonte Bt variam de acinzentadas a avermelhadas e as do horizonte A, são sempre mais escurecidas;
- **Neossolo Quartzarênico Órtico - RQo:** derivados de arenitos da Formação Alter do Chão. Ocorre a Oeste da área de estudo, ao longo da margem do rio Tapajós, cobrindo uma superfície de 77 km<sup>2</sup> (10%) dentro da folha de 15 minutos e 0,05 km<sup>2</sup> na área de estudo. Esses solos não apresentam restrições quanto ao uso e manejo;
- **Neossolo Flúvico Ta Eutrófico - RYve:** tem natureza muito variada, dependendo fortemente das características dos sedimentos aluviais responsáveis pela sua origem. Não estão presentes na área de estudo, mas dentro da folha de 15 minutos ocupam 43 km<sup>2</sup> (6%) nas ilhas fluviais que margeiam o rio Saracura.

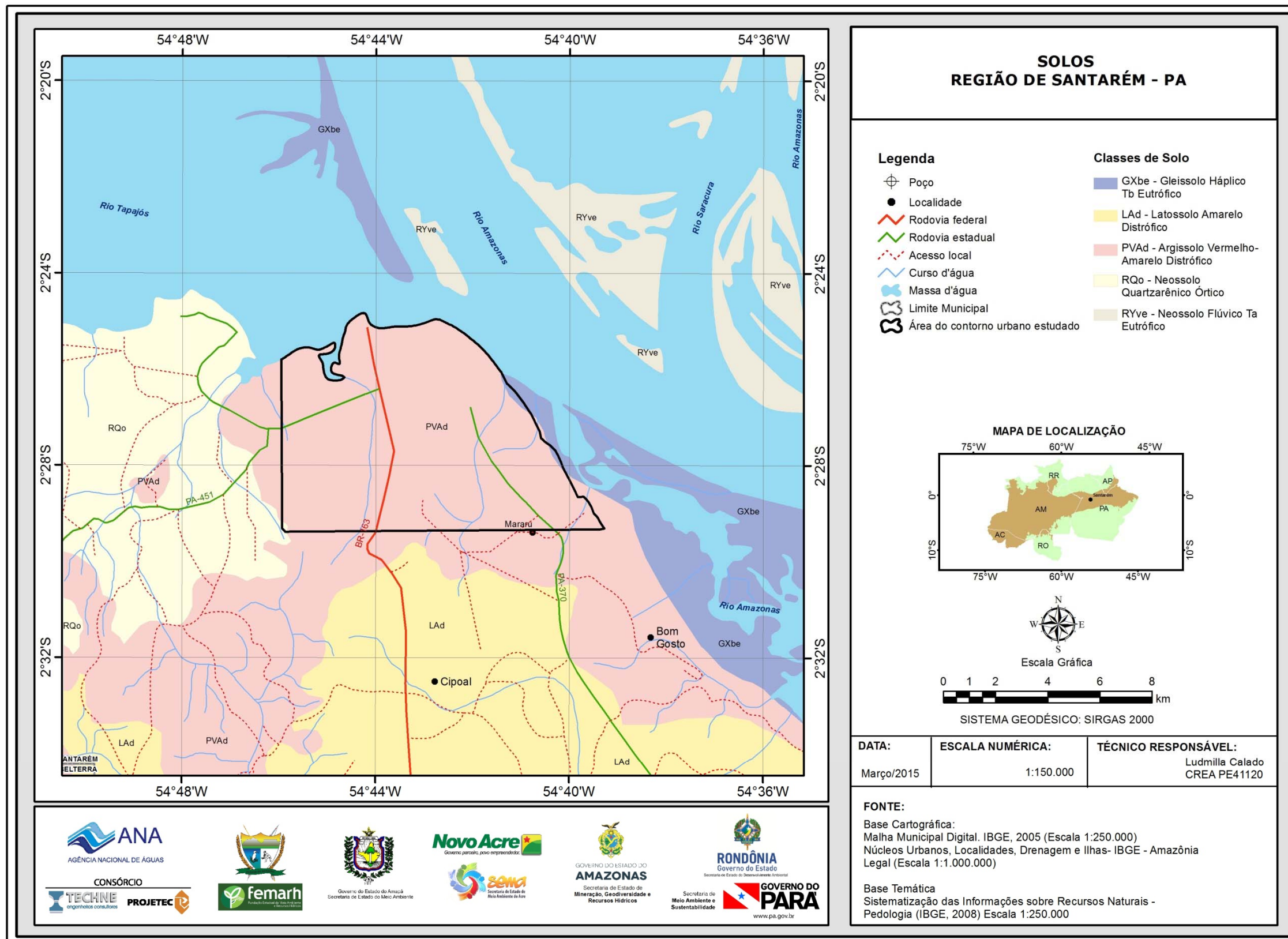


Figura 2.6 - Classes de Solos da região de Santarém – PA.

## 2.5 - Vegetação

De acordo com a classificação encontrada em Veloso (1991), o Estado do Pará possui seis regiões fitoecológicas: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, Campinarana e Savana.

Segundo classificação descrita em IBGE (1996), a vegetação natural da região de Santarém (**figura 2.7**), representada na folha de 15 minutos, contempla as seguintes unidades:

- **Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas** - formação que recobre os tabuleiros terciários, e os terraços que sucedem a faixa aluvial ao longo dos rios e das grandes planícies interioranas, tendo por condição básica não ultrapassar a cota dos 100 m de altitude. Possui plantas comuns ao aluvião (várzea) e aos terraços (terra firme), o que sugere uma mata de transição. Essa unidade ocorre em 5% do território da folha (36 km<sup>2</sup>), dos quais apenas 2 km<sup>2</sup> (0,3%) estão inseridos no setor Sudoeste da área de estudo;
- **Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas Dossel Emergente** - nesta formação, as copas das árvores são irregulares e ocupam diferentes alturas, geralmente ocorre nas partes mais elevadas do terreno, onde o relevo pode apresentar formas diversas, desde o forte ondulado até os planaltos. O solo apresenta descontinuidade na superfície, principalmente quanto ao encharcamento, característica esta que proporciona maior heterogeneidade na composição florística, além de favorecer o desenvolvimento desigual dos indivíduos. Ocorre em 3% do território da folha (24 km<sup>2</sup>), mas sem representação na área de estudo;
- **Formações Pioneiras com influência fluvial e/ou lacustre** - formações que ocupam solos em processo incipiente de formação, situação que nem sempre indica que estas áreas estejam no caminho da sucessão para o clímax da região circundante. Este é o caso da vegetação instalada nos solos cujo modelado é de colmatação, seja por influência puramente fluvial (várzeas atuais, terraços) ou fluviolacustre. Constituem os terrenos aluviais sujeitos ou não a inundações periódicas. A vegetação que se instala nesses ambientes varia de acordo com a intensidade e duração da inundação, apresentando fisionomia arbustiva ou herbácea. Abrange 13% (97 km<sup>2</sup>) da região delimitada pela folha, mas sem representação significativa (0,11 km<sup>2</sup>) na área de estudo.

A área de estudo da cidade de Santarém, abrange 74 km<sup>2</sup>, dos quais 46 km<sup>2</sup> (62%) estão ocupados por áreas urbanas e suas periferias; e 35% (26 km<sup>2</sup>) por vegetação secundária sem palmeiras (**figura 2.7**). De acordo com o Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Oeste do Estado do Pará (EMBRAPA, 2010), a região encontra-se bastante descaracterizada no tocante a representatividade de florestas primárias, devido basicamente à exploração seletiva de madeira.

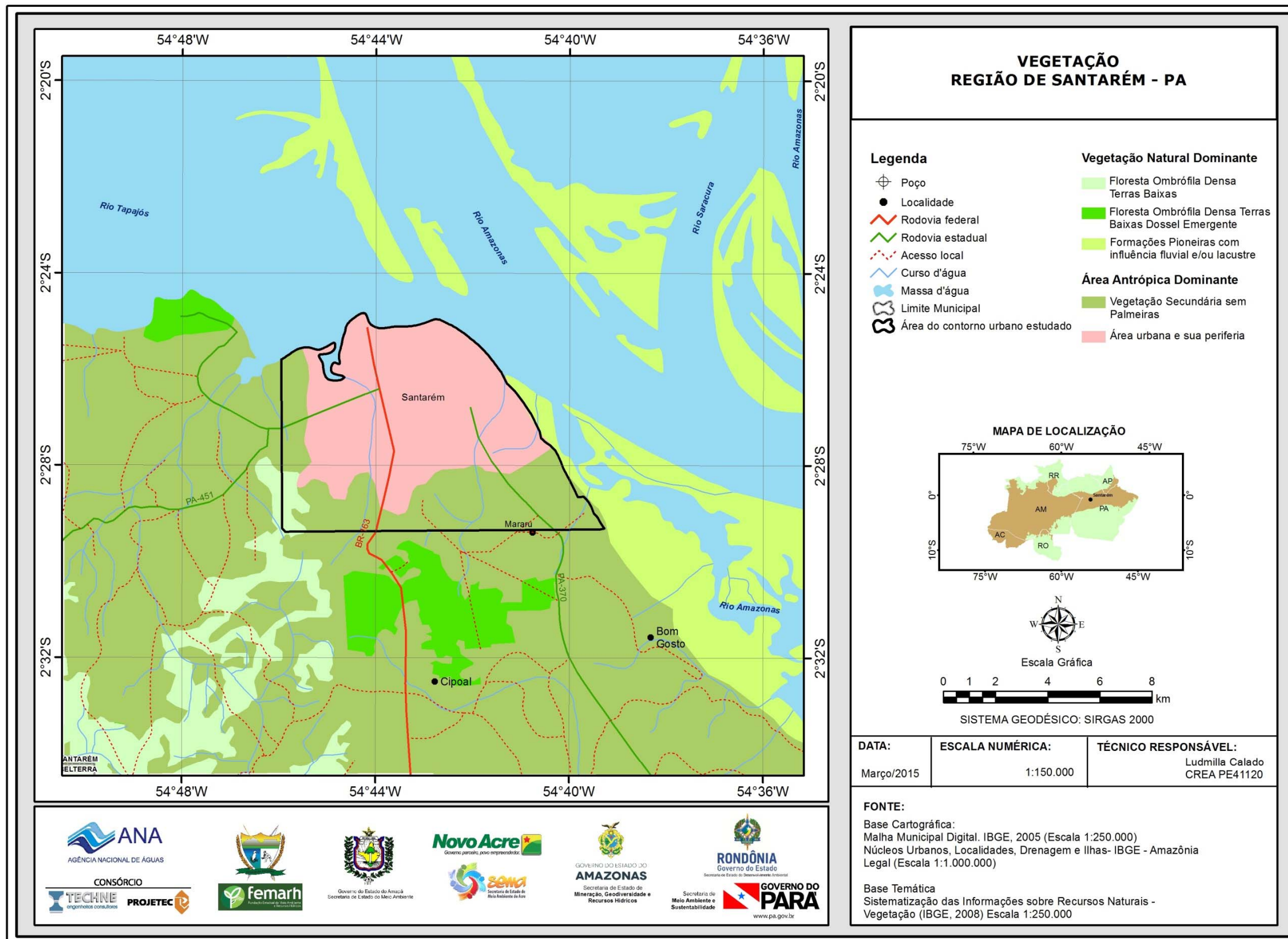


Figura 2.7 - Classes de vegetação da região de Santarém – PA.

## 2.6 – Influência do Intemperismo Químico Regional na Qualidade das Águas Subterrâneas da Província Hidrogeológica Amazonas - PHA

As considerações a seguir, derivadas de Snoeyink & Jenkins (1980), ajudam a entender a formação da composição química dos tipos de águas naturais oriundas de precipitações e, por esse motivo, são úteis para a interpretação dos resultados das análises físico-químicas realizadas na PHA e também na cidade piloto de Santarém.

Como parte do ciclo hidrológico a água que evapora dos oceanos é transportada para o interior dos continentes. O vapor d'água, durante a sua passagem através da baixa atmosfera, tem a possibilidade de entrar em equilíbrio com os gases ali existentes, cuja composição média está sujeita a variações consideráveis, principalmente de alguns constituintes menores, tais como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ), etc. que são produtos de processos de combustão e estão associados com a poluição do ar, em comunidades urbanas e industriais.

Quando precipita sobre a superfície do terreno, a água da chuva entra em contato com rochas, sedimentos, solos, áreas urbanas, animais e plantas. Desse contato decorrem reações químicas que posteriormente modificam a composição da água. As reações químicas dos ácidos da água da chuva ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  e  $\text{NO}_x$ ) com os minerais constituintes das rochas alteram esses minerais através de um processo chamado de **intemperismo químico**. Trata-se de um processo que depende exclusivamente da água.

Os fatores condicionantes deste processo são inúmeros, começando pelo clima, marcado por altas temperaturas e alta pluviosidade associadas a uma vasta cobertura vegetal, incluindo ainda relevo, circulação de água, condições de Eh e pH, variações no nível freático e, sobretudo, tempo de atuação desses fatores.

Na PHA esse processo vem atuando sobre as formações cenozoicas, nas quais se encontram os principais aquíferos, desde o Neomioceno até os dias atuais, ou seja, há milhões de anos, e dele resultaram como produtos: resíduos e solutos.

- **Resíduos:** são elementos “insolúveis” em água, tais como  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$  que dão origem a depósitos de bauxita e laterita, respectivamente, além do quartzo que resulta em areia;
- **Solutos:** são elementos móveis em solução: Na, K, Ca, Mg, Cl,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{HCO}_3$ , que são lixiviados no processo de intemperismo e quase totalmente (99%) transportados pelos rios, daí porque é de se esperar que na PHA esses íons não mais existam em quantidade significativa nos sedimentos e que hoje estes provenham, sobretudo, da água da chuva e de influências antrópicas, já que todas as amostras foram coletadas em zonas urbanas na PHA.

Portanto, a origem desses solutos nas águas subterrâneas dos aquíferos da PHA, nos quais predominam materiais arenosos, provavelmente pouco se deve ao processo de intemperismo, que praticamente já está consumado. As baixas concentrações se devem ao fato de os íons provirem quase totalmente da chuva.

Em Santarém, assim como em toda a PHA, as águas subterrâneas apresentam baixos teores de STD, CE, Ca, Mg, K, Na, CO<sub>3</sub> e HCO<sub>3</sub>, mas possuem altos teores de ferro, que afetam 7% das amostras na primeira campanha e 3% na segunda, de forma a ultrapassar o VMP de potabilidade da Portaria MS 2914/2011.

Por outro lado, a presença desses teores de ferro na água subterrânea não se deve diretamente ao intemperismo, pois este não gera ferro solúvel e sim à dissolução do Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> existente na laterita (39,34% em peso) pela água de infiltração oriunda da chuva, que possui pH ácido e conforme avaliação de Forti & Moreira-Nordemann (1991) variável na região de floresta de terra firme de 4 a 5,3 na região Amazônica. Santos *et al.* (1981) também verificaram que nas águas dos caules das árvores o pH variou de 5 a 7 e do lençol freático de 3 a 4.

Isso ocorre porque a água da chuva rica em O<sub>2</sub>, em interação com o CO<sub>2</sub> da atmosfera, adquire caráter ácido e em contato com o solo, onde a respiração das plantas pelas raízes e a oxidação da matéria orgânica (processos redox) enriquecem o ambiente em CO<sub>2</sub>, diminuindo ainda mais o seu pH (Teixeira *et al.*, 2000).

## **3 – Geologia**



### 3.1 – Estrutura e Tectônica

Na região de Santarém, a estrutura geológica se desenvolve sob a forma de blocos de direção NNE-SSW, dentre os quais se encontra o bloco denominado Tapajós, onde estão situadas a cidade de Santarém e a área de estudo. Essa configuração estrutural foi esculpida durante a sedimentação da Formação Alter do Chão em consequência de um tectonismo tafrogênico que afetou a bacia do Amazonas com o desenvolvimento de falhas transtensivas de gravidade de direção leste-oeste, formando numerosos *grabens* e *horsts* estreitos, mapeados sismicamente pela Petrobras.

O arcabouço estrutural do bloco Tapajós na região de Santarém segundo o relatório da geologia Volume II do Projeto PHA é baseado em dados sísmicos de reflexão, segundo Travassos & Barbosa Filho (1990), e reflete uma tectônica extremamente complexa, conhecida como “Tectônica Terciária”.

Ligadas a essa tectônica, outras feições estruturais bastante significativas na região de Santarém são representadas pela passagem do eixo da bacia do Amazonas, pouco ao sul da cidade e pela ocorrência de uma grande falha transcorrente principal que atravessa de oeste para leste, serpenteando a região em várias direções desde sudeste, a norte-nordeste e leste-nordeste, exibindo um padrão definido por Travassos & Barbosa Filho (1990) como *en échelon* transpressivo das falhas e dobras, como se observa na **figura 3.1**.

### 3.2 - Litoestratigrafia

A cidade de Santarém está situada na Bacia Sedimentar do Amazonas, nos domínios da Formação Alter do Chão, que aflora numa área de 397 km<sup>2</sup> equivalente a 53% da superfície da folha de 15 minutos da região de Santarém. Os 47% restantes da área da folha (359 km<sup>2</sup>) são ocupados pelas águas dos rios Tapajós e Amazonas (265 km<sup>2</sup>) e por aluviões holocênicos (94 km<sup>2</sup>), dos quais 49,1 km<sup>2</sup> em ilhas fluviais e 44,9 km<sup>2</sup> em faixas que não formam ilhas fluviais como mostra o mapa geológico da **figura 3.2**.

A litoestratigrafia da região de Santarém é caracterizada a partir da **tabela 3.1**, que apresenta a descrição litológica sumária dos poços estratigráficos da Petrobras perfurados em Alter do Chão (1-AC-1-PA) e em Belterra (1-BR-1A – PA), com profundidades de 3.579 m e 3.375 m, respectivamente, e não atingem o embasamento cristalino, que se encontra a cerca de 5.000 m. Ambos os poços se encontram localizados a cerca de 30 km do centro da área de estudo e do centro da folha de 15 minutos, ficando o poço de Alter do Chão na direção WSW e o poço de Belterra na direção SW (**figura 3.1**).

#### 3.2.1 – Depósitos Aluviais

Recobrimo o pacote cenozoico da Formação Alter do Chão ocorrem os depósitos aluvionares/coluvionares do Quaternário, constituídos de areias, siltes e argilas, com cascalhos subordinados, distribuídos ao longo das planícies de inundação dos principais cursos d'água, com destaque para os sedimentos argilosos que caracterizam a várzea do rio Amazonas. Na escala da folha de 15 minutos (**figura 3.2**) os sedimentos que constituem os depósitos aluviais do holoceno na planície Amazônica da região de Santarém são constituídos predominantemente de argila, argila siltosa e argila siltico-arenosa que são característicos das várzeas das ilhas fluviais existentes. A julgar por

essa litologia seriam destituídos de interesse como aquíferos, mas, fora das ilhas, podem conter camadas arenosas e serem interessantes como aquíferos.

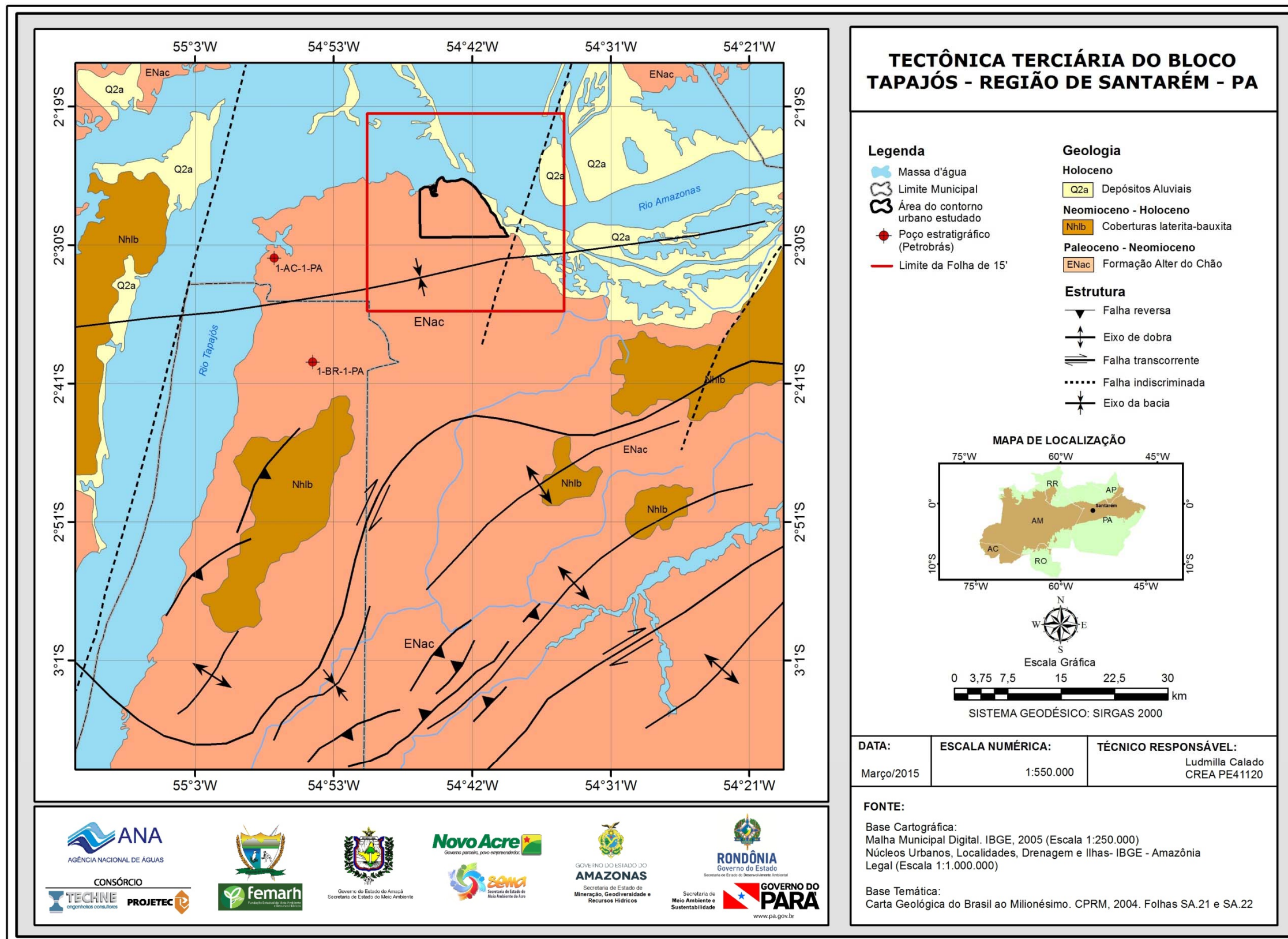


Figura 3.1 – Estrutura geológica ilustrando a tectônica terciária do bloco Tapajós e adjacências, na região de Santarém – PA. Extraído da Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo Folhas SA.21 Santarém e SA.22 Belém.

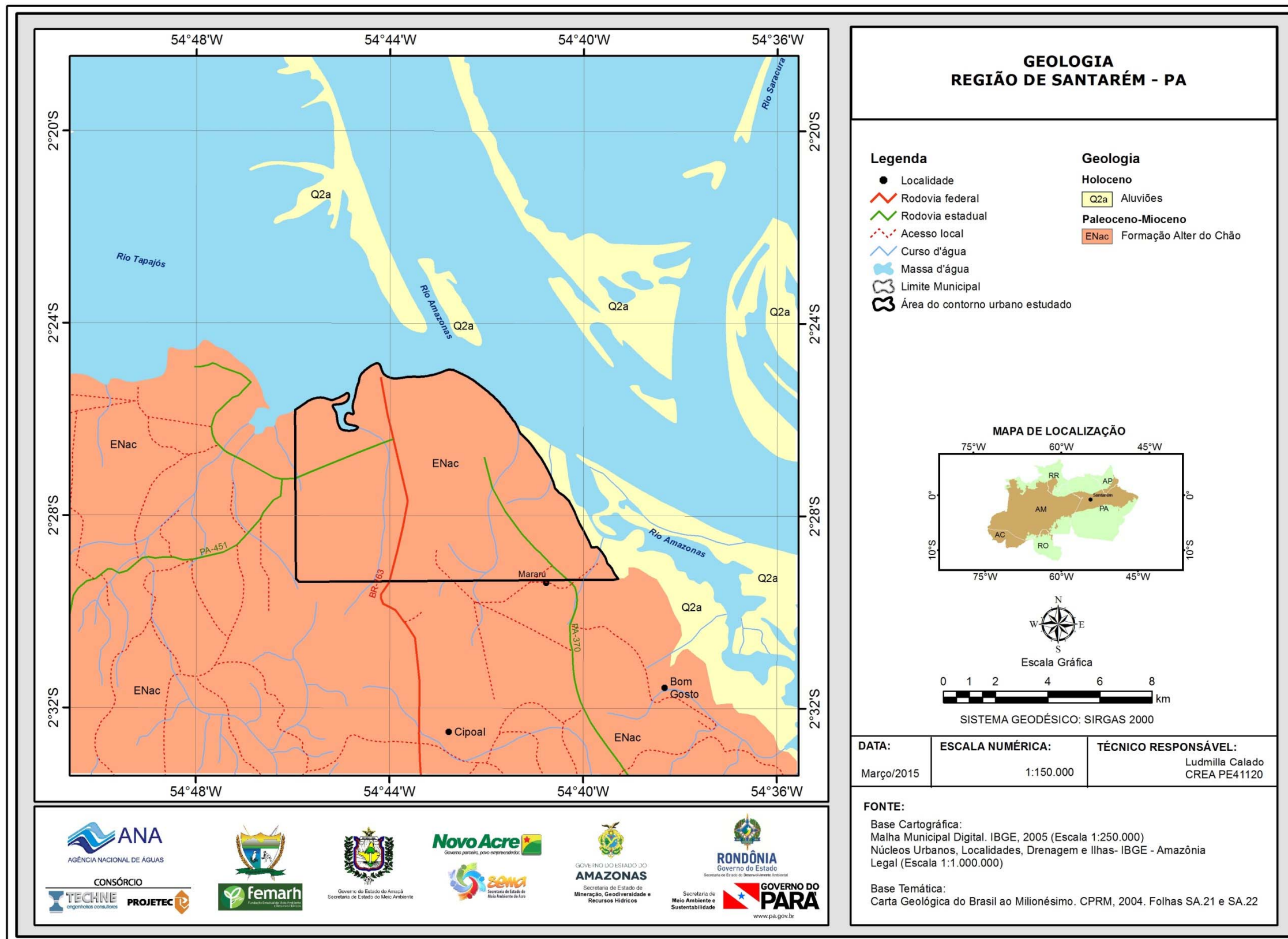


Figura 3.2 - Mapa geológico da folha de 15 minutos da região de Santarém – PA.

**Tabela 3.1 – Perfis litológicos dos poços estratigráficos da Petrobras perfurados na região de Santarém nas cidades de Belterra e Alter do Chão.**

<b>Poço 1-AC-1-PA – Alter do Chão – Profundidade 3.579 m (54° 58' 30" W; 2° 31' 14,99" S)</b>				
<b>Prof. (m)</b>	<b>Topo (m)</b>	<b>Formação</b>	<b>Espessura (m)</b>	<b>Litologia</b>
4	13	Alter do Chão	421	Arenitos (390), Argilito (31)
425	-407	Jazida da Fazendinha	110	Arenito (90), Argilito (30)
545	-517	Andirá	524	Arenito (238), Siltito (122), Folhelho (162), Argilito (2)
1059	-970	Soleiras	106	Metamórfica e Diabásios (106)
1156	-1152	Arari (?)	280	Halita, Anidrita, e Folhelho (271)
1436	-1418	Soleiras	129	Metamórfica e Diabásios (129)
1565	-1547	Nova Olinda	330	Halita, Calcilutitos, Folhelho, Siltito, Anidrita (324,5) e Arenito (5,5)
1915	-1987	Soleiras	44	Metamórfica e Diabásios (44)
1959	-1941	Nova Olinda	297	Halita, Anidrita, Folhelho, Siltito e Calcarenitos (297)
2256	-2238	Soleiras	24	Metamórfica e Diabásios (24)
2280	-2262	Nova Olinda	95	Anidrita, Siltito, Folhelho, Calcilutito, Calcarenitos (91) e Arenitos (4)
2375	-2357	Itaituba	328	Anidrita, Siltito, Calcilutito, Calcarenitos (311) e Arenitos (17)
2703	-2685	Monte Alegre	140	Folhelho (8), Siltito (38) e Arenitos (94)
2843	-2825	Urucuricaia	62	Folhelho (62)
2905	-2892	Dique	618	Metamórfica (47) e Diabásios (571)
3538	-3525	Curiri	80	Diamictito (80)
<b>Poço 1-BR-1A-PA – Belterra – Profundidade 3.376 m (54° 54' 4,14" W; 2° 38' 52,12" S)</b>				
<b>Prof. (m)</b>	<b>Topo (m)</b>	<b>Formação</b>	<b>Espessura (m)</b>	<b>Litologia</b>
7	159	Alter do Chão	441	Arenito (399), Argilito (42)
448	-289	Jazida da Fazendinha	155	Arenito (146), Argilito (9)
603	-444	Andirá	589	Arenito (300), Siltito (196), Folhelho (63), Anidrita (16)
1178	-1019	Soleiras	154	Metamórfica e Diabásios (154)
1346	-1187	Nova Olinda	374	Calcarenito, Calcilutito, Halita, Anidrita e Siltito (374)
1720	-1561	Soleiras	235	Metamórfica e Diabásio (235)
1955	-1796	Nova Olinda	227	Calcarenito, Calcilutito, Halita, Anidrita, Folhelho e Siltito (227)
2183	-2024	Soleiras	62	Metamórfica e Diabásio (62)
2245	-2086	Nova Olinda	440	Calcilutito, Calcarenito, Anidrita, Halita, Folhelho, Siltito (405) e Arenito (35)
2685	-2526	Itaituba	329	Calcilutito, Calcarenito, Anidrita, Halita, Folhelho, Siltito (294) e Arenitos (35)
3014	-2855	Monte Alegre	142	Folhelho, Siltito, Calcilutito (34) e Arenito (108)
3156	-2933	Urucuricaia	64	Folhelho (64)
3220	-2997	Faro	147	Folhelho (13), Siltito (19) e Arenito (115)
3367	-3208	Oriximina	14	Meta-Arenito (14)

### **3.2.2 – Formação Alter do Chão**

De acordo com o relatório de geologia da PHA (Volume II) a Formação Alter do Chão é constituída por clásticos continentais de idade Cenozoica (Paleoceno-Neomioceno), representados por arenitos caulínicos, finos a grossos, às vezes com níveis conglomeráticos. Intercaladas na sequência arenosa, ocorrem camadas argilosas, cuja coloração varia de avermelhada a mosqueada, esbranquiçada, creme e lilás, geralmente pouco consolidadas, às vezes contendo lentes de arenito friável. Da espessura total, no poço de Alter do Chão (421 m), 93% (390 m) são arenitos enquanto que no poço de Belterra (441 m) tem-se 90% (399 m) de arenitos. Vale notar que na área de estudo essa espessura é desconhecida e que esses poços se encontram a uma distância de 30 km a sudoeste de Santarém, estando, inclusive, fora da folha de 15 minutos, como foi visto na **figura 3.1**.

### **3.2.3 – Formação Jazida da Fazendinha**

Esta formação ocorre apenas em subsuperfície e a sua seção de referência (Volume II) é constituída de duas sequências compostas, respectivamente, de arenitos, arenitos conglomeráticos e folhelhos cinza, na base, e de folhelhos cinza esverdeados e vermelhos e espessos pacotes de arenito branco, na sequência superior. No poço de Alter Chão ocorre no intervalo de 425 a 535 m de profundidade, com 110 m de espessura e 74% (81 m) de arenitos. No poço de Belterra, aparece no intervalo de 448 a 603 m com 155 m de espessura dos quais 94% são arenitos.

Os arenitos das duas formações acima descritas, apresentam, por vezes, marcantes estruturas sedimentares, representadas por estratificações cruzadas acanaladas e cruzadas tabulares, de pequeno e médio portes. Também são encontrados seixos de coloração creme, branco leitoso e transparente, com diâmetro de até 2 cm, imersos em matriz arenosa. Essas rochas clásticas, que constituem os aquíferos, apresentam-se inconsolidadas ou pouco consolidadas e são de composição predominantemente quartzosa (Oliveira & Pastana, 1999).

Sob a Formação Jazida da Fazendinha, até as profundidades finais dos poços estratigráficos de Alter do Chão e Belterra, são encontradas no pacote sedimentar perfurado, as unidades litoestratigráficas que seguem. As descrições apresentadas são sumárias e baseadas apenas nos poços estratigráficos mencionados, que são os mais próximos (30 km) de Santarém. Detalhes relativos às seções tipo e à cronologia de cada uma dessas unidades são apresentados no Volume II, no âmbito da PHA.

### **3.2.4 - Formação Andirá**

Ocorre no intervalo de 535 a 1.073 m de profundidade, com 538 m de espessura no poço de Alter do Chão, sendo constituída de 238 m de arenitos (44%) distribuídos em 22 camadas com espessura média de 11 m. Os sedimentos argilosos intercalados são predominantes (54%) e se constituem de folhelhos (176 m), siltitos (114 m) e argilitos (10 m).

No poço de Belterra ocorre no intervalo de 603 a 1.346 m (incluindo diabásio e metamórfica), com espessura de 743 m, dos quais 286 m são de arenitos (38%), distribuídos em nada menos que 32 camadas com espessura média da

ordem de 9 m. As intercalações argilosas são compostas de 193 m de siltitos, 75 m de folhelhos e 16 m de anidrita, havendo ainda 150 m de diabásio e 23 m de metamórfica.

Apesar da relativa abundância de arenitos na Formação Andirá no poço de Alter do Chão (44%) e no poço de Belterra (38%), essa formação não deve ser considerada aquífera porque os arenitos se distribuem verticalmente em um grande número de camadas pouco espessas (9 a 11 metros de espessura média) intercaladas com folhelhos, siltitos, argilitos e até anidrita, que é indicativa da ocorrência de água salgada. Ademais, trata-se de uma formação cujo topo se encontra a grande profundidade, como já foi indicado.

### **3.2.5 – Formação Arari**

No poço de Belterra ocorre no intervalo de 1.156 a 1.152 m, sendo constituída de halita, anidrita e folhelhos. Essa formação se caracteriza por uma sedimentação cíclica, com clásticos continentais e presença de halita cristalobláscica com rede argilosa, indicando redeposição de sal em bacia fechada.

### **3.2.6 - Formação Nova Olinda**

Ocorre na base da Formação Andirá, sendo constituída, no poço 1-AC-1-PA, essencialmente de evaporitos, representados por halita e anidrita, além de folhelhos, siltitos e calcarenitos, essa formação se encontra atravessada por 4 (quatro) soleiras de diabásio intercaladas ao longo de 1.296 m. No poço de Belterra esses evaporitos e pelitos são atravessados por 3 (três) soleiras intercaladas ao longo de 1.492 m. A ocorrência de arenitos nessa formação não chega a 1% (9 m) no poço de Alter do Chão e é de apenas 2,3% (35 m) no poço de Belterra.

### **3.2.7 - Formação Itaituba**

Apresenta espessura de 328 no poço 1-AC-1-PA, sendo constituída de anidrita, silito, calcilutito e calcarenitos em 95% do perfil (311 m) e os 5% restantes compostos de arenitos (17 m). No poço 1-BR-1A-PA a espessura dessa formação é praticamente a mesma (329 m), porém com 89% de evaporitos, siltitos e calcarenitos (294 m) e 11% de arenitos (35 m).

### **3.2.8 - Formação Monte Alegre**

Com espessura de 132 m no poço de Alter do Chão e de 142 m no poço de Belterra, essa formação é predominante arenosa, com 71% (94 m) em Alter do Chão e 76% (108 m) em Belterra. Trata-se, portanto, de uma formação que pode ser considerada aquífera, porém totalmente destituída de interesse hidrogeológico na região de Santarém em face da grande profundidade do seu topo: cerca de 2.700 m no poço de Alter do Chão e 3.009 m no poço de Belterra.

### **3.2.9 - Formação Urucuricaia**

Com espessura de 62 m no poço 1-AC-1-PA, é composta de 100% de folhelho cinza escuro. Nesse poço ocorre um intervalo de 40 m de espessura de rochas metamorfasadas na base da seção pela ação de um dique de diabásio. No poço 1-BR-1A-PA os folhelhos representam também 100% (64 m). A natureza litológica da Formação Urucuricaia a torna sem interesse hidrogeológico.

### **3.2.10 - Formação Faro**

Não tem registro no poço de Alter do Chão, mas ocorre no poço 1-BR-1A-PA na base da Formação Monte Alegre e no topo da Formação Oriximiná. Consiste essencialmente de arenitos com 115 m (78%) de espessura, siltitos com 19 m (13%) e folhelhos com 13 m (9%). A grande profundidade das camadas de arenito dessa formação (superior a 3.000 m) as torna sem interesse hidrogeológico.

### **3.2.11 - Formação Oriximiná**

Representada por um metarenito com 14 m de espessura, encontrado apenas no poço 1-BR-1A-PA, com o topo localizado a 3.362 m de profundidade.

### **3.2.12 - Formação Curiri**

Constituída de diamictidos de origem glacial, com espessura de 80 m, ocorre apenas no poço 1-AC-1-PA sob um dique com 618 m de espessura.



## **4 – Hidrogeologia e Hidrodinâmica**

#### 4.1 – Sistema Aquífero Amazonas no Brasil

Embora não exista na cidade de Santarém nenhum poço estratigráfico, é possível caracterizar localmente o Sistema Aquífero Amazonas no Brasil (SAAB) de acordo com os perfis compostos dos poços de Alter do Chão e Belterra, situados 30 km a sudoeste da cidade, como descrito no **item 3.2**. Tal sistema é interpretado como regionalmente livre e engloba o conjunto de camadas arenosas livres e semiconfinadas intercaladas entre camadas argilosas (aquitardos) das Formações Alter do Chão e Jazida da Fazendinha.

A estatística descritiva da porcentagem de areia na Formação Alter do Chão (**tabela 4.1**), avaliada em 317 poços rasos com perfil litológico conhecido, dentre os 335 poços constantes do **anexo 7.2.2**, mostra que a espessura do aquífero Alter do Chão apresenta, em média, 63% de camadas arenosas e que os percentuais encontrados variam de 14% a 100%.

**Tabela 4.1** – Estatística descritiva da porcentagem de camadas arenosas no SAAB na região de Santarém – PA.

N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
317	63	61	65	62	14	100	20	1	-0,06

A maioria desses poços (86%) tem profundidade inferior a 100 m. Desse conjunto de poços foram selecionados, como exemplo, na cidade de Santarém, para melhor visualização dos perfis litológicos, 6 (seis) poços produtores existentes com profundidades variáveis de 225 a 256 m (**tabela 4.2**), localizados na **figura 4.1** e cujos perfis construtivos são mostrados nas **figuras 4.2 e 4.3**. O percentual médio de camadas arenosas do aquífero Alter do Chão nesses poços é de 76%, ou seja, significativamente maior do que sugerem os dados da **tabela 4.1**. Já no pacote arenoso conjunto das Formações Alter do Chão – Jazida da Fazendinha, que constitui o SAAB na região de Santarém, esse percentual médio é de 90%.

##### 4.1.1 – Litologia, Dimensões e Limites

Nos dois poços estratigráficos da Petrobras (1-AC-1-PA Alter do Chão e 1-BR-1A-PA Belterra) perfurados cerca de 30 km a SW de Santarém e 17 km distantes um do outro, a espessura média do pacote sedimentar representado pelas Formações Alter do Chão e Jazida da Fazendinha é de 531 m em Alter do Chão e 596 m em Belterra, como visto na **tabela 3.1**. O percentual de camadas arenosas é de 89% (471/531) em Alter do Chão e de 91% (545/596) em Belterra. Em média, nos dois poços, a espessura aproximada é de 564 m, contendo 90% (507 m) de arenitos o que permite estimar para o SAAB, na área de estudo de Santarém uma espessura de 500 m.

Por uma questão de escala, para a cidade de Santarém, o modelo litoestratigráfico local se baseia em dados dos poços tubulares existentes mais profundos que captam águas do aquífero Alter do Chão na área de estudo. Assim sendo, na **figura 4.4** é apresentado um diagrama de cerca elaborado com base em perfis litológicos selecionados de 15 poços com profundidades variando de 160 a 261 m e média de 242 m, catalogados da CPRM/SIAGAS (2010) que exploram água subterrânea na área de estudo e cujas características técnicas sumárias se encontram no **anexo 7.2.3**.

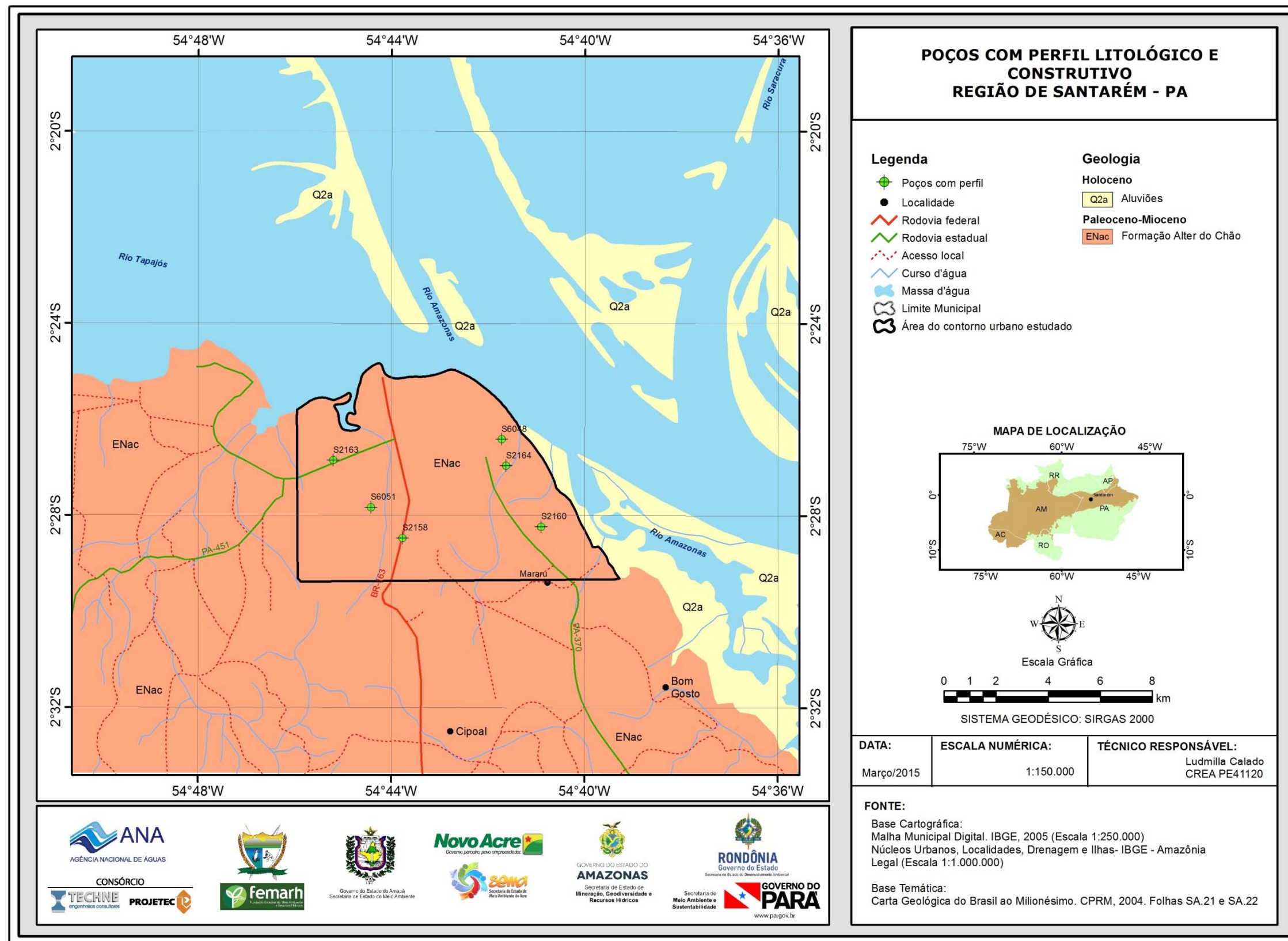
Também com base nas mesmas informações foi construído o bloco 3D do modelo litoestratigráfico (**figura 4.5**), mostrando a ocorrência do aquífero Alter do Chão como uma sucessão de camadas arenosas descontínuas, intercaladas por camadas argilosas que se caracterizam como aquíferos e configuram um sistema aquífero regionalmente livre e localmente confinado. O volume total do bloco é 17,9E09 m<sup>3</sup> numa área de 72E06 m<sup>2</sup>, configurando uma espessura média de 249 m. Os sedimentos se distribuem entre camadas interdigitadas, constituídas de areia (49%), areia argilosa (12%), argila (22,9%) e argila arenosa (16,1%).

**Tabela 4.2** – Litologia de 6 (seis) poços tubulares com profundidade de 225 a 256 m, perfurados no aquífero Alter do Chão em Santarém – PA.

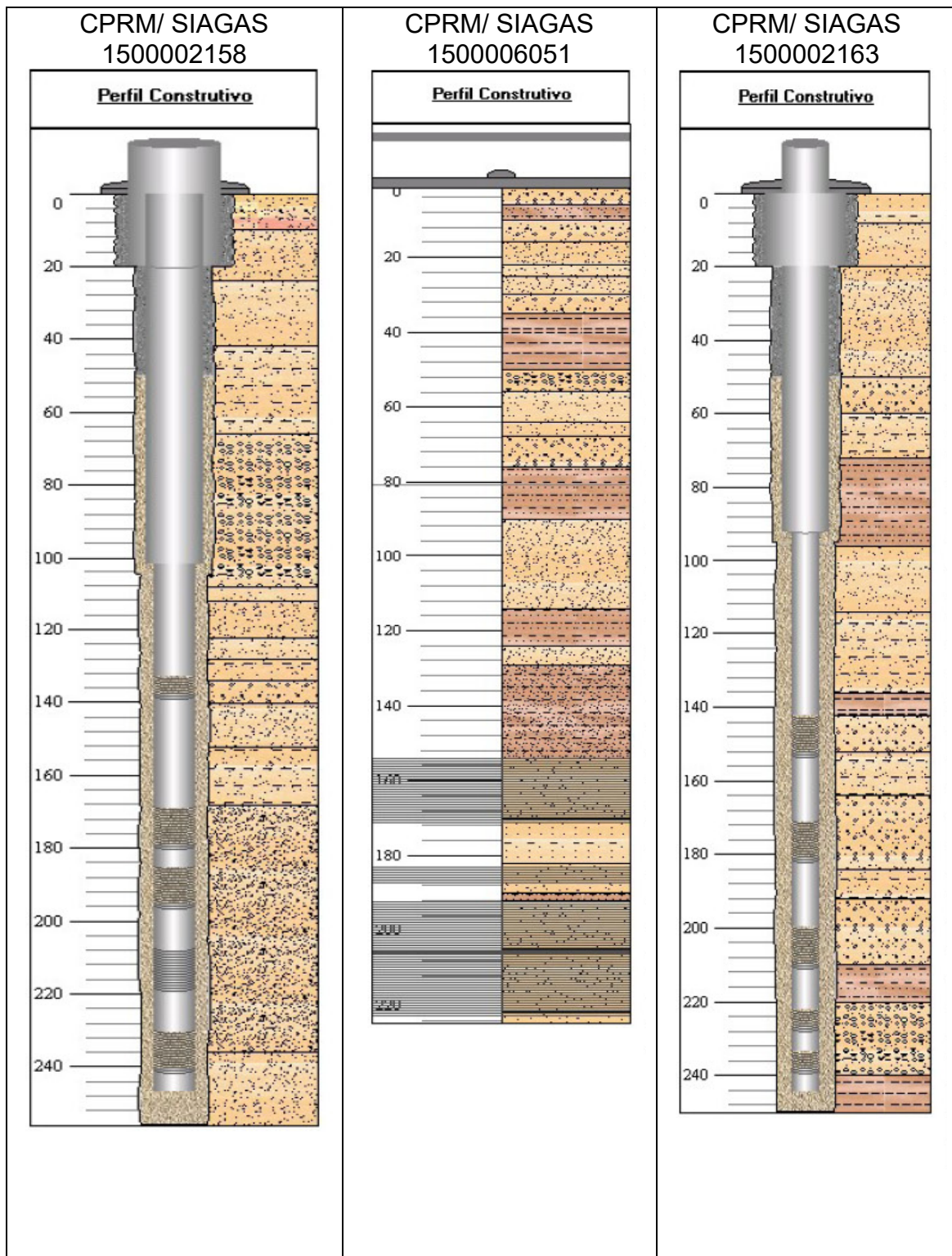
SIAGAS	UTM (E)	UTM (N)	Proprietário	Profundidade (m)	Litologia		
					De	Até	Material
S6051	751630	9730062	ANTONIO RODRIGUES DA SILVA BRAGA	225	0	6	Areia grossa
					6	10	Argila Siltosa
					10	35	Areia fina, média, grossa
					35	50	Argila
					50	76	Areia média, grossa e
					76	90	Argila arenosa
					90	114	Areia fina
					114	124	Argila arenosa
					124	129	Areia fina
					129	154	Argila areno-siltosa
					154	190	Areia média
					190	192	Argila Siltosa
					192	226	Areia média
					S2158	752271	9729796
10	256	Areia fina, média, grossa, conglomerática, argilosa, muito fina					
S2163	749836	9729253	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	250	0	8	Solo areno-argiloso
					8	72	Areia média, fina, grossa,
					72	96	Argila arenosa
					96	136	Areia média, argilosa
					136	142	Argila
					142	210	Areia grossa, areia argilosa
					210	220	Argila arenosa
					220	240	Areia conglomerática
					240	250	Argila

**Tabela 4.2 – Litologia de 6 (seis) poços tubulares com profundidade de 225 a 256 m, perfurados no aquífero Alter do Chão em Santarém – PA. Continuação.**

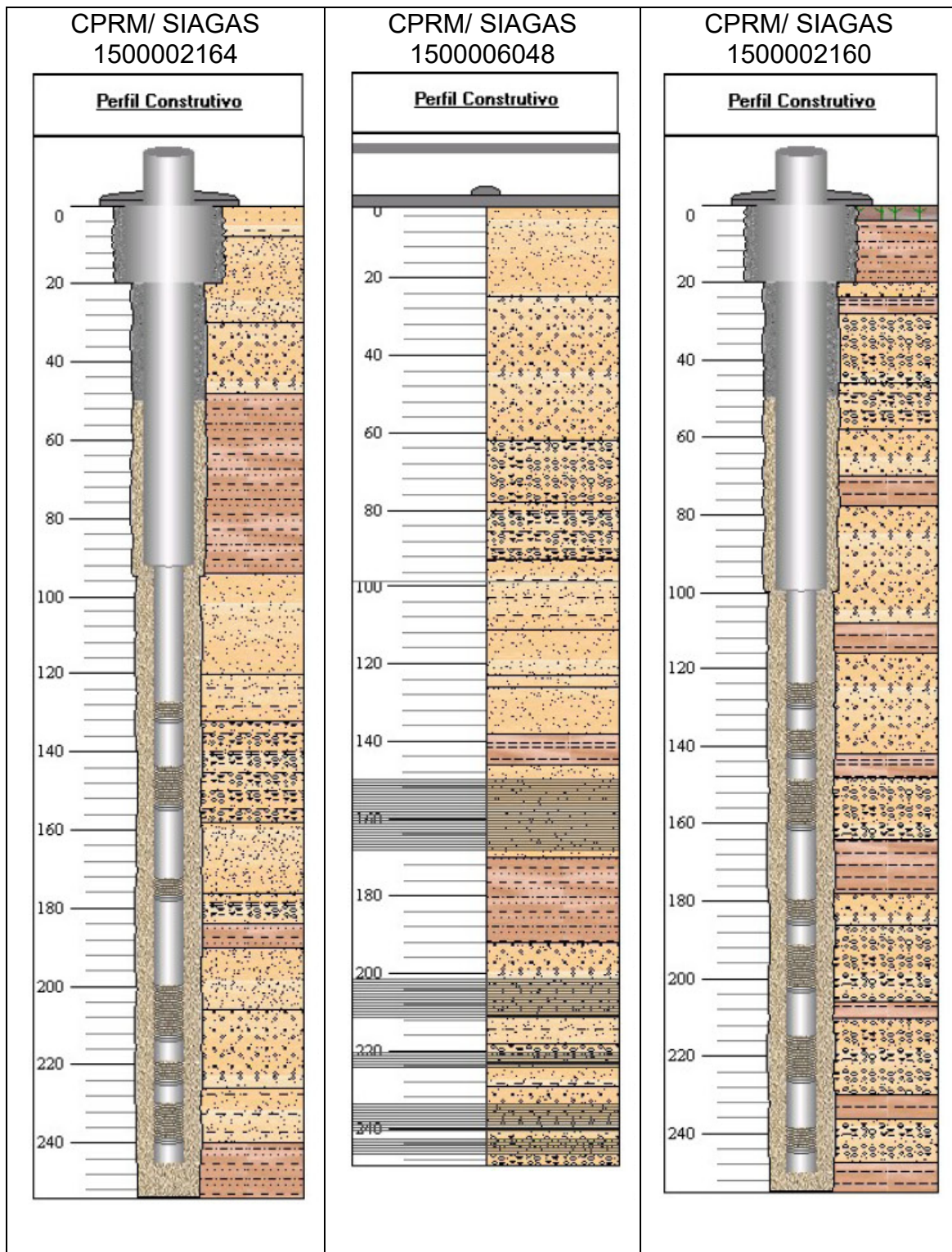
SIAGAS	UTM (E)	UTM (N)	Proprietário	Profundidade (m)	Litologia		
					De	Até	Material
S2160	752010	9730210	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	255	0	4	Material Orgânico
					4	20	Argila arenosa
					20	24	Areia grossa
					24	28	Argila
					28	70	Areia conglomerática, areia
					70	78	Argila
					78	108	Areia grossa
					108	116	Argila
					116	142	Areia grossa
					142	148	Argila
					148	164	Areia conglomerática
					164	178	Argila
					178	206	Areia grossa, areia
					206	210	Argila
					210	230	Areia conglomerática
					230	236	Argila
236	248	Areia conglomerática					
248	255	Argila					
S2164	756471	9729035	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	254	0	8	Solo areno-argiloso
					8	48	Areia fina, areia grossa
					48	94	Argila arenosa
					94	184	Areia média, Areia argilosa,
					184	190	Argila arenosa
					190	240	Areia fina, areia grossa, areia
					240	254	Argila arenosa
S6048	756297	9730054	ANTONIO RODRIGUES DA SILVA BRAGA	250	0	138	Areia média, areia grossa,
					138	146	Argila
					146	170	Areia média
					170	192	Argila arenosa
					192	249	Areia grossa, areia argilosa, areia conglomerática



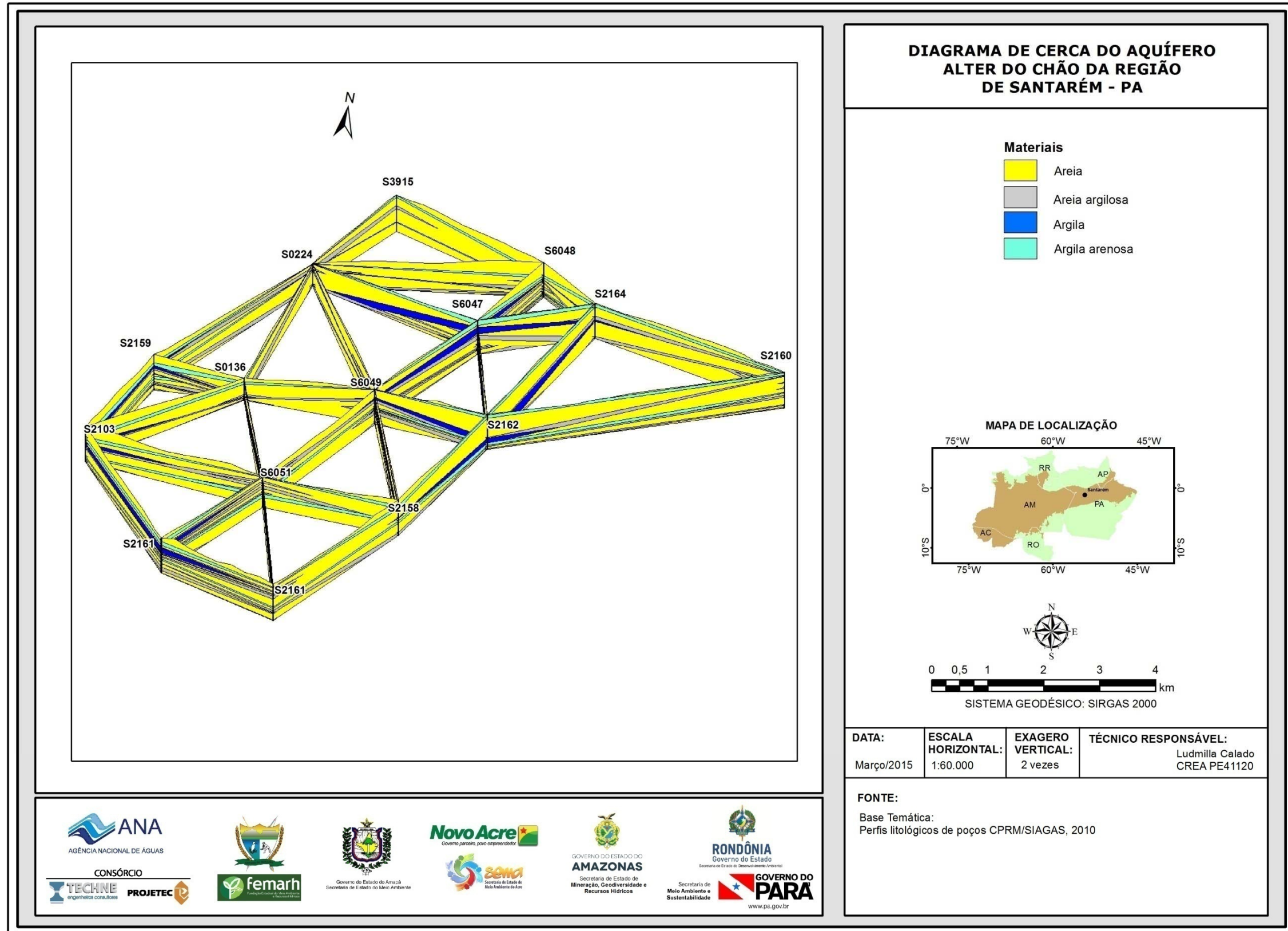
**Figura 4.1** – Localização dos 6 (seis) poços produtores com perfis litológicos e construtivos tomados como exemplo da litoestratigrafia do aquífero Alter do Chão na área de estudo na cidade de Santarém – PA.



**Figura 4.2** – Perfis litológicos e construtivos de poços com profundidades de 220 a 256 m perfurados em Santarém no aquífero Alter do Chão, na zona leste da área de estudo.

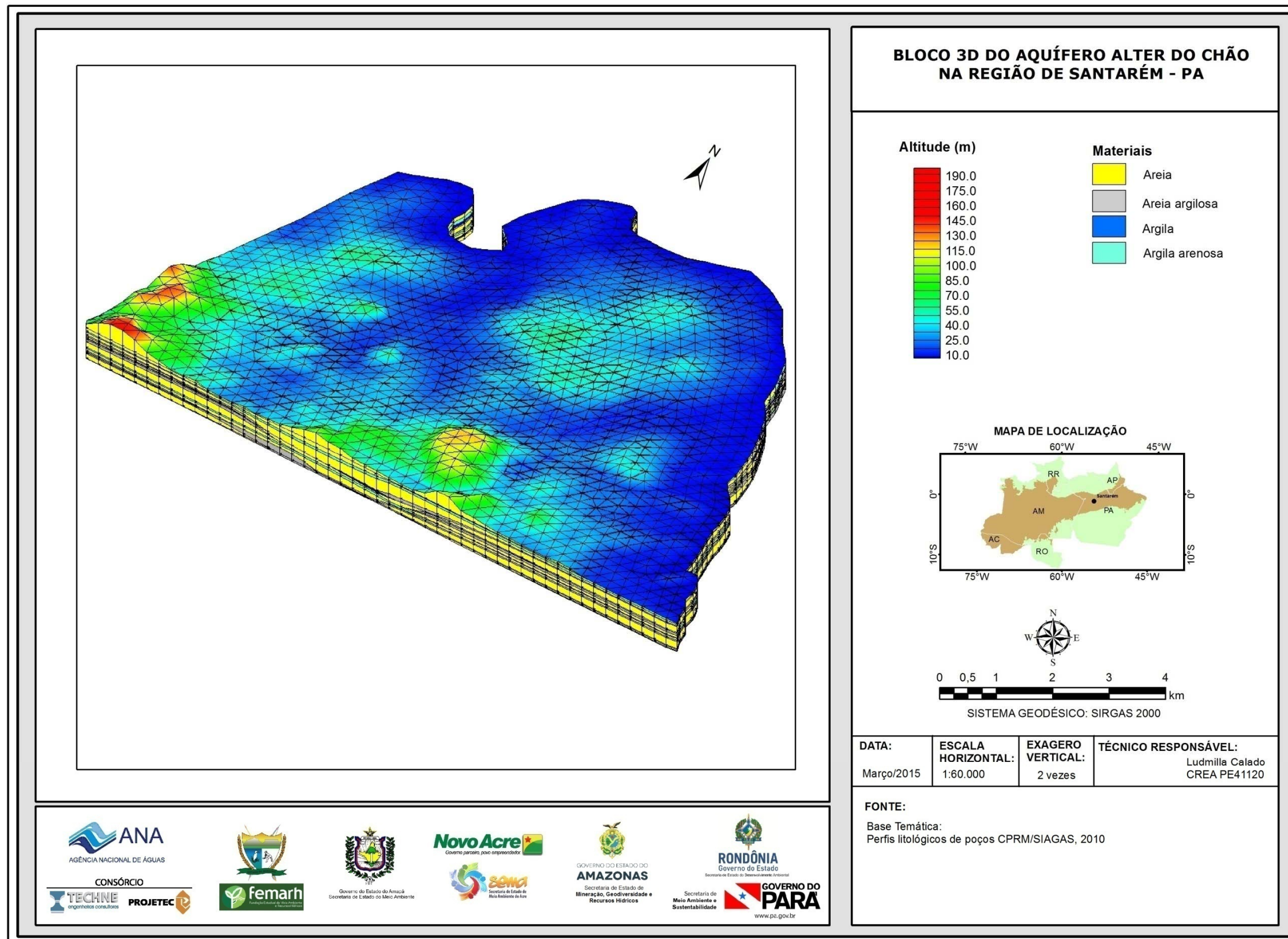


**Figura 4.3** – Perfis litológicos e construtivos de poços com profundidades de 250 a 256 m perfurados no aquífero Alter do Chão, na zona oeste da área de estudo.



**Figura 4.4** – Diagrama de cerca mostrando a sequência de camadas de areia, areia argilosa, argila e argila arenosa do aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA.





**Figura 4.5** - Bloco 3D do modelo litoestratigráfico, mostrando a alternância de camadas arenosas e argilosas do aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA.

#### 4.1.2 – Propriedades Hidráulicas

As propriedades hidráulicas do aquífero Alter do Chão em Santarém - PA foram avaliadas através de testes de bombeamento conduzidos no âmbito do Projeto ANA-PHA e ainda através de valores compilados de estudos anteriores (Tancredi, 1996).

##### **Considerações sobre a Condutividade Hidráulica dos Aquíferos**

Para auxiliar na compreensão do significado dos valores de condutividade hidráulica determinados nos testes de aquífero realizados em Santarém e também dos valores conhecidos da literatura e apresentados neste relatório, a **tabela 4.3** (Fetter, 1994) indica a natureza litológica dos materiais geológicos esperados, de acordo com a magnitude dos valores desse parâmetro.

**Tabela 4.3** – Faixa de valores de condutividade hidráulica em depósitos inconsolidados de natureza análoga à do Aquífero Alter do Chão, em m/s e m/dia (Adaptado de Fetter, 1994).

Depósitos Inconsolidados	Condutividade Hidráulica	
	m/s	m/dia
Cascalho	$10^{-4}$ a $10^{-2}$	$8,6 \times 10^0$ a $8,6 \times 10^2$
Areias bem selecionadas	$10^{-5}$ a $10^{-3}$	$8,6 \times 10^{-1}$ a $8,6 \times 10^1$
Areias siltsosas, areias finas	$10^{-7}$ a $10^{-5}$	$8,6 \times 10^{-3}$ a $8,6 \times 10^{-1}$
Siltos, areias siltsosas, areias argilosas	$10^{-8}$ a $10^{-6}$	$8,6 \times 10^{-4}$ a $8,6 \times 10^{-2}$
Argilas	$10^{-11}$ a $10^{-8}$	$8,6 \times 10^{-7}$ a $8,6 \times 10^{-4}$

##### 4.1.2.1 – Execução de Testes de Bombeamento

A realização de testes de bombeamento, ou mais adequadamente denominados de testes de aquífero, tem por objetivo fundamental a obtenção dos valores dos coeficientes de transmissividade, de condutividade hidráulica e de armazenamento, parâmetros hidrodinâmicos de fundamental importância para posterior avaliação das reservas hídricas acumuladas no aquífero.

Esses testes devem ser realizados por pessoal técnico que possua amplo conhecimento hidrogeológico, pois de um teste bem executado podem resultar valores confiáveis na sua interpretação, uma vez que durante a realização do trabalho de campo é comum ocorrer problemas que o leigo não tem condições de resolver a contento.

Foi com esse espírito e essa preocupação que os testes de aquífero na região amazônica, objeto do presente trabalho, foram executados no campo por toda a equipe técnica sênior alocada ao projeto, visando obter os melhores resultados possíveis.

Os testes de bombeamento, numa classificação mais ampla, podem ser divididos em: testes de aquífero e testes de produção.

Os testes de aquífero consistem no bombeamento de um poço com uma vazão constante (ou estabilizada ao longo do teste) e, sempre que possível, no acompanhamento da evolução dos rebaixamentos produzidos em um ou mais poços de observação. Quando inexitem poços de observação ou piezômetros, o coeficiente de armazenamento pode ser avaliado de forma aproximada, supondo que o raio do poço é infinitamente pequeno. Com essa hipótese o

armazenamento no poço se torna desprezível e o armazenamento do aquífero (na ausência de perdas de carga singulares) pode ser estimado a uma distância nas proximidades imediatas do poço (por exemplo, 10 m) para permitir o uso dos dados do poço bombeado como se fossem de um poço de observação a essa distância e desde que a ordem de grandeza do resultado seja consistente com os valores esperados para o modelo de aquífero adotado.

No caso específico do estudo de Santarém foram realizados dois testes de bombeamento no aquífero Alter do Chão, sem utilização de poços de observação. O primeiro teste foi feito no poço do condomínio Tapajós Royal Ville ou simplesmente T.R. Ville (ST082) e o segundo no poço da Associação de Moradores Jutai, ou A.M. Jutai (ST047), conforme **tabela 4.4**. A escolha desses poços foi feita por estarem os mesmos devidamente equipados e em boas condições de funcionamento.

**Tabela 4.4** – Características dos poços utilizados nos testes de bombeamento do Projeto ANA – PHA, realizados no aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA, conforme **anexos 7.1.1.1 e 7.1.2.1**.

Poço	UTM (E)	UTM (N)	Profundidade (m)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Vazão (m³/h/m)
T.R. Ville (ST082)	749461	9729909	186	25,87	36,89	19,63	1,78
A.M. Jutai ST047	756986	9727436	85	46,81	48,25	9,41	6,53

Como os perfis litológicos e construtivos dos poços testados não são conhecidos, adotou-se para orientar a interpretação a geometria do aquífero revelada no poço SIAGAS 1500002163 (S2163) para o T.R. Ville (ST082) (**figura 4.6**) e revelada no poço SIAGAS 1500002160 (S2160) para o A.M. Jutai (**figura 4.7**). Trata-se dos poços mais próximos com perfis litológicos e construtivos conhecidos, mostrados na **figura 4.8** e que foram selecionados como exemplo no **item 4.1** e ilustrados nas **figuras 4.2 e 4.3**.

Nos testes, as medidas de nível dinâmico nos poços bombeados foram realizadas com sonda elétrica sonora, enquanto que a vazão bombeada foi medida através de método volumétrico.

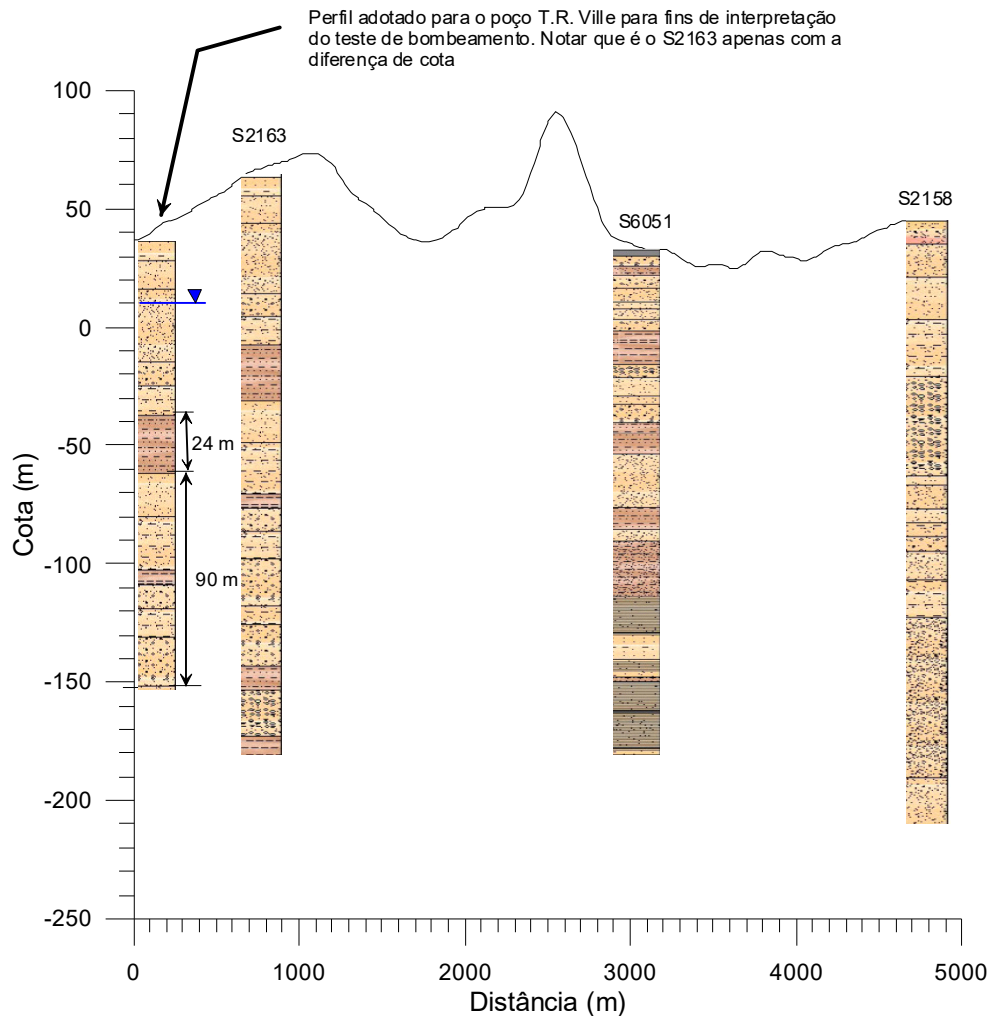
#### 4.1.2.2 – Interpretação dos Testes de Bombeamento

O aquífero Alter do Chão se comporta como um sistema semiconfinado (confinado drenante) com alternância de camadas arenosas e argilosas. Devido à descontinuidade lateral das camadas, este sistema nos poços testados também pode ser modelado na escala da área de estudo como um aquífero livre, homogêneo e anisotrópico com drenagem gravitacional retardada.

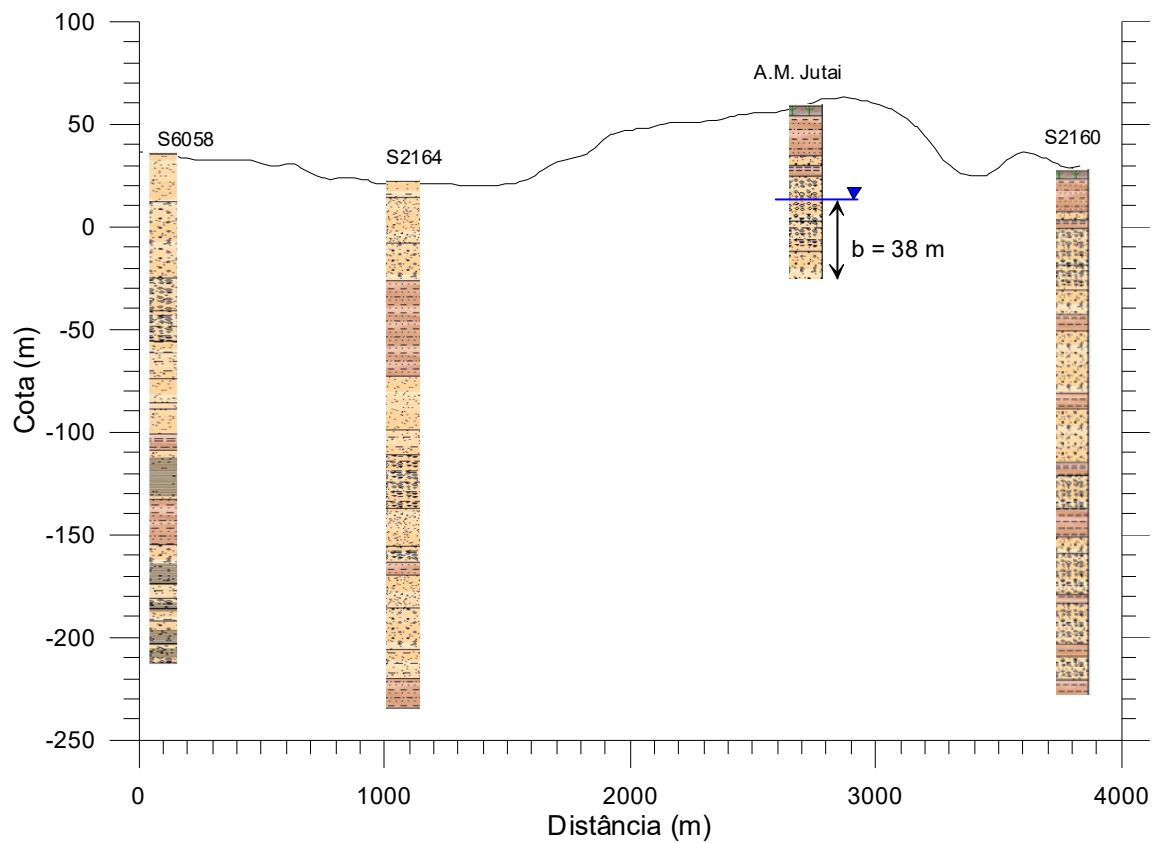
Três métodos foram utilizados na interpretação dos testes de bombeamento realizados na cidade de Santarém-PA:

- Semilogarítmico de Cooper & Jacob (1946) inicialmente utilizado, por se tratar de testes de produção, supondo o aquífero confinado, homogêneo e isotrópico;

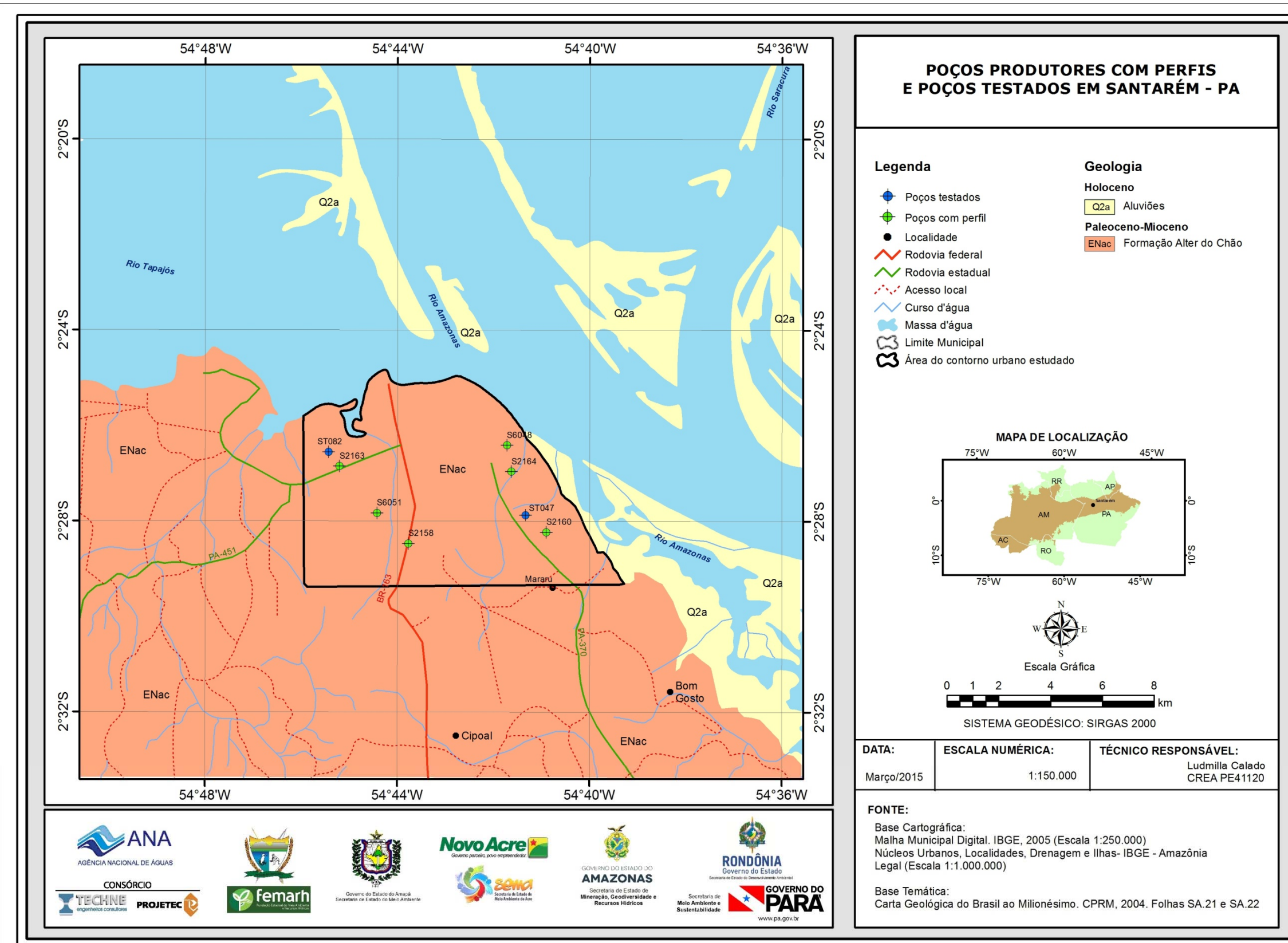
- Curvas padrão de Walton (1962) baseadas na função  $W(u, r/B)$  de Hantush & Jacob (1955), para aquífero semiconfinado drenante, considerando uma interpretação mais pontual, restrita à escala do poço;
- Curvas padrão de Neuman (1975) supondo o sistema como livre drenante, ou seja, com drenagem gravitacional retardada, homogêneo e anisotrópico, principalmente para fins de avaliação da porosidade efetiva e numa escala mais ampla, dadas as descontinuidades laterais da litologia das camadas.



**Figura 4.6** – Seção transversal de correlação litológica entre os poços selecionados com perfil litológico no setor oeste da área de estudo, adotando para o poço T.R. Ville (ST082) a litologia do S2163, para fins de estimativa dos parâmetros hidráulicos do aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA.



**Figura 4.7** – Seção transversal de correlação litológica entre os poços selecionados com perfil litológico no setor leste da área de estudo, adotando para o poço A.M. Jutai (ST047) a litologia do S2160, para fins de estimativa dos parâmetros hidráulicos do aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA.



**Figura 4.8** – Localização dos 2 (dois) poços usados para os testes de bombeamento e dos 6 (seis) poços com perfil litológico e construtivo selecionados como exemplo (item 4.1) no aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA.

### Método Semilogarítmico de Cooper & Jacob (1946)

Como os testes de bombeamento foram efetivamente de produção, conforme especificado nos TDRs, o procedimento preferencial de análise inicialmente empregado foi o método aproximativo de Jacob (forma aproximada da **equação 4.1** de Theis), segundo Manoel Filho (2007), que o aplicou usando o *software Grapher*. No presente trabalho, o referido método é a seguir descrito, e a sua aplicação feita através de planilha *Excel*.

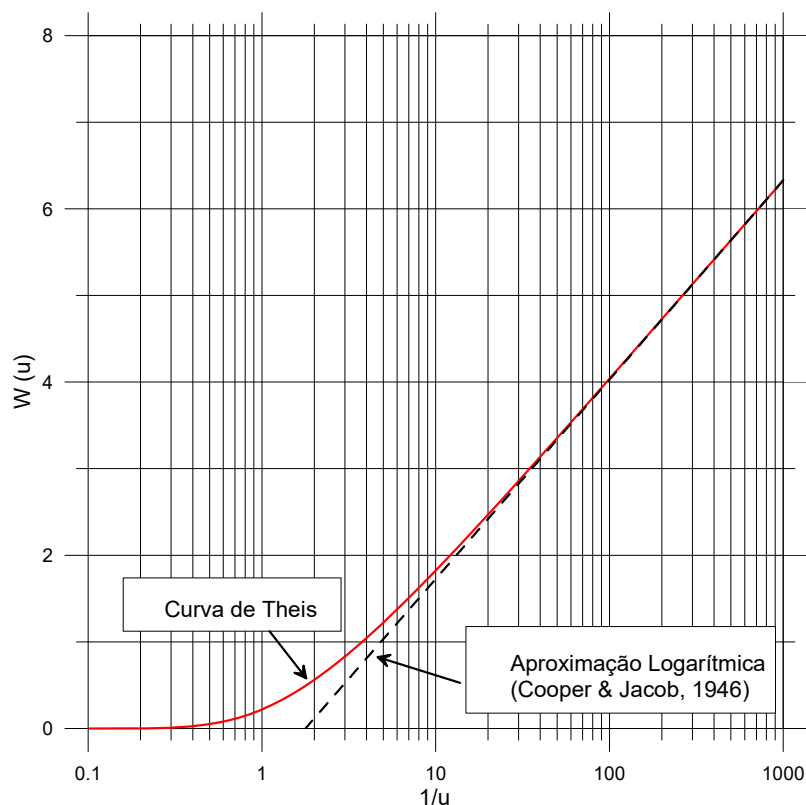
$$\text{Equação do rebaixamento: } s = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \quad \text{sendo } u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad (4.1)$$

Parâmetros:

$$T = \frac{Q}{4\pi s} W(u) \quad (4.1a)$$

$$S = \frac{4Ttu}{r^2} \quad (4.1b)$$

Cooper & Jacob (1946) mostraram que para valores de  $u < 0,01$  ou  $1/u > 100$ , a função do poço  $W(u) \cong -0,5772 - \ln u$ . Esta é a chamada aproximação logarítmica da função de Theis, ilustrada na **figura 4.9**.



**Figura 4.9** – Ilustração gráfica da aproximação logarítmica da função W(u) (Cooper & Jacob, 1946).

Substituindo a aproximação logarítmica na **equação (4.1)** obtém-se a **equação (4.2)** de Jacob.

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \ln\left(\frac{2,25T t}{r^2 S}\right) \quad (4.2)$$

Essa equação pode ser escrita sob a forma:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \ln(t) + \frac{Q}{4\pi T} \ln\left(\frac{2,25T}{r^2 S}\right) \quad (4.3)$$

ou ainda sob a forma mais simples:

$$s = M \ln(t) + N \quad (4.4)$$

A declividade da reta logarítmica decimal (**equações 4.2 e 4.3**) é dada por:

$$M = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{\ln t_2 - \ln t_1} = \frac{Q}{4\pi T} \quad (4.5)$$

Comparando então as **equações (4.3) e (4.4)**, tem-se:

$$M = \frac{Q}{4\pi T} \quad ; \quad N = \frac{Q}{4\pi T} \ln\left(\frac{2,25T}{r^2 S}\right) \quad (4.6)$$

Por outro lado, a **equação (4.2)** permite verificar que o rebaixamento  $s = 0$  ocorre em um instante  $t_0$  tal que:

$$\frac{2,25T t_0}{r^2 S} = 1 \quad \text{e portanto,} \quad S = \frac{2,25T t_0}{r^2} \quad (4.7)$$

Como os valores dos parâmetros  $M \left[ \frac{m}{\text{min}} \right]$  e  $N [m]$  são obtidos automaticamente no ajuste feito no computador, o valor de  $t_0$  pode ser deduzido da **equação (4.3)**, expressa sob a forma:

$$0 = M \ln t_0 + N \quad \Rightarrow \quad M \ln t_0 = -N \quad \Rightarrow \quad t_0 = \exp\left(-\frac{N}{M}\right) \quad (4.8)$$

Esses resultados conduzem finalmente às seguintes equações e parâmetros:

Equação do rebaixamento:  $s(t) = M \ln(t) + N \quad (4.9)$

Parâmetros:  $M = \left[ \frac{\Delta s}{2,303 \log(\Delta t)} \right] \Rightarrow \Delta s = 2,303 M$

$$T = \frac{0,183Q}{\Delta s} \quad (4.10)$$

$$S = \frac{2,25 T \times 60 \times \exp\left(-\frac{N}{M}\right)}{r^2} \quad (4.11)$$



Nas **equações 4.1, 4.1a e 4.1b**, bem como nas **equações 4.2 a 4.11**, os significados dos símbolos utilizados são os seguintes:

- ✓  $s = s(r, t)$  = rebaixamento no ponto situado à distância  $r$ , do poço de bombeamento, no instante  $t$  após o início do bombeamento [ L ];
- ✓  $Q$  = vazão bombeada do poço [ L<sup>3</sup>/T ];
- ✓  $T$  = coeficiente de transmissividade do aquífero [ L<sup>2</sup>/T ];
- ✓  $S$  = coeficiente de armazenamento do aquífero [ ];
- ✓  $W(u)$  = função do poço para aquífero confinado ou função de Theis;
- ✓  $u$  = argumento da função do poço;
- ✓  $M$  = coeficiente angular ou declividade da reta logarítmica decimal (**equação 4.4**);
- ✓  $N$  = coeficiente linear ou ordenada na origem da reta logarítmica decimal (**equação 4.4**);
- ✓  $\Delta s = s_2 - s_1$  = variação do rebaixamento entre dois instantes, no intervalo de tempo  $\Delta t = t_2 - t_1$ ;
- ✓  $t_0$  = tempo medido sobre o eixo das abscissas no ponto de rebaixamento  $s = 0$ .

### **Metodologia de execução**

- Medir no poço bombeado a variação do rebaixamento com o tempo;
- Construir um gráfico monolog de rebaixamento versus tempo e nele efetuar um ajuste logarítmico, para obter a reta  $s = Mn(t) + N$  (**equação 4.9**).
- Calcular os parâmetros do aquífero, usando as **equações (4.10) e (4.11)**.

No caso de Santarém, no âmbito do Projeto ANA/PHA, foram realizados testes de produção sem poços de observação e assim sendo o procedimento é aplicável ao poço bombeado supondo que o raio do mesmo é desprezível e calculando o coeficiente de armazenamento a uma distância, por exemplo, de  $r = 1$  m (na ausência de perdas singulares e desde que os resultados obtidos se mantenham dentro das ordens de grandeza esperadas para o tipo de aquífero analisado).

No **anexo 7.1** são encontradas, para cada teste, as planilhas de dados de rebaixamento e recuperação, os gráficos e os parâmetros hidráulicos obtidos.

### **Método das Curvas Padrão de Walton (1962)**

Na falta de perfil específico do poço T.R. Ville (ST082), o perfil do poço SIAGAS 1500002163 (a 750 m do T.R.Ville), mostrado na **figura 4.6**, foi usado como referência para caracterizar o tipo de aquífero e orientar a interpretação do teste. No poço T.R. Ville (ST082), com 186 m de profundidade, estimou-se a espessura do aquífero no intervalo de 96 a 186 m, ou seja, 90 m até o fundo do poço. O aquífero se encontra no intervalo (72 a 96 m) com espessura  $b' = 24$  m.

No poço A.M. Jutai, com 85 m de profundidade, conforme **figura 4.7**, o aquífero é do tipo livre, com espessura saturada de 38 m e nesse caso não faz sentido usar o método de Walton nesse poço.

No poço T.R. Ville (ST082), admite-se que o sistema é semiconfinado e o coeficiente de armazenamento foi avaliado a uma distância de 10 m, na falta de poço de observação. O gráfico e resultados podem ser vistos na **figura 4.10**.

O procedimento adotado foi o método de superposição da curva de rebaixamento x tempo obtida no campo sobre uma das curvas da família da função  $W(u, r/B)$  de Hantush, usando o *software Grapher*, e constou dos seguintes passos:

- 1) Construção, em gráfico dilog, das famílias de curvas padrão  $1/u$  versus  $W(u, r/B)$  como descrito em Batu (1998), para uma faixa de valores práticos do fator de drenança  $\beta = r/B$ , como os usados na **figura 4.9**, onde se vê um ajuste muito bom com a curva  $\beta = 0,1$ ;
- 2) Adição de um novo gráfico dilog, da curva de rebaixamento x tempo, com os dados medidos no campo, mantendo os eixos com a mesma escala do gráfico da família de curvas padrão;
- 3) Selecionar e arrastar o gráfico de campo sobre a família de curvas padrão até aquela que melhor se ajusta à curva de campo;
- 4) Escolher um ponto arbitrário sobre os gráficos superpostos na posição em que se encontram, anotar o valor de  $\beta$  e fazer a leitura dos valores das coordenadas  $1/u$  e  $W(u, r/B)$  no gráfico padrão e das coordenadas  $t$  e  $s$  no gráfico de campo;
- 5) Com os valores conhecidos de  $Q, s$  e  $W(u, r/B)$  calcular a transmissividade do aquífero usando a **equação (4.12)**:

$$T = \frac{Q}{4\pi s} W(u, r/B) \quad (4.12)$$

- 6) Usando a transmissividade e a espessura do aquífero, calcular a condutividade hidráulica horizontal usando a **equação (4.13)**.

$$K = \frac{T}{b} \quad (4.13)$$

- 7) Avaliar o coeficiente de armazenamento através da **equação (4.14)**:

$$S = \frac{4Tt}{r^2 \times (1/u)} \quad (4.14)$$

- 8) Avaliar a resistência hidráulica  $r_h$  do aquitardo por meio da **equação (4.15)**:

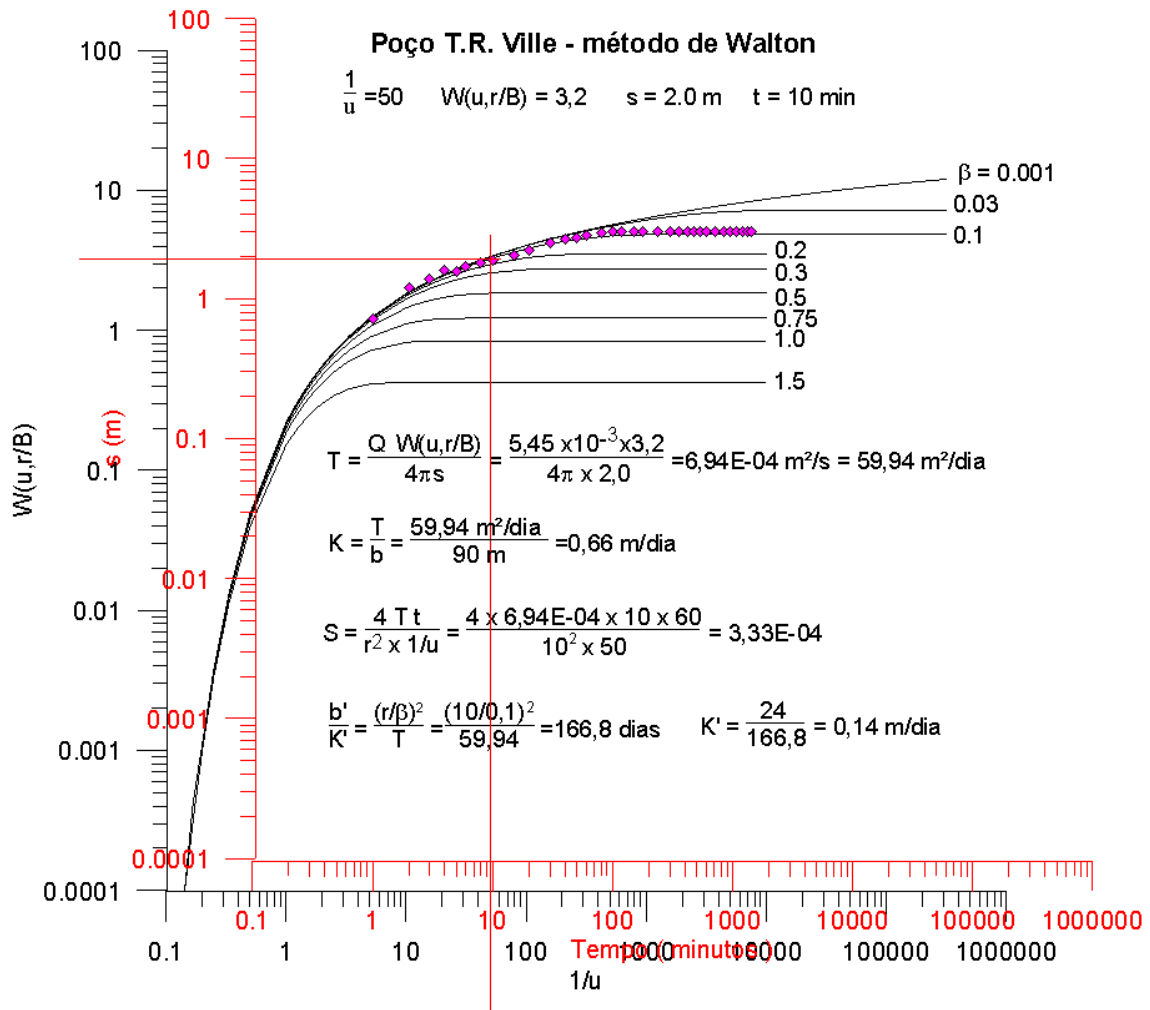
$$r_h = \frac{b'}{K'} = \frac{B^2}{T} \quad (4.15)$$

9) Avaliar a condutividade hidráulica do aquífero por meio da **equação (4.16)**:

$$K' = \frac{b'}{r_h} \quad (4.16)$$

Nas **equações 4.12 a 4.16**, os significados dos símbolos utilizados são os seguintes:

- ✓  $s = s(r, t)$  = rebaixamento no ponto situado à distância  $r$ , do poço de bombeamento, no instante  $t$  após o início do bombeamento [ L ];
- ✓  $Q$  = vazão bombeada do poço [ L<sup>3</sup>/T ];
- ✓  $T$  = coeficiente de transmissividade do aquífero [ L<sup>2</sup>/T ];
- ✓  $S$  = coeficiente de armazenamento do aquífero [ ];
- ✓  $W(u, r / B)$  = função do poço para aquífero semiconfinado ou função de Hantush;
- ✓  $u$  = argumento da função do poço;
- ✓  $K$  = condutividade hidráulica do aquífero [L/T];
- ✓  $b$  = espessura do aquífero [L];
- ✓  $r_h$  = resistência hidráulica do aquífero [T];
- ✓  $b'$  = espessura do aquífero [L];
- ✓  $K'$  = condutividade hidráulica do aquífero [ L/T];
- ✓  $B$  = fator de drenança [L].



**Figura 4.10** – Família de curvas padrão de Walton (1962), baseadas na função de Hantush & Jacob (1955), com ajuste na curva do poço T.R. Ville (ST082)

$$\beta = \frac{r}{B} = 0,1.$$

### **Método de Neuman (1975)**

Em virtude da descontinuidade lateral das camadas arenosas e argilosas, como pode ser visto nos perfis litológicos e construtivos apresentados nas **figuras 4.2 e 4.3**, o aquífero Alter do Chão em Santarém também pode ser interpretado como um sistema livre, homogêneo e anisotrópico, com drenagem gravitacional, no qual os parâmetros hidráulicos podem ser estimados pelo método de Neuman (1975), através do qual, além do coeficiente de armazenamento ( $S$ ), também se pode estimar a porosidade efetiva ( $S_y$ ).

No poço T.R. Ville (ST082), com 186 m de profundidade, a espessura saturada do aquífero interpretado como livre é de 136 m excluindo os 50 m correspondentes à soma ( $NE+b'=26+24$ ) como já visto na **figura 4.6**.

No poço A.M. Jutaí, com 85 m de profundidade, a espessura saturada com nível estático  $NE = 47$  m, é expressa por  $b = 38$  m.

A avaliação dos parâmetros hidráulicos foi feita usando o *software Grapher*, pelo método clássico de superposição (**figuras 4.11 e 4.12**) envolvendo os seguintes passos:

- 1) Construção, em gráfico dilog, das famílias de curvas padrão de Neuman (Tipo A e Tipo B) de rebaixamento adimensional  $S_D$  em função dos tempos adimensionais  $t_s$  e  $t_y$ , como descrito em Batu (1998), para uma faixa de valores práticos do fator de drenagem gravitacional  $\beta$ ;
- 2) Construção, em gráfico dilog, da curva de rebaixamento x tempo, com os dados medidos no campo, sobre o gráfico da família de curvas (Tipo A e Tipo B) padrão de Neuman;
- 3) Selecionar e arrastar o gráfico de campo sobre o gráfico das curvas padrão até encontrar a curva padrão dilog Tipo A, que melhor se ajusta ao trecho inicial da curva de campo;
- 4) Escolher um ponto arbitrário sobre os gráficos superpostos na posição em que se encontram, anotar o valor de  $\beta$  e fazer a leitura dos valores das coordenadas  $s$  e  $S_D$  nos eixos verticais e de  $t$  e  $t_s$  nos eixos horizontais;
- 5) Repetir os passos 3 e 4 arrastando sobre as curvas padrão Tipo B, o trecho final da curva de campo até obter o melhor ajuste e sobre o ponto arbitrário escolhido anotar o valor de  $\beta$  e os valores das coordenadas  $s$  e  $S_D$  nos eixos verticais das coordenadas  $t$  e  $t_y$  nos eixos horizontais;
- 6) Com os valores conhecidos de  $Q$ ,  $s$  e  $S_D$  calcular a transmissividade do aquífero usando a **equação (4.17)**:

$$T = \frac{Q S_D}{4\pi s} \quad (4.17)$$

- 7) Usando a transmissividade e a espessura do aquífero, calcular a condutividade hidráulica horizontal usando a **equação (4.18)**.

$$K_h = \frac{T}{b} \quad (4.18)$$

8) Avaliar o grau de anisotropia a partir da **equação (4.19)**:

$$K_D = \beta \left( \frac{b}{r} \right)^2 \quad (4.19)$$

9) Avaliar a condutividade hidráulica vertical usando a equação **(4.20)**:

$$K_v = K_D \times K_h \quad (4.20)$$

10) Avaliar o coeficiente de armazenamento através da **equação (4.21)**:

$$S = \frac{Tt}{t_s r^2} \quad (4.21)$$

11) Avaliar a porosidade efetiva por meio da **equação (4.22)**:

$$S_y = \frac{Tt}{t_y r^2} \quad (4.22)$$

Nas **equações 4.17 a 4.22**, os significados dos símbolos utilizados são:

$s_D$  = rebaixamento adimensional [ ];

$K_h$  = condutividade hidráulica horizontal [L/T];

$K_v$  = condutividade hidráulica vertical [L/T];

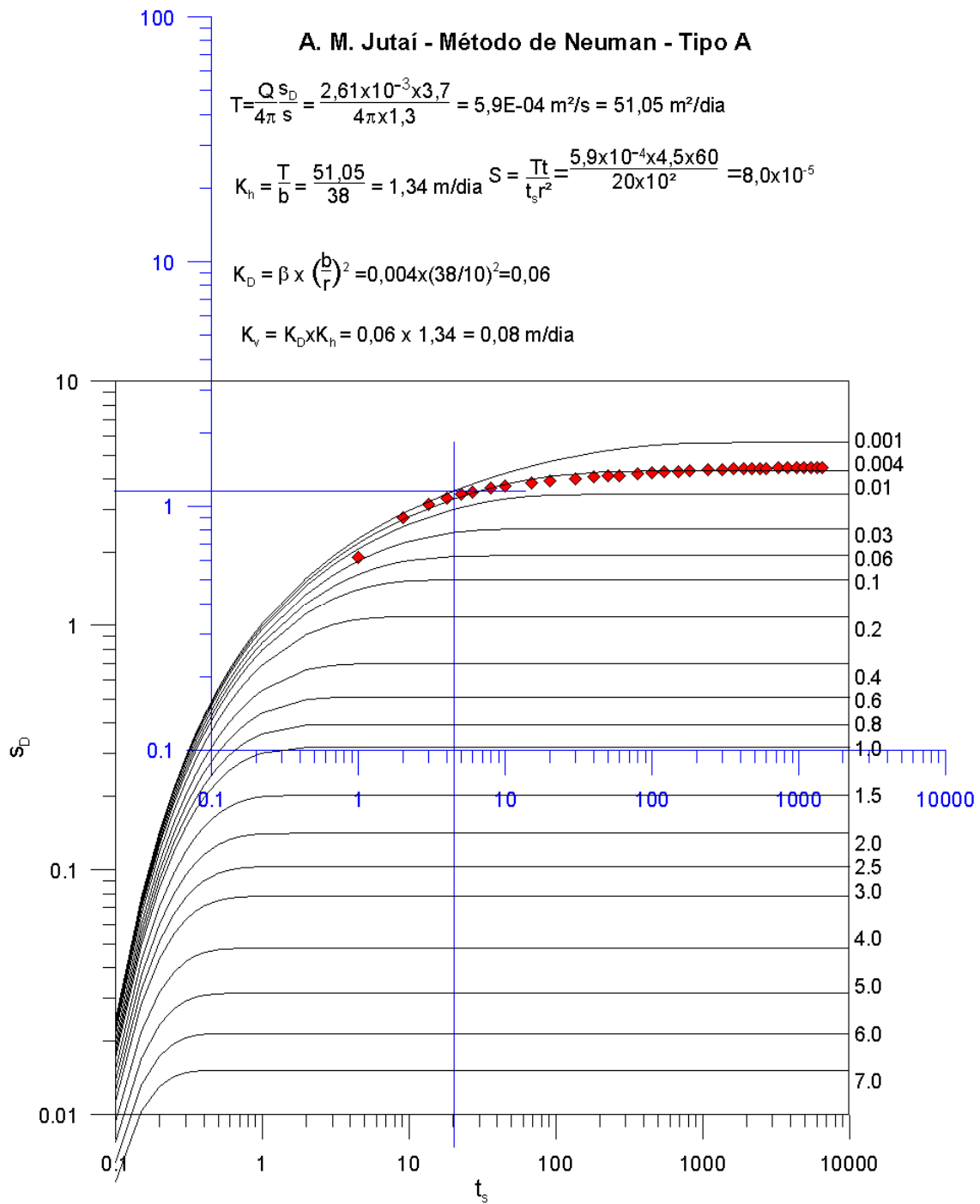
$b$  = espessura do aquífero [ L];

$K_D$  = grau de anisotropia do aquífero [ ];

$\beta$  = fator de drenagem retardada [ ];

$t_s$  e  $t_y$  = parâmetros temporais adimensionais para tempos curtos e tempos longos, respectivamente [ ];

$S_y$  = porosidade efetiva ou coeficiente de armazenamento do aquífero livre [ ]



**Figura 4.11** – Cálculo dos parâmetros hidráulicos do aquífero Alter do Chão pelo método de Neuman (1975) com a curva de rebaixamento x tempo obtida no teste do poço A.M. Jutai, superposta à curva padrão Tipo A para  $\beta = 0,004$ .

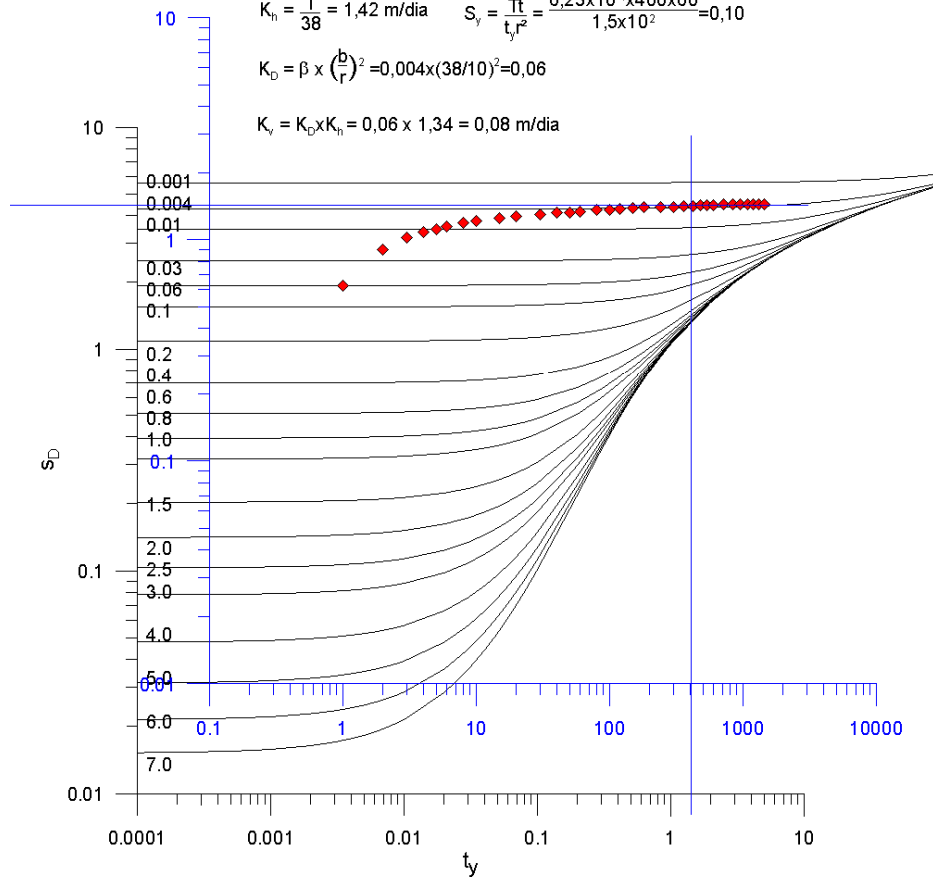
**A.M. Jutai - Método de Neuman - Tipo B**

$$T = \frac{Q S_D}{4\pi s} = \frac{2,61 \times 10^{-3} \times 4,5}{4\pi \times 1,5} = 6,231 \text{E-}04 \text{ m}^2/\text{s} = 53,84 \text{ m}^2/\text{dia}$$

$$K_h = \frac{T}{38} = 1,42 \text{ m/dia} \quad S_y = \frac{Tt}{t_y r^2} = \frac{6,23 \times 10^{-4} \times 400 \times 60}{1,5 \times 10^2} = 0,10$$

$$K_D = \beta \times \left(\frac{b}{r}\right)^2 = 0,004 \times (38/10)^2 = 0,06$$

$$K_v = K_D \times K_h = 0,06 \times 1,34 = 0,08 \text{ m/dia}$$



**Figura 4.12** – Cálculo dos parâmetros hidráulicos do aquífero Alter do Chão pelo método de Neuman (1975) com a curva de rebaixamento x tempo obtida no teste do poço A.M. Jutai, superposta à curva padrão Tipo B para  $\beta = 0,004$ .

### 4.1.2.3 – Parâmetros Hidráulicos Obtidos

#### *Parâmetros compilados de estudos anteriores*

Conforme já foi evidenciado pelo bloco 3D do modelo litoestratigráfico, o aquífero Alter do Chão em Santarém é caracterizado, na área de estudo, por uma alternância de camadas arenosas e argilosas que pode chegar a mais de 500 m de espessura e representa, em escala regional, na bacia do Amazonas, a parte mais superior da sequência arenosa constituinte do Sistema Aquífero Amazonas no Brasil (SAAB). Na escala dos testes, o que prevalece são camadas aquíferas pouco espessas, razão pela qual o parâmetro mais importante a ser considerado nos testes é a condutividade hidráulica.

Sem referência específica ao método de interpretação utilizado, Tancredi (1996) fornece valores de parâmetros hidráulicos para o aquífero Alter do Chão, obtidos de testes realizados na cidade de Santarém em 16 (dezesesseis) poços com profundidades variáveis de 22 a 157 m e com espessura média aproximada de 40 m, mostrados na **tabela 4.5**.



**Tabela 4.5** - Parâmetros hidrodinâmicos do aquífero Alter do Chão em Santarém (Tancredi, 1996).

Poço	Nível Estático* (m)	Profundidade do Poço (m)	Condutividade Hidráulica (m/d)	Coefficiente de Armazenamento	Transmissividade (m <sup>2</sup> /d)	Espessura do aquífero (m)
ST-04	6,65	98,4	5,9	-	285	48,3
ST-08	42,48	74	18,8	-	593	31,5
ST-10	<b>-8,69</b>	156,1	6,6	4,10E-04	326	49,4
ST-11	<b>-3,98</b>	157,1	-	3,50E-04	260	-
ST-12	<b>-5,71</b>	157,1	-	3,30E-04	240	-
ST-13	<b>-3,19</b>	157,3	5,3	-	169	31,9
ST-14	<b>-3,1</b>	126	11,6	-	395	34,1
ST-15	<b>-7</b>	133,8	4,6	-	138	30,0
ST-16	<b>-7,5</b>	118	6,4	-	316	49,4
ST-18	13,8	65	-	-	198	-
ST-20	16,3	54	-	-	353	-
ST-21	35	72	-	-	158	-
ST-22	0,12	24	-	-	790	-
ST-23	3,2	13,5	-	-	445	-
ST-31	0,57	22	-	-	530	-
ST-36	17,3	40	-	-	132	-
<b>Média</b>	<b>-</b>	<b>91,8</b>	<b>8,5</b>	<b>3,63E-04</b>	<b>333</b>	<b>39,2</b>

\* Os valores negativos de nível estático destacados em negrito indicam poços surgentes.

### **Parâmetros avaliados no Projeto ANA-PHA**

#### **Método de Cooper & Jacob (1946)**

Os valores médios das propriedades hidráulicas avaliadas no âmbito do Projeto ANA - PHA em Santarém, pelo método de Cooper & Jacob (1946), no aquífero Alter do Chão (**anexo 7.1**), são apresentados na **tabela 4.6**. Apenas dois parâmetros foram avaliados: transmissividade e condutividade hidráulica.

Os coeficientes de transmissividade foram, respectivamente, de 49 m<sup>2</sup>/dia no poço T.R. Ville (ST082) e de 303 m<sup>2</sup>/dia no poço (ST047). Essa expressiva diferença pode ser atribuída a perdas de carga não lineares no poço T. R. Ville, pois a sua capacidade específica é de 1,78 m<sup>3</sup>/h/m, enquanto a do poço A.M. Jutá é de 6,53 m<sup>3</sup>/h/m. A espessura média do aquífero Alter do Chão nos poços testados é de 61 m e assim, pode-se estimar, pelo método de Jacob, uma condutividade hidráulica variável de 0,6 a 7,2 m/dia, valores esses indicativos de materiais permeáveis, sendo o primeiro típico de areias siltosas e areias finas e o último de areias bem selecionadas (**tabela 4.6**).

**Tabela 4.6** - Resumo dos dados obtidos nos dois ensaios de bombeamento do Projeto ANA-PHA em Santarém - PA pelo método de Cooper & Jacob (1946).

Local	COORDENADAS		Aquífero	Coeficiente de Transmissividade T (m <sup>2</sup> /dia)	Condutividade Hidráulica K (m/dia)	Espessura do aquífero (m)
	UTM (E)	UTM (N)				
T.R.Ville	740403	9320910	Alter do Chão	49	0,6	80
Ass.Moradores Jutai	756986	9727436	Alter do Chão	303	7,2	42
<b>Média</b>				<b>176</b>	<b>3,9</b>	<b>61</b>

### **Método das Curvas Padrão de Walton (1962)**

Os valores obtidos localmente no poço T.R. Ville (ST082) pelo método de Walton (1962) para sistema aquífero semiconfinado drenante são apresentados na **tabela 4.7**. A condutividade hidráulica (K) da ordem de 0,7 m/dia é bem próxima da que foi avaliada pelo método de Neuman, da ordem de 0,8 m/dia. O mesmo acontece com o coeficiente de armazenamento (S), da ordem de 3E-4 segundo Walton (1962) e da ordem de 2E-4 segundo Neuman (1975). Outro valor bastante significativo é o da condutividade hidráulica para fluxo vertical, que é igual a 0,14 m/dia tanto no método de Hantush quanto no de Neuman.

**Tabela 4.7** – Parâmetros hidráulicos do Aquífero Alter do Chão, avaliados pelo método de Walton (1962) baseado em Hantush & Jacob (1955).

Poço	T (m <sup>2</sup> /dia)	K (m/dia)	S	b(m)	b' (m)	K' (m/dia)	rh = b'/K' (dias)
T.R. Ville (ST082)	60	0,67	3,33E-04	90	24	0,14	166,83
<b>Média</b>	<b>60</b>	<b>0,67</b>	<b>3,33E-04</b>	<b>90</b>	<b>24</b>	<b>0,14</b>	<b>166,83</b>

T = transmissividade do aquífero semiconfinado; K = condutividade hidráulica do aquífero semiconfinado; S = coeficiente de armazenamento do aquífero semiconfinado; b = espessura do aquífero semiconfinado; b' = espessura do aquífero confinado; K' = condutividade hidráulica do aquífero confinado; rh = b'/K' = resistência hidráulica do aquífero confinado.

### **Método de Neuman (1975)**

Na **tabela 4.8** se encontram os valores dos parâmetros hidráulicos do aquífero Alter do Chão, interpretado como livre, homogêneo e anisotrópico, sendo esse o modelo analítico que melhor reflete as condições reveladas pelos perfis litológicos dos poços na área de estudo na cidade de Santarém – PA.

**Tabela 4.8** – Parâmetros hidráulicos do Aquífero Alter do Chão em Santarém – PA, obtidos pelo modelo de Neuman (1975).

Poço	UTM (E)	UTM (N)	T (m <sup>2</sup> /dia)	Kh (m/dia)	Kv (m/dia)	KD (adm)	Sy
T.R. Ville	749461	9729909	37,24	0,27	0,20	0,74	0,16
A.M. Jutai	756986	9727436	52,43	1,38	0,08	0,08	0,10
<b>Média</b>			<b>45</b>	<b>0,83</b>	<b>0,14</b>	<b>0,41</b>	<b>0,13</b>

T = transmissividade; Kh = condutividade hidráulica; horizontal; Kv = condutividade hidráulica vertical ; S = coeficiente de armazenamento; Sy = Porosidade efetiva; KD = Grau de anisotropia.

#### 4.1.2.4 – Conclusões Sobre os Resultados Obtidos

Os valores médios avaliados nos testes efetuados por Tancredi (1996) para a condutividade hidráulica ( $K = 8,5 \text{ m/dia}$ ) são pouco mais de duas vezes superiores aos encontrados nos testes do Projeto PHA ( $K = 3,9 \text{ m/dia}$ ) para 2 (dois) poços com profundidades de 85 e 186 m, respectivamente. Esses valores são considerados altos e inconsistentes, pois não levam em conta as ocorrências de fluxo vertical resultantes regionalmente de drenagem gravitacional retardada e/ou localmente através de drenança por filtração vertical, como revelou a análise feita pelo método de Walton no poço T.R. Ville (ST082).

Os resultados julgados mais representativos são aqueles obtidos para aquífero do tipo livre, homogêneo e anisotrópico (método de Neuman, 1975), pois no aquífero Alter do Chão a sequência de camadas arenosas e argilosas é lateralmente bastante descontínua, como já revelado pelas seções de correlação litológica apresentadas nas **figuras 4.6 e 4.7**.

**Tabela 4.9** – Parâmetros hidráulicos avaliados para o aquífero Alter do Chão pelo método de Neuman (1975) na cidade de Santarém - PA.

TESTE	Curva Tipo	T (m <sup>2</sup> /dia)	b (m)	Kh (m/dia)	Kv (m/dia)	r (m)	S	Sy	KD
T.R. Ville (ST082)	A	59,49	136	0,44	0,32	10	2,92E-04	-	-
	B	14,98	136	0,11	0,08	10	-	0,16	0,71
<b>Média T.R. Ville (ST082)</b>		<b>37,24</b>	<b>136</b>	<b>0,27</b>	<b>0,20</b>	<b>10</b>	<b>2,92E-04</b>	<b>0,16</b>	<b>0,71</b>
A.M. Jutai (ST047)	A	51,05	38	1,34	0,08	10	0,80E-04	-	0,06
	B	53,81	38	1,42	0,08	10	-	0,10	0,06
<b>Média A.M. Jutai (ST047)</b>		<b>52,43</b>	<b>38</b>	<b>1,38</b>	<b>0,08</b>	<b>10</b>	<b>0,80E-04</b>	<b>0,10</b>	<b>0,06</b>
<b>Média do Aquífero</b>		<b>45</b>	<b>87</b>	<b>0,83</b>	<b>0,14</b>	<b>10</b>	<b>1,9E-04</b>	<b>0,13</b>	<b>0,39</b>

T = transmissividade; b = Espessura saturada; Kh = Condutividade hidráulica horizontal; Kv = Condutividade hidráulica vertical; r = Distância de avaliação do armazenamento; S = Coeficiente de armazenamento; Sy = Porosidade efetiva; KD = Grau de anisotropia do aquífero.

De acordo com a análise dos perfis litológicos de 86 poços estratigráficos da Petrobras (poços do BDEP) na Bacia do Amazonas, a espessura da Formação Alter do Chão varia de 22 a 1.244 m com média de 382 m. As espessuras correspondentes de arenitos nesses poços variam de 10 a 1.116 m com uma média de 263 m. Na região de Santarém o mapa de isópacas do aquífero Alter do Chão indica uma espessura média de 550 m (**Volume III – Hidrogeologia e Hidrodinâmica**) dos quais cerca de 60% (330 m) são constituídos de arenitos supostamente permeáveis. Esta é, portanto, a espessura média saturada do Aquífero Alter do Chão em Santarém, para fins de cálculos.

Em termos práticos, pode-se ter uma ideia da magnitude dos valores da condutividade hidráulica ( $0,27 \text{ m/dia} \leq K_h \leq 1,38 \text{ m/dia}$ ) vistos na **tabela 4.9** associados às transmissividades ( $89,1 \leq T \leq 273,9 \text{ m}^2/\text{dia}$ ) correspondentes para a espessura saturada de 330 m (se são altos ou baixos e por que razão), avaliando a potencialidade do aquífero em termos de capacidade de produção prevista para poços. Com os valores médios da transmissividade (273 m<sup>2</sup>/dia) e da porosidade efetiva (0,13) verifica-se que a difusividade hidráulica média do aquífero para o tempo de 1 (um) ano, é de 2.098 m<sup>2</sup>/dia. Isso permite avaliar, em regime estacionário, um raio de ação do cone de depressão igual a 1.250

m. Com esses parâmetros, inúmeras alternativas de construção de poços produtores podem ser avaliadas, levando-se em conta naturalmente a relação custo/benefício.

Em termos puramente técnicos, apenas como exemplo, as vazões máximas esperadas para um rebaixamento de 25% da espessura saturada em poços de 500 m de profundidade (penetrando praticamente toda a espessura do aquífero) e em poços de 400 m (com cerca de 80% de penetração no aquífero) são apresentadas na **tabela 4.10**. Os cálculos foram feitos usando a fórmula de Dupuit (**equação 4.23**), supondo os poços equipados com filtros de 6", 8" e 10", em regime estacionário, conforme se indica a seguir:

$h_0$  = espessura saturada inicial do aquífero no poço: 330 m;

$h_p$  = espessura saturada dentro do poço em bombeamento e em regime estacionário:  $330 - 25\% (330) = 247,5$  m;

$r_0$  = raio de influência do poço em bombeamento: 1.250 m;

$r_p$  = raio do poço em bombeamento: 3" ou 0,0762 m.

$$Q = \pi K \frac{(h_0^2 - h_p^2)}{\ln\left(\frac{r_0}{r_p}\right)} \quad (4.23)$$

Mínima:  $Q = 0,27\pi \frac{(330^2 - 247,5^2)}{\ln\left(\frac{1.250}{0,0762}\right)} \cong 4.164 \text{ m}^3 / \text{dia}$  ou  $173 \text{ m}^3 / \text{h}$  (4.24)

Máxima:  $Q = 1,38\pi \frac{(330^2 - 247,5^2)}{\ln\left(\frac{1.250}{0,0762}\right)} = 21.282 \text{ m}^3 / \text{dia}$  ou  $887 \text{ m}^3 / \text{h}$  (4.25)

Média  $Q = 0,83\pi \frac{(330^2 - 247,5^2)}{\ln\left(\frac{1.250}{0,0762}\right)} = 12.800 \text{ m}^3 / \text{dia}$  ou  $533 \text{ m}^3 / \text{h}$  (4.26)

**Tabela 4.10** – Capacidade de produção prevista para poços tubulares profundos, de 500 m e 400 m de profundidade no aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA, equipados com filtros em diâmetros de 6”, 8” e 10”.

K (m/dia)	h <sub>o</sub> (m)	h <sub>p</sub> (m)	r <sub>o</sub> (m)	r <sub>p</sub> (m)	h <sub>o</sub> <sup>2</sup> -h <sub>p</sub> <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	ln (r <sub>o</sub> /r <sub>p</sub> )	Vazão		Diâmetro (polegada)
							m <sup>3</sup> /dia	m <sup>3</sup> /h	
<b>Para poços de 500 m de profundidade</b>									
0,27	330	247,5	1250	0,076	47643	9,7053	4.164	173	6"
1,38	330	247,5	1250	0,076	47643	9,7053	21.282	887	
<b>0,83</b>	<b>330</b>	<b>247,5</b>	<b>1250</b>	<b>0,076</b>	<b>47643</b>	<b>9,7053</b>	<b>12.800</b>	<b>533</b>	
0,27	330	247,5	1250	0,100	47643	9,4335	4.284	178	8"
1,38	330	247,5	1250	0,100	47643	9,4335	21.895	912	
<b>0,83</b>	<b>330</b>	<b>247,5</b>	<b>1250</b>	<b>0,100</b>	<b>47643</b>	<b>9,4335</b>	<b>13.169</b>	<b>549</b>	
0,27	330	247,5	1250	0,127	47643	9,1945	4.395	183	10"
1,38	330	247,5	1250	0,127	47643	9,1945	22.464	936	
<b>0,83</b>	<b>330</b>	<b>247,5</b>	<b>1250</b>	<b>0,127</b>	<b>47643</b>	<b>9,1945</b>	<b>13.511</b>	<b>563</b>	
<b>Para poços de 400 m de profundidade</b>									
0,27	240	180	1250	0,076	25200	9,7053	2.202	92	6"
1,38	240	180	1250	0,076	25200	9,7053	11.257	469	
<b>0,83</b>	<b>240</b>	<b>180</b>	<b>1250</b>	<b>0,076</b>	<b>25200</b>	<b>9,7053</b>	<b>6.770</b>	<b>282</b>	
0,27	240	180	1250	0,100	25200	9,4335	2.266	94	8"
1,38	240	180	1250	0,100	25200	9,4335	11.581	483	
<b>0,83</b>	<b>240</b>	<b>180</b>	<b>1250</b>	<b>0,100</b>	<b>25200</b>	<b>9,4335</b>	<b>6.965</b>	<b>290</b>	
0,27	240	180	1250	0,127	25200	9,1945	2.325	97	10"
1,38	240	180	1250	0,127	25200	9,1945	11.882	495	
<b>0,83</b>	<b>240</b>	<b>180</b>	<b>1250</b>	<b>0,127</b>	<b>25200</b>	<b>9,1945</b>	<b>7.146</b>	<b>298</b>	

As vazões médias esperadas no aquífero Alter do Chão em Santarém, segundo a **equação 4.23**, para poços de 500 m de profundidade equipados com filtros de 6”, 8” e 10”, são aproximadamente da mesma ordem de grandeza (533 a 563, com média de 549 m<sup>3</sup>/h). Para poços de 400 m, nas mesmas condições, as vazões médias esperadas variam de 282 a 298 m com média de 290 m<sup>3</sup>/h. A análise de custo/benefício é necessária para a escolha de alternativas otimizadas.

Em regime de exploração essas vazões (válidas para poços individuais) devem ser menores, pois as interferências entre os poços não estão incluídas nos cálculos efetuados com a **equação 4.23**.

#### 4.1.3 – Recarga e Descarga de Água Subterrânea

##### 4.1.3.1 – Variações de Nível Estático

A partir das medições de profundidade do nível de água dos poços localizados na cidade de Santarém, foram elaborados para o aquífero Alter do Chão, os mapas de profundidade de nível da água subterrânea e de potenciométrica para o período chuvoso (abril de 2012) e de estiagem (outubro de 2012). Devido a problemas de acesso local e falta de permissão de alguns proprietários não foi possível efetuar a coleta de amostragem nos mesmos 30 (trinta) poços da primeira campanha, havendo a seleção de 7 (sete) poços distintos na segunda campanha de amostragem (31 e 35 a 40), conforme **tabela 4.11**.

A distribuição espacial da profundidade das águas subterrâneas na cidade de Santarém, no período chuvoso (abril de 2012), ilustrada na **figura 4.13a**, mostra que os níveis estáticos do aquífero Alter do Chão variam, com equidistância de 10 m, em 4 (quatro) faixas principais: de 0 a 10 m; de mais de 10 a 20 m; de mais de 20 a 30 m e mais de 30 m.

No período de estiagem (**figura 4.13b**), correspondente ao mês de outubro de 2012, observa-se uma configuração bem semelhante à que foi apresentada no período chuvoso, sem nenhuma diferença significativa, a não ser nos valores individuais dos níveis, que em média se apresentaram mais profundos. Enquanto os níveis medidos no período de estiagem alcançaram 15,90 m, no período chuvoso a média foi de 13,55 m.

A faixa espacialmente dominante de profundidade dos níveis de água subterrânea em ambas as campanhas foi de 0 a 10 m.

**Tabela 4.11** - Variações de nível d'água nos poços de Santarém, monitorados no aquífero Alter do Chão no período chuvoso (abril de 2012) e no período de estiagem (outubro de 2012).

Poço	Ponto	Coordenadas		Cota Terreno (m)	1ª Campanha (abril de 2012)		2ª Campanha (outubro de 2012)		Diferença da 1ª para a 2ª Campanha
		Longitude	Latitude		Prof. NE	Cota NE	Prof. NE	Cota NE	
STM01	ST037	-54,70222	-2,426389	29,6	7,11	12,49	9,25	10,35	2,14
STM02	ST046	-54,7075	-2,465556	36	12,63	26,37	12,85	23,15	0,22
STM03	ST079	-54,69306	-2,439444	26,5	1,00	26,48	-	-	
STM04	ST074	-54,70278	-2,460833	30	6,22	29,38	8,91	24,09	2,69
STM05	ST073	-54,70583	-2,452222	59,6	25,49	54,11	28,18	51,42	2,69
STM06	ST065	-54,69306	-2,469444	38	4,55	33,45	7,25	30,75	2,7
STM07	ST016	-54,71806	-2,424722	33,4	14,40	-1	16,47	-3,07	2,07
STM08	ST050	-54,70667	-2,445556	57,7	25,29	32,41	-	-	
STM09	ST053	-54,69639	-2,461389	32,8	9,77	10,03	-	-	
STM10	ST062	-54,69639	-2,479444	47,9	8,44	44,46	14,49	43,41	6,05
STM11	ST055	-54,71778	-2,468889	49,8	11,12	38,68	-	-	
STM12	ST019	-54,71417	-2,468056	49,8	15,39	34,41	16,42	33,38	1,03
STM13	ST087	-54,76028	-2,458611	53,7	27,53	36,17	32,03	33,67	4,5
STM14	ST060	-54,68444	-2,476389	42,5	3,40	32,5	5,97	28,53	2,57
STM15	ST025	-54,72889	-2,483333	56,7	20,84	35,86	24,98	31,72	4,14
STM16	ST090	-54,71778	-2,475833	52	21,00	21	-	-	
STM17	ST009	-54,74278	-2,430278	13,7	2,54	11,16	3,88	9,82	1,34
STM18	ST007	-54,74028	-2,453611	32,7	9,80	22,9	-	-	
STM19	ST005	-54,72194	-2,455556	36,1	17,23	-1,13	19,09	-2,99	1,86
STM20	ST020	-54,725	-2,466111	37,5	11,39	26,11	12,97	24,53	1,58
STM21	ST003	-54,75333	-2,466111	62	26,40	55,6	29,15	52,85	2,75
STM22	ST023	-54,73083	-2,4575	23,7	1,31	22,39	4,81	18,89	3,5
STM23	ST100	-54,75333	-2,436667	16,4	3,98	9,42	5,14	7,26	1,16
STM24	ST008	-54,7475	-2,448611	61,9	16,89	15,01	18,25	13,65	1,36
STM25	ST041	-54,70528	-2,435556	38,4	16,00	22,4	18,43	19,97	2,43
STM26	ST018	-54,71111	-2,45173	63,8	28,00	35,8	29,55	34,25	1,55
STM27	ST049	-54,71278	-2,431389	63,9	22,00	61,9	24,58	59,32	2,58
STM28	ST035	-54,70889	-2,425	30,8	13,00	-2,2	15,04	-5,24	2,04

**Tabela 4.11** - Variações de nível d'água nos poços de Santarém, monitorados no aquífero Alter do Chão no período chuvoso (abril de 2012) e no período de estiagem (outubro de 2012). Continuação.

Poço	Ponto	Coordenadas		Cota Terreno (m)	1ª Campanha (abril de 2012)		2ª Campanha (outubro de 2012)		Diferença da 1ª para a 2ª Campanha
		Longitude Decimal	Latitude Decimal		Prof. NE (m)	Cota NE (m)	Prof. NE (m)	Cota NE (m)	
STM29	ST030	-54,72139	-2,438611	48,7	32,08	16,62	-	-	-
STM30	ST001	-54,75333	-2,438611	21,7	6,98	17,72	8,07	16,63	1,09
STM31	1500002159	-54,74	-2,437222	18,59	-	-	4,09	14,5	-
STM32	1500002162	-54,71361	-2,762478	49,09	-	-	-	-	-
STM33	1500002163	-54,75333	-2,4475	62,74	-	-	-	-	-
STM34	1500002164	-54,69361	-2,449445	21,75	-	-	-	-	-
STM35	1500002160	-54,7335	-2,439	18,38	-	-	4,84	13,54	-
STM36	1500006052	-54,75603	-2,449	57,31	-	-	24,18	53,13	-
STM37	1500003809	-54,72328	-2,419528	13,1	-	-	3,15	9,95	-
STM38	ST021	-54,74717	-2,444472	55,42	-	-	12,72	52,7	-
STM39	ST011	-54,73831	-2,421556	22,22	-	-	2,46	19,76	-
STM40	ST010	-54,73361	-2,429278	22,38	-	-	3,33	20,05	-
<b>Média *</b>					<b>13,55</b>	<b>-</b>	<b>15,90</b>	<b>-</b>	<b>2,35</b>

\* Médias dos níveis medidos nos 23 poços comuns nas duas campanhas

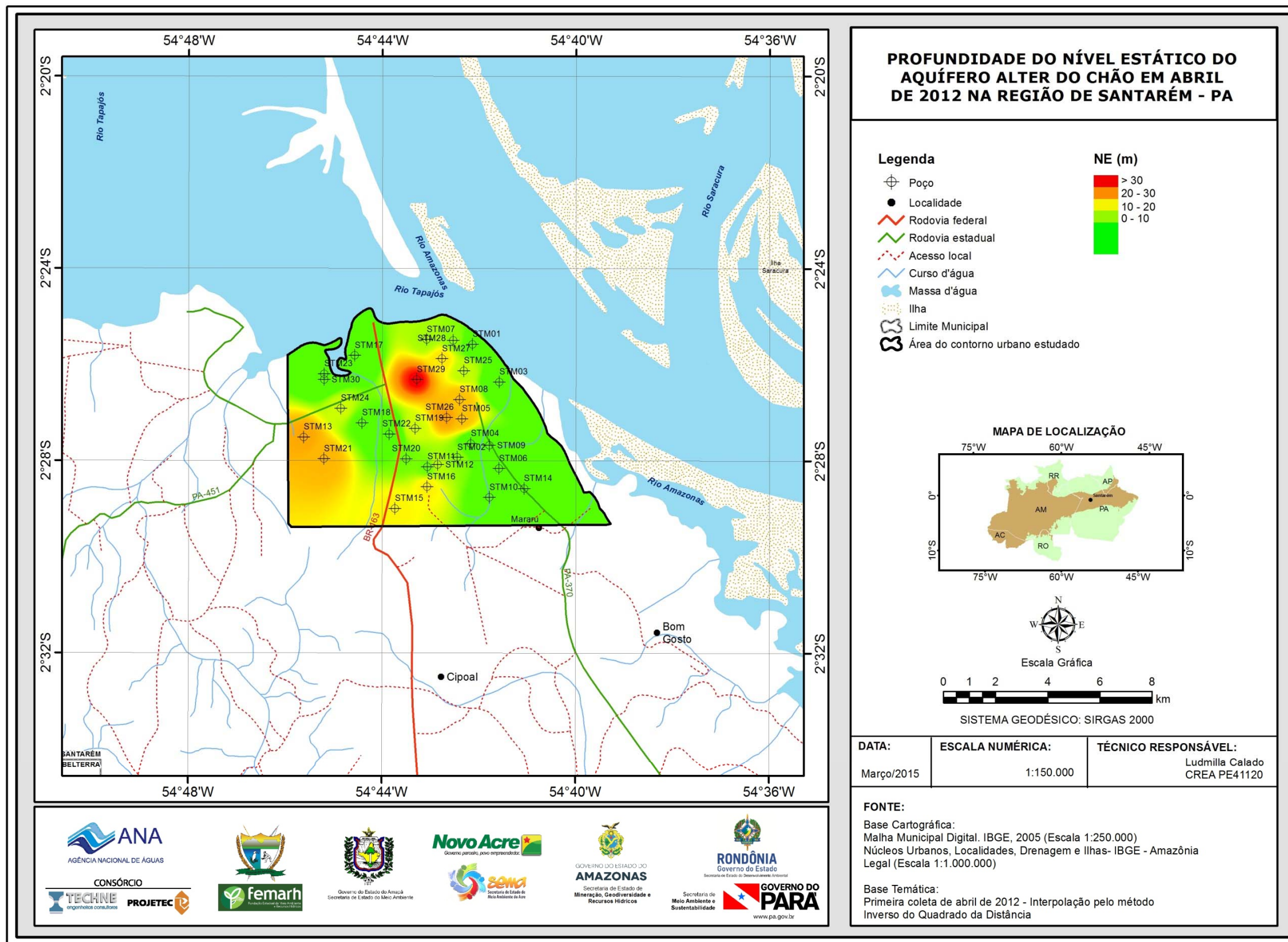


Figura 4.13a - Profundidade do nível estático das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012 na cidade de Santarém – PA.



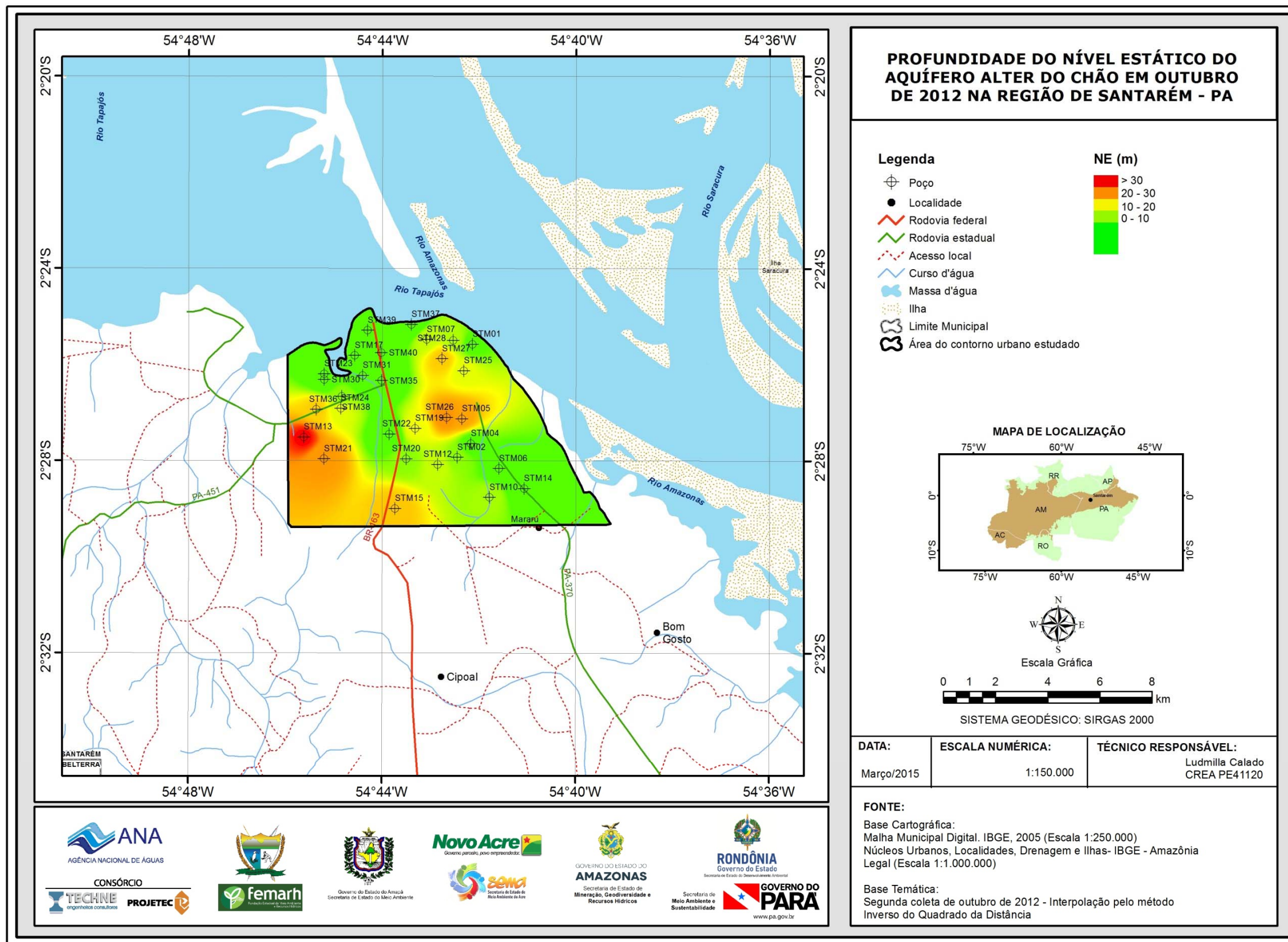


Figura 4.13b - Profundidade do nível estático das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012 na cidade de Santarém – PA.

#### **4.1.3.2 – Variações de Cotas Potenciométricas**

Na região de Santarém, na área de estudo, ou mais precisamente na área urbana onde foram realizadas as duas campanhas de medição de níveis, a variação média sazonal entre abril de 2012 e outubro de 2012 foi de 2,35 m, como visto na **tabela 4.11**.

A potenciométrica do aquífero Alter do Chão em abril de 2012 é apresentada na **figura 4.14a** e em outubro de 2012 na **figura 4.14b**. As cargas hidráulicas variam de 5 a 55 m e a sua distribuição espacial parece inteiramente governada pelos bombeamentos dos poços, dada a similitude das duas superfícies potenciométricas nos dois períodos.

#### **4.1.4 – Recarga, Escoamento e Exutórios**

Em conjunto, as 3 (três) feições morfológicas descritas no **item 2.2** exercem forte influência nas condições hidrogeológicas da folha de 15 minutos, valendo frisar que a área dessa folha representa tão somente uma fração aproximada de 0,0003 (1/3000) da área do modelo de fluxo da PHA (Volume V). Feita essa ressalva, pode-se dizer que nessa pequena área o aquífero Alter do Chão, predominantemente arenoso, pode ser caracterizado como um aquífero suspenso, ou seja, um aquífero no qual a água subterrânea se acumula acima do nível freático regional, tendo os seus processos de recarga, circulação e descarga localmente governados pelo relevo, da seguinte forma:

- A recarga ocorre principalmente por infiltração direta das águas oriundas das precipitações, notadamente sobre o Planalto Tapajós-Xingu, onde a boa permeabilidade do solo interfere no desenvolvimento da rede hidrográfica, tornando-a descontínua, formando pequenas bacias hidrográficas endorreicas;
- O Planalto Rebaixado, caracterizado por um relevo de cotas decrescentes de sul para norte, igualmente com litologia arenosa, funciona como área de recarga nas partes mais elevadas e área de descarga nas partes mais baixas do relevo, segundo Tancredi (1996), com fluxos de água subterrânea para fontes, igarapés e para o canal dos rios Tapajós e Amazonas;
- Não se observa saída de fluxo natural da área de estudo. Os gradientes hidráulicos criados pelos bombeamentos, em ambos os períodos, variam de aproximadamente 3,5 a 35 m/km, conforme deduzido das **figuras 4.14a** e **4.14b**, enquanto que o gradiente hidráulico do fluxo natural é desconhecido na área de estudo.

#### ***Campanha de abril de 2012***

No final do período chuvoso de 2012, de acordo com as linhas potenciométricas do mapa hidrogeológico da **figura 4.3a**, as águas subterrâneas escoam em direção aos poços existentes em exploração.

### ***Campanha de outubro de 2012***

No período de estiagem em outubro de 2012 (**figura 4.3b**) o comportamento do fluxo subterrâneo mantém o mesmo comportamento do período chuvoso, ou seja, as águas subterrâneas da área escoam em direção aos poços bombeados.

Conclui-se que os exutórios do fluxo natural, na escala da zona urbana de Santarém dentro da folha de 15 minutos, são representados pelos poços existentes em operação, cuja produção em 2012 foi de 0,235 m<sup>3</sup>/s, como se verá adiante no **item 4.1.8 (tabela 4.20)**.

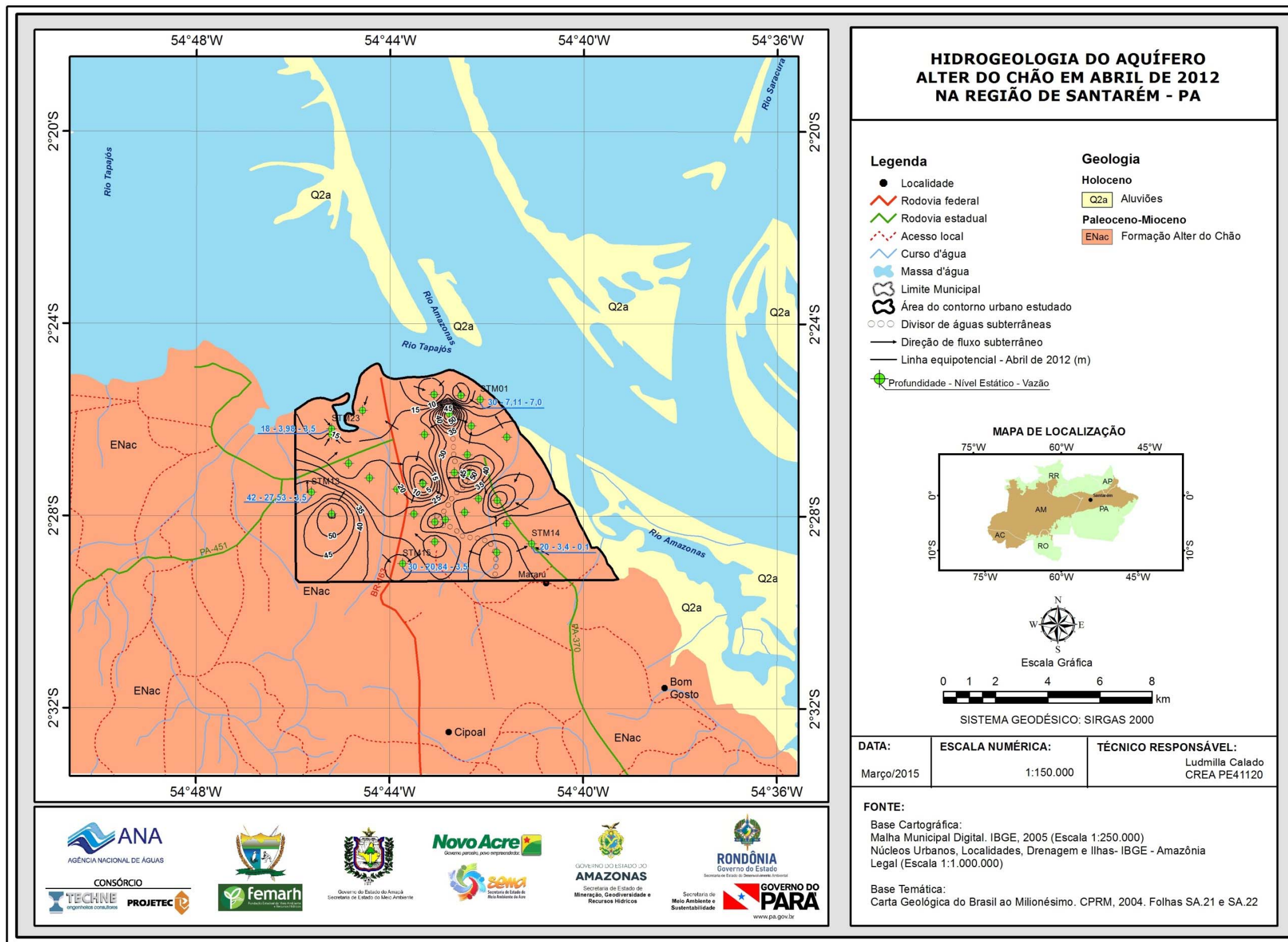


Figura 4.14a – Potenciometria das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012 na cidade de Santarém – PA.

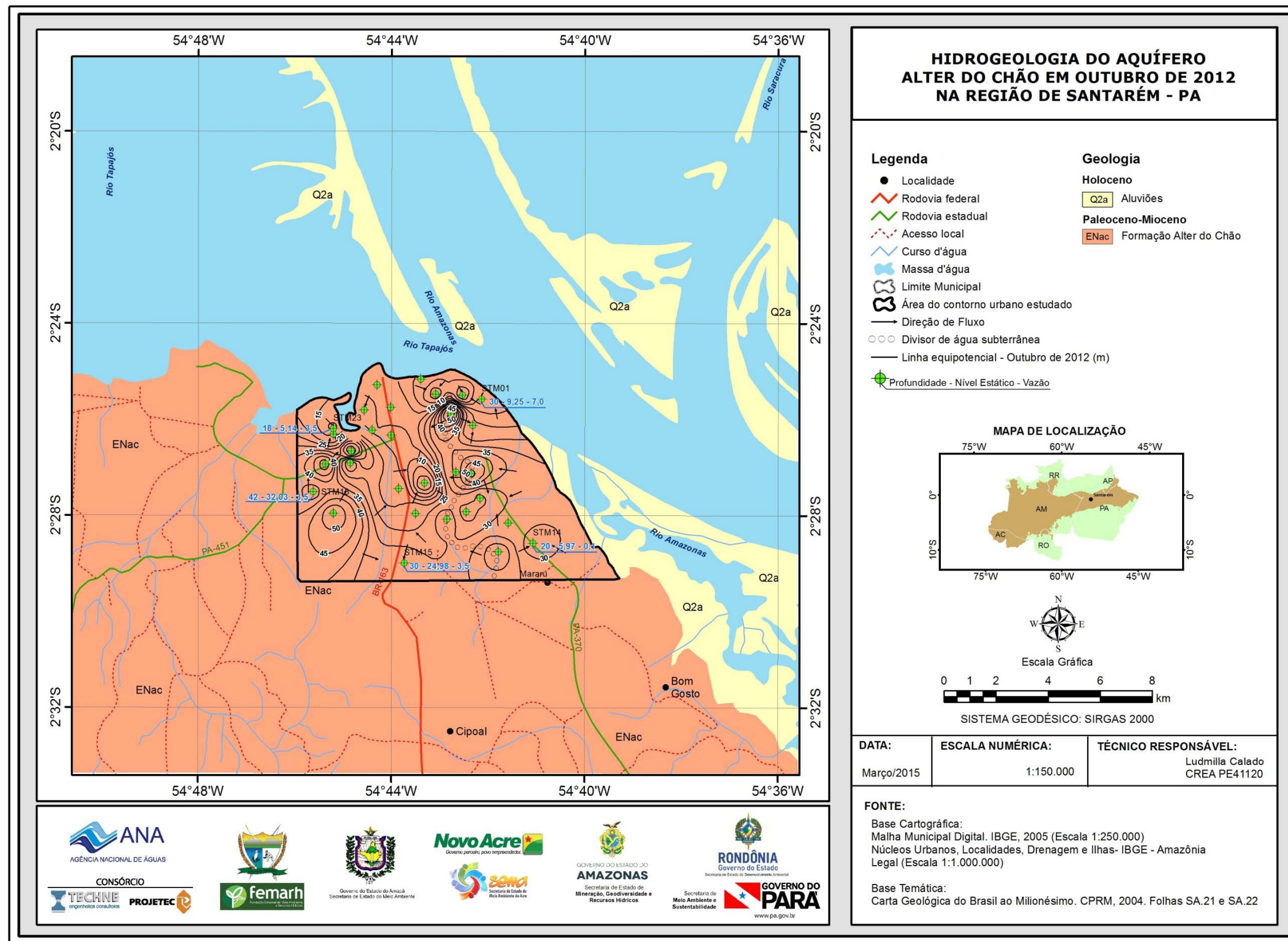


Figura 4.14b – Potenciometria das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012 na cidade de Santarém – PA.

## 4.1.5 – Reservas

### 4.1.5.1 – Reserva Reguladora ou Recarga Potencial Direta

A recarga potencial direta (RPD) corresponde à parcela da precipitação pluviométrica média anual que infiltra e efetivamente alcança os aquíferos livres, constituindo assim a reserva renovável ou reguladora (ANA, 2013).

Sobre a área de estudo (74 km<sup>2</sup>) a variação sazonal média da superfície freática entre as duas campanhas de medições de nível foi de 2,35 m, como visto na **tabela 4.11**. A porosidade efetiva encontrada variou de 0,10 a 0,16, apresentando um valor médio de 0,13. Assim sendo os valores extremos e a média encontrada para a RPD são os seguintes:

$$RPD = 74 \times 10^6 \times 2,35 \times 0,10 = 17,4 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{ano} = 0,552 \text{ m}^3 / \text{s} = 235 \text{ mm} / \text{ano}$$

$$RPD = 74 \times 10^6 \times 2,35 \times 0,16 = 27,8 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{ano} = 0,883 \text{ m}^3 / \text{s} = 376 \text{ mm} / \text{ano}$$

$$RPD = 74 \times 10^6 \times 2,35 \times 0,13 = 22,6 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{ano} = 0,718 \text{ m}^3 / \text{s} = 305 \text{ mm} / \text{ano}$$

### 4.1.5.2 – Reserva Potencial Explotável Estimada

A reserva potencial explotável é dada pelo produto da recarga potencial direta pelo coeficiente de sustentabilidade CS (ANA, 2013) que no caso do aquífero Alter do Chão em Santarém é igual a 0,4. Assim sendo, temos uma estimativa de reserva potencial explotável mínima de 0,4 x 0,552 = 0,221 m<sup>3</sup>/s e máxima de 0,4 x 0,883 = 0,353 m<sup>3</sup>/s, com valor médio igual a:

$$RPE = 0,4 \times 0,718 \text{ m}^3/\text{s} = 0,287 \text{ m}^3/\text{s}$$

Em 2012 conforme pode ser visto adiante na **tabela 4.20 (item 4.1.8)** a descarga total dos poços existentes em operação foi de 0,235 m<sup>3</sup>/s e, portanto, a exploração do aquífero Alter do Chão naquele ano consumia 82% da RPE. Resta dizer que essa exploração está praticamente restrita à reserva local, suspensa, do referido aquífero.

### 4.1.5.3 – Reserva Permanente

O sistema de água subterrânea de Santarém é representado pelo SAAB, que como visto no **item 4.1.1**, possui uma espessura total estimada em 564 m, dos quais admite-se que, pelo menos, 500 m são constituídos de arenitos. A reserva permanente é expressa pelo produto da área (A = 74 km<sup>2</sup>), pela espessura média saturada (b = 500 m) e pela porosidade efetiva Sy = 13%.

$$R_p = AbS_y = 74 \text{ km}^2 \times 500 \text{ m} \times 0,13 = 4,81 \times 10^9 \text{ m}^3$$

A **tabela 4.12** mostra os valores das reservas do SAAB em Santarém:

**Tabela 4.12** - Reservas do SAAB em Santarém na área estudada.

RESERVAS	Unidade	Valor
Reserva reguladora (RPD)	m <sup>3</sup> /s	0,718
Reserva potencial explotável (RPE)	m <sup>3</sup> /s	0,287
Reserva permanente (RP)	m <sup>3</sup>	4,81 x 10 <sup>9</sup>

#### **4.1.6 – Situação da Exploração em 2012**

##### **4.1.6.1 – Levantamento e Sistematização de Dados**

Os dados de poços levantados no município de Santarém no âmbito do Projeto PHA foram sistematizados e fazem parte de um Sistema de Informações Geográficas – SIG ANA PHA 2013 – que constitui a principal fonte de consulta de dados cartográficos, hidroclimáticos, geológicos, hidrogeológicos e hidrogeoquímicos da Província Hidrogeológica Amazonas.

##### **4.1.6.2 – Poços Catalogados e Cadastrados**

A pesquisa hidrogeológica desenvolvida na cidade de Santarém baseou-se nos dados dos 464 poços constantes no SIG ANA PHA 2013, dos quais 364 catalogados no SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2010) e 100 novos poços cadastrados pela ANA, no âmbito do Projeto PHA, como pode ser observado no **anexo 7.2.1** e na **figura 4.15**.

Dentre os 100 novos poços cadastrados foi selecionada uma rede de 37 (trinta e sete) poços para o monitoramento dos níveis freáticos e para a coleta de amostras de água que foram submetidas a análises físico-químicas, bacteriológicas e análises específicas (**capítulo 5**), em duas etapas, uma no período chuvoso (abril de 2012) e outra no período de estiagem (outubro de 2012).

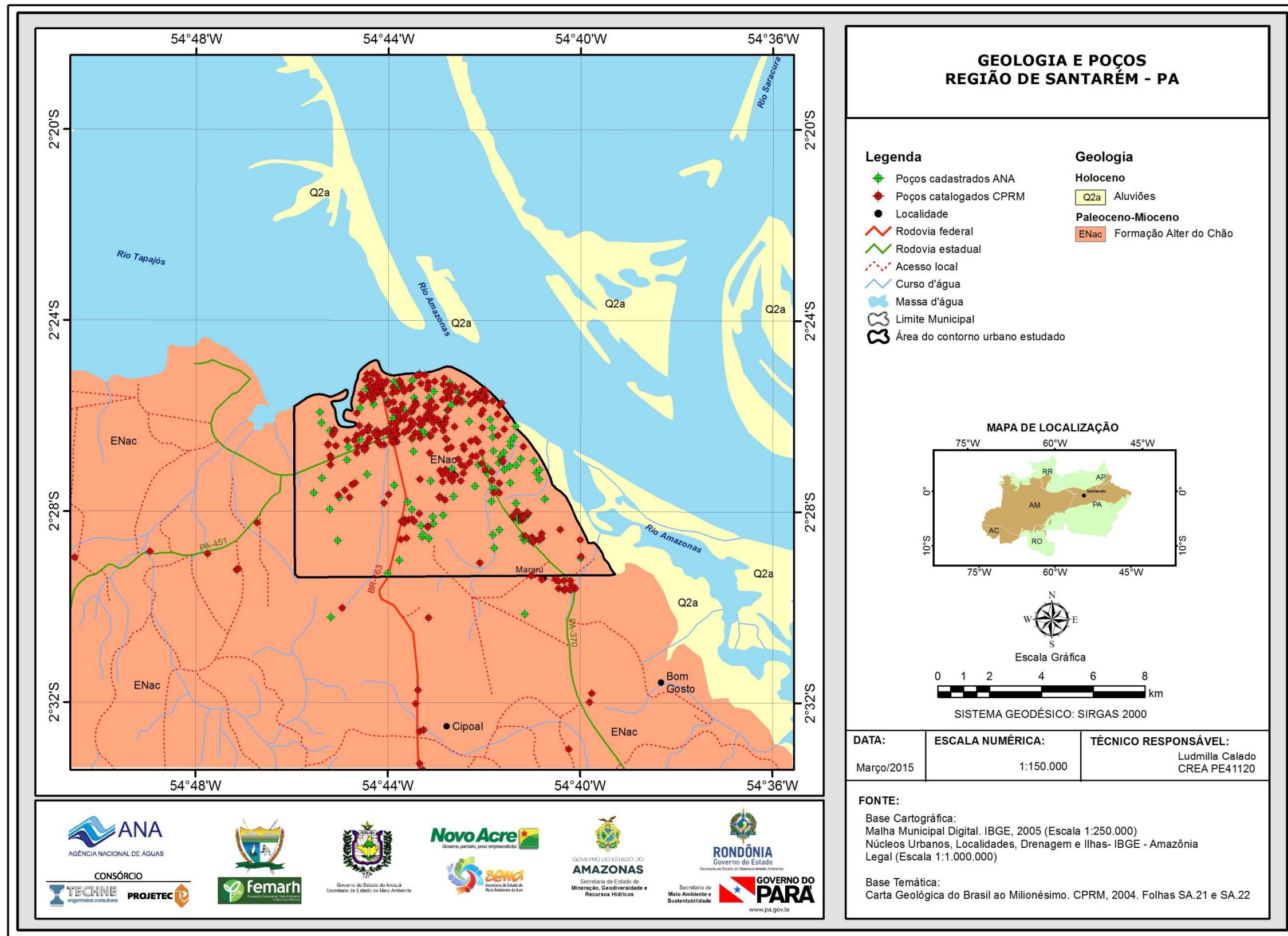


Figura 4.15 – Distribuição espacial dos poços catalogados e cadastrados na folha de 15 minutos e na área de estudo da cidade de Santarém - PA. Fonte: SIAGAS/CPRM e ANA.



#### 4.1.6.3 – Tratamento Estatístico dos Dados de Poços Catalogados e Cadastrados

Na **tabela 4.13** é apresentada a estatística descritiva dos valores numéricos de profundidade, diâmetro do revestimento, altura da boca, nível estático, nível dinâmico e vazão dos poços cadastrados e catalogados na cidade piloto de Santarém.

**Tabela 4.13** - Parâmetros estatísticos dos dados de poços de Santarém.

Parâmetros Estatísticos	Profundidade (m)	Diâmetro do revestimento (mm)	Altura da boca (m)	Nível Estático - NE (m)	Nível Dinâmico - ND (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)
Média	51,8	145,1	0,7	19,4	25,8	16,4
Mediana	35,0	152,4	0,6	16,0	23,5	4,0
Desvio Padrão	53,5	67,5	2,9	14,4	16,8	40,7
Coefficiente Variação	1,0	0,5	4,3	0,7	0,7	2,5
Valor máximo	271,0	762,0	60,0	66,0	83,0	340,0
Valor mínimo	3,9	39,4	-0,4	0,1	1,0	0,1
Nº amostras	416	418	425	296	284	329

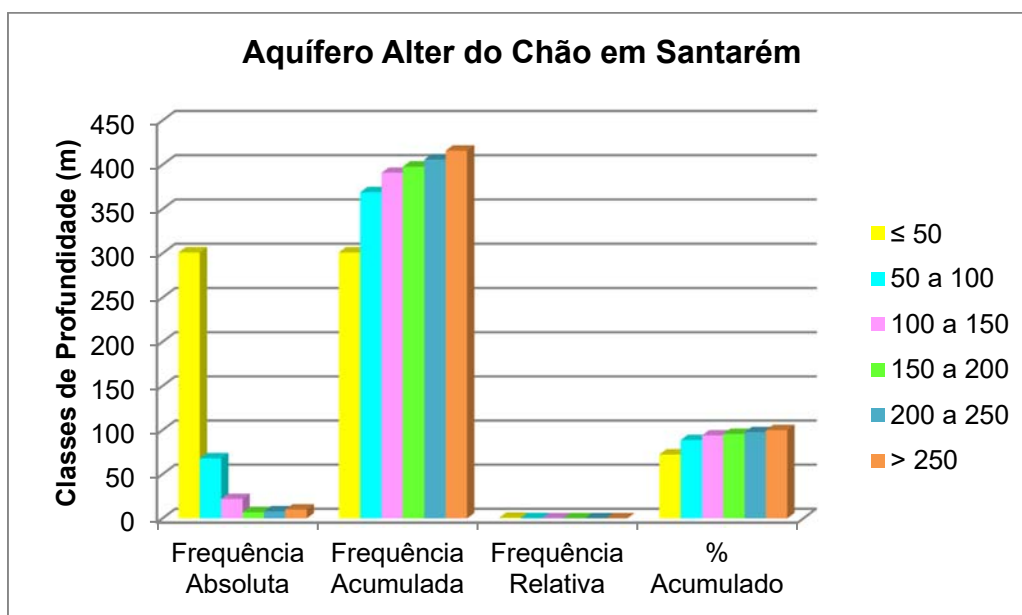
#### **Profundidade**

A profundidade dos poços inventariados em Santarém variou de 3,9 a 271 m, com média de 51,8 m. De acordo com a **tabela 4.14**, a maioria dos poços (72%) possui profundidade de até 50 m. As faixas de 50 a 100 m, e de 100 a 150 m de profundidade, representam respectivamente, 16% e 5% dos poços. Tais resultados indicam que os poços em Santarém podem ser considerados como tubulares rasos, uma vez que 72% dos poços possuem profundidade inferior a 50 m.

**Tabela 4.14** – Frequência da profundidade dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM e dos novos cadastrados pela ANA na cidade de Santarém - PA.

Classe Prof (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤50	301	301	0,72	72,36
50<x≤100	68	369	0,16	88,70
100<x≤150	22	391	0,05	93,99
150<x≤200	7	398	0,02	95,67
200<x≤250	8	406	0,02	97,60
x>250	10	416	0,02	100,00
<b>Total</b>	<b>416</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

A distribuição de frequência da profundidade dos poços de Santarém pode ser visualizada na **figura 4.16**.



**Figura 4.16** – Frequências das classes de profundidade dos poços na cidade de Santarém - PA.

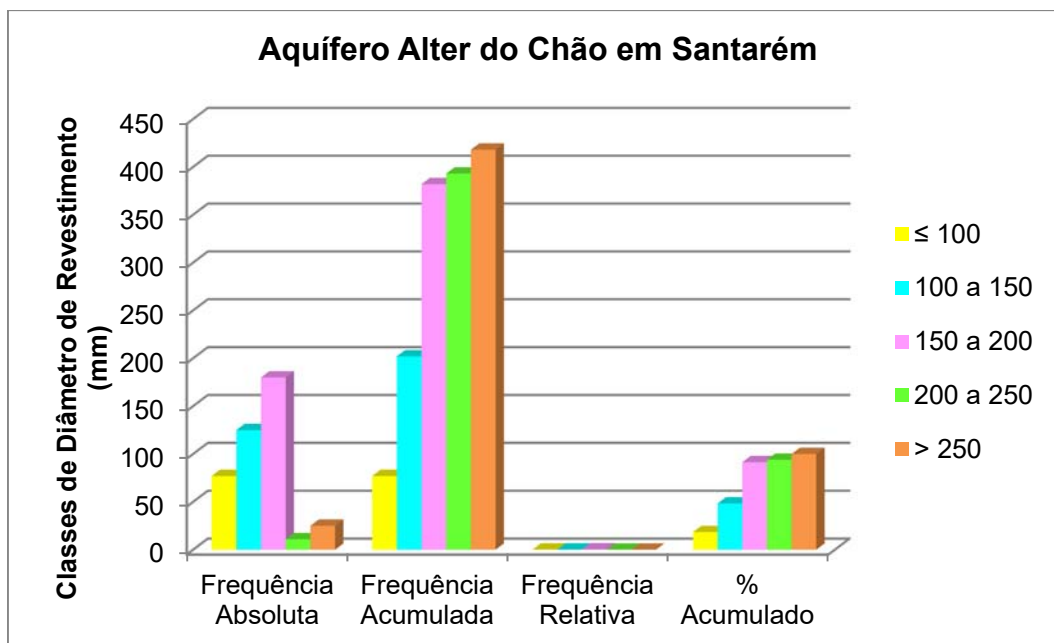
#### **Diâmetro do revestimento**

De acordo com a **tabela 4.15**, as classes mais frequentes de diâmetro de revestimento ocorrem nas faixas de 150 a 200 mm (43%), seguida de 100 a 150 m (30%). Apenas 9% dos poços apresentam diâmetro de revestimento superior a 200 mm.

**Tabela 4.15** – Frequência dos diâmetros de revestimento dos poços tubulares levantados no SIAGAS e dos novos cadastrados pela ANA na cidade de Santarém - PA.

Classe Diâmetro do revestimento (mm)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
$0 < x \leq 100$	77	77	0,18	18,42
$100 < x \leq 150$	125	202	0,30	48,33
$150 < x \leq 200$	180	382	0,43	91,39
$200 < x \leq 250$	11	393	0,03	94,02
$x > 250$	25	418	0,06	100,00
<b>Total</b>	<b>418</b>	-	-	-

A distribuição de frequência do diâmetro de revestimento dos poços de Santarém pode ser visualizada na **figura 4.17**.



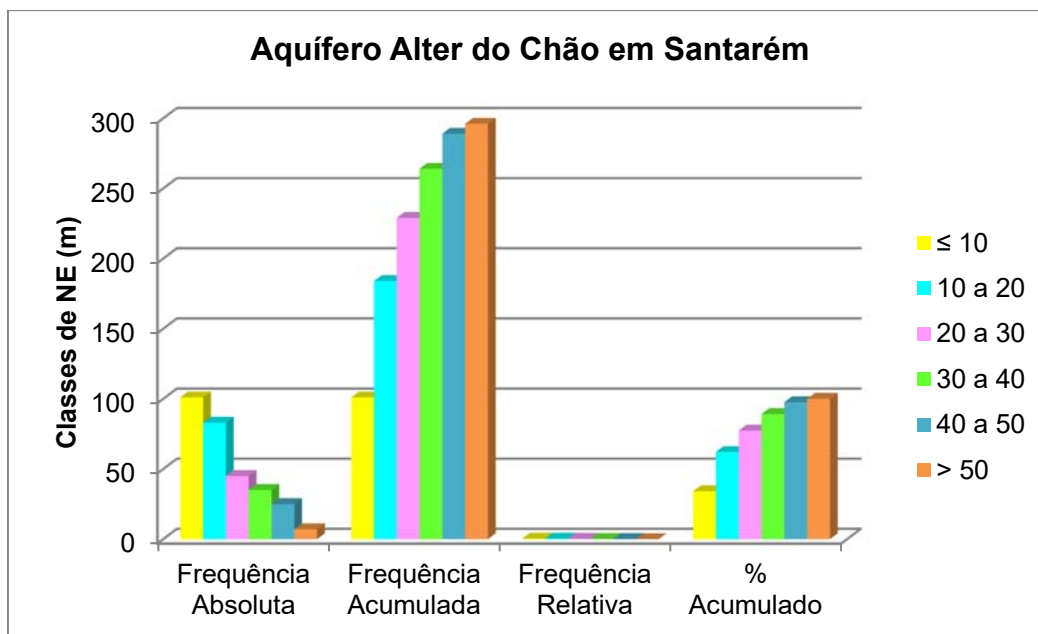
**Figura 4.17** – Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços na cidade de Santarém - PA.

### **Nível Estático**

De acordo com os dados da **tabela 4.16** e **figura 4.18**, observa-se que as classes mais frequentes da profundidade do nível estático estão entre 0 e 10 m (34%) e de 10 a 20 m (28%). Apenas 2% dos poços apresentaram nível estático superior a 50 m de profundidade. Em Santarém, de modo geral, os níveis estáticos são rasos, haja vista que a maioria dos poços (62%) possui profundidade do nível estático de até 20 m.

**Tabela 4.16** – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS e cadastrados pela ANA na cidade de Santarém - PA.

Classe NE (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	101	101	0,34	34,12
10<x≤20	83	184	0,28	62,16
20<x≤30	45	229	0,15	77,36
30<x≤40	35	264	0,12	89,19
40<x≤50	25	289	0,08	97,64
x>50	7	296	0,02	100,00
<b>Total</b>	<b>296</b>	-	-	-



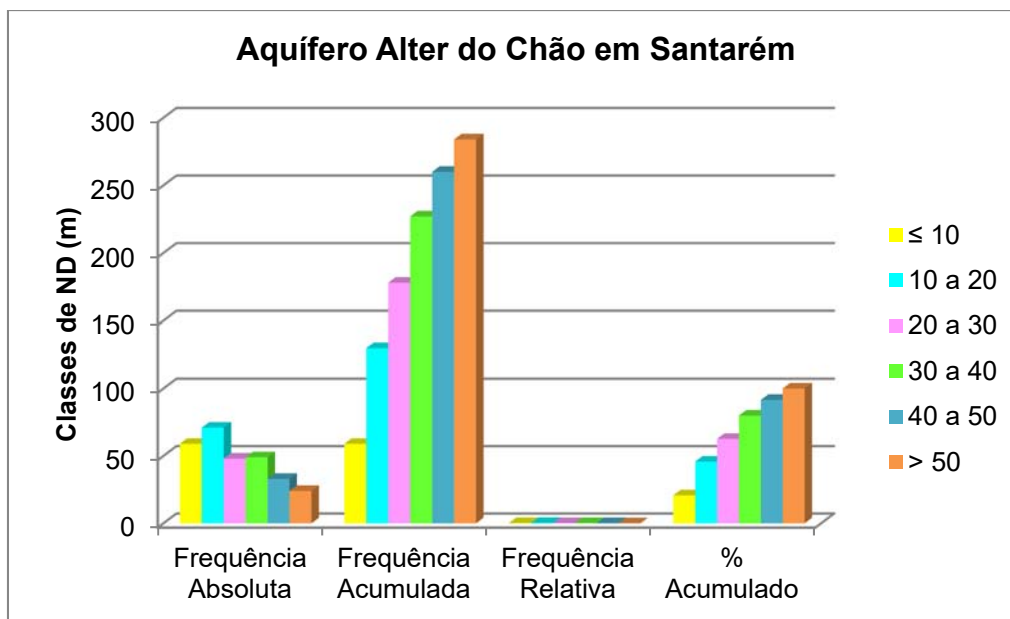
**Figura 4.18** – Frequências das classes de profundidade do nível estático dos poços na cidade de Santarém - PA.

### **Níveis Dinâmico**

Para os níveis dinâmicos dos poços na cidade de Santarém, tem-se que a maioria dos poços (63%) apresentam profundidades de até 30 m, como pode ser observado na **tabela 4.17** e **figura 4.19**. Nota-se que apenas 8% dos níveis dinâmicos são superiores a 50 m.

**Tabela 4.17** – Distribuição de frequência dos níveis dinâmicos dos poços na cidade de Santarém - PA.

Classe ND (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	59	59	0,21	20,77
10<x≤20	71	130	0,25	45,77
20<x≤30	48	178	0,17	62,68
30<x≤40	49	227	0,17	79,93
40<x≤50	33	260	0,12	91,55
x>50	24	284	0,08	100,00
<b>Total</b>	<b>284</b>	-	-	-



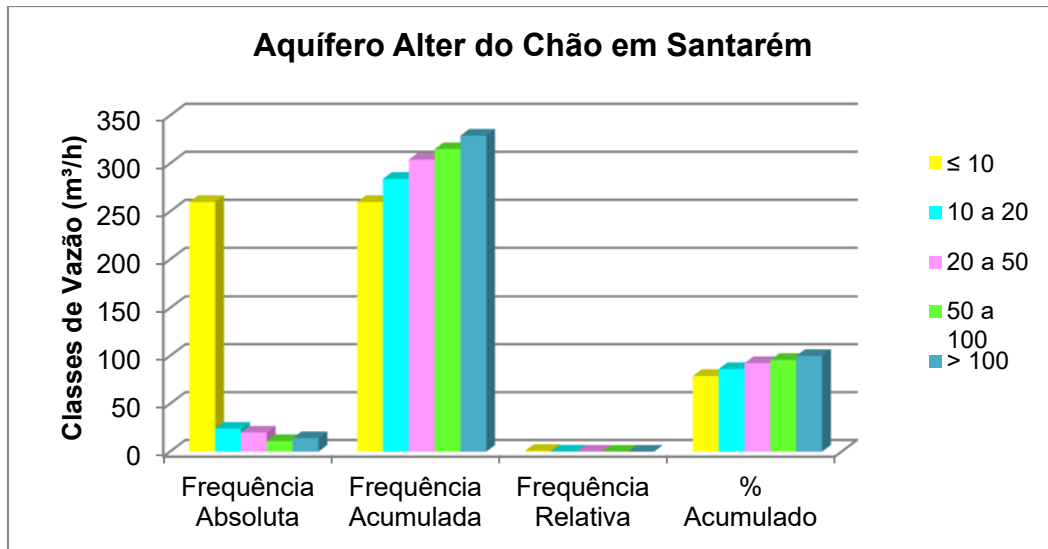
**Figura 4.19** – Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços na cidade de Santarém - PA.

### Vazão

No que se refere à vazão dos poços que exploram o aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém, verifica-se que a grande maioria dos poços (79%) apresenta vazão de até 10 m<sup>3</sup>/h, enquanto que apenas 4% dos poços tem vazão superior a 100 m<sup>3</sup>/h, como pode ser observado na **tabela 4.18** e na **figura 4.20**.

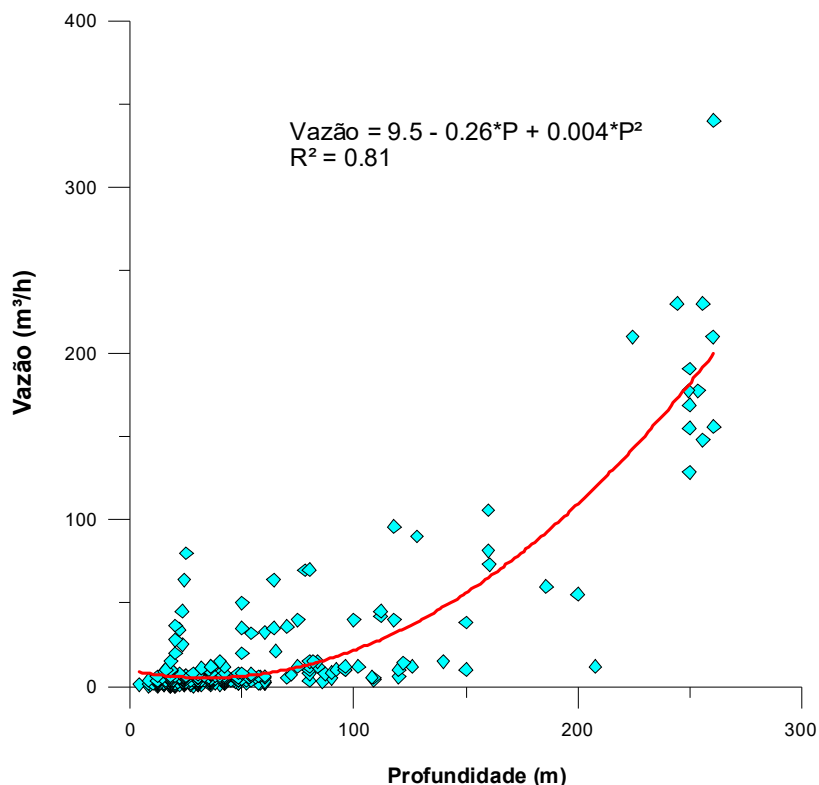
**Tabela 4.18** – Frequência da vazão dos poços cadastrados pela ANA na cidade de Santarém – PA.

Classe Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	260	260	0,79	79,03
10<x≤20	24	284	0,07	86,32
20<x≤50	20	304	0,06	92,40
50<x≤100	11	315	0,03	95,74
x>100	14	329	0,04	100,00
<b>Total</b>	<b>329</b>	-	-	-



**Figura 4.20** – Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados pela ANA na cidade de Santarém - PA.

Os dados do **anexo 7.2.1** revelam que há uma correlação relativamente forte ( $R^2 = 0,81$ ) entre a profundidade e a vazão dos poços na região de Santarém (**figura 4.21**). Essa situação se deve ao fato do Aquífero Alter do Chão ser muito espesso, o que contribui para que o aumento da vazão ocorra com a elevação da profundidade, o que favorece a existência de poços com vazões altas da ordem de 340 m³/h (**tabela 4.13**).



**Figura 4.21** – Correlação entre profundidade e vazão dos poços no aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém – PA.

Do total de 329 poços que possuem vazão informada no SIG ANA PHA 2013, somente 269 estão inseridos na área de estudo. Esses poços foram utilizados para avaliação da distribuição espacial da vazão no aquífero Alter do Chão em Santarém (**figura 4.22**), na qual se observa que em grande parte da área as produções estão nos intervalos de até 10 m<sup>3</sup>/h, e em pequenas áreas isoladas estão os poços com vazão superior a 100 m<sup>3</sup>/h.

### **Conclusões**

Com base nos dados apresentados anteriormente referentes ao Aquífero Alter do Chão em Santarém é possível concluir que:

- A maioria dos poços cadastrados no município de Santarém, o equivalente a 72% possui profundidades de até 50 m;
- Os níveis estáticos mais frequentes não ultrapassam 20 m, o que representa 62% dos poços cadastrados e catalogados;
- As vazões dos poços são predominantemente inferiores a 10 m<sup>3</sup>/h, em cerca de 79% dos 329 poços cadastrados;
- Foi possível caracterizar uma correlação relativamente forte entre a profundidade dos poços e a vazão ( $R^2 = 0,81$  ou  $R = 0,90$ ) que se explica pelo fato do aquífero ser muito espesso, com pelo menos 330 m de arenitos no pacote total de 550 m de espessura do Aquífero Alter do Chão, em Santarém.

Além dos parâmetros acima descritos, o cadastro obteve algumas informações importantes relacionadas à operacionalidade dos poços, ao regime de bombeamento, os tipos de equipamento e usos da água, os quais serão detalhados a seguir.

De acordo com o SIG ANA-PHA 2013, foram cadastrados em Santarém 100 poços pela ANA e catalogados 364 poços do SIAGAS/CPRM, totalizando 464 poços, dos quais, foi constatado que 90% (416) se encontram em operação, enquanto que 4% (20) estão desativados, 1% (3) não instalados, e 5% (25) sem informação.

Já no que se refere ao tipo de equipamento, de bombeamento dos poços, verificou-se que 3,2% usam bomba centrífuga, 1,7% bomba injetora, 1,7% bomba sapo, 35,3% bomba submersa, 0,2% compressor, 1,7% bomba manual, 0,9% não possui bomba, 0,2% usa sistema de caneca, e os 55% restantes sem informação.

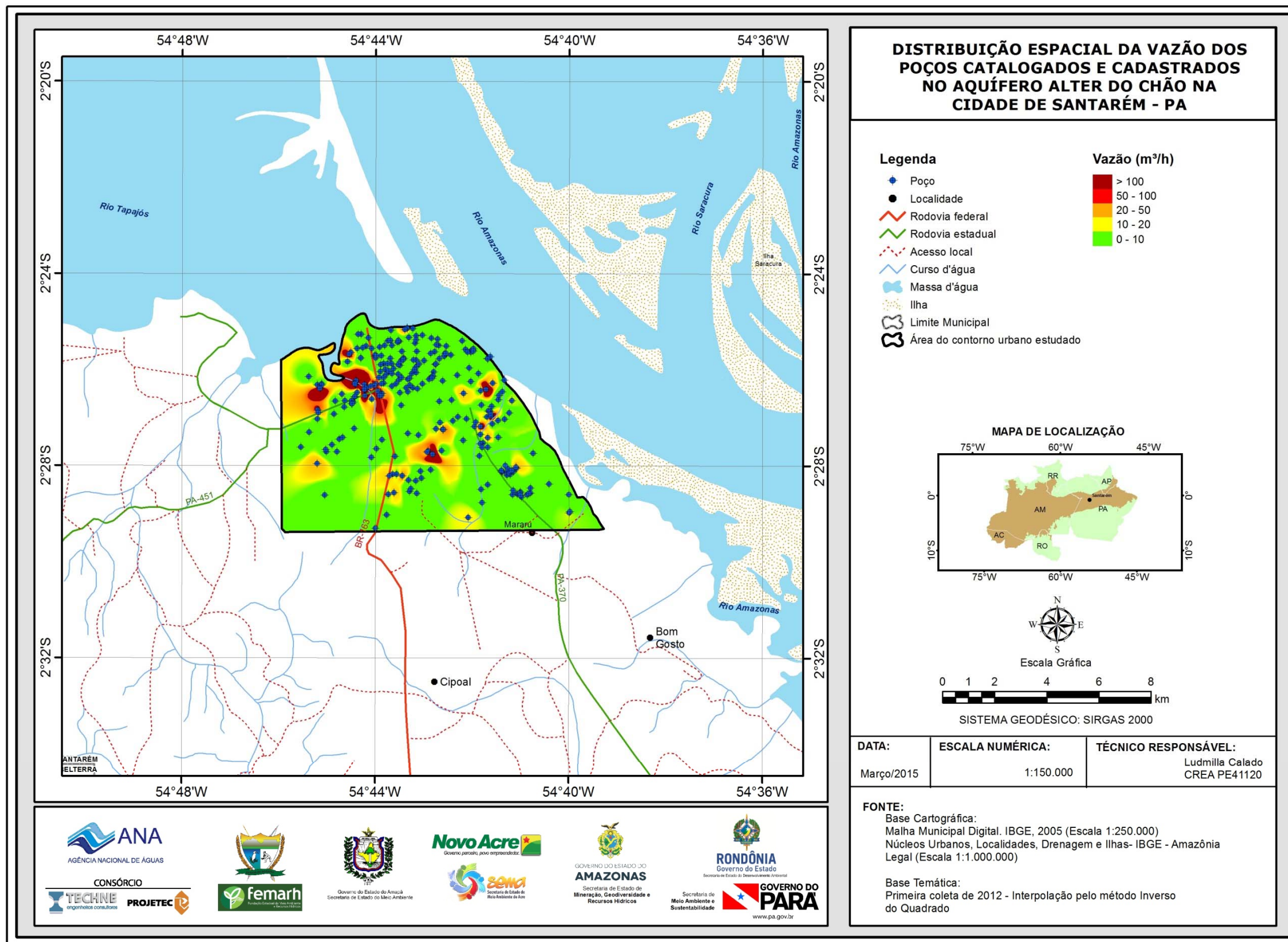


Figura 4.22 – Distribuição espacial da vazão dos poços cadastrados e catalogados na região de Santarém – PA.



#### 4.1.7 – Regime de Funcionamento dos Poços

Na **tabela 4.19** são mostrados os valores dos parâmetros estatísticos do número de horas por dia em que são bombeados os poços da área estudada.

Usando apenas os 86 poços com regime de funcionamento e vazão informados, o cálculo do regime médio de funcionamento para todos os poços, do aquífero Alter do Chão, ponderado pela frequência do número de horas de bombeamento, nos intervalos de classe, é dado pela expressão:

$$\bar{R}_e = \sum_{j=0}^{23} R_{ej} \times w_j$$

**Tabela 4.19** – Cálculo do regime médio de funcionamento usando 86 dos 416 poços em operação, com vazão e regime informado na cidade de Santarém, no aquífero Alter do Chão.

Classe Regime de Funcionamento (h/dia)	Frequência Absoluta (FA)	Regime Médio Informado - Rej (h/dia)	Frequência relativa - Wj	Regime Médio Estimado - Re (h/dia)
0<x≤1	33	0,95	0,38	0,37
1<x≤2	11	2,00	0,13	0,26
2<x≤3	17	3,00	0,20	0,59
3<x≤4	14	4,00	0,16	0,65
4<x≤5	1	5,00	0,01	0,06
5<x≤6	2	6,00	0,02	0,14
6<x≤7	0	-	0,00	-
7<x≤8	4	8,00	0,05	0,37
8<x≤9	0	-	0,00	-
9<x≤10	1	10,00	0,01	0,12
10<x≤11	0	-	0,00	-
11<x≤12	3	12,00	0,03	0,42
<b>Total</b>	<b>86</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>2,97</b>

Legenda:

$N = \sum FA$  = número total de poços com regime de funcionamento informado no SIG ANA-PHA (2013).

Frequência Absoluta (FA) = número de poços com regime de funcionamento informado no SIG ANA-PHA (2013) em cada intervalo de classe.

Regime Médio Informado (Rej) = Média de horas de funcionamento dos poços em cada intervalo de classe.

Regime Médio Estimado: Re = Rej x Wj.

Frequência Relativa (Wj) = FA/N.

Regime Médio Estimado:  $\bar{R}_e = \sum_{j=0}^{11} R_{ej} \times w_j$  2,97 horas ou 2 horas e 58 minutos.

Como se vê na **tabela 4.19** o regime médio estimado para os poços de Santarém em 2012 é de 2,97 horas por dia, ou 2 horas e 58 minutos por dia.

#### 4.1.8 – Produção Global dos Poços

Considerando esse regime e a vazão média dos diferentes intervalos de classe de vazão apresentados na **tabela 4.20**, obtém-se uma produção global estimada de 20.274,74 m<sup>3</sup>/dia.

**Tabela 4.20** - Produção global estimada para Santarém em 2012, explotada do aquífero Alter do Chão.

Classe Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Vazão Média (m <sup>3</sup> /h)	Efetivo de Poços	Vazão Estimada (m <sup>3</sup> /dia)	Vazão Estimada (m <sup>3</sup> /s)
0<x≤10	260	0,79	3,71	329	3.624,40	0,042
10<x≤20	24	0,07	12,73	30	1.147,32	0,013
20<x≤50	20	0,06	34,76	25	2.610,79	0,030
50<x≤100	11	0,03	73,10	14	3.019,62	0,035
x>100	14	0,04	187,78	18	9.872,61	0,114
<b>Total</b>	<b>329</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>416</b>	<b>20.274,74</b>	<b>0,23466</b>

Legenda:

N = número total de poços com vazão informada no SIG ANA-PHA (2013).

Frequência Absoluta (FA) = número de poços com vazão informada no SIG ANA-PHA (2013) em cada intervalo de classe.

Frequência Relativa (FR) = FA/N.

Vazão Média (QM) = média dos valores de vazão informada em cada intervalo de classe.

Efetivo de poços = 416 x FR = número de poços estimado em 2012 no intervalo de classe correspondente aos dados informados.

Vazão Estimada (QE) m<sup>3</sup>/dia = QM x RME x Efetivo de poços em cada intervalo de classe.

Vazão Estimada (QE) m<sup>3</sup>/s = QE (m<sup>3</sup>/dia) x Quantidade de segundos em um dia (84.600).

Segundo os dados informados em Santarém, a produção de água, em um regime de 2,97 h/dia e para um efetivo de 416 poços em operação no ano de 2012, foi estimada em 0,23466 m<sup>3</sup>/s em regime contínuo equivalente, conforme **tabela 4.20**. Essa produção (20.274,74 m<sup>3</sup>/dia ou 48,737 m<sup>3</sup>/dia/poço) corresponde a 82% da reserva potencial explotável (RPE), que foi estimada em 0,287 m<sup>3</sup>/s (24.796,8 m<sup>3</sup>/dia). Como visto no **item 4.1.2.4**, sem contar interferências, a capacidade de produção sustentável prevista para poços de 500 m de profundidade, em média, é de 549 m<sup>3</sup>/h ou 13.176 m<sup>3</sup>/dia e para poços de 400 m de profundidade é de 290 m<sup>3</sup>/h ou 6.960 m<sup>3</sup>/dia e, portanto, para captar a RPE deverão ser necessários apenas 2 poços profundos de 500 m de profundidade ou 4 poços profundos de 400 m de profundidade.

Por outro lado, em relação à recarga (RPD) de 0,718 m<sup>3</sup>/s (62.035,2 m<sup>3</sup>/dia) a produção aproximada dos poços de 0,287 L/s representa 40%, o que leva a concluir que 60% da RPD deve estar sendo usado pelos 464 poços existentes constantes do SIG ANA-PHA (**anexo 7.2.1**).

A partir dos dados do cadastro SIG ANA-PHA 2013 verificou-se a situação operacional dos poços em Santarém da seguinte forma, 2,6% abandonado, 51,9% bombeando, 0,6% colmatado, 37,5% equipado, 0,6% fechado, 0,6% sem equipamento, 0,4% não utilizável, 0,2% parado e os 5,4% restantes, sem informação.

A **tabela 4.21** apresenta a distribuição e a produção global dos 416 poços com situação operacional informada no cadastro. Como visto na **tabela 4.20** a produção global de água para os 416 poços em condições de produção atinge cerca de 0,235 m<sup>3</sup>/s. Em 2012, com 241 poços em operação a exploração extraía 57,9% desse total, ou aproximadamente 0,136 m<sup>3</sup>/s.

**Tabela 4.21** - Distribuição dos poços e da produção global com a situação operacional informada.

Poços	Registrados	Operando	Equipado	Parado
Número	416	241	174	1
Percentual	100%	57,9%	41,8%	0,2%
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	0,235	0,136	0,098	0,0006

Quanto ao uso da água subterrânea para os 464 poços em Santarém, verifica-se que 83,2% é destinada ao abastecimento; 1,7% ao uso múltiplo; 3,7% para indústria; 1,5% comércio; 0,2% hospitalar; 3% outros usos não citados anteriormente; e os 6,7% restantes não informaram.

Mediante análise do cadastro SIG ANA-PHA 2013, observou-se que apenas 20% dos poços possuem indicação do tipo de reservatório que utilizam para armazenamento da água explorada. De acordo com os dados da **tabela 4.22**, a maioria dos poços possui armazenamento em caixa de fibra de vidro (85%), seguido de caixa de amianto (4%) e taça de concreto (1%), enquanto que 9% informaram que não possui reservatório instalado.

**Tabela 4.22** – Tipos de reservatório de água de poços em Santarém - PA.

Reservatórios	Nº	Caixa d'água de fibra de vidro	Caixa d'água de amianto	Taça de concreto	Sem reservatório
Registros	95	81	04	01	09
Percentual	100%	85%	4%	1%	9%

## **5 – Hidrogeoquímica**

## 5.1 – Introdução

Com o intuito de avaliar a qualidade das águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, foram realizadas duas campanhas de amostragem: uma no período chuvoso (abril de 2012) e outra no período seco (outubro de 2012), com defasagem de 6 (seis) meses.

Ambas as campanhas seguiram as metodologias recomendadas por Barcelona *et al.* (1985), Puls & Barcelona (1989), Keith (1996), Feitosa & Manoel Filho (2000) e Nielsen & Nielsen (2007). Além dessas referências, também foi utilizado o Protocolo de Guia de Coleta de Amostra (GCA), elaborado pelo laboratório Bioagri Ambiental, que pode ser visualizado no **Anexo 7.4**.

Os Laboratórios responsáveis pelas análises na cidade de Santarém, juntamente com os poços avaliados, o quantitativo de amostras, os tipos de análises e os parâmetros analisados, encontram-se listados abaixo:

### **Laboratório da Bioagri Ambiental:**

- 37 (trinta e sete) Análises Físico-Químicas e Bacteriológicas - cor, turbidez, condutividade elétrica (CE), temperatura, sólidos totais dissolvidos (STD), pH, Eh, sódio, potássio, cálcio, magnésio, dureza, cloreto, sulfato, bicarbonato, nitrogênio (amoniaco, orgânico e total), nitrito, nitrato, ferro e manganês, Coliformes Totais e Termotolerantes (E. Coli). Devido a problemas de acesso local e falta de permissão de alguns proprietários não foi possível efetuar a coleta de amostragem nos mesmos 30 (trinta) poços da primeira campanha, havendo a seleção de 7 (sete) poços distintos na segunda campanha de amostragem (31 e 35 a 40);
- 10 (dez) Análises de Metais Pesados - arsênio, bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel e zinco, nos poços: 6, 12, 13, 17, 24, 26, 27, 38, 39 e 40;
- 10 (dez) Análises de BTEX e Fenóis - benzeno, tolueno, etilbenzeno, o-Xileno e m,p-Xileno e índice de Fenóis nos poços: 6, 12, 13, 17, 24, 26, 27, 38, 39 e 40.

### **Laboratório de Geocronologia do Instituto de Geociências da UnB:**

- 04 (quatro) Análises de Isótopo Ambiental Estável - deutério e oxigênio-18, nos poços: 10, 42, 43 e 44.

### **Laboratório do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CTDN), da UFMG:**

- 07 (sete) Análises do Isótopo Ambiental Radioativo - trício, nos poços: 23, 37, 38, 41, 42, 43 e 44.

### **Laboratório Beta Analytic, da Flórida - USA:**

- 04 (quatro) Análises do Isótopo Ambiental - carbono 14, nos poços: 37, 42, 43 e 44.

Os resultados dessas análises para as duas campanhas podem ser verificados no **Anexo 7.3**.

### 5.1.1 - Critérios de seleção para as amostragens

Como resultado do levantamento dos dados previsto no **item 6.2.1** e posterior cadastramento *in situ* previsto no **item 6.3** dos TDRs, foram selecionados pela Consultora em comum acordo com a CTAF - Comissão Técnica de Acompanhamento e Fiscalização do Projeto PHA, os poços para as análises quantitativas e qualitativas do Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém.

Para a seleção dos poços foram adotadas as 07 (sete) condições apresentadas no **item 6.4.2.1** dos TDRs, quais sejam:

1. Devem ser predominantemente poços produtores;
2. Deve-se ter a anuência do proprietário para a coleta no poço;
3. Deve captar prioritariamente um sistema aquífero único;
4. Deve estar distribuído o mais uniformemente possível em relação aos demais, de modo a constituírem uma amostragem representativa da região estudada;
5. Os poços devem possuir perfil construtivo e litológico;
6. Os poços devem ser georreferenciados com GPS com altímetro barométrico (precisão planimétrica mínima de 1,0 metro; precisão altimétrica mínima de 3,0 metros);
7. Os poços devem ser equipados com bomba e ligados a rede de energia.

A seleção propriamente dita para a cidade de Santarém foi feita através de consulta a uma macro em VBA Excel, aplicada à matriz do cadastro geral (SIG ANA PHA 2013) através da qual foram selecionados todos os poços com o maior número de critérios atendidos, na área de estudo.

Em relação às análises de metais pesados, BTEX e fenóis também se observou o critério do poço estar situado em locais próximos de potenciais fontes de contaminação, como por exemplo, indústrias de transformação, postos de combustível, estabelecimentos comerciais, entre outros, em consonância com o **item 6.4.3.2** dos TDRs.

Quanto à seleção dos poços para as análises de isótopos ambientais estáveis e radioativos foram feitas pela Consultora em definição conjunta com a CTAF, conforme consta no **item 6.4.3.2** dos TDRs, sempre com a preocupação de não coletar amostras em poços equipados com sistemas de bombeamento *air-lift* para evitar possíveis alterações nos resultados das análises, devido à presença de bolhas de ar.

#### **Localização dos pontos amostrados**

A distribuição espacial dos poços amostrados em Santarém é apresentada para as análises físico-químicas e bacteriológicas na **figura 5.1**; para as análises de metais pesados, BTEX e Fenóis na **figura 5.2**, e finalmente para os isótopos ambientais ( $\delta^{18}O, \delta^2H$  e  $^3H$ ) na **figura 5.3**.

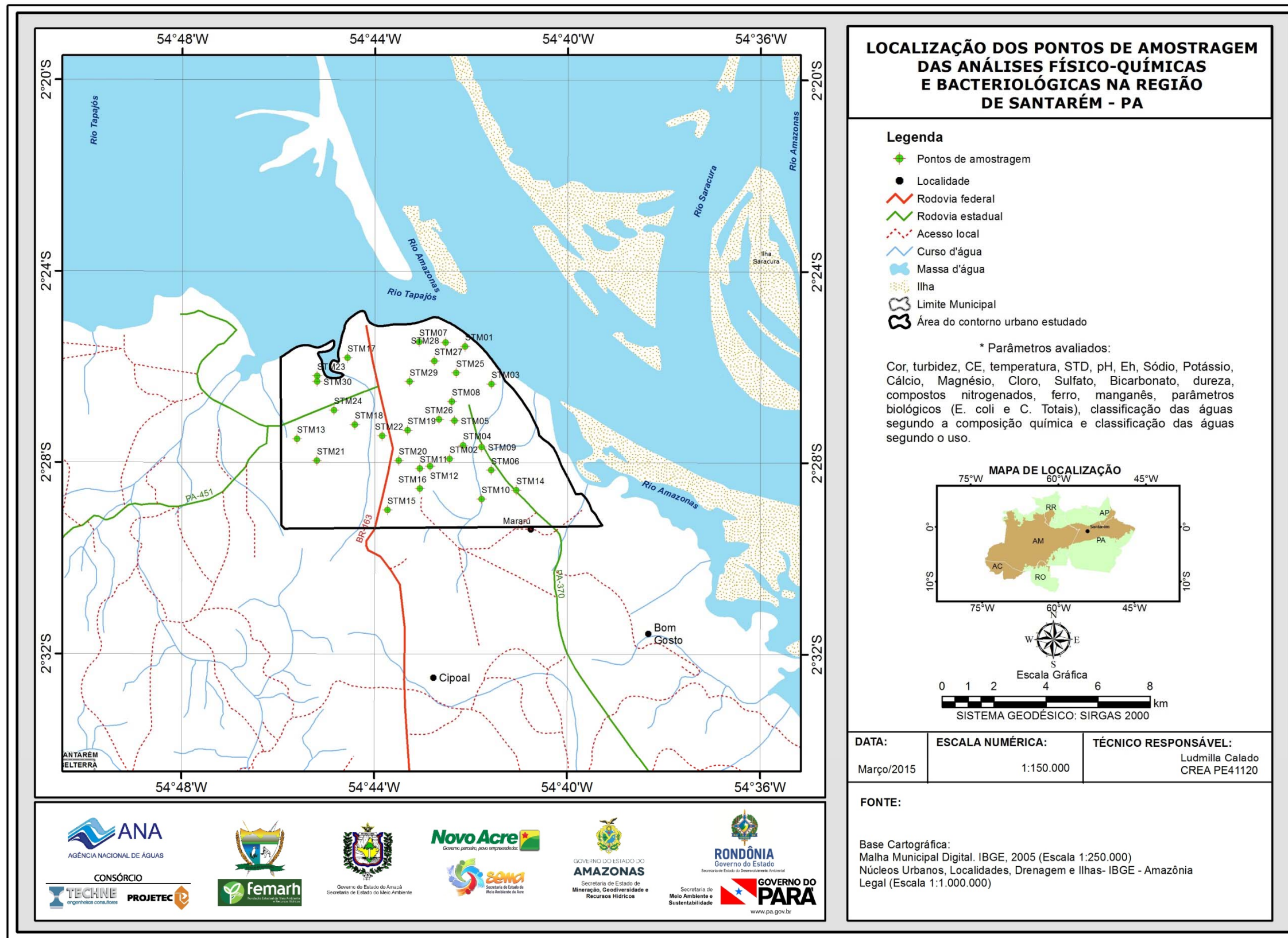


Figura 5.1 – Localização dos pontos de amostragem das análises físico-químicas e bacteriológicas no Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém - PA.

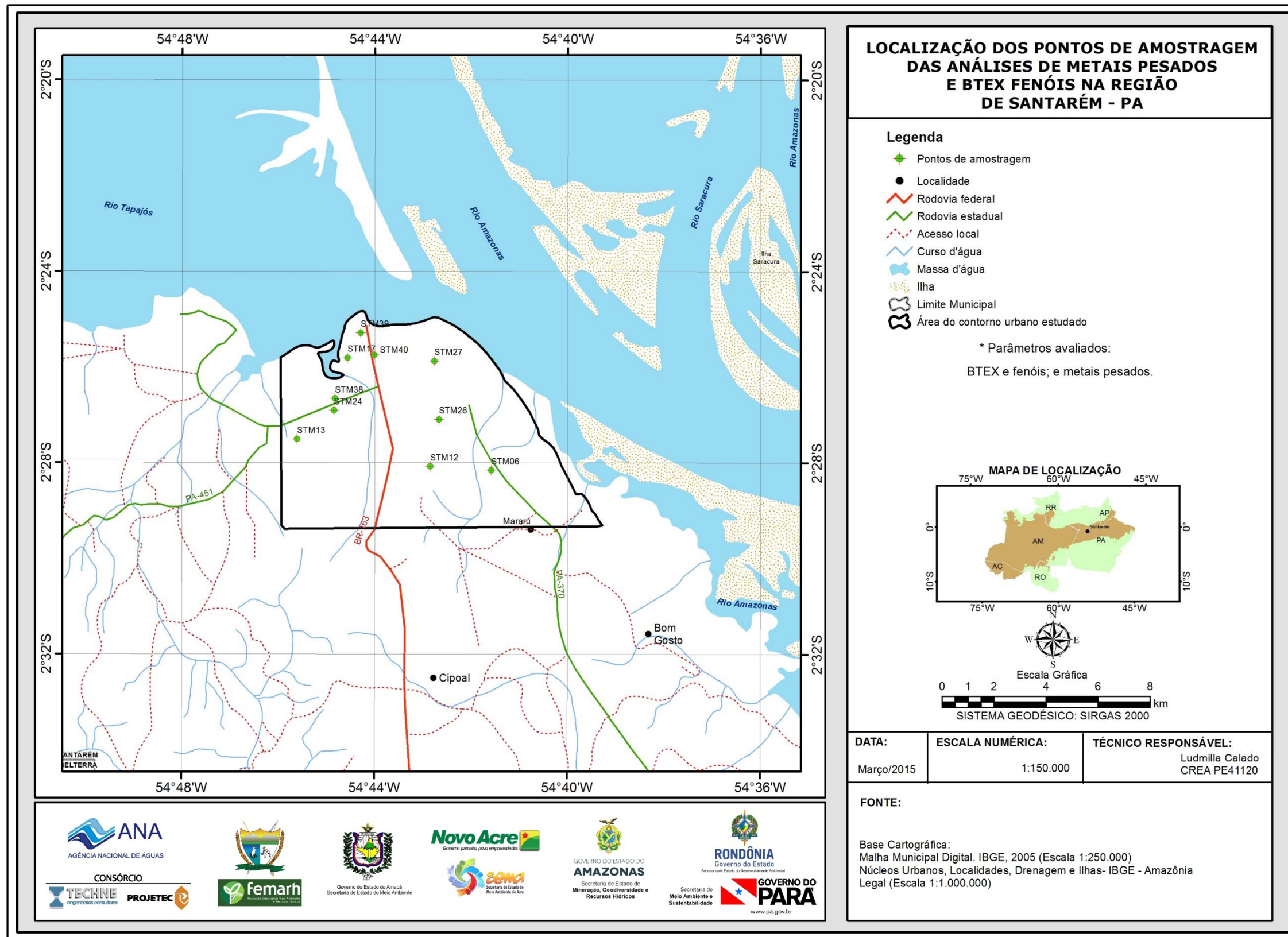


Figura 5.2 – Localização dos pontos de amostragem das análises de metais pesados e BTEX fenóis no Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém - PA.



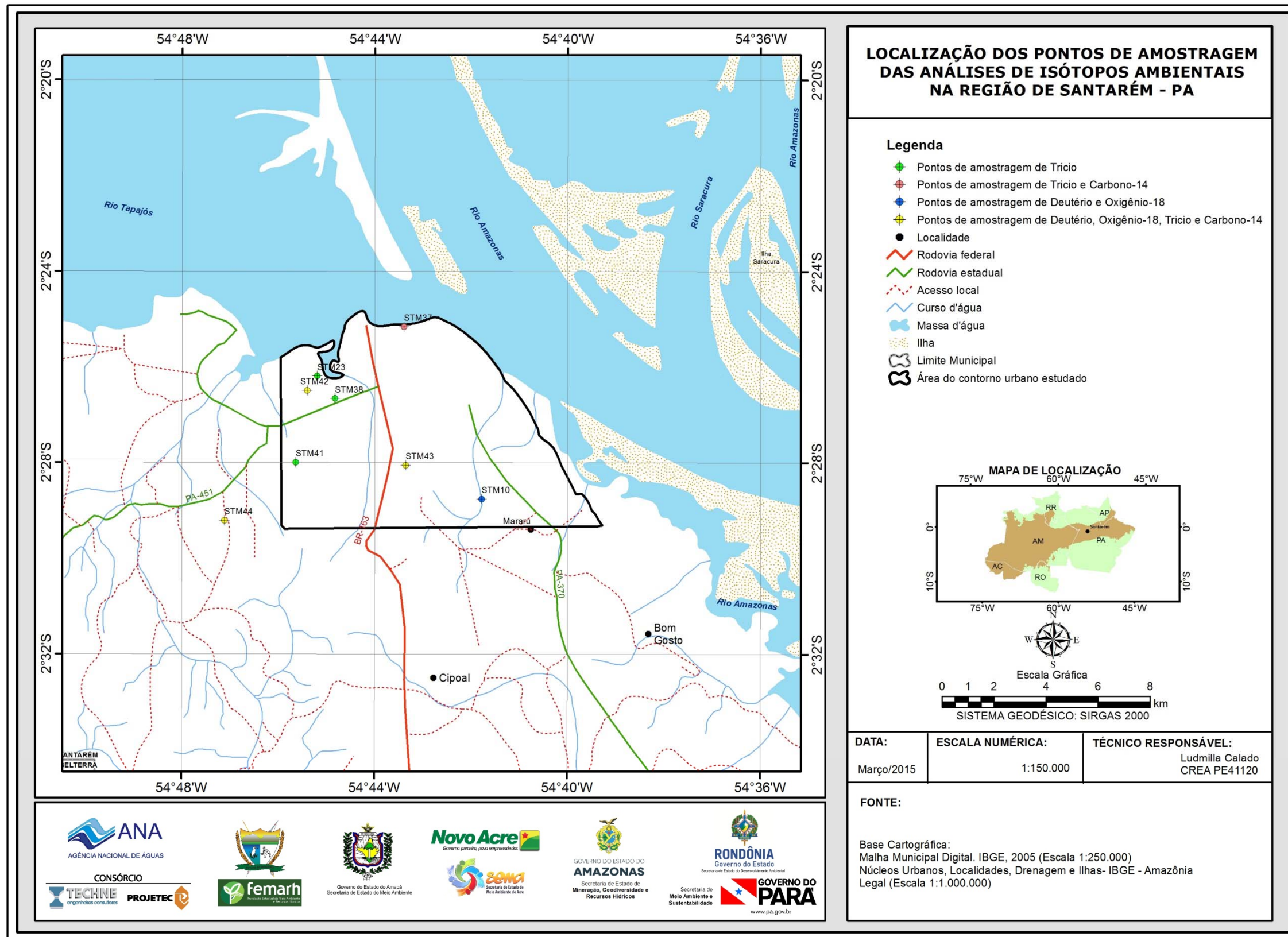


Figura 5.3 – Localização dos pontos de amostragem das análises de isótopos ambientais no Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém - PA.

### 5.1.2 - Procedimentos de Coleta

Para a coleta em campo na cidade de Santarém, o Laboratório Bioagri forneceu aos grupos, acondicionados em caixas de isopor, cinco kit's de coletas, cada um deles para a amostragem de um poço, contendo: quatro frascos para coletas das análises físico-químicas, um frasco para a coleta das análises bacteriológicas, uma esponja dupla face, dois pares de luvas, uma fita crepe, três sacos plásticos grandes, as fichas do laboratório para as informações das coletas e dois kit's extras para um eventual problema durante a amostragem, como pode ser observado na **foto 5.1**.



**Foto 5.1** – Kit's de coletas usados em campo para as amostragens de água do Aquífero Alter do Chão, nas duas campanhas, na cidade de Santarém - PA.

Nas coletas das análises físico-químicas e bacteriológicas foram utilizados cinco frascos de polietileno para cada poço, sendo um de 500 mL, dois de 250 mL, um de 150 mL e um de 100 mL. Todos os frascos foram abertos somente no ato da coleta, preenchidos com as amostras de água e imediatamente preservados em refrigeração e suas análises realizadas no prazo de 48 horas. Nos frascos para as análises químicas da série nitrogenada (nitrogênio amoniacal e nitrogênio Kjeldahl Total), além das preservações das amostras em refrigeração, foram adicionados volumes de ácido sulfúrico.

Para as análises bacteriológicas, todos os frascos foram autoclavados, contendo uma partilha de tiosulfato de sódio, sendo acondicionado em isopor com gelo para preservação, logo após a coleta, pelo prazo de 24 horas, até a realização da análise.

Para as análises isotópicas de  $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$ , as amostras foram armazenadas em frascos plásticos (100 mL) de polipropileno, tendo-se o cuidado de não deixar qualquer bolha permanecer no recipiente para evitar alterações nos resultados.

### 5.1.3 - Métodos de Análise

As metodologias de análise utilizadas pelo laboratório Bioagri Ambiental para os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos foram os seguintes:

**Cor** - POP PA 012 (Rev.02) / SMWW 2120 C;

**Condutividade Elétrica** - POP PA. 014 (Rev.00) / SMEWW 2510;

**Dureza** - POP PA 027 / SMWW 2340 A, B, C;

**Turbidez** - POP PA 013 (Rev.03) / SMWW 2130 B;

**Sólidos Totais Dissolvidos (STD)** - POP PA 009 (Rev.04) / SMWW 2540C;

**pH** - POP PA 011 (Rev.03) / SMWW 4500 – H+ B;

**Alcalinidade** - POP PA 026 / SMWW 2320B;

**Bicarbonato** - SMEWW 4500-CO<sub>2</sub>;

**Ânions** - POP PA 032 / USEPA SW 846 – 300.1. *Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography*;

**Metais** (ICP-MS) - POP PA 038 (Rev.01) / SMWW 3125 B, *Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry/USEPA 6020*;

**Nitrogênio Total** - Soma do NTK, NO<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub>;

**Nitrogênio Total Kjeldahl** - POP PA 007 / SMEWW 4500 Norg C;

**Nitrogênio Amoniacal** - POP PA 005 /SMEWW 4500 - NH<sub>3</sub>- D- *Ammonia - Selective Electrode Method*;

**Coliformes** - POP PA 040 (Ver. 05) / SMEWW 9223 B;

**Carbono 14** - *Accelerate Mass Spectrometry (AMS)*.

O controle de qualidade do laboratório se baseou na Resolução CONAMA 396/2008 para o limite quantitativo praticável padrão para todas as amostras das águas subterrâneas que foram submetidas às análises físico-químicas e bacteriológicas. O controle de qualidade dos metais totais das amostras foi realizado pelo Branco de Análise para sódio, potássio, cálcio e magnésio, todos com limites quantificáveis de 10 µg/L; e manganês e ferro nos limites quantificáveis de 0,1 µg/L; e os resultados analisados por *Inductively Coupled Plasma* (ICP/MS) foram (< 10 µg/L) para sódio, potássio, cálcio e magnésio e (< 0,1 µg/L) para manganês e ferro.

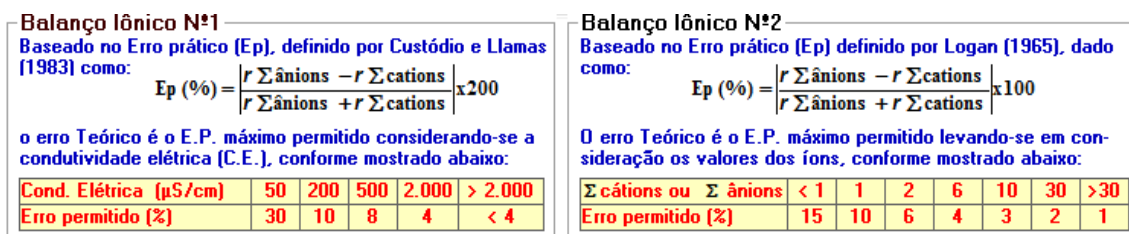
No ensaio do Branco de Análise, à amostra controle e às amostras dos 30 poços foram adicionados 50% de ítrio e recuperados por análise de (ICP/MS) e todos ficaram na faixa do limite aceitável que é de 70 a 130%. Enquanto que para os ensaios de recuperação analisados por ICP/MS foram adicionados 10 µg/L dos metais (lítio, vanádio, cobalto, zinco, molibdênio, antimônio e chumbo) e foram recuperados para cada metal 80% das alíquotas adicionadas que fica na faixa aceitável de recuperação que está o intervalo de (80 a 120%).

O Limite de Quantificação da Amostra (LQ) pode variar no mesmo parâmetro, pois consiste no resultado obtido entre o Limite de Quantificação do Método (LQM), multiplicado pelo fator de preparo da amostra, multiplicado pela correção da base seca, quando aplicável.

No ensaio de Carbono-14 os resultados são apresentados no padrão convencional de radiocarbono Idade Anos BP (*before present*), que representa o "radiocarbono medido Idade BP", de duas maneiras: Percentual de Carbono Moderno (pMC), que indica a média do resultado de biomassa (expressa em %), para menos de 200 anos BP; e Fração de Carbono Moderno (Fmdn).

#### 5.1.4 - Balanço Iônico

Os resultados das análises físico-químicas das duas campanhas de amostragem foram submetidos a avaliações, pelo cálculo do balanço de cátions e ânions, por meio do *software Qualigraf* desenvolvido pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2010), o qual determina o Erro Prático (Ep) segundo as metodologias de Custodio & Llamas (1983) no balanço iônico nº 1 e Logan (1965) no balanço iônico nº 2, como mostra a **figura 5.4**.



**Figura 5.4** – Equações utilizadas no *software Qualigraf* para estimativa do erro prático no balanço iônico, segundo as metodologias de Custodio & Llamas (1983) e Logan (1965).

Segundo essas referências, a metodologia do balanço iônico nº 1 estabelece Ep máximo de 30% levando em consideração o valor de condutividade elétrica, ao passo que a metodologia do balanço iônico nº 2 define Ep limite de 15% observando os valores de íons.

#### Período Chuvoso

De acordo com os resultados obtidos verifica-se que no período chuvoso (abril de 2012), 10% (3/30) das amostras coletadas no Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém apresentaram Ep dentro dos critérios da metodologia do balanço iônico nº 1. Igualmente 10% (3/30) das amostras obtiveram Ep aceitável segundo a metodologia nº 2.

Portanto, 90% (27/30) das amostras apresentam Ep superiores aos limites definidos, não sendo considerados válidos em ambos os balanços iônicos (**tabela 5.1**).

**Tabela 5.1** – Resultado do balanço iônico realizado no Qualigraf para as amostras coletadas no Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém – abril de 2012.

Poço	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Soma Cátions (meq/L)	Soma Ânions (meq/L)	Erro Prático - Ep (%)	
				Balanço Iônico nº1	Balanço Iônico nº2
STM01	279	1,54	0,55	94,97	47,48
STM02	162	1,03	0,55	61,03	30,51
STM03	338	2,18	0,82	90,47	45,23
STM04	118	0,80	0,39	67,66	33,83
STM05	196	1,70	0,46	115,17	57,59
STM06	60	0,37	0,25	38,73	19,36
STM07	233	1,32	0,59	76,46	38,23
STM08	331	1,77	1,05	51,41	25,70
STM09	115	0,43	0,19	76,77	38,39
STM10	51	0,27	0,28	6,50	3,25
STM11	129	0,76	0,35	74,39	37,20
STM12	75	0,29	0,13	71,62	35,81
STM13	99	0,03	0,04	37,57	18,78
STM14	43	0,31	0,13	83,39	41,70
STM15	22	0,04	0,06	31,06	15,53
STM16	18	0,01	0,05	102,23	51,11
STM17	260	1,25	0,63	66,83	33,41
STM18	124	0,61	0,38	45,12	22,56
STM19	25	0,04	0,04	2,24	1,12
STM20	145	0,30	0,22	31,50	15,75
STM21	73	0,24	0,13	58,97	29,49
STM22	195	1,83	0,71	88,60	44,30
STM23	89	0,33	0,18	57,96	28,98
STM24	86	0,27	0,20	29,46	14,73
STM25	240	1,29	0,52	84,33	42,17
STM26	290	1,70	0,63	92,20	46,10
STM27	155	0,60	0,34	55,28	27,64
STM28	33	0,08	0,04	59,11	29,55
STM29	184	0,80	0,44	58,17	29,08
STM30	74	0,15	0,14	9,84	4,92

Legenda:

Valores destacados em vermelho possuem os maiores Ep de acordo com os critérios estabelecidos nas metodologias do balanço iônico nº 1 e nº 2, respectivamente.

### **Período de Estiagem**

Segundo os dados coletados no período seco (outubro de 2012), observa-se que 17% (5/30) das amostras obtiveram resultados dentro dos padrões de Ep consideradas como apropriadas na metodologia nº 1 de balanço iônico. Contudo, 20% (6/30) das amostras ficaram abaixo do limite de erro permitido pela metodologia nº 2. Assim sendo, 83% (25/30) pelo critério nº 1 e 80% (24/30) das amostras pelo critério nº 2, não foram consideradas corretas, haja

vista que apresentaram Ep fora dos limites permissíveis estabelecidos nos dois balanços iônicos, como demonstra a **tabela 5.2**.

**Tabela 5.2** – Resultado do balanço iônico realizado no Qualigraf, para as amostras coletadas no Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém – outubro de 2012.

Poço	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Soma Cátions (meq/L)	Soma Ânions (meq/L)	Erro Prático - Ep (%)	
				Balanço Iônico nº1	Balanço Iônico nº2
STM01	279	1,41	0,79	56,60	28,30
STM02	155	0,94	0,53	56,09	28,05
STM04	157	0,87	0,39	74,93	37,47
STM05	188	1,30	0,70	60,40	30,20
STM06	69	0,16	0,12	31,68	15,84
STM07	101	0,61	0,27	76,58	38,29
STM10	48	0,17	0,23	29,16	14,58
STM12	68	0,14	0,11	18,58	9,29
STM13	13	0,03	0,03	4,49	2,24
STM14	43	0,21	0,16	28,22	14,11
STM15	21	0,04	0,10	74,39	37,19
STM17	206	0,97	0,46	72,12	36,06
STM19	43	0,10	0,08	28,19	14,10
STM20	91	0,26	0,17	40,96	20,48
STM21	83	0,22	0,16	30,00	15,00
STM22	195	0,92	0,60	42,89	21,44
STM23	197	0,55	0,23	80,75	40,37
STM24	70	0,24	0,17	35,17	17,59
STM25	141	0,67	0,40	50,95	25,47
STM26	310	1,33	0,60	75,36	37,68
STM27	201	0,95	0,41	78,71	39,35
STM28	202	0,84	0,45	59,62	29,81
STM30	91	0,18	0,10	58,16	29,08
STM31	223	0,99	0,46	74,10	37,05
STM35	20	0,09	0,06	41,53	20,77
STM36	19	0,06	0,05	19,39	9,69
STM37	83	0,33	0,16	69,81	34,90
STM38	99	0,50	0,22	77,27	38,64
STM39	321	1,47	0,62	80,99	40,50
STM40	158	1,00	0,44	78,28	39,14

Legenda:

Valores destacados em vermelho possuem os maiores Ep de acordo com os critérios estabelecidos nas metodologias do balanço iônico nº 1 e nº 2, respectivamente.

Os resultados de Ep superiores a 30% podem indicar erro analítico ou de cálculo, presença de certos íons não analisados na água em concentrações apreciáveis e/ou águas pouco mineralizadas, tais como água da chuva.

Os métodos analíticos padrões para baixas concentrações iônicas podem levar a valores elevados de erros (Ep %), sem que isso indique necessariamente um erro de análise ou de cálculo (Schoeller, 1955 *apud* Feitosa & Manoel Filho,

2000). Na cidade de Santarém, as águas do Aquífero Alter do Chão se enquadram como pouco mineralizadas, uma vez que os teores de STD alcançam no máximo 241 mg/L no período chuvoso e 228 mg/L no período de estiagem, quando o VMP desse parâmetro, para consumo humano, segundo a Portaria MS 2914/2011, é de 1.000 mg/L.

Convém destacar ainda que as concentrações de STD, assim como dos íons sódio ( $Na^+$ ), Cloreto ( $Cl^-$ ) e sulfato ( $SO_4^{2-}$ ) foram expressas em partes por bilhão (ppb) ou  $\mu g/L$ . Além disso, alguns valores situados abaixo do limite de detecção, indicados, por exemplo, como ( $<1$ ) foram considerados no cálculo do erro, como 1  $\mu g/L$  (o valor pode ser qualquer outro abaixo de 1) e para a base de cálculo a concentração foi convertida para mg/L (ppm).

Conclui-se, assim, que os erros detectados nas amostras do aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém não comprometem os resultados analíticos obtidos, pois segundo Younger (1995), os maiores erros de balanço iônico estão associados a águas pouco mineralizadas (como a água da chuva), ou seja, muito diluídas e, também, a águas muito mineralizadas. Tal premissa é coerente, pois, de acordo com Tancredi (1996), existe elevada taxa de circulação (renovação) da água subterrânea no sistema hidrológico da Formação Alter do Chão, o que favorece a diluição dos elementos ali presentes.

#### 5.1.5 - Índice de Troca de Bases (ITB)

O ITB, também chamado Índice de Desequilíbrio, permite avaliar o grau de troca iônica ocorrido numa água com base nas relações entre os seus íons. Esse índice foi definido por meio da equação de Schoeller (1962), onde o símbolo  $r$  representa os valores em meq/L, como pode ser observado abaixo:

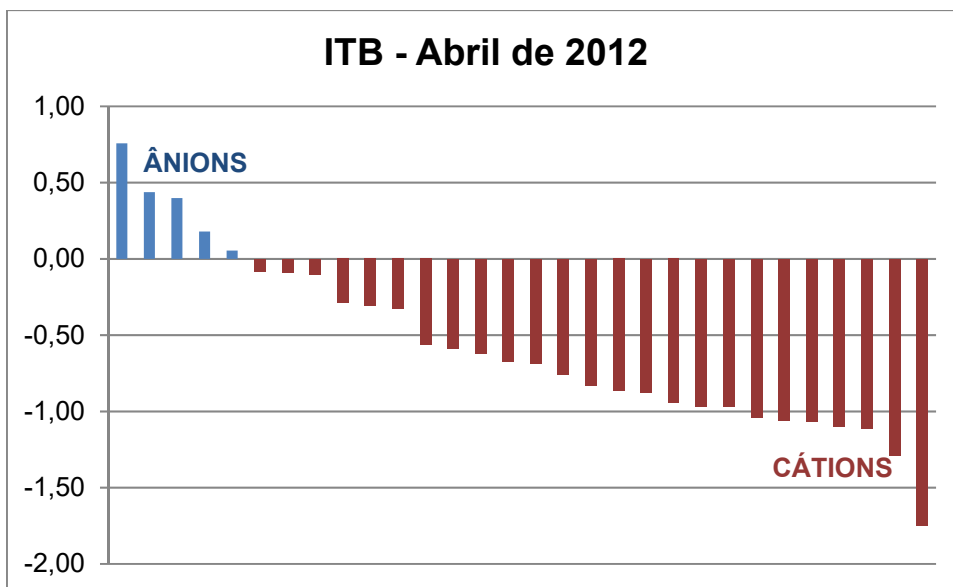
$$itb = \frac{rCl - r(Na + K)}{rCl}$$

De acordo com os resultados de ITB calculados verifica-se que apenas 17% (5/30) das amostras forneceram valores positivos, indicando o predomínio de cátions nas águas que ali circulam, enquanto que 83% (25/30) apresentaram valores negativos na coleta de abril de 2012 (**tabela 5.3** e **figura 5.5**). Isto revela maior presença dos íons alcalinos (sódio e potássio) em relação ao íon cloreto em solução, o que sugere o abrandamento das águas subterrâneas, ou seja, troca de  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$  por  $Na^+$ .

**Tabela 5.3** – Resultado do Índice de Troca de Bases para as amostras coletadas no Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém, nas duas campanhas.

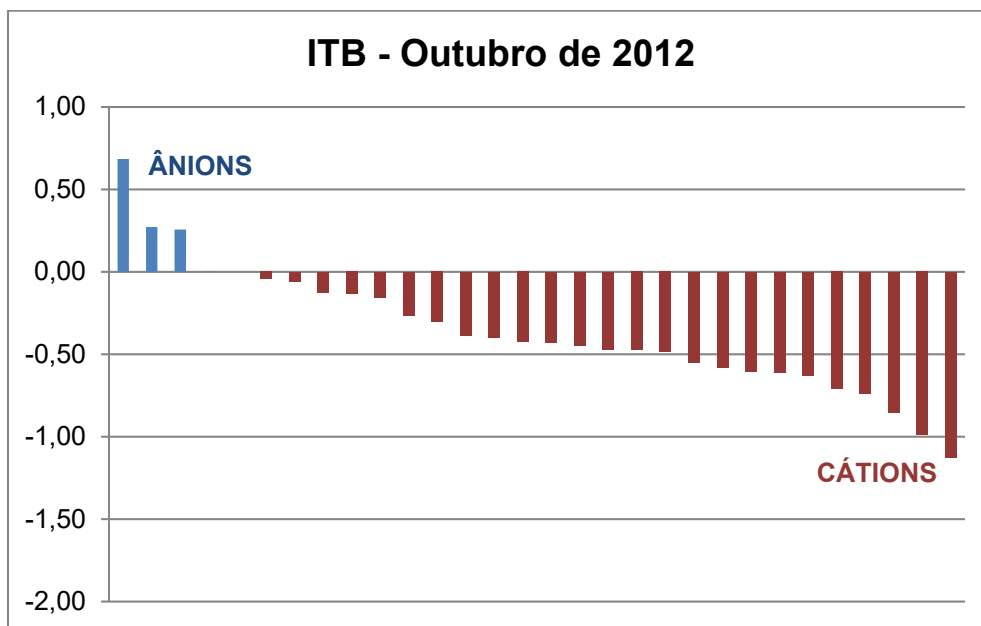
Período chuvoso - abril de 2012		Período seco - outubro de 2012	
Poço	ITB (meq/L)	Poço	ITB (meq/L)
STM01	-1,29	STM01	-0,39
STM02	-0,88	STM02	-0,74
STM03	-1,11	STM04	-0,85
STM04	-0,83	STM05	-0,47
STM05	-1,75	STM06	-0,15
STM06	-0,31	STM07	-0,63
STM07	-0,76	STM10	0,27
STM08	-0,62	STM12	0,26
STM09	-0,87	STM13	-0,49
STM10	0,05	STM14	-0,99
STM11	-1,04	STM15	0,68
STM12	-0,97	STM17	-0,61
STM13	0,18	STM19	-0,30
STM14	-1,10	STM20	-0,06
STM15	0,40	STM21	0,00
STM16	0,76	STM22	-0,04
STM17	-0,56	STM23	-0,27
STM18	-0,29	STM24	-0,13
STM19	-0,09	STM25	-0,43
STM20	-0,10	STM26	-0,71
STM21	-0,59	STM27	-0,55
STM22	-0,95	STM28	-0,43
STM23	-0,67	STM30	0,00
STM24	-0,09	STM31	-0,58
STM25	-0,97	STM35	-0,45
STM26	-1,06	STM36	-0,12
STM27	-0,33	STM37	-0,40
STM28	-0,68	STM38	-1,13
STM29	-1,06	STM39	-0,61
STM30	0,44	STM40	-0,47





**Figura 5.5** – Ilustração dos resultados de ITB calculados para as amostras coletadas no Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém, no período chuvoso, com o predomínio de cátions.

Na coleta de outubro de 2012, 17% (5/30) das amostras apresentaram valores positivos, ao passo que 83% (25/30) obtiveram resultados negativos, como pode ser visualizado na **tabela 5.3**. Tais resultados refletem a maior presença de cátions nas águas (**figura 5.6**).



**Figura 5.6** – Ilustração dos resultados de ITB calculados para as amostras coletadas no Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém, no período de estiagem, com o predomínio de cátions.

Os valores de ITB obtidos nas águas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, nas duas campanhas estão coerentes, pois segundo Teixeira (2002), o enriquecimento em alcalinos aumenta a diferença  $Cl - (Na + K)$ , numerador na equação de Schoeller (1962), o que torna mais negativos os valores de ITB.

Na **tabela 5.4** é apresentada a estatística descritiva dos resultados de ITB calculados, onde se verifica que os valores mínimo e máximo obtidos foram de -1,75 e 0,76; -1,13 e 0,68 para as coletas de abril e outubro de 2012, respectivamente.

**Tabela 5.4** – Parâmetros estatísticos dos resultados do Índice de Troca de Bases para as amostras coletadas no Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém, nas duas campanhas.

Parâmetros Estatísticos	ITB (Abril de 2012)	ITB (Outubro de 2012)
Média	-0,57	-0,36
Erro padrão	0,10	0,07
Mediana	-0,68	-0,43
Desvio padrão	0,57	0,39
Variância da amostra	0,33	0,15
Curtose	-0,07	0,81
Assimetria	0,48	0,52
Intervalo	2,50	1,81
Mínimo	-1,75	-1,13
Máximo	0,76	0,68
Soma	-17,12	-10,78
Contagem	30	30
Nível de confiança (95%)	0,21	0,14

Os resultados de ITB negativos obtidos em ambas as campanhas são justificáveis por conta dos elevados índices pluviométricos da região amazônica que favorecem a diluição dos compostos químicos em solução na água, o que implica no abrandamento das águas com troca de cálcio e magnésio por sódio, tanto no período chuvoso quanto na estiagem.

### 5.1.6 - Razões Iônicas

As razões iônicas são as relações entre os íons dissolvidos em uma água que pode guardar certa ligação com o terreno do qual procede à água, indicando a ação de fenômenos modificadores ou sugerindo alguma característica específica.

De acordo com Hem (1985), o estudo de razões iônicas é importante para a classificação e interpretação hidrogeoquímica das águas subterrâneas, para tanto, estabelece as principais razões iônicas e seus significados. Algumas dessas razões (adimensionais) entre íons são expressas em meq/L como indica o símbolo **r** nas equações apresentadas na **tabela 5.5**.

**Tabela 5.5** – Principais razões iônicas e seus significados segundo Hem (1985).

Razões Iônicas	Variações Teóricas	Significado
$\frac{rMg^{2+}}{rCa^{2+}}$	0,25 a 0,33	Água de circulação em rocha de composição granítica
	0,33 a 1,5	Águas continentais
	> 0,9	Contato com água do mar ou fluxo através de rocha básica; possível influência de terrenos dolomíticos
	> 1	Relações com litotipos ricos em silicatos magnesianos
	± 5	Água do mar
$\frac{rNa^+}{rCl^-}$	< 0,0876	Água do mar; substituição de Na <sup>+</sup> por Ca <sup>+2</sup> e Mg <sup>+2</sup>
	< 0,7	Precipitações de sais de Na <sup>+</sup>
	> 0,7	Fluxo através de rochas cristalinas ou vulcânicas
$\frac{rCl^-}{rHCO_3^-}$	0,5	Fluxo normal para rochas cristalinas
	0,1 a 0,5	Águas continentais
	20 a 50	Água do mar

A **tabela 5.6** mostra os resultados das principais razões iônicas para as duas campanhas, realizadas no período chuvoso (abril de 2012) e no período seco (outubro de 2012).

A razão  $rMg^{2+}/rCa^{2+}$  indica que 73,3% e 66,7% dos poços, nas campanhas de abril e outubro de 2012, respectivamente, possuem águas continentais. Tal razão, segundo Hem (1985), também poderia indicar, em ambas as campanhas, que 13,3% (4/30) dos poços, contém águas continentais ou fluxo através de rochas básicas.

A razão  $rNa^+/rCl^-$  sugere em 90% (27/30) dos poços na primeira campanha e em 77% (23/30) dos poços na segunda campanha, águas que, segundo Hem (1985), poderiam ter circulado através de rochas básicas. Não se sabe até que ponto é possível associar esses indícios com soleiras de diabásio nos poços tubulares da região.

A razão iônica  $rCl^-/rHCO_3^-$  mostrou que 97% e 93% dos poços no período chuvoso e de estiagem, respectivamente, contém águas com ausência de íon bicarbonato.

De acordo com a classificação de Hem (1985) apresentada na **tabela 5.5**, as águas do Aquífero Alter do Chão são continentais e possivelmente sofrem influência de terrenos dolomíticos. Essa última sugestão é muito pouco provável porque na região do aquífero Alter do Chão predominam rochas sedimentares clásticas, que apresentam-se inconsolidadas ou pouco consolidadas e são de composição predominantemente quartzosa e não há registro de presença de dolomitos na região.

Tratando-se de uma pesquisa em ambiente urbano, nada exclui a possibilidade de que os valores mais altos das razões iônicas, inclusive os anômalos, resultem de contaminação pela ausência de esgotamento sanitário e podem produzir desvios muito fortes nos dados.

**Tabela 5.6** – Resultado das razões iônicas para as amostras coletadas no Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém, nas duas campanhas.

Período chuvoso - abril de 2012				Período seco - outubro de 2012			
Poço	Razões Iônicas			Poço	Razões Iônicas		
	$\frac{rMg^{2+}}{rCa^{2+}}$	$\frac{rNa^+}{rCl^-}$	$\frac{rCl^-}{rHCO_3^-}$		$\frac{rMg^{2+}}{rCa^{2+}}$	$\frac{rNa^+}{rCl^-}$	$\frac{rCl^-}{rHCO_3^-}$
STM01	0,30	1,73	-	STM01	0,24	1,19	-
STM02	1,45	1,81	-	STM02	1,09	1,68	-
STM03	0,24	1,67	-	STM04	0,51	1,66	-
STM04	0,49	1,49	-	STM05	0,39	1,22	5,42
STM05	0,41	1,81	-	STM06	0,40	0,99	-
STM06	0,53	1,23	-	STM07	0,45	1,44	-
STM07	0,33	1,43	-	STM10	2,53	0,68	-
STM08	0,26	1,24	-	STM12	0,79	0,51	-
STM09	0,73	1,42	-	STM13	0,85	1,41	-
STM10	1,71	0,91	-	STM14	0,58	1,77	0,52
STM11	0,60	1,93	-	STM15	1,31	0,28	-
STM12	0,74	1,86	-	STM17	0,30	1,42	-
STM13	1,61	0,81	-	STM19	7,76	0,92	-
STM14	0,79	1,86	-	STM20	1,01	0,69	-
STM15	1,23	0,57	-	STM21	0,76	0,70	-
STM16	0,48	0,21	-	STM22	0,44	0,85	-
STM17	0,45	1,39	-	STM23	0,76	0,96	-
STM18	0,48	1,07	-	STM24	0,67	0,94	-
STM19	0,80	0,86	-	STM25	0,40	1,21	-
STM20	0,66	0,76	-	STM26	0,44	1,53	-
STM21	0,45	1,23	-	STM27	0,27	1,35	-
STM22	0,20	1,51	-	STM28	0,32	1,29	-
STM23	0,82	1,53	-	STM30	0,57	0,52	-
STM24	0,74	0,95	-	STM31	0,31	1,35	-
STM25	0,28	1,56	-	STM35	48,04	0,92	-
STM26	0,21	1,69	-	STM36	10,17	0,62	-
STM27	0,37	1,13	-	STM37	0,36	1,18	-
STM28	1,39	1,46	-	STM38	1,00	1,94	-
STM29	0,45	1,87	2,26	STM39	0,35	1,32	-
STM30	0,55	0,41	-	STM40	0,23	1,32	-

### 5.1.7 - Índice de Langelier

O índice de Langelier, também conhecido como índice de saturação (IS), é utilizado para verificar se uma água está ou não em equilíbrio com a calcita (carbonato de cálcio sólido)  $\text{CaCO}_{3(s)}$ , dependendo de o seu valor ser positivo ou negativo.

O IS é definido como a diferença entre o pH real (medido) da água e o pH hipotético pHs (pH de saturação) que a água teria se estivesse em equilíbrio com a calcita  $\text{CaCO}_{3(s)}$ . A determinação do pH de saturação (pHs) é feita a partir dos parâmetros de temperatura, sólidos totais dissolvidos (STD), dureza e alcalinidade total.

O IS pode ser obtido por meio da seguinte equação:

$$\text{IS} = \text{pH} - \text{pHs}$$

O pH de saturação é calculado pela seguinte equação:

$$\text{pHs} = 9,3 + A + B - C - D, \text{ sendo:}$$

$A = 0,1 \times \log (\text{STD}) - 1$	$B = -13,12 \times \log (T + 273) + 34,55$
$C = \log (\text{dureza}) - 0,4$	$D = \log (\text{alcalinidade})$

A classificação da tendência das águas de acordo com o IS é apresentada na **tabela 5.7**.

**Tabela 5.7** – Faixas do IS segundo Snoeyink & Jenkins (1980).

IS	Possível tendência da água
>0	Água supersaturada - tende a precipitar calcita $\text{CaCO}_{3(s)}$
0	Estável - água em equilíbrio com o $\text{CaCO}_{3(s)}$
<0	Água subsaturada - tende a dissolver a calcita $\text{CaCO}_{3(s)}$

Os valores de IS calculados com base nas amostras de água subterrânea coletadas no Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, no período chuvoso (abril de 2012) e no período seco (outubro de 2012), podem ser observados na **tabela 5.8**. Todas as amostras, em ambas as coletas, apresentaram resultados de IS negativos, o que sugere que as águas não possuem características incrustantes.

Os resultados mostram que no período chuvoso o IS variou de -6,96 a -3,23 e no período seco de -6,10 a -3,05, indicando águas subsaturadas em relação à calcita e com tendência a dissolver  $\text{CaCO}_{3(s)}$ . Isto ocorre porque as águas do Aquífero Alter do Chão são ácidas, variando de 3,37 no período chuvoso a 3,9 no período de estiagem, o que tende a dissolver a calcita, caso ela esteja presente.

**Tabela 5.8** – Resultado do Índice de Saturação (IS) para as amostras coletadas no Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém, nas duas campanhas.

Período chuvoso - abril de 2012		Período seco - outubro de 2012	
Poço	IS	Poço	IS
STM01	-5,89	STM01	-4,12
STM02	-6,64	STM02	-5,03
STM03	-6,18	STM04	-4,92
STM04	-5,86	STM05	-3,05
STM05	-3,23	STM06	-5,48
STM06	-6,33	STM07	-3,77
STM07	-5,86	STM10	-5,56
STM08	-5,68	STM12	-5,37
STM09	-6,21	STM13	-6,10
STM10	-6,96	STM14	-4,68
STM11	-6,51	STM15	-5,26
STM12	-6,02	STM17	-4,83
STM13	-5,55	STM19	-5,60
STM14	-4,69	STM20	-5,15
STM15	-6,46	STM21	-5,77
STM16	-6,50	STM22	-4,78
STM17	-6,10	STM23	-4,41
STM18	-5,90	STM24	-5,43
STM19	-6,88	STM25	-4,58
STM20	-5,99	STM26	-4,87
STM21	-6,04	STM27	-5,14
STM22	-5,30	STM28	-3,43
STM23	-6,45	STM30	-4,95
STM24	-6,40	STM31	-4,81
STM25	-5,84	STM35	-5,17
STM26	-5,76	STM36	-5,43
STM27	-6,28	STM37	-4,61
STM28	-5,07	STM38	-5,49
STM29	-6,19	STM39	-4,67
STM30	-6,41	STM40	-4,14

### 5.1.8 - Correlação entre Variáveis Hidrogeoquímicas

Alguns parâmetros físico-químicos analisados nas duas campanhas de amostragem foram submetidos a avaliações de correlação, por meio do *software Assistat* desenvolvido no Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG (Silva, 2012), o qual aplica o Teste t aos níveis de 5 e 1% de significância e fornece o coeficiente de correlação ( $\rho$ ).

Quanto ao nível de significância, conforme a **tabela 5.9** na primeira campanha e **tabela 5.10** na segunda campanha, as correlações são classificadas como:

- Não Significativas (“ns” ao nível superior a 5%)
- Significativas (“\*” ao nível de 5%)
- Muito Significativas (“\*\*\*” ao nível de 1%)

Quanto às correlações, vale informar que foram verificadas correlações positivas  $0 < \rho < 1$ , e correlações negativas  $(-1 < \rho < 0)$ . A qualidade das correlações foi classificada em 5 (cinco) categorias, de acordo com as seguintes faixas de valores de  $\rho$ :

- Correlação Muito Fraca: positiva  $(0 < \rho < 0,2)$  ou negativa  $(-0,2 < \rho < 0)$
- Correlação Fraca: positiva  $(0,2 < \rho < 0,4)$  ou negativa  $(-0,4 < \rho < -0,2)$
- Correlação Moderada: positiva  $(0,4 < \rho < 0,7)$  ou negativa  $(-0,7 < \rho < -0,4)$
- Correlação Forte: positiva  $(0,7 < \rho < 0,9)$  ou negativa  $(-0,9 < \rho < -0,7)$
- Correlação Muito Forte: positiva  $(\rho > 0,9)$  ou negativa  $(\rho < -0,9)$

### **Período Chuvoso**

De acordo com os resultados obtidos o panorama das correlações no período chuvoso (abril de 2012), conforme **tabela 5.9**, é o seguinte:

- A maioria das correlações (83/136), ou seja, 61% são Não Significativas, dos tipos, muito fracas (69/136) e fracas (14/136);
- As correlações Significativas satisfazem apenas 8,1% (11/136), das quais 4 são fracas e 7 moderadas;
- As correlações Muito Significativas correspondem a 31% (42/136), sendo 15 moderadas, 20 fortes e 7 muito fortes.

**Tabela 5.9** – Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém – abril de 2012.

Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação ( $\rho$ )	Significância
Alcalinidade	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
Alcalinidade	Fe	-0,108	ns
Alcalinidade	HCO <sub>3</sub>	-0,047	ns
Alcalinidade	NH <sub>3</sub>	-0,062	ns
Alcalinidade	NO <sub>2</sub>	0,047	ns
Alcalinidade	NO <sub>3</sub>	0,068	ns
Ca	Alcalinidade	0,309	ns

**Tabela 5.9** - Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém - abril de 2012 (Continuação).

Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação ( $\rho$ )	Significância
Ca	CE	0,855	**
Ca	Cl	0,801	**
Ca	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
Ca	Eh	0,420	*
Ca	Fe	-0,137	ns
Ca	HCO <sub>3</sub>	-0,004	ns
Ca	Mg	0,919	**
Ca	NH <sub>3</sub>	0,369	*
Ca	NO <sub>2</sub>	0,135	ns
Ca	NO <sub>3</sub>	0,897	**
Ca	pH	-0,307	ns
Ca	SO <sub>4</sub>	0,535	**
Ca	STD	0,845	**
CE	Alcalinidade	0,003	ns
CE	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
CE	Eh	0,611	**
CE	Fe	-0,171	ns
CE	HCO <sub>3</sub>	0,085	ns
CE	NH <sub>3</sub>	0,193	ns
CE	NO <sub>2</sub>	0,133	ns
CE	NO <sub>3</sub>	0,951	**
CE	pH	-0,515	**
CE	STD	0,913	**
Cl	Alcalinidade	-0,055	ns
Cl	CE	0,910	**
Cl	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
Cl	Eh	0,427	*
Cl	Fe	-0,113	ns
Cl	HCO <sub>3</sub>	-0,018	ns
Cl	NH <sub>3</sub>	0,366	*
Cl	NO <sub>2</sub>	0,156	ns
Cl	NO <sub>3</sub>	0,870	**
Cl	pH	-0,561	**
Cl	SO <sub>4</sub>	0,486	**
Cl	STD	0,840	**



**Tabela 5.9** - Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém - abril de 2012 (Continuação).

Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação ( $\rho$ )	Significância
CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	0,000	ns
Eh	Alcalinidade	-0,225	ns
Eh	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
Eh	Fe	0,047	ns
Eh	HCO <sub>3</sub>	0,206	ns
Eh	NH <sub>3</sub>	0,021	ns
Eh	NO <sub>2</sub>	0,174	ns
Eh	NO <sub>3</sub>	0,582	**
Fe	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
Fe	HCO <sub>3</sub>	0,151	ns
K	Alcalinidade	0,316	ns
K	Ca	0,966	**
K	CE	0,841	**
K	Cl	0,817	**
K	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
K	Eh	0,316	ns
K	Fe	-0,198	ns
K	HCO <sub>3</sub>	-0,077	ns
K	Mg	0,887	**
K	NH <sub>3</sub>	0,312	ns
K	NO <sub>2</sub>	0,144	ns
K	NO <sub>3</sub>	0,839	**
K	pH	-0,277	ns
K	SO <sub>4</sub>	0,557	**
K	STD	0,850	**
Mg	Alcalinidade	0,521	**
Mg	CE	0,774	**
Mg	Cl	0,689	**
Mg	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
Mg	Eh	0,412	*
Mg	Fe	-0,066	ns
Mg	HCO <sub>3</sub>	0,053	ns

**Tabela 5.9** - Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém - abril de 2012 (Continuação).

Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação ( $\rho$ )	Significância
Mg	NH <sub>3</sub>	0,241	ns
Mg	NO <sub>2</sub>	0,126	ns
Mg	NO <sub>3</sub>	0,822	**
Mg	pH	-0,232	ns
Mg	SO <sub>4</sub>	0,507	**
Mg	STD	0,825	**
Na	Alcalinidade	0,011	ns
Na	Ca	0,812	**
Na	CE	0,902	**
Na	Cl	0,965	**
Na	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
Na	Eh	0,434	*
Na	Fe	-0,106	ns
Na	HCO <sub>3</sub>	0,045	ns
Na	K	0,819	**
Na	Mg	0,711	**
Na	NH <sub>3</sub>	0,334	ns
Na	NO <sub>2</sub>	0,116	ns
Na	NO <sub>3</sub>	0,891	**
Na	pH	-0,516	**
Na	SO <sub>4</sub>	0,401	*
Na	STD	0,861	**
NH <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
NH <sub>3</sub>	Fe	0,005	ns
NH <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	-0,046	ns
NO <sub>2</sub>	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
NO <sub>2</sub>	Fe	0,071	ns
NO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub>	0,035	ns
NO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	0,011	ns
NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	0,082	ns
NO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
NO <sub>3</sub>	Fe	-0,160	ns
NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	0,110	ns
NO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	0,258	ns
pH	Alcalinidade	0,381	*
pH	CO <sub>3</sub>	0,000	ns

**Tabela 5.9** - Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém - abril de 2012 (Continuação).

Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação ( $\rho$ )	Significância
pH	Eh	-0,373	*
pH	Fe	0,215	ns
pH	HCO <sub>3</sub>	-0,158	ns
pH	NH <sub>3</sub>	-0,071	ns
pH	NO <sub>2</sub>	-0,072	ns
pH	NO <sub>3</sub>	-0,549	**
SO <sub>4</sub>	Alcalinidade	0,161	ns
SO <sub>4</sub>	CE	0,530	**
SO <sub>4</sub>	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
SO <sub>4</sub>	Eh	0,140	ns
SO <sub>4</sub>	Fe	-0,043	ns
SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	-0,070	ns
SO <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	-0,033	ns
SO <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	0,072	ns
SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	0,422	*
SO <sub>4</sub>	pH	-0,120	ns
SO <sub>4</sub>	STD	0,503	**
STD	Alcalinidade	0,165	ns
STD	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
STD	Eh	0,506	**

Legenda:

\*\* = significativo ao nível de 1% de significância ( $p < 0,01$ )

\* = significativo ao nível de 5% de significância ( $0,01 \leq p < 0,05$ )

ns = não significativo ( $p \geq 0,05$ ).

### **Período de Estiagem**

Segundo os dados coletados no período seco (outubro de 2012), observa-se, como demonstra a **tabela 5.10**, que:

- A maioria das correlações (90/136), o que equivale a 66,2%, são Não Significativas, classificadas como muito fracas (75) e fracas (15);
- As correlações Significativas equivalem a 6,6% (9/136), sendo 1 fraca, e 8 moderadas;
- Existem 27,2% (37/136) de correlações Muito Significativas, das quais 1 é do tipo fraca, 8 moderadas, 20 fortes e 8 muito fortes.

**Tabela 5.10** – Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém – outubro de 2012.

Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação ( $\rho$ )	Significância
Alcalinidade	NO <sub>2</sub>	0,000	ns
Alcalinidade	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
Alcalinidade	NH <sub>3</sub>	0,044	ns
Alcalinidade	NO <sub>3</sub>	0,100	ns
Alcalinidade	Fe	0,251	ns
Alcalinidade	HCO <sub>3</sub>	0,340	ns
Ca	NO <sub>2</sub>	-0,222	**
Ca	SO <sub>4</sub>	0,620	**
Ca	Cl	0,836	**
Ca	Fe	-0,154	ns
Ca	NO <sub>3</sub>	0,836	**
Ca	STD	0,860	**
Ca	CE	0,860	**
Ca	pH	-0,010	ns
Ca	Mg	0,896	**
Ca	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
Ca	Eh	0,045	ns
Ca	Alcalinidade	0,181	ns
Ca	HCO <sub>3</sub>	0,188	ns
Ca	NH <sub>3</sub>	0,346	ns
CE	pH	-0,227	ns
CE	Fe	-0,212	ns
CE	HCO <sub>3</sub>	-0,045	ns
CE	NO <sub>2</sub>	0,000	ns
CE	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
CE	NH <sub>3</sub>	0,438	*
CE	Alcalinidade	0,082	ns
CE	NO <sub>3</sub>	0,929	**
CE	Eh	0,130	ns
CE	STD	0,989	**
Cl	SO <sub>4</sub>	0,472	**
Cl	Fe	-0,213	ns
Cl	pH	-0,097	ns
Cl	NO <sub>3</sub>	0,882	**
Cl	NO <sub>2</sub>	0,000	ns

**Tabela 5.10** - Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém - outubro de 2012 (Continuação).

Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação ( $\rho$ )	Significância
Cl	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
Cl	NH <sub>3</sub>	0,428	*
Cl	STD	0,908	**
Cl	HCO <sub>3</sub>	0,020	ns
Cl	CE	0,917	**
Cl	Eh	0,101	ns
Cl	Alcalinidade	0,122	ns
CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	0,000	ns
Eh	Fe	-0,568	**
Eh	HCO <sub>3</sub>	-0,481	**
Eh	Alcalinidade	-0,165	ns
Eh	NH <sub>3</sub>	-0,022	ns
Eh	NO <sub>2</sub>	0,000	ns
Eh	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
Eh	NO <sub>3</sub>	0,022	ns
Fe	HCO <sub>3</sub>	0,648	**
Fe	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
K	Fe	-0,239	ns
K	NH <sub>3</sub>	0,516	**
K	pH	-0,164	ns
K	NO <sub>2</sub>	-	-
K	Cl	0,855	**
K	NO <sub>3</sub>	0,873	**
K	Ca	0,882	**
K	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
K	STD	0,884	**
K	CE	0,897	**
K	SO <sub>4</sub>	0,425	*
K	Eh	0,072	ns
K	Alcalinidade	0,082	ns
K	HCO <sub>3</sub>	0,110	ns
K	Mg	0,926	**
Mg	NH <sub>3</sub>	0,367	*
Mg	Cl	0,806	**
Mg	STD	0,851	**

**Tabela 5.10** - Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém - outubro de 2012 (Continuação).

Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação ( $\rho$ )	Significância
Mg	NO <sub>3</sub>	0,857	**
Mg	Fe	-0,125	ns
Mg	CE	0,868	**
Mg	NO <sub>2</sub>	-	-
Mg	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
Mg	pH	0,014	ns
Mg	Eh	0,039	ns
Mg	SO <sub>4</sub>	0,446	*
Mg	Alcalinidade	0,193	ns
Mg	HCO <sub>3</sub>	0,277	ns
Na	NO <sub>2</sub>	-	-
Na	Mg	0,719	**
Na	SO <sub>4</sub>	0,408	*
Na	Ca	0,752	**
Na	K	0,765	**
Na	Fe	-0,129	ns
Na	pH	-0,117	ns
Na	STD	0,876	**
Na	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
Na	CE	0,886	**
Na	NO <sub>3</sub>	0,906	**
Na	HCO <sub>3</sub>	0,023	ns
Na	Eh	0,103	ns
Na	Alcalinidade	0,157	ns
Na	Cl	0,951	**
Na	NH <sub>3</sub>	0,353	ns
NH <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	-0,057	ns
NH <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
NH <sub>3</sub>	Fe	0,010	ns
NO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	-0,494	**
NO <sub>2</sub>	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
NO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub>	0,000	ns
NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	-	-
NO <sub>2</sub>	Fe	-	-
NO <sub>3</sub>	Fe	-0,130	ns

**Tabela 5.10** - Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém - outubro de 2012 (Continuação).

Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação ( $\rho$ )	Significância
NO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	0,410	*
NO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	0,088	ns
pH	NH <sub>3</sub>	-0,299	ns
pH	NO <sub>3</sub>	-0,221	ns
pH	Fe	-0,014	ns
pH	NO <sub>2</sub>	0,000	ns
pH	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
pH	Alcalinidade	0,124	ns
pH	Eh	0,134	ns
pH	HCO <sub>3</sub>	0,355	ns
SO <sub>4</sub>	STD	0,494	**
SO <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	-0,114	ns
SO <sub>4</sub>	Fe	-0,103	ns
SO <sub>4</sub>	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
SO <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	-	-
SO <sub>4</sub>	CE	0,439	*
SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	0,107	ns
SO <sub>4</sub>	Alcalinidade	0,109	ns
SO <sub>4</sub>	Eh	0,150	ns
SO <sub>4</sub>	pH	0,181	ns
SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	0,311	ns
STD	pH	-0,212	ns
STD	Fe	-0,205	ns
STD	HCO <sub>3</sub>	-0,065	ns
STD	NH <sub>3</sub>	0,414	*
STD	NO <sub>3</sub>	0,905	**
STD	NO <sub>2</sub>	0,000	ns
STD	CO <sub>3</sub>	0,000	ns
STD	Alcalinidade	0,099	ns
STD	Eh	0,147	ns

Legenda:

\*\* = significativo ao nível de 1% de significância ( $p < 0,01$ )

\* = significativo ao nível de 5% de significância ( $0,01 \leq p < 0,05$ )

ns = não significativo ( $p \geq 0,05$ ).

### **Conclusão sobre as correlações nas duas campanhas**

Das 136 correlações de parâmetros químicos apresentadas em cada uma das campanhas, conforme **tabelas 5.9 e 5.10**, verifica-se que em termos médios 63,6% são Não Significativas. As correlações Significativas representam apenas 7,4% do total, enquanto que as correlações Muito Significativas, resultantes do Teste t ao nível de 1%, correspondem a 29% do total.

As correlações existentes entre Na (sódio), K (potássio), Ca (cálcio), Mg (magnésio), CE (condutividade elétrica) e STD (sólidos totais dissolvidos) indicam influência do intemperismo químico, por conta da baixa presença de íons, haja vista que os seus teores foram encontrados em poucas quantidades, o que corrobora com a ideia de que esses elementos foram liberados há anos ao longo da interação água x rocha, e que se apresentam extremamente diluídos devido a elevada precipitação associada a constante renovação das águas na planície amazônica.

Os parâmetros Na (sódio), K (potássio), Cl (cloreto), CE (condutividade elétrica), STD (sólidos totais dissolvidos) e NO<sub>3</sub> (nitrato) apresentaram correlação entre si, o que sugere poluição nas águas subterrâneas oriunda de atividade antrópica, principalmente lançamento de esgoto *in natura*, haja vista que tais constituintes representam uma medida indireta de concentração de poluentes. Além disso, as correlações altamente significativas envolvendo as variáveis, nitrato e amônia se devem principalmente ao contato das águas subterrâneas com as fossas negras, vazamento nas redes coletoras de esgoto e influência de rios próximos à área de captação dos poços. Tal justificativa é plausível na área de estudo, haja vista a ausência de esgotamento sanitário e a falta de proteção sanitária na instalação dos poços.

#### **5.1.9 - Modelagem Geoestatística**

Nas ciências da terra os dados são tipicamente distribuídos no espaço e/ou no tempo. O conhecimento do valor de um atributo (por exemplo, o teor de sódio), é de pouco ou nenhum interesse a menos que a data e o local da medida sejam conhecidos e possam ser incorporados à análise dos dados.

A interpretação dos dados hidrogeoquímicos obtidos através das análises realizadas pelo Laboratório da Bioagri Ambiental nas duas campanhas de amostragem sazonal levadas a efeito no ano de 2012, com intervalo de 6 (seis) meses, utilizará apenas estatísticas *univariadas*, sendo numa primeira etapa a *univariada temporal* e em seguida a *univariada espacial*, sendo essa última aplicada na elaboração dos mapas de zoneamento. Antes, porém, julga-se conveniente apresentar alguns conceitos geoestatísticos, segundo Goovaerts (1997), nos quais essa análise se baseia:

#### **Terminologia**

- **Atributo** - É uma propriedade física que pode ser um atributo *contínuo*, simbolizado por letras minúsculas, tais como, z ou s. Um exemplo é a concentração de uma substância dissolvida na água, medida numa escala quantitativa de valores (teor de sulfato). O atributo também pode ser de *categoria*, caso em que somente assume um limitado número de estados, por exemplo, tipos de rocha (sedimentar, metamórfica, etc) ou usos do solo (agricultura, pecuária, etc).



- **Variável** - Simbolizada por letras maiúsculas, tais como  $Z$  ou  $S$ , é definida como o conjunto de possíveis valores ou estados que o atributo  $z$  ou  $s$  pode assumir numa região  $A$  (área de estudo) em um local com vetor de posição ou de coordenadas  $\mathbf{u}$ . Nesse último caso, a variável é expressa por  $Z(\mathbf{u})$  ou  $S(\mathbf{u})$ .
- **Indivíduo** - O valor do atributo é medido em uma amostra física, por exemplo, uma amostra de água subterrânea coletada em um poço durante um estudo de campo. Na estatística univariada um atributo contínuo medido nessa amostra (teor de cálcio) é um indivíduo, interpretado como *um ponto*, sem levar em conta a sua localização no espaço.
- **População** - É definida como o conjunto das (infinitas) medidas do atributo de interesse, passíveis de serem realizadas na área de estudo. Já a coleção ou conjunto finito de valores (por exemplo, 30 valores) medidos do atributo (teor de cálcio) é designado conjunto amostral ou simplesmente *amostra*.
- **Parâmetro** - Parâmetros são quantidades constantes de um modelo, por exemplo, o parâmetro ou estatística “*média*” de uma função de distribuição lognormal que modela um histograma.

### ***Estatística Descritiva***

Feições importantes de uma distribuição de frequência são o seu valor central e as medidas de seu desvio ou espalhamento e simetria. O valor central, nas distribuições ditas Normais (ou simétricas) é a média aritmética. Nas distribuições muito assimétricas o valor central é a mediana, que é o valor correspondente a uma frequência acumulada de 50%, isto é, o valor que separa a distribuição em duas metades: uma de valores mais baixos e uma de valores mais altos em relação à média.

### ***Distribuição de frequência***

Seja  $\{z(\alpha), \alpha = 1, \dots, n\}$  o conjunto de medidas do atributo contínuo  $z$  nos  $n$  indivíduos  $\alpha$ . Nesse contexto a posição real desses dados não é levada em conta. A distribuição de valores contínuos é tipicamente revelada por um histograma com a faixa de valores dos dados discretizada em certo número de classes de igual largura e a proporção relativa dos dados dentro de cada classe expressa pela altura das barras. Essas proporções relativas definem as frequências de classe e, portanto, o histograma reflete a distribuição de frequência dos  $z$ -valores para uma dada definição de classes.

Assim sendo, a modelagem dos histogramas de frequência dos conjuntos amostrais dos atributos medidos nas duas campanhas de coleta de água (período chuvoso e período seco), através de funções de distribuição de probabilidade permite avaliar com risco calculado os valores esperados de cada atributo de acordo com o período de coleta. Caso sejam constatadas diferenças, admite-se que elas seguramente serão indicativas de influências da sazonalidade. Detalhes complementares são fornecidos no texto que segue, visando justificar o procedimento adotado neste trabalho.

### **Descrição Espacial e Temporal Univariada**

Na estatística clássica os valores de dados observados são supostos aleatórios e não existe correlação entre eles. Na geoestatística admite-se que o campo das medidas (região A) é *estatisticamente estacionário*, o que equivale a dizer que a diferença entre os valores medidos entre dois pontos só depende da distância entre eles, tendo-se como paradigma que valores de atributos em pontos mais próximos são mais semelhantes do que valores em pontos mais afastados.

Este é o paradigma da técnica de inferência conhecida por *krigagem*, que permite modelar a autocorrelação em função da distância. Assim, dentro de uma região A para cada posição  $\mathbf{u} \in A$ , o valor do atributo ambiental  $Z(\mathbf{u})$  é modelado como uma variável aleatória (Deutsch & Journel, 1998; Felgueiras, 1999). Na modelagem geoestatística a variável aleatória  $Z(\mathbf{u})$  pode assumir diferentes valores para o atributo e, cada um deles, com uma probabilidade de ocorrência associada. Nas posições amostradas  $\mathbf{u}_\alpha, \alpha = 1, 2, \dots, n$  os valores  $Z(\mathbf{u}_\alpha)$  são considerados determinísticos ou, ainda, podem ser considerados como variáveis aleatórias cujo valor medido tem uma probabilidade de 100% de ocorrer. Nas posições não amostradas a incerteza associada aos valores de  $Z(\mathbf{u})$  é modelada pela função de distribuição de probabilidade da variável aleatória  $Z(\mathbf{u})$ . Da mesma maneira os valores determinísticos  $Z(\mathbf{u}_\alpha)_t$  medidos nas duas campanhas, nos tempos  $t_1$  (abril de 2012) e  $t_2$  (outubro de 2012), estão associados aos valores desconhecidos  $Z(\mathbf{u}, t)$ , em uma data qualquer, cuja incerteza é modelada a partir dos respectivos histogramas de  $Z(\mathbf{u}_\alpha, t)$  pela função de distribuição de probabilidade da variável aleatória  $Z(\mathbf{u}, t)$ . Assim é possível comparar com o mesmo nível de risco os valores esperados em ambos os conjuntos de dados correspondentes, respectivamente, ao período chuvoso e ao período seco.

#### **5.1.10 – Modelagem Estatística de Parâmetros Físico-Químicos com Valores Abaixo do Limite de Detecção**

Sem dados numéricos não é possível descrever a estatística nem construir histogramas de frequência para modelagem geoestatística da lei de distribuição de probabilidade de um atributo. Na **tabela 5.11** se encontram os parâmetros físico-químicos analisados em Santarém, os limites de detecção (LD) e os valores numéricos ligeiramente menores adotados como aproximação dos LD, para permitir a descrição estatística e a modelagem geoestatística dos resultados obtidos.

**Tabela 5.11** – Parâmetros analisados, limites de detecção (LD) e valores numéricos adotados para estatística descritiva dos resultados das coletas no Aquífero Alter do Chão nas duas campanhas.

Parâmetros analisados	Unidade	LD (mg/L)	Valor Numérico Adotado
Cor	uH	< 5	4,9
Turbidez	NTU	< 0,1	0,09
Condutividade elétrica	µS/cm	-	-
Temperatura	°C	-	-
STD	mg/L	< 5	4,9
Alcalinidade Total	mg/L	< 5	4,9
pH	-	-	-
Eh	mV	-	-
Sódio	mg/L	< 0,01	0,009
Potássio	mg/L	< 0,001	0,0009
Cálcio	mg/L	< 0,01 < 0,001	0,009 0,0009
Magnésio	mg/L	-	-
Cloreto	mg/L	< 0,5	0,49
		< 1	0,9
		< 2	1,9
Sulfato	mg/L	< 0,5	0,49
		< 1	0,9
Bicarbonato	mg/L	< 0,5	0,49
Dureza	mg/L	< 5,0	4,9
Nitrato	mg/L	< 0,1	0,09
		< 0,2	0,19
Nitrito	mg/L	< 0,02	0,019
		< 0,01	0,009
		< 0,04	0,039
Amônia (Nitrogênio Amoniacal)	mg/L	< 0,1	0,09
Nitrogênio Orgânico	mg/L	< 0,1	0,09
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/L	< 0,1	0,09
Nitrogênio Total	mg/L	< 0,5	0,49
Ferro	mg/L	< 0,001	0,0009
		< 0,0001	0,00009
Manganês	mg/L	< 0,001	0,0009
		< 0,0001	0,00009
Índice de fenóis	mg/L	< 0,001	0,0009
Bário	mg/L	< 0,001	0,0009

**Tabela 5.11** – Parâmetros analisados, limites de detecção (LD) e valores numéricos adotados para estatística descritiva dos resultados das coletas no Aquífero Alter do Chão nas duas campanhas (Continuação).

Parâmetros analisados	Unidade	LD (mg/L)	Valor Numérico Adotado
Níquel	mg/L	< 0,001	0,0009
Zinco	mg/L	< 0,001	0,0009
Cádmio	mg/L	< 0,001	0,0009
Chumbo	mg/L	< 0,001	0,0009
Cobre	mg/L	< 0,001	0,0009
Cromo	mg/L	< 0,001	0,0009
Mercúrio	mg/L	< 0,0001 < 0,001	0,00009 0,0009
Arsênio	mg/L	< 0,001	0,0009
Benzeno	mg/L	< 0,001	0,0009
Tolueno	mg/L	< 0,001	0,0009
Etilbenzeno	mg/L	< 0,001	0,0009
o-Xileno	mg/L	< 0,001	0,0009
m,p-Xilenos	mg/L	< 0,002	0,0019
E.Coli	Presente = 1 e Ausente = 0	-	-
C. Totais		-	-

No que se refere, por exemplo, ao parâmetro Nitrito, os resultados obtidos em Santarém no período chuvoso mostraram em 100% (30/30) das amostras coletadas, valores de nitrito < 0,02 mg/L, ou seja, inferiores ao LD. Dessa forma, para fins de realização da estatística descritiva o resultado desconhecido (< 0,02) foi substituído por um valor numérico próximo (no caso, 0,019), que atende matematicamente a condição apresentada na análise, embora o verdadeiro valor do parâmetro seja desconhecido.

Com 100% de valores de cor abaixo do LD, os parâmetros média, mediana, mínimo, máximo, são todos iguais a 0,019 mg/L. A rigor, o erro amostral é nulo, ou seja,  $x - \mu = 0$ , indicando que a média da amostra é igual à média da população. O desvio padrão, o erro padrão e a assimetria são nulos. Não obstante, essa amostra pode ter a sua estatística descritiva, como se vê na **tabela 5.12**, caracterizada de forma aproximada, com um desvio padrão de  $2,71 \text{ E-}15$ , isto é, um desvio muito pequeno, próximo de zero, capaz de assegurar que todos os valores tenham a mesma probabilidade (**tabela 5.13**). Notar que, como só existe um valor, não se dispõe de um histograma de frequência para ajuste da lei de distribuição, mas apenas de um gráfico de barra ou histograma fictício construído com a aproximação usada, ao qual não há como ajustar uma lei de frequência. Havendo, porém, um único valor quantificado, já se pode caracterizar um histograma e uma lei de distribuição de probabilidade.

**Tabela 5.12** – Estatística descritiva com 100% de valores abaixo do limite de detecção do nitrito, substituídos por um valor numérico.

Nitrito	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
N-1	30	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	7,06E-18	1,28E-18	-1,05

**Tabela 5.13** – Distribuição de probabilidade do nitrito para 100% de valores abaixo do limite de detecção, substituídos por um valor numérico.

P(x≥a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
N-1	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019

A modelagem geoestatística concebida para avaliar o efeito da sazonalidade apresentou em alguns parâmetros um viés ou bias estatístico, que se caracteriza pela indicação de duas tendências de sazonalidade (seco e chuvoso), com diferentes riscos. Por exemplo, a Cor em Santarém, apresentou com 50% de risco, maior valor no período chuvoso e com riscos de 20, 10, 5, 2 e 1%, maior valor no período seco. Nesses casos, onde a modelagem não é conclusiva a respeito da sazonalidade, considerou-se como sazonal o período indicado pela maior média e mediana na estatística descritiva.

## 5.2 – Interpretação dos Resultados Analíticos das Águas Subterrâneas do Aquífero Alter do Chão

### 5.2.1 – Cor

A cor indica principalmente a presença de metais (Fe, Mn), ácidos húmicos (matéria oriunda da degradação de matéria de origem vegetal), plâncton (conjunto de plantas e animais microscópicos em suspensão nas águas) dentre outras substâncias dissolvidas na água.

Para consumo humano, segundo a Portaria do Ministério da Saúde - MS 2914/2011, o valor máximo permitido (VMP) para cor é 15 uH – *Unidade Hazen* (mgPt-Co/L). Os resultados obtidos em Santarém no período chuvoso mostraram em 37% (11/30) das amostras coletadas, valores de cor < 5,0, ou seja, inferiores ao LD (limite de detecção); enquanto que no período de estiagem, 90% (27/30) das amostras apresentaram resultados inferiores a 5.

A estatística descritiva da cor apresentada na **tabela 5.14** variou no ano de 2012, de 4,9 a 102 uH no período chuvoso, com média de 22,13 uH e mediana de 5 uH. No período seco a variação entre o mínimo e o máximo foi de 4,9 a 15,0 uH, com média de 5,31 uH e mediana de 4,9 uH.

**Tabela 5.14** – Estatística descritiva da Cor do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Cor-1) - abril de 2012 e no período seco (Cor-2) – outubro de 2012.

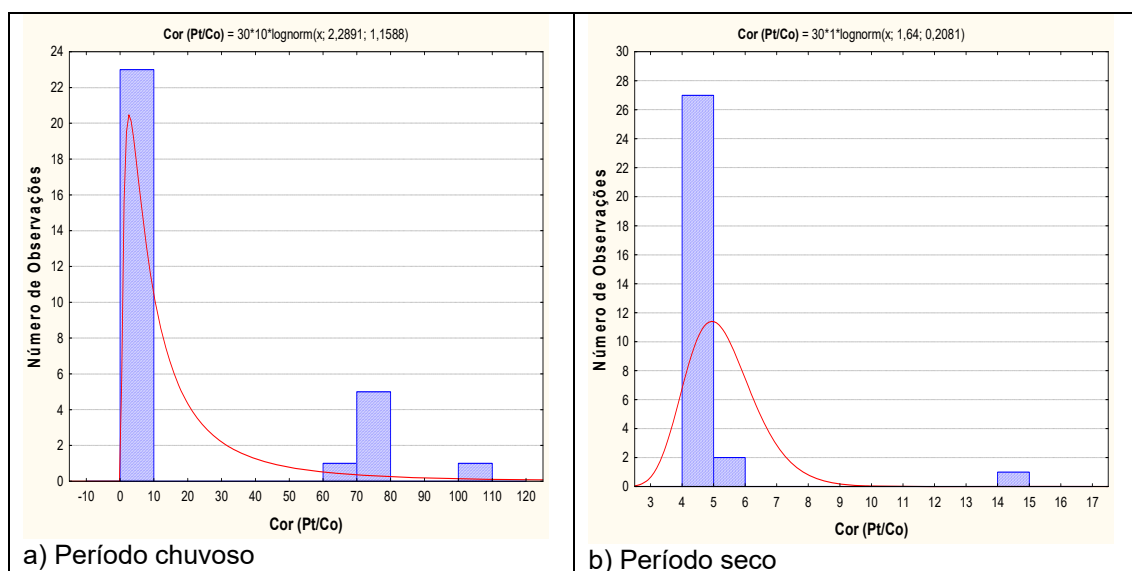
Cor	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Cor-1	30	22,13	10,4	33,8	5	4,9	102	31,371	5,728	1,439
Cor-2	30	5,31	4,62	6	4,9	4,9	15	1,85	0,338	5,291

Dentre os valores quantificáveis na primeira campanha, 23% (7/30) ultrapassaram o VMP de potabilidade da Portaria MS 2914/2011. Esses resultados se devem provavelmente a pontos de contaminação local, haja vista

que os poços estão localizados em área urbana e não possuem a devida proteção sanitária.

Os histogramas de frequência da cor ilustrados na **figura 5.7** nos dois períodos de amostragem foram modelados por uma função de distribuição de probabilidade lognormal. Esse modelo de fdp revela um viés estatístico para cor com diferentes riscos, não sendo possível avaliar de modo conclusivo a influência da sazonalidade por meio da modelagem geostatística (**tabela 5.15**). Sendo assim, com base na comparação das estatísticas do período chuvoso e do período seco, observa-se que os valores de cor no período chuvoso, praticamente com a mesma mediana do período seco, apresentam média 4,17 vezes maior e desvio padrão 16,96 vezes maior. A maioria dos valores (23/30) ou 77% em ambas as campanhas se revela menor ou igual a 6 uH. Na primeira campanha existem 7 (sete) valores maiores ou iguais a 70 uH, enquanto que na segunda campanha o único valor mais alto é igual a 15 uH. Os 7 (sete) valores discrepantes do período chuvoso não encontram paralelo no período seco e por esta razão dificilmente poderiam ser atribuídos apenas a efeito de sazonalidade. Tudo indica que eles se devem, sobretudo, à urbanização, e são tão fortes que sem dúvida podem até mesmo mascarar o efeito da sazonalidade.

Portanto, à luz dessas estatísticas, pode-se concluir que a influência da sazonalidade sobre o parâmetro cor das águas subterrâneas no aquífero Alter do Chão em Santarém, por si só, não explica as discordâncias dos valores encontrados nas duas amostragens. Ao que tudo indica esse quadro resulta, sobretudo, de influências antrópicas. Quais, exatamente, os dados não permitem especificar.



**Figura 5.7** – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade da Cor das águas do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

**Tabela 5.15** – Distribuição de probabilidade da Cor do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Cor-1) - abril de 2012 e no período seco (Cor-2) – outubro de 2012.

P(x≥a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Cor-1	9,8661	3,7204	2,2345	1,4667	0,9132	0,6659
Cor-2	5,1552	4,3269	3,9484	3,6609	3,3623	3,1768
Razão	1,914	0,860	0,566	0,401	0,272	0,210

### 5.2.2 – Turbidez

A turbidez está relacionada com a presença de argila, silte, substâncias orgânicas (por exemplo: húmus) ou inorgânicas (por exemplo: óxidos) finamente divididas, plâncton e algas, indicando o risco de entupimentos de filtros e tubulações. A água subterrânea nas condições em que circula no ambiente subterrâneo é praticamente isenta de turbidez. Valores altos de turbidez em águas subterrâneas coletadas por bombeamento, geralmente ocorrem em poços mal desenvolvidos e são devidos ao carreamento de partículas finas da formação geológica através dos filtros.

As unidades utilizadas para expressar a turbidez são: NTU (*Nefelometric Turbidity Unit*), FTU (*Formazin Turbidity Unit*) ou uT (Unidade de Turbidez), sendo essas unidades correspondentes 1:1 (Celligoi, 1999; Szikszay, 1993).

O VMP da turbidez para consumo humano, segundo a Portaria MS 2914/2011, é igual a 5 uT (unidade de Turbidez). Nas amostras de água do Aquífero Alter do Chão foram detectados valores de turbidez (uT) em 87% (26/30) das análises do período chuvoso e em apenas 7% (2/30) das análises do período de estiagem. Nas demais amostras os valores ficaram abaixo do LD (limite de detecção), que é igual a 0,1.

Os valores detectados pela estatística descritiva (**tabela 5.16**) variaram de 0,09 a 4 uT, com média de 0,81 uT e mediana de 0,46 uT no período chuvoso; enquanto que no período seco, se distribuíram entre 0,09 a 13 uT, com média de 0,54 uT e mediana de 0,09 uT. Na segunda campanha 3% (1/30) dos poços apresentaram valores acima do VMP de potabilidade da Portaria MS 2914/2011.

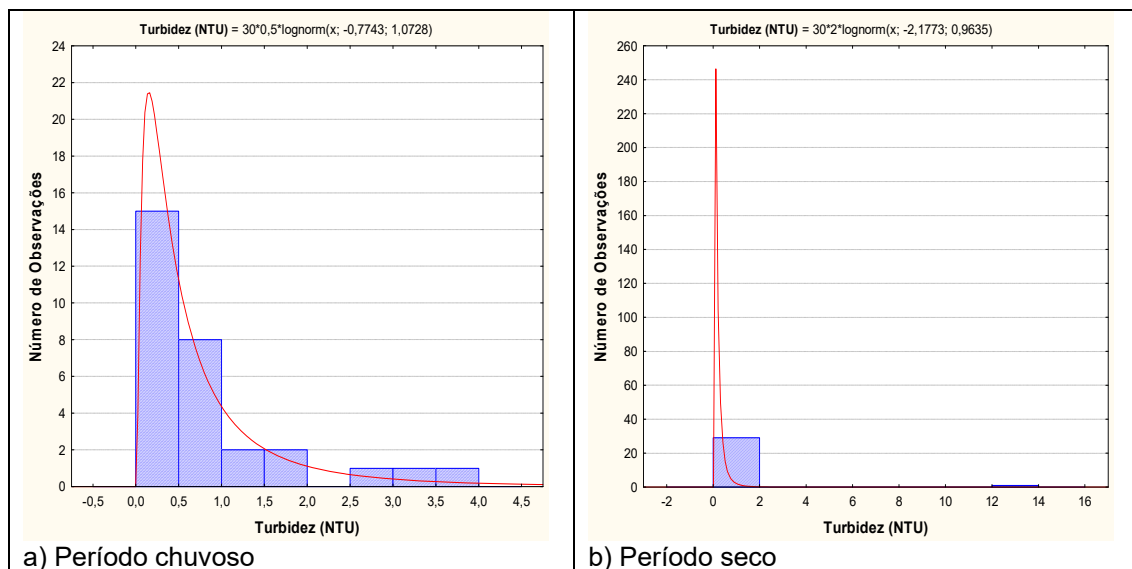
**Tabela 5.16** – Estatística descritiva da Turbidez do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Tu-1) - abril de 2012 e no período seco (Tu-2) – outubro de 2012.

Tu	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Tu-1	30	0,81	0,45	1,18	0,46	0,09	4	0,985	0,18	2,0277
Tu-2	30	0,54	-0,34	1,42	0,09	0,09	13	2,36	0,43	5,462

Os histogramas de frequência da turbidez nos dois períodos de amostragem (**figura 5.8**) foram modelados por funções de distribuição de probabilidade lognormal. Esse modelo de fdp permite concluir com risco calculado (**tabela 5.17**) que os valores de turbidez estimados para o período chuvoso são maiores no período chuvoso, indicando que há alguma influência da sazonalidade, haja vista que a razão entre os valores das campanhas é

superior a 1 (um). Isto, provavelmente, se deve ao fato de que no período chuvoso, as águas são mais ricas em sedimentos em suspensão.

Isso ocorre principalmente na época de cheias, onde a água da chuva que escoia pelo solo carrega consigo sedimentos que permanecem em suspensão na água tornando-a mais turva, a qual entra em contato com as águas subterrâneas por meio dos poços mal protegidos.



**Figura 5.8** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade da Turbidez do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

**Tabela 5.17** – Distribuição de probabilidade da Turbidez do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Tu-1) - abril de 2012 e no período seco (Tu-2) – outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Tu-1	0,4610	0,1869	0,1166	0,0790	0,0509	0,0380
Tu-2	0,1133	0,0504	0,0330	0,0232	0,0157	0,0120
Razão	4,067	3,710	3,536	3,398	3,250	3,154

### **Zoneamento da Turbidez**

Considerando que os meios porosos granulares se constituem em filtros naturais e que a turbidez se deve essencialmente à presença de sólidos em suspensão, a elaboração do mapa de zoneamento da turbidez das águas do aquífero é do tipo pontual.

No período chuvoso (**figura 5.9a**), 13% (4/30) dos poços apresentaram valores de turbidez abaixo do limite de detecção de 0,1 uT; e os 87% (26/30) restantes valores compreendidos entre 0,1 e 5,0 uT.

No período de estiagem (**figura 5.9b**) 93,3% (28/30) das análises obtiveram resultados de turbidez inferiores ao limite de detecção de 0,1 uT; 3,3% (1/30) valores compreendidos entre 0,1 e 5 uT; e apenas 3,3% (1/30) apresentaram valores de turbidez acima do VMP, o que é justificável pela redução de partículas em suspensão pela cessação do período de cheias.



O elevado teor de turbidez no poço STM17, na segunda campanha, provavelmente se deve a contaminações locais, haja vista a deficiência construtiva da maioria dos poços da região, que permite o carreamento de finos em suspensão, associada a precária estrutura sanitária da cidade, que favorece à poluição do lençol freático a partir da infiltração, por exemplo, de esgoto *in natura*.

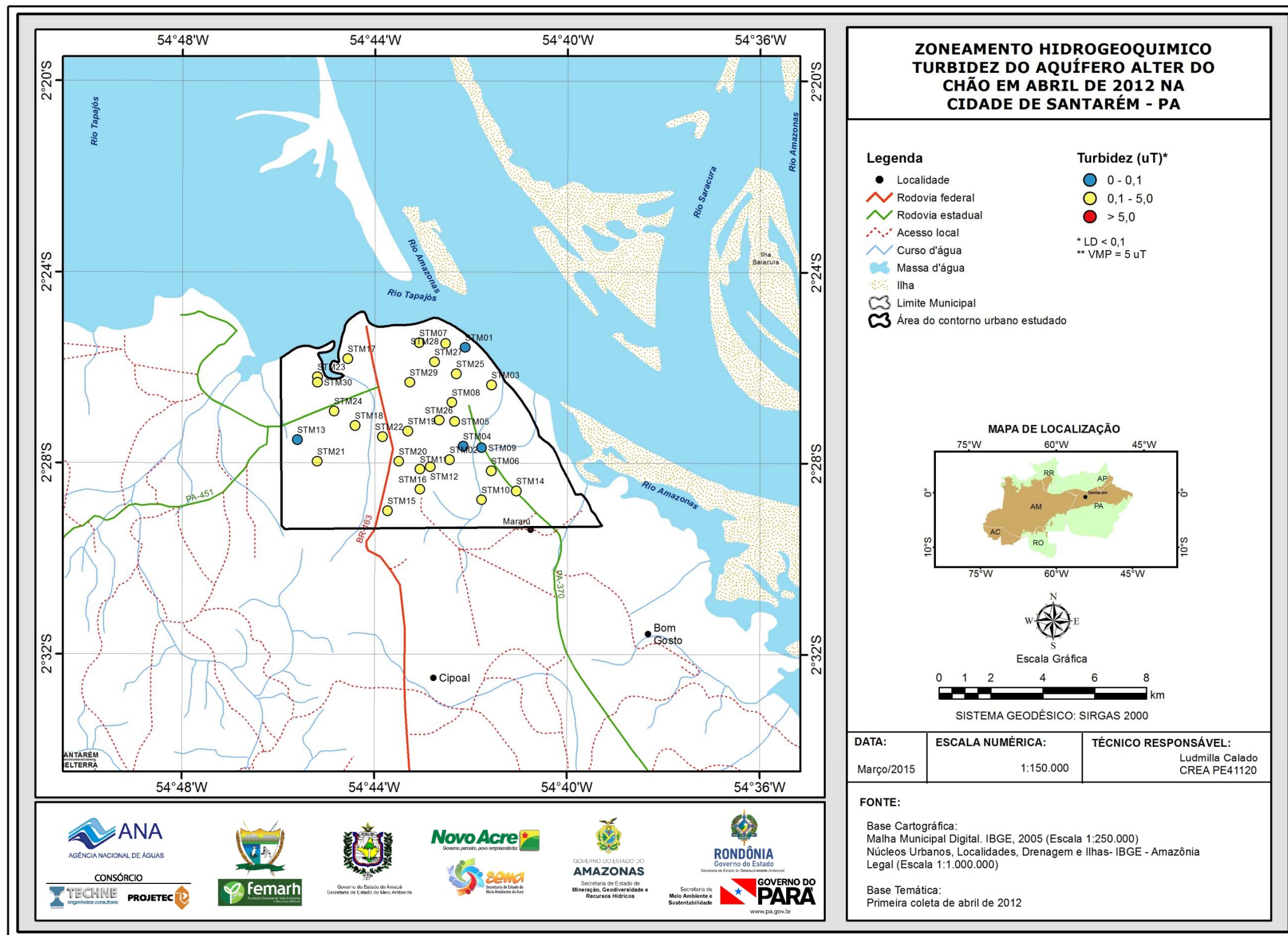


Figura 5.9a – Zoneamento de Turbidez das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.

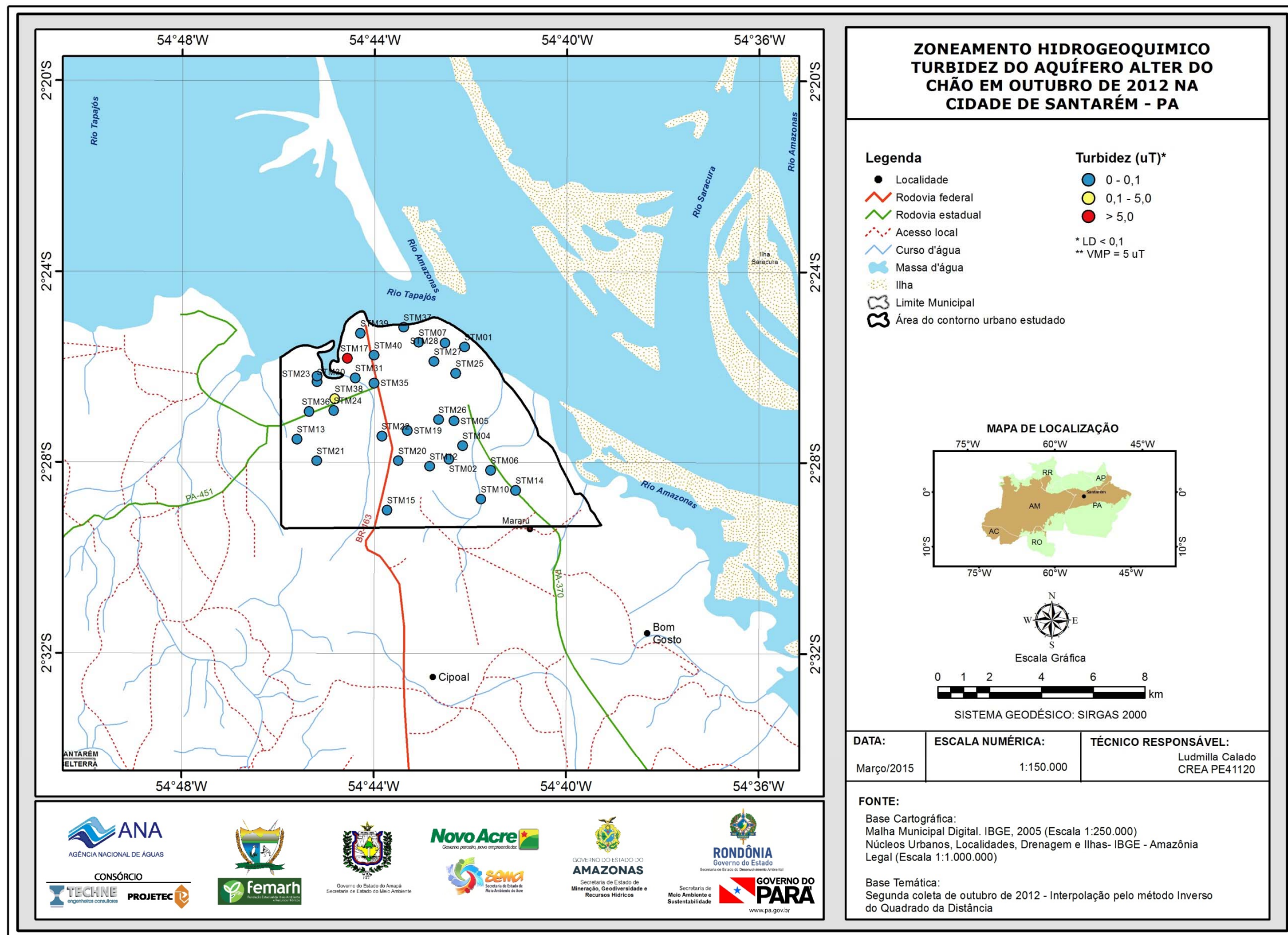


Figura 5.9b – Zoneamento de Turbidez das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.

### 5.2.3 – Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica depende da quantidade de sais dissolvidos na água e, portanto, a sua medição permite estimar rapidamente a quantidade de sólidos totais dissolvidos (STD) presentes na água, usando (por exemplo) uma relação do tipo  $STD = aCE$ , sendo “a” um coeficiente angular variável de aproximadamente 0,55 a 0,75.

A condutividade elétrica (CE) das águas do Aquífero Alter do Chão, de acordo com a estatística descritiva (**tabela 5.18**), variou no ano de 2012 de 18  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 338  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no período chuvoso, com média de 141,4 e mediana de 121  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . No período seco a variação entre o mínimo e o máximo foi de 13  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 321  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com média de 129,8 e mediana de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Convém assinalar que os valores, em sua maioria, são baixos (reflexo principalmente do clima chuvoso e da frequência das chuvas, que assegura uma quase permanente renovação das águas dos aquíferos e dos rios na Amazônia). No caso, observa-se que em ambas as campanhas, os valores da CE, em 77% dos pontos amostrados são menores do que 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , que é considerado baixo.

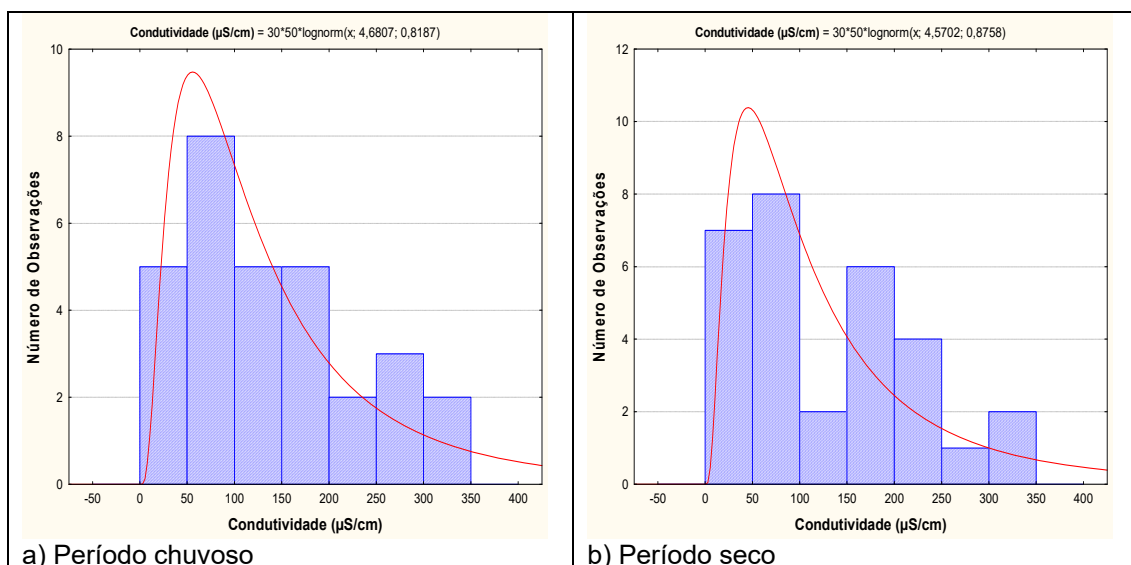
**Tabela 5.18** – Estatística descritiva da Condutividade Elétrica do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (CE-1) - abril de 2012 e no período seco (CE-2) – outubro de 2012.

CE	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
CE-1	30	141,4	106,16	176,6	121	18	338	94,375	17,23	0,6194
CE-2	30	129,8	97,14	162,5	100	13	321	87,56	15,987	0,578

Os valores de CE acima de 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  encontrados nas duas campanhas de amostragem em 23% (7/30) das amostras são coerentes, pois segundo Esteves (1998), a condutividade elétrica depende da composição iônica dos corpos d'água, e pode ser influenciada também pelo volume de chuvas, o que é bastante frequente na região estudada.

De acordo com Celligoi (1999), quanto à condutividade elétrica, as águas subterrâneas podem ser classificadas em água destilada, quando a CE varia de 0,5 a 2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; água potável, quando a CE varia de 50 a 1.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; e água poluída, quando a CE é  $> 10.000 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Nesse caso, as águas do Aquífero Alter do Chão, em Santarém, em ambos os períodos de coleta, podem ser classificadas como potável.

Os histogramas de frequência da CE nos dois períodos de amostragem (**figura 5.8**) foram modelados por funções de distribuição de probabilidade lognormal. Esse modelo de fdp permite concluir com risco calculado (**tabela 5.17**) que os valores de CE estimados para o período chuvoso são maiores no período chuvoso, indicando que há alguma influência da sazonalidade, haja vista que a razão entre os valores das campanhas é superior a 1 (um).



**Figura 5.10** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade da Condutividade Elétrica (CE) do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Tais resultados são justificáveis, pois no período chuvoso as águas encontram-se ricas em sólidos dissolvidos, o que também contribui para a elevação da CE.

Outro fator que também pode explicar a elevação da condutividade elétrica no período chuvoso é a ausência de esgotamento sanitário na área de estudo, que contribui para que as águas superficiais provenientes do *run off* se misturem com o esgoto lançado a céu aberto, contaminando as águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão. Tal assertiva pode ser ratificada pela correlação significativa entre as variáveis CE, STD e NO<sub>3</sub> como pode ser observado no **item 5.1.8**.

**Tabela 5.19** – Distribuição de probabilidade da Condutividade Elétrica do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (CE-1) - abril de 2012 e no período seco (CE-2) – outubro de 2012.

P(x≥a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
CE-1	107,8455	54,1450	37,7692	28,0520	20,0714	16,0566
CE-2	96,5634	46,2059	31,4317	22,8657	15,9830	12,5885
Razão	1,117	1,172	1,202	1,227	1,256	1,275

### **Zoneamento de Condutividade Elétrica**

De acordo com o zoneamento da condutividade elétrica apresentado na **figura 5.11a** e na **figura 5.11b** para o período chuvoso e de estiagem, respectivamente, é possível verificar que em ambas as coletas, as classes mais frequentes são de 0 a 50, 50 a 100 µS/cm e de 100 a 200 µS/cm, enquanto que os valores mais altos, superiores a 300 µS/cm, se restringem a pontos isolados.

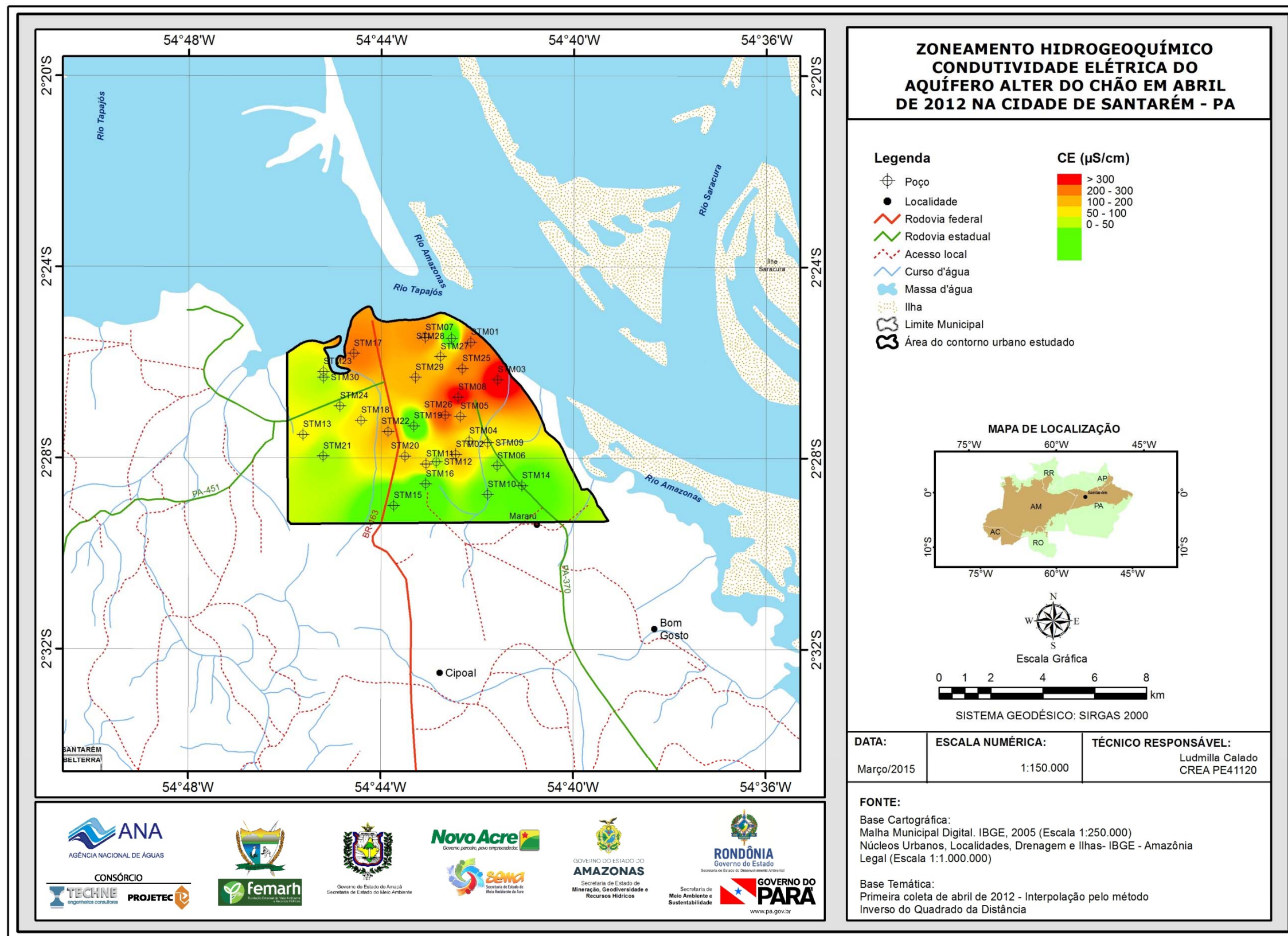


Figura 5.11a – Zoneamento de Condutividade Elétrica (µS/cm) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.

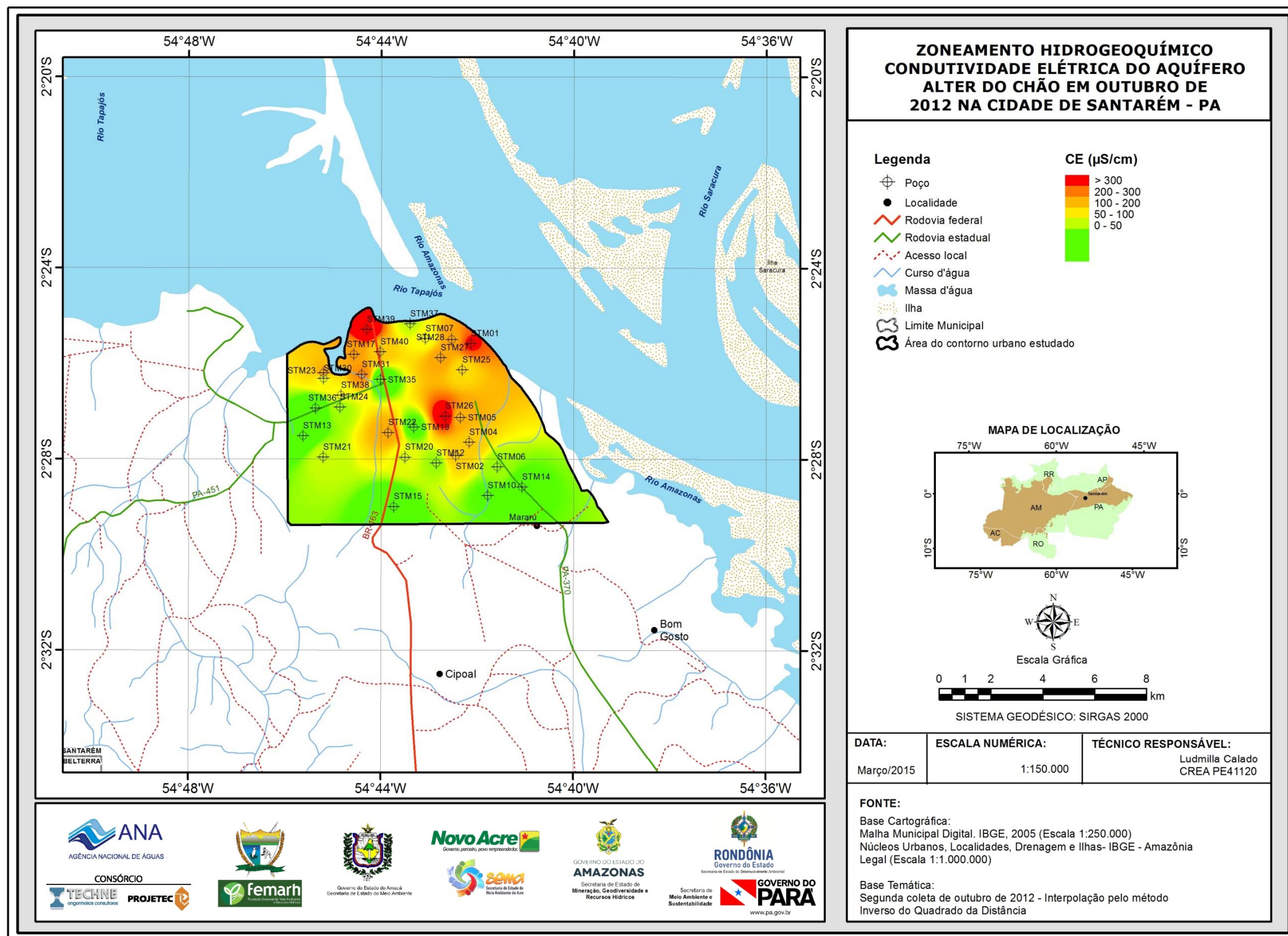


Figura 5.11b – Zoneamento de Condutividade Elétrica (µS/cm) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.

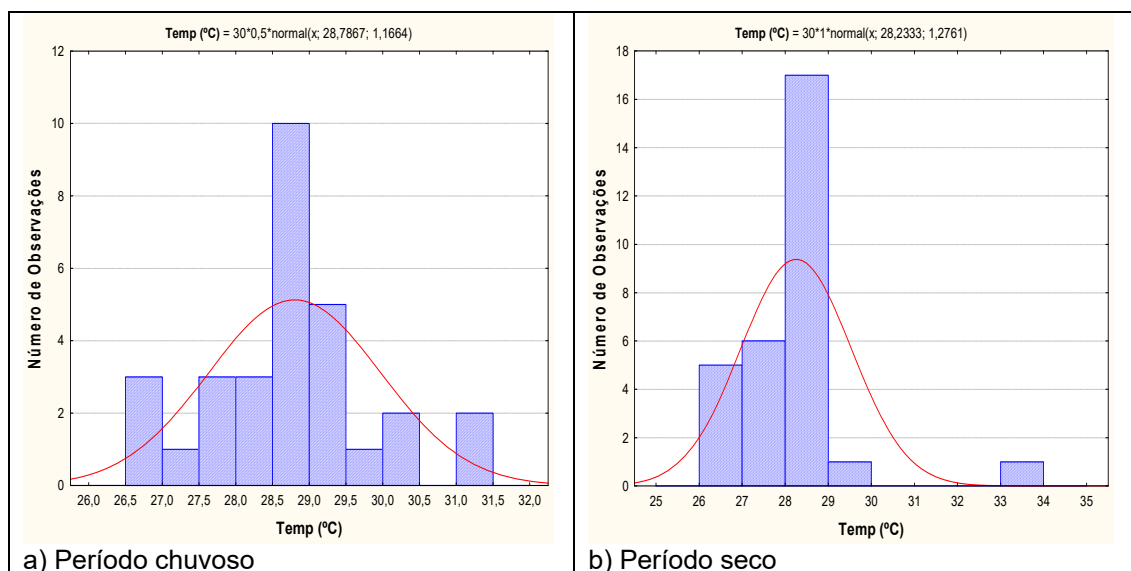
## 5.2.4 – Temperatura

A estatística descritiva da temperatura das águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão em Santarém (**tabela 5.20**) indica que no período chuvoso a temperatura das águas coletadas no aquífero variou de 26,6°C a 31,4°C, apresentando uma amplitude térmica de 4,8°C. No período de estiagem as temperaturas variaram de 26,1°C a 33,5°C, com uma amplitude térmica bem maior, de 7,4°C. A média e a mediana no período chuvoso assumem o mesmo valor de 28,8°C, enquanto que no período seco, os respectivos valores são igualmente muito próximos 28,23°C e 28,25°C, caracterizando uma distribuição normal. Os valores máximos encontrados em ambos os períodos de coleta, possivelmente decorrem da influência da temperatura ambiente sobre as águas subterrâneas, uma vez que as águas do Aquífero Alter do Chão são influenciadas pelas águas superficiais.

**Tabela 5.20** – Estatística descritiva da Temperatura (°C) do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (T-1) - abril de 2012 e no período seco (T-2) – outubro de 2012.

T	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
T-1	30	28,79	28,35	29,22	28,8	26,6	31,4	1,166	0,213	0,2462
T-2	30	28,23	27,76	28,71	28,25	26,1	33,5	1,28	0,233	2,226

Os histogramas de frequência da temperatura das águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, modelados por curvas normais de distribuição de probabilidade na amostragem do período chuvoso (abril de 2012) e do período de estiagem, em outubro de 2012, são mostrados na **figura 5.12**.



**Figura 5.12** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade da Temperatura (°C) do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Os resultados da **tabela 5.21** permitem concluir que as temperaturas das águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão são um pouco maiores no período chuvoso, sugerindo que há uma discreta influência da sazonalidade, haja vista que a razão entre os valores nas duas campanhas é superior a 1 (um).



**Tabela 5.21** – Distribuição de probabilidade da Temperatura (°C) do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (T-1) - abril de 2012 e no período seco (T-2) – outubro de 2012.

P(x≥a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
T-1	28,7867	27,8050	27,2919	26,8681	26,3912	26,0733
T-2	28,2333	27,1593	26,5979	26,1343	25,6125	25,2647
Razão	1,020	1,024	1,026	1,028	1,030	1,032

Esse resultado parece consistente com as conclusões de Vilani *et al.* (2006), segundo as quais a temperatura do solo é maior do que a temperatura do ar durante todo o ano na Floresta de Transição Amazônia Cerrado, e que no período seco a temperatura e o teor de umidade do solo (parte da zona de aeração das águas subterrâneas) são menores. Os autores não explicam por que motivo isso acontece, mas se as temperaturas do solo são menores no período seco, é de se esperar que também as temperaturas da água subterrânea as sejam, já que os níveis estáticos geralmente se encontram a pequena profundidade na região Amazônica.

### **Zoneamento de Temperatura**

A distribuição espacial da temperatura das águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém, no período chuvoso de abril de 2012, ilustrada na **figura 5.13a**, é caracterizada na maior parte da área de estudo por valores na faixa de 28°C até 29°C, enquanto que águas menos quentes, na faixa de 26 a 27°C, e águas mais quentes, na faixa > 30°C, ocorrem em pontos isolados.

No período seco as temperaturas mais frequentes estão nas faixas de 27 a 28°C e de 28°C até 29°C, havendo apenas um poço com temperatura acima de 30°C (**figura 5.13b**).

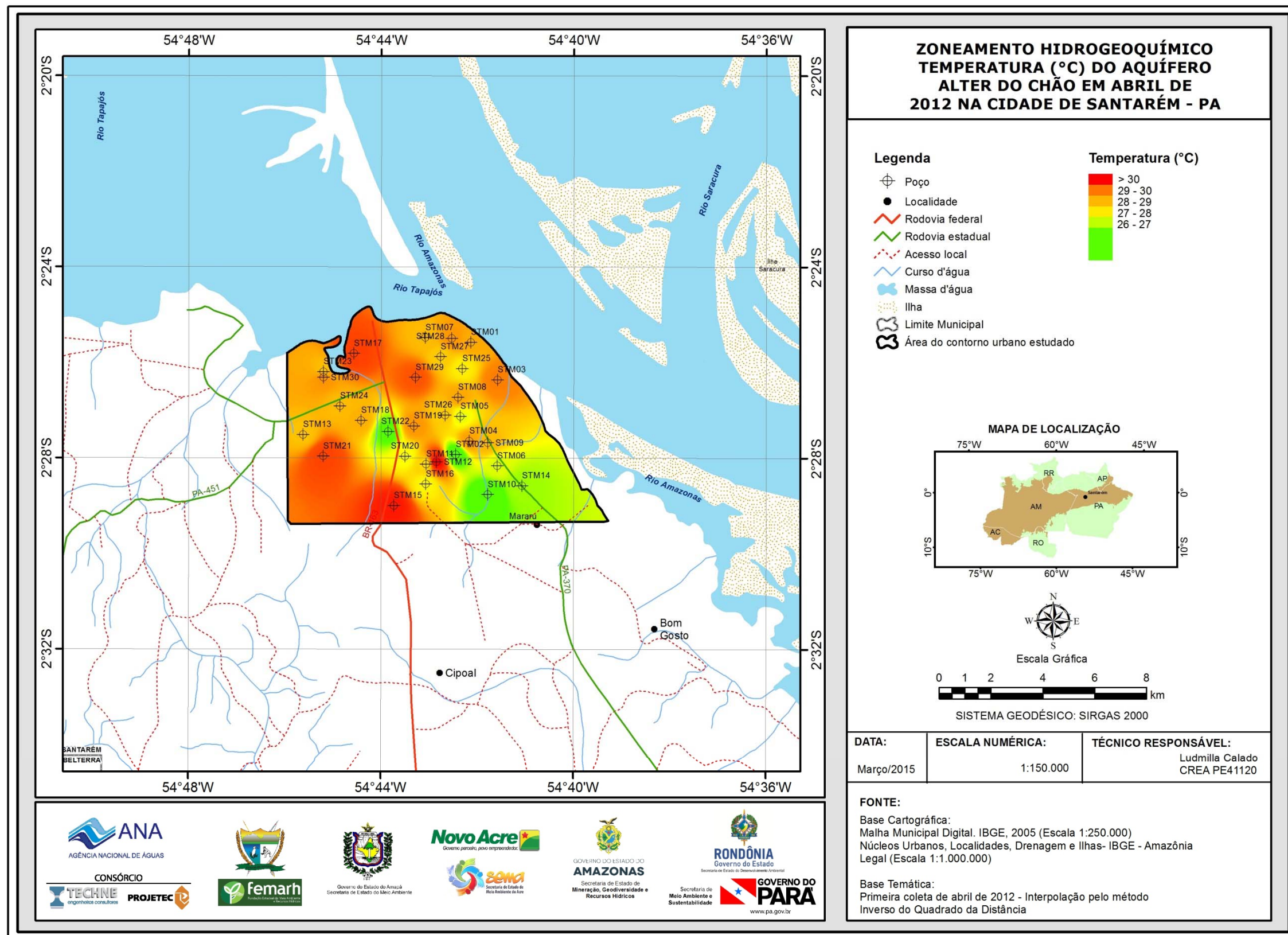


Figura 5.13a – Zoneamento de Temperatura (°C) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.

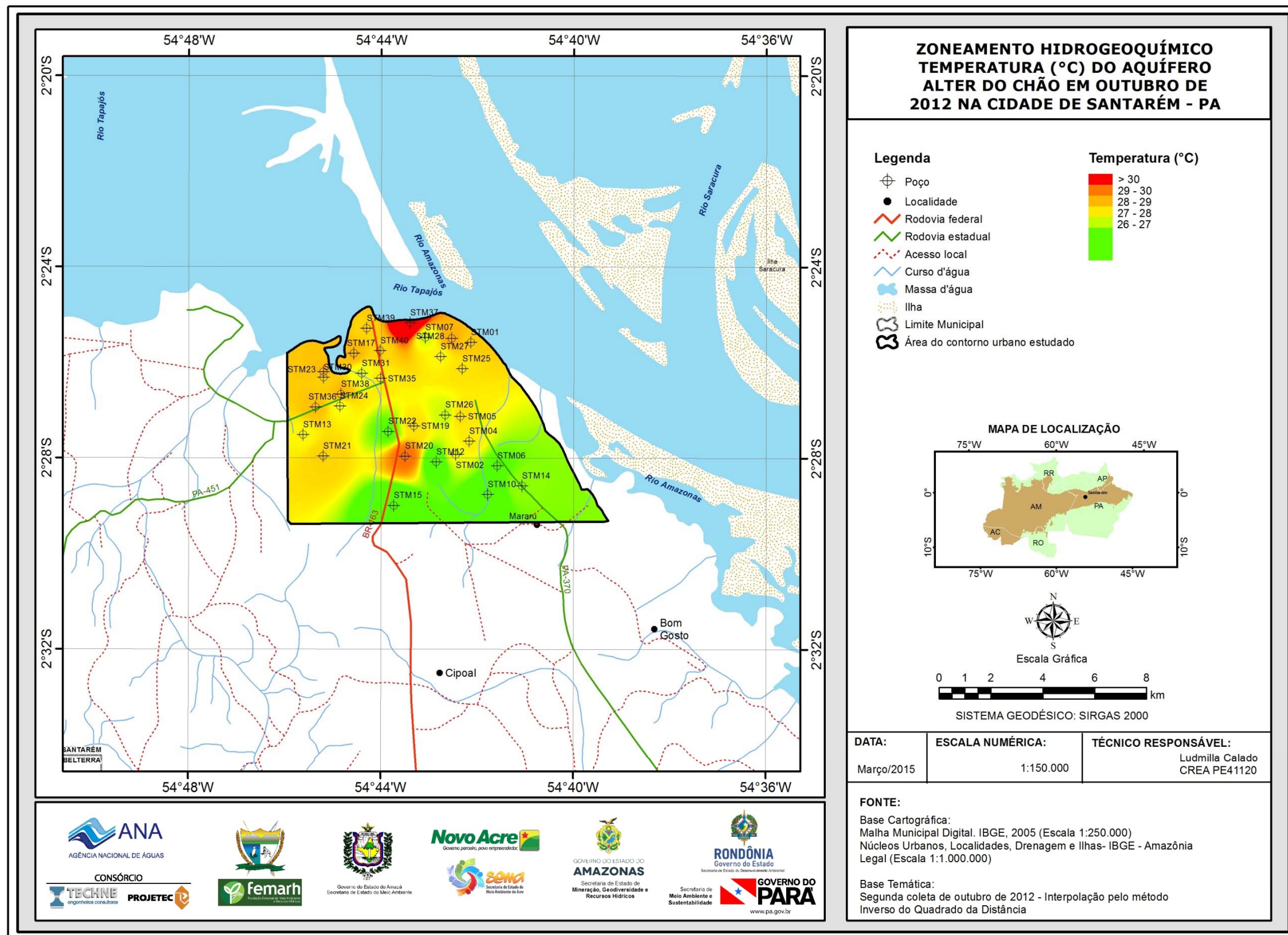


Figura 5.13b – Zoneamento de Temperatura (°C) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.

### 5.2.5 – Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

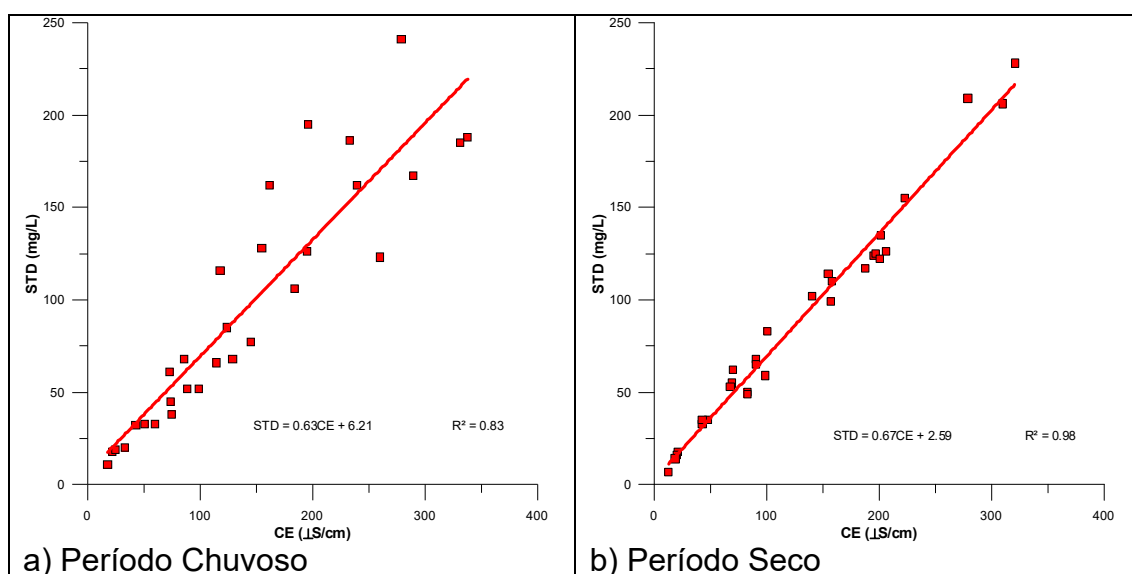
Os sólidos totais dissolvidos correspondem à massa total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. Na maioria das águas naturais, os sólidos totais dissolvidos (STD) se relacionam com a condutividade elétrica (CE) através de uma equação linear com coeficiente angular situado na faixa de 0,55 a 0,75. No caso do Aquífero Alter do Chão em Santarém, os dados desses parâmetros são apresentados na **tabela 5.22**.

**Tabela 5.22** – Valores de condutividade elétrica CE ( $\mu\text{S/cm}$ ) e sólidos totais dissolvidos STD ( $\text{mg/L}$ ) no Aquífero Alter do Chão em Santarém – PA, na primeira e na segunda campanha de amostragem.

Período chuvoso - abril de 2012			Período seco - outubro de 2012		
Poço	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	STD ( $\text{mg/L}$ )	Poço	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	STD ( $\text{mg/L}$ )
STM01	279	241	STM01	279	209
STM02	162	162	STM02	155	114
STM03	338	188	STM04	157	99
STM04	118	116	STM05	188	117
STM05	196	195	STM06	69	55
STM06	60	33	STM07	101	83
STM07	233	186	STM10	48	35
STM08	331	185	STM12	68	53
STM09	115	66	STM13	13	7
STM10	51	33	STM14	43	33
STM11	129	68	STM15	21	18
STM12	75	38	STM17	206	126
STM13	99	52	STM19	43	35
STM14	43	32	STM20	91	68
STM15	22	18	STM21	83	50
STM16	18	11	STM22	195	124
STM17	260	123	STM23	197	125
STM18	124	85	STM24	70	62
STM19	25	19	STM25	141	102
STM20	145	77	STM26	310	206
STM21	73	61	STM27	201	122
STM22	195	126	STM28	202	135
STM23	89	52	STM30	91	65
STM24	86	68	STM31	223	155
STM25	240	162	STM35	20	16
STM26	290	167	STM36	19	14
STM27	155	128	STM37	83	49
STM28	33	20	STM38	99	59
STM29	184	106	STM39	321	228
STM30	74	45	STM40	158	110

Na correlação linear estabelecida entre CE e STD com os dados da **tabela 5.22**, os coeficientes de determinação dos ajustes são, respectivamente, iguais a 0,83 no período chuvoso e 0,98 no período seco, como ilustrado na **figura 5.14**. Esses valores confirmam a forte relação linear conhecida da literatura, entre condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, pois o parâmetro CE mede a capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica, que é tanto maior quanto maiores forem as concentrações iônicas. CE funciona, portanto, como uma medida indireta do teor de sólidos totais dissolvidos (STD) na água.

Os coeficientes angulares das retas mostradas nos gráficos da **figura 5.14a** e **5.14b** (0,63 no período chuvoso e 0,67 no período seco) revelam que em média o teor de STD corresponde a 65% do valor da condutividade elétrica.



**Figura 5.14** – Relações entre a condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos no Aquífero Alter do Chão em Santarém – PA, no período chuvoso (abril de 2012) e no período seco (outubro de 2012).

Os teores de STD nas águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém, segundo a estatística descritiva mostrada na **tabela 5.23**, variam no período chuvoso de 11 mg/L a 241 mg/L, com média de 95,43 mg/L e mediana de 72,5 mg/L. No período de estiagem o mínimo observado foi 7 mg/L e o máximo 228 mg/L, com média de 89,13 mg/L e mediana de 75,5 mg/L. Os valores de STD obtidos nas duas campanhas estão abaixo do VMP da Portaria MS 2914/2011, que recomenda o valor de 1.000 mg/L como padrão organoléptico de potabilidade. Em ambas as campanhas, todas as amostras apresentaram resultados de STD abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 396/2008, de 1.000.000 µg.L<sup>-1</sup>, indicando que as águas podem ser usadas para consumo humano, em relação a esse parâmetro.

De modo geral, os valores de STD obtidos nas águas do Aquífero Alter do Chão são baixos, o que pode ser justificado pela constante renovação das águas associada à elevada precipitação pluviométrica (da ordem de 2.118 mm/ano) e grande número de dias de chuvas, cuja média foi de 178 dias no período de 1961-1990, em Santarém. Soma-se a isso a influência do elevado intemperismo químico regional, conforme descrito no **item 2.6**.

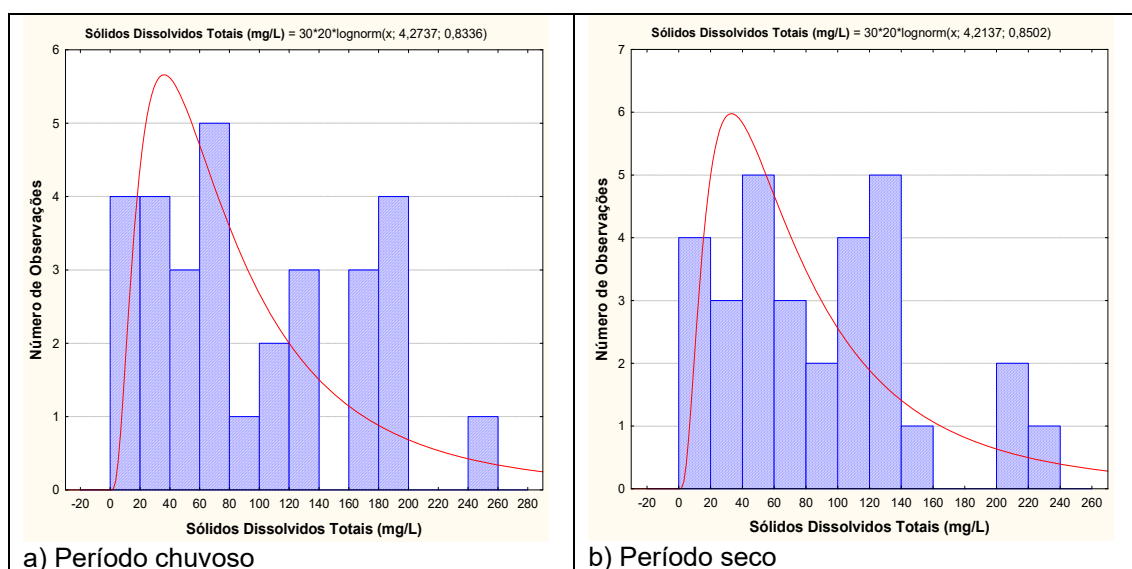
**Tabela 5.23** – Estatística descritiva dos Sólidos Totais Dissolvidos do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (STD-1) - abril de 2012 e no período seco (STD-2) – outubro de 2012.

STD	N	Média	Confiança 95%	Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria	
STD-1	30	95,43	71,09	119,78	72,5	11	241	65,197	11,903	0,5461
STD-2	30	89,13	67,11	111,16	75,5	7	228	58,99	10,77	0,737

De acordo com Parron *et al.* (2011), o STD serve como um indicador agregado da presença de produtos químicos contaminantes na água, haja vista que as suas fontes primárias podem ser de origem agrícola, residencial, de lixiviados de contaminação do solo, de fontes pontuais de descarga de poluição das águas industriais ou estações de tratamento de esgoto.

Desse modo, fica evidente que os teores mais altos de STD encontrados nas águas do Aquífero Alter do Chão, principalmente no período chuvoso, são devido a possíveis fontes de contaminação do lençol freático, principalmente no que se refere à ausência de esgotamento sanitário, haja vista que a área de estudo está inserida em local bastante urbanizado.

As funções lognormais de distribuição de probabilidade que modelam os histogramas de frequência dos sólidos totais dissolvidos na primeira e na segunda campanha de amostragem de água na cidade de Santarém (**figura 5.15**) permitiram avaliar, com risco calculado, que no período chuvoso a concentração de STD é maior do que no período de estiagem (**tabela 5.24**) indicando uma influência da sazonalidade, haja vista que o valor da razão entre as duas campanhas é superior a 1 (um).



**Figura 5.15** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade dos Sólidos Totais Dissolvidos do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Os resultados acima apresentados indicam que na época de estiagem as águas subterrâneas se apresentam mais diluídas e, portanto, com menores valores de STD. Outro fator que contribui para o maior teor de STD no período chuvoso são as inundações periódicas na região, onde podem ocorrer transbordamentos de fossas sépticas, as quais entram em contato com as

águas de escoamento superficial, que posteriormente se infiltram contaminando as águas subterrâneas.

**Tabela 5.24** – Distribuição de probabilidade dos Sólidos Totais Dissolvidos do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (STD-1) - abril de 2012 e no período seco (STD-2) – outubro de 2012.

<b>P(x≥a)</b>	<b>0,50</b>	<b>0,80</b>	<b>0,90</b>	<b>0,95</b>	<b>0,98</b>	<b>0,99</b>
STD-1	71,7868	35,5921	24,6653	18,2206	12,9578	10,3239
STD-2	67,6062	33,0544	22,7400	16,6973	11,7941	9,3543
Razão	1,062	1,077	1,085	1,091	1,099	1,104

### **Zoneamento de STD**

O zoneamento dos teores de sólidos totais dissolvidos (STD) nas águas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, indicam que tanto no período chuvoso (abril de 2012), como no período seco (outubro de 2012), ilustrados respectivamente na **figura 5.16a** e **figura 5.16b**, ocorre o predomínio de águas na faixa de 0 a 50 e de 50 a 100 mg/L. Valores acima de 200 mg/L ficam representados por manchas isoladas.

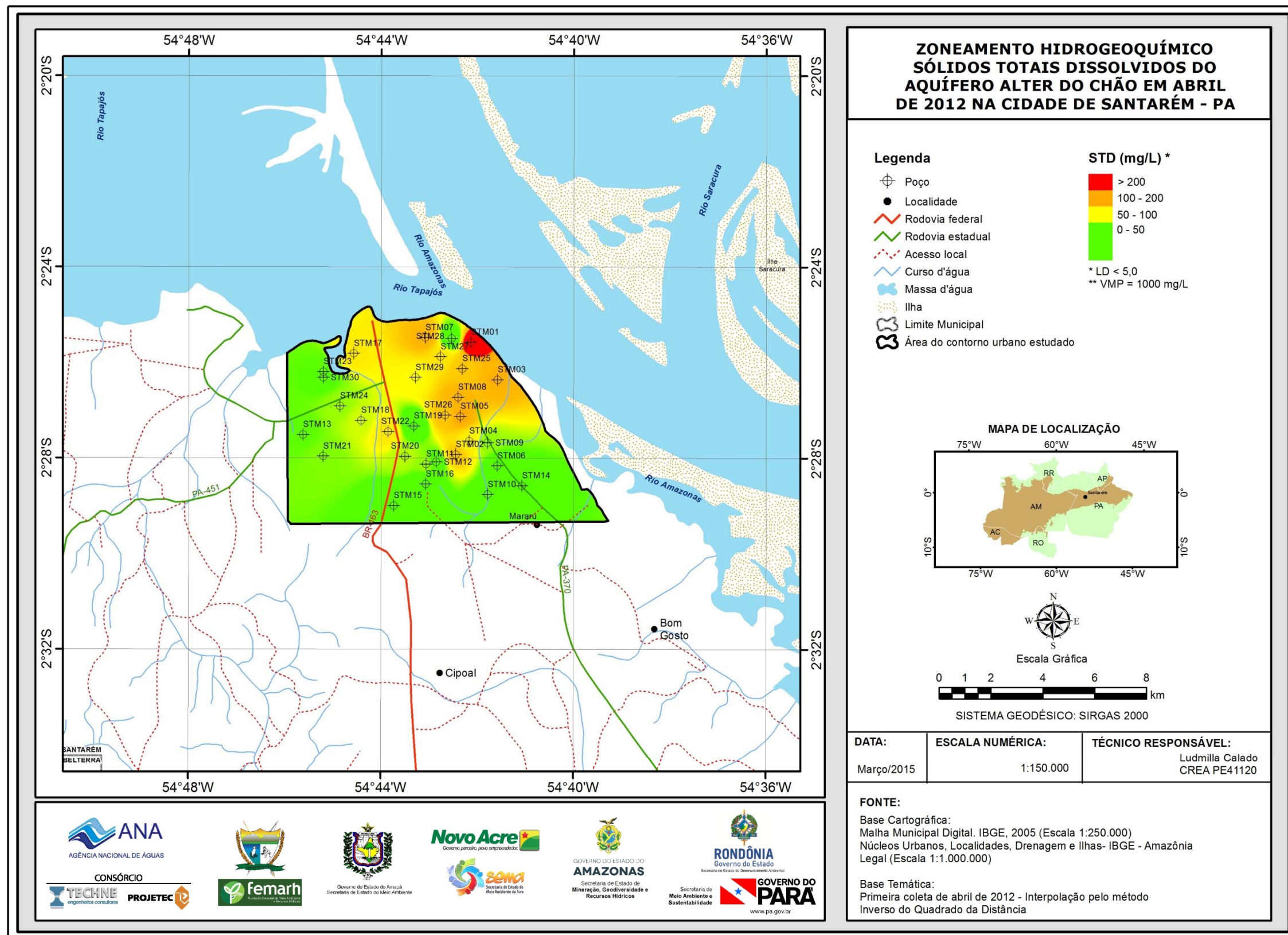


Figura 5.16a – Zoneamento de STD (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.



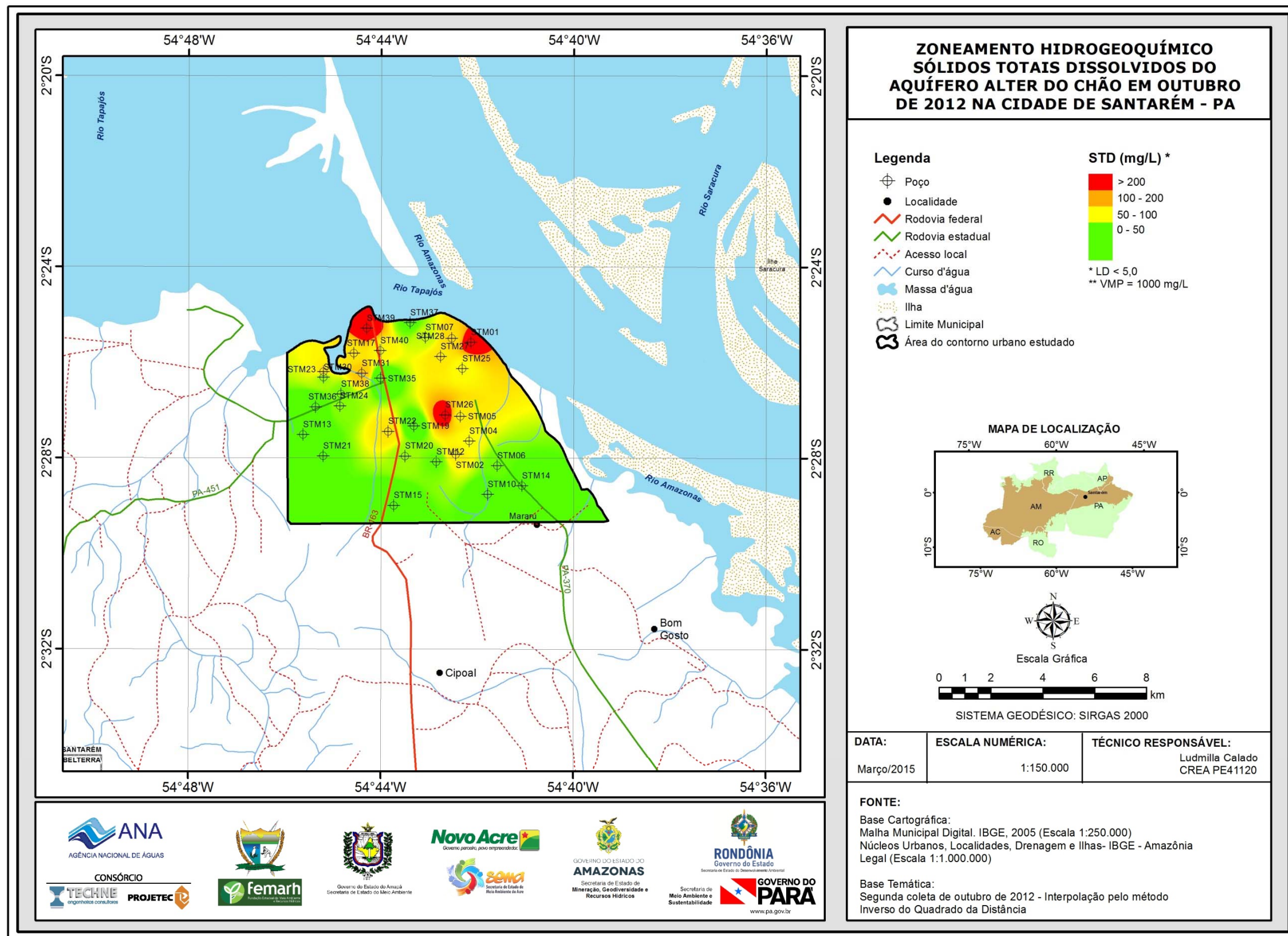


Figura 5.16b – Zoneamento de STD (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.

### 5.2.6 – Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é a medida da concentração do íon hidrogênio ou de sua atividade, e é definido como o logaritmo negativo da concentração de íons de hidrogênio.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Na maior parte das águas naturais, o pH é controlado pelo sistema de equilíbrio do gás carbônico – bicarbonatos – carbonatos. Por causa da concentração iônica das águas, o pH se encontra na faixa de 0 a 14; a classificação da água quanto ao pH é feita utilizando o critério:

pH < 7 – água ácida;

pH = 7 – água neutra;

pH > 7 – água básica.

O pH caracteriza a água sob o aspecto de corrosão ou agressividade, propriedades que devem ser consideradas na caracterização das águas quanto ao uso. Em geral, águas de pH baixo, por serem ácidas, tendem a ser corrosivas ou agressivas a certos metais, às paredes de concreto e às superfícies de cimento-amianto, enquanto que águas de alto pH tendem a formar incrustações.

Segundo a Resolução CONAMA 396/2008 e a Portaria MS 2914/11 não há um limite máximo de pH definido para o consumo humano. Contudo, a Portaria MS 2914/11, no art. 39, § 1º, recomenda que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 para atender aos padrões organolépticos de potabilidade. No caso específico de Santarém para os 37 poços cujas águas foram analisadas quimicamente, o pH é ácido no momento da coleta, mas tão logo sofre aeração no reservatório ou até mesmo dentro do próprio poço, tende a atingir a neutralidade e ao final normalmente se enquadra na faixa prescrita pela Portaria MS 2914/11.

De acordo com a estatística descritiva mostrada na **tabela 5.25**, nas águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão em Santarém, os valores de pH *in situ* encontrados no período chuvoso ficaram compreendidos entre 3,36 e 6,13, com média de 4,25 e mediana de 4,07. No período seco, os valores oscilaram entre um mínimo de 3,9 e um máximo de 5,7, apresentando média e mediana iguais a 4,65.

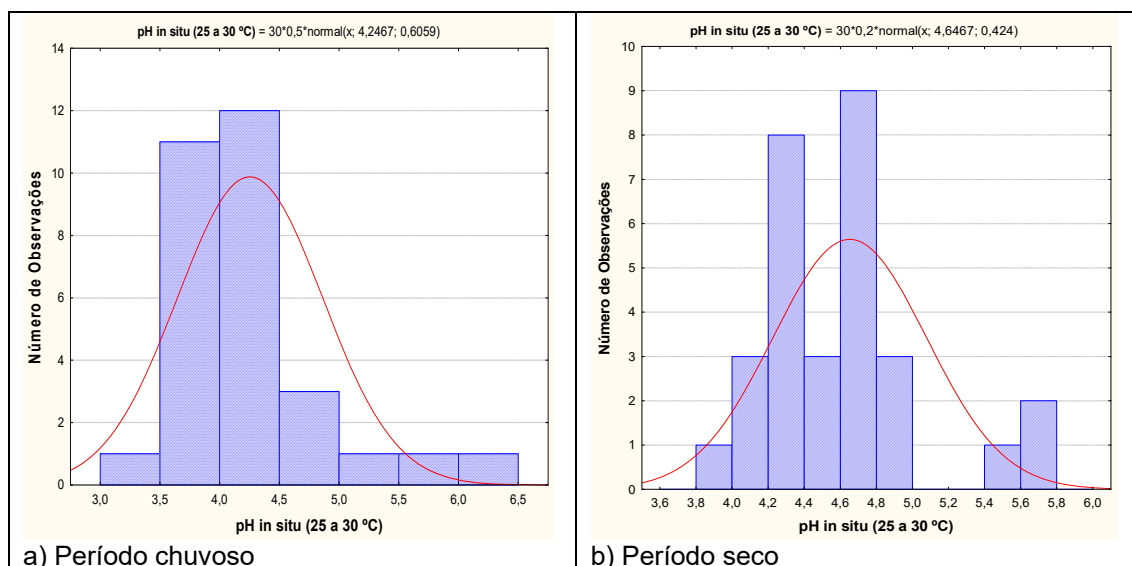
**Tabela 5.25** – Estatística descritiva do pH *in situ* do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso – abril de 2012 (pH-1) e no período seco – outubro de 2012 (pH-2).

pH	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
pH-1	30	4,25	4,02	4,47	4,07	3,36	6,13	0,606	0,111	1,532
pH-2	30	4,65	4,49	4,81	4,65	3,9	5,7	0,42	0,077	1,047

O aumento do pH das águas do Aquífero Alter do Chão no período de estiagem corrobora com a referência de Piveli (2004), o qual afirma que o pH representa a atividade do íon hidrogênio na água, de forma logaritmizada, resultante inicialmente da dissociação da própria molécula da água e posteriormente acrescida pelo hidrogênio proveniente de outras fontes como efluentes industriais (ácidos sulfúrico, clorídrico, nítrico, etc.), dissociação de ácidos

orgânicos como o ácido acético, que resulta da “fase ácida” da decomposição anaeróbia da matéria orgânica, bem como outras substâncias que venham a apresentar reação ácida com o solvente (água).

Os histogramas de frequência e as respectivas curvas ajustadas à lei normal de distribuição de probabilidade para o período chuvoso (abril de 2012) e para o período seco (outubro de 2012) são apresentados na **figura 5.17**.



**Figura 5.17** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do pH *in situ* do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

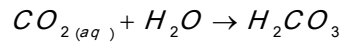
Na **tabela 5.26** são indicados com risco calculado, os valores estimados do pH *in situ* em Santarém para o período chuvoso e para o período seco. Os resultados mostram que em ambos os períodos as águas se caracterizam como ácidas, mas com uma leve tendência de redução da acidez (maior valor do pH) no período seco, segundo o modelo adotado.

**Tabela 5.26** – Distribuição de probabilidade do pH *in situ* do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso – abril de 2012 (pH-1) e no período seco – outubro de 2012 (pH-2)

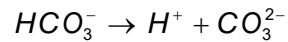
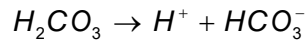
P(x≥a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
pH-1	4,25	3,74	3,47	3,25	3	2,84
pH-2	4,65	4,3	4,11	3,96	3,79	3,67
Razão	0,91	0,87	0,84	0,82	0,79	0,77

Essa tendência de aumento do pH no período de estiagem pode ser resultado da presença do gás carbônico, um componente habitual da acidez das águas naturais, que apesar de não chegar a provocar profundas condições de acidez nas águas, é um elemento importante por estar sempre presente, mediante sua dissolução na água proveniente da atmosfera, por diferença de pressão parcial (Lei de Henry) ou por resultar, em caso de águas poluídas, da decomposição aeróbia ou anaeróbia da matéria orgânica. Isto ocorre também no hipolímnio de lagos estratificados e em águas subterrâneas, especialmente aquelas com níveis reduzidos de carbonatos (Piveli, 2004).

De fato, a presença do  $CO_{2(aq)}$  (gás carbônico hidratado) é predominante como espécie dissolvida na água em relação ao ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ) formado através da reação:



Segundo Freeze & Cherry (1979), o ácido carbônico [ $H_2CO_3$ ] pode se dissociar em mais de uma etapa, transferindo íons de hidrogênio (prótons) à água e aumentando o pH através das reações:



### **Zoneamento do pH *in situ***

A distribuição espacial dos valores de pH *in situ* no período chuvoso (**figura 5.18a**) oscila predominantemente nas faixas entre 3 e 4, seguida de 4 a 5, caracterizando águas essencialmente ácidas.

No período de estiagem (**figura 5.18b**), o pH aumenta, tornando ainda mais evidente a predominância dos valores de pH *in situ* na faixa de 4 a 5. Tal resultado, como já dito anteriormente, resulta da dissociação iônica do ácido carbônico, que é um ácido poliprótico, ou seja, que libera prótons (íons hidrogênio) em reações sucessivas, como as acima mostradas, compiladas de Freeze & Cherry (1979).

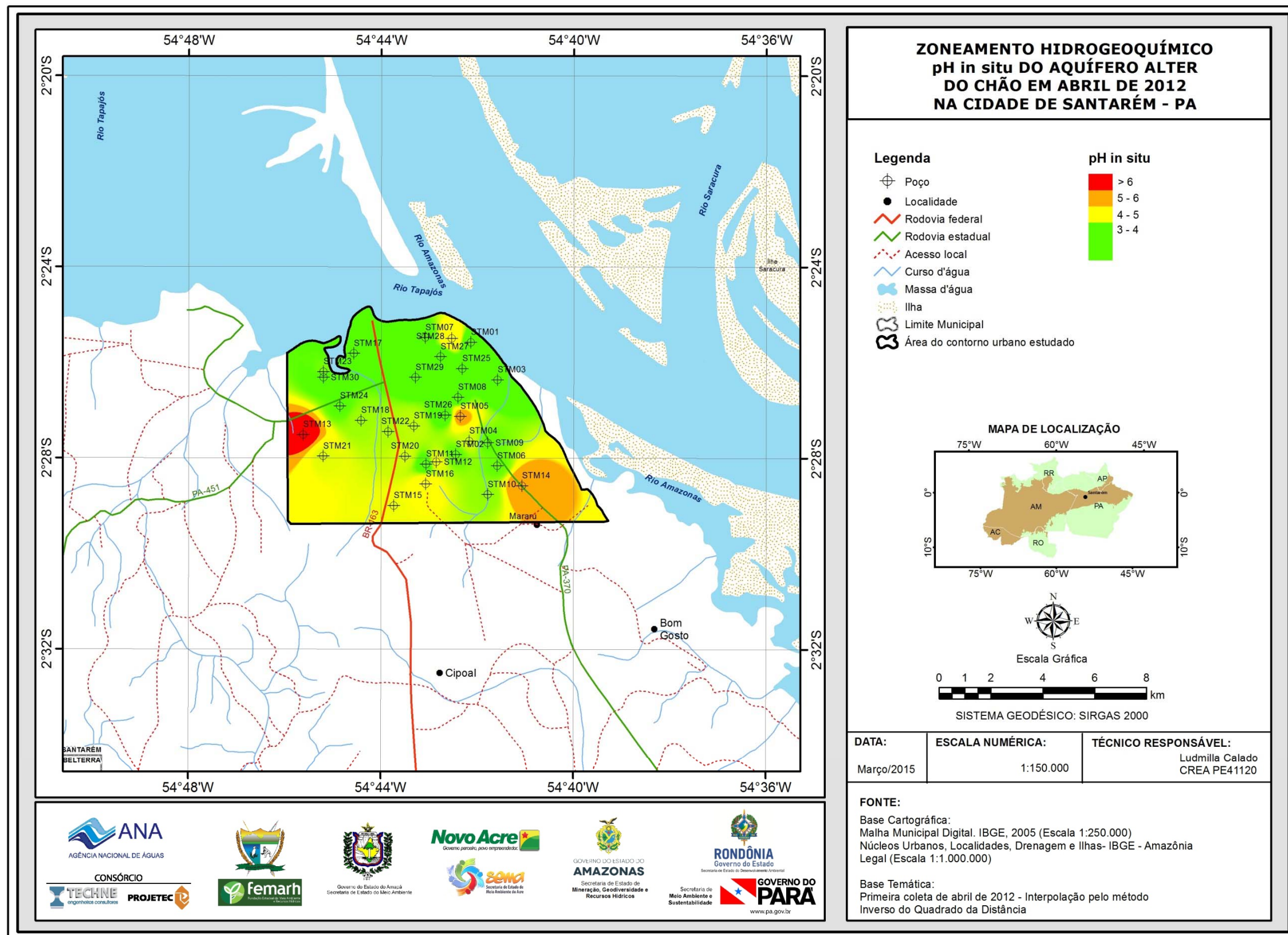


Figura 5.18a – Zoneamento do pH *in situ* das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.

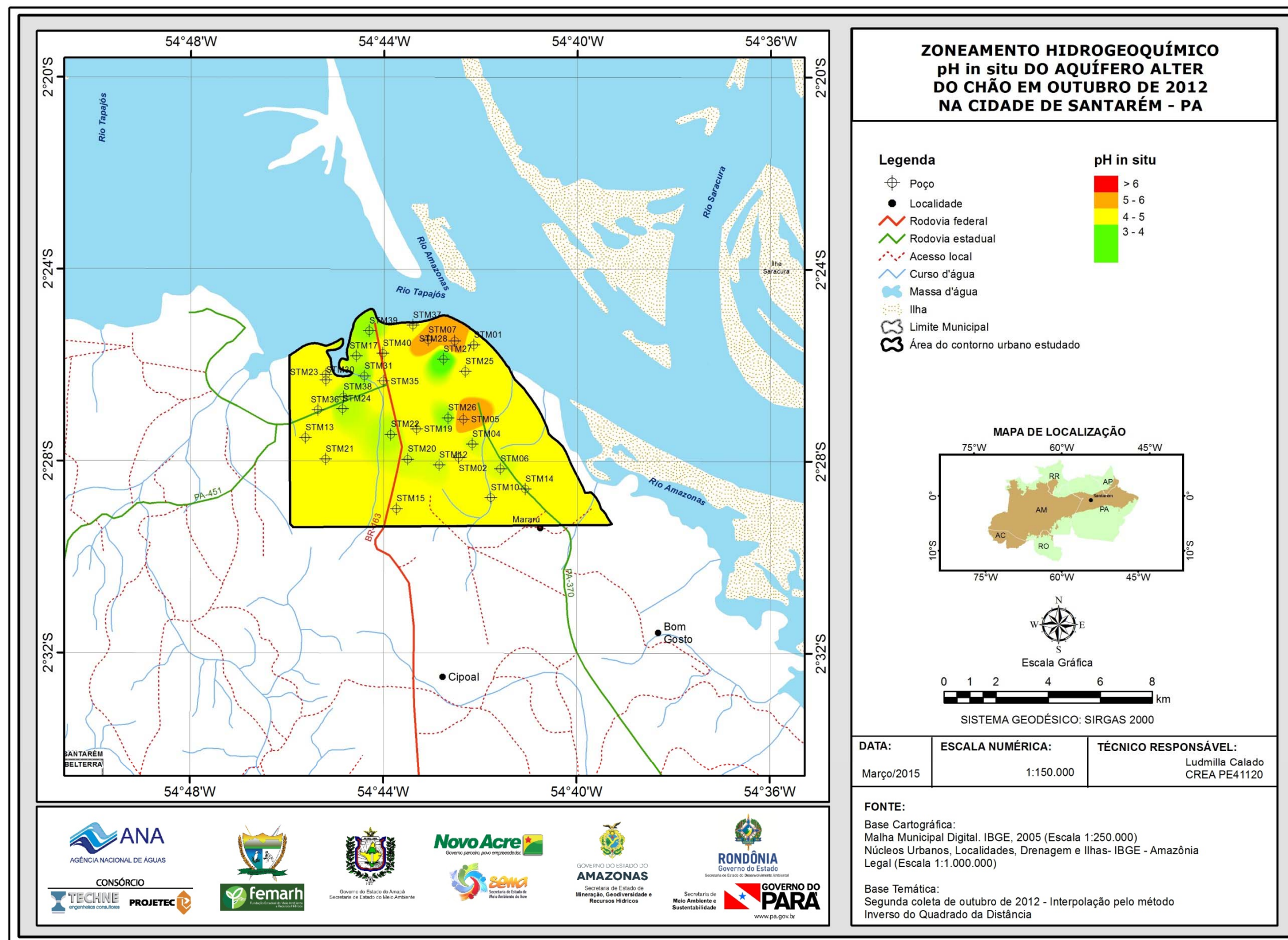


Figura 5.18b – Zoneamento do pH *in situ* das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.

### 5.2.7 – Potencial Redox (Eh)

O equilíbrio de oxidação e redução de um meio é descrito através do conceito de atividade do elétron por pE (ou Eh) definido como:

$$pE = -\log a_{(e)} = -\log \{e\}$$

Valores baixos de Eh significam que há elétrons das substâncias dissolvidas na água, facilmente disponíveis, tornando o meio de natureza redutora. Valores altos de Eh significam que as substâncias dissolvidas predominantes são agentes oxidantes, ou seja, há poucos elétrons disponíveis para causar redução.

Em um diagrama de classificação das águas naturais sob diferentes condições Eh/pH (**figura 5.19**), a água da superfície ou da zona de aeração em contato com a atmosfera apresenta pE alto, onde o meio é oxidante e o ambiente aeróbico. Esse ambiente fica, portanto, na parte mais superior da zona de estabilidade da água. Nele se encontram: a água da chuva e a água dos oceanos. À medida que a água se afasta da superfície em direção ao subsolo, o pE diminui, caracterizando um aumento da atividade eletrônica do meio, até alcançar, na base da zona de estabilidade da água, um ambiente redutor e anaeróbico (Lenzi *et al.*, 2009). Nesse ambiente são encontradas as águas sem circulação em solos saturados; as águas estagnadas de lagos; as águas salgadas ricas em matéria orgânica. Nos aquíferos, a água subterrânea em movimento constitui um ambiente de transição entre esses dois extremos da zona de estabilidade da água (Merkel & Friedrich, 2008).

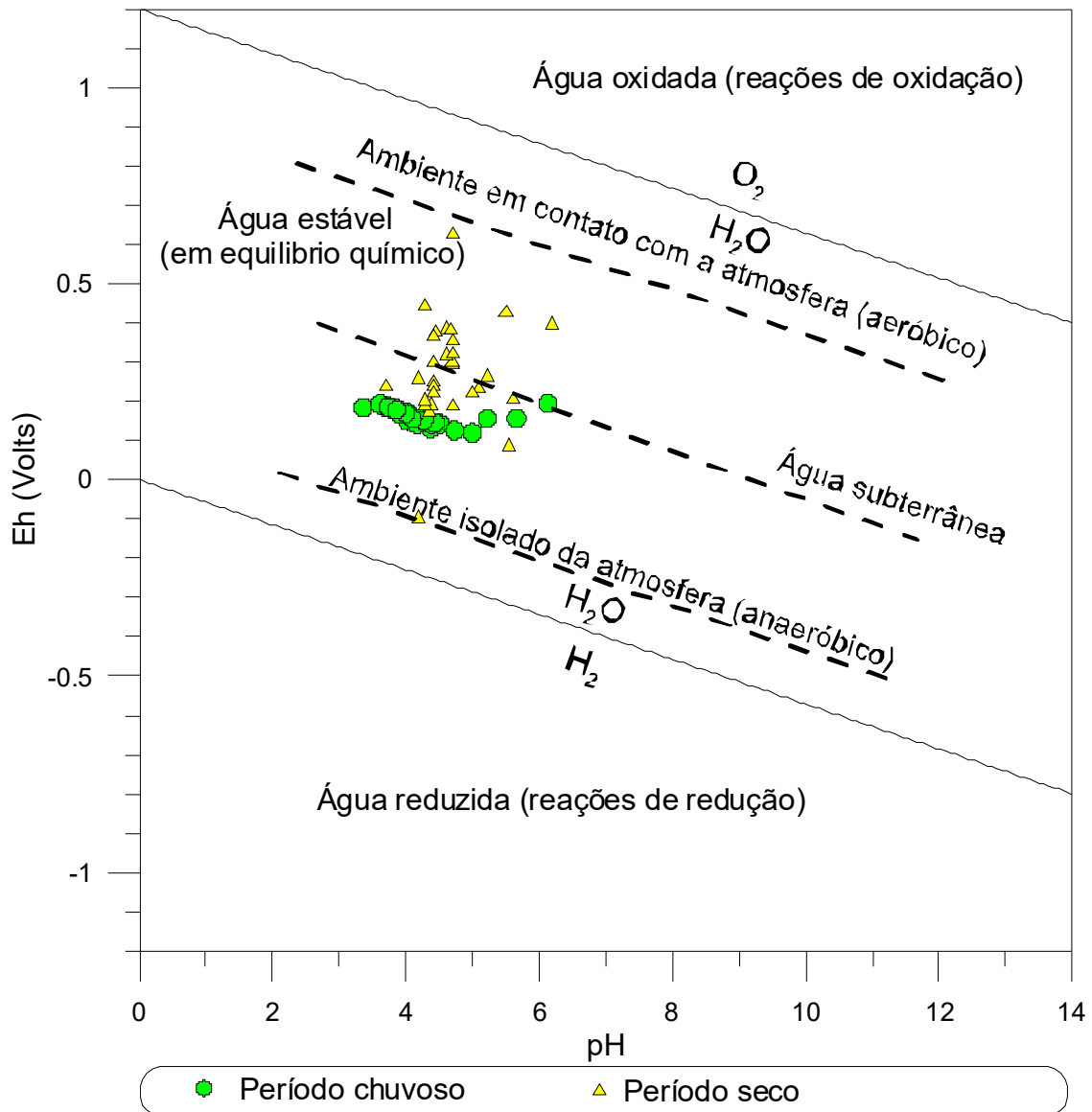
Segundo Merkel & Friedrich (2008) os diagramas pH-Eh podem ser utilizados como uma primeira aproximação para caracterizar as águas naturais. Todavia, é preciso que se esteja atento para as incertezas inerentes às medidas de Eh em campo, com equipamentos portáteis. Na prática essas medidas, independente do eletrodo de referência, são bastante problemáticas, pois são afetadas por contaminação e efeitos de memória em todos os tipos de eletrodos.

No Aquífero Alter do Chão em Santarém, essa situação não é diferente como revelam os ajustes lineares entre pH e Eh (**figura 5.19**) feitos a partir dos dados medidos em campo, que foram os seguintes:

No período chuvoso:  $pH = -0,013Eh + 0,22$      $R^2 = 0,15$

No do período seco:  $pH = 0,037Eh + 0,11$      $R^2 = 0,02$

Ambos os coeficientes de determinação dos ajustes do período chuvoso e do período de estiagem são insignificantes e mostram que não existe correlação significativa entre as medidas de pH e Eh efetuadas em campo na cidade de Santarém. Isto significa, para fins de modelagem termodinâmica, que a distribuição das espécies químicas não pode ser deduzida da concentração total de elementos via potencial redox medido.



**Figura 5.19** – Diagrama pH versus Eh (mV), de amostras de águas subterrâneas dos poços monitorados no Aquífero Alter do Chão em Santarém - PA (temperatura *in situ* variou de 26,4 a 33,5°C) nas duas campanhas de amostragem.

O potencial redox é, por definição, a energia ganha na transferência de 1 mol de elétrons de um oxidante para  $H_2$ . O  $h$  em  $Eh$  indica que o potencial é na escala do hidrogênio e o E simboliza a força eletromotriz (Freeze & Cherry, 1979).

A estatística descritiva do Eh em Santarém, expressa na **tabela 5.27**, mostra que no período chuvoso os valores de Eh oscilaram entre 120 e 195 mV, com uma média de 162,53 mV. No período de estiagem os valores variaram de -97 a 626 mV, com média de 277,9 mV.



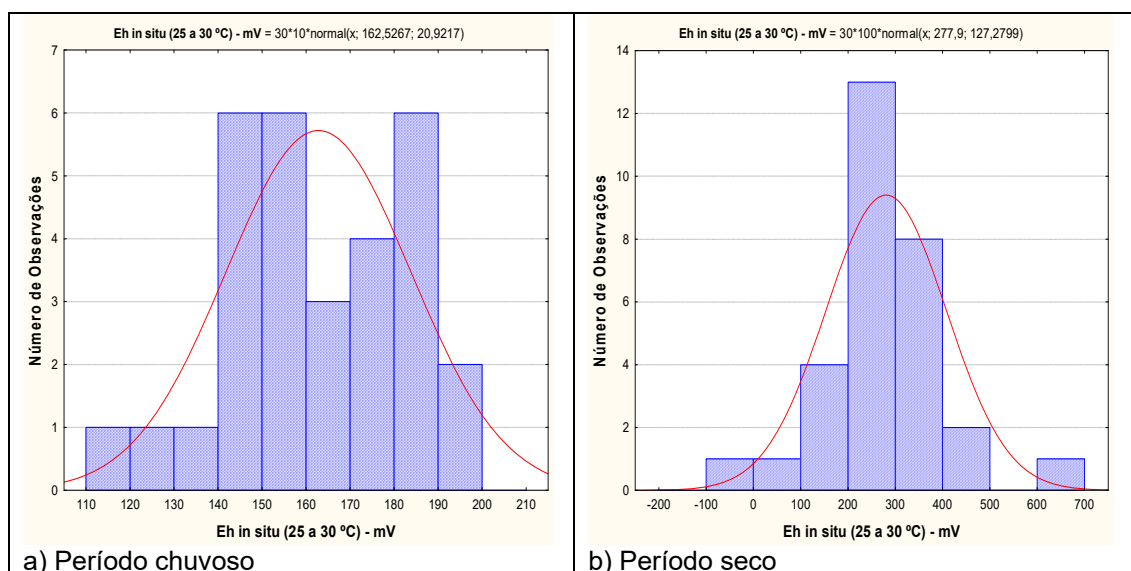
**Tabela 5.27** – Estatística descritiva do Eh do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Eh-1) - abril de 2012 e no período seco (Eh-2) – outubro de 2012.

Eh	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Eh-1	30	162,53	154,71	170,34	159,8	120	195	20,922	3,82	-0,2121
Eh-2	30	277,9	230,37	325,43	260	-97	626	127,28	23,238	-0,153

No período chuvoso, 100% (30/30) das amostras apresentaram resultados de Eh positivo, enquanto que no período de estiagem, 97% (29/30) das amostras obtiveram valores de Eh positivos, indicando que as águas do Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém se encontram em condições oxidantes.

De acordo com Bohn (1970) *in* Lima *et al.* (2005), o potencial redox ou atividade de elétrons influencia o estado de oxidação do hidrogênio, carbono, nitrogênio, oxigênio, enxofre, manganês, ferro, cobalto e cobre no sistema aquoso e representa uma medida quantitativa da tendência de um dado sistema oxidar ou reduzir substâncias ou elementos susceptíveis a esses fenômenos. Valores altos e positivos do potencial indicam uma baixa atividade de elétrons e, portanto, condições oxidantes; enquanto valores baixos e negativos do potencial, condições redutoras. Dessa forma, um sistema natural raramente alcançará o equilíbrio entre oxidação e redução, em razão da contínua adição de doadores de elétrons, isto é, compostos orgânicos oxidáveis, o que acarreta, no caso do Aquífero Alter do Chão, as diferenças de valores de Eh nas duas campanhas.

Os histogramas de frequência do Eh ilustrados na **figura 5.20** nos dois períodos de amostragem foram modelados por uma função de distribuição de probabilidade lognormal. Esse modelo de fdp revela um viés estatístico para Eh com diferentes riscos, não sendo possível avaliar de modo conclusivo a influência da sazonalidade por meio da modelagem geoestatística (**tabela 5.28**).



**Figura 5.20** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade da Eh do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Sendo assim, com base nos dados de média e mediana observa-se que os valores de Eh no período seco são superiores aos do período chuvoso, o que sugere influência da sazonalidade.

**Tabela 5.28** – Distribuição de probabilidade da Eh do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Eh -1) - abril de 2012 e no período seco (Eh -2) – outubro de 2012.

P(x≥a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Eh -1	162,5267	144,9186	135,7145	128,1136	119,5588	113,8555
Eh -2	277,9000	170,7785	114,7842	68,5432	16,4990	-18,1973
Razão	0,585	0,849	1,182	1,869	7,246	-6,257

Os resultados de Eh obtidos no Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, são coerentes, pois de acordo com Costa & Ávila (2010), na zona não saturada há, geralmente, oxigênio suficiente na fase gasosa para garantir elevados valores de potencial redox (500 a 800 mV) na água. Apesar disso, condições redutoras ou parcialmente redutoras podem ocorrer em pequenos poros (micro-meios). Nos aquíferos perto da superfície as condições de oxidação prevalecem, assim, potenciais redox baixos nestes aquíferos podem indicar contaminação antropogênica. No caso de Santarém, os valores de Eh mais elevados na estiagem são consistentes com a ideia acima apresentada, pois a zona de aeração, que no período chuvoso se encontra quase totalmente saturada por águas de infiltração em movimento, volta a ter espaços vazios preenchidos por oxigênio, o que conseqüentemente eleva o valor de Eh.

### **Zoneamento de Eh**

No período chuvoso (**figura 5.21a**), é possível verificar que os valores de Eh são predominantemente baixos e positivos, quando comparados ao período de estiagem (**figura 5.21b**), ou seja, valores altos e positivos. Tais resultados indicam que no período de estiagem, as águas do Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém estão com uma baixa atividade de elétrons e, portanto, condições oxidantes.

Na segunda coleta observa-se que os valores negativos de Eh se restringem a uma mancha isolada, o que reflete pouquíssimas condições redutoras.

Os valores positivos de Eh estão predominantemente distribuídos nas faixas de 0 a 150 mV e de 150 a 300 mV na primeira campanha; e de 150 a 300 mV, seguido da faixa superior a 300 mV, na segunda campanha de amostragem.

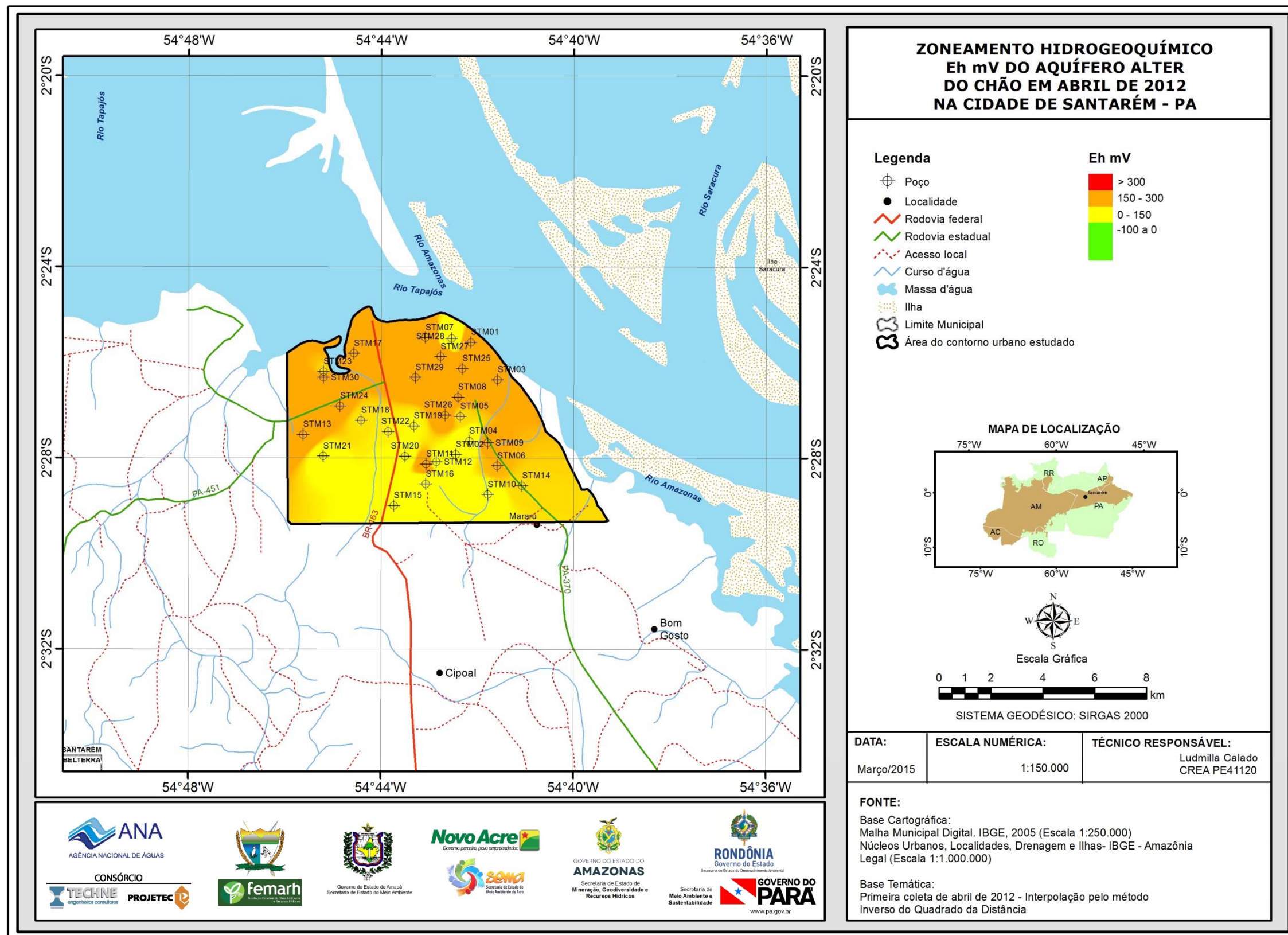


Figura 5.21a – Zoneamento de Eh (mV) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.

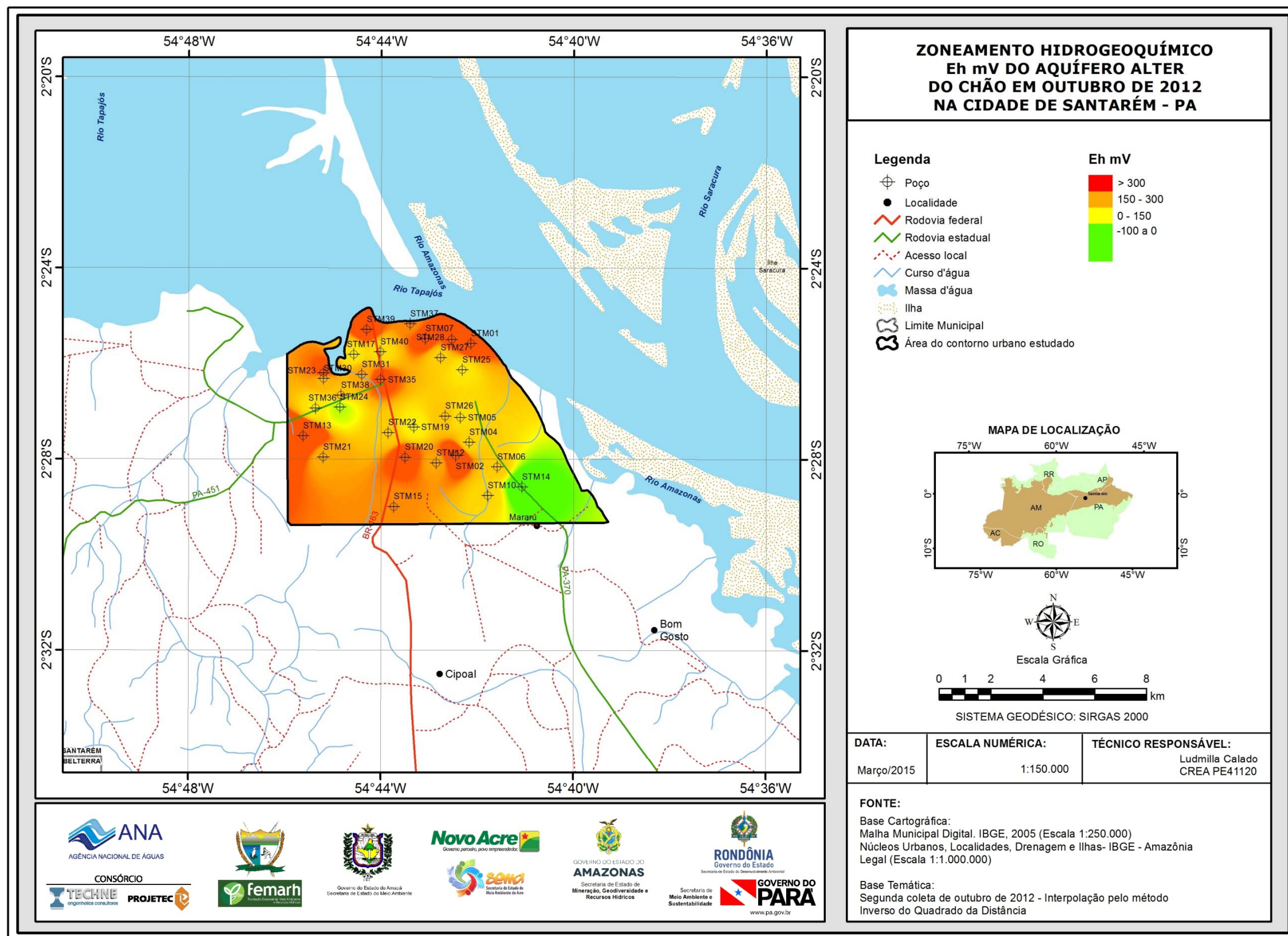


Figura 5.21b – Zoneamento de Eh (mV) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.

## 5.2.8 – Cátions

### 5.2.8.1 – Sódio

O íon sódio ( $\text{Na}^+$ ) apresenta solubilidade muito elevada, sendo muito difícil de precipitar. Em água doce, a concentração de sódio varia de 1 a 150 mg/L; nas salmouras naturais pode chegar a 100.000 mg/L. Concentrações de sódio elevadas nas águas podem ser prejudiciais às plantas por reduzir a permeabilidade do solo, principalmente se as concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  forem baixas.

A estatística descritiva (**tabela 5.29**) indica que os teores de sódio nas águas do Aquífero Alter do Chão variam entre 0,14 e 30,69 mg/L no período chuvoso, com média de 10,7 mg/L e mediana de 7,59 mg/L; no período de estiagem os teores ficam compreendidos entre 0,46 e 20,71 mg/L, com média de 7,94 mg/L e mediana de 6,72 mg/L. De acordo com a Portaria MS 2914/2011, todos os valores de sódio encontrados nas duas campanhas estão abaixo do VMP de 200 mg/L, padrão definido como de potabilidade para os seres humanos.

**Tabela 5.29** – Estatística descritiva do Sódio do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Na-1) - abril de 2012 e no período seco (Na-2) – outubro de 2012.

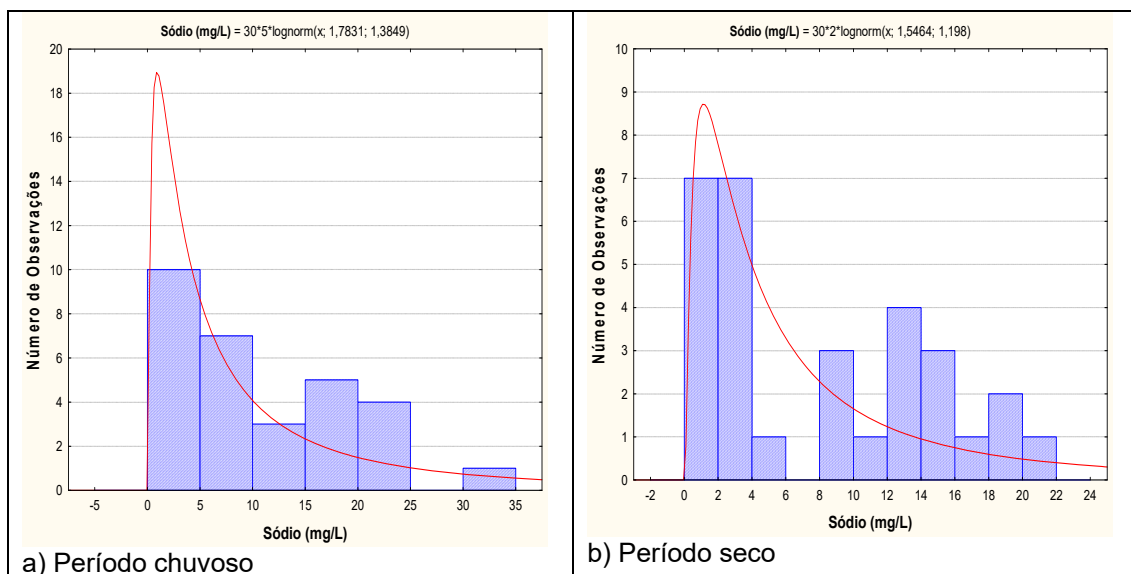
Na	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Na-1	30	10,7	7,42	13,97	7,59	0,14	30,69	8,775	1,602	0,5616
Na-2	30	7,94	5,49	10,4	6,72	0,46	20,71	6,57	1,199	0,428

Em ambas as campanhas, todas as amostras apresentaram resultados abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 396/2008, de 200 e 300 mg/L indicando que as águas podem ser usadas para consumo humano e recreação, respectivamente.

Os baixos teores de sódio encontrados em ambas as campanhas de amostragem, no Aquífero Alter do Chão estão ligados ao intemperismo químico da região, conforme descrito no **item 2.6**, bem como à constante renovação das águas subterrâneas devido à elevada precipitação regional.

Os histogramas de frequência do sódio ilustrados na **figura 5.22** nos dois períodos de amostragem foram modelados por uma função de distribuição de probabilidade lognormal. Esse modelo de fdp revela um viés estatístico para sódio com diferentes riscos, não sendo possível avaliar de modo conclusivo a influência da sazonalidade por meio da modelagem geoestatística (**tabela 5.30**). Sendo assim, com base nos dados de média e mediana observa-se que os valores de sódio no período chuvoso são superiores aos do período seco, o que sugere influência da sazonalidade.

Isto provavelmente se deve ao fato de que no período chuvoso a região ribeirinha de Santarém é inundada pelas águas superficiais dos rios de água preta da Amazônia, que entram em contato por meio de poços com as águas subterrâneas e que contém altas concentrações de sódio, potássio e magnésio oriundos do intemperismo de feldspatos, lavagem das folhas, caules, troncos e decomposição orgânica, de acordo com Santos & Ribeiro (1988).



**Figura 5.22** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Sódio do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

**Tabela 5.30** – Distribuição de probabilidade do Sódio do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Na-1) - abril de 2012 e no período seco (Na-2) – outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Na-1	5,9483	1,8544	1,0083	0,6097	0,3461	0,2372
Na-2	4,6945	1,7128	1,0112	0,6543	0,4009	0,2892
Razão	1,267	1,083	0,997	0,932	0,863	0,820

### **Zoneamento de Sódio**

A distribuição dos teores de sódio nas águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, no período chuvoso (abril de 2012) e no período seco (outubro de 2012), apresentadas respectivamente na **figura 5.23a** e na **figura 5.23b**, revela um predomínio de valores na faixa de 0 a 5, seguido de 5 a 10 mg/L. Os teores acima de 20 mg/L estão dispersos na área de estudo em manchas isoladas.

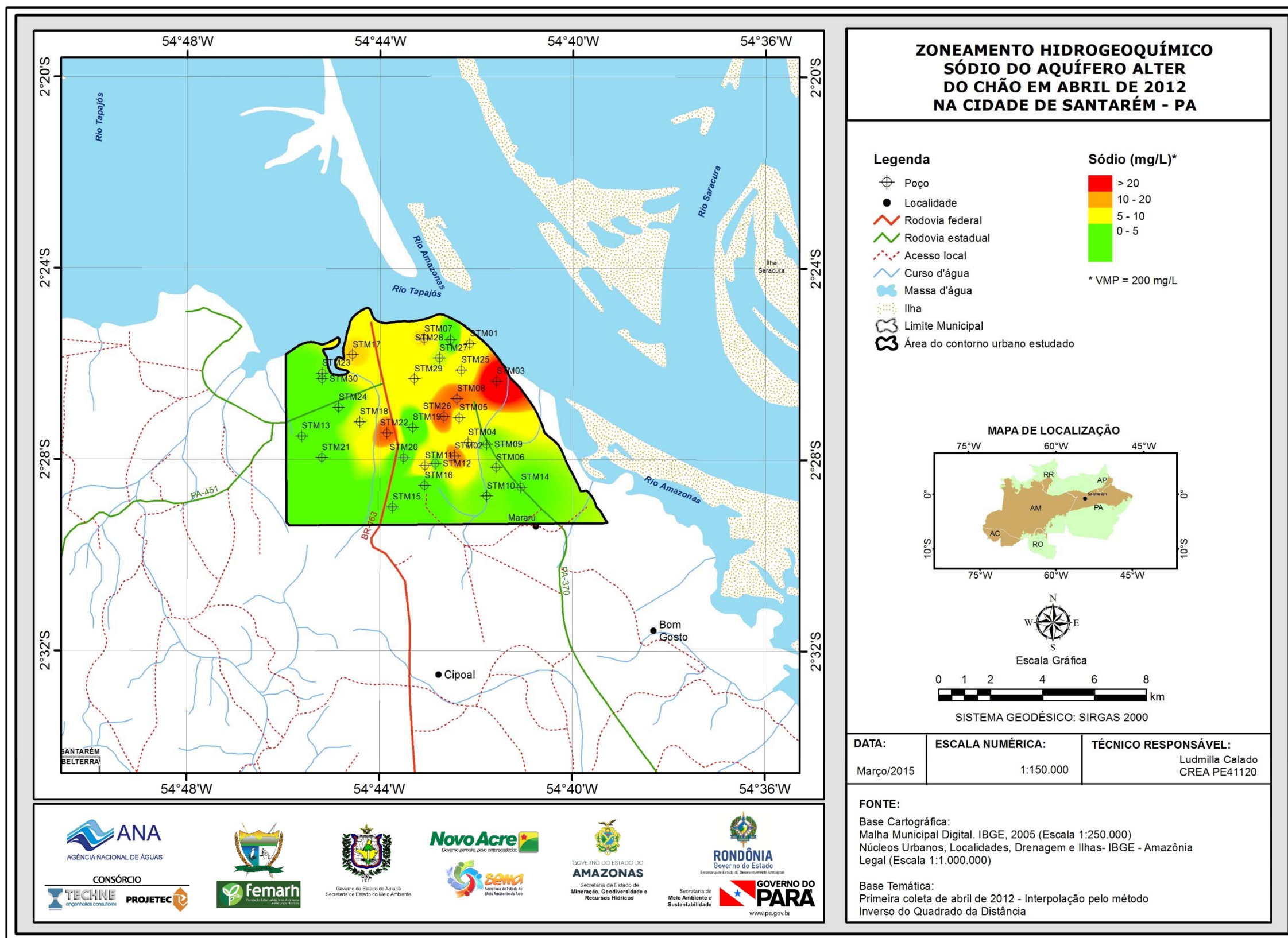


Figura 5.23a – Zoneamento de Sódio (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.

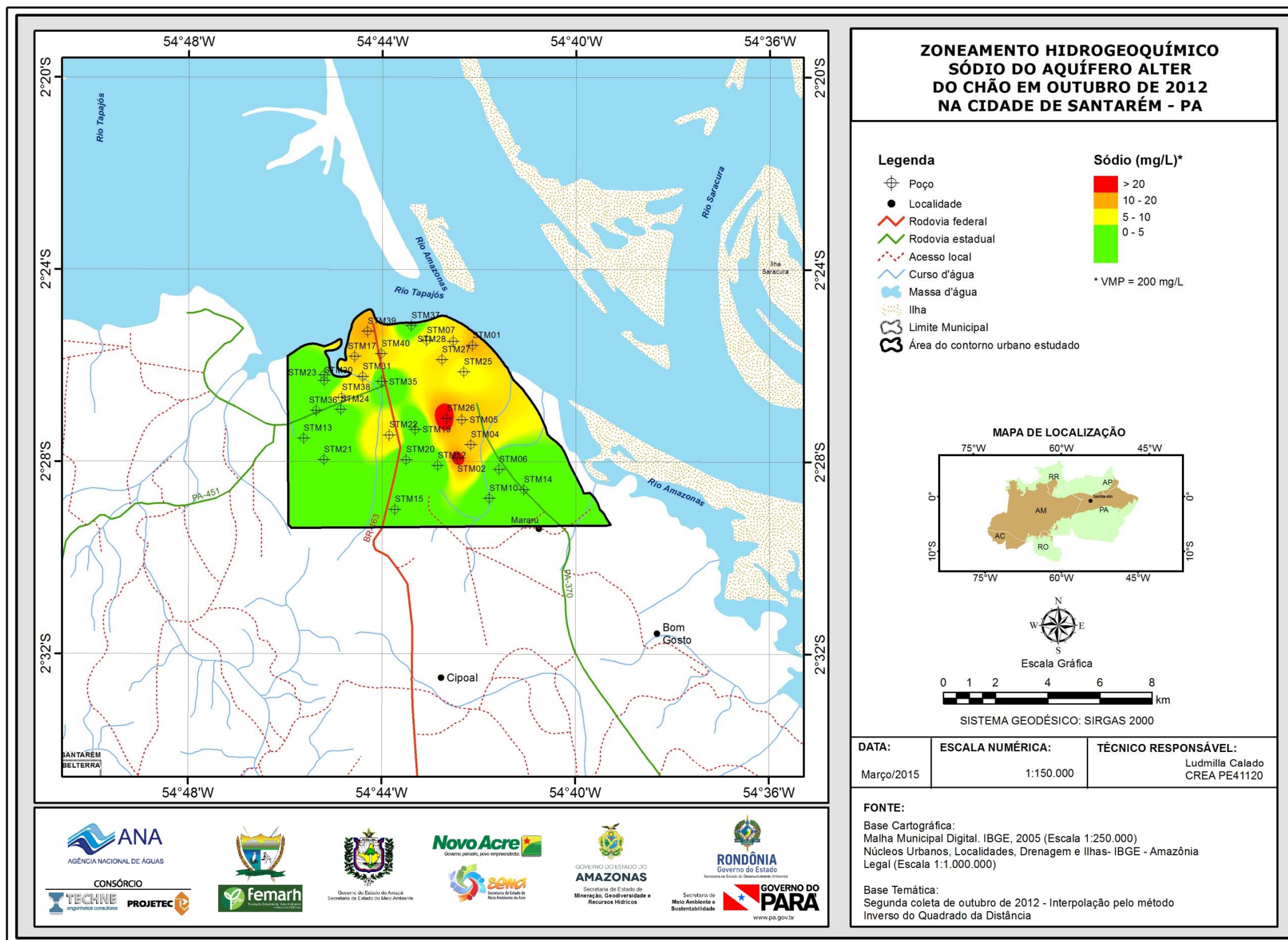


Figura 5.23b – Zoneamento de Sódio (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.



### 5.2.8.2 – Potássio

A **tabela 5.31** mostra a estatística descritiva dos teores de potássio no Aquífero Alter do Chão. No período chuvoso as concentrações de potássio medidas nos 30 poços oscilaram entre 0,016 e 14 mg/L com média de 3,97 mg/L e mediana de 1,92 mg/L; na estiagem, a variação foi de 0,042 a 6,87 mg/L, com média de 2,23 mg/L e mediana de 1,86 mg/L.

**Tabela 5.31** – Estatística descritiva do Potássio do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (K-1) - abril de 2012 e no período seco (K-2) – outubro de 2012.

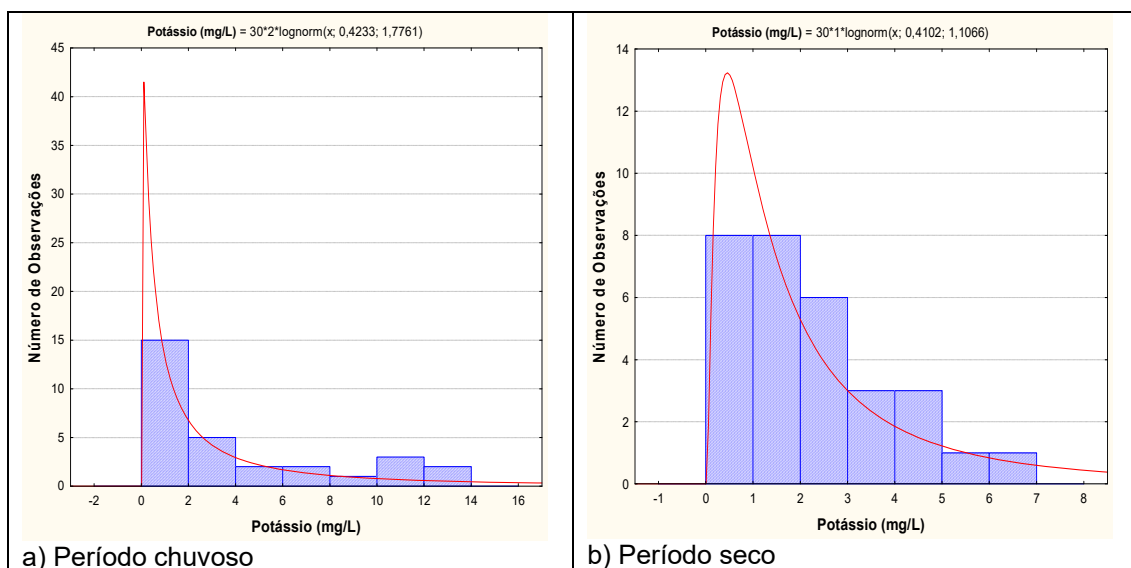
K	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
K-1	30	3,97	2,29	5,64	1,92	0,016	14	4,482	0,818	1,1614
K-2	30	2,23	1,61	2,85	1,86	0,042	6,87	1,66	0,304	0,976

Os baixos teores de potássio podem ser justificados pela alta pluviosidade na região amazônica, a qual favorece a constante renovação das águas, e consequentemente a diluição dos elementos ali presentes (**item 2.6**).

Segundo Pereira *et al.* (2008), o potássio nas águas subterrâneas ocorre em pequena quantidade, normalmente valores de até 10 mg/L, pois é facilmente absorvido pelo solo através dos compostos do húmus, por intermédio de argilas ou de zeólitos naturais. Na área de estudo, os valores mínimo e máximo de potássio encontrados em ambas as campanhas foi de 0,016 e 14 mg/L, respectivamente.

Os histogramas de frequência do potássio ilustrados na **figura 5.24** nos dois períodos de amostragem foram modelados por uma função de distribuição de probabilidade lognormal. Esse modelo de fdp revela um viés estatístico para potássio com diferentes riscos, não sendo possível avaliar de modo conclusivo a influência da sazonalidade por meio da modelagem geoestatística (**tabela 5.32**). Sendo assim, com base nos dados de média e mediana observa-se que os valores de potássio no período chuvoso são superiores aos do período seco, o que sugere influência da sazonalidade.

Isto provavelmente se deve ao fato de que no período chuvoso a região ribeirinha de Santarém é inundada pelas águas superficiais dos rios de água preta da Amazônia, que entram em contato por meio de poços com as águas subterrâneas e que contém altas concentrações de sódio, potássio e magnésio oriundos do intemperismo de feldspatos, lavagem das folhas, caules, troncos e decomposição orgânica, de acordo com Santos & Ribeiro (1988).



**Figura 5.24** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Potássio do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

**Tabela 5.32** – Distribuição de probabilidade do Potássio do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (K-1) - abril de 2012 e no período seco (K-2) – outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
K-1	1,5270	0,3425	0,1568	0,0822	0,0398	0,0245
K-2	1,5071	0,5938	0,3650	0,2441	0,1553	0,1148
Razão	1,013	0,577	0,430	0,337	0,256	0,213

### **Zoneamento de Potássio**

A distribuição espacial das concentrações de potássio nas águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão em Santarém, no período chuvoso (**figura 5.25a**) e no período seco (**figura 5.25b**), ficam praticamente restritos a duas faixas de valores: de 0 a 2 mg/L, e de 2 a 4 mg/L. Valores acima dessas faixas estão distribuídos de modo disperso na área de estudo.

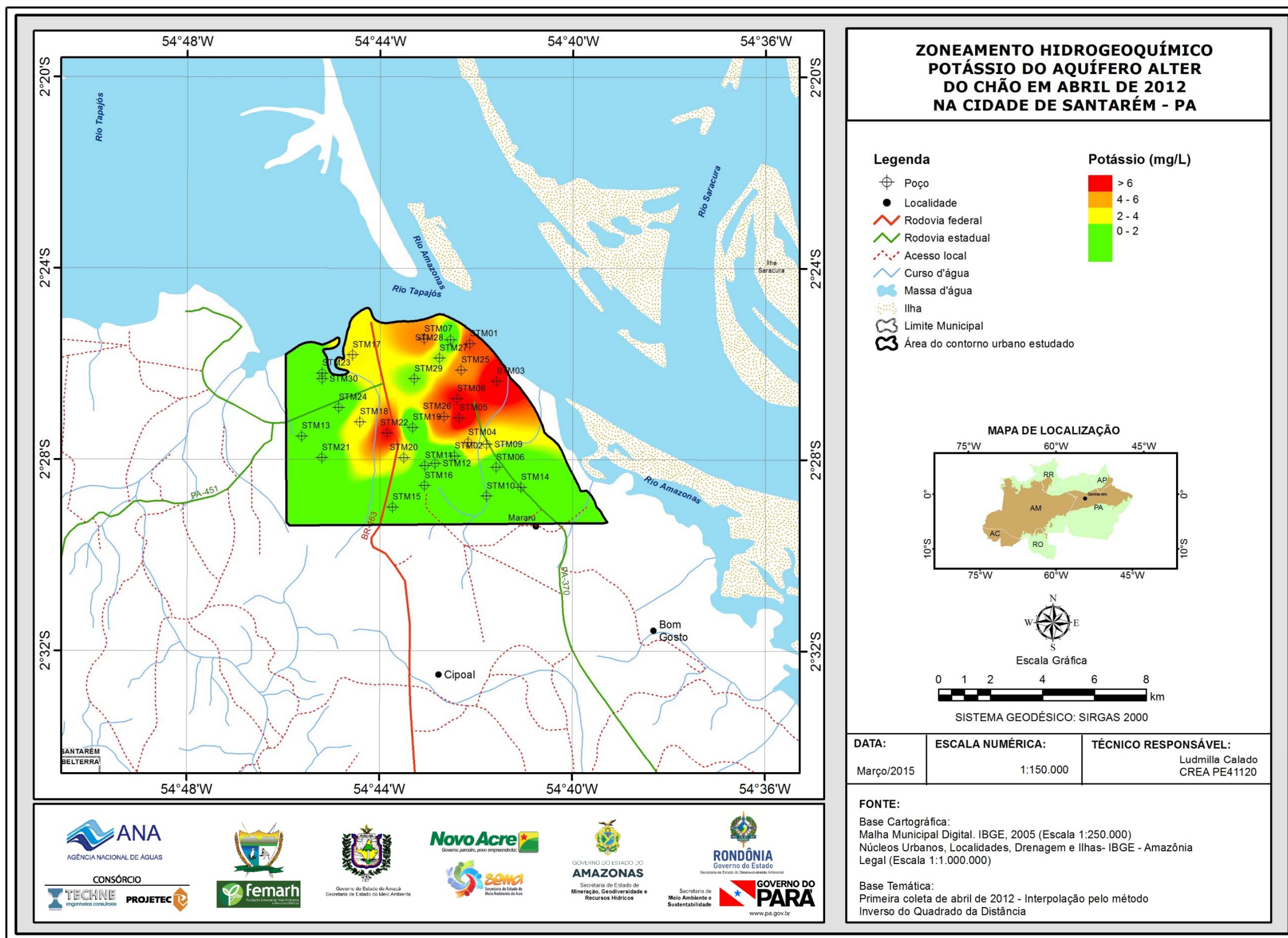


Figura 5.25a – Zoneamento de Potássio (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.

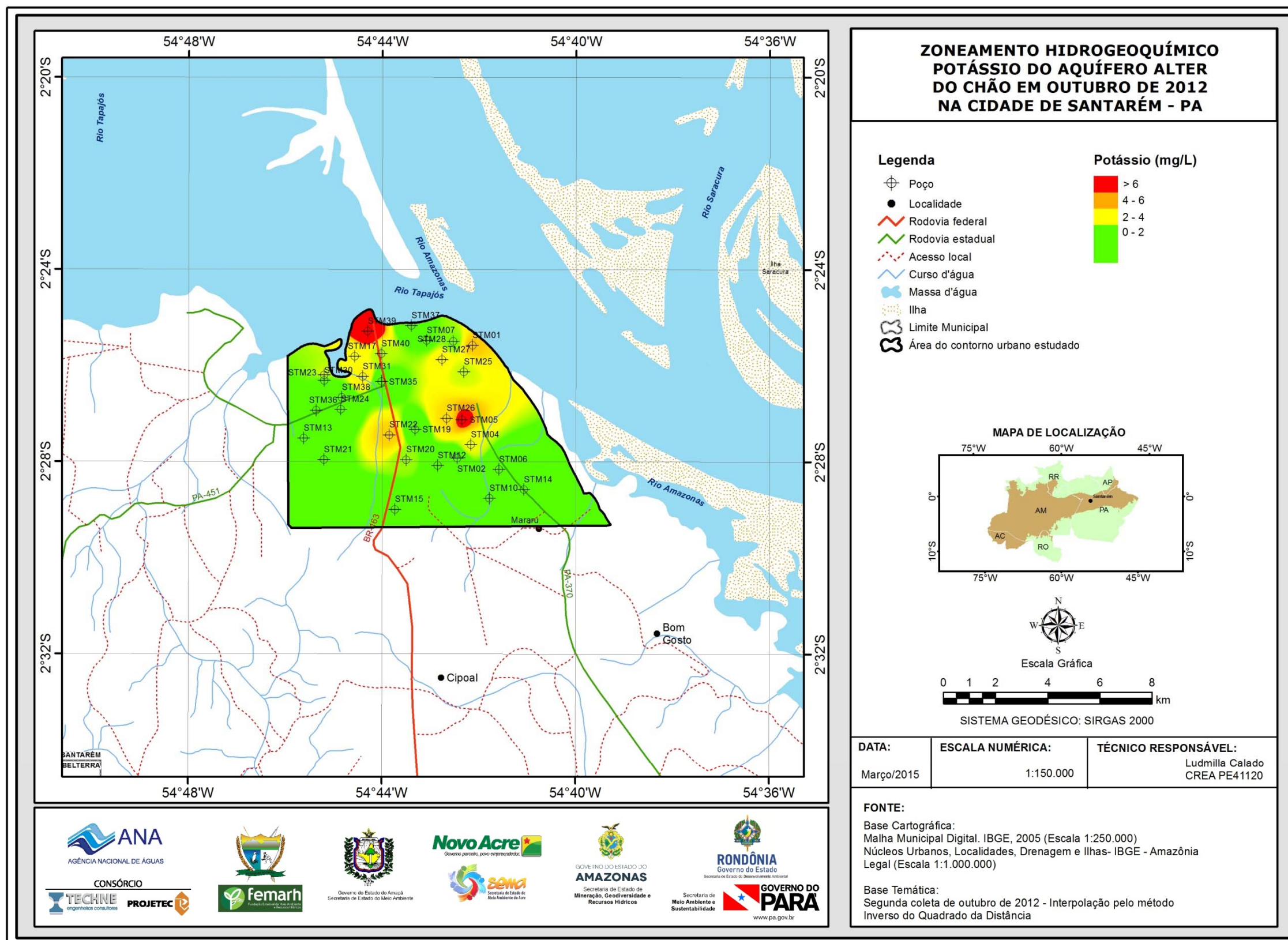


Figura 5.25b – Zoneamento de Potássio (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.

### 5.2.8.3 – Cálcio

Nas águas subterrâneas em contato com rochas carbonatadas, os íons de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) são provenientes da dissolução da calcita, dolomita e gipsita. Eles são desde moderadamente solúveis a muito solúveis e são muito fáceis de precipitar como carbonato de cálcio.

Em águas doces, as concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  variam de 10 a 250 mg/L; elevadas concentrações de cálcio podem provocar formação de pedras nos rins, a hipercalcemia. No uso industrial, em sistemas de refrigeração, elevadas concentrações produzem entupimento através da produção de incrustações, o cálcio contribui para o aumento da dureza na água.

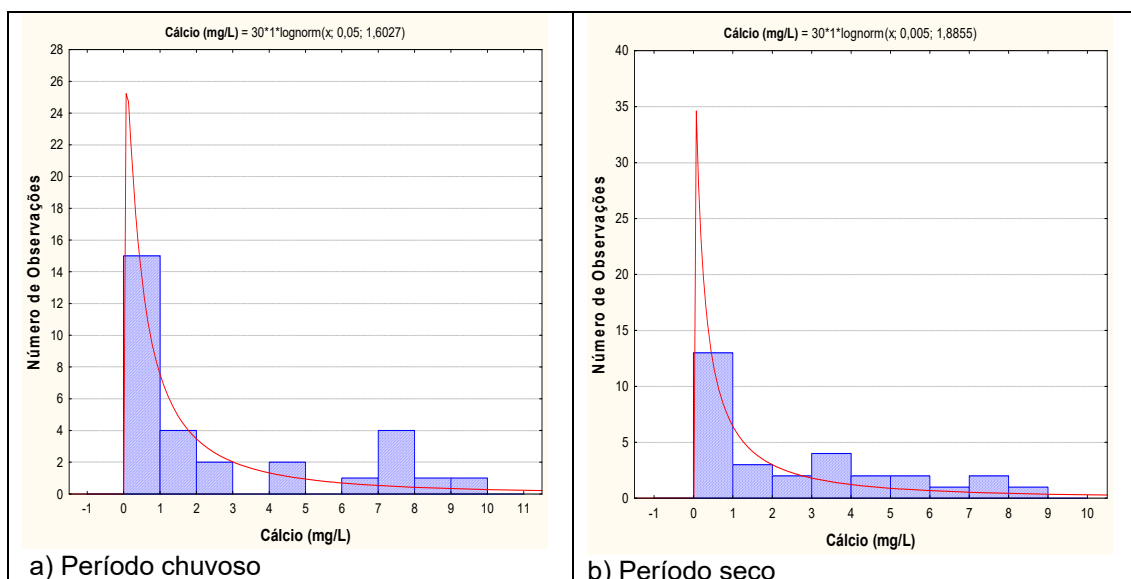
A **tabela 5.33** mostra a estatística descritiva dos teores de cálcio medidos no Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém. No período chuvoso, os valores medidos estão compreendidos entre 0,02 e 9,24 mg/L, com média de 2,63 mg/L e mediana de 0,97 mg/L. Na estiagem, as concentrações de cálcio variam de 0,008 a 8,88 mg/L, sendo a média igual a 2,6 mg/L e a mediana igual a 1,62 mg/L.

**Tabela 5.33** – Estatística descritiva do Cálcio do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Ca-1) - abril de 2012 e no período seco (Ca-2) – outubro de 2012.

Ca	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Ca-1	30	2,63	1,5	3,76	0,97	0,02	9,24	3,025	0,552	1,0452
Ca-2	30	2,60	1,63	3,56	1,62	0,008	8,88	2,59	0,472	0,914

De modo geral, os baixos teores de cálcio na área de estudo se devem, sobretudo, ao clima chuvoso, que no período de 1961-1990, por exemplo, apresentou, em média, 178 dias de chuva por ano. É claro que, em um regime como esse, tanto as águas superficiais quanto as águas subterrâneas se renovam com muita frequência. A abundância de água, associada com a exuberante cobertura vegetal e as altas temperaturas, são os principais condicionantes do intemperismo químico que ao longo do tempo geológico quebrou a estrutura química dos minerais componentes das rochas e dos sedimentos, deixando os terrenos lixiviados e lateritizados (**item 2.6**).

As funções lognormais de distribuição de probabilidade que modelam os histogramas de frequência do cálcio na primeira e na segunda campanha de amostragem de água na cidade de Santarém (**figura 5.26**) permitiram avaliar, com risco calculado, que no período chuvoso a concentração de cálcio é maior do que no período de estiagem (**tabela 5.34**), indicando uma influência da sazonalidade, haja vista que o valor da razão entre as duas campanhas é superior a 1 (um).



**Figura 5.26** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Cálcio do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

De acordo com Santos *et al.* (1981), na Amazônia Central, parte dos nutrientes são transportados até o solo pela queda de detritos (folhas, galhos, etc.) da serrapilheira, onde após a sua decomposição eles são incorporados ao sistema radicular da vegetação; enquanto que outra fração de nutrientes, bastante significativa é transferida para o solo, através da água de lavagem da floresta, a qual se torna mais importante, devido o potencial de precipitação pluviométrica na região, visto que o solo local é arenoso e pobre em bases trocáveis.

Desse modo, é possível dizer que os teores mais elevados de cálcio no período chuvoso, em Santarém, provavelmente se devem a água de lavagem da floresta, a qual é rica em nutrientes.

**Tabela 5.34** – Distribuição de probabilidade do Cálcio do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Ca-1) - abril de 2012 e no período seco (Ca-2) – outubro de 2012.

P(x≥a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Ca-1	1,0513	0,2728	0,1348	0,0753	0,0391	0,0253
Ca-2	1,0050	0,2056	0,0897	0,0452	0,0209	0,0125
Razão	1,046	1,327	1,503	1,666	1,870	2,020

### **Zoneamento de Cálcio**

A distribuição espacial das concentrações de cálcio nas águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso (**figura 5.27a**) e no período de estiagem (**figura 5.27b**), revela um predomínio de teores de cálcio nas faixas abaixo de 1 mg/L e de 1 a 3 mg/L. Os valores acima de 7 mg/L podem ser observados de forma pontual distribuídos ao longo da área de estudo.

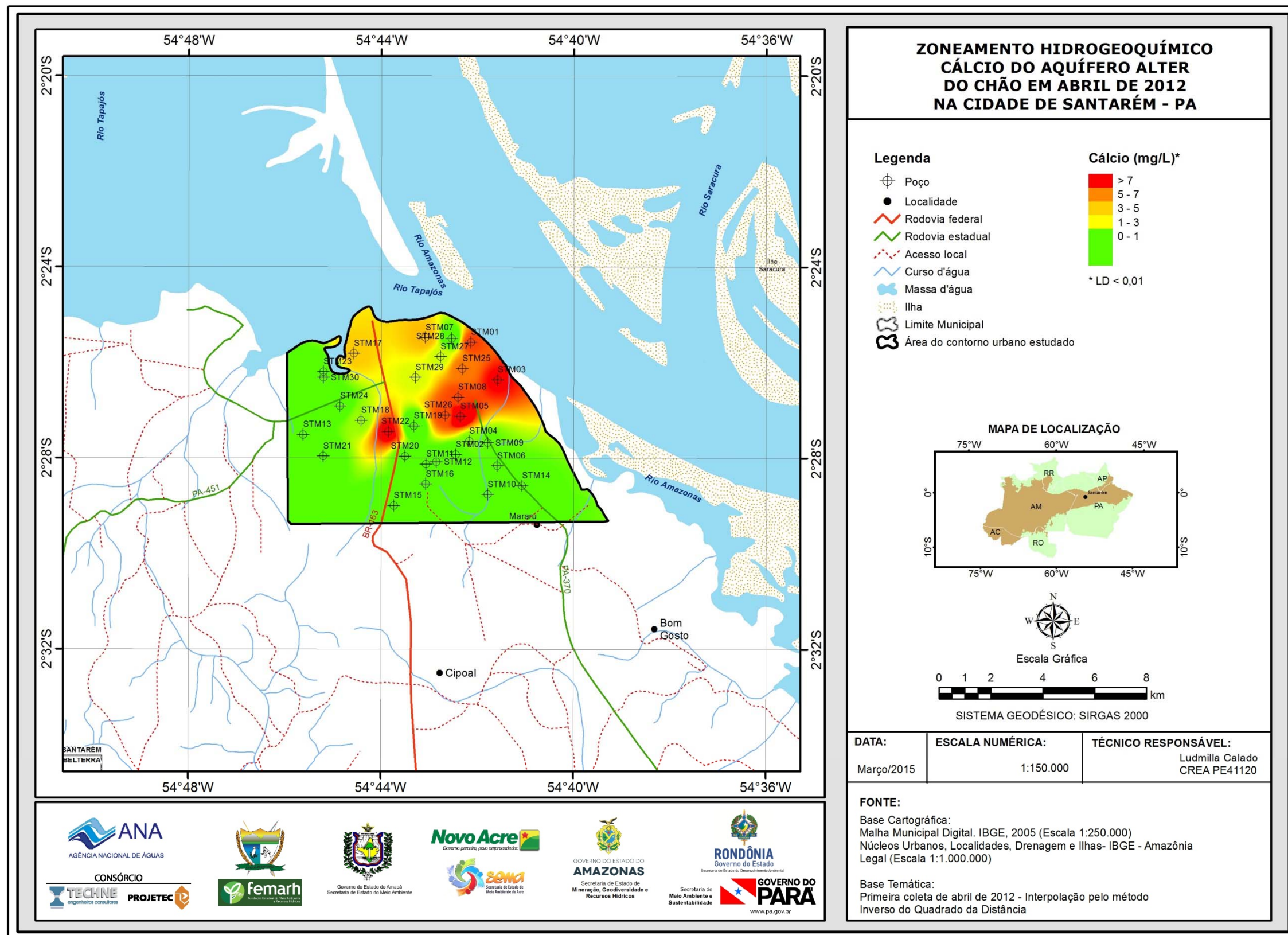


Figura 5.27a – Zoneamento de Cálcio (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.

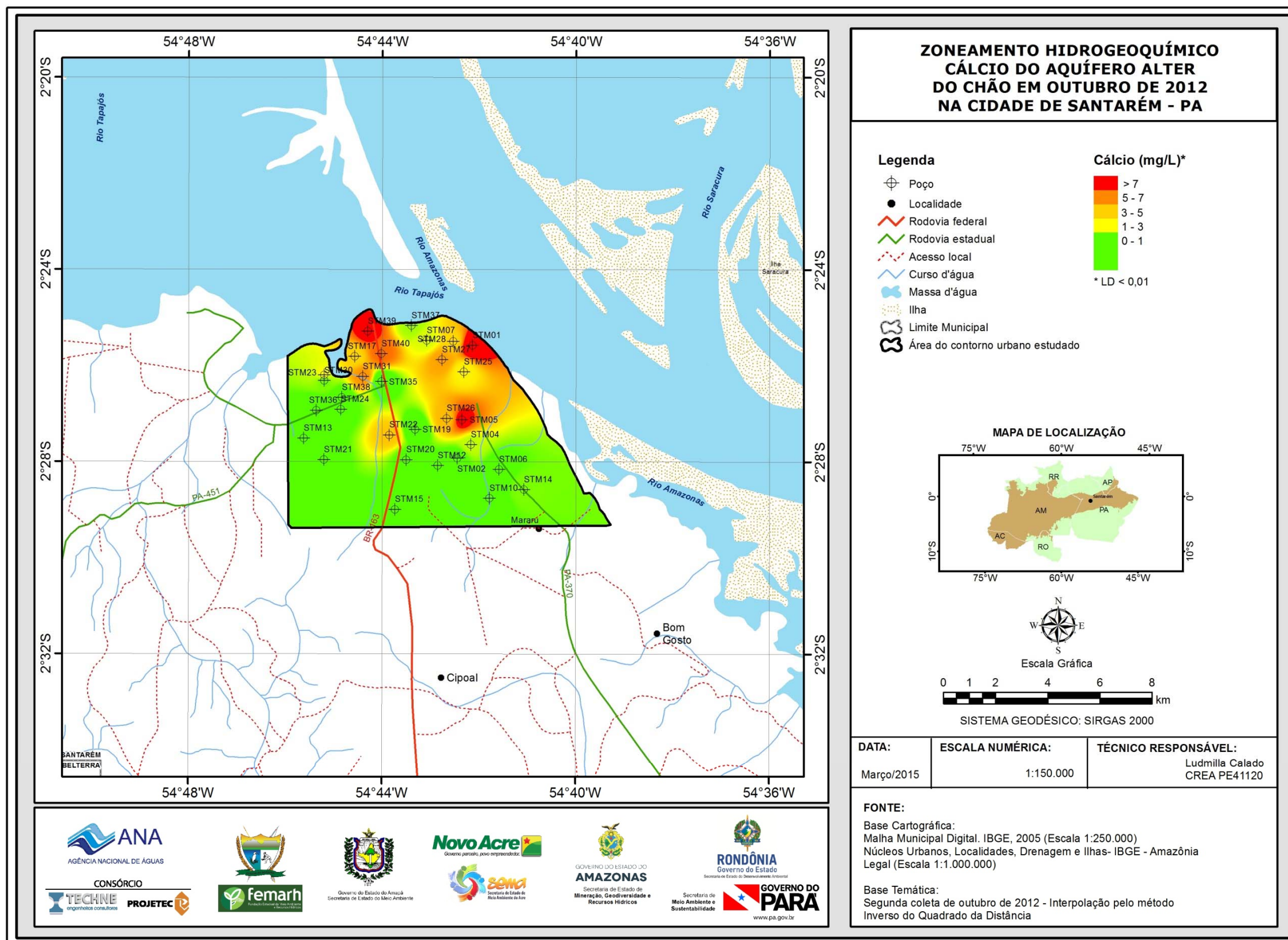


Figura 5.27b – Zoneamento de Cálcio (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.



#### 5.2.8.4 – Magnésio

Devido à sua solubilidade, o magnésio é geralmente encontrado em águas naturais, mas em concentrações menores do que a do cálcio, de 1 a 40 mg/L; o íon magnésio ( $Mg^{2+}$ ) tem propriedades similares às do íon cálcio, porém ele é mais solúvel e difícil de precipitar. Águas armazenadas em rochas ricas em magnésio têm concentrações que podem atingir 100 mg/L; concentrações maiores que 100 mg/L são raramente encontradas, exceto em águas do mar e salmouras.

O excesso de magnésio reduz a frequência cardíaca em pessoas com problemas do coração; no entanto, em dosagens adequadas, trata a tensão pré-menstrual e a hipertensão, previne cálculos renais e biliares e ajuda os músculos a trabalhar; o magnésio também contribui para a dureza da água.

A estatística descritiva na **tabela 5.35** mostra que os teores amostrados de magnésio nas águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso, de abril de 2012 na cidade de Santarém, variam de 0,02 a 2,3 mg/L, com média de 0,56 mg/L e mediana de 0,36 mg/L. No período seco, no mês de outubro de 2012, os valores de magnésio oscilaram entre 0,02 e 1,75 mg/L com média de 0,64 mg/L e mediana de 0,52 mg/L.

**Tabela 5.35** – Estatística descritiva do Magnésio do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Mg-1) - abril de 2012 e no período seco (Mg-2) – outubro de 2012.

Mg	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Mg-1	30	0,56	0,37	0,75	0,36	0,02	2,3	0,51	0,093	1,5578
Mg-2	30	0,64	0,47	0,82	0,52	0,02	1,75	0,47	0,086	0,783

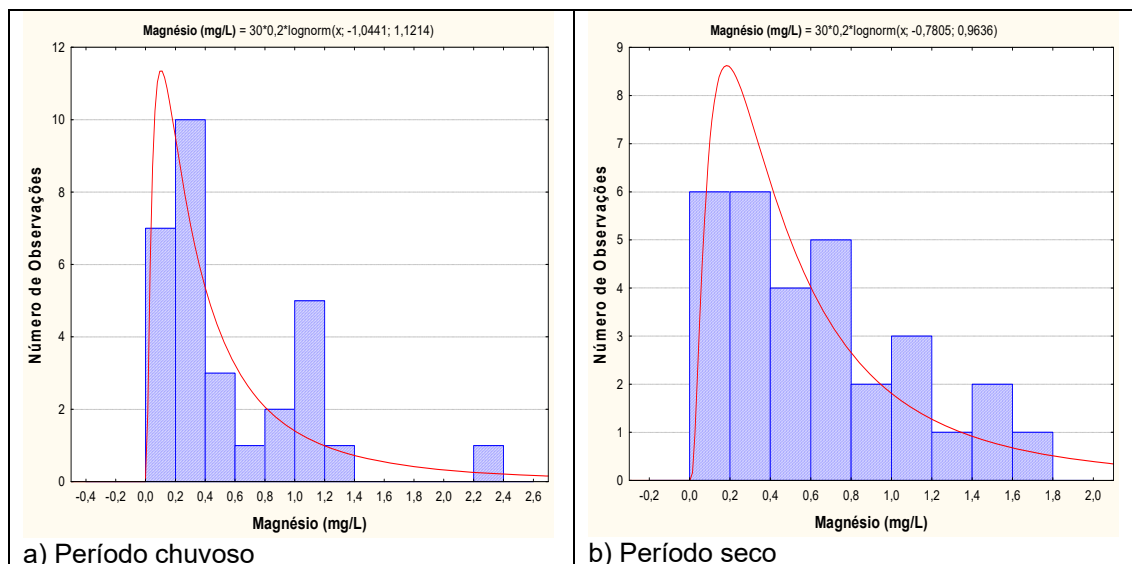
De modo geral, os teores de magnésio no aquífero Alter do Chão, em Santarém, são baixos. Isto se deve, sobretudo, ao clima chuvoso da Floresta Tropical Amazônica, onde a abundância de água, associada com a exuberante cobertura vegetal e as altas temperaturas, são os principais condicionantes do intemperismo químico (**item 2.6**) que ao longo do tempo geológico quebrou a estrutura química dos minerais componentes das rochas e dos sedimentos deixando os terrenos lixiviados e lateritizados.

As funções lognormais de distribuição de probabilidade que modelam os histogramas de frequência do magnésio na primeira e na segunda campanha de amostragem de água na cidade de Santarém (**figura 5.28**) permitiram avaliar, com risco calculado, que no período de estiagem a concentração de magnésio é maior do que no período chuvoso (**tabela 5.36**), indicando uma influência da sazonalidade, haja vista que o valor da razão entre as duas campanhas é inferior a 1 (um).

De acordo com Santos *et al.* (1981), na Amazônia Central, parte dos nutrientes são transportados até o solo pela queda de detritos (folhas, galhos, etc.) da serrapilheira, onde após a sua decomposição eles são incorporados ao sistema radicular da vegetação; enquanto que outra fração de nutrientes, bastante significativa, é transferida para o solo, através da água de lavagem da floresta, a qual se torna mais importante, devido o potencial de precipitação pluviométrica na região, visto que o solo local é arenoso e pobre em bases trocáveis. Sendo assim, verifica-se que os teores mais elevados de magnésio

no período de estiagem, em Santarém, provavelmente se devem à sua menor absorção pelas espécies vegetais, em relação aos demais nutrientes transportados até o solo pela decomposição da serrapilheira.

Essa conclusão coincide com as de Castro *et al.* (2010) segundo os quais em um Sistema Agroflorestal sem queima (SAFSQ) a quantidade de nutrientes é maior no período chuvoso, com exceção do magnésio, que não é tão absorvido pelas espécies vegetais como os demais nutrientes (N, P, Na, K, Ca).



**Figura 5.28** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Magnésio do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Além disso, Silva & Bonotto (2006) destacam que teores mais elevados de magnésio podem estar relacionados com a proximidade do nível estático (NE) à superfície do terreno, poluição, pequena área de recarga, ou, simplesmente, processos de interação água/rocha-solo.

**Tabela 5.36** – Distribuição de probabilidade do Magnésio do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Mg-1) - abril de 2012 e no período seco (Mg-2) – outubro de 2012.

P(x≥a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Mg-1	0,3520	0,1370	0,0836	0,0557	0,0352	0,0259
Mg-2	0,4582	0,2036	0,1333	0,0939	0,0633	0,0487
Razão	0,768	0,673	0,628	0,593	0,556	0,532

### **Zoneamento de Magnésio**

A distribuição espacial das concentrações de magnésio nas águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso (**figura 5.29a**) e no período de estiagem (**figura 5.29b**), apresenta o mesmo comportamento, com amplo domínio de teores abaixo de 1 mg/L, ficando os teores maiores, superiores a 1 mg/L, restritos a manchas pontuais ao longo da área de estudo.

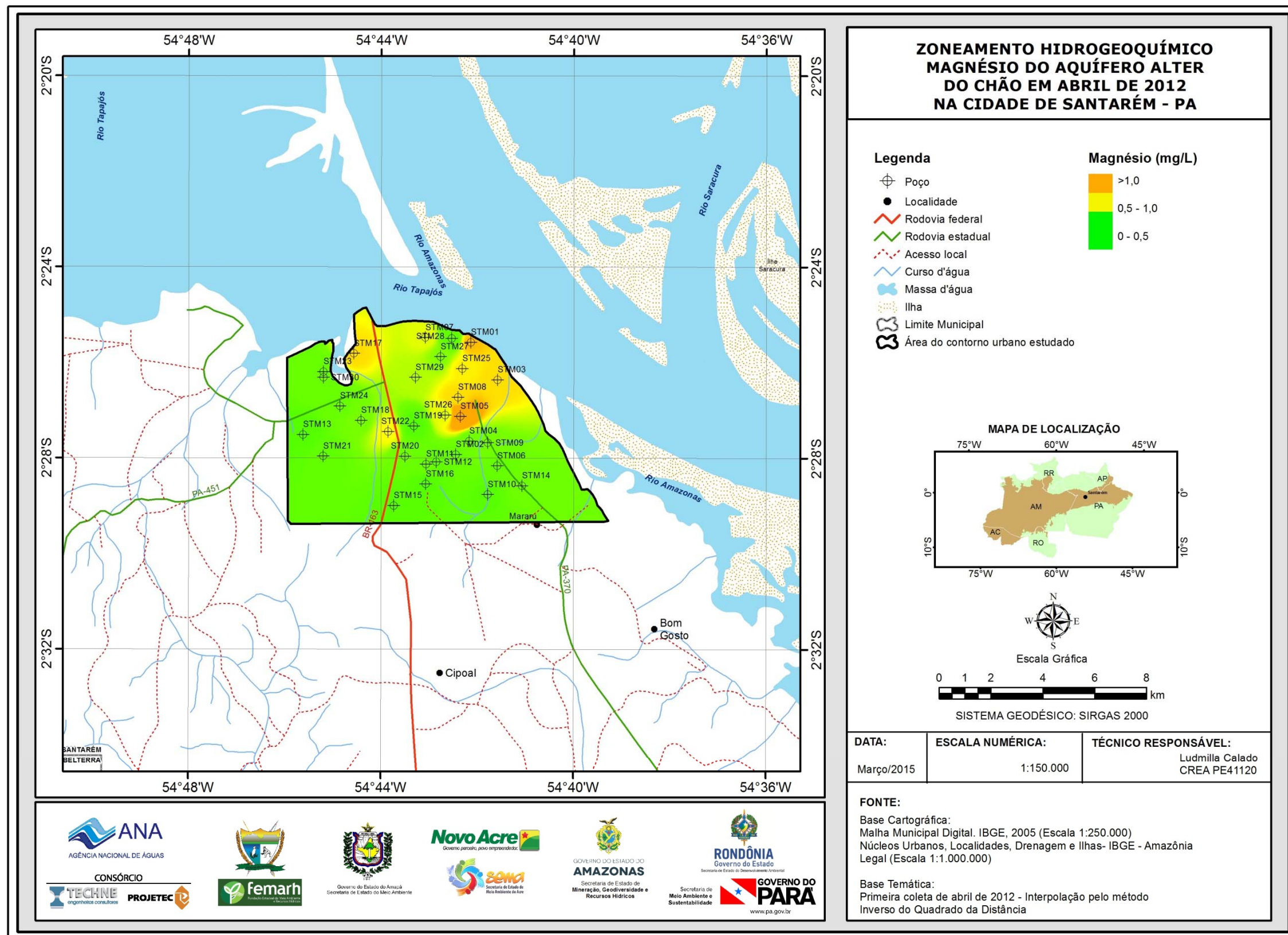


Figura 5.29a – Zoneamento de Magnésio (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.

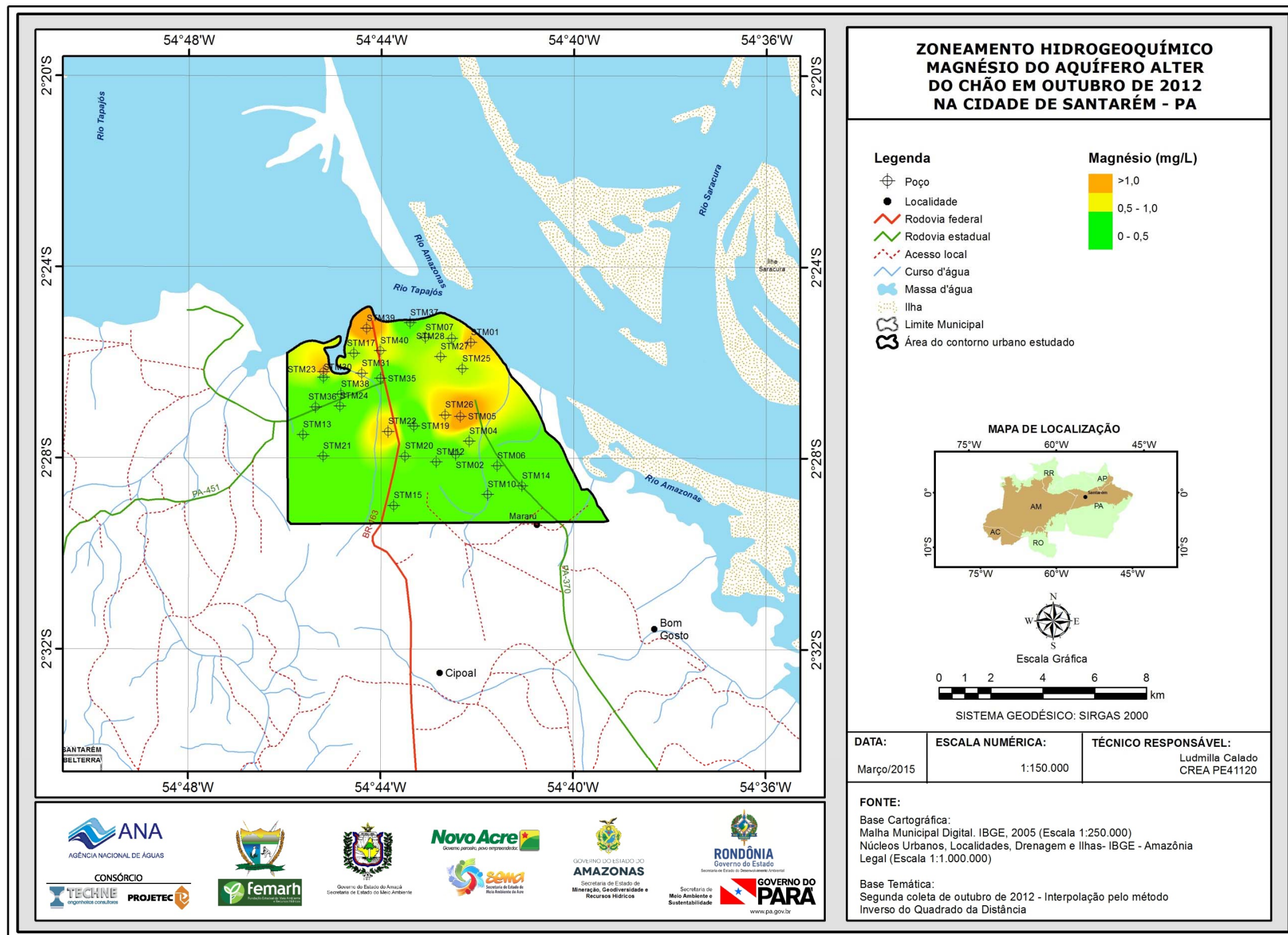


Figura 5.29b – Zoneamento de Magnésio (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.

## 5.2.9 – Ânions

### 5.2.9.1 – Cloreto

Os cloretos (Cl<sup>-</sup>) são muito solúveis, são estáveis em solução e de difícil precipitação; não sofrem oxidação nem redução em águas naturais e estão, em geral, associados aos íons de sódio, na proporção molar 1:1, principalmente em águas salinas.

De acordo com CETESB (2009), o cloreto é o ânion Cl<sup>-</sup> que se apresenta nas águas subterrâneas oriundo da percolação da água através de solos e rochas. A sua concentração em águas de abastecimento público constitui um padrão de aceitação, já que provoca sabor “salgado” na água em altas concentrações. Por tal motivo, a Portaria MS 2914/11 estabelece como valor máximo permitido (VMP) de padrão organoléptico de potabilidade para consumo humano, o valor de 250 mg/L. Para Celligoi (1999), a presença de cloreto em águas subterrâneas pode ser atribuída à dissolução de depósitos salinos, descargas de efluentes de indústrias químicas, intrusões salinas, etc. Os íons cloreto são altamente móveis e não são retidos em rochas permeáveis. Em argilitos, cristais de NaCl ou soluções de NaCl podem ser contidos em poros. Os íons cloreto, normalmente em águas subterrâneas são presentes em baixas concentrações (<10 mg/L). Altas concentrações podem indicar poluição antrópica.

A **tabela 5.37** mostra a estatística descritiva dos teores de cloreto amostrados no ano de 2012 nas águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém. No período chuvoso (abril de 2012), os valores de cloreto variaram de 0,99 a 28,91 mg/L, com média de 11,29 mg/L e mediana de 10,01 mg/L. No período de estiagem (outubro de 2012), a variação entre o mínimo e o máximo foi de 0,49 a 21,99 mg/L com média de 9,84 mg/L e mediana de 7,86 mg/L. Todos os poços amostrados, em ambas as campanhas, apresentaram resultados de cloreto inferiores ao VMP estabelecido pelo Portaria MS 2914/11.

**Tabela 5.37** – Estatística descritiva do Cloreto do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Cl-1) - abril de 2012 e no período seco (Cl-2) – outubro de 2012.

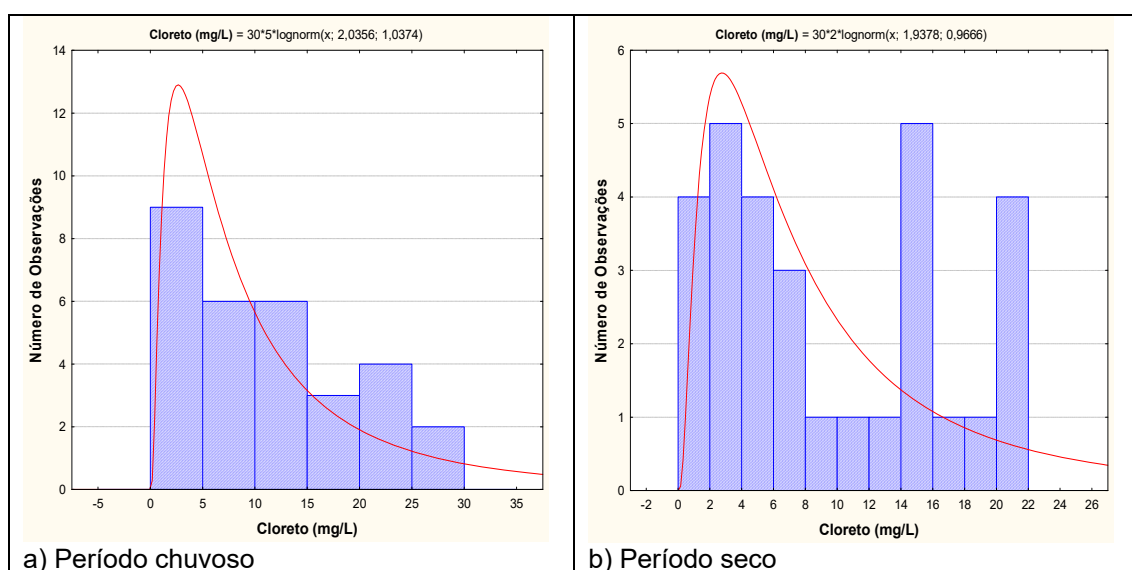
Cl	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Cl-1	30	11,29	8,18	14,39	10,01	0,99	28,91	8,311	1,517	0,602
Cl-2	30	9,84	7,24	12,43	7,86	0,49	21,99	6,96	1,27	0,389

Na primeira campanha, 7% (2/30) das amostras apresentaram teores de cloreto abaixo do limite de detecção de 1 mg/L, enquanto que na segunda campanha, 3% (1/30) dos poços apresentaram valores abaixo do limite de detecção de 0,5 mg/L. Os limites de detecção dependem do método utilizado e podem variar para o mesmo parâmetro (**item 5.1.3**).

Em ambas as coletas, todas as amostras apresentaram teores de cloreto inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 396/2008, de 250 mg/L para consumo humano; 100 a 700 mg/L para irrigação; e de 400 mg/L para recreação, indicando que as águas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém podem ser empregadas para tais usos, de acordo com este uso.

Os histogramas de frequência do cloreto, ilustrados na **figura 5.30**, nos dois períodos de amostragem, foram modelados por uma função de distribuição de probabilidade lognormal. Esse modelo de fdp revela um viés estatístico para cloreto com diferentes riscos, não sendo possível avaliar de modo conclusivo a influência da sazonalidade por meio da modelagem geoestatística (**tabela 5.38**). Sendo assim, com base nos dados de média e mediana observa-se que os valores de cloreto no período chuvoso são superiores aos do período seco, o que sugere influência da sazonalidade.

Isto provavelmente ocorre, pois a área de estudo é urbanizada e quase totalmente desprovida de esgotamento sanitário, de modo que principalmente na época da chuva pode haver infiltração de água contaminada, haja vista que a maioria dos poços é construída nas proximidades imediatas das fossas sépticas, o que pode ser ratificado pela correlação altamente significativa entre as variáveis Cl, NO<sub>3</sub> e STD, conforme demonstra o **item 5.1.8**.



**Figura 5.30** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Cloreto do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Os resultados obtidos no Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, são coerentes, pois segundo Pohling (2009), quando o teor de cloreto está elevado na água e não há influência de fatores geológicos, essa contaminação pode ser proveniente de efluentes domésticos ou industriais.

**Tabela 5.38** – Distribuição de probabilidade do Cloreto do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Cl-1) - abril de 2012 e no período seco (Cl-2) – outubro de 2012.

P(x>a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Cl-1	7,6568	3,1979	2,0261	1,3899	0,9094	0,6854
Cl-2	6,9435	3,0780	2,0118	1,4161	0,9538	0,7328
Razão	1,103	1,039	1,007	0,982	0,954	0,935

### **Zoneamento de Cloreto**

No período chuvoso (abril de 2012) e no período de estiagem (outubro de 2012), o zoneamento de cloreto no Aquífero Alter do Chão em Santarém, apresentado respectivamente na **figura 5.31a** e **figura 5.31b**, mostra um predomínio em três classes: 0 a 5 mg/L, 5 a 10 mg/L, e 10 a 15 mg/L. Os valores acima de 15 mg/L se distribuem em manchas isoladas na área de estudo.

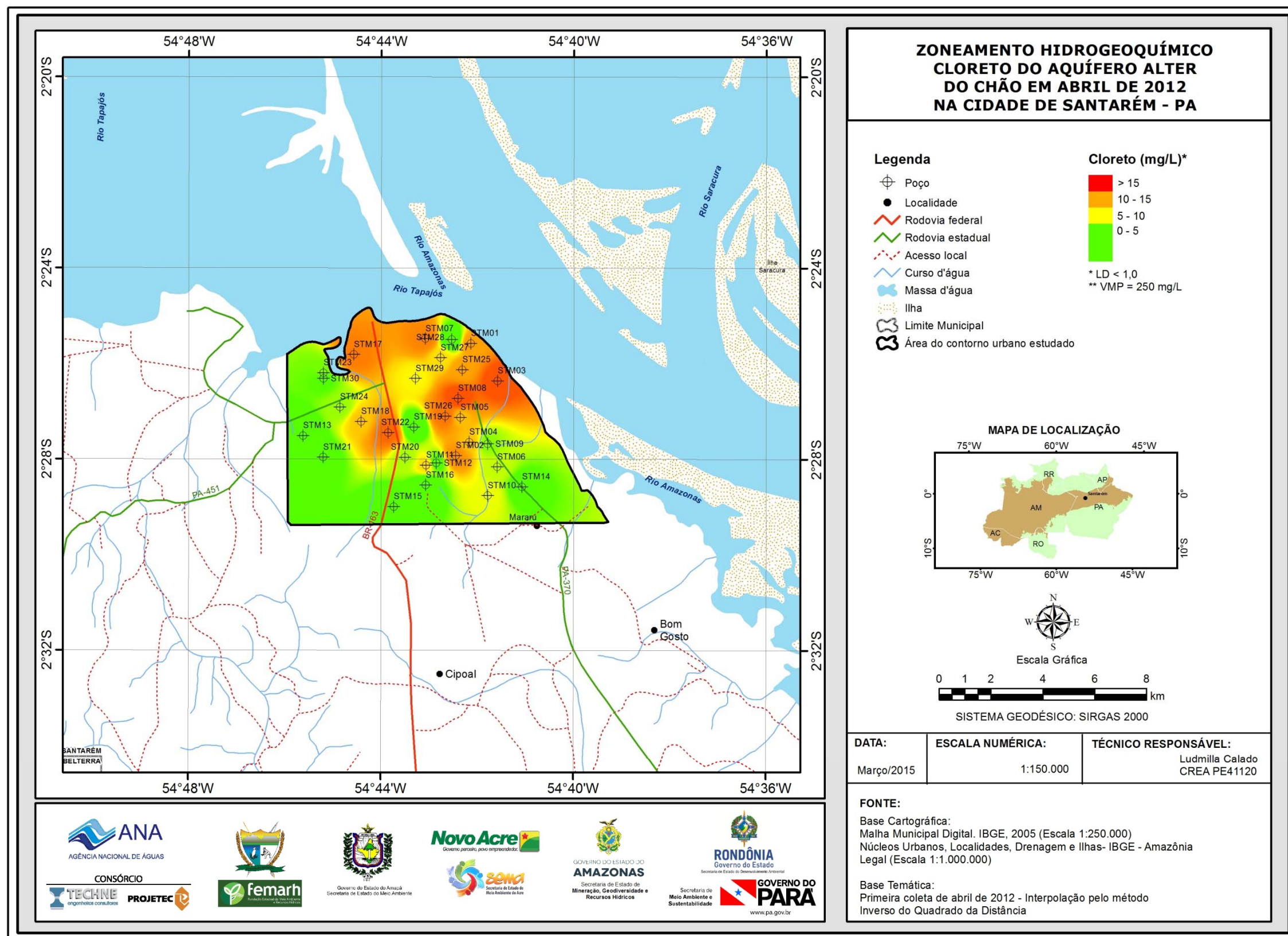


Figura 5.31a – Zoneamento de Cloreto (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.



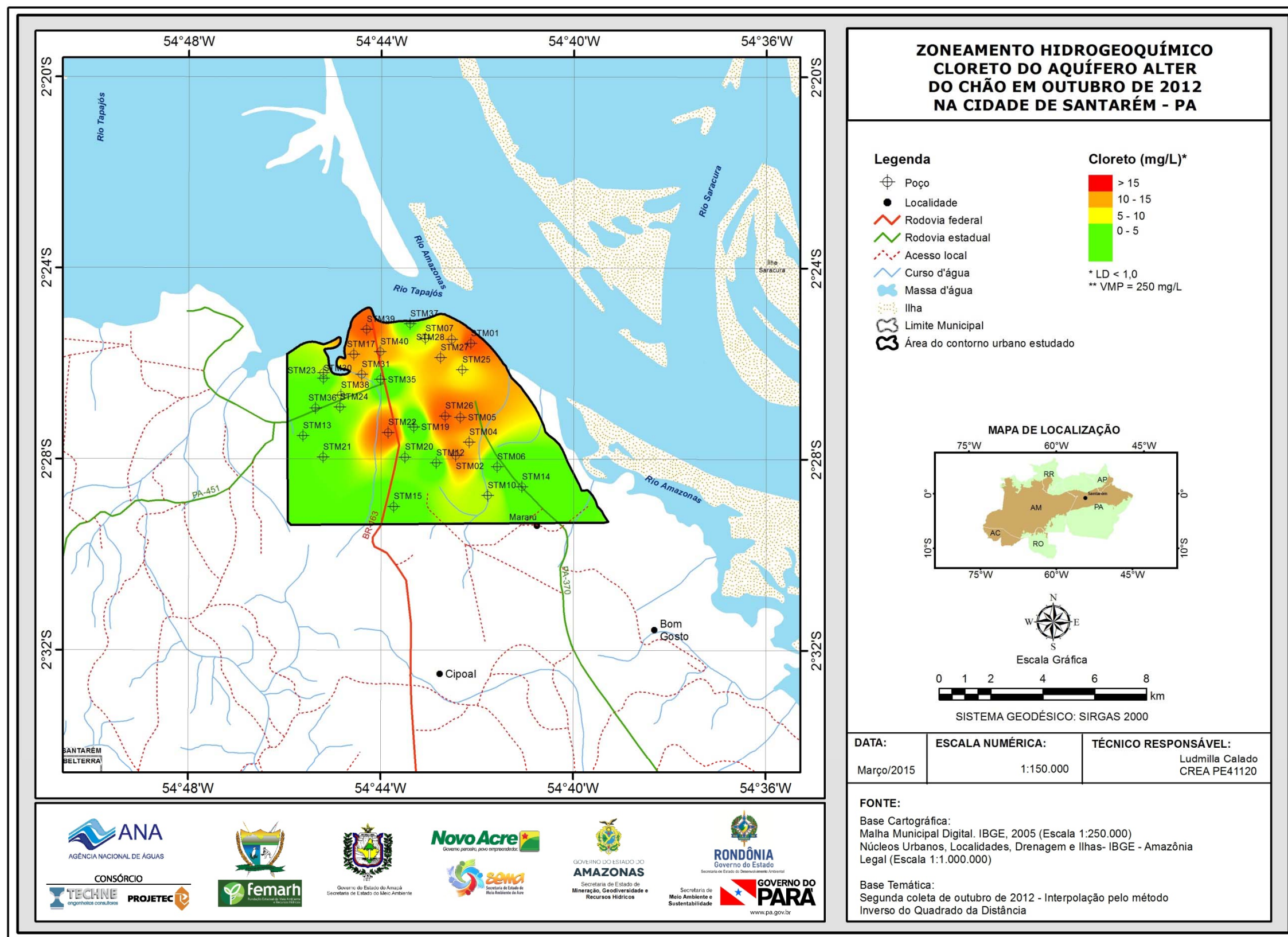


Figura 5.31b – Zoneamento de Cloreto (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.

### 5.2.9.2 – Sulfato

O enxofre pode se apresentar de diversas formas, tais como sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), sulfito ( $\text{SO}_3^{2-}$ ), sulfeto ( $\text{S}^{2-}$ ), sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ), dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4^{2-}$ ), enxofre molecular ( $\text{S}^0$ ) e associado a metais, como sulfeto de ferro ( $\text{FeS}$ ). Dentre essas várias formas, o sulfato e o sulfeto de hidrogênio são as mais frequentes. O sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) é um dos íons mais abundantes na natureza. Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto (Parron *et al.*, 2011; CETESB, 2009).

Segundo Celligoi (1999), o enxofre ocorre principalmente em gases magmáticos. A maior parte do elemento nas rochas ocorre em minerais como o gipso ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) e anidrita ( $\text{CaSO}_4$ ). Consideráveis quantidades de sulfato são adicionadas ao ciclo hidrológico com as precipitações da atmosfera. Vêm do "spray" do mar, da poeira dos continentes e da oxidação de gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), bem como das substâncias orgânicas do solo. Nas águas subterrâneas circulantes em rochas ígneas, a concentração de sulfato é baixa (< 30 mg/L).

Em águas para consumo humano, a Portaria do Ministério da Saúde 2914/2011 recomenda que as concentrações de sulfato não excedam 250 mg/L, pois acima deste valor, a sua ingestão provoca efeito laxativo.

A estatística descritiva apresentada na **tabela 5.39** indica que os teores de sulfato nas águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso, variam de 0,49 a 11,15 mg/L, com média de 1,27 mg/L e mediana de 0,49 mg/L. No período seco, os teores variaram de 0,49 a 8,0 mg/L, com média de 1,18 mg/L e mediana de 0,49 mg/L.

**Tabela 5.39** – Estatística descritiva do Sulfato do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (S-1) - abril de 2012 e no período seco (S-2) – outubro de 2012.

Sulfato	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
S-1	30	1,27	0,49	2,05	0,49	0,49	11,15	2,088	0,381	4,0411
S-2	30	1,18	0,6	1,77	0,49	0,49	8,0	1,57	0,287	3,334

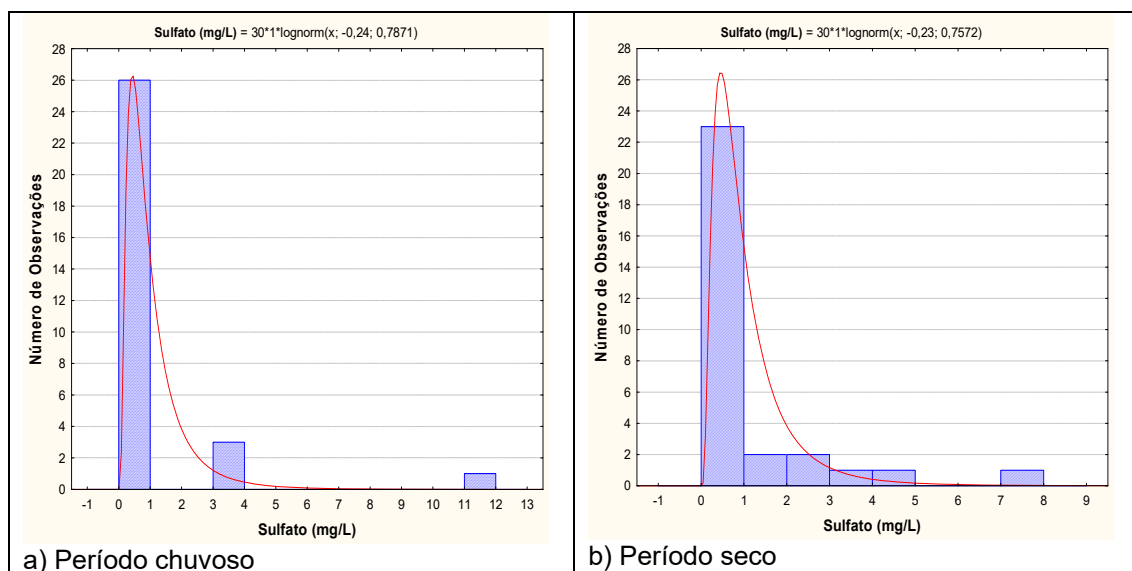
Na primeira campanha, 57% (17/30) dos poços apresentaram teores de sulfato abaixo do limite de detecção de 0,5 mg/L, enquanto que 13% (4/30) das amostras apresentaram valores de sulfato abaixo do limite de detecção de 1 mg/L.

Na segunda coleta, 53% (16/30) dos poços revelaram teores de sulfato abaixo do limite de detecção de 0,5 mg/L; ao passo que 3% (1/30) das amostras, apresentaram valores de sulfato abaixo do limite de detecção de 1 mg/L.

Os limites de detecção dependem do método utilizado e podem variar para o mesmo parâmetro (**item 5.1.3**).

Todas as amostras analisadas apresentaram teores de sulfato inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 396/2008, para consumo humano ( $250.000 \mu\text{g/L}^{-1}$ ), dessedentação animal ( $1.000.000 \mu\text{g/L}^{-1}$ ) e recreação ( $400.000 \mu\text{g/L}^{-1}$ ), bem como dentro dos padrões organoléptico de potabilidade definidos pela Portaria MS 2914/2011.

As funções lognormais de distribuição de probabilidade que modelam os histogramas de frequência do sulfato na primeira e na segunda campanha de amostragem de água na cidade de Santarém (**figura 5.32**) permitiram avaliar, com risco calculado, que no período de estiagem a concentração de sulfato é maior do que no período chuvoso (**tabela 5.40**), indicando uma influência da sazonalidade, haja vista que o valor da razão entre as duas campanhas é inferior a 1 (um).



**Figura 5.32** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Sulfato do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

De acordo com Hem (1985), quando o sulfeto sofre intemperismo em contato com o oxigênio dissolvido na água, o sulfeto é oxidado a íon sulfato, que permanece em solução na água. No caso de Santarém, os teores de sulfato mais elevados na estiagem são consistentes com a premissa de Hem (1985) apresentada, pois a zona de aeração, que no período chuvoso se encontra quase totalmente saturada por águas de infiltração em movimento, volta a ter espaços vazios preenchidos por oxigênio, o que conseqüentemente oxida o sulfeto e faz com que o íon sulfato permaneça na água.

**Tabela 5.40** – Distribuição de probabilidade do Sulfato do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (S-1) - abril de 2012 e no período seco (S-2) – outubro de 2012.

P(x≥a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
S-1	0,7866	0,4056	0,2869	0,2155	0,1562	0,1261
S-2	0,7945	0,4201	0,3011	0,2287	0,1678	0,1365
Razão	0,990	0,965	0,953	0,943	0,931	0,924

### Zoneamento do Sulfato

A distribuição espacial dos teores de sulfato no Aquífero Alter do Chão em Santarém no período chuvoso (**figura 5.33a**) e no período seco (**figura 5.33b**), revela um predomínio de concentrações nas faixas de 0 a 0,5 mg/L e de 0,5 a 1 mg/L. Valores abaixo do limite de detecção de 0,5 mg/L podem ser observados em ambas as campanhas ao longo da área de estudo.

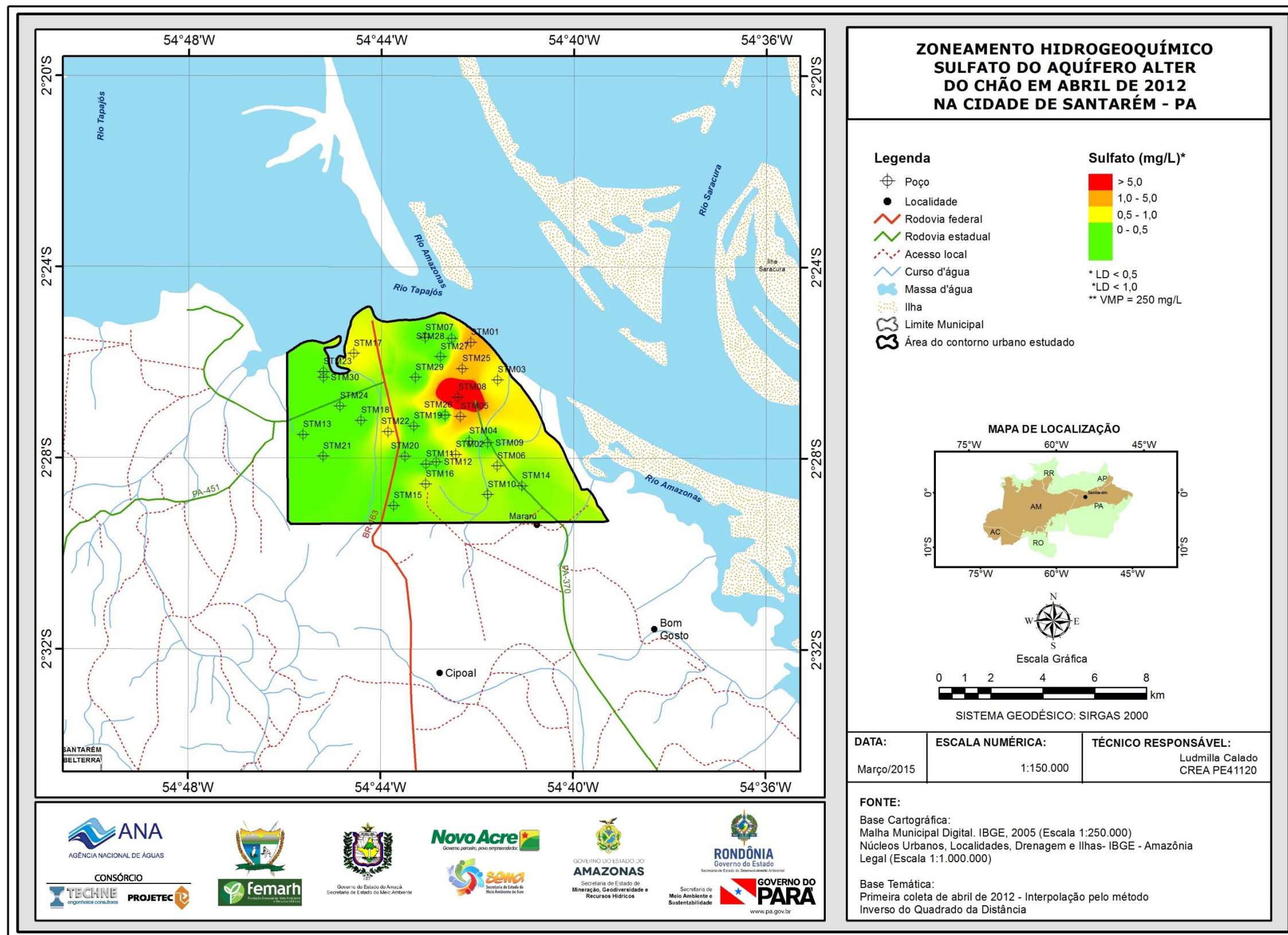


Figura 5.33a – Zoneamento de Sulfato (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.

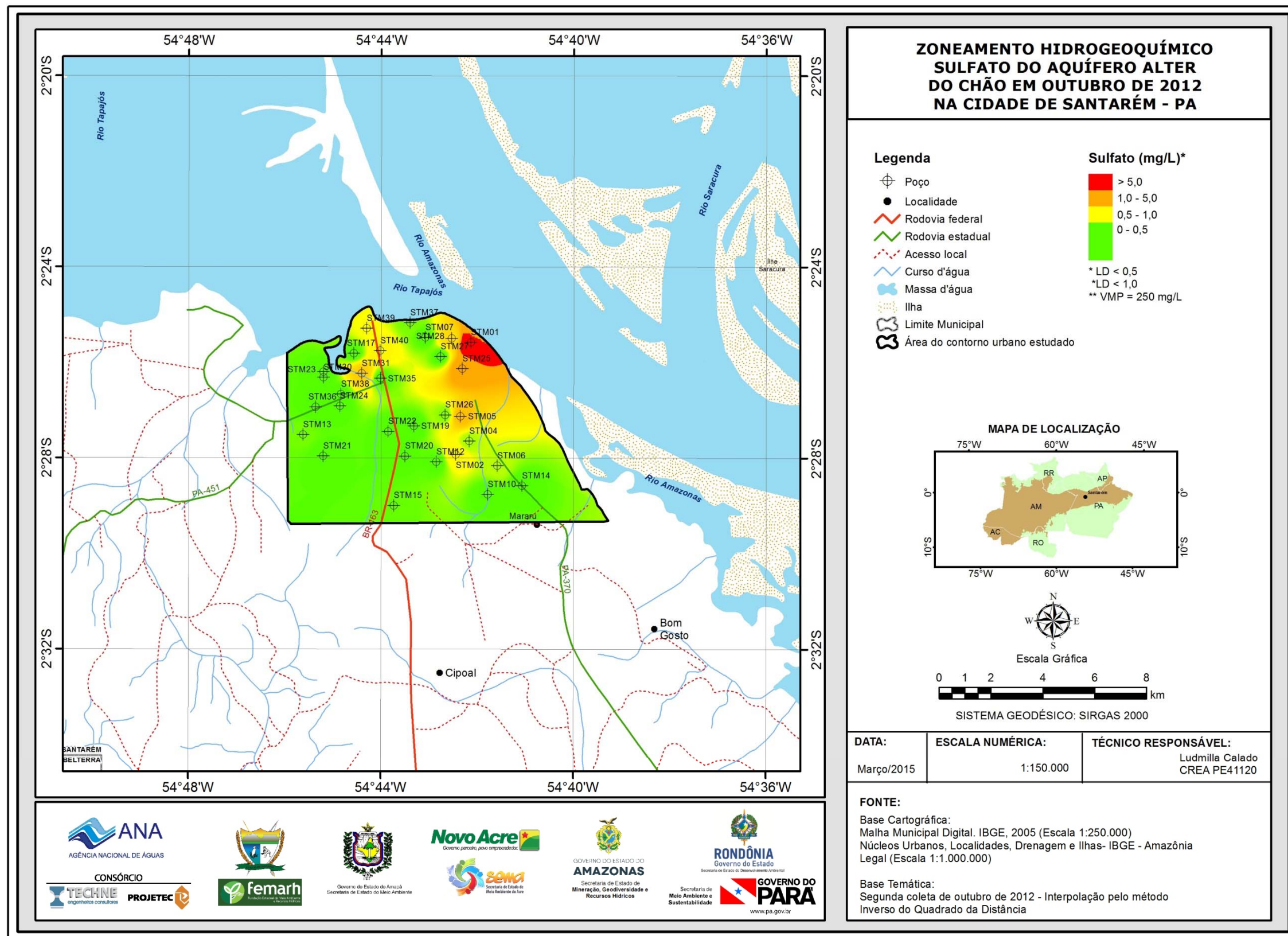


Figura 5.33b – Zoneamento de Sulfato (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.

### 5.2.9.3 – Bicarbonato

A maioria dos íons bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) e carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) em águas subterrâneas são derivados do dióxido de carbono na atmosfera e no solo e de soluções de rochas carbonatadas. Águas bicarbonatadas sódicas podem ser concentradas nos solos por evaporação, mas se muito cálcio estiver presente, o bicarbonato é retirado da água através da precipitação de carbonato de cálcio.

A concentração de bicarbonato em águas subterrâneas varia normalmente de 10 a 800 mg/L, sendo mais comuns concentrações entre 50 e 400 mg/L. Existe uma forte relação entre o pH da água e as concentrações do gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), dos bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) e dos carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), sendo que estes dois íons definem a alcalinidade das águas.

De acordo com a Resolução CONAMA 396/2008 e com a Portaria MS 2914/11 não há restrição quanto às concentrações de bicarbonato para o consumo humano, ou seja, não é definido um valor máximo permitido.

A estatística descritiva dos teores de bicarbonato nas águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, em Santarém (**tabela 5.41**), revela que 97% (29/30) das amostras na primeira campanha obtiveram valores iguais a zero, enquanto que na segunda amostragem esses valores alcançaram 93% (28/30).

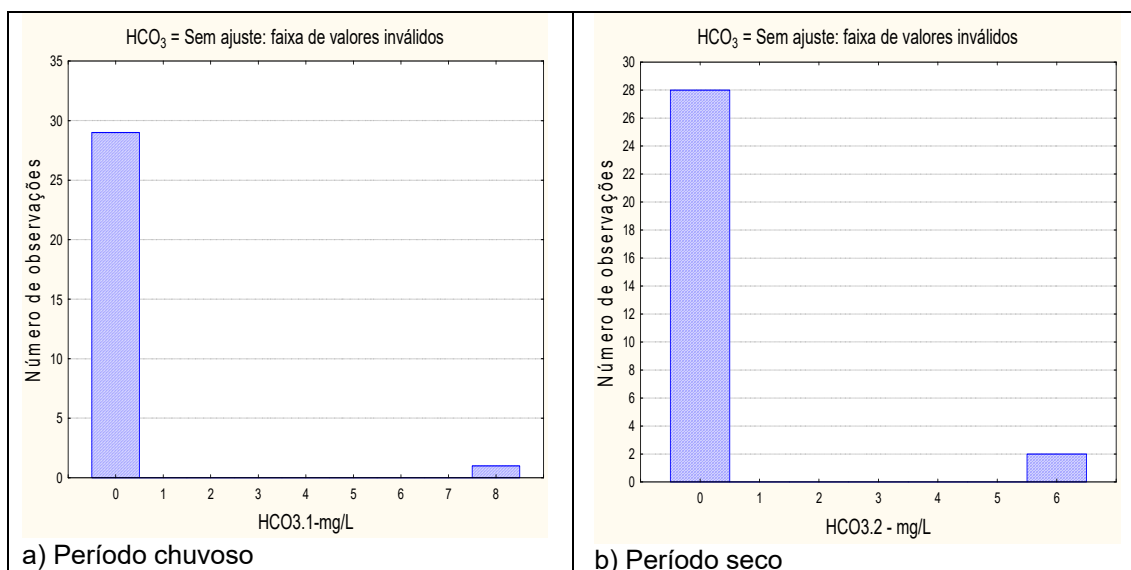
**Tabela 5.41** – Estatística descritiva do Bicarbonato do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (B-1) - abril de 2012 e no período seco (B-2) – outubro de 2012.

Bicarbonato	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
B-1	30	0,27	0,26	0,79	0	0	8	1,46	0,27	5,48
B-2	30	0,40	0,14	0,94	0	0	6	1,52	0,28	3,66

No período chuvoso, as concentrações de bicarbonato oscilaram entre 0 e 8 mg/L, com média de 0,27 mg/L. No período de estiagem as concentrações ficaram compreendidas entre 0 e 6 mg/L, com média de 0,4 mg/L. Em ambas as coletas, a mediana foi igual a 0 mg/L.

Devido ao grande número de amostras com teor de bicarbonato igual à zero na primeira campanha (29/30) e na segunda campanha (28/30), a modelagem geoestatística não foi realizada porque o ajuste dos histogramas lognormal não pode ser feito com a presença de zero (**figura 5.34**). Desse modo, haja vista que os seus teores em ambas as campanhas foram praticamente ausentes, se pode concluir que não há efeito de sazonalidade para o parâmetro bicarbonato.

Os baixos teores de bicarbonato no aquífero Alter do Chão em Santarém podem ser justificados pela alta pluviosidade na região amazônica, a qual favorece a constante renovação das águas e, conseqüentemente, a diluição dos elementos ali presentes (**item 2.6**).



**Figura 5.34** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Bicarbonato do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Segundo Lopes *et al.* (2013), os valores extremamente baixos de bicarbonato podem estar relacionados com as variações da alcalinidade total, uma vez que uma alteração nas concentrações dos íons carbonato e bicarbonato provoca também alterações nos valores de pH de uma solução, já que esses três íons ( $H^+$ ,  $CO_3^{2-}$  e  $HCO_3^-$ ) constituem um verdadeiro sistema em equilíbrio. Assim, a reação entre os dois primeiros, com a formação do terceiro, provoca uma diminuição das concentrações do carbonato e um aumento das concentrações do bicarbonato. O que torna o processo dinâmico e faz com que um elemento seja facilmente convertido em outro por meio de reações que ocorrem no ambiente.

Para Obiefuna & Sheriff (2011), a origem do bicarbonato nas águas subterrâneas está relacionada principalmente aos processos que produzem o gás carbônico no solo por meio da decomposição e oxidação da matéria orgânica e à respiração das raízes das plantas.

### **Zoneamento do Bicarbonato**

A distribuição espacial dos teores de bicarbonato encontrados nas águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, no período chuvoso (abril de 2012) e no período de estiagem (outubro de 2012), é apresentada respectivamente na **figura 5.35a** e **figura 5.35b**. Em ambas as coletas é possível verificar que a faixa predominante é de 0 a 2 mg/L, haja vista a ausência de bicarbonato em 97% e 93% dos poços, respectivamente, para a primeira e segunda campanha de amostragem.

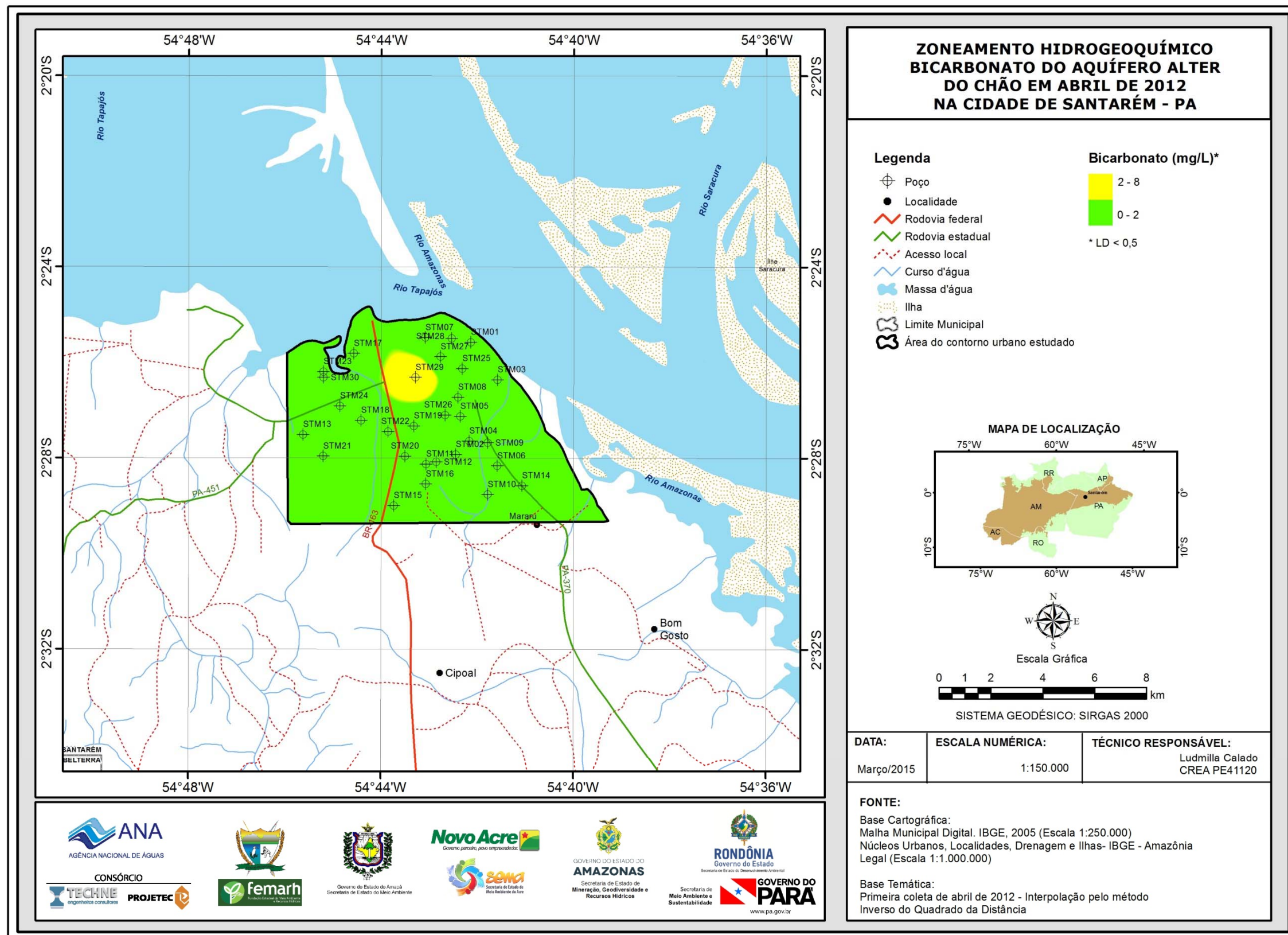


Figura 5.35a – Zoneamento de Bicarbonato (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém – PA.



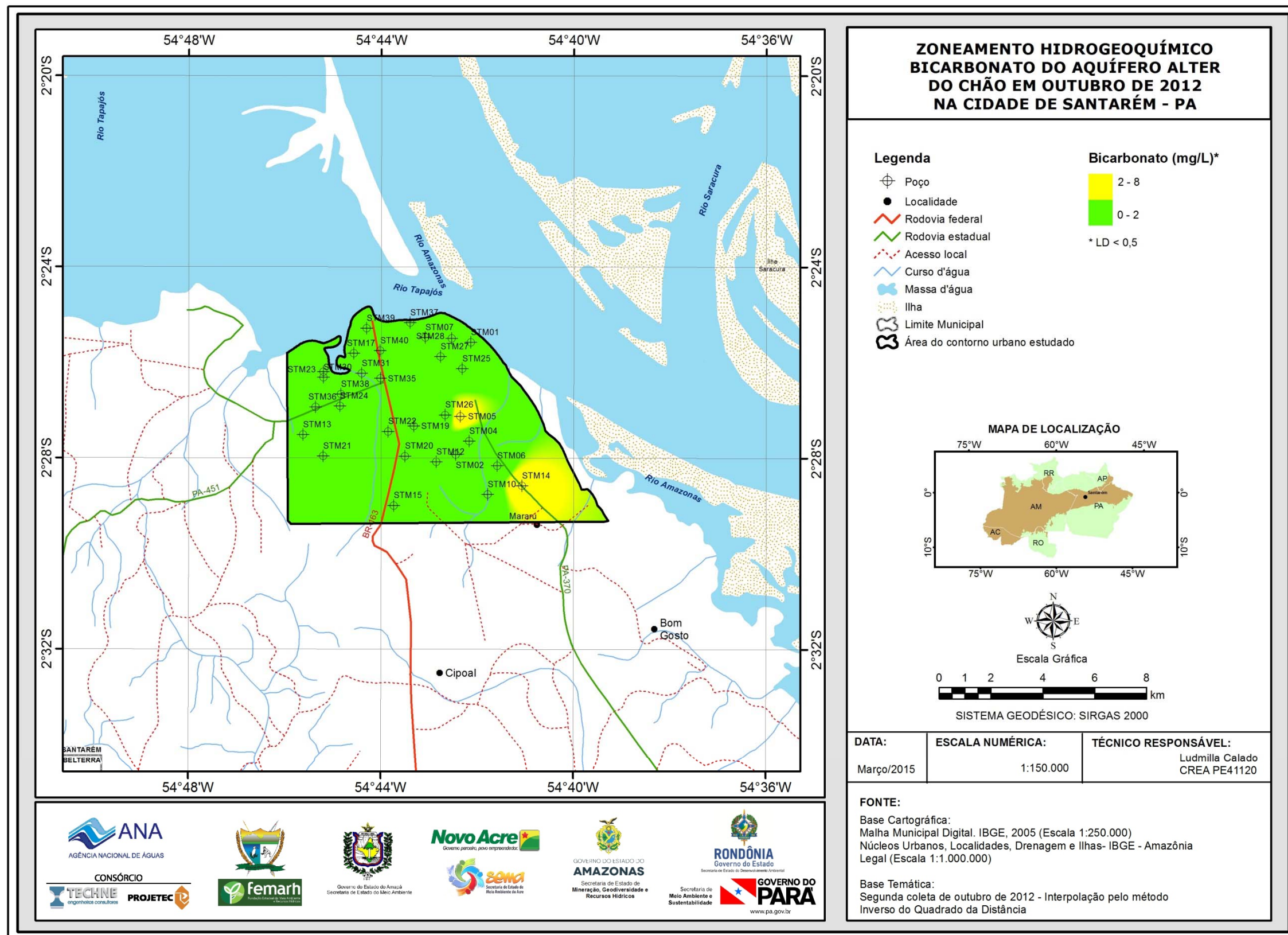


Figura 5.35b – Zoneamento de Bicarbonato (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém – PA.

## 5.2.10 – Dureza

A dureza da água mede o grau de impedimento da ação do sabão e pode ser expressa como dureza temporária, dureza permanente e dureza total. A dureza temporária ou dureza de carbonatos é causada pelos íons de cálcio e de magnésio combinados, podendo ser eliminada com a ebulição da água.

A dureza permanente ou dureza não carbonatada é a dureza que persiste após a fervura da água; é produzida pelos íons de cálcio e de magnésio combinados com os íons de sulfato, cloreto, nitrato e outros. A dureza total é a soma da dureza temporária com a dureza permanente, é usualmente expressa em mg/L (CaCO<sub>3</sub>) e dada pela equação:

$$\text{Dureza total} = 2,5 [\text{Ca}^{2+}] + 4,1[\text{Mg}^{2+}]$$

De acordo com Von Sperling (2005), em termos de tratamento e abastecimento público, as águas podem ser classificadas de acordo com seu grau de dureza, conforme descreve a **tabela 5.42**.

**Tabela 5.42** – Classificação das águas segundo a sua faixa de valor de dureza (Von Sperling, 2005).

Dureza (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	Tipo de Água
< 50	Mole
50 - 150	Moderada
150 - 300	Dura
> 300	Muito Dura

A estatística descritiva da dureza das águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém (**tabela 5.43**), mostra que no período chuvoso os valores oscilaram entre 0,16 e 32,53 mg/L, com média de 8,87 mg/L e mediana de 3,81 mg/L. No período de estiagem, a dureza variou de 0,21 a 27,46 mg/L, com média de 9,14 mg/L e mediana de 5,89 mg/L.

**Tabela 5.43** – Estatística descritiva da Dureza do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (D-1) - abril de 2012 e no período seco (D-2) – outubro de 2012.

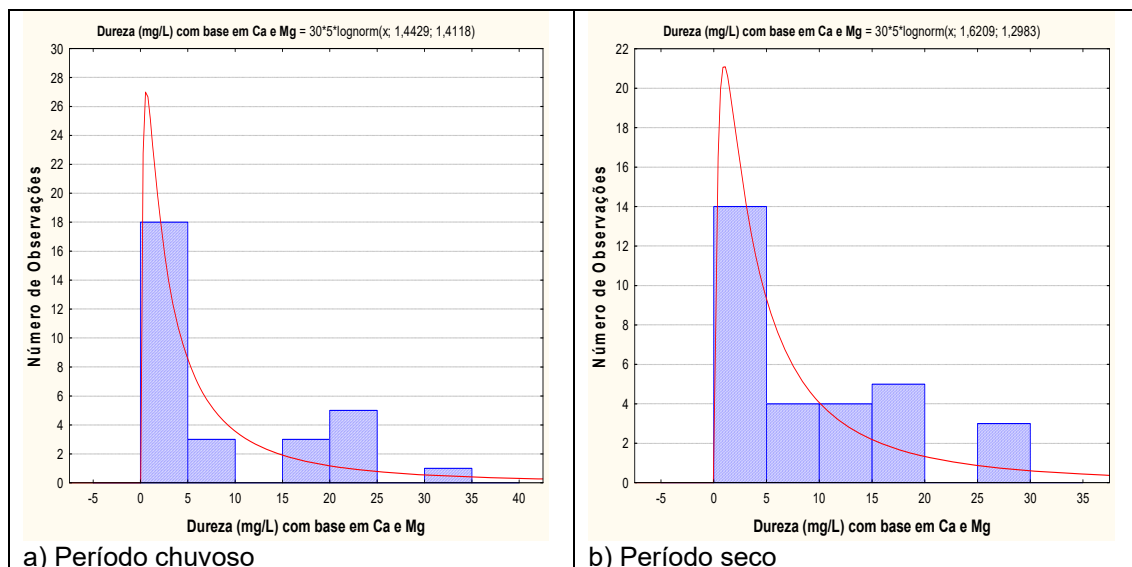
Dureza	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
D-1	30	8,87	5,32	12,43	3,81	0,16	32,53	9,52	1,738	1,0673
D-2	30	9,14	6,06	12,21	5,89	0,21	27,46	8,23	1,503	0,819

Nenhum dos poços amostrados nas duas campanhas ultrapassou o VMP recomendável pela Portaria MS 2914/2011, de 500 mg/L de CaCO<sub>3</sub>.

Segundo a classificação de Von Sperling (2005), as águas do Aquífero Alter do Chão, em ambas as campanhas de amostragem são 100% (30/30) do tipo mole.

Os histogramas de frequência da dureza (**figura 5.36**), representativos dos pontos amostrados nas coletas de abril e outubro de 2012, foram modelados por uma função de distribuição de probabilidade lognormal. Essa função permitiu estimar, com risco calculado, os valores de dureza no Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém (**tabela 5.44**), onde se verificou que os valores do período seco são maiores do que os do período chuvoso, o que reflete alguma influência de sazonalidade, pois a razão das duas campanhas é

inferior a 1 (um). Isto provavelmente se deve aos nutrientes transportados até o solo pela decomposição da serrapilheira, como descreve Santos *et al.* (1981), os quais também possivelmente são responsáveis pela elevação dos teores de magnésio (pouco absorvido pelas plantas, segundo Castro *et al.* 2010, como visto no item 5.2.8.4) no período seco, o que é coerente haja vista que a dureza leva em sua composição 4,1 mg/L de  $Mg^{2+}$ .



**Figura 5.36** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade da Dureza do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2002), a água subterrânea é geralmente de boa qualidade, porém em alguns casos pode conter alta concentração de sais, entre eles os de cálcio e de magnésio, por estar intimamente em contato com materiais solúveis do solo e das rochas, no seu entorno e em áreas de recarga, e assim, apresentar elevado teor de dureza. Aliado a isso, a baixa velocidade de fluxo, as maiores pressões e temperaturas, a fonte de recarga do aquífero e o clima da região contribuem para a maior mineralização da água subterrânea. Secundariamente, as características dessa água se relacionam com os produtos de atividades humanas desenvolvidas na superfície. Tal premissa corrobora com os resultados coletados no Aquífero Alter do Chão, onde houve um pequeno aumento dos valores de dureza no período de estiagem, o que é justificável pela cessação do período de cheias na área de estudo e conseqüentemente a diminuição da renovação das águas subterrâneas.

**Tabela 5.44** – Distribuição de probabilidade da Dureza do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (D-1) - abril de 2012 e no período seco (D-2) – outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
D-1	4,2330	1,2901	0,6932	0,4151	0,2330	0,1586
D-2	5,0576	1,6959	0,9580	0,5977	0,3515	0,2467
Razão	0,837	0,761	0,724	0,694	0,663	0,643

### ***Zoneamento de Dureza***

A distribuição espacial da dureza das águas do Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém, no período chuvoso (abril de 2012) e no período seco (outubro de 2012), pode ser observada respectivamente na **figura 5.37a** e na **figura 5.37b**. Nas duas campanhas é possível notar um comportamento bem semelhante, com teores de 0 a 10 mg/L, predominantes em quase toda a área, seguidos da faixa de 10 a 20 mg/L. Os teores mais elevados, ou seja, acima de 20 mg/L estão distribuídos ao longo da área de estudo em manchas pontuais.

Como era de se esperar, a distribuição espacial dos teores de dureza mantém uma perfeita semelhança com as distribuições espaciais do magnésio (**figuras 5.29a e 5.29b**).

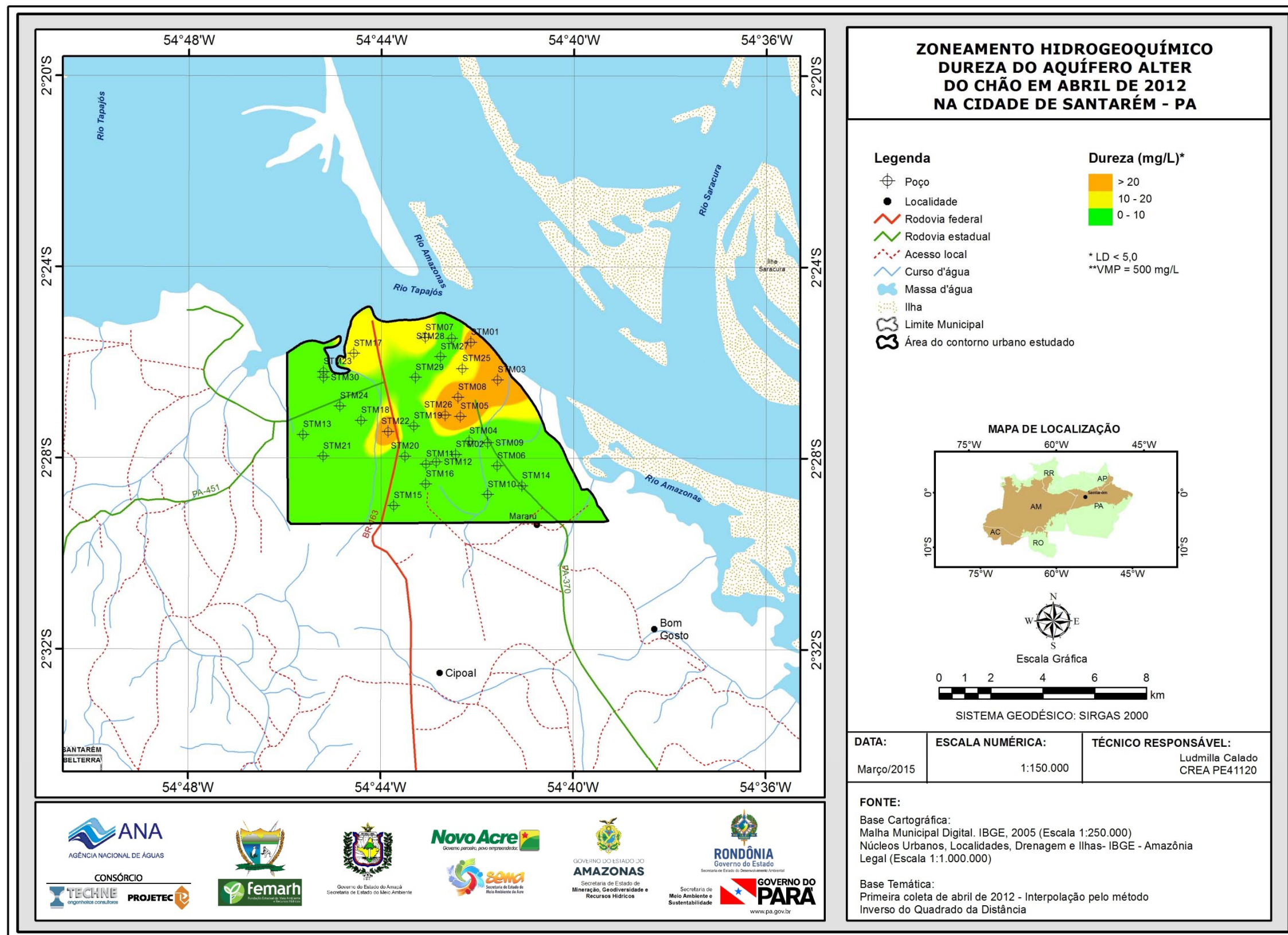


Figura 5.37a – Zoneamento de Dureza (mg/L em CaCO<sub>3</sub>) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.

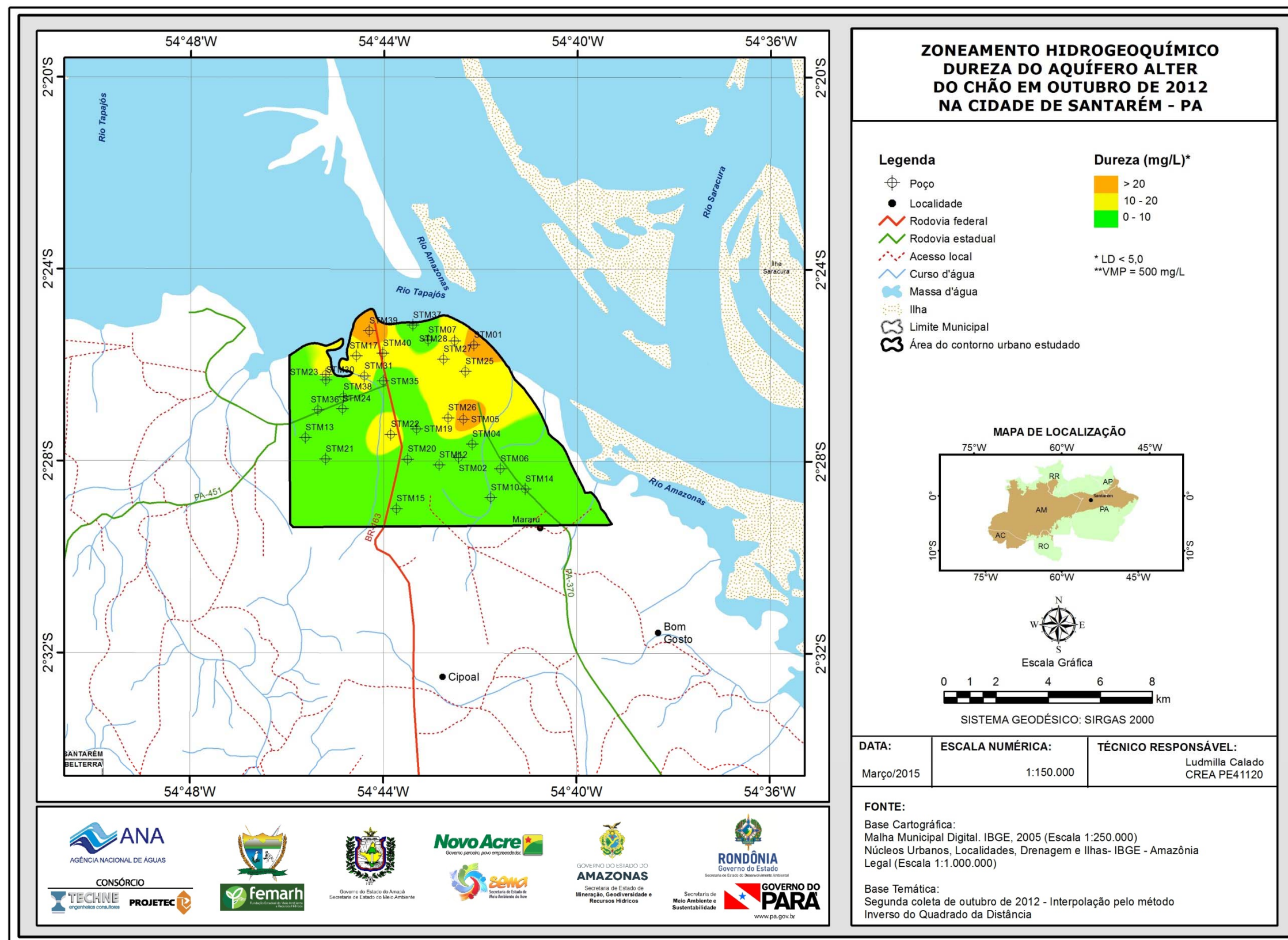


Figura 5.37b – Zoneamento de Dureza (mg/L em CaCO<sub>3</sub>) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.

### 5.2.11 – Compostos Nitrogenados

O nitrogênio é um componente importante no ciclo biogeoquímico, onde pode ser encontrado na matéria orgânica, como espécie dissolvida e gases. Os minerais contendo nitrogênio são, em geral, muito solúveis; por isso, são raros na natureza (Appelo & Postma, 1993).

O nitrogênio circula na atmosfera onde ocorrem reações redox catalisadas microbiologicamente; são as reações de oxidação do  $\text{NH}_4^+$  para  $\text{NO}_2^-$  e para  $\text{NO}_3^-$  (nitrificação) e reações redox do  $\text{NO}_3^-$  para  $\text{NO}_2^-$  e para  $\text{NH}_4^+$  (redução do nitrato e redução do nitrito), redução do  $\text{NO}_3^-$  para o  $\text{N}_{2(g)}$  (denitrificação) e redução do  $\text{N}_{2(g)}$  para  $\text{NH}_4^+$  (fixação de nitrogênio).

Os esgotos sanitários constituem geralmente a principal fonte de nitrogênio nas águas naturais, lançando nitrogênio orgânico devido à presença de proteínas e nitrogênio amoniacal, devido à hidrólise da uréia na água (Metcalf & Eddy, 1991).

A quantidade de nitrogênio na água pode indicar poluição recente ou remota. O nitrogênio pode estar presente sob as suas diversas formas compostas: orgânica, amoniacal, nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ); ele segue um ciclo desde o organismo vivo até à mineralização total, onde está presente sob a forma de nitrato.

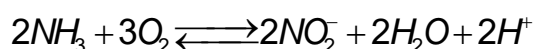
Assim, é possível avaliar o grau e a distância a uma fonte de poluição através das concentrações e das formas dos compostos nitrogenados presentes na água. Águas com predominância de nitrogênio orgânico e amoniacal são poluídas por descargas de esgotos próximos. Águas com concentrações de nitrato predominantes sobre nitrito e amônia indicam uma poluição remota, porque os íons nitratos são produtos finais de oxidação do nitrogênio.

Os nitratos são muito solúveis e por isso dificilmente precipitam. Eles tendem a estabilidade em meios redutores, podendo passar a  $\text{N}_2$  ou  $\text{NH}_4^+$  e, excepcionalmente, a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ). Esta redução é um fenômeno biológico produzido principalmente pelas bactérias Nitrossomas. A maioria dos compostos nitrogenados passa a  $\text{NO}_3^-$  em meio oxidante, enquanto o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) pode transformar-se parcialmente em  $\text{N}_2$ . O solo pode fixar nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), em especial através da vegetação.

A nitrificação é um processo de oxidação biológica da amônia sob a forma do íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) para nitrato (Snoeyink & Jenkins, 1980).



Caso a amônia esteja sob a forma gasosa ( $\text{NH}_3$ ) a nitrificação ou oxidação biológica a converterá em nitrito, através da reação:



As concentrações de nitrato nas águas naturais estão na faixa de 0,1 a 10 mg/L; porém, em águas muito poluídas, podem chegar a 200 mg/L; em alguns casos, em áreas influenciadas por aplicações excessivas de fertilizantes, as concentrações podem ser maiores que 600 mg/L.

Independente da sua origem, que também pode ser mineral, os nitratos em concentrações acima de 45 mg/L provocam em crianças a cianose ou methemoglobinemia, condições mórbidas associadas à descoloração da pele, em consequência de alterações no sangue.

Dessa forma, a Portaria MS 2914/2011 estabeleceu limites máximos de padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde humana, como 1,5 mg/L para Amônia, 1 mg/L para Nitrito e 10 mg/L para Nitrato.

A Resolução CONAMA 396/2008 também estabeleceu limites máximos aceitáveis para esses parâmetros, de acordo com os usos considerados preponderantes, como pode ser observado na **tabela 5.45**.

**Tabela 5.45** - Valores Máximos Permitidos (VMP) de nitrato e nitrito para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008).

Parâmetro	Usos Preponderantes da Água			
	Consumo Humano ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Dessedentação Animal ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Irrigação ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Recreação ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )
Nitrato (expresso em N)	10.000	90.000	-	10.000
Nitrito (expresso em N)	1.000	10.000	1.000	1.000

Nitrogênio inorgânico pode existir no estado livre como gás, nitrito, nitrato e amônia. Com exceção de algumas ocorrências como sais evaporíticos, o nitrogênio e seus compostos não são encontrados nas rochas da crosta terrestre. Nas águas subterrâneas os nitratos ocorrem em teores em geral abaixo de 5 mg/L e nitritos e amônia são ausentes, pois são rapidamente convertidos a nitrato pelas bactérias. Elevado teor de nitrito e amônia é sinal de poluição orgânica recente.

No sistema digestivo o nitrato é transformado em nitrosaminas, que são substâncias carcinógenas. Crianças com menos de três meses de idade possuem, em seu aparelho digestivo, bactérias que reduzem o nitrato a nitrito. Este se liga muito fortemente a moléculas de hemoglobina, impedindo-as de transportarem oxigênio para as células do organismo. A deficiência em oxigênio leva a danos neurológicos permanentes, dificuldade de respiração (falta de ar) e em casos mais sérios à morte por asfixia. Aos seis meses de idade, a concentração de ácido hidrocloreto aumenta no estômago, matando as bactérias redutoras de nitrato.

#### 5.2.11.1 – Nitrato

A **tabela 5.46** mostra a estatística descritiva dos teores de nitrato presentes nas águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão em Santarém nas duas campanhas de coleta de água realizadas. No período chuvoso, as concentrações de nitrato variam de 0,1 a 19,17 mg/L, com média de 7,08 mg/L e mediana de 4,79 mg/L. No período seco, os teores ficaram compreendidos entre 0,09 a 15,08 mg/L, com média de 6,19 mg/L e mediana de 6,02 mg/L.



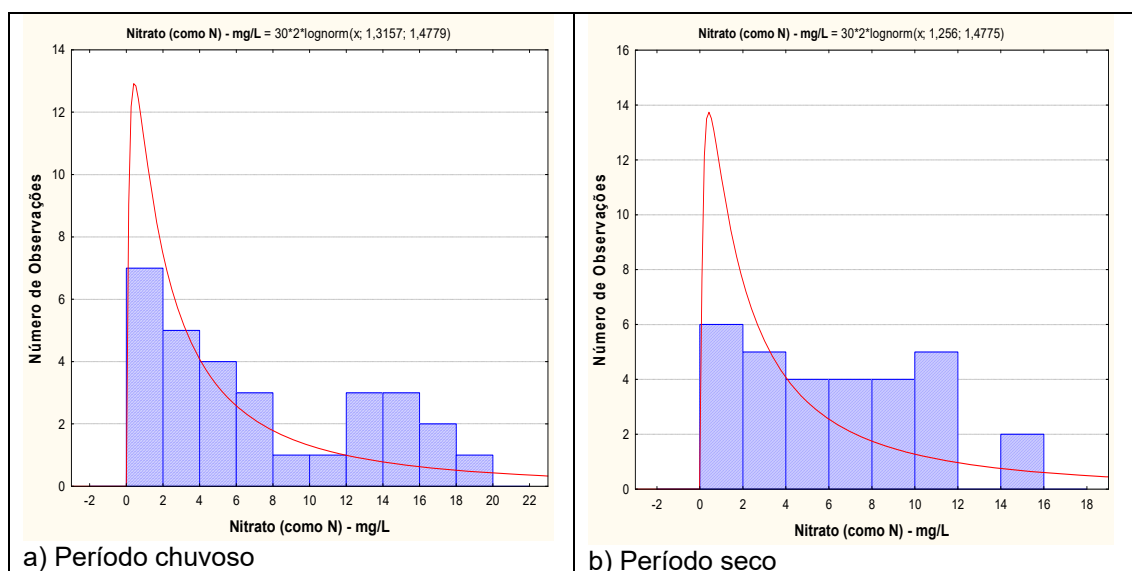
**Tabela 5.46** – Estatística descritiva do Nitrato do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) – outubro de 2012.

Nitrato	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
N-1	30	7,08	4,86	9,3	4,79	0,1	19,17	5,948	1,086	0,57
N-2	30	6,19	4,56	7,81	6,02	0,09	15,08	4,35	0,794	0,233

Na segunda campanha, 7% (2/30) das amostras apresentaram teores de nitrato abaixo do limite de detecção de 0,1 mg/L.

Dentre o total de amostras analisadas nas duas campanhas, 33% (10/30) dos poços no período chuvoso e 23% (7/30) no período de estiagem apresentaram valores que ultrapassaram o VMP de potabilidade recomendável pela Portaria MS 2914/2011, além de não serem indicadas para consumo humano e para recreação, segundo a Resolução CONAMA 396/2008. Porém, todas as amostras analisadas nas duas campanhas poderiam ser utilizadas para a dessedentação animal, haja vista que não ultrapassaram os limites definidos pela Resolução citada.

Os histogramas de frequência de nitrato (**figura 5.38**), representativos dos pontos amostrados nas coletas de abril e outubro de 2012, foram modelados por uma função de distribuição de probabilidade lognormal, que permitiu estimar, com risco calculado, valores de nitrato nas duas campanhas, conforme apresentado na **tabela 5.47**, onde se verificou que os valores do período chuvoso são maiores do que os do período seco, o que reflete alguma influência de sazonalidade, pois a razão das duas campanhas é superior a 1 (um).



**Figura 5.38** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Nitrato do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Segundo Mello *et al.* (1984), o nitrato e o nitrito são substâncias químicas derivadas do nitrogênio e são encontrados de forma natural na água e no solo em baixas concentrações. A deposição de matéria orgânica no solo, como acontece quando se utiliza fossas e sumidouros, aumenta drasticamente a

quantidade de nitrogênio. Esse nitrogênio é biotransformado e por fim se transforma na substância inorgânica denominada nitrato que possui grande mobilidade no solo alcançando o manancial subterrâneo. O nitrato, por possuir essas características, se torna um ótimo indicativo para avaliar se um dado manancial subterrâneo está sendo contaminado pela atividade antrópica sobre ele exercida.

**Tabela 5.47** – Distribuição de probabilidade do Nitrato do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) – outubro de 2012.

P(x≥a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
N-1	3,7274	1,0745	0,5608	0,3278	0,1791	0,1197
N-2	3,5113	1,0126	0,5286	0,3090	0,1689	0,1129
Razão	1,062	1,061	1,061	1,061	1,061	1,061

Diante disso, fica evidente que os valores de nitrato encontrados nas águas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, superiores aos limites permitidos para consumo humano se devem também a contaminação oriunda da ausência de saneamento básico, cuja propagação é possivelmente mais fácil no período chuvoso.

#### **Zoneamento do Nitrato**

A distribuição espacial dos teores de nitrato nas águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, tanto no período chuvoso (**figura 5.39a**) quanto no período de estiagem (**figura 5.39b**), é caracterizada basicamente por valores compreendidos entre 0,01 a 5 mg/L, seguida da faixa de 5 a 10 mg/L.

Apesar da maioria dos poços apresentarem valores baixos de nitrato, alguns poços ultrapassaram o limite de potabilidade estabelecido pela Portaria MS 2914/2011, os quais podem ser observados em ambas as campanhas pela representação da última faixa de valores (>10 mg/L).

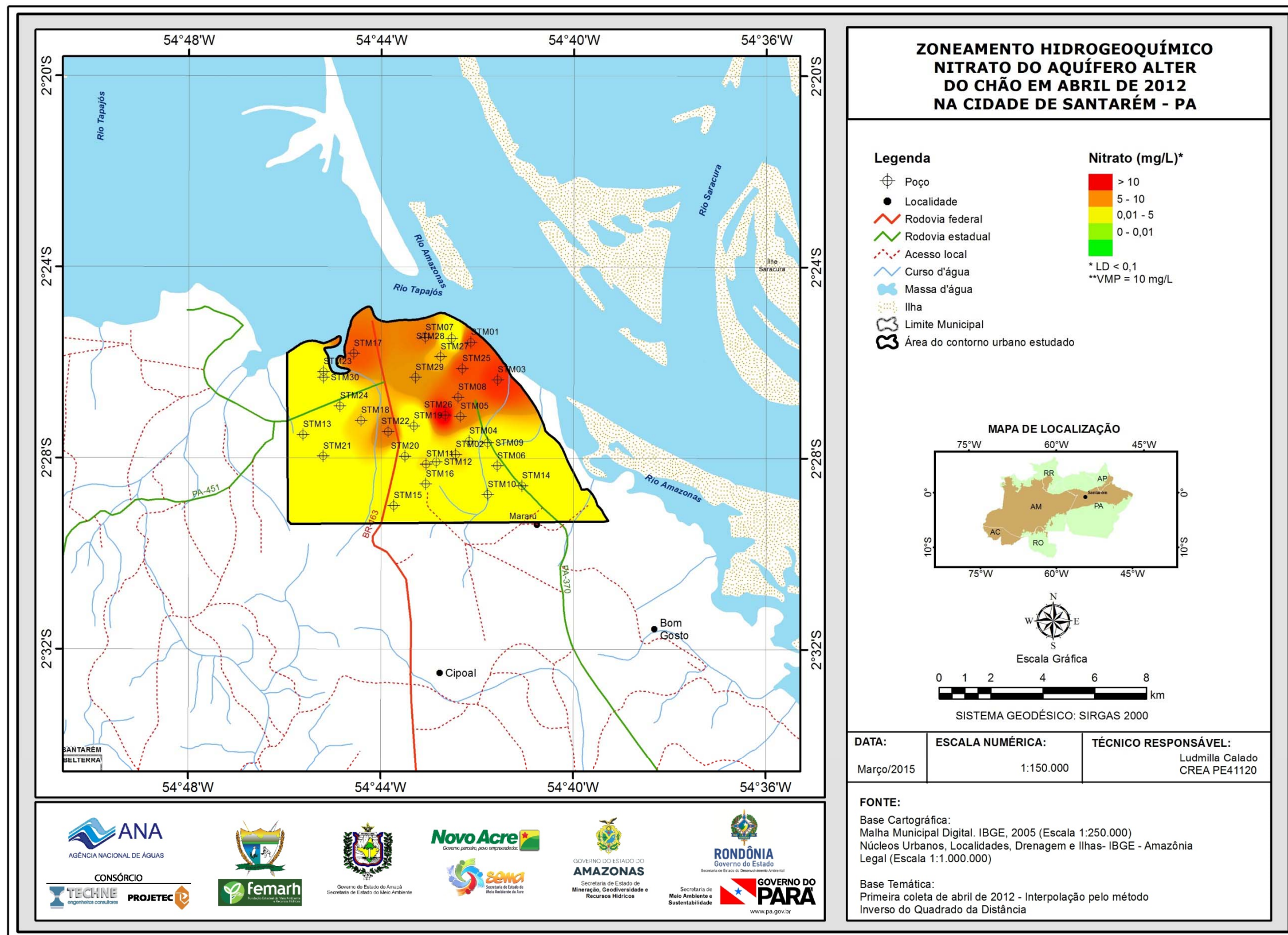


Figura 5.39a – Zoneamento de Nitrato (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.

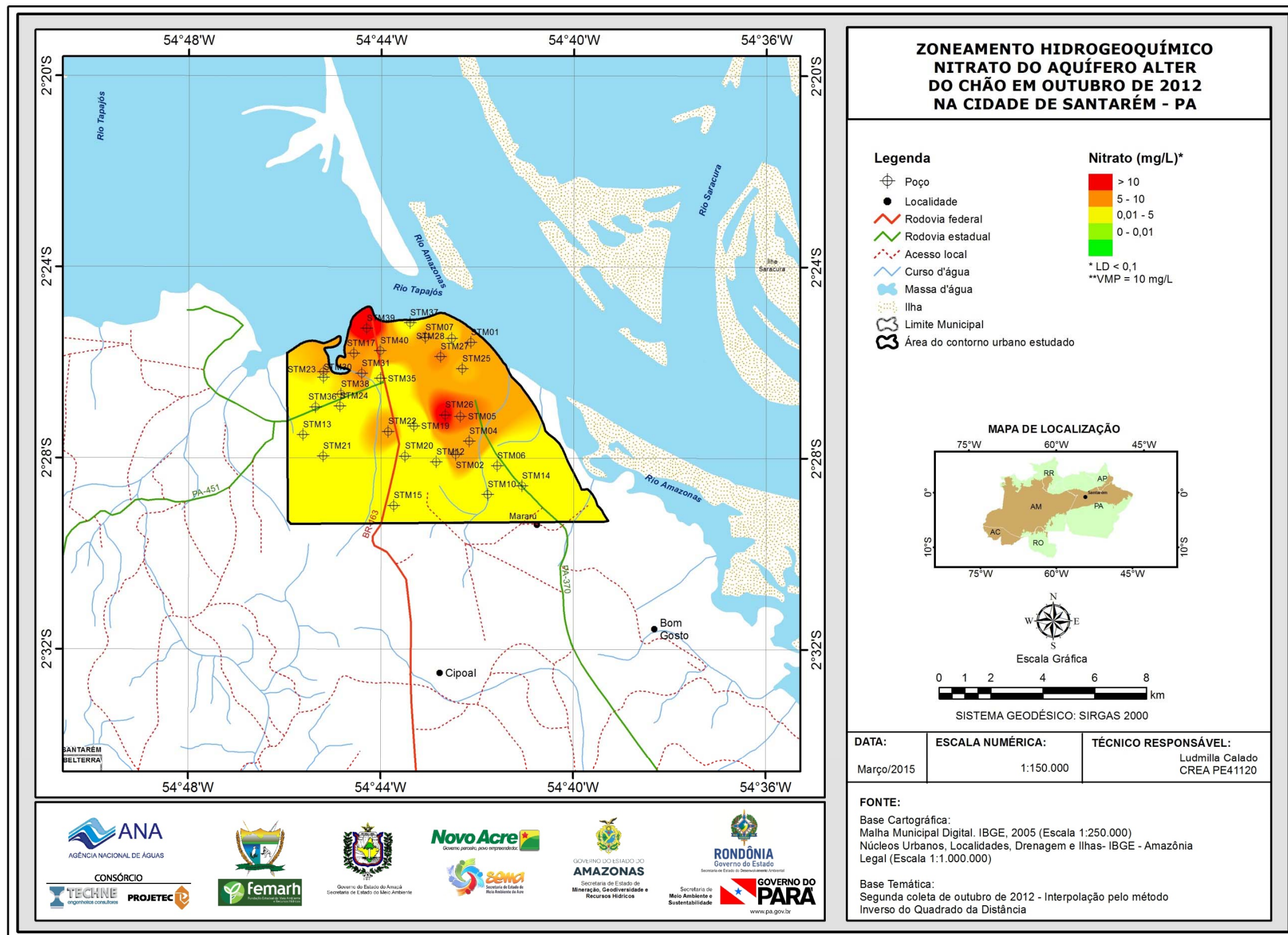


Figura 5.39b – Zoneamento de Nitrato (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.

### 5.2.11.2 – Nitrito

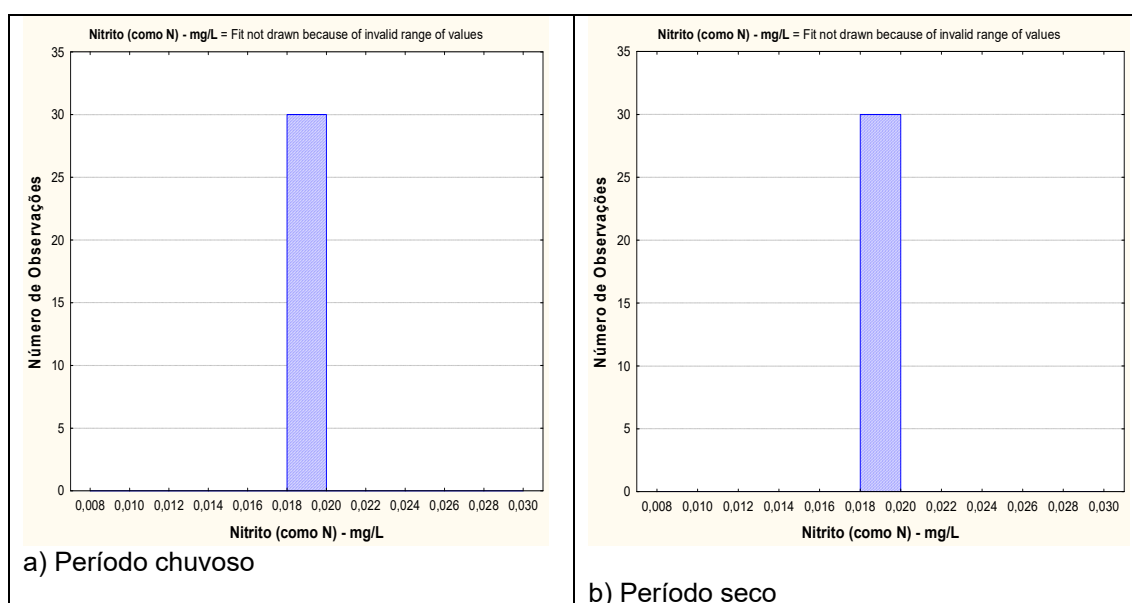
A **tabela 5.48** mostra a estatística descritiva dos teores de nitrito presentes nas águas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, nas duas campanhas de amostragem realizadas. Em ambas as campanhas de amostragem, 100% (30/30) das amostras apresentaram teores de nitrito abaixo do limite de detecção, ou seja, resultados inferiores a 0,02 mg/L.

Desse modo, observa-se que a ocorrência de nitrogênio sob a forma de nitrito é desprezível, haja vista que não existiram valores quantificáveis. Todas as amostras analisadas nas duas coletas apresentaram teores de nitrito dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria MS 2914/2011 de 1 mg/L, assim como, poderiam ser usadas para o consumo humano, dessedentação de animais, irrigação e recreação, de acordo com a Resolução CONAMA 396/2008 em relação a esse parâmetro.

**Tabela 5.48** – Estatística descritiva do Nitrito do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) – outubro de 2012.

Nitrito	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
N-1	30	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	7,06E-18	1,28E-18	-1,05
N-2	30	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	7,06E-18	1,28E-18	-1,05

Em relação aos histogramas de frequência de nitrito (**figura 5.40**), representativos dos pontos amostrados nas coletas de abril e outubro de 2012, não houve necessidade de modelagem desse parâmetro por uma função de distribuição de probabilidade, pois todos os valores são constantes (abaixo do limite de detecção). Desse modo, observa-se que não há influência da sazonalidade nos teores de nitrito, haja vista que a razão entre as duas coletas é igual a 1 (um) como apresenta a **tabela 5.49**.



**Figura 5.40** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Nitrito do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Os baixos teores de nitrito encontrados nas águas do Aquífero Alter do Chão são coerentes, pois de acordo com Campos & Rohlfs (2010), nas águas subterrâneas os nitratos ocorrem em teores, geralmente, abaixo de 5 mg/L, enquanto que nitritos e amônia são ausentes, devido à velocidade com que são convertidos em nitrato pelas bactérias.

**Tabela 5.49** – Distribuição de probabilidade do Nitrito do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) – outubro de 2012.

P(x≥a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
N-1	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
N-2	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
Razão	1	1	1	1	1	1

### **Zoneamento do Nitrito**

A distribuição espacial dos teores de nitrito nas águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso (**figura 5.41a**) e no período de estiagem (**figura 5.41b**), é caracterizada por 100% (30/30) de valores abaixo do limite de detecção de 0,02 mg/L.

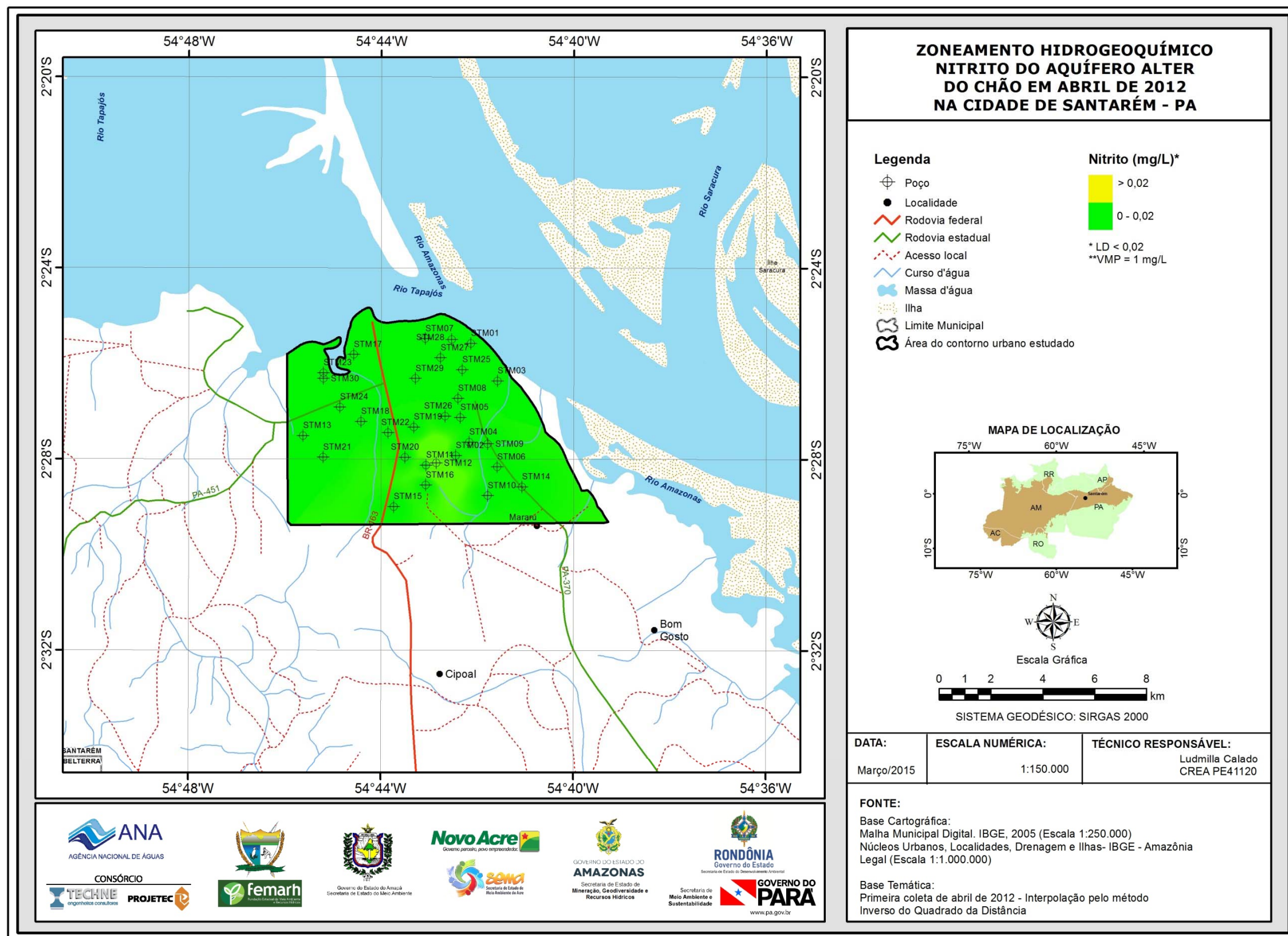


Figura 5.41a – Zoneamento de Nitrito (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.

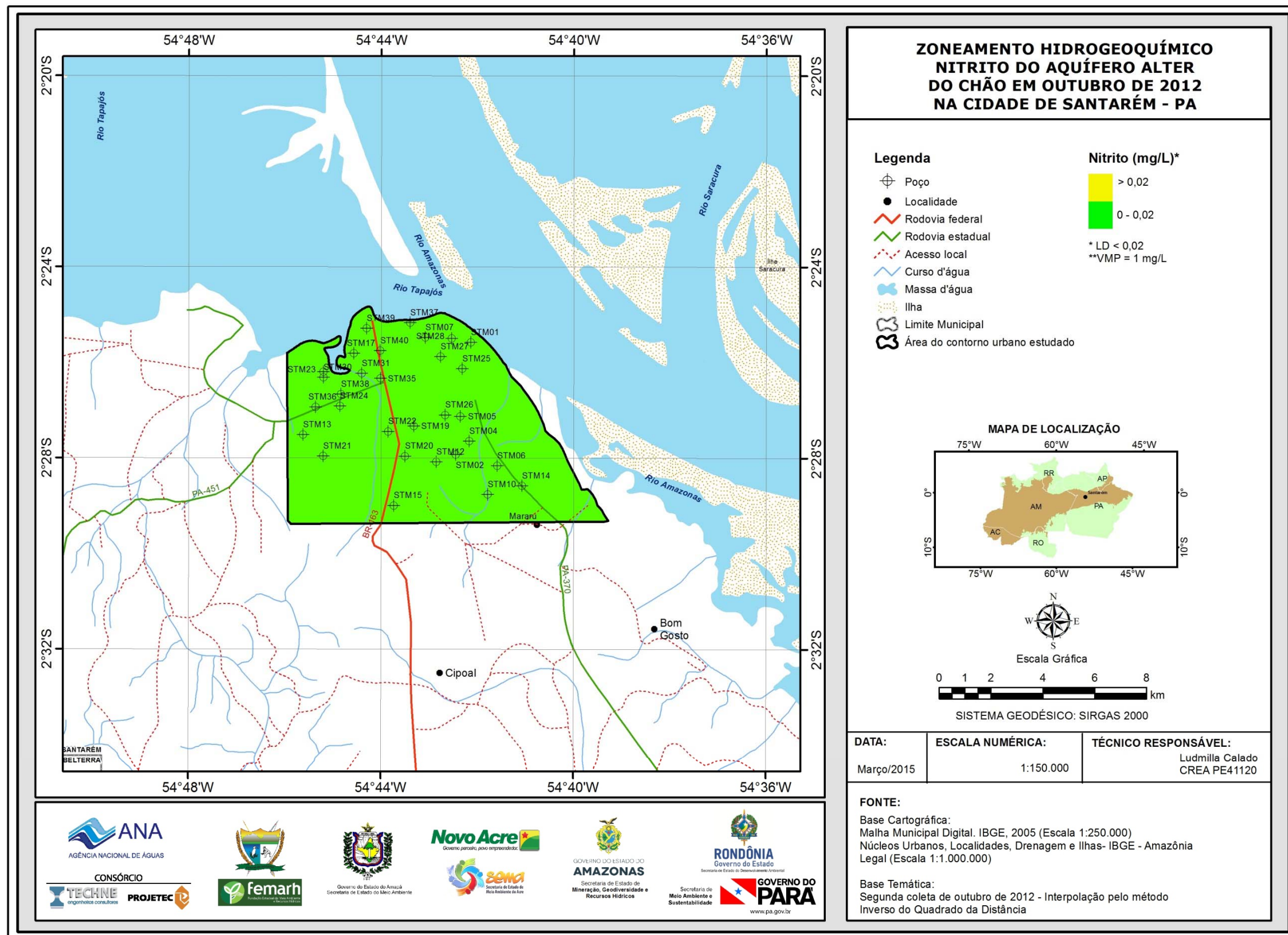


Figura 5.41b – Zoneamento de Nitrito (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.



### 5.2.11.3 – Amônia

A **tabela 5.50** mostra a estatística descritiva dos teores de amônia presentes nas águas do Aquífero Alter do Chão, em Santarém, nas duas campanhas de coleta de água realizadas. No período chuvoso, as concentrações de amônia variam de 0,09 a 0,95 mg/L, com média de 0,1306 mg/L e mediana de 0,09 mg/L. No período seco, os teores ficaram compreendidos entre 0,09 a 1,7 mg/L, com média de 0,235 mg/L e mediana de 0,09 mg/L.

**Tabela 5.50** – Estatística descritiva da Amônia do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (A-1) - abril de 2012 e no período seco (A-2) – outubro de 2012.

Amônia	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
A-1	30	0,1306	0,06	0,19	0,09	0,09	0,95	0,168	0,03	4,515703
A-2	30	0,235	0,07	0,39	0,09	0,09	1,7	0,426	0,077	2,971447

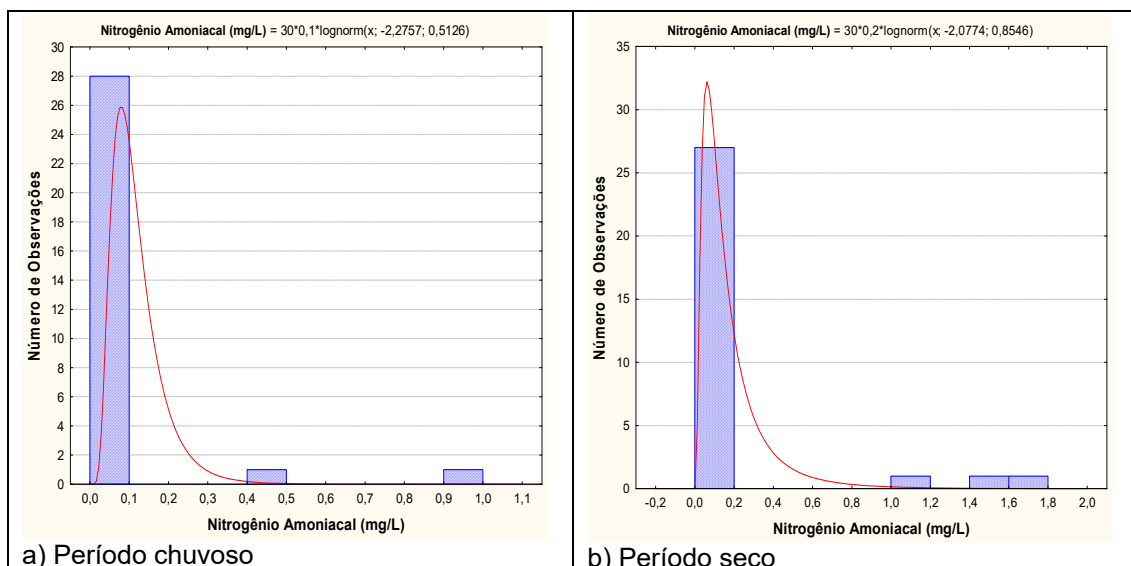
Na coleta de abril de 2012, 93% (28/30) das amostras apresentaram valores de amônia inferiores ao limite de detecção de 0,1 mg/L; enquanto que na coleta de outubro de 2012, 83% (25/30) dos poços tiveram resultados de amônia abaixo do limite de detecção.

Na segunda campanha, 7% (2/30) das amostras apresentaram valores que ultrapassaram o VMP recomendável pela Portaria MS 2914/2011 para consumo humano de 1,5 mg/L. Trata-se dos poços STM39 (1,6 mg/L) e STM17 (1,7 mg/L).

Os histogramas de frequência de amônia ilustrados na **figura 5.42** nos dois períodos de amostragem foram modelados por uma função de distribuição de probabilidade lognormal. Esse modelo de fdp revela um viés estatístico para amônia com diferentes riscos, não sendo possível avaliar de modo conclusivo a influência da sazonalidade por meio da modelagem geoestatística (**tabela 5.51**). Sendo assim, com base nos dados de média e valores máximos observa-se que os teores de amônia no período de estiagem são superiores aos do período chuvoso, o que sugere influência da sazonalidade.

Isto provavelmente ocorre, pois a área de estudo é urbanizada e quase totalmente desprovida de esgotamento sanitário, de modo que com a cessação do período de chuvas, a constante renovação das águas é diminuída, bem como a diluição dos elementos ali presentes, o que ocasiona o incremento dos teores de amônia no período seco.

A rigor, considerando que 93% (28/30) dos valores no período chuvoso e 83% (25/30) no período de estiagem ficam abaixo do LD, não há muita razão para inferir uma influência da sazonalidade para a presença de amônia nas águas subterrâneas em Santarém. Na verdade, apenas 7% (2/30) dos poços no período chuvoso apresentaram valores de amônia acima do LD (poços STM17 e STM22); enquanto que no período de estiagem a representação foi de 17% (5/30) nos poços STM14, STM17, STM22, STM23 e STM39. Portanto essa presença provavelmente melhor se caracteriza como resultante de influências antrópicas, como por exemplo, ausência de esgotamento sanitário na região associada a problemas construtivos e sanitários dos poços acima descritos.



**Figura 5.42** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade da Amônia do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

De modo geral, os teores de amônia obtidos nas duas campanhas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, foram muito baixos, o que pode significar que os teores desse parâmetro oriundos dos dejetos das fossas sépticas estão sendo convertidos em nitrato, o que justifica alguns teores de nitrato superiores ao padrão de potabilidade permitido pela Portaria MS 2914/2011.

**Tabela 5.51** – Distribuição de probabilidade da Amônia do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (A-1) - abril de 2012 e no período seco (A-2) – outubro de 2012.

P(x≥a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
A-1	0,1027	0,0667	0,0533	0,0442	0,0358	0,0312
A-2	0,1253	0,0610	0,0419	0,0307	0,0217	0,0172
Razão	0,820	1,094	1,271	1,439	1,655	1,817

### **Zoneamento da Amônia**

A distribuição espacial dos teores de amônia nas águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, tanto no período chuvoso (**figura 5.43a**) quanto no período de estiagem (**figura 5.43b**), é caracterizada predominantemente pela faixa de valores abaixo do limite de detecção, ou seja, <0,1 mg/L, seguido da faixa de 0,1 a 1,5 mg/L. Os valores de amônia acima do VMP estabelecido pela Portaria MS 2914/2011 podem ser observados na faixa >1,5 mg/L na segunda campanha.

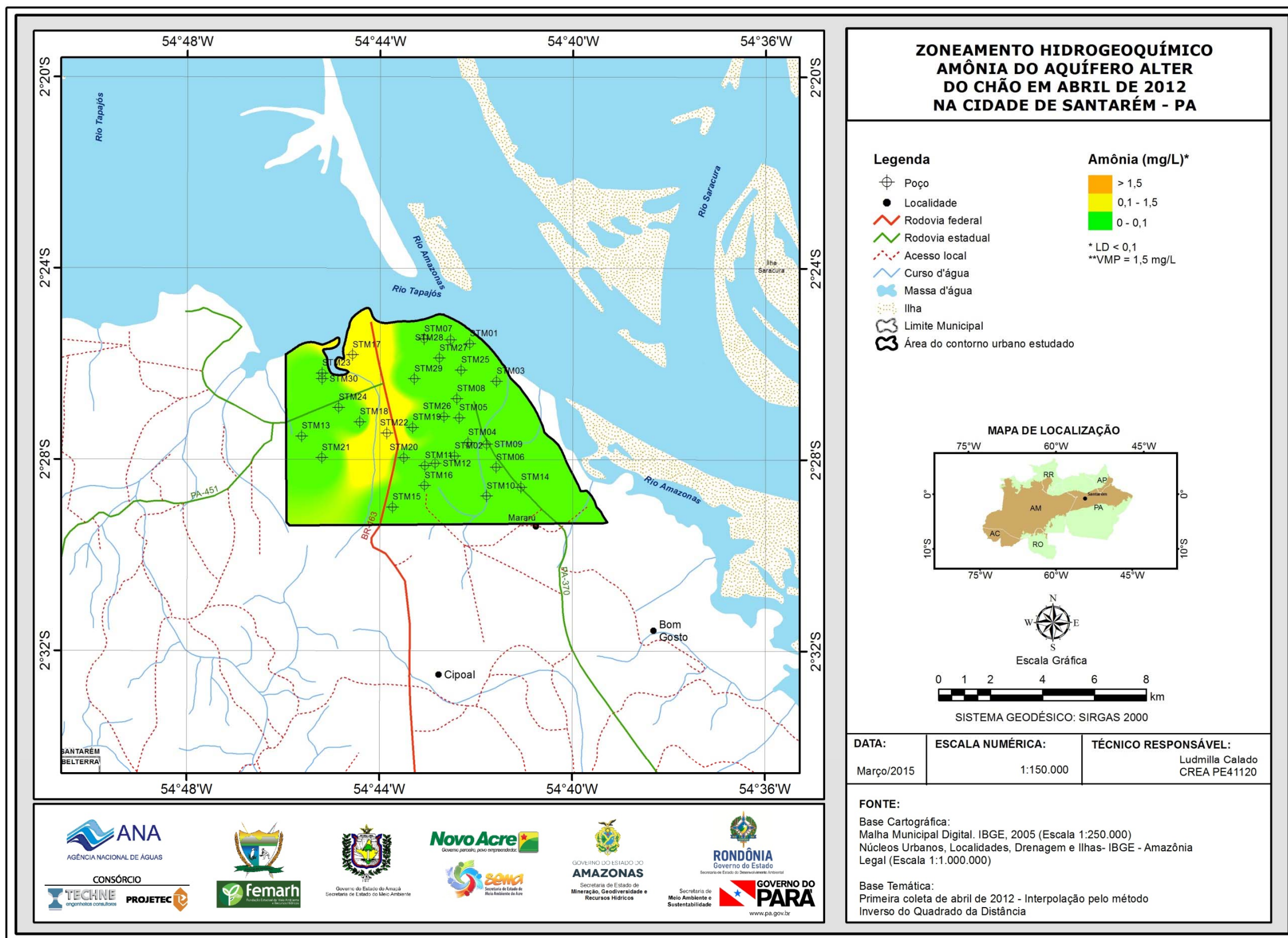


Figura 5.43a – Zoneamento da Amônia (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.

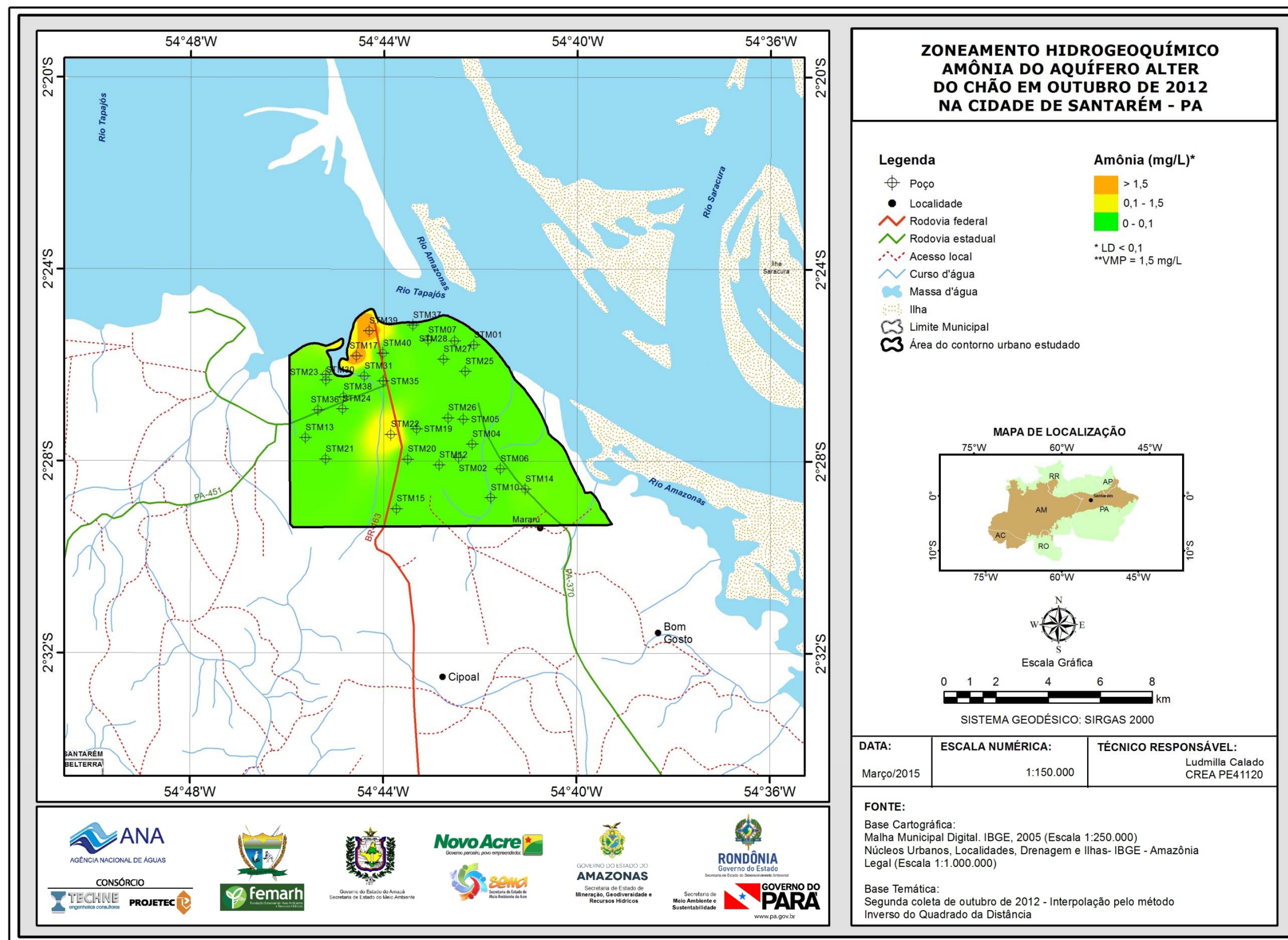


Figura 5.43b – Zoneamento da Amônia (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.

## 5.2.12 – Ferro e Manganês

Ferro e manganês são elementos que apresentam comportamento químico muito parecido na natureza e, em virtude de afinidades geoquímicas quase sempre ocorrem juntos.

As fontes de ferro são minerais escuros (máficos) portadores de Fe: magnetita, biotita, pirita, piroxênios e anfibólios. No estado ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) forma compostos solúveis, principalmente hidróxidos. Em ambientes oxidantes o  $\text{Fe}^{2+}$ , passa a  $\text{Fe}^{3+}$ , dando origem ao hidróxido férrico, que é insolúvel e se precipita, tingindo fortemente a água. Não apresentam inconveniente à saúde nas concentrações normalmente encontradas, mas águas com altas concentrações desses metais lhe conferem coloração amarelada, acarretando sabor amargo e adstringente (Parron *et al.*, 2011).

A presença do manganês se deve a óxidos e hidróxidos, tais como hornblenda e biotita. Elemento principal da rodocrosita. É detectável em pequenas quantidades na água subterrânea, concentrações acima de 1 mg/L são raras, mas valores como 0,05 mg/L terão efeito adverso na potabilidade da água (Celligoi, 1999).

O ferro e o manganês estão presentes nas formas insolúveis numa grande quantidade de solos. Na ausência de oxigênio dissolvido como, por exemplo, água subterrânea ou fundo de lagos, eles se apresentam na forma solúvel. Caso a água contendo as formas reduzidas de ferro e manganês seja exposta ao ar atmosférico, o ferro e o manganês voltam a se oxidar às suas formas insolúveis (Schwarzbach & Morandi, 2000).

A Portaria MS 2914/2011 estabeleceu limites máximos de padrão organoléptico de potabilidade para ferro e manganês, como sendo o de 0,3 mg/L e 0,1 mg/L, respectivamente.

A Resolução CONAMA 396/2008, também estabeleceu limites máximos aceitáveis para esses parâmetros, de acordo com os usos considerados preponderantes, como pode ser observado na **tabela 5.52**.

**Tabela 5.52** - Valores Máximos Permitidos (VMP) de ferro e manganês segundo os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008).

Parâmetro	Usos Preponderantes da Água			
	Consumo Humano ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Dessedentação Animal ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Irrigação ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Recreação ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )
Ferro	300	-	5.000	300
Manganês	100	50	200	100

Nas águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém, foram encontrados, nas duas campanhas de amostragem realizadas no ano de 2012 no Projeto PHA, teores muito elevados desses metais. A principal razão para as altas concentrações detectadas é o intemperismo químico regional resultante da alta pluviosidade, elevadas temperaturas e acidez das águas, que ao longo do tempo geológico causaram a decomposição das rochas com a remoção de muitos dos seus elementos químicos, como potássio, sódio, cálcio e outros, lixiviando os solos e deixando outros elementos como ferro e o manganês, após dissolução inicial, presentes em forma solúvel ou consolidados como óxidos e hidróxidos em um processo que chega a formar carapaças de laterita e de minério de manganês.

### 5.2.12.1 – Ferro

A estatística descritiva dos teores de ferro nas águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, em Santarém (**tabela 5.53**), mostra para o período chuvoso valores compreendidos entre 0,00009 e 0,85 mg/L, com média de 0,09 mg/L e mediana de 0,01 mg/L. No período seco, os teores variaram de 0,004 mg/L a 1,33 mg/L, com média de 0,1 mg/L e mediana de 0,02 mg/L.

**Tabela 5.53** – Estatística descritiva do Ferro do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Fe-1) - abril de 2012 e no período seco (Fe-2) – outubro de 2012.

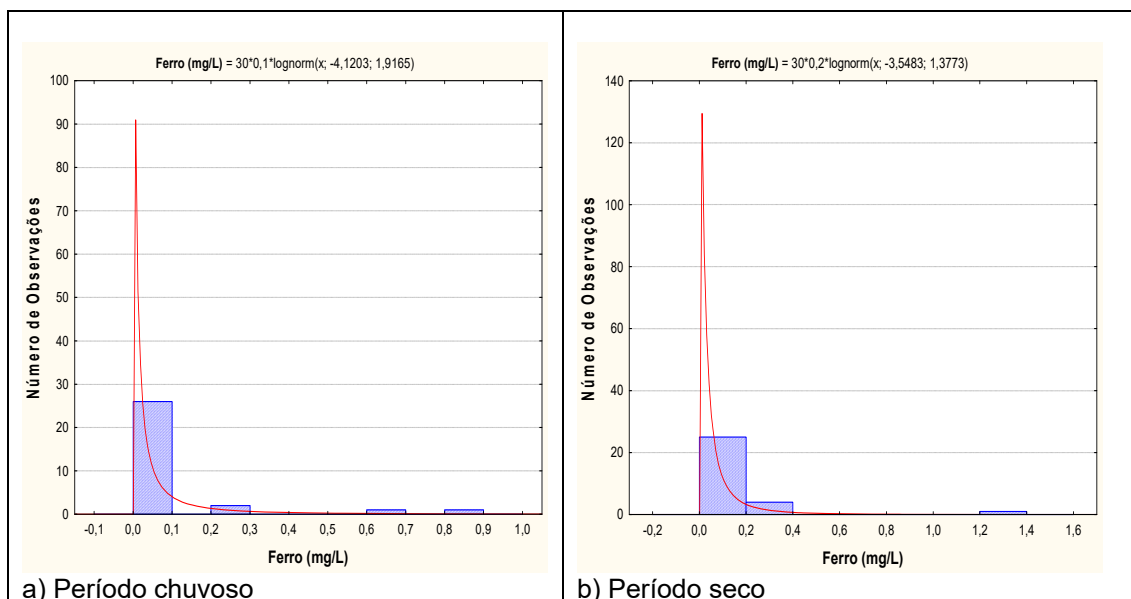
Fe	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Fe-1	30	0,09	0,01	0,16	0,01	0,00009	0,85	0,198	0,036	3,148
Fe-2	30	0,1	0,01	0,19	0,02	0,00401	1,33	0,25	0,045	4,612

Na primeira campanha, 3% (1/30) das amostras apresentou teor de ferro abaixo do limite de detecção de 0,0001 mg/L.

Dentre o total de amostras analisadas nas duas campanhas, 7% (2/30) dos poços no período chuvoso e 3% (1/30) no período de estiagem apresentaram valores que ultrapassaram o VMP de potabilidade recomendável pela Portaria MS 2914/2011, além de não serem indicadas para consumo humano e para recreação, segundo a Resolução CONAMA 396/2008. Porém, todas as amostras analisadas nas duas campanhas poderiam ser utilizadas para a irrigação, haja vista que não ultrapassaram os limites definidos pela Resolução citada.

Os histogramas de frequência de ferro (**figura 5.44**), representativos dos pontos amostrados nas coletas de abril e outubro de 2012, foram modelados por uma função de distribuição de probabilidade lognormal. Essa função permitiu estimar, com risco calculado, os valores de ferro no Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém (**tabela 5.54**), onde se verificou que os valores do período seco são maiores do que os do período chuvoso, o que reflete alguma influência de sazonalidade, pois a razão das duas campanhas é inferior a 1 (um).

No caso de Santarém, os valores de ferro mais elevados na estiagem são consistentes, pois a zona de aeração, que no período chuvoso se encontra quase totalmente saturada por águas de infiltração em movimento, volta a ter espaços vazios preenchidos por oxigênio, o que, conseqüentemente, eleva o valor de Eh produzindo a oxidação do ferro.



**Figura 5.44** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Ferro do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

De modo geral, os teores de ferro no aquífero Alter do Chão, em Santarém, são baixos, quando comparados aos demais aquíferos estudados no âmbito do Projeto PHA, como, por exemplo, o aquífero Rio Branco, onde os teores de ferro variam de 0,016 a 10,17 mg/L e 0,04 a 24,63 mg/L, respectivamente para os períodos chuvoso e seco.

De acordo com Tancredi (1996) o teor de ferro relativamente baixo reflete a elevada taxa de circulação (renovação) da água subterrânea no sistema hidrológico da Formação Alter do Chão.

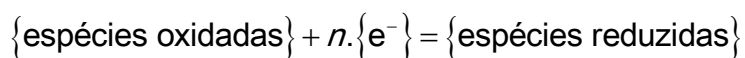
**Tabela 5.54** – Distribuição de probabilidade do Ferro do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Fe-1) - abril de 2012 e no período seco (Fe-2) – outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Fe-1	0,0162	0,0032	0,0014	0,0007	0,0003	0,0002
Fe-2	0,0288	0,0090	0,0049	0,0030	0,0017	0,0012
Razão	0,564	0,358	0,283	0,232	0,186	0,161

### **Os altos teores de ferro dissolvido na água subterrânea em Santarém**

Em primeiro lugar convém fazer uma distinção entre os “processos de intemperismo” das rochas na região amazônica, que ocorrem desde, pelo menos, do Neomioceno até o presente, e respondem pela formação de depósitos de concentração residual (por exemplo, laterita, bauxita), e os “processos redox”, graças aos quais, o alumínio e o ferro residuais do intemperismo (insolúveis em água) podem ser transportados em solução. Ou seja, os altos teores de ferro dissolvido na água subterrânea não resultam diretamente do processo de intemperismo químico das rochas, mas das condições de pH e Eh em águas ácidas reduzidas.

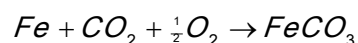
Segundo Merkel & Friedrich (2008) as equações de oxi-redução ou redox desempenham um papel importante em todas as interações presentes em sistemas aquosos. Uma reação redox é considerada como uma transferência de elétrons e obedece à seguinte reação geral:



$n$  = número de elétrons ( $e^{-}$ ).

Na Amazônia as águas superficiais são ácidas e constituem um dos principais agentes do intemperismo químico. A acidez dessas águas pode resultar da oxidação de sulfetos (pirita), gerando  $H_2SO_4$  (ácido sulfúrico); da dissolução do dióxido de carbono da atmosfera, formando  $H_2CO_3$  (ácido carbônico) diluído; da presença de ácidos húmicos gerados por processos biológicos de degradação da matéria orgânica nos solos.

O ferro aparece principalmente em águas subterrâneas devido à dissolução do minério (resíduo do intemperismo das rochas) pelo gás carbônico da água, conforme a equação:



O carbonato ferroso é solúvel e frequentemente encontrado em águas de poços contendo elevados níveis de concentração (CETESB, 2009).

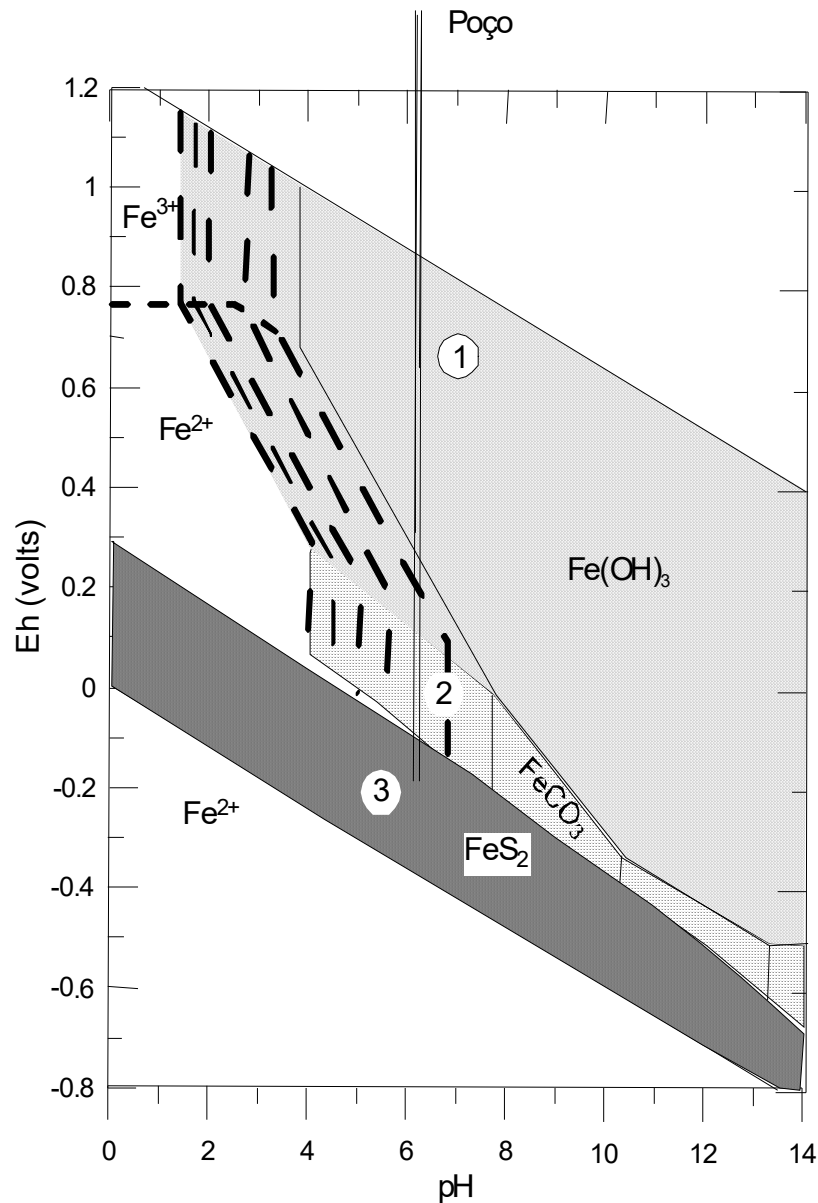
Portanto, a explicação para os elevados teores de ferro dissolvido nas águas subterrâneas em Santarém é que eles resultam de reações de oxi-redução, como fica demonstrado pela modelagem do equilíbrio do ferro nas águas subterrâneas (Snoeyink & Jenkins, 1980), através de um diagrama pH-Eh incluindo a interação de espécies do ferro com sulfeto e bicarbonato. Esse diagrama também é chamado de diagrama de estabilidade ou diagrama de espécies predominantes para cada sistema redox.

A solubilidade do ferro em relação a pH e Eh a 25°C e 1 atm é ilustrada no diagrama da **figura 5.45**, segundo Hem (1960). A figura foi desenhada para uma concentração molar especificada de carbono inorgânico total ( $C_{T,CO_3} = 10^{-3} M$ ) e um teor de enxofre inorgânico total ( $C_{T,S} = 10^{-4} M$ ). Notar que a região do hidróxido ferroso ( $Fe(OH)_2$ ) foi reduzida de tamanho pelas espécies  $FeS_2(s)$  (dissulfeto de ferro) e  $FeCO_3(s)$  (carbonato ferroso). Outra feição desse particular diagrama é a apresentação de diversos limites entre fases sólidas e em solução, cada uma representando uma concentração diferente de ferro permissível. Esses limites variam de 10 M (570 g de Fe/litro) a  $10^{-5} M$  (0,57 mg de Fe/litro).

Para um dado pH constante, o diagrama revela uma região superior de  $Fe(OH)_3$  (hidróxido férrico), uma região intermediária de  $FeCO_3$  (carbonato ferroso) e uma região inferior de  $FeS_2$  (dissulfeto de ferro).

Esse diagrama e suas regiões pode ser visualizado, ao longo da vertical, como um “poço virtual” tendo 3 (três) entradas de água, indicadas como 1, 2 e 3 (**figura 5.45**).

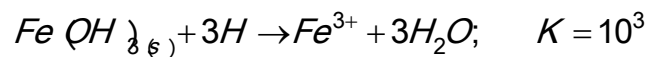




**Figura 5.45** – Diagrama pH-Eh ilustrando a solubilidade do ferro em relação a pH, em 3 (três) zonas, para  $C_{T,S} = 10^{-4} M$  ;  $C_{T,CO_3} = 10^{-3} M$  , segundo Hem (1960). Adaptado de Snoeyink & Jenkins (1980).

### Região Superior

A primeira entrada seria equivalente à de um poço raso que tivesse a sua fonte de água na zona de aeração ou insaturada. Nessa zona, o ferro está quase em equilíbrio com o oxigênio da atmosfera e o seu teor na água é governado pela reação da mesma com o óxido de ferro sólido,  $Fe(OH)_{3(s)}$ . O teor de ferro na água é, portanto, governado pelo equilíbrio:



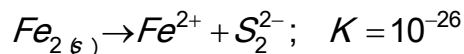
A equação para o teor de ferro (mol/L) em função do pH é dada por:

$$\log[Fe^{3+}] = 4 - 3pH$$

Logo, nessa região, para um pH de 5, a concentração de ferro em equilíbrio na solução será de apenas  $10^{-11} M$  ( $0,0057 \mu g$  de  $Fe^{3+}/L$ ). Aí as águas têm baixo pH porque elas se encontram na zona biologicamente ativa do solo, onde existe uma considerável produção de  $CO_2$ .

### **Região Inferior**

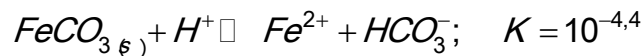
A terceira entrada seria para um poço profundo que capta água que está em equilíbrio com o mineral pirita  $FeS_{2(s)}$ . Nessa zona aquífera o ferro se encontra na forma de ferroso e o enxofre na forma de sulfeto, precipitando dissulfeto de ferro. O teor de ferro da água do poço seria controlado pela reação:



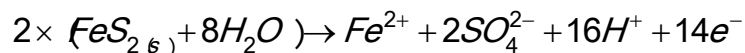
Essa reação, caso o  $S_2^{2-}$  seja a única espécie, produzirá um teor de ferro em solução inferior a  $1 \mu g$  de  $Fe^{2+}/L$ . Ou seja, águas desse tipo apresentam baixo teor de ferro e de sulfato.

### **Região Intermediária**

A segunda entrada de água do poço se encontra numa zona intermediária entre as regiões do óxido de ferro III e do dissulfeto de ferro. Essa zona é a do carbonato ferroso ( $FeCO_{3(s)}$ ) e o mineral que controla a concentração de ferro dissolvido é geralmente o mineral siderita.



As águas nessa região apresentam altos teores de ferro dissolvido em comparação com as duas outras zonas para um dado pH. Além disso, nessa zona ocorre um aumento na concentração de sulfato na água do poço porque a formação dessa região pode ser tratada como uma oxidação do sulfeto de ferro ( $FeS_{2(s)}$ ) para sulfato ferroso.



No que concerne à qualidade da água, essa modelagem traz importante contribuição para o projeto e construção de poços. Por exemplo, a água de poços na zona de  $Fe(OH)_3(s)$  apresenta altos teores de  $CO_2$  e baixos valores de pH, sendo potencialmente corrosiva. Em poços perfurados que penetram na zona de  $FeS_{2(s)}$  o revestimento deve se estender até abaixo da mesma, para evitar o contato com o oxigênio. Além disso, o próprio revestimento nessa zona deve ser cimentado para evitar a corrosão.

### ***Zoneamento do Ferro***

O teor de ferro nas águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, no período chuvoso (abril de 2012) e no período de estiagem (outubro de 2012), mostrado respectivamente pela **figura 5.46a** e **figura 5.46b**, se distribui em 3 (três) faixas, sendo as duas primeiras mais frequentes, a com valores inferiores a 0,1 mg/L, seguida de 0,1 a 0,3 mg/L; e a terceira faixa, representada por teores acima do VMP de 0,3 mg/L, que se distribui ao longo da área em manchas isoladas.

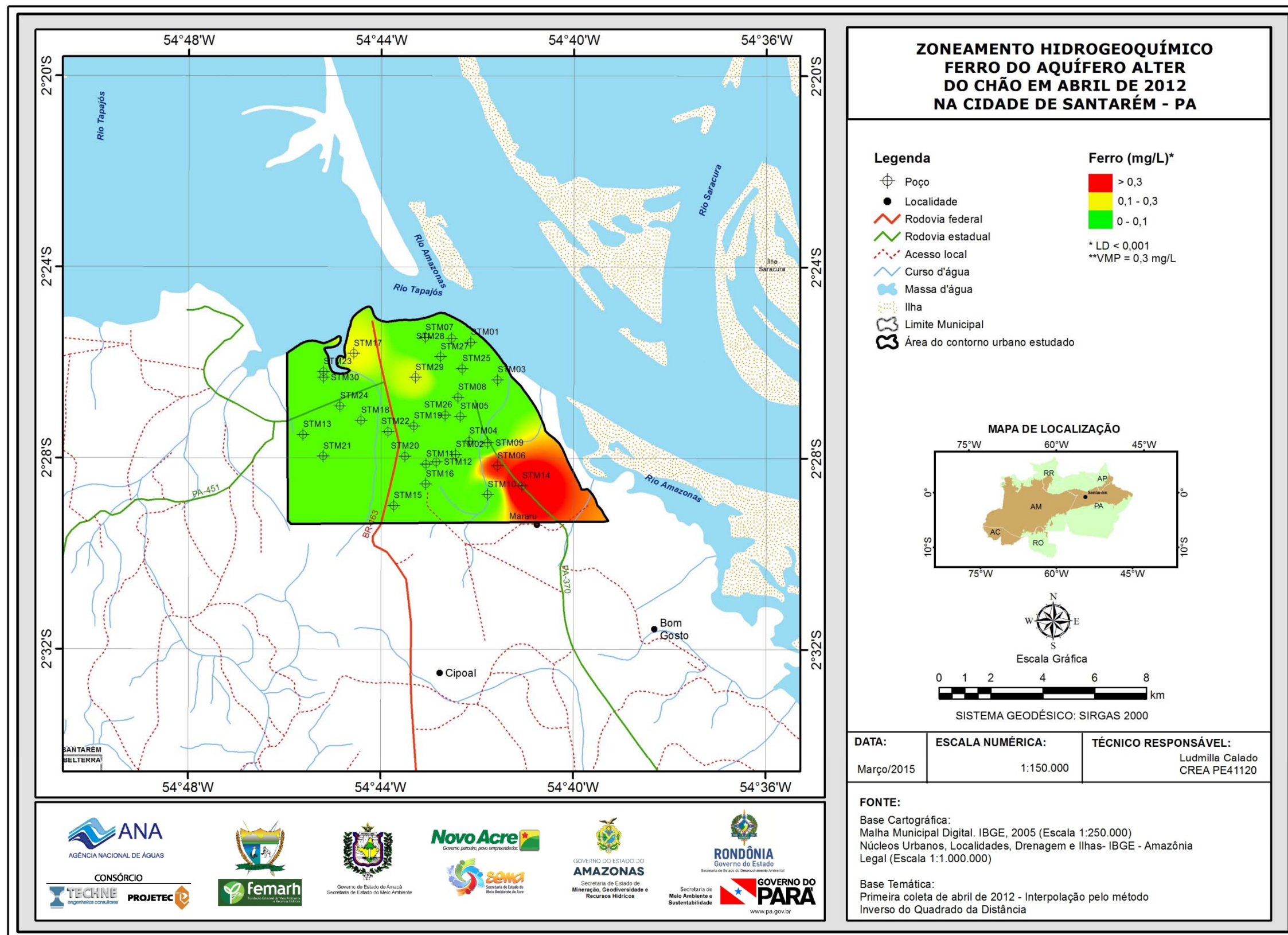


Figura 5.46a – Zoneamento de Ferro (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.

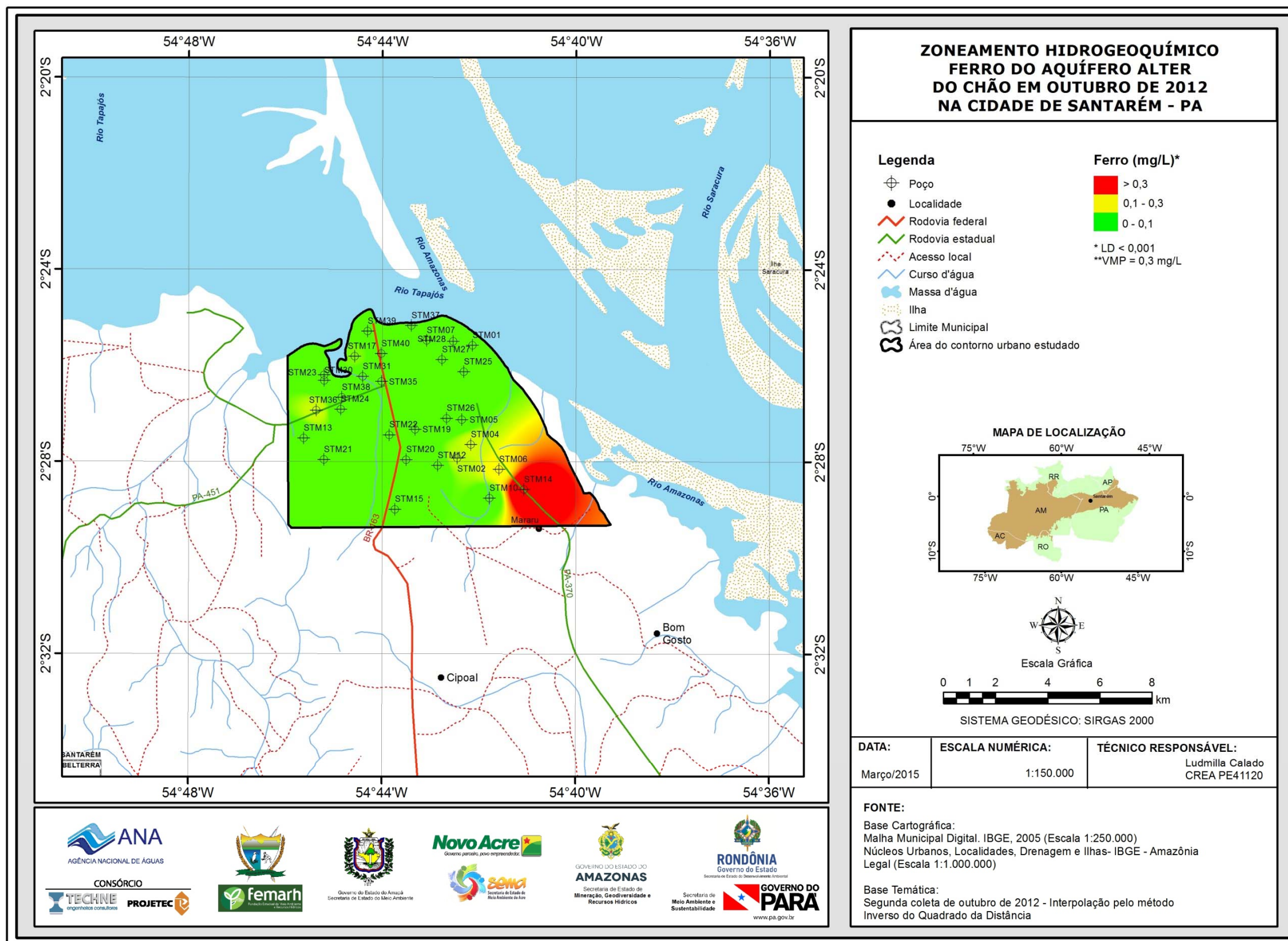


Figura 5.46b – Zoneamento de Ferro (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.

### 5.2.12.2 – Manganês

A estatística descritiva das concentrações de manganês nas águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, em Santarém (**tabela 5.55**), revela que os teores de manganês no período chuvoso variam de 0,00009 a 0,05 mg/L, com média de 0,01 mg/L e mediana de 0,01 mg/L. No período seco, o valor mínimo foi de 0,0009 mg/L e o máximo de 0,09 mg/L, com média igual a 0,01 mg/L e mediana de 0,01 mg/L.

**Tabela 5.55** – Estatística descritiva do Manganês do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Mn-1) - abril de 2012 e no período seco (Mn-2) – outubro de 2012.

Mn	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Mn-1	30	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00009	0,05	0,011	0,002	1,8158
Mn-2	30	0,01	0,01	0,02	0,01	0,0009	0,09	0,02	0,003	4,14

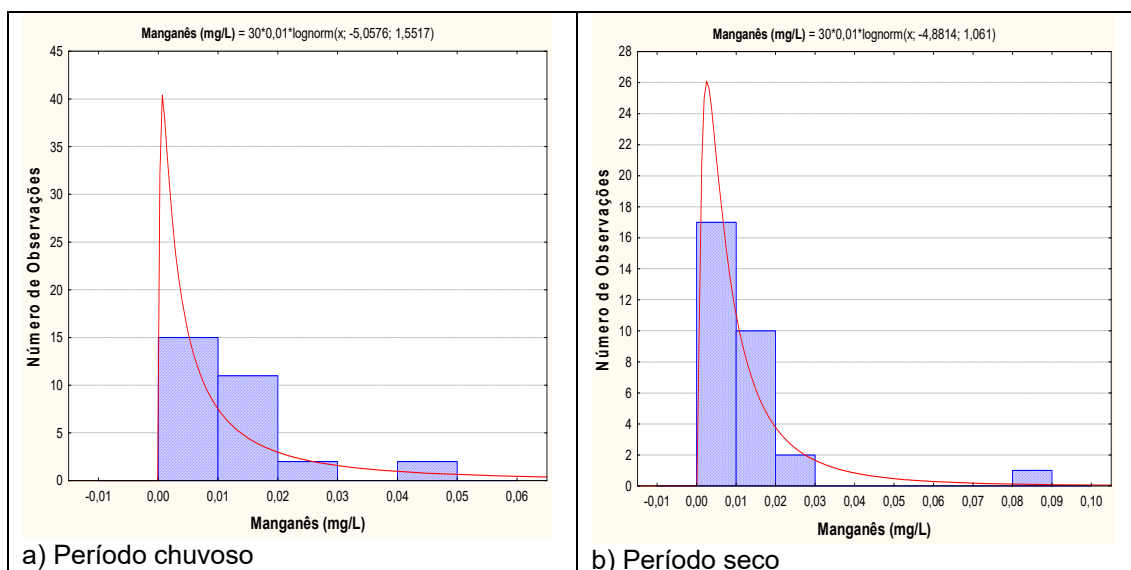
Na primeira campanha, 7% (2/30) das amostras apresentaram teores de manganês abaixo do limite de detecção de 0,0001 mg/L; enquanto que na segunda campanha, 13% (4/30) das amostras apresentaram teores abaixo do limite de detecção de 0,001 mg/L. Os limites de detecção dependem do método utilizado e podem variar para o mesmo parâmetro (**item 5.1.3**).

Em ambas as campanhas, nenhuma das amostras apresentou teores de manganês acima do VMP estabelecido pela Portaria MS 2914/2011, podendo ser indicado o uso dessas águas para consumo humano, recreação e irrigação, segundo a Resolução CONAMA 396/2008.

Apenas um poço (STM05) apresentou um teor de manganês (0,085 mg/L) que ultrapassa o limite recomendado ( $50 \mu\text{g/L}^{-1}$ ) para dessedentação animal, de acordo com a Resolução CONAMA 396/2008.

Os histogramas de frequência de manganês (**figura 5.47**), representativos dos pontos amostrados nas coletas de abril e outubro de 2012, foram modelados por uma função de distribuição de probabilidade lognormal. Essa função permitiu estimar, com risco calculado, os valores de manganês no Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém (**tabela 5.56**), onde se verificou que os valores do período seco são ligeiramente maiores que os do período chuvoso, o que reflete uma influência de sazonalidade, pois a razão das duas campanhas é inferior a 1 (um).

Isso é justificável, pois a maior presença de oxigênio na zona não saturada no período de estiagem dá lugar a oxidações do manganês, aumentando a sua concentração na zona saturada.



**Figura 5.47** – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Manganês do Aquífero Alter do Chão, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

**Tabela 5.56** – Distribuição de probabilidade do Manganês do Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (Mn-1) - abril de 2012 e no período seco (Mn-2) – outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Mn-1	0,0064	0,0017	0,0009	0,0005	0,0003	0,0002
Mn-2	0,0076	0,0031	0,0019	0,0013	0,0009	0,0006
Razão	0,839	0,555	0,447	0,374	0,307	0,267

### ***Zoneamento do Manganês***

A distribuição espacial do teor de manganês nas águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, tanto no período chuvoso (abril de 2012) quanto no período seco (outubro de 2012), apresentada respectivamente na **figura 5.48a** e **figura 5.48b**, revela a existência de duas faixas predominantes: até 0,01 mg/L e de 0,01 a 0,03 mg/L. Os poços com teores acima dessas faixas podem ser visualizados em manchas esparsas.

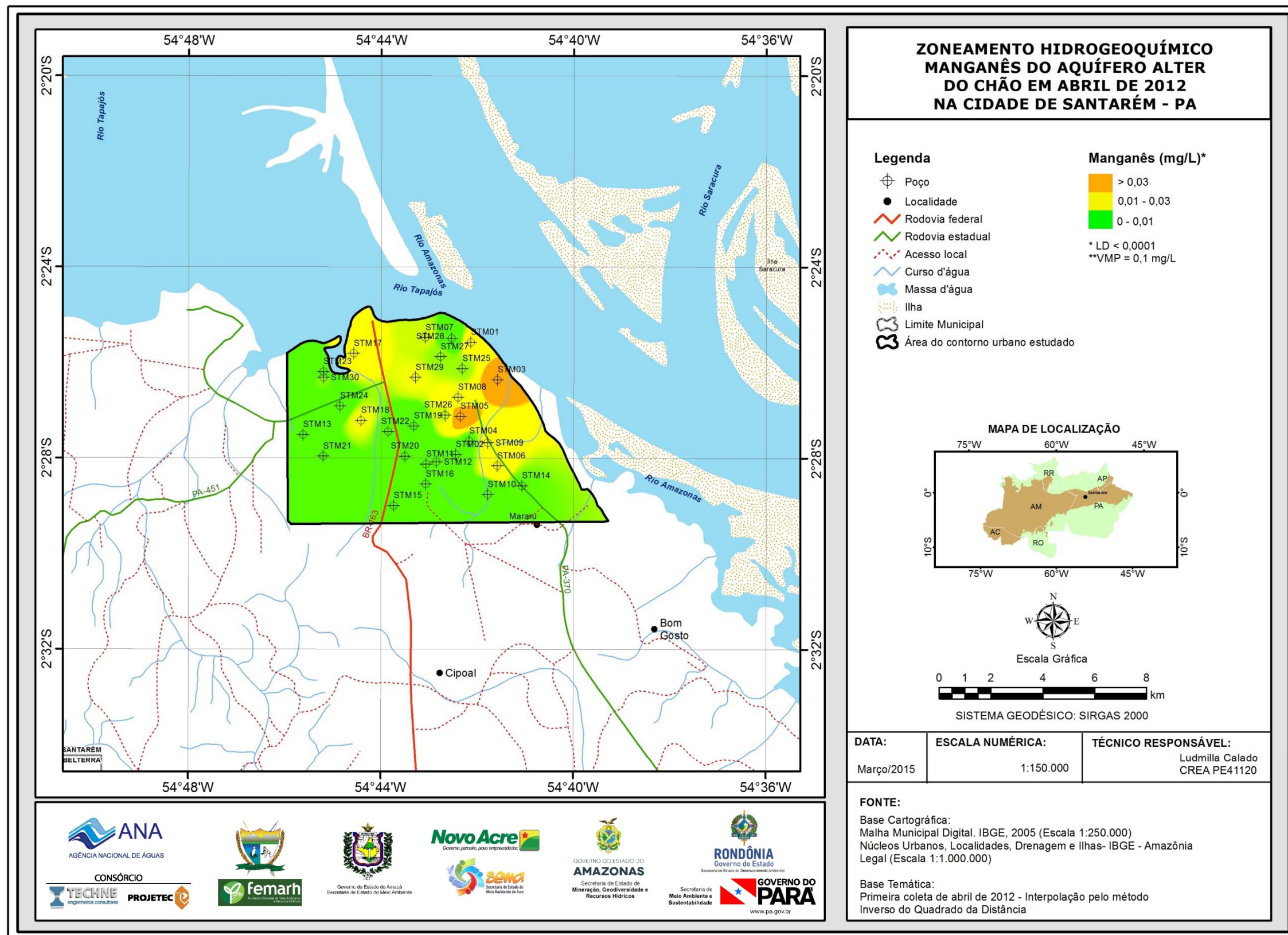


Figura 5.48a – Zoneamento de Manganês (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em abril de 2012, na cidade de Santarém - PA.



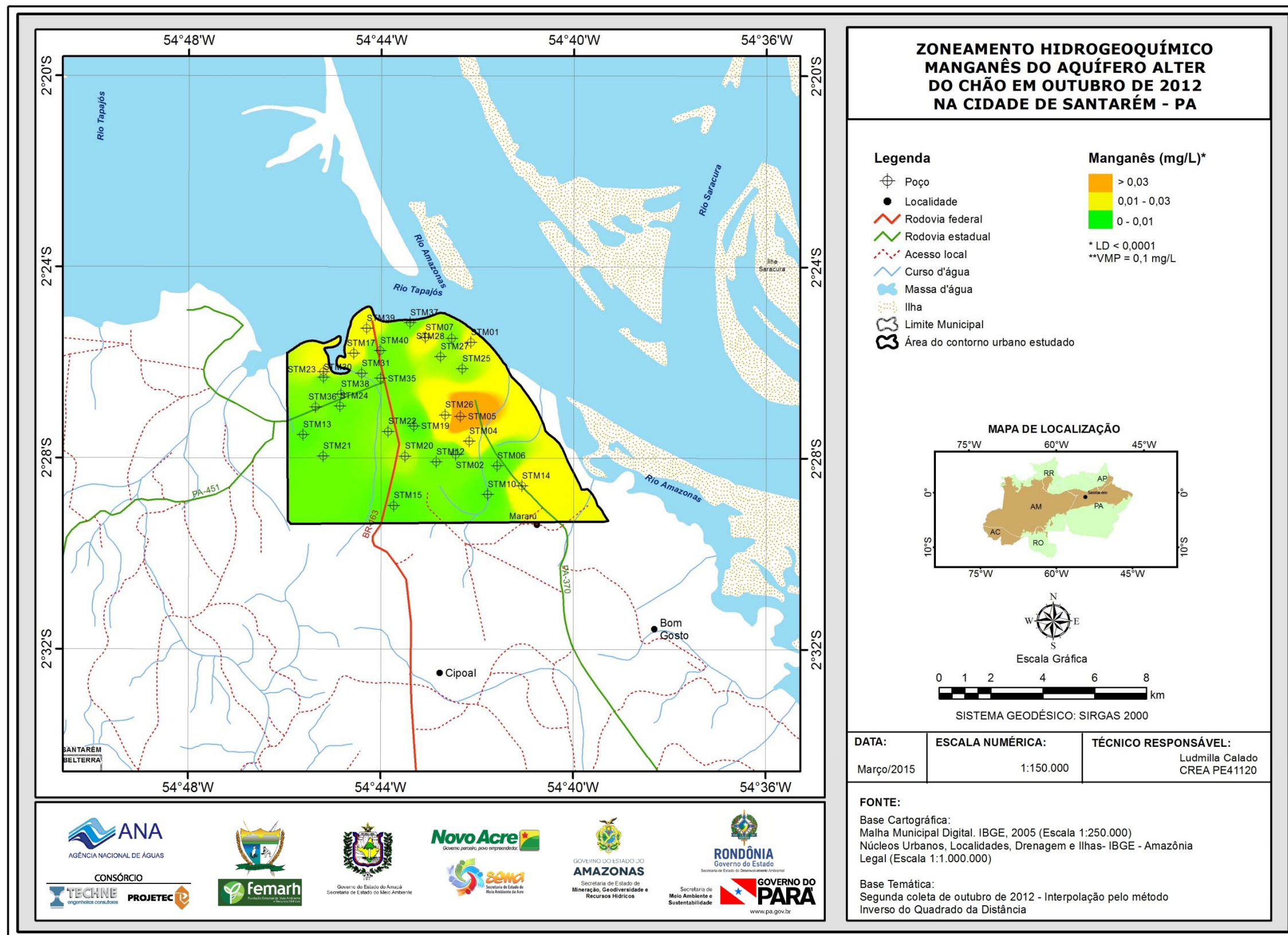


Figura 5.48b – Zoneamento de Manganês (mg/L) das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em outubro de 2012, na cidade de Santarém - PA.

### 5.2.13 – Metais Pesados

Os resultados analíticos de metais pesados das amostras de água do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, coletadas durante a segunda campanha de amostragem realizada em outubro de 2012, podem ser observados no **anexo 7.3.3**. Os metais pesados analisados foram: Arsênio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco. Como esses parâmetros apresentam risco à saúde humana, a Portaria MS 2914/2011 estabeleceu limites máximos de padrão de potabilidade (**tabela 5.57**).

**Tabela 5.57** - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Arsênio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco, segundo a Portaria MS 2914/2011.

Parâmetro	VMP (mg/L)
Arsênio	0,01
Bário	0,7
Cádmio	0,005
Chumbo	0,01
Cobre	2,0
Cromo	0,05
Mercúrio	0,001
Níquel	0,07
Zinco	5,0

A Resolução CONAMA 396/2008 também estabeleceu limites máximos aceitáveis para esses parâmetros de acordo com os usos considerados preponderantes, como pode ser observado na **tabela 5.58**.

**Tabela 5.58** - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Arsênio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008).

Parâmetro	Usos Preponderantes da Água			
	Consumo Humano ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Dessedentação Animal ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Irrigação ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Recreação ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )
Arsênio	10	200	-	50
Bário	700	-	-	1000
Cádmio	5	50	10	5
Chumbo	10	100	5000	50
Cobre	2000	500	200	1000
Cromo	50	1000	100	50
Mercúrio	1	10	2	1
Níquel	20	1000	200	100
Zinco	5000	24000	2000	5000

#### **Arsênio**

Presente na matéria orgânica, em quase todos os sulfetos metálicos e também dissolvido nas águas naturais. Ocorre na natureza em quantidades reduzidas, aproximadamente 0,00005%.

As fontes naturais de arsênio são principalmente as jazidas de metais, onde o elemento se encontra na forma de arsenita ( $\text{AsO}_4^{-3}$ ). Nas águas subterrâneas,

as concentrações de arsênio são comumente abaixo de 0,1 mg/L, porém em águas de poços petrolíferos e em águas minerais ocorrem concentrações de até 4 mg/L. O arsênio é muito perigoso à saúde pública, basta uma pequena ingestão de 100 mg para envenenar seriamente o organismo humano. Por ser carcinógeno o seu limite de aceitação é de 0,01 mg/L (Feitosa *et al.*, 2008).

Todos os 10 (dez) poços amostrados no Aquífero Alter do Chão, na segunda campanha realizada em outubro de 2012, apresentaram valores de arsênio abaixo do limite de detecção, ou seja, resultados <0,001 mg/L.

### **Bário**

O bário metálico é um elemento químico tóxico que pode ser encontrado no mineral barita e todos os seus compostos que são solúveis em água são venenosos. A barita é muito usada em fluidos para a perfuração de poços de petróleo.

Dentre as 10 (dez) análises de amostras de água do Aquífero Alter do Chão, em Santarém, foi detectada a presença de bário em 80% (8/10), onde os teores variaram de 0,00225 a 0,0316 mg/L. Neste sentido, os teores encontrados estão abaixo do limite estabelecido pela Portaria MS 2914/2011, não oferecendo riscos para a saúde humana. Além disso, todas as análises indicam que as águas do Aquífero Alter do Chão podem ser utilizadas para o consumo humano e a recreação, segundo padrões da resolução CONAMA 396/2008. As demais amostras, cerca de 20% (2/10), apresentaram teores de bário abaixo do limite de detecção de 0,001 mg/L.

### **Cádmio**

Metal relativamente raro na natureza, encontrado principalmente nos minerais de zinco, tais como, blenda, calamina, smithsonita e hidrozincita, em porcentagens que variam de 0,1 a 0,3%. Nas águas subterrâneas exibe teores inferiores a 20 mg/L. É muito tóxico para a saúde do homem, tendo ação cumulativa sobre o organismo humano. Seu excesso pode provocar hipertensão arterial, anemia, retardamento de crescimento e morte (Feitosa *et al.*, 2008).

No período de estiagem (outubro de 2012), as 10 (dez) análises realizadas no Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, apresentaram teores de cádmio abaixo dos limites de detecção de 0,001 mg/L.

### **Chumbo**

Metal encontrado em pequenas quantidades na natureza, sendo a sua principal fonte o mineral galena (sulfeto de chumbo). A maioria do chumbo que ingressa diariamente no organismo humano tem origem em alimentos, sujeiras e poeira contendo o metal. As águas subterrâneas tem quantidades médias em torno de 20 mg/L. Altos teores de chumbo podem provocar intoxicação, podendo ocasionar até danos cerebrais ou levar a morte em casos extremos (Feitosa *et al.*, 2008).

Do total de amostras analisadas na segunda campanha, 50% (5/10) apresentaram teores de chumbo inferiores ao limite de detecção de 0,001 mg/L. Os demais poços revelaram valores de chumbo que variaram de 0,00129 a 0,00627 mg/L, todos abaixo do padrão definido pela Portaria MS 2914/2011 e pela Resolução CONAMA 396/2008, o que indica que as águas podem ser usadas para todos os usos nela prescritos.

### **Cobre**

Os principais minerais de cobre são calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), calcosita ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), covelita ( $\text{CuS}$ ), malaquita ( $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ ) e azurita ( $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ ). O cobre tem baixa solubilidade e elevada persistência na água. Ocorre nas águas subterrâneas com teores inferiores a 1 mg/L, contudo em águas que percolam jazidas de cobre ocorrem em maiores concentrações. Quase todo o cobre ingerido pelo homem é eliminado, no entanto, altas concentrações podem provocar hemocromatose (Feitosa *et al.*, 2008).

As análises de metais pesados realizadas nas águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, em Santarém, indicaram que 50% (5/10) das amostras apresentaram teores de cobre abaixo do limite de detecção de 0,001 mg/L, enquanto que os 50% (5/10) restantes obtiveram resultados de cobre que variaram de 0,00139 a 0,1504 mg/L. Os teores encontrados estão abaixo do VMP estabelecido pela Portaria MS 2914/2011, assim como dentro dos padrões definidos pela Resolução CONAMA 396/2008, indicando que as águas podem ser usadas para consumo humano, dessedentação de animais, irrigação e recreação.

### **Cromo**

Metal relativamente raro na crosta terrestre, aproximadamente 0,03%. Não é encontrado no estado livre, ocorrendo geralmente associado ao ferro e ao chumbo. Entre os minerais de cromo destacam-se a cromita ( $\text{FeOCr}_2\text{O}_3$ ) e a crocoíta ( $\text{PbCrO}_4$ ). Entre os vários estados de oxidação, o  $\text{Cr}^{3+}$  e o  $\text{Cr}^{6+}$  são estáveis em água. O cromo é relativamente bem distribuído, mas com baixa solubilidade. Os níveis em água são geralmente baixos, inferiores a 1 mg/L. Entretanto, existem exemplos de contaminação de água por cromatos e dicromatos, superiores a 25 mg/L (Celligoi, 1999; Feitosa *et al.*, 2008).

Na segunda campanha, realizada em outubro de 2012, as 10 (dez) amostras analisadas apresentaram teores de cromo abaixo do limite de detecção de 0,001 mg/L.

## **Mercúrio**

Único metal líquido, volátil em pequena intensidade, seus vapores são extremamente tóxicos, podendo causar cansaço, dificuldade de concentração e perda de memória. O mais importante composto de mercúrio é o sulfeto mercúrico (HgS). Os estados de oxidação que o mercúrio pode assumir são  $Hg^{+1}$  e  $Hg^{+2}$ . Apesar da toxicidade dos sais de mercúrio, o cloreto mercurioso ( $Hg_2Cl_2$ ), conhecido como calomelano, encontra aplicação na medicina como estimulante de órgãos de secreção (Feitosa *et al.*, 2008).

Do total de amostras analisadas na segunda campanha do Aquífero Alter do Chão, 80% (8/10) apresentaram teores de mercúrio abaixo do limite de detecção de 0,0001 mg/L e 20% (2/10) apresentaram teores de mercúrio abaixo do limite de detecção de 0,001 mg/L.

Os limites de detecção dependem do método utilizado e podem variar para o mesmo parâmetro (**item 5.1.3**).

## **Níquel**

O níquel é um metal prateado, razoavelmente duro, dúctil e maleável. Apresenta um fraco brilho amarelado devido, em parte, à existência de uma camada protetora de óxido. Forma compostos inorgânicos solúveis, como os hidróxidos, sulfatos, cloretos e nitratos, e insolúveis, como os óxidos e sulfetos. Também pode formar carbonila de níquel, um composto orgânico volátil e incolor. O níquel possui diferentes estados de oxidação e o mais frequente é o  $Ni^{2+}$ , que tem a capacidade de formar vários complexos. O níquel está presente no solo, água, ar e biosfera em concentrações traço. O níquel emitido no ambiente por fontes naturais ou antropogênicas circula por todos os compartimentos ambientais por meio de processos químicos e físicos, além de ser biologicamente transportado por organismos vivos (CETESB, 2012).

Na segunda campanha, realizada em outubro de 2012, as 10 (dez) amostras analisadas apresentaram teores de níquel abaixo do limite de detecção de 0,001 mg/L.

## **Zinco**

Metal brilhante encontrado na crosta terrestre e que pode se combinar com outros elementos formando compostos de zinco. O zinco e seus compostos têm muitos usos na indústria automobilística, de construção civil e de eletrodomésticos. É usado na fabricação de ligas resistentes à corrosão e na galvanização de produtos de ferro e aço. Os principais compostos de zinco são os óxidos ( $ZnO$ ), utilizados nas indústrias de cerâmica, borracha e tintas; o sulfato de zinco ( $ZnSO_4$ ) com aplicação na indústria têxtil e no enriquecimento de solos pobres em zinco; e o cloreto de zinco ( $ZnCl_2$ ) usado para preservar madeiras e em pilhas secas e tintas. A principal emissão natural de zinco é por erosão. As fontes antropogênicas são mineração, produção de zinco, produção de ferro e aço, corrosão de estruturas galvanizadas, combustão de carvão e outros combustíveis, eliminação e incineração de resíduos e uso de fertilizantes e agrotóxicos contendo zinco. A concentração de zinco em água superficial

geralmente é menor que 10 µg/L, na água do mar está entre 0,002 e 0,1 µg/L e na água subterrânea de 10 a 40 µg/L (CETESB, 2012).

No Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, foi detectada a presença de zinco em 70% (7/10) das amostras, com teores que ficaram compreendidos entre 0,00329 e 0,0611 mg/L. Apesar das 7 (sete) amostras apresentarem presença de zinco, todas estavam com valores abaixo do VMP de potabilidade definido pela Portaria MS 2914/2011, bem como, dentro dos limites da Resolução CONAMA 396/2008, indicando que as águas do Aquífero Alter do Chão poderiam ser utilizadas para todos os usos nela prescritos sem restrições. As demais amostras, cerca de 30% (3/10), apresentaram teores de zinco abaixo do limite de detecção de 0,001 mg/L.

## 5.2.14 – BTEX e Fenóis

### 5.2.14.1 – BTEX

O grupo de compostos BTEX formado pelo **B**enzeno, **T**olueno, **E**tilbenzeno e **X**ilenos (orto, meta e para) são extremamente tóxicos à saúde humana, apresentando toxicidade crônica mesmo em pequenas concentrações, podendo levar a lesões do sistema nervoso central. O benzeno é reconhecidamente o mais tóxico de todos os BTEX, pois se trata de uma substância comprovadamente carcinogênica (podendo causar leucemia, ou seja, câncer dos tecidos que formam os linfócitos do sangue). Uma exposição aguda (altas concentrações em curtos períodos) por inalação ou ingestão pode causar até mesmo a morte de uma pessoa. O BTEX e outros alquilbenzenos perfazem cerca de 10 a 59% da gasolina (massa/massa), enquanto os hidrocarbonetos alifáticos compreendem 41 a 62% (Brito *et al.*, 2005).

Devido ao risco potencial a saúde humana que esse grupo de compostos oferece, a Portaria MS 2914/2011 estabeleceu limites para que a água seja considerada potável, como pode ser observada na **tabela 5.59**.

**Tabela 5.59** - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (BTEX), segundo a Portaria MS 2914/2011.

Parâmetro	VMP (mg/L)
Benzeno	0,005
Tolueno	0,17
Etilbenzeno	0,2
Xilenos	0,3

A Resolução CONAMA 396/2008 também estabeleceu limites máximos aceitáveis para esses parâmetros de acordo com os usos considerados preponderantes, como pode ser observado na **tabela 5.60**.

**Tabela 5.60** - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (BTEX) para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008).

Parâmetro	Usos Preponderantes da Água			
	Consumo Humano ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Dessedentação Animal ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Irrigação ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Recreação ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )
Benzeno	5	-	-	10
Tolueno	170	24	-	-
Etilbenzeno	200	-	-	-
Xileno Total (o,m,p xilenos)	300	-	-	-

Na segunda campanha de amostragem das águas do Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém, realizada em outubro de 2012, verificou-se que todas as 10 (dez) amostras de **B**enzeno, **E**tilbenzeno e **T**olueno apresentaram teores abaixo do limite de detecção de 0,001 mg/L. Todas as 10 (dez) análises de **X**ilenos composta por o,xilenos e m,p xilenos apresentaram valores abaixo do limite de detecção de 0,001 mg/L e de 0,002 mg/L, respectivamente.

Todas as amostras coletadas no Aquífero Alter do Chão apresentaram teores de BTEX abaixo do VMP estabelecido pela Portaria MS 2914/2011 (**tabela 5.59**), bem como, dentro dos limites da Resolução CONAMA 396/2008, indicando que as águas subterrâneas poderiam ser utilizadas para os usos nela prescritos (**tabela 5.60**).

#### 5.2.14.2 – Fenóis

O fenol ( $\text{CH}_6\text{H}_5\text{OH}$ ) é um sólido branco cristalino em seu estado puro. Geralmente é vendido e utilizado na forma líquida, possui odor forte, levemente doce e irritante. Apresenta diversas aplicações, como reagente na produção de resinas, plásticos, medicamentos, herbicidas e desinfetantes (CETESB, 2010). Os fenóis foram muito utilizados como germicidas e desinfetantes. Atacam o sistema nervoso central, podendo levar à morte com pouco tempo de exposição (Schmidt, 2010). Considerando os efeitos toxicológicos do fenol, a Resolução CONAMA 396/2008 estabeleceu limites máximos aceitáveis para a água subterrânea, de acordo com os usos considerados preponderantes, como pode ser observado na **tabela 5.61**.

**Tabela 5.61** - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Fenóis para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008).

Parâmetro	Usos Preponderantes da Água			
	Consumo Humano ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Dessedentação Animal ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Irrigação ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	Recreação ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )
Fenóis	3	2	-	2

No período de estiagem (outubro de 2012) foram realizadas amostragens de água no Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, para avaliação dos teores de fenóis, onde se verificou que 80% (8/10) das amostras analisadas apresentaram resultados inferiores ao limite de detecção de 0,001 mg/L, enquanto que os 20% (2/10) restantes dos poços apresentaram valores de fenóis igual a 0,0019 mg/L.

De acordo com a resolução CONAMA 396/2008, as águas dos poços amostrados poderiam ser aproveitadas para todos os usos nela prescritos.

## 5.2.15 – Isótopos Ambientais

### 5.2.15.1 – Oxigênio-18 e Deutério

A composição dos isótopos estáveis da água ( $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$ ) é modificada por processos meteóricos e por esta razão as águas de recarga dos aquíferos possuem uma *assinatura isotópica* característica, que serve como um traçador natural da *origem* das mesmas (Clark & Fritz, 1997).

O hidrogênio e o oxigênio fazem parte da molécula da água e apresentam cada um deles, três formas diferentes; o hidrogênio:  $^1\text{H}$ , D ( $^2\text{H}$ ) e T ( $^3\text{H}$ ) e o oxigênio  $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$  e  $^{18}\text{O}$ . Por isso, a água pode ser encontrada em formas isotópicas diferentes, sendo as mais abundantes  $\text{H}_2^{16}\text{O}$ ,  $\text{H}_2^{18}\text{O}$  e  $\text{HD}^{16}\text{O}$ , cujas abundâncias relativas médias são, respectivamente, 99%, 0,2% e 0,032%.

Portanto, a quantidade de moléculas  $\text{H}_2^{18}\text{O}$  e  $\text{HD}^{16}\text{O}$  é muito pequena em relação à quantidade de moléculas  $\text{H}_2^{16}\text{O}$  e varia dependendo da origem da água, de processos que ocorrem durante o seu deslocamento e de seu armazenamento superficial. Assim, estas moléculas marcam a água e são utilizadas como traçadores para pesquisar sua história.

Os resultados das medidas destes isótopos são expressos em termos de  $\delta\text{‰}$ , definido por:

$$\delta\text{‰} = [(R_a - R_p) / R_p] \times 10^3$$

Onde,  $R_a$  é a razão isotópica  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  ou D/H, respectivamente, para o oxigênio e para o hidrogênio na amostra e  $R_p$  seu valor para uma água padrão VSMOW (*Vienna Standard Mean Ocean Water*) da IAEA (Agência Internacional de Energia Atômica) em Viena/Áustria. O padrão SMOW originalmente era água do oceano, escolhido por Craig (1961).

O valor de  $\delta$  mede, portanto, o enriquecimento (ou empobrecimento, quando  $\delta < 0$ ) no isótopo pesado da amostra em relação ao padrão. É importante que, devido à grande predominância do isótopo mais leve ( $^1\text{H}$  ou  $^{16}\text{O}$ ),  $\delta$  comporta-se como uma concentração numa mistura de águas de valores de  $\delta$  diferentes (i.e. segue uma reta de mistura) (Craig, 1961).

Em virtude da complexidade do ciclo hidrológico é surpreendente que  $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$  tenham um comportamento perfeitamente previsível (Clark & Fritz, 1997). De fato, Craig (1961) descobriu que  $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$  em águas doces se correlacionam em escala global. A **Linha de Água Meteórica Global** (sigla em inglês GMWL) de Craig define a relação entre  $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$  através da **equação 5.1**.

$$\delta^2\text{H} = 8 \delta^{18}\text{O} + 10\text{‰ SMOW} \quad (5.1)$$

O monitoramento subsequente da composição isotópica estável da chuva em escala global (IAEA – Rede Global para Isótopos na Precipitação) resultou, dez anos depois, no estabelecimento do padrão VSMOW e na substituição da **equação 5.1** pela **equação 5.2**.

$$\delta^2\text{H} = 8,13 \delta^{18}\text{O} + 10,8\text{‰ VSMOW} \quad (5.2)$$

Na verdade essa relação (5.2) é “global” apenas na aplicação, sendo de fato uma média de muitas linhas de água meteórica regional e local que diferem da global devido à variação dos parâmetros climáticos e geográficos envolvidos



(Clark & Fritz, 1997). Em hidrologia isotópica, a **equação (5.2)**, que define a linha de água meteórica global (GMWL) de Harmon Craig, é uma referência para a interpretação da origem das águas subterrâneas.

No caso de Santarém, o diagrama da **figura 5.49** (elaborado com os dados da **tabela 5.62**) mostra que a **Linha de Água Subterrânea (LAS)** ou **Reta de Água Subterrânea (RAS)** do aquífero Aluvial apresenta desvio significativo em relação à **Reta de Água Meteórica Mundial (RMM)** da região. Comparando as ordenadas na origem das equações das retas RAS e RMM (fazendo  $\delta^2\text{H}^0/_{00} = 0$ ) verifica-se que:

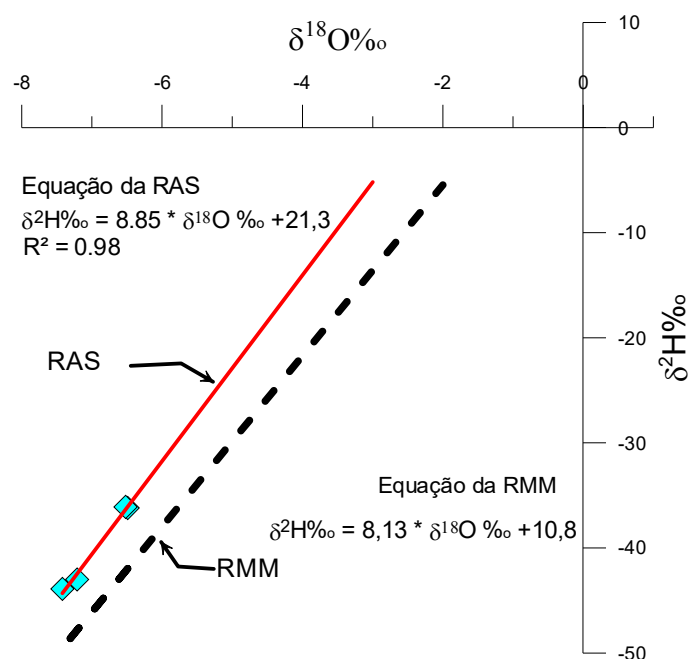
$$\text{Para a RAS: } \delta^{18}\text{O} = -\frac{21,3}{8,85} = -2,41^0/_{00}$$

$$\text{Para a RMM: } \delta^{18}\text{O} = -\frac{10,8}{8,13} = -1,33^0/_{00}$$

Ocorre, portanto, uma variação de -1,08/-1,33 (81%) na concentração isotópica de  $\delta^{18}\text{O}^0/_{00}$  das águas subterrâneas em relação às precipitações, indicando a recarga do aquífero Alter do Chão provém de águas de chuvas com 81% de perda de  $\delta^{18}\text{O}$  por evaporação.

**Tabela 5.62** – Valores dosados de oxigênio-18 e deutério nas amostras coletadas no aquífero Alter do Chão em Santarém – PA, na segunda campanha de amostragem (outubro de 2012).

Poço	$\delta^{18}\text{O}^0/_{00}$	$\delta\text{D}^0/_{00}$
STM10	-6,49	-36,2
STM42	-7,42	-43,9
STM43	-7,21	-43
STM44	-6,52	-36,1



**Figura 5.49** – Diagrama mostrando a relação de oxigênio 18 e deutério das precipitações e das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em Santarém - PA.

### 5.2.15.2 – Trício

#### ***Trício na Precipitação***

Os testes atmosféricos de armas nucleares realizados entre os anos de 1952 e 1962 produziram uma quantidade formidável de trício atmosférico. Essa tremenda entrada de  $^3\text{H}$  na atmosfera criou na estratosfera um reservatório desse isótopo que literalmente contaminou o sistema global de precipitação durante 40 anos. Em 1963 um tratado Americano-Soviético suspendeu os testes de armas termonucleares, embora alguns testes franceses e chineses tenham sido realizados até 1980 (Clark & Fritz, 1997). O ano de 1962, quando foram encerrados os testes nucleares, gerou um imenso pico de  $^3\text{H}$ , que apareceu na primavera de 1963 e se tornou uma marca usada em muitos estudos hidrológicos. As concentrações de  $^3\text{H}$  nas precipitações estão agora praticamente de volta aos níveis cosmogênicos naturais (Clark & Fritz, 1997).

#### ***Datação de Água Subterrânea com Trício***

O trício ( $^3\text{H}$ ) é provavelmente o radioisótopo mais frequentemente empregado para identificar a presença de recarga moderna (Clark & Fritz, 1997).

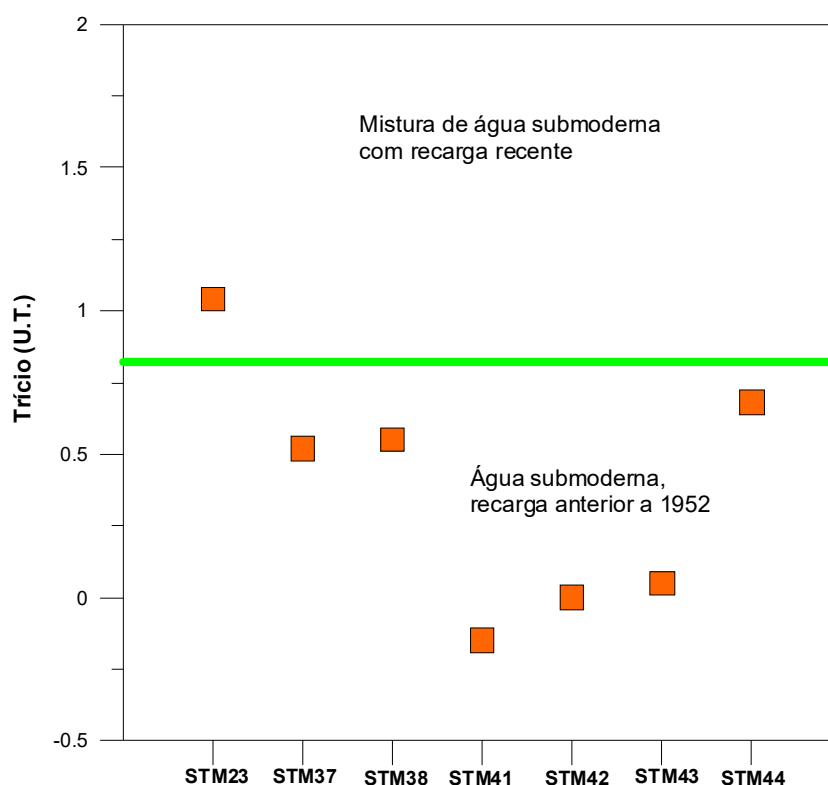
Kaufman & Libby (1954) foram os primeiros a reconhecer o potencial do  $^3\text{H}$  cosmogênico para a datação de águas subterrâneas e existem vários métodos *quantitativos* e *qualitativos* com uso desse isótopo. A atenuação dos níveis de trício na atmosfera afeta a confiabilidade das interpretações quantitativas, o que leva a interpretações qualitativas. Uma interpretação qualitativa significa que os tempos de trânsito ou de residência não podem ser determinados (Clark & Fritz, 1997).

Uma proposta de interpretação qualitativa de dados de  $^3\text{H}$ , feita por Clark & Fritz (1997) para dados de regiões de baixa latitude, relaciona (**tabela 5.63**) os valores de Unidades de Trício (U.T.) com a idade das águas subterrâneas.

**Tabela 5.63** – Relação entre unidades de trício (U.T.) e idade das águas subterrâneas.

Unidade de trício (U.T.)	Interpretação qualitativa da idade
< 0,8	Água submoderna, recarga anterior a 1952
0,8 a 2	Mistura de água submoderna com recarga recente
2 a 8	Água moderna (< 5 a 10 anos)
10 a 20	Água com presença de $^3\text{H}$ residual da “bomba”
>20	Água com uma componente significativa de recarga dos anos 1960 e 1970

Os dados de  $^3\text{H}$  obtidos em 7 (sete) amostras coletadas em Santarém (**figura 5.50**) revelam, de acordo com a interpretação qualitativa mostrada na **tabela 5.63**, que o aquífero Alter do Chão apresenta 6 (seis) poços com água submoderna, recarga anterior a 1952; e 1 (um) poço com mistura de água submoderna com recarga recente.



**Figura 5.50** – Idade qualitativa da recarga do aquífero Alter do Chão em Santarém – PA, segundo os dados de trício de 7 (sete) amostras coletadas.

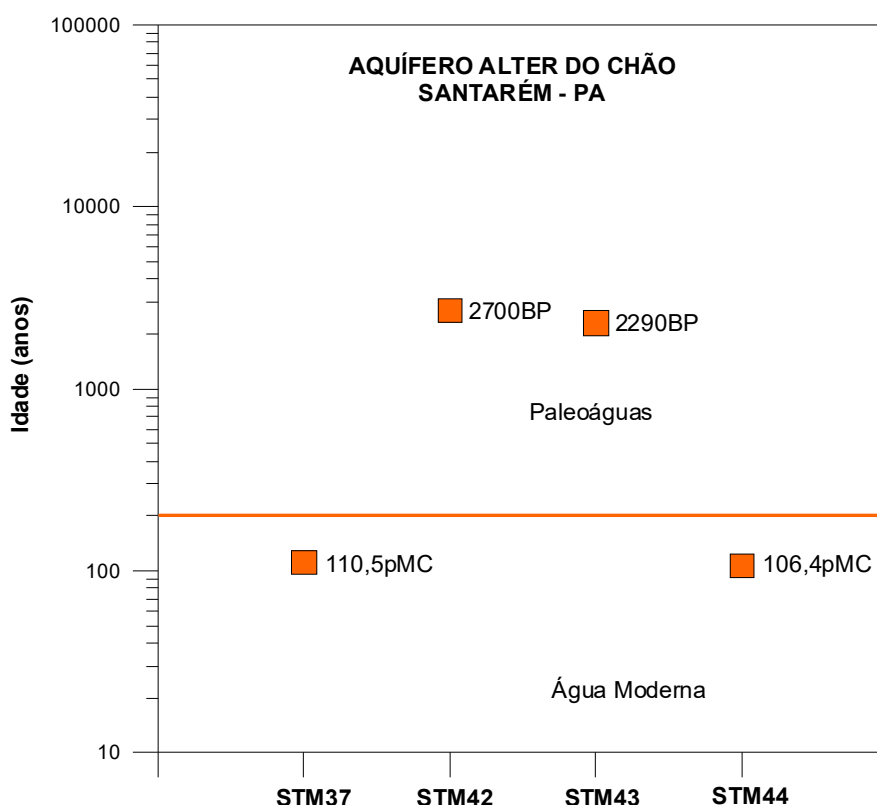
### 5.2.15.3 – Carbono-14

O carbono-14 embora não pertencendo à molécula d'água é um excelente traçador das águas subterrâneas, onde está presente na forma de bicarbonato dissolvido proveniente do CO<sub>2</sub> do ar, trazido pelas precipitações, do CO<sub>2</sub> existente no solo, vindo principalmente pela respiração das raízes e dissolução dos calcários. O uso deste isótopo no estudo das águas subterrâneas foi proposto por Münnich (1957).

Na cidade de Santarém, os resultados obtidos (**tabela 5.64**) indicam no aquífero Alter do Chão presença de águas modernas (menos de 200 anos) nos poços STM37 e STM44; e paleoáguas, com idades compreendidas entre cerca de 2200 e 2700 anos BP nos poços STM42 e STM43 (**figura 5.51**).

**Tabela 5.64** – Idades aparentes ou convencionais do radiocarbono (<sup>14</sup>C) em anos BP (before present – 1950) que, quando inferior a 200 anos, é dita “Moderna” por convenção e expressa em %M ou pMC (percent modern carbon).

Resultado	STM37	STM42	STM43	STM44
Idade Aparente C14 (Fração Moderna)	110,5+/-0,4 pMC	2700+/-30 BP	2290+/-30 BP	106,4+/-0,4 pMC
Fmdn- fração de carbono moderno	1,1047 +/-0,0041	0,7145 +/-0,0027	0,7520 +/-0,0028	1,0642 +/-0,0039
Razão C13/C12 (‰)	-24,8	-24,7	-23,7	-21,7



**Figura 5.51** – Idades medidas com carbono 14 de amostras de água do aquífero Alter do Chão em Santarém – PA.

#### 5.2.15.4 - Conclusão

Os estudos dos isótopos ambientais realizados no âmbito desse projeto permitiram alcançar os seguintes resultados:

- As análises de Oxigênio-18 e Deutério levaram a concluir que a recarga do Aquífero Alter do Chão, em Santarém, provém de águas meteóricas, ou seja, águas de chuva com 81% de perda de  $\delta^{18}\text{O}$  por evaporação;
- As datações efetuadas com Trício foram baseadas na proposta de interpretação qualitativa de Clark & Fritz (1997) e indicaram que as águas do Aquífero Alter do Chão têm água submoderna, com recarga anterior a 1952 e mistura de água submoderna com recarga recente;
- A datação radiométrica de Carbono-14 revelou a presença de água moderna com menos de 200 anos BP e paleoáguas com idades compreendidas entre 2200 e 2700 BP.
- Em conjunto, essas conclusões fazem bastante sentido em Santarém, porque além de águas recentes infiltradas sobre o Planalto Tapajós-Xingu e que circulam em descenso para os rios locais, tudo leva a crer na existência de águas mais antigas armazenadas em profundidade no aquífero regional (parte superior do SAAB).

#### 5.2.16 – Parâmetros Biológicos

A qualidade bacteriológica de uma água para avaliar a contaminação por dejetos humanos e de outros animais de sangue quente é feita através de bactérias do grupo coliformes, principalmente os Coliformes Totais e *Escherichia Coli* ou Coliformes Termotolerantes. Por serem considerados indicadores microbiológicos de contaminação fecal da água são mundialmente utilizados, podendo indicar eventuais perigos para a saúde humana. Vale ressaltar que nem toda água que contenha coliformes é contaminada por microorganismos patogênicos (Feitosa *et al.*, 2008).

##### **Coliformes Totais**

Bacilos gram-negativos, aeróbicos ou anaeróbicos facultativos, não formadores de esporos, capazes de se desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a  $35 \pm 0,5$  °C em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima  $\beta$ -galactosidase (Feitosa *et al.*, 2008). Os coliformes totais, dada a sua possível incidência em águas e solos não contaminados, representam, portanto, outros organismos de vida livre, e não intestinal. No caso específico de abastecimento de água potável, a água tratada não deve conter coliformes totais, os quais, caso encontrado, sugere tratamento inadequado, contaminação posterior ou nutriente em excesso (Von Sperling, 2005).

A Portaria MS 2914/2011 estabelece como padrão microbiológico da água para consumo humano, a ausência de coliformes totais em 100 mL de água.

No período chuvoso (abril de 2012), as águas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, apresentaram em 30% (9/30) dos casos a presença de coliformes totais, enquanto que no período de estiagem (outubro de 2012), a presença ocorreu em 20% (6/30) das amostras.

Com base nos padrões microbiológicos definidos pela Portaria MS 2914/2011, 70% (21/30) dos poços na primeira campanha e 80% (24/30) na segunda campanha apresentaram águas recomendadas para consumo humano, o que é extremamente preocupante, haja vista que a população da área de estudo utiliza a água dos poços para todos os usos, principalmente o doméstico.

Tais resultados ocorrem no Aquífero Alter do Chão, pois a área de estudo está inserida numa região bastante urbanizada e que não possui sistema de esgotamento sanitário, o que segundo Zoby (2008) é extremamente preocupante, pois a falta de saneamento representa um risco direto à potabilidade das águas subterrâneas pela infiltração por fossas sépticas e pelo vazamento de redes de esgoto.

### ***Zoneamento dos Coliformes totais***

A distribuição espacial dos coliformes totais, no período chuvoso (abril de 2012) e no período de estiagem (outubro de 2012), nas águas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, pode ser visualizada na **figura 5.52a** e **figura 5.52b**, respectivamente. Em ambas as campanhas é possível notar a contaminação por coliformes totais, 30% no período chuvoso e 20% no período de estiagem, o que é plausível pela urbanização da área associada à contaminação por fossas sépticas situadas próximas aos poços.

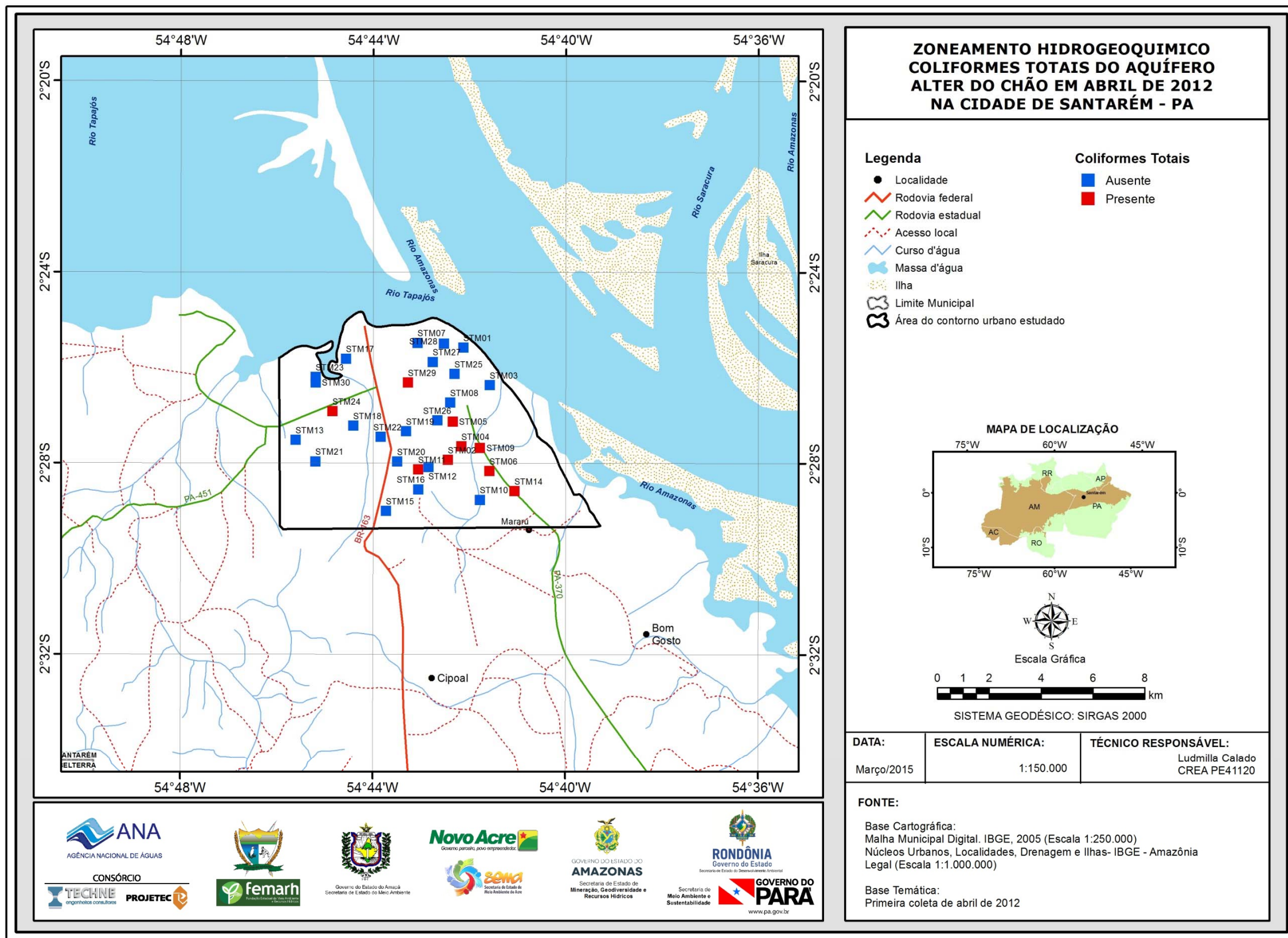


Figura 5.52a – Distribuição dos poços com presença /ausência de coliformes totais no Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Santarém - PA.

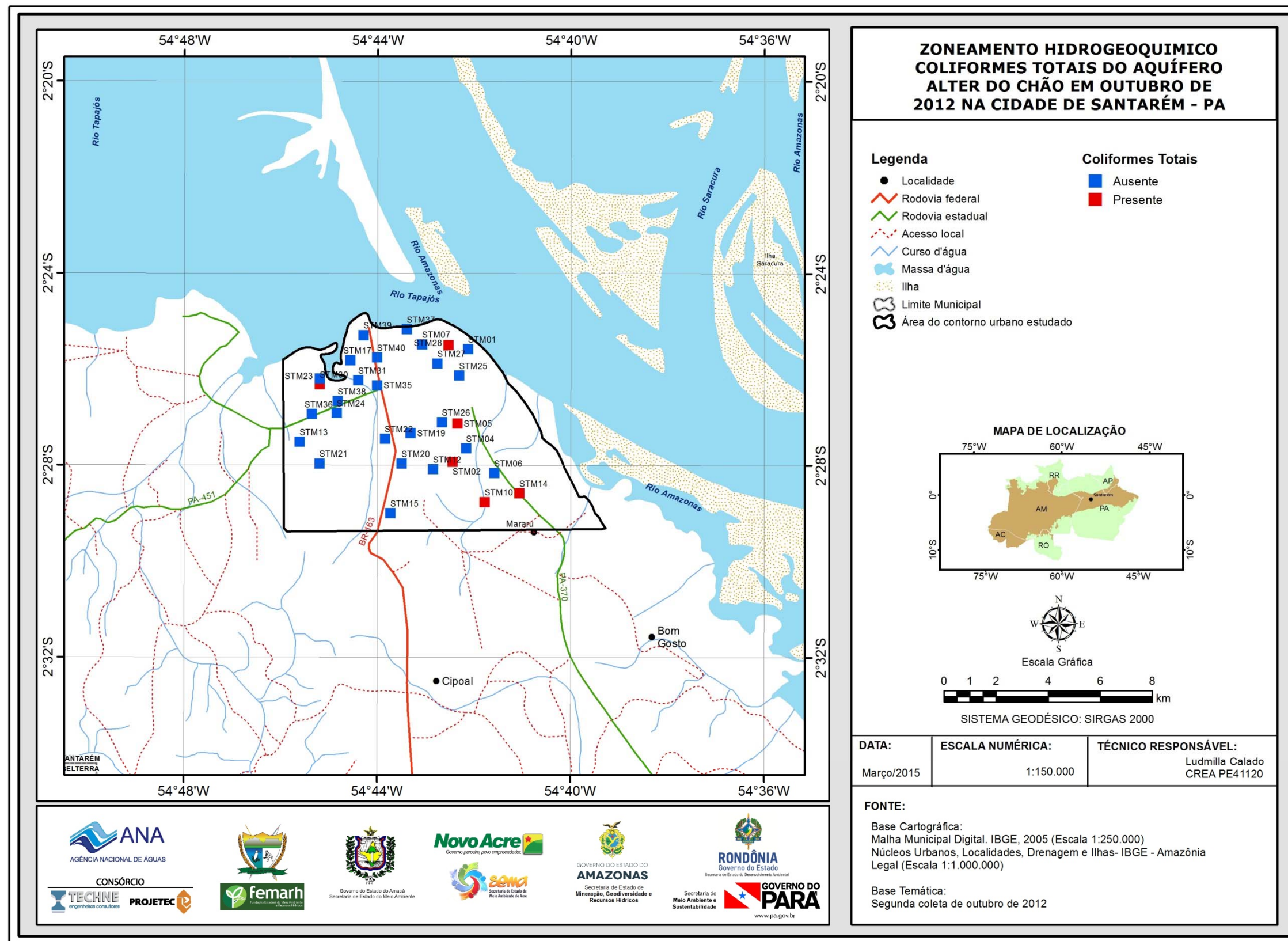


Figura 5.52b – Distribuição dos poços com presença /ausência de coliformes totais no Aquífero Alter do Chão no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Santarém - PA.



## ***Escherichia Coli***

É uma bactéria não patogênica, do grupo de coliformes fecais (termotolerantes), que normalmente habita os intestinos dos animais superiores. É encontrada em esgotos, efluentes tratados e águas naturais sujeitas à contaminação recente por seres humanos, atividades agropecuárias, animais selvagens e pássaros. A sua presença indica que poderão estar presentes microorganismos causadores ou transmissores de doenças patogênicas. Diferentemente dos coliformes totais, *E. coli* é a única que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal (Von Sperling, 2005; Feitosa *et al.*, 2008).

A Portaria MS 2914/2011 estabeleceu como padrão biológico para consumo humano a ausência de *E. coli* em 100 mL de água. A Resolução CONAMA estabelece padrões de microorganismos de acordo com os usos preponderantes da água subterrânea, como pode ser observado na **tabela 5.65**.

**Tabela 5.65** - Valores Máximos Permitidos (VMP) de microorganismos para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008).

Parâmetro	Usos Preponderantes da Água			
	Consumo Humano	Dessedentação Animal	Irrigação	Recreação
<i>E. coli</i>	Ausentes em 100 mL	100 / 200 mL	-	800 / 100 mL

No período chuvoso (abril de 2012), as águas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, apresentaram em 17% (5/30) dos casos a presença de *E. coli*, enquanto que no período de estiagem (outubro de 2012), a presença ocorreu em 7% (2/30) das amostras.

Com base nos resultados das análises, verifica-se que 83% (25/30) dos poços na primeira campanha e 93% (28/30) na segunda campanha apresentaram padrões biológicos recomendados pela Portaria MS 2914/2011, bem como, nos limites definidos pela Resolução CONAMA 396/2008 indicando que as suas águas podem ser utilizadas para consumo humano, dessedentação animal e recreação (**tabela 5.65**).

De acordo com Colvara *et al.* (2009), vários fatores podem ser responsáveis pela contaminação da água de poços artesianos em uma propriedade, tanto rural quanto urbana, a exemplo, da falta de manutenção do reservatório; localização inadequada do poço; e a falta de cuidado e higiene com a água antes do consumo.

Silva & Araújo (2003) relatam que o destino final do esgoto doméstico e industrial em fossas e tanques sépticos, a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais, postos de combustíveis e de lavagem e a modernização da agricultura representam fontes de contaminação das águas subterrâneas por bactérias e vírus patogênicos, parasitas e substâncias orgânicas e inorgânicas.

Dessa forma, fica evidente que a presença de *E. coli* no Aquífero Alter do Chão se deve provavelmente ao lançamento de esgoto *in natura*, que infiltra no solo e contribui para a contaminação do lençol freático, o que é extremamente preocupante, pois pode acarretar na população doenças de veiculação hídrica,

tais como, amebíase, giardíase, gastroenterite, febres tifoide e paratifoide, hepatite infecciosa e cólera.

### **Zoneamento da *Escherichia Coli***

A distribuição espacial da presença e ausência de *E. coli* nas águas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, analisadas no período chuvoso (abril de 2012) e no período de estiagem (outubro de 2012), podem ser observadas respectivamente na **figura 5.53a** e **figura 5.53b**.

As análises indicaram presença de *E. coli* em 17% das amostras na primeira coleta e 7% na segunda campanha, o que indica contaminação por material fecal. Tal resultado é plausível, haja vista que na área de estudo os poços são construídos muito próximos às fossas sépticas, sem o devido cuidado sanitário, fazendo com que os dejetos entrem em contato com as águas subterrâneas, contaminando-as. Associado a isso, o fato de que na região de Santarém o sistema de esgotamento sanitário é praticamente ausente e a área é bastante urbanizada, o que contribui ainda mais para a contaminação dos mananciais próximos.

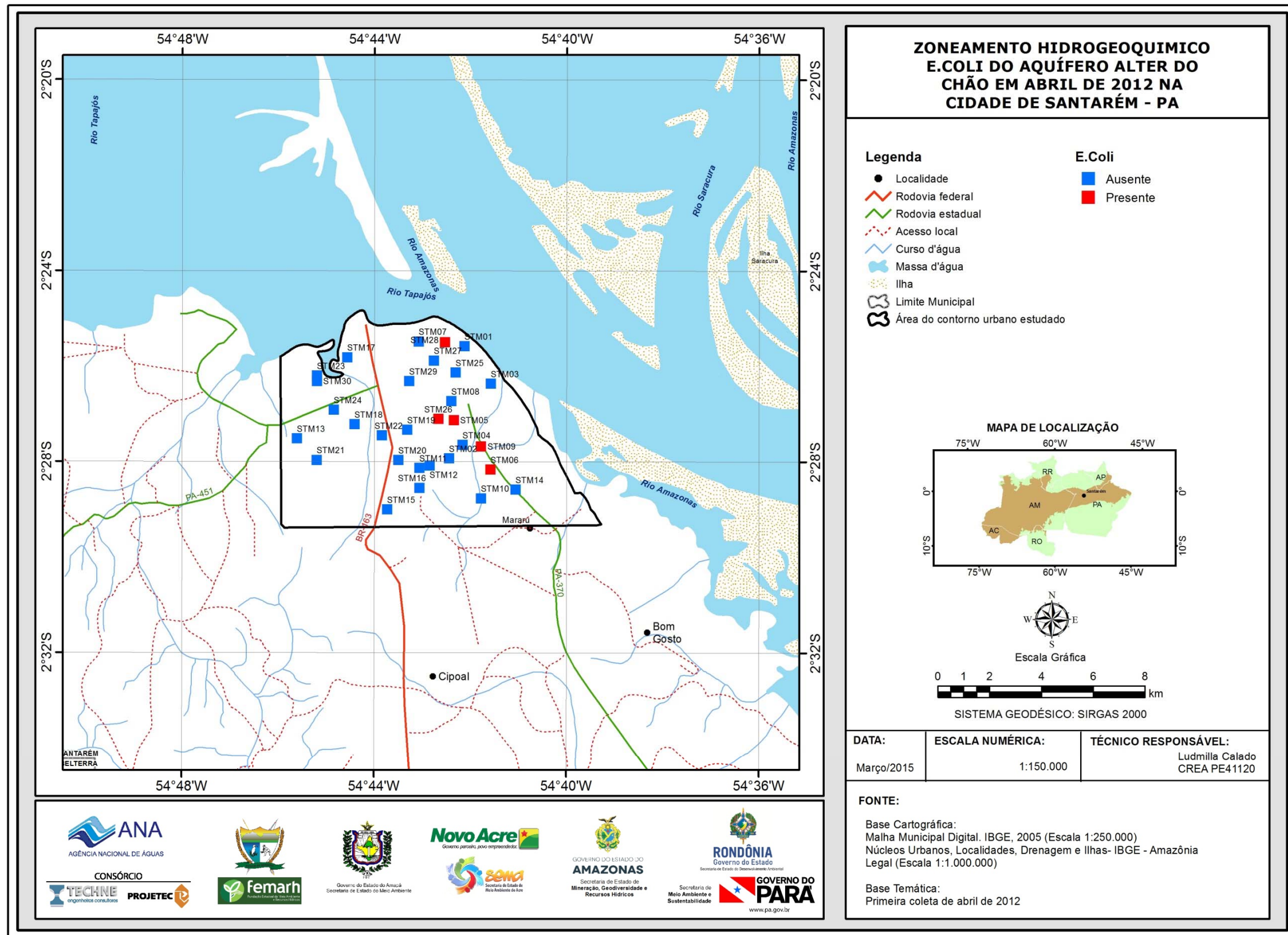


Figura 5.53a – Distribuição dos poços com presença /ausência de *E. coli* no Aquífero Alter do Chão no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Santarém – PA.

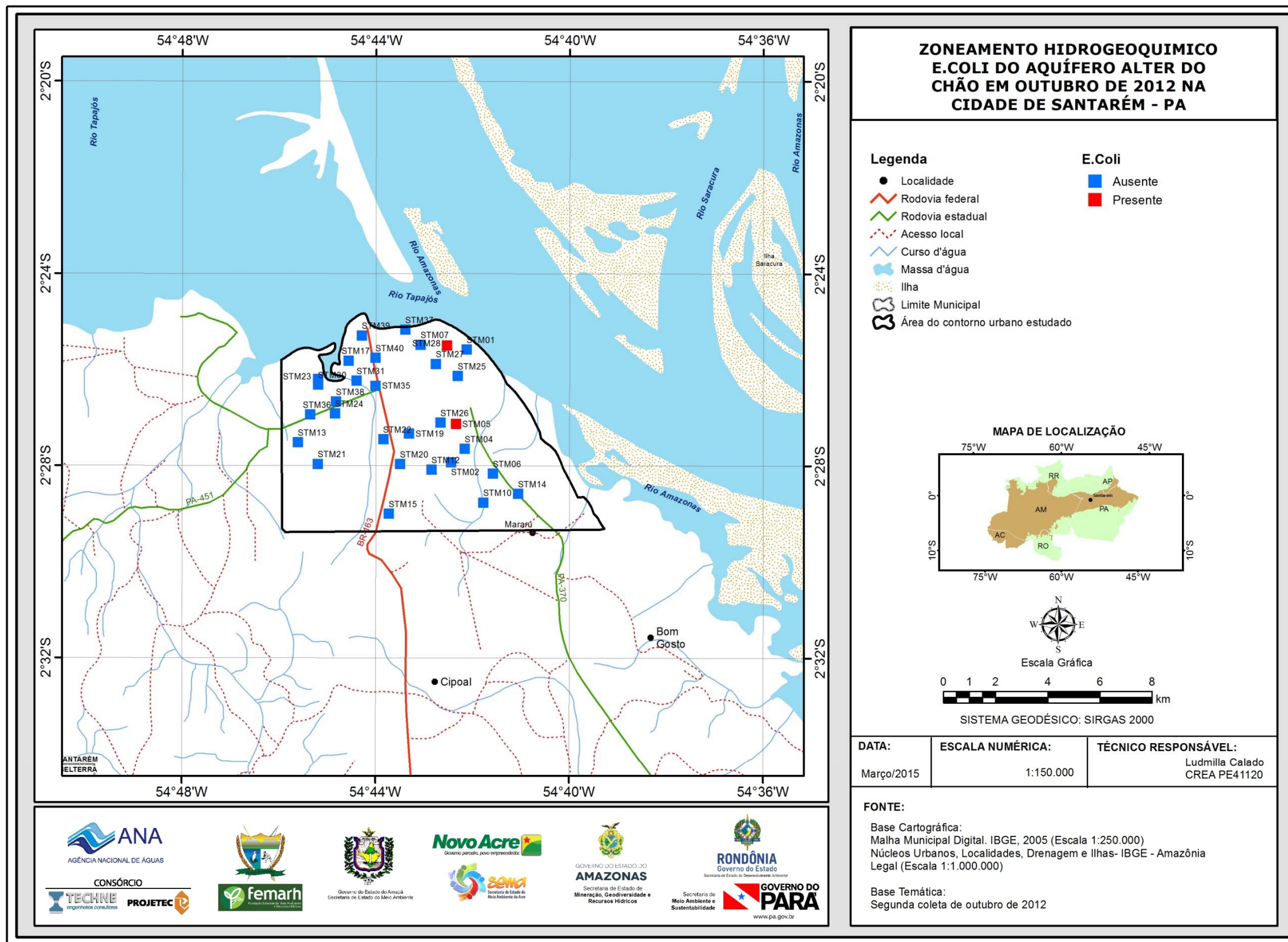


Figura 5.53b – Distribuição dos poços com presença /ausência de *E. coli* no Aquífero Alter do Chão no período seco (outubro de 2012), na cidade de Santarém – PA.

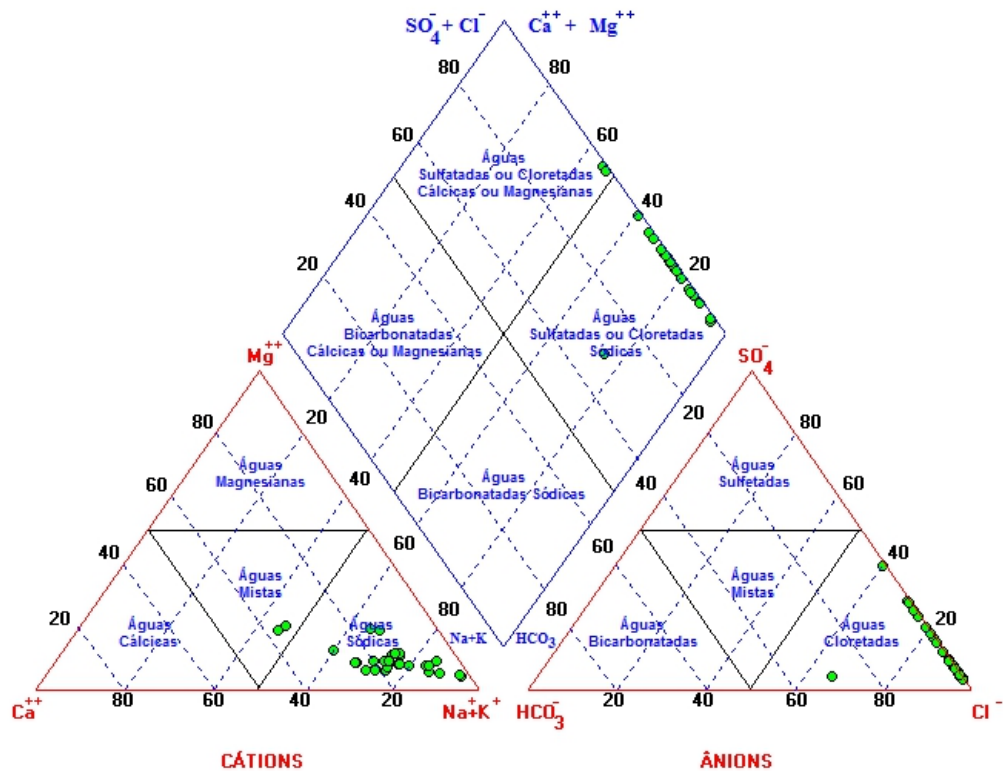
### **5.2.17 – Classificação das Águas Subterrâneas do Aquífero Alter do Chão Segundo a Composição Química**

Vários são os métodos existentes para a classificação das águas segundo a composição química. Todos eles se baseiam em representações gráficas dos percentuais ou frações dos cátions e ânions dominantes, normalmente expressos em meq/L. As representações são as mais diversas, incluindo diagramas colunares, circulares, triangulares e até polígonos irregulares. Dentre os mais utilizados, estão o diagrama triangular de Piper e o polígono de Stiff, a seguir apresentados para a classificação das águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, em Santarém, com base nos dados coletados na rede de 37 (trinta e sete) poços de monitoramento, em duas campanhas: a primeira no período chuvoso (abril de 2012) e a segunda no período de estiagem (outubro de 2012).

#### **5.2.17.1 – Diagrama Triangular de Piper**

##### ***Período chuvoso***

A classificação das águas por meio do Diagrama de Piper se baseia na identificação dos ânions e cátions predominantes. Mediante observação da **figura 5.54**, é possível identificar que as águas do Aquífero Alter do Chão em Santarém, no período chuvoso de abril de 2012, no que se refere aos ânions são 100% (30/30) cloretadas. Já no que concerne a presença de cátions, as águas são 93,3% (28/30) sódicas e 6,7% (2/30) mistas, como indica a **tabela 5.66**.



Aquífero Alter do Chão em Santarém - Período chuvoso (abril de 2012)

**Figura 5.54** – Classificação das águas do aquífero Alter do Chão em Santarém, coletadas no período chuvoso (abril de 2012) segundo o diagrama Triangular de Piper.

**Tabela 5.66** - Classificação das Águas do Aquífero Alter do Chão em Santarém - Período Chuvoso (abril de 2012).

Cátions	Poços	%	Ânions	Poços	%	Geral	Poços	%
Águas Magnesianas	0	0,0	Águas Sulfatadas	0	0,0	Águas Cloretadas cálcicas	2	6,7
Águas Cálcidas	0	0,0	Águas Bicarbonatadas	0	0,0	Águas Bicarbonatadas Cálcidas ou Magnesianas	0	0,0
Águas Sódicas	28	93,3	Águas Cloretadas	30	100	Águas Bicarbonatadas Sódicas	0	0,0
Águas Mistas	2	6,7	Águas Mistas	0	0,0	Águas Cloretadas Sódicas	28	93,3

Com base nos dados apresentados na **figura 5.54** e na **tabela 5.66**, é possível afirmar que, a maioria das águas do Aquífero Alter do Chão, coletadas em abril de 2012, são *Cloretadas Sódicas*.

A distribuição espacial dos poços, apresentada na **figura 5.55**, permite verificar que 93,3% das águas são cloretadas sódicas e os 6,7% restantes dos poços apresentam águas cloretadas cálcicas.

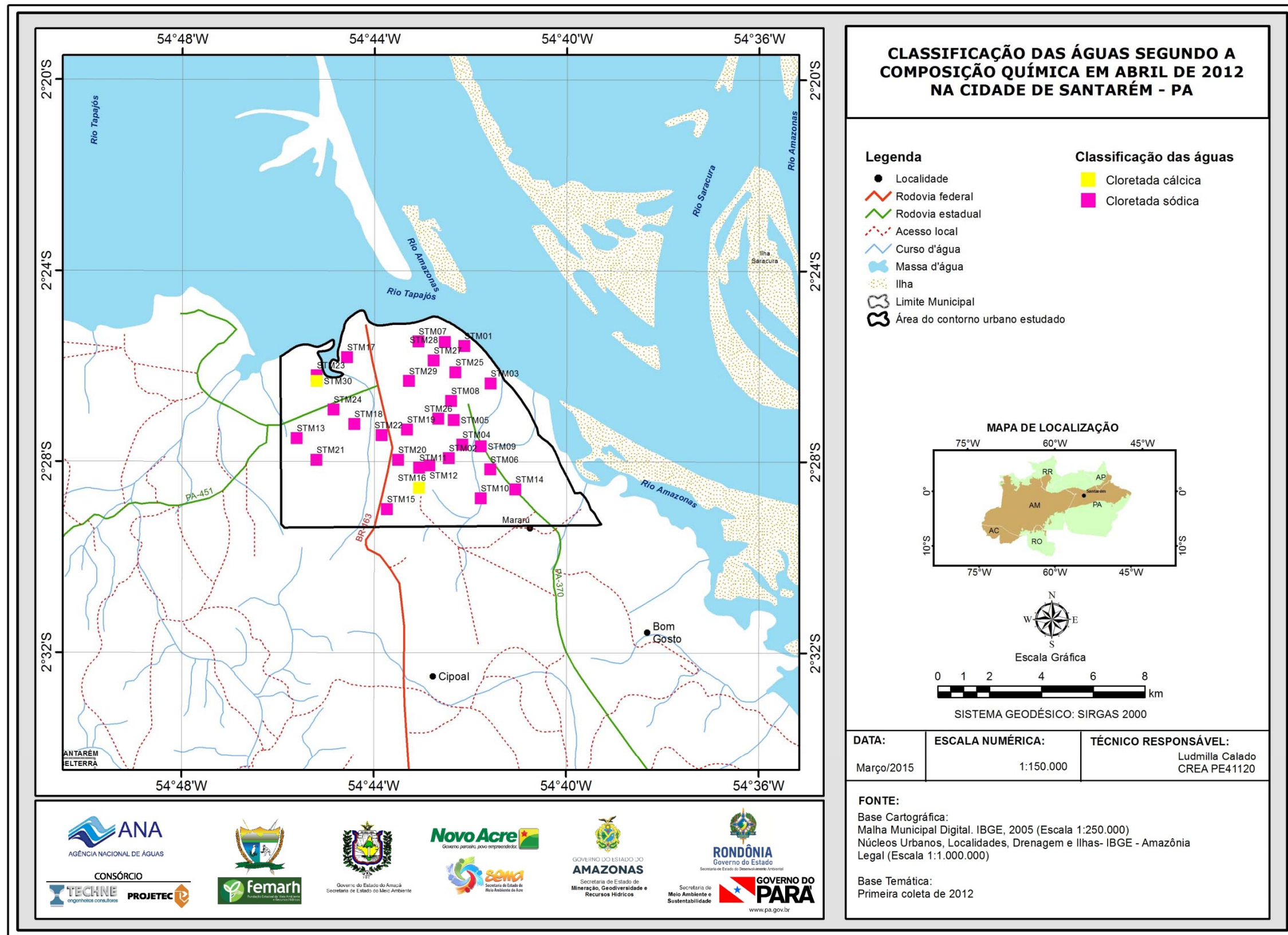
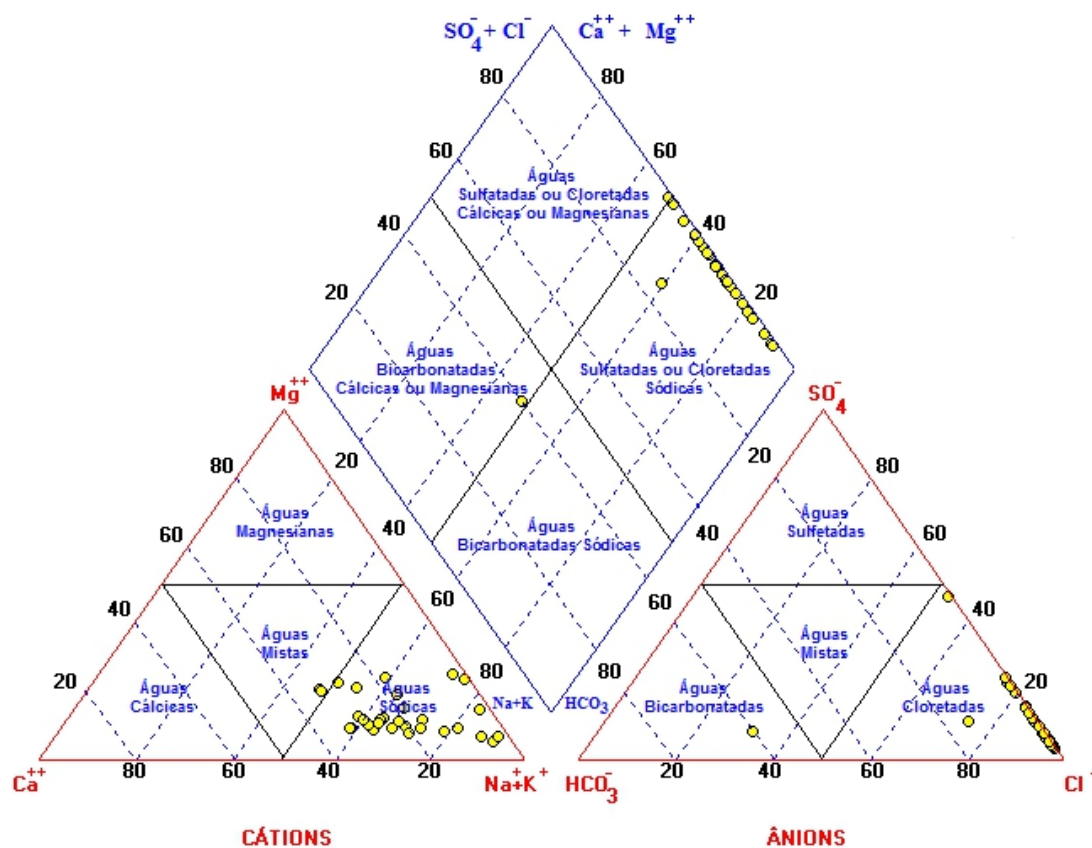


Figura 5.55 - Classificação das águas do Aquífero Alter do Chão em Santarém segundo a composição química - Período chuvoso (abril de 2012).

### Período de estiagem

De acordo com a **figura 5.56** verifica-se que as águas do Aquífero Alter do Chão, no período seco de outubro de 2012, quanto à presença de ânions, são 96,7% (29/30) cloretadas e 3,3% (1/30) bicarbonatadas. Com relação aos cátions é possível identificar que 93,3% (28/30) das águas são sódicas e 6,7% (2/30) são mistas, como pode ser observado na **tabela 5.67**.



Aquífero Alter do Chão em Santarém - Período seco (outubro de 2012)

**Figura 5.56** – Classificação das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em Santarém, através do Diagrama de Piper, com base em amostras de água coletadas em outubro de 2012.

Mediante análise dos dados da **tabela 5.67** e **figura 5.56** é possível afirmar que a maioria das águas do Aquífero Alter do Chão, em Santarém, coletadas no período seco (outubro de 2012), são *Cloretadas Sódicas*.



**Tabela 5.67** - Classificação das Águas do Aquífero Alter do Chão em Santarém - Período seco (outubro de 2012).

Cátions	Poços	%	Ânions	Poços	%	Geral	Poços	%
Águas Magnesianas	0	0,0	Águas Sulfatadas	0	0,0	Águas Cloretadas Cálcidas	1	3,3
Águas Cálcidas	0	0,0	Águas Bicarbonatadas	1	3,3	Águas Bicarbonatadas Cálcidas	1	3,3
Águas Sódicas	28	93,3	Águas Cloretadas	29	96,7	Águas Bicarbonatadas Sódicas	0	0,0
Águas Mistas	2	6,7	Águas Mistas	0	0,0	Águas Cloretadas Sódicas	28	93,3

A distribuição espacial dos poços, apresentada na **figura 5.57**, permite verificar a existência de modo geral, de três classes de águas no Aquífero Alter do Chão, *Cloretadas Sódicas* (93,3%), *Bicarbonatadas Cálcidas* (3,3%) e *Cloretadas Cálcidas* (3,3%) nas amostras coletadas no período seco, em outubro de 2012.

Analisando os resultados das duas campanhas, nota-se que a composição química das águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, na cidade de Santarém, em sua maioria são *Cloretadas Sódicas* e que este padrão não se modifica com a sazonalidade.

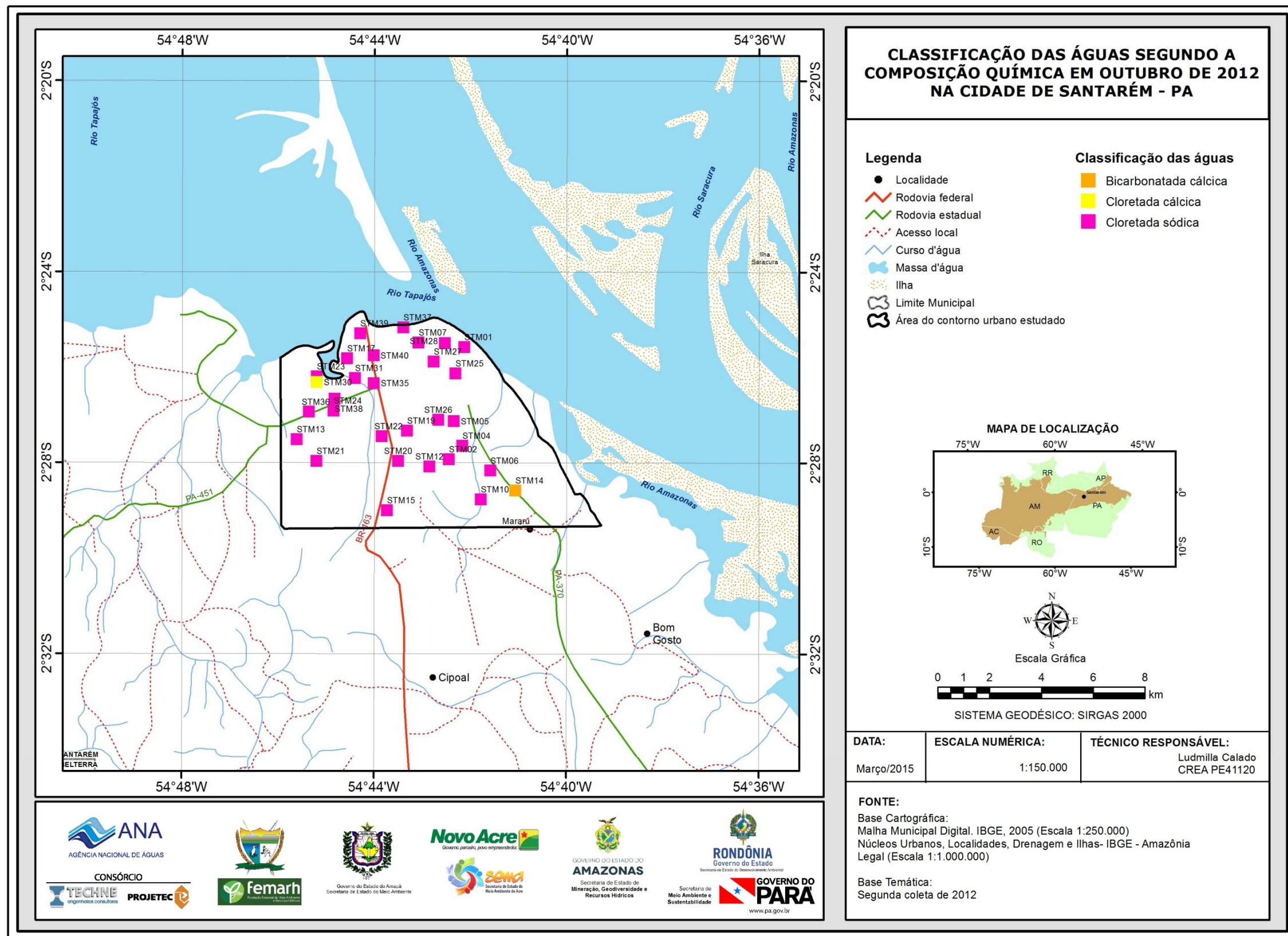


Figura 5.57 - Classificação das águas do Aquífero Alter do Chão em Santarém segundo a composição química - Período seco (outubro de 2012).

### 5.2.17.2 – Diagramas de Stiff

Com base nos resultados das coletas realizadas nos meses de abril e outubro de 2012, em 37 poços situados na área urbana de Santarém, foram elaborados para fins de classificação das águas, segundo a composição química, Diagramas de Stiff, através dos quais é possível visualizar facilmente por meio de polígonos os íons predominantes no local.

#### Período chuvoso

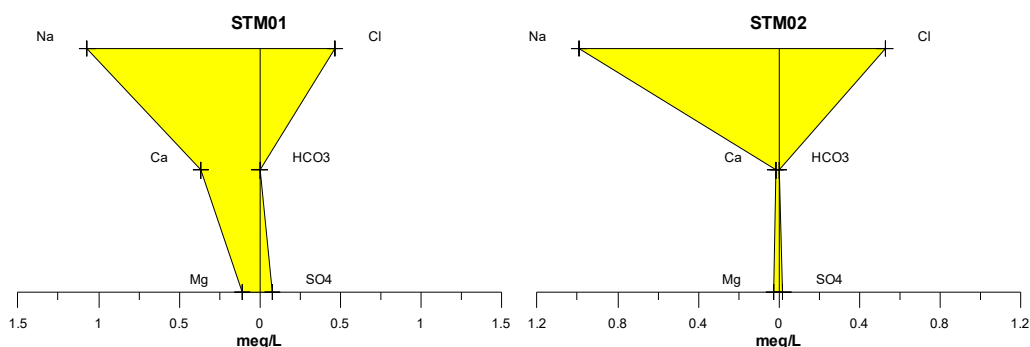
Os resultados da primeira campanha, assim como, a classificação das águas do Aquífero Alter do Chão segundo a predominância de íons estão apresentados na **tabela 5.68**.

**Tabela 5.68** - Classificação das Águas do Aquífero Alter do Chão, em Santarém, de acordo com a predominância de íons - Período chuvoso (abril de 2012).

Classificação	Poços	%
Água Cloretada Sódica	30	100

Verificou-se que as amostras de Santarém coletadas no período chuvoso, em abril de 2012, são 100% (30/30) cloretadas sódicas (**figura 5.58a**). Tais dados, permitem classificar as águas do Aquífero Alter do Chão em abril de 2012 como *Cloretadas Sódicas*.

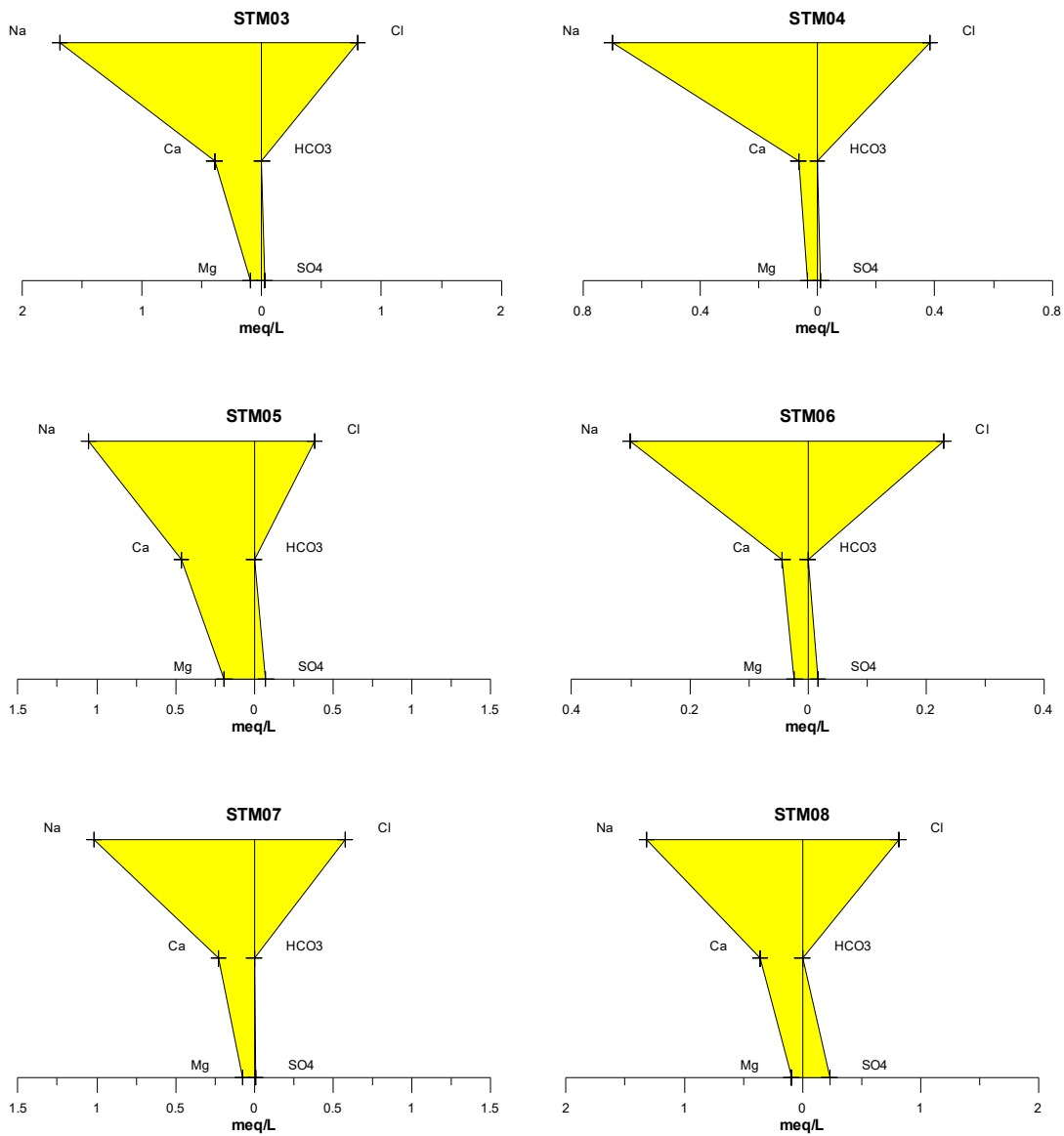
#### Aquífero Alter do Chão (Águas Cloretadas Sódicas) – abril de 2012



**Figura 5.58a** – Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Alter do Chão em Santarém - PA.

**Continuação**

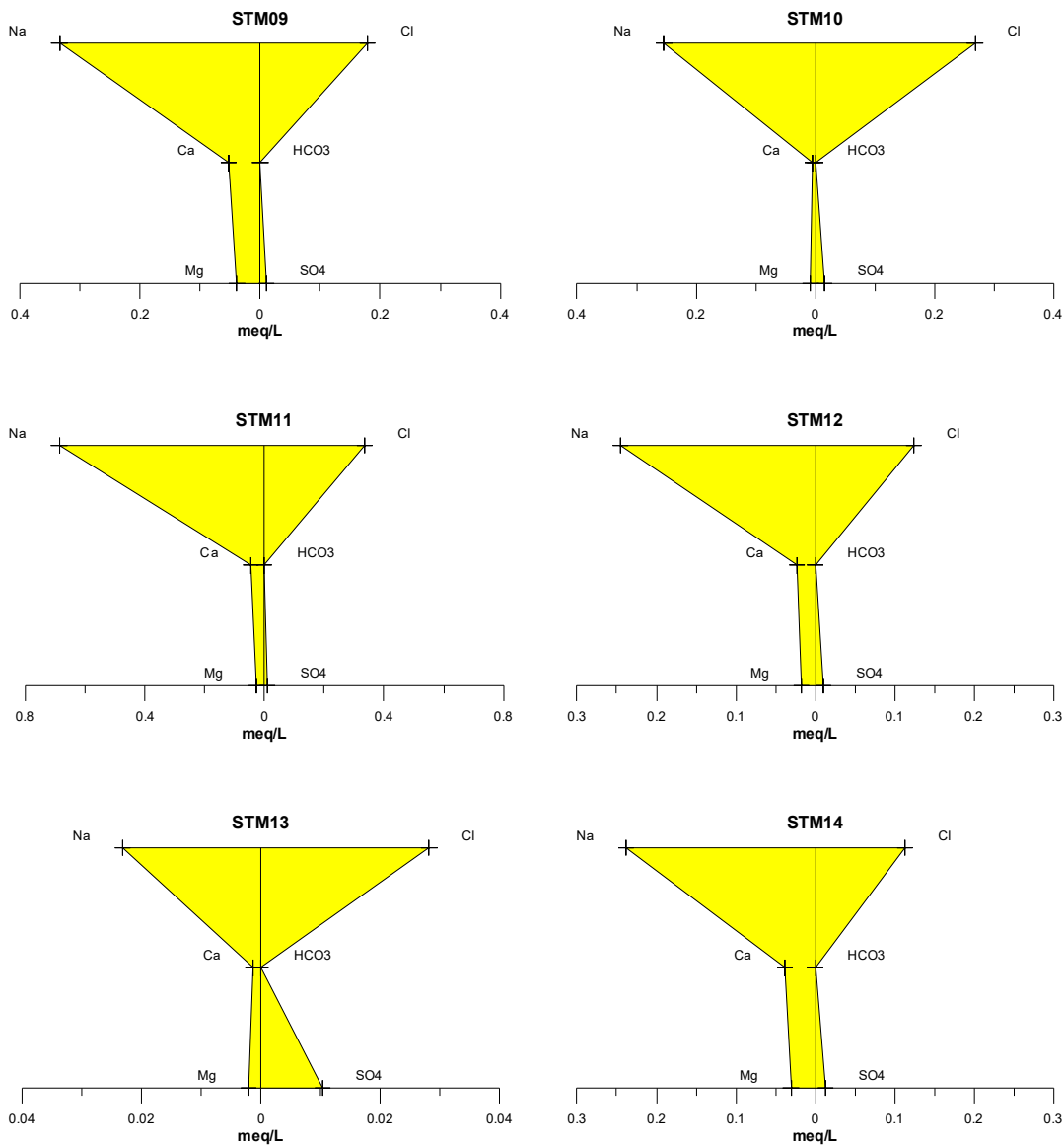
**Aquífero Alter do Chão (Águas Cloretadas Sódicas) – abril de 2012**



**Figura 5.58a** – Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Alter do Chão em Santarém - PA (Continuação).

**Continuação**

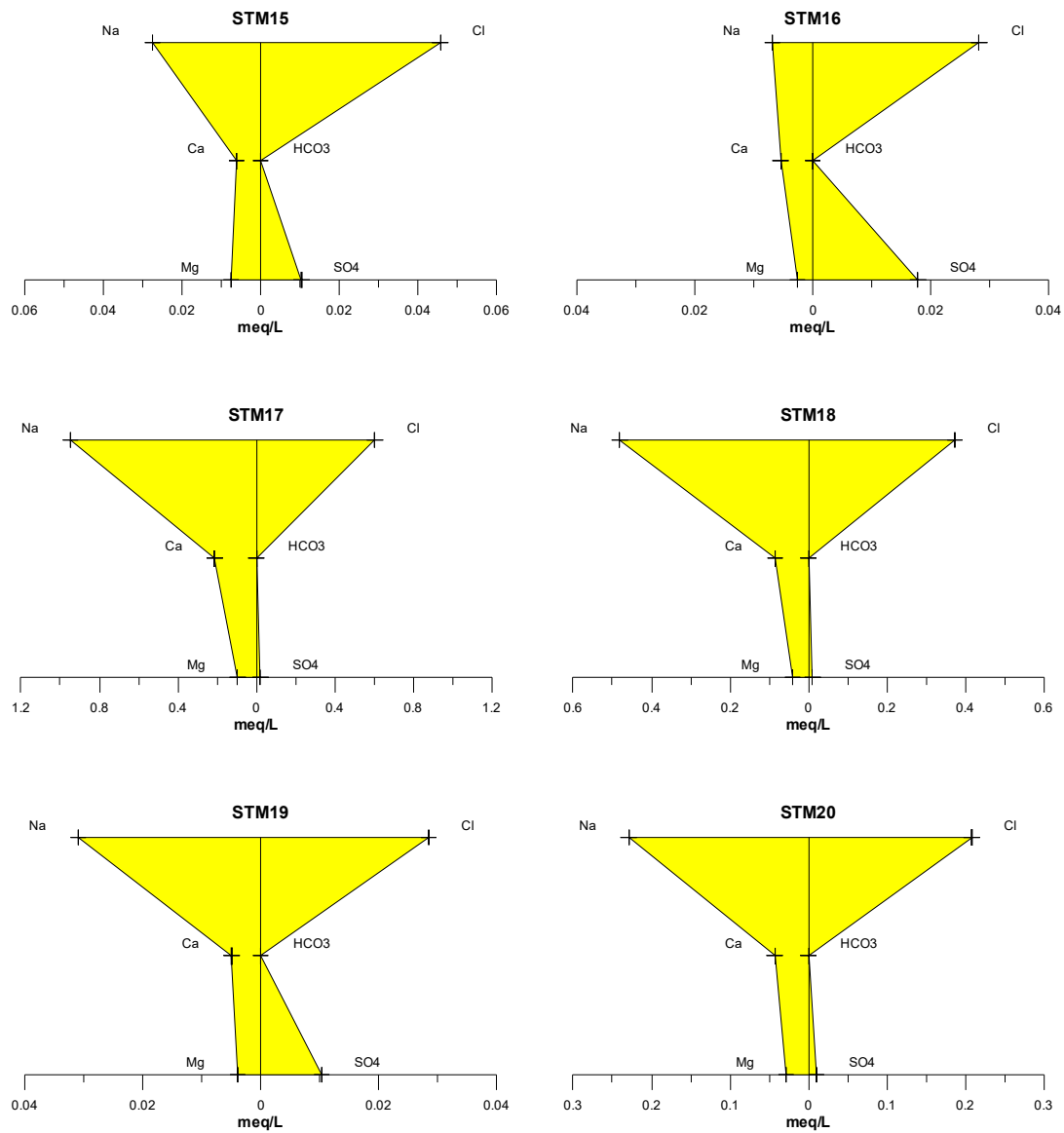
**Aquífero Alter do Chão (Águas Cloretadas Sódicas) – abril de 2012**



**Figura 5.58a** – Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Alter do Chão em Santarém - PA (Continuação).

**Continuação**

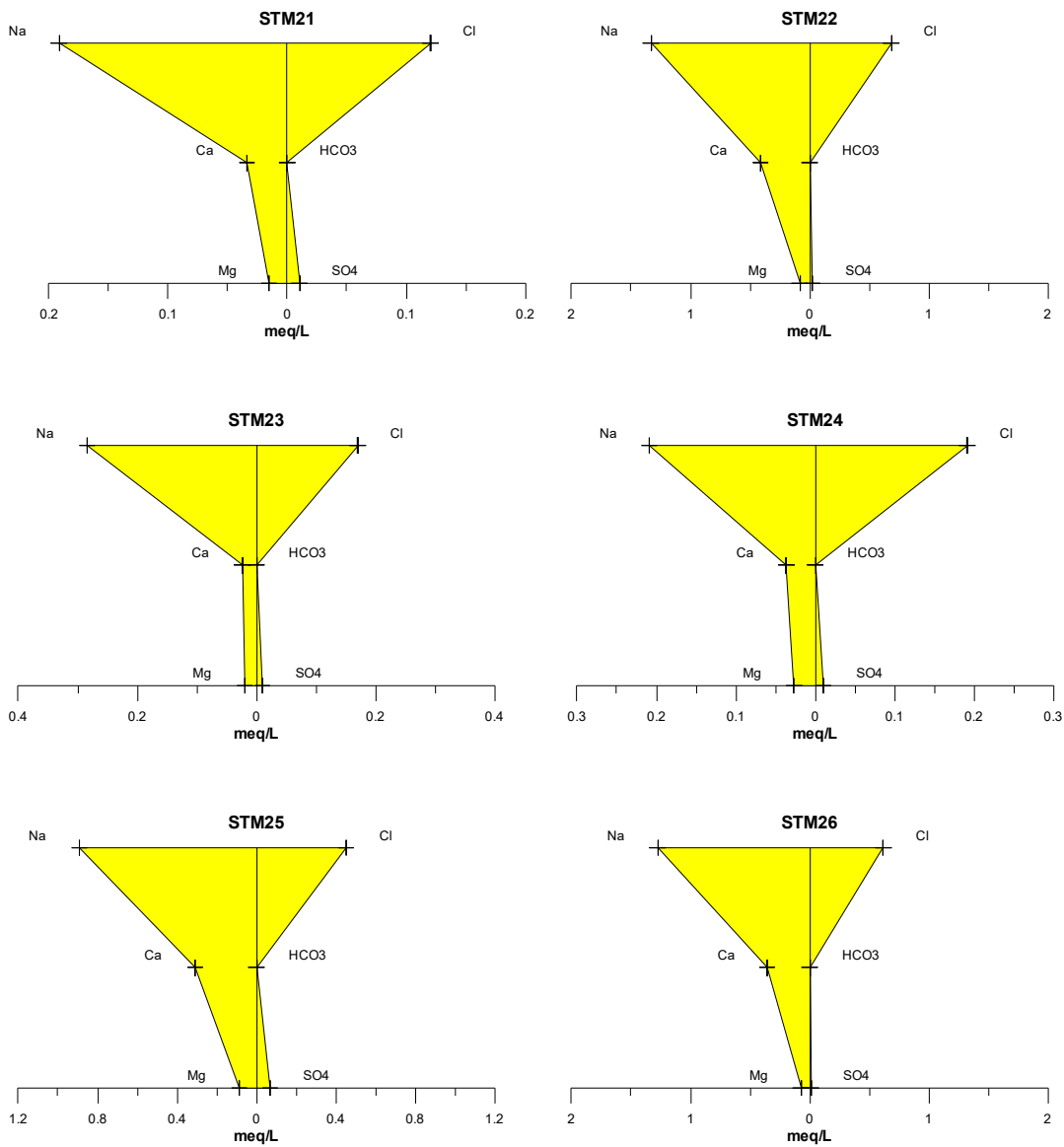
**Aquífero Alter do Chão (Águas Cloretadas Sódicas) – abril de 2012**



**Figura 5.58a** – Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Alter do Chão em Santarém - PA (Continuação).

**Continuação**

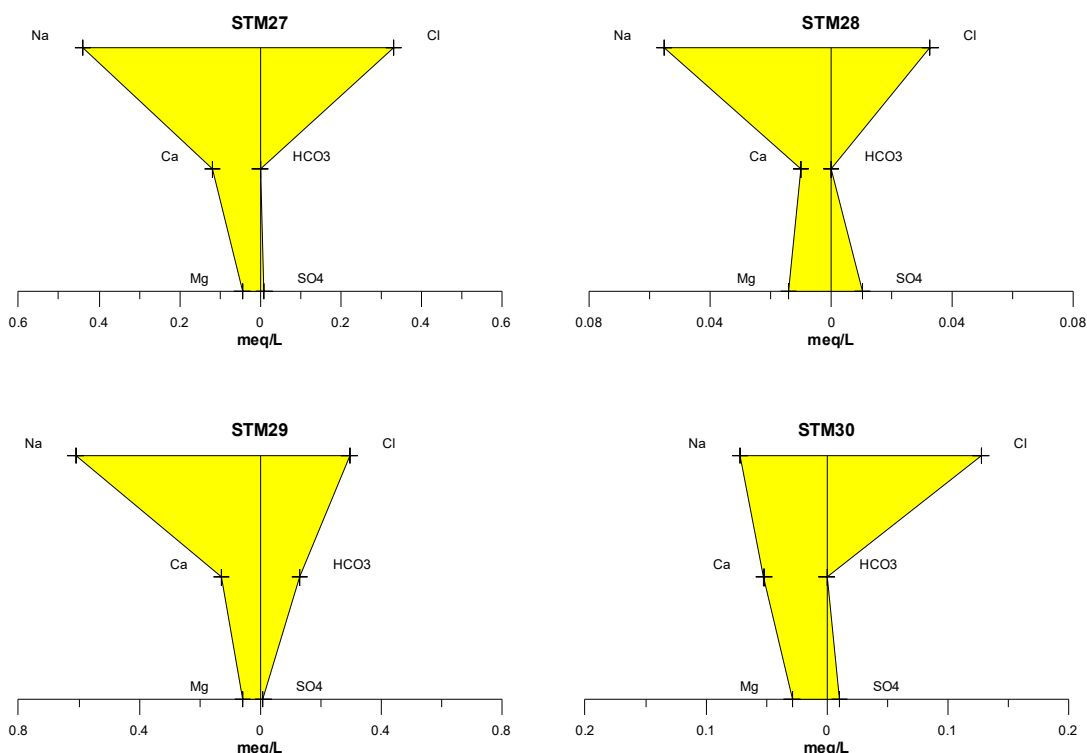
**Aquífero Alter do Chão (Águas Cloretadas Sódicas) – abril de 2012**



**Figura 5.58a** – Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Alter do Chão em Santarém - PA (Continuação).

## Continuação

### Aquífero Alter do Chão (Águas Cloretadas Sódicas) – abril de 2012



**Figura 5.58a** – Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Alter do Chão em Santarém - PA (Continuação).

### Período de estiagem

Os resultados da segunda campanha, assim como a classificação das águas do Aquífero Alter do Chão segundo a predominância de íons, estão apresentados na **tabela 5.69**.

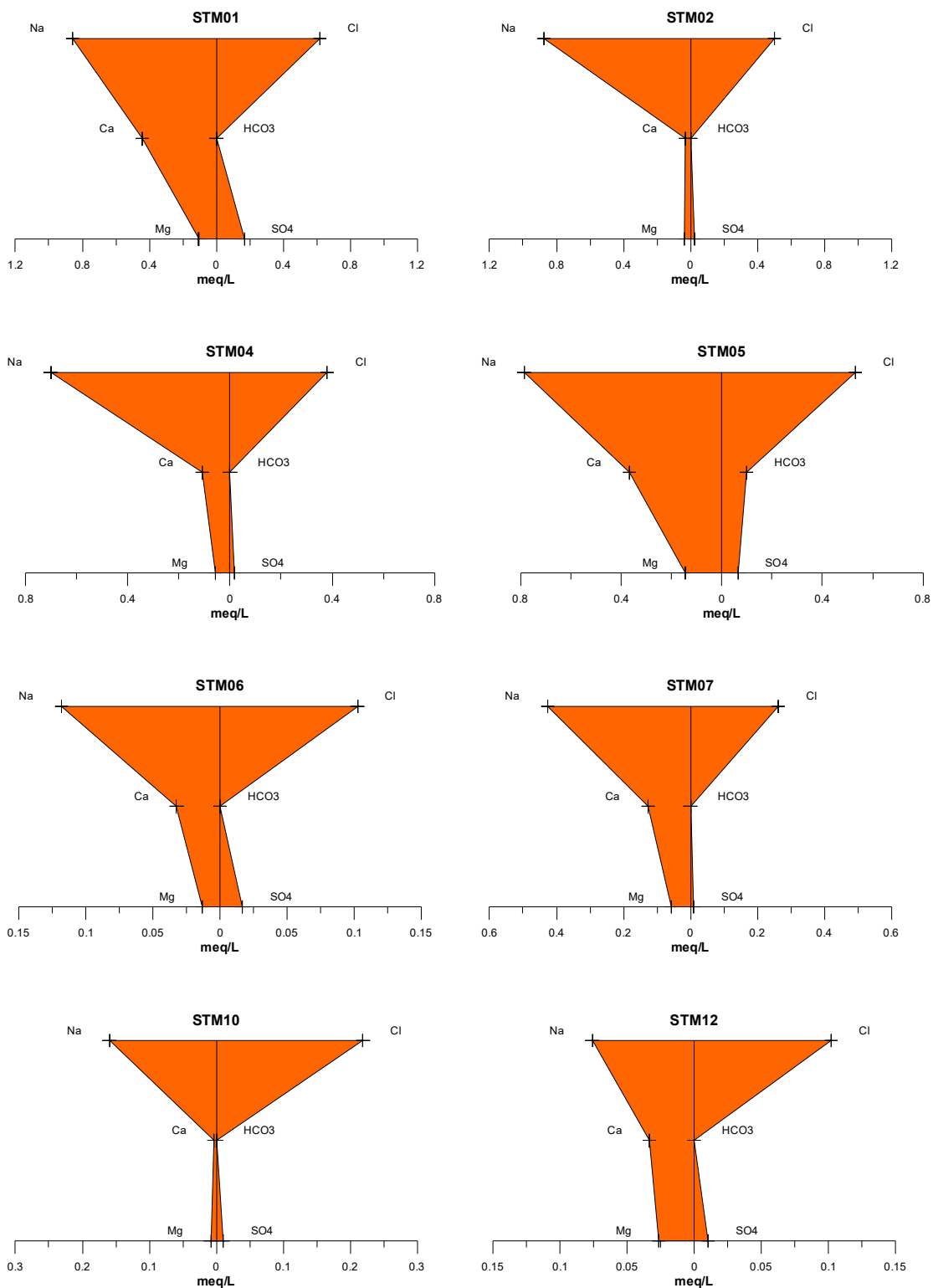
**Tabela 5.69** - Classificação das Águas do Aquífero Alter do Chão, em Santarém, de acordo com a predominância de íons - Período seco (outubro de 2012).

Classificação	Poços	%
Água Cloretada Sódica	29	97
Água Bicarbonatada Sódica	1	3

Analisando os resultados das amostras de Santarém, coletadas no período seco, em outubro de 2012, verificou-se que 97% (29/30) das águas são classificadas como cloretadas sódicas (**figura 5.59a**) e 3% (1/30) como bicarbonatadas sódicas (**figura 5.59b**). Sendo, portanto, classificadas a maioria das águas do Aquífero Alter do Chão em outubro de 2012 como *Cloretadas Sódicas*.



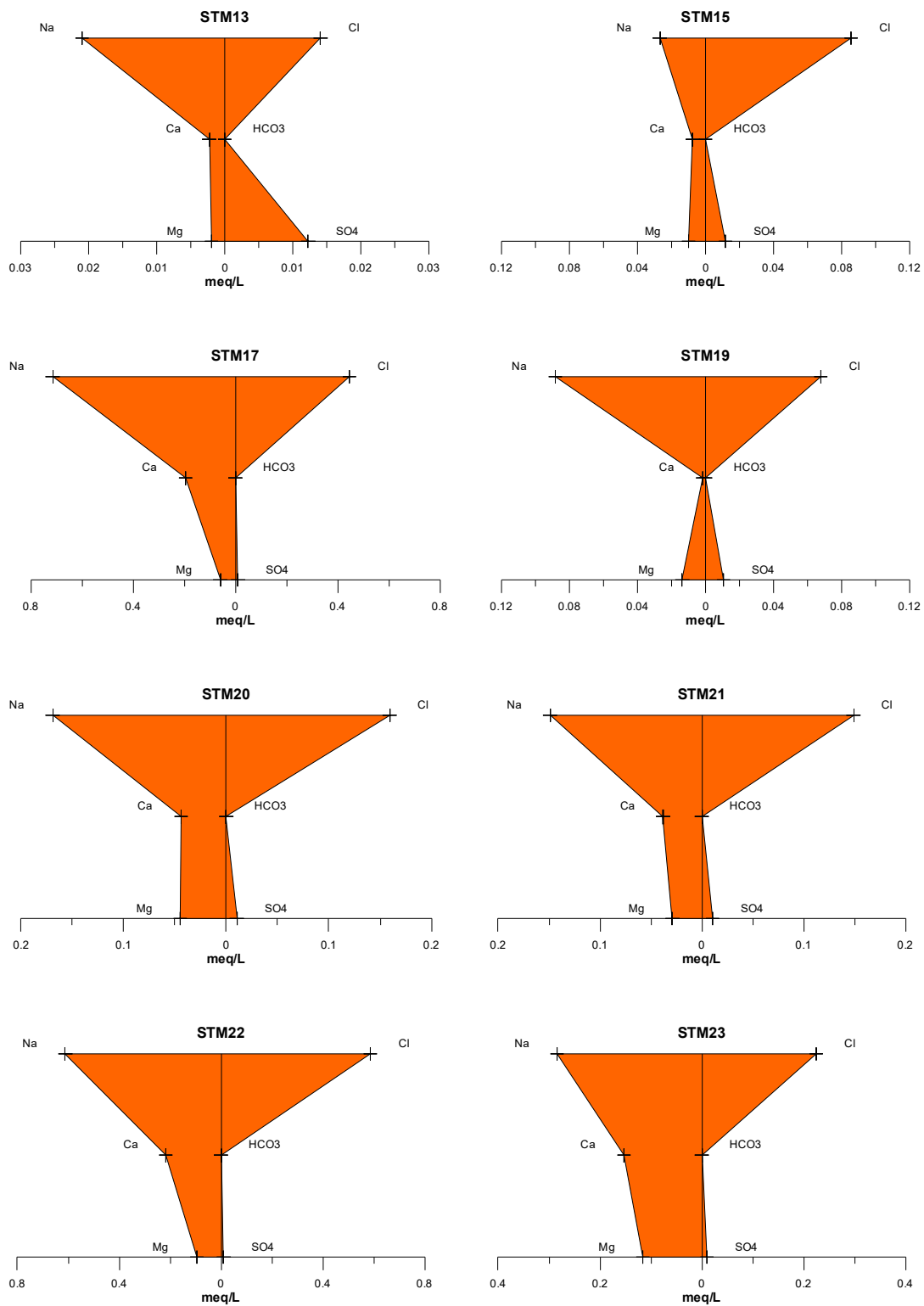
**Aquífero Alter do Chão (Águas Cloretadas Sódicas) - outubro de 2012**



**Figura 5.59a** – Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Alter do Chão em Santarém - PA.

**Continuação**

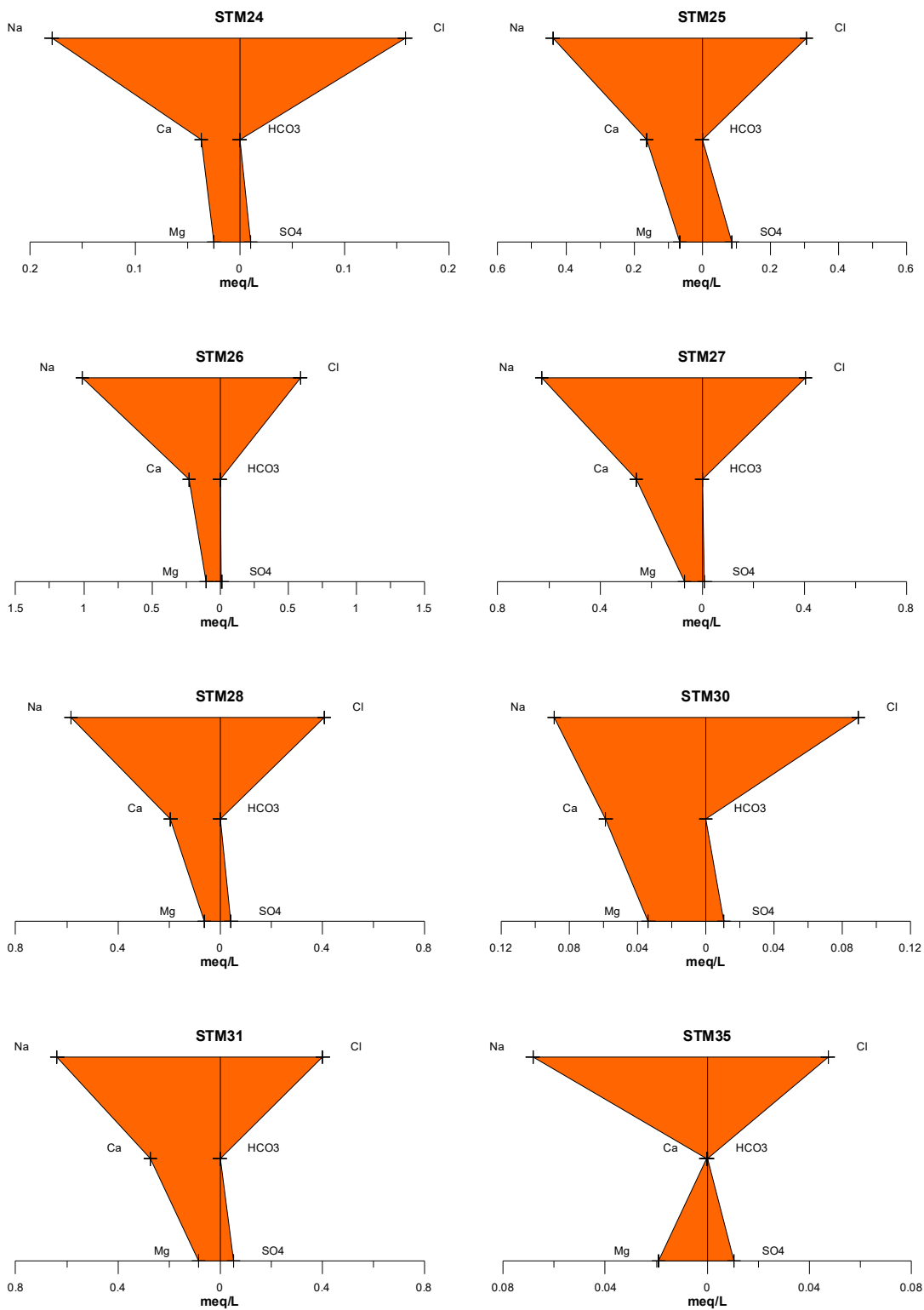
**Aquífero Alter do Chão (Águas Cloretadas Sódicas) - outubro de 2012**



**Figura 5.59a** – Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Alter do Chão em Santarém - PA (Continuação).

**Continuação**

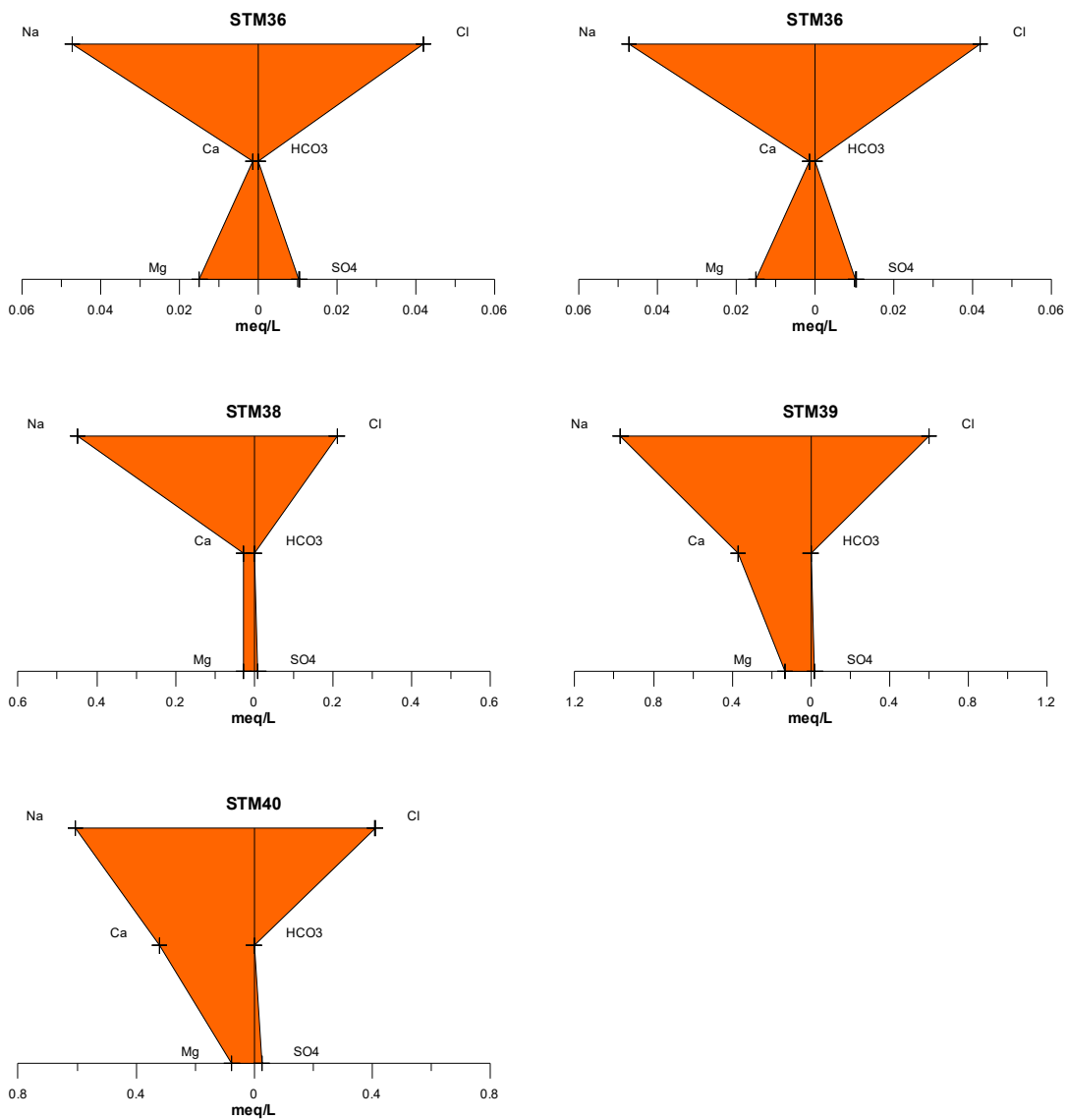
**Aquífero Alter do Chão (Águas Cloretadas Sódicas) - outubro de 2012**



**Figura 5.59a** – Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Alter do Chão em Santarém - PA (Continuação).

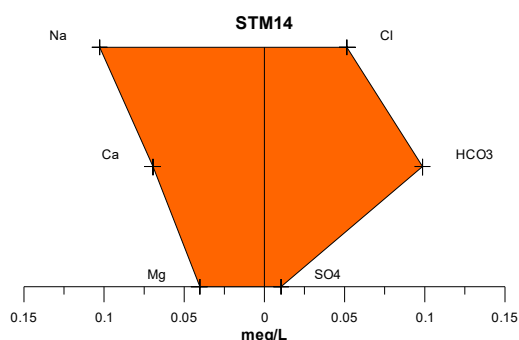
**Continuação**

**Aquífero Alter do Chão (Águas Cloretadas Sódicas) - outubro de 2012**



**Figura 5.59a** – Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Alter do Chão em Santarém - PA (Continuação).

## Aquífero Alter do Chão (Água Bicarbonatada Sódica) - outubro de 2012



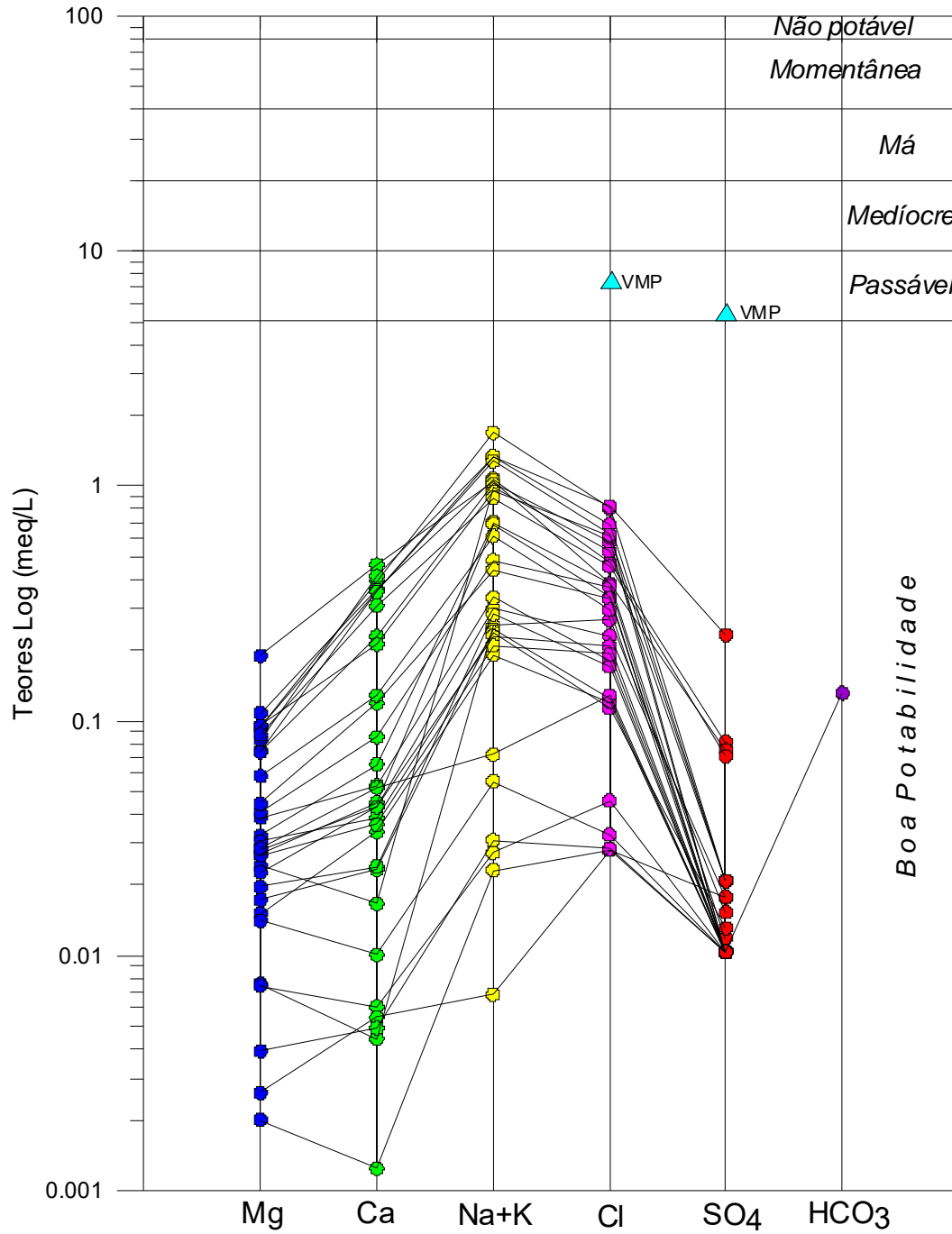
**Figura 5.59b** – Água bicarbonatada sódica classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostra de água coletada no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Alter do Chão em Santarém - PA.

### 5.2.18 – Classificação das Águas Subterrâneas Segundo o Uso

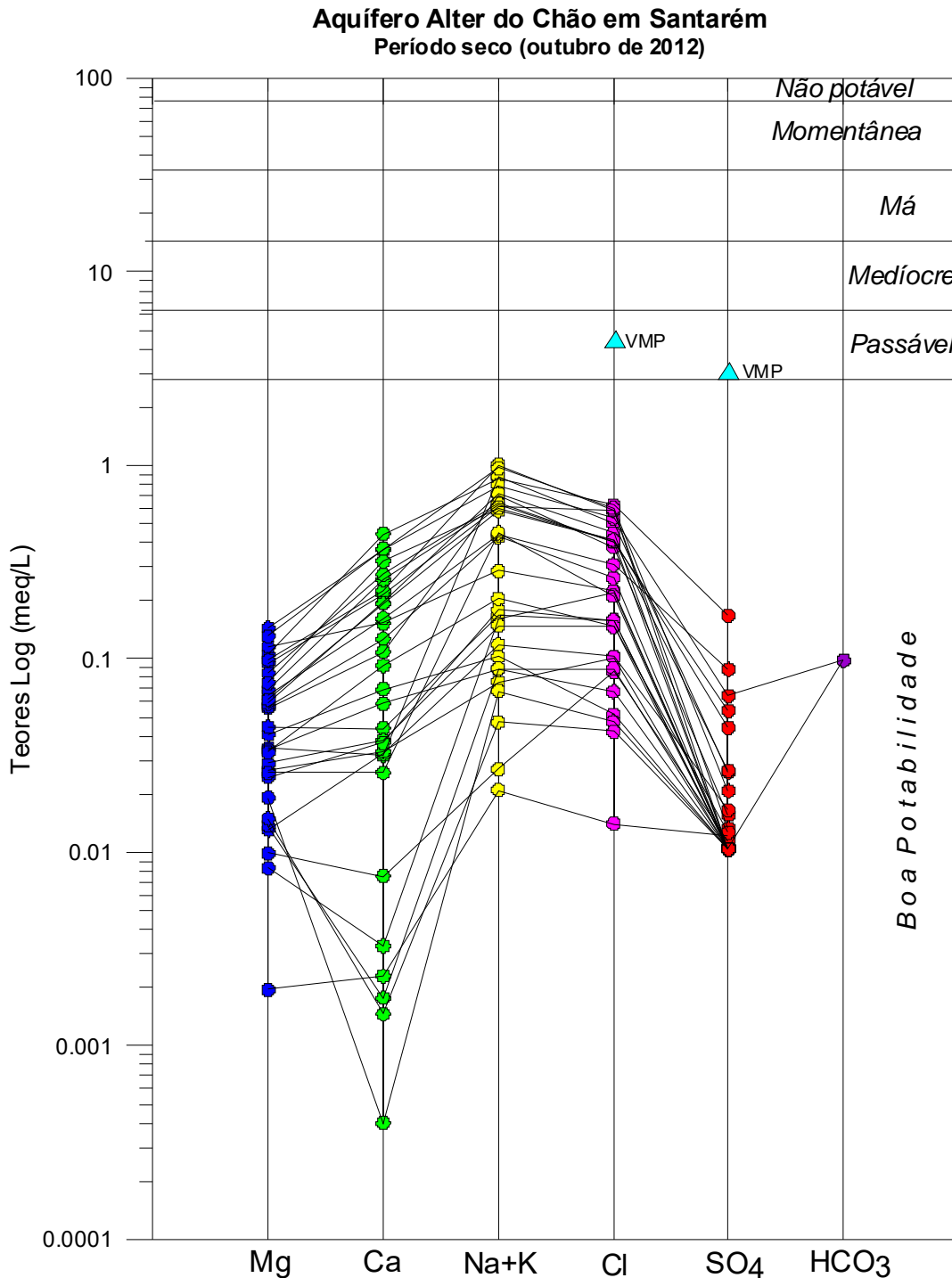
#### 5.2.18.1 – Diagramas de Schoeller-Berkaloff para Consumo Humano

A partir da análise da potabilidade das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em Santarém para consumo humano, por meio do Diagrama de Schoeller-Berkaloff, é possível verificar que no período chuvoso de abril de 2012 (**figura 5.60**) e no período seco (**figura 5.61**) todos os parâmetros analisados apresentaram valores abaixo do VMP, assim como, estão enquadrados na classe de boa potabilidade, indicando que as águas, podem ser usadas para consumo humano sem restrições.

**Aquífero Alter do Chão em Santarém**  
**Período chuvoso (abril de 2012)**



**Figura 5.60** – Classificação da potabilidade das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em Santarém no período chuvoso segundo o Diagrama de Schoeller-Berkaloff.



**Figura 5.61** – Classificação da potabilidade das águas subterrâneas do aquífero Alter do Chão em Santarém, no período de estiagem, segundo o Diagrama de Schoeller-Berkaloff.

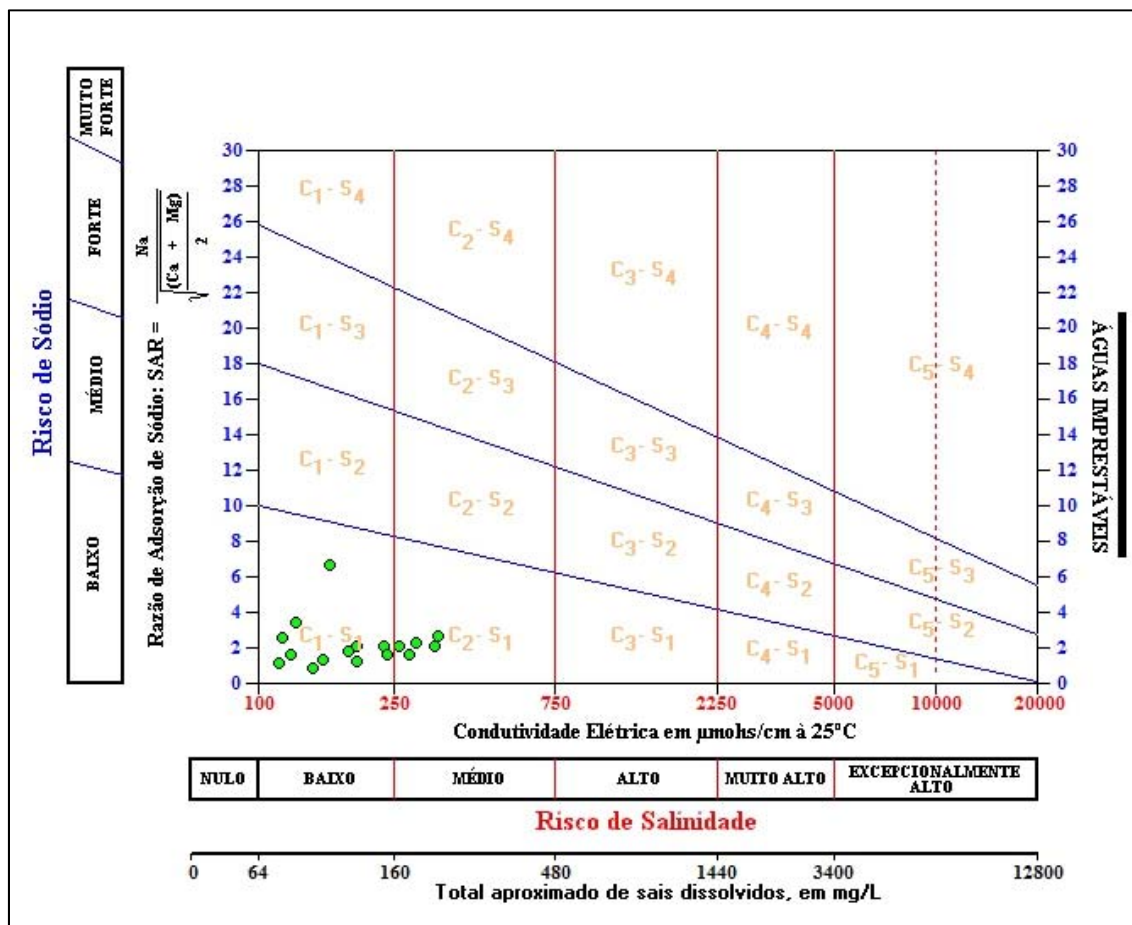
### 5.2.18.2 – Diagramas de Risco de Sódio e Salinidade para Irrigação

Para a avaliação quanto ao uso na irrigação das águas do Aquífero Alter do Chão, em Santarém, foi utilizada a classificação proposta pelo *United States Salinity Laboratory* (USSL), que se baseia na Razão de Adsorção de Sódio

(SAR) e na condutividade elétrica da água para classificar as águas em categorias de acordo com a salinidade e o risco de sódio.

### Período Chuvoso

Com base na referida classificação, verificou-se que as amostras coletadas em abril de 2012 apresentaram risco de sódio baixo em 100% dos casos, ou seja, classificação S<sub>1</sub>, que significa águas fracamente sódicas, que podem ser utilizadas em quase todos os solos com fraco risco de formação de teores nocivos de sódio susceptível de troca, servindo para o cultivo de quase todos os vegetais, como pode ser observado na **figura 5.62**.



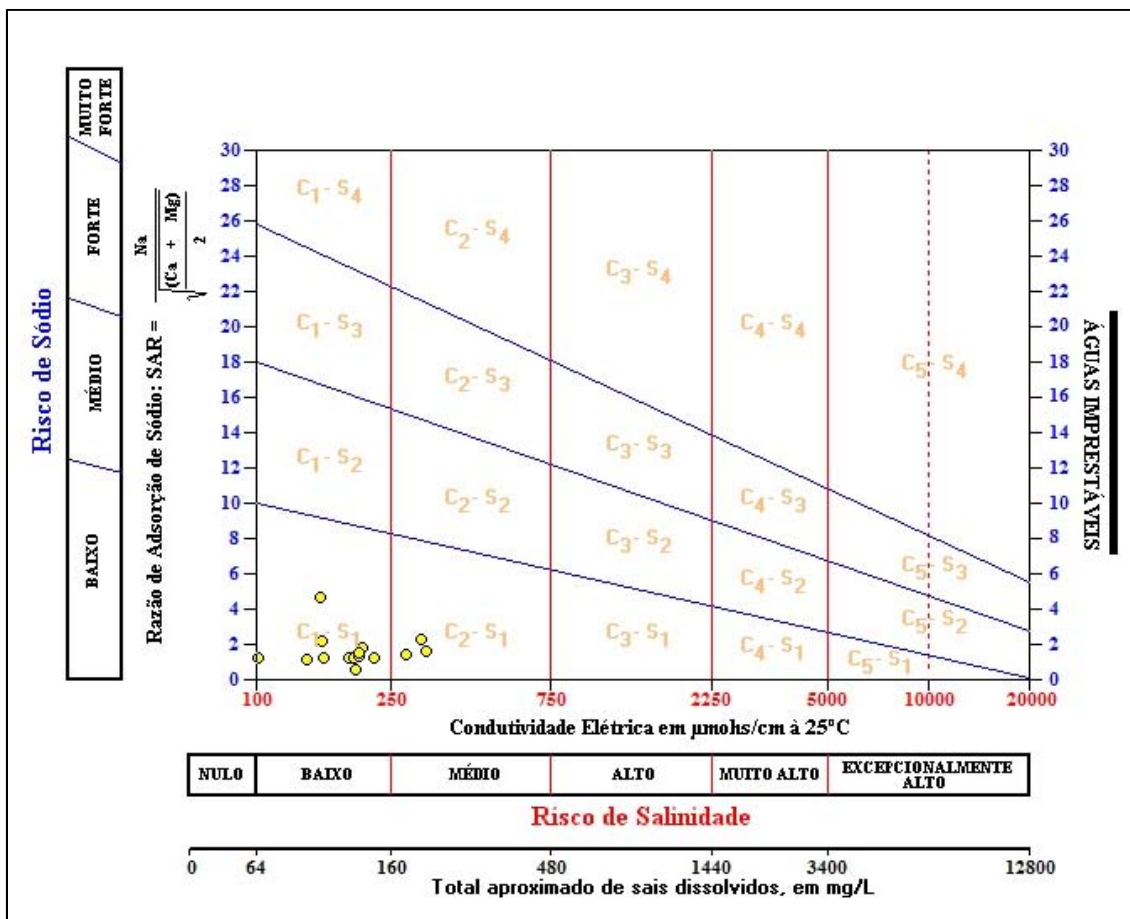
**Figura 5.62** – Classificação das águas do Aquífero Alter do Chão em Santarém para fins de irrigação – Abril de 2012.

Quanto à salinidade, as amostras de abril de 2012 apresentaram em 43,3% (13/30) dos casos a classificação C<sub>0</sub>, que corresponde a águas de salinidade fraquíssima, que podem ser utilizadas sem restrições para irrigação; enquanto que 40% (12/30) dos casos, classificação C<sub>1</sub>, indicativa de que são águas de salinidade fraca, que podem ser utilizadas para irrigar a maioria das culturas, na maioria dos solos, com pequeno risco de salinização do solo, exceto se a permeabilidade do solo for extremamente fraca. Os 16,7% (5/30) restantes, apresentaram classificação C<sub>2</sub>, ou seja, águas de salinidade média, que devem ser usadas com precaução, podendo ser utilizadas em solos silte-arenosos, siltosos ou areno-argilosos quando houver uma lixiviação moderada do solo (**figura 5.62**).



## Período de Estiagem

Os resultados das amostras coletadas em outubro de 2012 revelaram que em 100% dos casos as águas apresentaram risco de sódio baixo, o que corresponde à classificação S<sub>1</sub>, águas fracamente sódicas que podem ser usadas em quase todos os solos e servem para cultivar boa parte dos vegetais, como indica a **figura 5.63**.



**Figura 5.63** – Classificação das águas do Aquífero Alter do Chão em Santarém para fins de irrigação – Outubro de 2012.

Com relação à salinidade, as amostras de outubro de 2012 apresentaram em 50% (15/30) dos casos a classificação C<sub>0</sub>, que corresponde a águas de salinidade fraquíssima, que podem ser utilizadas sem restrições para irrigação; 40% (12/30) dos casos a classificação C<sub>1</sub>, ou seja, águas de salinidade fraca, que podem ser utilizadas para irrigar a maioria das culturas; e em 10% (3/30) dos casos a classificação C<sub>2</sub>, que significa águas de salinidade média, que devem ser usadas com precaução, podendo ser utilizadas em solos silte-arenosos, siltosos ou areno-argilosos quando houver uma lixiviação moderada do solo.

De modo geral, verifica-se que ambas as campanhas de amostragem apresentaram águas propícias para fins de irrigação, o que pode representar uma alternativa local de fonte de renda (**tabela 5.70**).

**Tabela 5.70** - Classificação das águas coletadas nas duas campanhas de amostragem de acordo com o risco de salinidade e de sódio, segundo USSL.

Período chuvoso (abril de 2012)				Período seco (outubro de 2012)			
Poço	Classe USSL	Risco		Poço	Classe USSL	Risco	
		Salinidade	Sódio			Salinidade	Sódio
STM01	C2-S1	Médio	Baixo	STM01	C2-S1	Médio	Baixo
STM02	C1-S1	Baixo	Baixo	STM02	C1-S1	Baixo	Baixo
STM03	C2-S1	Médio	Baixo	STM04	C1-S1	Baixo	Baixo
STM04	C1-S1	Baixo	Baixo	STM05	C1-S1	Baixo	Baixo
STM05	C1-S1	Baixo	Baixo	STM06	C0-S1	Nulo	Baixo
STM06	C0-S1	Nulo	Baixo	STM07	C1-S1	Baixo	Baixo
STM07	C1-S1	Baixo	Baixo	STM10	C0-S1	Nulo	Baixo
STM08	C2-S1	Médio	Baixo	STM12	C0-S1	Nulo	Baixo
STM09	C1-S1	Baixo	Baixo	STM13	C0-S1	Nulo	Baixo
STM10	C0-S1	Nulo	Baixo	STM14	C0-S1	Nulo	Baixo
STM11	C1-S1	Baixo	Baixo	STM15	C0-S1	Nulo	Baixo
STM12	C0-S1	Nulo	Baixo	STM17	C1-S1	Baixo	Baixo
STM13	C0-S1	Nulo	Baixo	STM19	C0-S1	Nulo	Baixo
STM14	C0-S1	Nulo	Baixo	STM20	C0-S1	Nulo	Baixo
STM15	C0-S1	Nulo	Baixo	STM21	C0-S1	Nulo	Baixo
STM16	C0-S1	Nulo	Baixo	STM22	C1-S1	Baixo	Baixo
STM17	C2-S1	Médio	Baixo	STM23	C1-S1	Baixo	Baixo
STM18	C1-S1	Baixo	Baixo	STM24	C0-S1	Nulo	Baixo
STM19	C0-S1	Nulo	Baixo	STM25	C1-S1	Baixo	Baixo
STM20	C1-S1	Baixo	Baixo	STM26	C2-S1	Médio	Baixo
STM21	C0-S1	Nulo	Baixo	STM27	C1-S1	Baixo	Baixo
STM22	C1-S1	Baixo	Baixo	STM28	C1-S1	Baixo	Baixo
STM23	C0-S1	Nulo	Baixo	STM30	C0-S1	Nulo	Baixo
STM24	C0-S1	Nulo	Baixo	STM31	C1-S1	Baixo	Baixo
STM25	C1-S1	Baixo	Baixo	STM35	C0-S1	Nulo	Baixo
STM26	C2-S1	Médio	Baixo	STM36	C0-S1	Nulo	Baixo
STM27	C1-S1	Baixo	Baixo	STM37	C0-S1	Nulo	Baixo
STM28	C0-S1	Nulo	Baixo	STM38	C0-S1	Nulo	Baixo
STM29	C1-S1	Baixo	Baixo	STM39	C2-S1	Médio	Baixo
STM30	C0-S1	Nulo	Baixo	STM40	C1-S1	Baixo	Baixo

### 5.2.18.3 – Pecuária

A fim de avaliar se as águas coletadas nos 37 (trinta e sete) poços distribuídos pela área urbana de Santarém nos períodos de abril e outubro de 2012 servem para pecuária, empregou-se a metodologia adotada por McKee & Wolf (1963), os quais determinam os limites máximos admissíveis de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) na água para cada tipo de animal, como pode ser observado na **tabela 5.71**.

**Tabela 5.71** – Padrões de STD para uso animal, segundo McKee & Wolf (1963).

Animal	STD (mg/L)
Aves	2.860
Porcos	4.290
Cavalos	6.435
Gado (leite)	7.180
Gado (corte)	10.000
Bodes e Carneiros	12.900

Sendo assim, com base na classificação acima, é possível afirmar que as águas em ambos os períodos de coleta podem ser utilizadas para o consumo animal sem restrições, uma vez que os maiores teores encontrados de STD foram de 241 e 228 mg/L, respectivamente, para a 1ª e 2ª campanhas.

### 5.3 – Conclusões Gerais sobre a Qualidade das Águas Subterrâneas do Aquífero Alter do Chão em Santarém

O estudo hidrogeoquímico das águas do aquífero Alter do Chão na cidade piloto de Santarém indicou que, de forma geral, os teores analisados se encontram em baixíssimas concentrações, devido ao clima chuvoso da Floresta Tropical Amazônica, e que alguns poucos valores extremos encontrados, inclusive acima do VMP estabelecido como de potabilidade pela Portaria MS 2914/2011, assim como, os usos preponderantes da água subterrânea definidos pela Resolução CONAMA 396/2008, se devem exclusivamente a fatores antrópicos.

Em vários parâmetros físico-químicos a modelagem geoestatística apresentou um viés estatístico que não permitiu avaliar de modo conclusivo a influência da sazonalidade. Sendo assim, nesses casos foram utilizados os dados de média e mediana para avaliar a influência da sazonalidade, como por exemplo, os parâmetros Eh, sódio, potássio, cloreto e amônia.

A análise estatística dos parâmetros físico-químicos coletados em duas campanhas de amostragem, realizadas em abril e outubro de 2012 revelou efeito de sazonalidade sobre alguns parâmetros, tais como, turbidez, temperatura, CE, STD, cálcio e nitrato, cujos teores foram mais elevados no período chuvoso; enquanto que sulfato, magnésio, dureza e ferro foram maiores no período de estiagem.

A avaliação dos parâmetros biológicos indicou a presença tanto de Coliformes totais, quanto de *E. Coli*, em ambas as campanhas, o que corresponde à contaminação das águas subterrâneas por fossas sépticas, devido à ausência de sistema de esgotamento sanitário na região, e também pelo fato de que os

poços tubulares, em sua maioria, são pouco profundos e construídos com técnicas inapropriadas, que deixam os espaços anelares sem a devida proteção sanitária. A ocorrência desses parâmetros biológicos é extremamente preocupante, pois pode ocasionar doenças de veiculação hídrica na população local que utiliza dessas águas para os mais diversos usos, incluindo consumo humano.

Os teores de ferro dissolvidos nas águas do aquífero Alter do Chão são mais baixos quando comparados a outros aquíferos inseridos na Província Hidrogeológica Amazonas, o que reflete a elevada taxa de circulação (renovação) da água subterrânea no sistema hidrológico dessa formação. Contudo, a presença de altos teores em alguns pontos isolados se devem provavelmente a reações de oxi-redução, atuantes sobre o ferro insolúvel residual do intemperismo químico regional resultante da alta pluviosidade associada a elevadas temperaturas e acidez das águas, as quais favoreceram a decomposição das rochas ao longo do tempo geológico.

Quanto ao pH *in situ*, os resultados mostram que em ambos os períodos as águas subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, em Santarém, se caracterizam como ácidas, mas com uma leve tendência de aumento de pH no período seco, ao que tudo indica como resultado da presença do gás carbônico, que predomina na forma hidratada como espécie dissolvida na água em relação ao ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ) formado através da reação  $CO_{2(aq)} + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$ .

Todas as amostras analisadas para os metais pesados arsênio, cádmio, cromo e níquel apresentaram teores abaixo do limite de detecção, ao passo que bário, chumbo, cobre, mercúrio e zinco obtiveram teores abaixo do VMP definido pela Portaria MS 2914/2011 e Resolução CONAMA 396/2008.

No que se refere às análises de BTEX e fenóis todas as amostras respeitaram os limites de potabilidade definidos pela Portaria MS 2914/2011 e Resolução CONAMA 396/2008.

Os resultados dos isótopos ambientais, a partir das análises de Oxigênio-18 e Deutério levaram a concluir que a recarga do Aquífero Alter do Chão, em Santarém, provém de águas meteóricas, ou seja, águas de chuva com 81% de perda de  $\delta^{18}O$  por evaporação.

Segundo as datações efetuadas com Trício, as águas do Aquífero Alter do Chão têm água submoderna, com recarga anterior a 1952 e mistura de água submoderna com recarga recente (em descenso do Planalto Tapajós – Xingu).

Quanto a datação radiométrica de Carbono-14, as análises revelaram a presença de água moderna com menos de 200 anos BP e paleoáguas com idades compreendidas entre 2200 e 2700 BP, o que deve corresponder a amostras coletadas a maiores profundidades no sistema aquífero regional (parte superior do SAAB).

No que se refere à classificação das águas subterrâneas de acordo com a composição química é possível verificar que as águas do aquífero Alter do Chão em sua maioria são Cloretadas Sódicas, e de boa potabilidade, segundo indicação dos diagramas de Piper, Stiff e Schoeller-Berkaloff.

No que concerne à avaliação das águas para irrigação, verifica-se que as águas do aquífero Alter do Chão possuem risco de sódio baixo e salinidade

entre fraquíssima a média, indicando que as águas podem ser usadas para o cultivo de boa parte dos vegetais.

As águas podem ser utilizadas para a dessedentação animal sem restrições, haja vista que os teores de STD encontrados em ambas as campanhas foram baixíssimos.

#### **5.4 – Vulnerabilidade Natural do Aquífero Alter do Chão**

A avaliação da vulnerabilidade de um aquífero é um tema relativamente complexo e depende do tratamento integrado de diferentes tipos de informação colhidos na área de estudo. Essa vulnerabilidade é função, principalmente, das condições geológicas e hidrogeológicas do próprio aquífero, além da topografia e do tipo de solo. Existem atualmente vários métodos para a avaliação da vulnerabilidade de aquíferos. Alguns métodos foram idealizados para a determinação da vulnerabilidade de um aquífero a qualquer tipo de contaminante, ou seja, a vulnerabilidade geral, enquanto outros podem ser aplicados para se avaliar a vulnerabilidade de um aquífero a contaminantes específicos, tais como, resíduos industriais, resíduos sólidos urbanos, etc.

Por definição, vulnerabilidade é a sensibilidade da qualidade da água subterrânea ante uma carga contaminante imposta, determinada pelas características intrínsecas do aquífero e do seu recobrimento.

Na determinação da vulnerabilidade natural ou intrínseca dos aquíferos, os métodos mais utilizados são o DRASTIC (Aller *et al.*, 1985) e o GOD (Foster & Hirata, 1988).

##### **5.4.1 – Método DRASTIC**

Foi desenvolvido por Aller *et al.* (1985) para a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) com o objetivo de avaliar a vulnerabilidade intrínseca dos aquíferos. É um dos métodos mais usados, tanto para a avaliação qualitativa quanto para o mapeamento regional, sendo considerado um bom indicador de áreas que necessitam de avaliação hidrogeológica detalhada. Baseia-se na atribuição de pesos (variáveis de 1 a 5) e de índices de classe (variáveis de 1 a 10) de acordo com as características e o comportamento das variáveis consideradas no acrônimo DRASTIC:

**D** – *Depth of water* – profundidade da água freática

**R** – *Recharge (net)* – recarga

**A** – *Aquifer media* – litologia do aquífero

**S** – *Soil media* – tipo de solo

**T** – *Topography* – declividade do terreno

**I** – *Impact of vadose zone* – litologia da zona não saturada

**C** – *Conductivity hydraulic* – condutividade hidráulica

A combinação desses parâmetros é feita através de um sistema de atribuição de índices numéricos segundo duas categorias: pesos (de 1 a 5) e classes (de 1 a 10).

A cada um dos sete parâmetros propostos pelo método é atribuído um peso de acordo com a sua influência ou importância relativa à vulnerabilidade. Esses pesos variam de 1 (menor potencial de contaminação) a 5 (maior potencial de

contaminação). O maior peso (5) é atribuído à profundidade da água (D) e ao impacto da zona não saturada (I) e o menor (1) à topografia (T). Quando se trata de pesticidas a atribuição dos pesos sofre ligeira modificação (**tabela 5.72**).

**Tabela 5.72** – Ponderação dos parâmetros do método DRASTIC (Aller *et al.* 1987).

Parâmetro	Símbolo	Peso	Peso Pesticida
Profundidade da água	D	5	5
Recarga	R	4	4
Meio aquífero	A	3	3
Solo	S	2	5
Topografia	T	1	3
Impacto da zona não saturada	I	5	4
Condutividade hidráulica	C	3	2

No sistema de atribuição de índices de classe, indicativos do potencial de contaminação da água subterrânea, as variáveis são classificadas de acordo com a sua natureza em intervalos numéricos (aplicáveis aos parâmetros D, R, T, C) conforme mostra a **tabela 5.73**, ou em tipos de solos e tipos de rochas (aplicáveis aos parâmetros A, S, I), como se vê na **tabela 5.74**.

**Tabela 5.73** – Parâmetros classificados por faixa de variação numérica (D, R, T, C).

D		R		T		C	
Profundidade (m)		Recarga (mm/ano)		Topografia (m)		Condutividade Hidráulica (m/dia)	
Intervalo	Classe	Intervalo	Classe	Intervalo	Classe	Intervalo	Classe
0 – 1,5	10	0 – 50	1	0 -20	10	0,04 – 4	1
1,5 – 5	9	50 – 100	3	20 – 60	9	4 – 12	2
5 – 10	7	100 – 180	6	60 – 120	5	12 – 28	4
10 – 15	5	180 – 250	8	120 – 180	3	28 – 40	6
15 – 23	3	> 250	9	> 180	1	40 – 80	8
23 – 30	2	-	-	-	-	> 80	10
> 30	1	-	-	-	-	-	-

O resultado final indicativo da vulnerabilidade de cada domínio hidrogeológico ou área geográfica é um valor numérico compreendido entre 23 e 230 obtido usando a equação seguinte:

$$\text{INDICE DRASTIC} = D_p D_c + R_p R_c + A_p A_c + S_p S_c + T_p T_c + I_p I_c + C_p C_c$$

O subscrito *p* se refere ao “peso” da variável (**tabela 5.72**) enquanto que o subscrito *c* é indicativo da “classe” da variável (**tabelas 5.73 e 5.74**).

**Tabela 5.74** – Parâmetros classificados por tipo de solo ou tipo de rocha (A, S, I).

A			S		I		
Meio Aquífero			Solo		Material da Zona Não Saturada		
Tipo de rocha	Classe	Classe típica	Tipo de solo	Classe	Tipo de rocha	Classe	Classe típica
Argila compacta	1 – 3	2	Delgado ou ausente	10	Camada confinante	1	1
Metamórfica/ígnea	2 – 5	3	Cascalho	10	Silte/argila	2 – 6	3
Metamórfica/ ígnea alterada	3 – 5	4	Areia	9	Argilito	2 – 5	3
Tilito	4 – 6	5	Turfa	8	Calcário	2 – 7	6
Intercalações de arenitos, calcários e argilitos	5 – 9	6	Argila expansiva e/ou agregada	7	Arenito	4 – 8	6
Arenito compacto	4 – 9	6	Franco arenoso	6	Intercalações de argilito, calcário, arenito	4 – 8	6
Calcário compacto	4 – 9	8	Franco	5	Areia e cascalho com bastante silte e argila	4 – 8	6
Areia e cascalho	4 - 9	8	Franco siltoso	4	Metamórfica/Ígnea	2 – 8	4
Basalto	2 – 10	9	Franco argiloso	3	Areia e cascalho	6 – 9	8
Calcário cárstico	9 - 10	10	Lama, lodo, vasa	2	Basalto	2 – 10	9
-	-	-	Argila não expansiva e/ou não agregada	1	Carst	8 - 10	10

De acordo com o valor do índice DRASTIC a vulnerabilidade do meio aquífero pode ser classificada em:

<23	23-119	120-149	150-179	180-230
DESPREZÍVEL	BAIXA	MODERADA	ALTA	EXTREMA

Nos mapas as cores correspondentes a esses graus de vulnerabilidade são definidas de maneira a chamar a atenção para as áreas em vermelho.

O índice DRASTIC estimado para o aquífero Alter do Chão em ambas as campanhas de amostragem, assim como, todos os pesos e índices das classes utilizados podem ser verificados na **tabela 5.75**.

A vulnerabilidade do aquífero Alter do Chão em Santarém, no período chuvoso, se apresentou como **baixa** em 20% (6/30) dos poços; **moderada** em 60% (18/30) dos poços e **alta** em 20% (6/30) dos poços, como pode ser observado na **figura 5.64a**. No período de estiagem (**figura 5.64b**) verificou-se a ocorrência de vulnerabilidade **baixa** em 23% (7/30) dos poços, **moderada** em 53% (16/30) dos casos e **alta** em 23% (7/30) dos casos.

#### **Descrição do Cálculo do Índice DRASTIC**

O cálculo do índice DRASTIC é feito usando a **equação (5.3)**:

$$\text{INDICE DRASTIC} = D_p D_c + R_p R_c + A_p A_c + S_p S_c + T_p T_c + I_p I_c + C_p C_c \quad (5.3)$$

Como se pode observar, a **equação 5.3** é dada pela soma dos 7 (sete) produtos dos termos correspondentes a cada um dos 7 (sete) símbolos ou

letras que compõem o acrônimo DRASTIC. Para cada produto (por exemplo,  $D_p D_c$ ) a letra contém um subscrito  $p$  (obtido da coluna **peso** ou da coluna **peso pesticida**, conforme for o caso, na **tabela 5.72**) e um subscrito  $c$  (obtido da coluna **classe**, conforme mostrado nas **tabelas 5.73** e **5.74**).

No caso de Santarém, para as 7 (sete) diferentes letras, os pesos e as classes selecionadas foram:

- D → independente de efeito pesticida, o valor de  $D_p$ , ou seja, do peso da profundidade da água é igual a 5, conforme **tabela 5.72**. O valor de  $D_c$ , ou seja, da classe da profundidade da água é selecionado verificando, na respectiva coluna **intervalo** da **tabela 5.73**, em qual dos intervalos se encontra a profundidade medida do nível estático de cada poço, na primeira e na segunda campanha e daí anotando o valor da classe correspondente. Por exemplo, para uma profundidade no intervalo de 5 a 10 m,  $D_c = 7$ . Assim sendo, o produto  $D_p D_c = 5 \times 7 = 35$  como pode ser observado na **tabela 5.75**, para as profundidades do nível da água situadas nessa faixa.
- R → independente de efeito pesticida, o valor de  $R_p$ , ou seja, do peso da recarga é igual a 4, conforme **tabela 5.72**. O valor de  $R_c$ , ou seja, da classe da recarga é selecionado verificando na respectiva coluna **intervalo** da **tabela 5.73**, em qual dos intervalos se encontra a recarga estimada e daí anotando o valor da classe correspondente. Por exemplo, a recarga estimada foi de 315 mm/ano e, portanto, esse valor se encontra no intervalo  $> 250$  mm/ano, que corresponde à classe  $R_c = 9$ . Assim sendo o produto  $R_p R_c = 4 \times 9 = 36$ , como pode ser observado na **tabela 5.75**.
- A → independente de efeito pesticida, o valor de  $A_p$ , ou seja, do peso do meio aquífero, é igual a 3, conforme **tabela 5.72**. O valor de  $A_c$ , ou seja, da classe do meio aquífero é selecionado verificando na respectiva coluna **tipo de rocha** da **tabela 5.74**, em qual dos tipos se enquadra a litologia da região e daí anotando o valor da classe correspondente. Por exemplo, em Santarém a litologia é caracterizada por intercalações de arenitos e argilitos, que se enquadram nas classes de 5 a 9 e correspondem à classe típica  $A_c = 6$ . Assim sendo o produto  $A_p A_c = 3 \times 6 = 18$ , como pode ser observado na **tabela 5.75**.
- S → O valor de  $S_p$ , ou seja, do peso do solo depende do efeito pesticida, que quando presente é igual a 5 e no caso de Santarém não existe e por isso é igual a 2, conforme **tabela 5.72**. O valor de  $S_c$ , ou seja, da classe do solo é selecionado verificando na respectiva coluna **tipo de solo** da **tabela 5.74**, em qual dos tipos se enquadra o solo da região e daí anotando o valor da classe correspondente. Por exemplo, em Santarém o solo pode ser considerado franco arenoso que se



enquadra na classe  $S_c = 6$ . Assim sendo, o produto  $S_p S_c = 2 \times 6 = 12$  como pode ser observado na **tabela 5.75**.

- $T \rightarrow$  O valor de  $T_p$ , ou seja, do peso da topografia depende do efeito pesticida, que quando presente é igual a 3 e no caso de Santarém não existe e por isso é igual a 1, conforme **tabela 5.72**. O valor de  $T_c$ , ou seja, da classe da topografia (declividade em m/km) é selecionado verificando na respectiva coluna **intervalo** da **tabela 5.73**, em qual dos intervalos se encontra a declividade estimada e daí anotando o valor da classe correspondente. Por exemplo, a declividade geral em Santarém foi enquadrada na faixa de 0 a 20 m/km, que corresponde à classe  $T_c = 10$ . Assim sendo o produto  $T_p T_c = 1 \times 10 = 10$ , como pode ser observado na **tabela 5.75**.
- $I \rightarrow$  O valor de  $I_p$ , ou seja, do peso do impacto da zona não saturada depende do efeito pesticida, que quando presente é igual a 4 e no caso de Santarém não existe e por isso é igual a 5, conforme **tabela 5.72**. O valor de  $I_c$ , ou seja, da classe do impacto da zona não saturada é selecionado verificando na respectiva coluna **tipo de rocha** da **tabela 5.74**, em qual dos tipos se enquadra a litologia da região e daí anotando o valor da classe correspondente. Por exemplo, em Santarém a litologia é caracterizada por ocorrência de areia e cascalho com bastante silte e argila, que se enquadram nas classes de 4 a 8, que corresponde à classe típica  $I_c = 6$ . Assim sendo o produto  $I_p I_c = 5 \times 6 = 30$ , como pode ser observado na **tabela 5.75**.
- $C \rightarrow$  O valor de  $C_p$ , ou seja, do peso da condutividade hidráulica depende do efeito pesticida, que quando presente é igual a 2 e no caso de Santarém não existe e por isso é igual a 3, conforme **tabela 5.72**. O valor de  $C_c$ , ou seja, da classe da condutividade hidráulica é selecionado verificando na respectiva coluna **intervalo** da **tabela 5.73**, em qual dos intervalos se encontra a condutividade hidráulica estimada e daí anotando o valor da classe correspondente. Por exemplo, a condutividade hidráulica estimada (0,83 m/dia) se encontra no intervalo de 0,04 a 1 m/dia, que corresponde à classe  $C_c = 1$ . Assim sendo o produto  $C_p C_c = 3 \times 1 = 3$ , como pode ser observado na **tabela 5.75**.

**Tabela 5.75** – Parâmetros para avaliação do índice de vulnerabilidade DRASTIC no aquífero Alter do Chão, no período chuvoso (abril de 2012) e de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Santarém - PA.

Poço	Coordenadas		Cota Terreno (m)	Profundidade da Água (m)		Pesos x Índices de classe								Índice DRASTIC	
	Longitude Decimal	Latitude Decimal		NE1	NE2	5xD1	5xD2	4xR	3xA	2xS	1xT	5xI	3xC	Chuvoso	Estiagem
STM01	-54,70222	-2,426389	29,6	7,11	9,25	35	35	36	18	12	10	30	3	144	144
STM02	-54,7075	-2,465556	36	12,63	12,85	25	25	36	18	12	10	30	3	134	134
STM03	-54,69306	-2,439444	26,5	1	-	50	-	36	18	12	10	30	3	159	-
STM04	-54,70278	-2,460833	30	6,22	8,91	35	35	36	18	12	10	30	3	144	144
STM05	-54,70583	-2,452222	59,6	25,49	28,18	10	10	36	18	12	10	30	3	119	119
STM06	-54,69306	-2,469444	38	4,55	7,25	45	35	36	18	12	10	30	3	154	144
STM07	-54,71806	-2,424722	33,4	14,4	16,47	25	15	36	18	12	10	30	3	134	124
STM08	-54,70667	-2,445556	57,7	25,29	-	10	-	36	18	12	10	30	3	119	-
STM09	-54,69639	-2,461389	32,8	9,77	-	35	-	36	18	12	10	30	3	144	-
STM10	-54,69639	-2,479444	47,9	8,44	14,49	35	25	36	18	12	10	30	3	144	134
STM11	-54,71778	-2,468889	49,8	11,12	-	25	-	36	18	12	10	30	3	134	-
STM12	-54,71417	-2,468056	49,8	15,39	16,42	15	15	36	18	12	10	30	3	124	124
STM13	-54,76028	-2,458611	53,7	27,53	32,03	10	5	36	18	12	10	30	3	119	114
STM14	-54,68444	-2,476389	42,5	3,4	5,97	45	35	36	18	12	10	30	3	154	144
STM15	-54,72889	-2,483333	56,7	20,84	24,98	15	10	36	18	12	10	30	3	124	119
STM16	-54,71778	-2,475833	52	21	-	15	-	36	18	12	10	30	3	124	-
STM17	-54,74278	-2,430278	13,7	2,54	3,88	45	45	36	18	12	10	30	3	154	154
STM18	-54,74028	-2,453611	32,7	9,8	-	35	-	36	18	12	10	30	3	144	-
STM19	-54,72194	-2,455556	36,1	17,23	19,09	15	15	36	18	12	10	30	3	124	124
STM20	-54,725	-2,466111	37,5	11,39	12,97	25	25	36	18	12	10	30	3	134	134

**Tabela 5.75** – Parâmetros para avaliação do índice de vulnerabilidade DRASTIC no aquífero Alter do Chão, no período chuvoso (abril de 2012) e de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Santarém - PA (Continuação).

Poço	Coordenadas		Cota Terreno (m)	Profundidade da Água (m)		Pesos x Índices de classe								Índice DRASTIC	
	Longitude Decimal	Latitude Decimal		NE1	NE2	5xD1	5xD2	4xR	3xA	2xS	1xT	5xI	3xC	Chuvoso	Estiagem
STM21	-54,75333	-2,466111	62	26,4	29,15	10	10	36	18	12	10	30	3	119	119
STM22	-54,73083	-2,4575	23,7	1,31	4,81	50	45	36	18	12	10	30	3	159	154
STM23	-54,75333	-2,436667	16,4	3,98	5,14	45	35	36	18	12	10	30	3	154	144
STM24	-54,7475	-2,448611	61,9	16,89	18,25	15	15	36	18	12	10	30	3	124	124
STM25	-54,70528	-2,435556	38,4	16	18,43	15	15	36	18	12	10	30	3	124	124
STM26	-54,71111	-2,45173	63,8	28	29,55	10	10	36	18	12	10	30	3	119	119
STM27	-54,71278	-2,431389	63,9	22	24,58	15	10	36	18	12	10	30	3	124	119
STM28	-54,70889	-2,425	30,8	13	15,04	25	15	36	18	12	10	30	3	134	124
STM29	-54,72139	-2,438611	48,7	32,08	-	5	-	36	18	12	10	30	3	114	-
STM30	-54,75333	-2,438611	21,7	6,98	8,07	35	35	36	18	12	10	30	3	144	144
STM31	-54,74	-2,437222	18,59	-	4,09	-	45	36	18	12	10	30	3	-	154
STM32	-54,71361	-2,462478	49,09	-	-	-	-	36	18	12	10	30	3	-	-
STM33	-54,75333	-2,4475	62,74	-	-	-	-	36	18	12	10	30	3	-	-
STM34	-54,69361	-2,449445	21,75	-	-	-	-	36	18	12	10	30	3	-	-
STM35	-54,7335	-2,439	18,38	-	4,84	-	45	36	18	12	10	30	3	-	154
STM36	-54,75603	-2,449	57,31	-	24,18	-	10	36	18	12	10	30	3	-	119
STM37	-54,72328	-2,419528	13,1	-	3,15	-	45	36	18	12	10	30	3	-	154
STM38	-54,74717	-2,444472	55,42	-	12,72	-	25	36	18	12	10	30	3	-	134
STM39	-54,73831	-2,421556	22,22	-	2,46	-	45	36	18	12	10	30	3	-	154
STM40	-54,73361	-2,429278	22,38	-	3,33	-	45	36	18	12	10	30	3	-	154

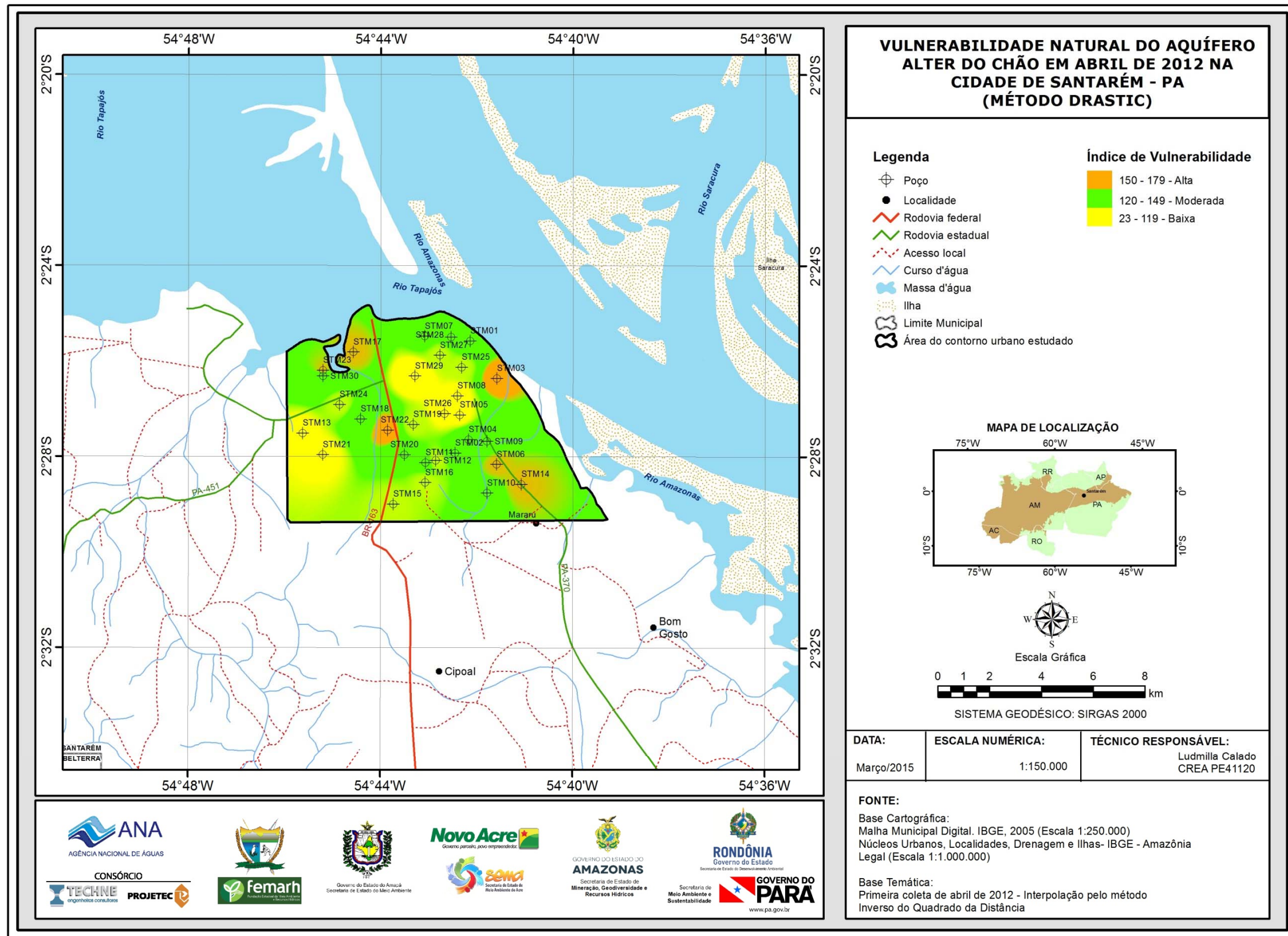


Figura 5.64a – Zoneamento da vulnerabilidade do aquífero Alter do Chão na zona urbana de Santarém, na coleta de abril de 2012 – Método DRASTIC.

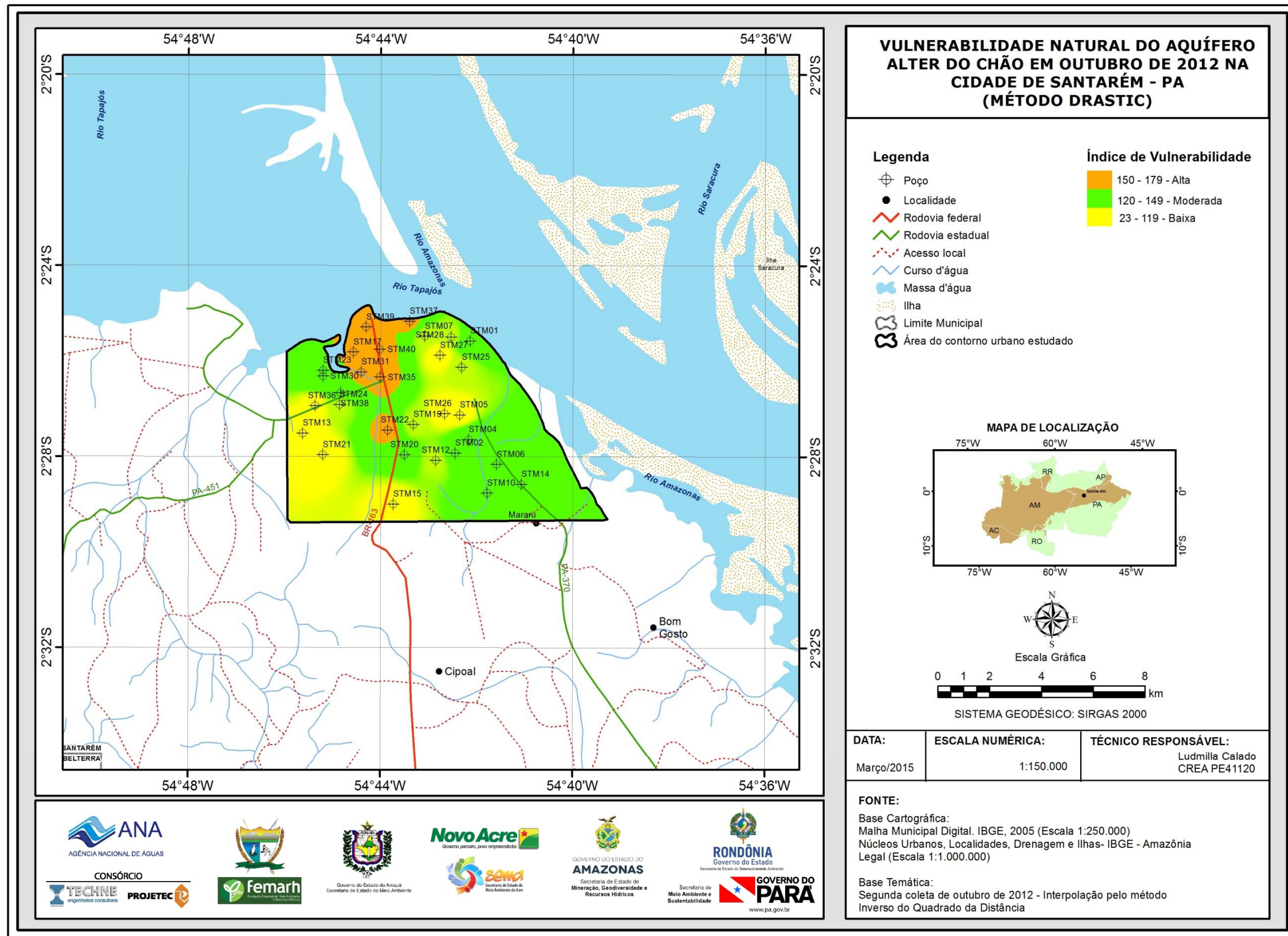
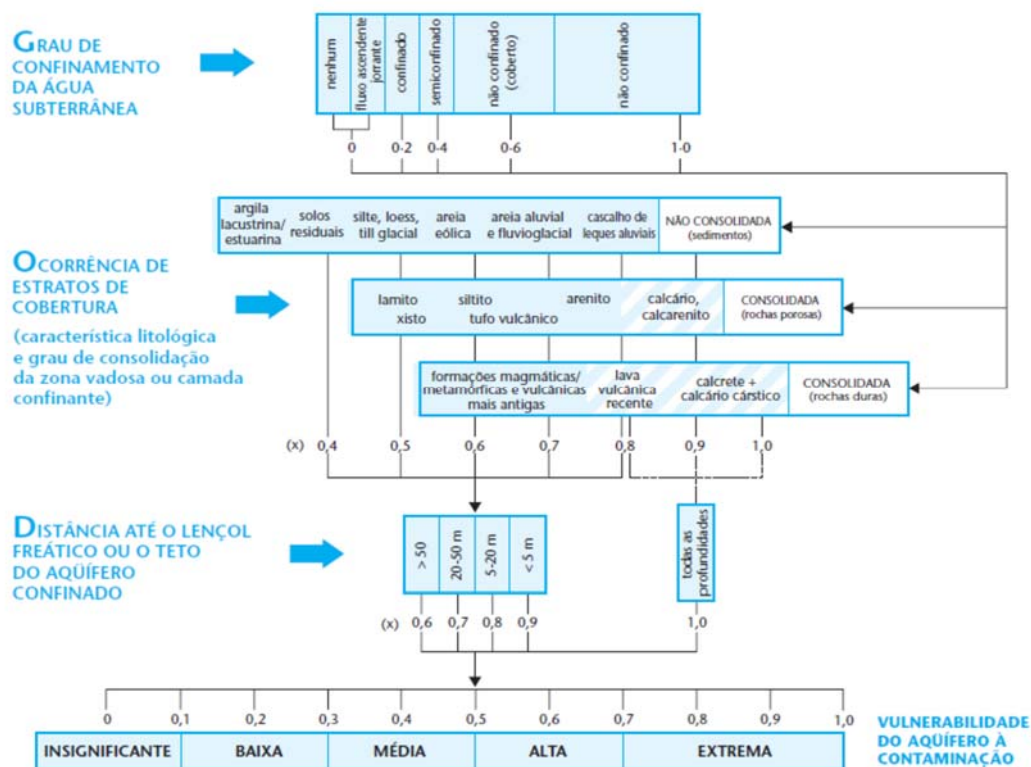


Figura 5.64b – Zoneamento da vulnerabilidade do aquífero Alter do Chão na zona urbana de Santarém, na coleta de outubro de 2012 – Método DRASTIC.

## 5.4.2 – Método GOD

Outro método mais simples e mais adequado para estudos de reconhecimento e avaliações regionais é o GOD (Foster & Hirata, 1988), que utiliza como parâmetros para a avaliação da vulnerabilidade apenas três características envolvendo o aquífero e seu recobrimento (**figura 5.65**): **Groundwater occurrence** – Tipo de aquífero; **Overall Aquifer Class** – Litologia do aquífero; e **Depth** – Profundidade da água do aquífero.



**Figura 5.65** – Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade do aquífero à contaminação (Foster & Hirata, 1988).

O procedimento recomendado pelo método GOD para a estimativa da vulnerabilidade natural de um aquífero à contaminação envolve três estágios distintos:

- Primeiro: avaliar o parâmetro **G** com base na condição hidráulica da água subterrânea, ou seja, de acordo com o tipo de aquífero (**tabela 5.76**).
- Segundo: avaliar o parâmetro **O** de acordo com a ocorrência dos estratos de cobertura da zona saturada do aquífero e natureza da sua litologia, conforme **tabela 5.77**.
- Terceiro: estimar o parâmetro **D** considerando a profundidade até a superfície freática (**tabela 5.78**).

**Tabela 5.76** – Valores para o parâmetro G do índice GOD (Foster, 1987).

Parâmetro G (ocorrência de águas subterrâneas)	Valor
Nenhum	0,0
Confinado artesiano surgente (não drenante)	0,1
Confinado não surgente (não drenante)	0,2
Confinado drenante coberto (semi-confinado)	0,3
Confinado drenante (semi-confinado)	0,4
Não confinado coberto (freático)	0,6
Não confinado (freático)	1

**Tabela 5.77** – Valores para o parâmetro O do índice GOD (Foster, 1987).

Parâmetro O (Classificação do material sobre o aquífero)	Valor
<b>Rochas não consolidadas</b>	
Solos residuais (argila, argila siltosa, silte argiloso)	0,4
Aluviões siltsos	0,5
Areias eólicas	0,6
Areias e cascalheiras aluvionares e fluviais	0,7
Cascalheiras coluvionares	0,8
<b>Rochas consolidadas (Rochas Porosas)</b>	
Argilitos	0,5
Siltitos	0,5
Tufos vulcânicos	0,7
Arenitos	0,8
Calcários e calcarenitos	0,9
<b>Rochas consolidadas (Rochas Duras)</b>	
Xistos	0,5
Formações ígneas/metamórficas	0,6
Lavas vulcânicas recentes	0,8
Outros calcários	1,0

**Tabela 5.78** – Valores para o parâmetro D do índice GOD (Foster, 1987).

Parâmetro D (Profundidade da água subterrânea)	Valor
> 50 m	0,6
20-50 m	0,7
5-20 m	0,8
< 5 m	0,9

**Descrição do Cálculo do Índice GOD**

O cálculo do índice GOD é feito usando a **equação (5.4)**:

$$\text{INDICE GOD} = G \times O \times D \quad (5.4)$$

No caso de Santarém, para as 3 (três) diferentes letras ou símbolos do acrônimo GOD, os valores a elas relacionados, foram:

- G → O Aquífero Alter do Chão é do tipo livre (não confinado ou freático), o que indica, conforme **tabela 5.76** para esse parâmetro, o valor  $G = 1$ .

- $O \rightarrow$  A litologia do aquífero é representada pela ocorrência de arenitos predominantes com intercalações de siltitos e argilas, o que permite selecionar da **tabela 5.77** o valor  $O = 0,7$ .
- $D \rightarrow$  Com o valor da profundidade do nível de água do Aquífero Alter do Chão, medido nas campanhas de campo, se pode selecionar na **tabela 5.78**, o respectivo intervalo e nele o valor de  $D$  correspondente. Por exemplo, para uma profundidade no intervalo de 5 a 20 m, o valor  $D=0,8$ . No caso de Santarém, o parâmetro  $D$  variou entre 0,9 (níveis estáticos  $< 5$  m), 0,8 (níveis estáticos  $\geq 5$  e níveis estáticos  $< 20$  m) e 0,7 (níveis estáticos  $\leq 20$  e níveis estáticos  $\leq 50$ ).

O resultado do produto destes três parâmetros em termos qualitativos define o índice de vulnerabilidade, segundo a **tabela 5.79** em: extrema, alta, média, baixa e insignificante.

**Vulnerabilidade baixa** - significa que o aquífero é vulnerável a apenas compostos extremamente móveis e persistentes, como sais, nitratos e alguns solventes organo-sintéticos.

**Vulnerabilidade média** - o aquífero é susceptível a contaminantes moderadamente móveis e persistentes, como hidrocarbonetos halogenados ou não e alguns metais pesados. Sais menos solúveis são também incluídos nesse grupo.

**Vulnerabilidade alta** - indica aquífero vulnerável a muitos contaminantes, exceto aqueles que são muito absorvíveis e/ou facilmente transformáveis.

**Vulnerabilidade extrema** - aplicável ao aquífero que possui sensibilidade para contaminantes degradáveis, como bactérias e vírus, sendo vulnerável a maioria dos contaminantes da água com um impacto relativamente rápido em muitos cenários de poluição.

**Tabela 5.79** – Índices GOD e classes de vulnerabilidade.

Índice GOD	Grau de vulnerabilidade
0,7 -1,0	Extrema
0,5 - 0,7	Alta
0,3 - 0,5	Média
0,1 - 0,3	Baixa
0,0 - 0,1	Insignificante

Mediante avaliação dos parâmetros utilizados pelo método GOD, foi possível estimar o índice de vulnerabilidade natural do aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém, o qual assumiu valores que variaram de 0,49 a 0,63 em ambas as campanhas de amostragem, os quais correspondem respectivamente as classes de vulnerabilidade média e alta (**tabela 5.80**).

De acordo com Foster & Hirata (1993), a vulnerabilidade é o grau da potencial susceptibilidade da água subterrânea a uma fonte de poluição tópica ou difusa. Sendo assim, os índices de vulnerabilidade obtidos em Santarém são preocupantes, pois indicam que as águas do aquífero Alter do Chão estão vulneráveis a possíveis fontes de contaminação oriundas de atividades humanas, e que sem o devido planejamento do uso e ocupação do solo no



local, essas águas possivelmente serão contaminadas, deixando de ser uma fonte de abastecimento para a comunidade.

**Tabela 5.80** - Parâmetros para avaliação do Índice de Vulnerabilidade GOD no aquífero Alter do Chão em Santarém - PA.

Poço	Longitude decimal	Latitude decimal	Cota (m)	Profundidade do nível d'água (m)		Índices					
				NE1	NE2	G	O	D (IV1)	D (IV2)	IV1	IV2
STM01	-54,70222	-2,426389	29,6	7,11	9,25	1	0,7	0,8	0,8	0,56	0,56
STM02	-54,7075	-2,465556	36,0	12,63	12,85	1	0,7	0,8	0,8	0,56	0,56
STM03	-54,69306	-2,439444	26,5	1,00	-	1	0,7	0,9	-	0,63	-
STM04	-54,70278	-2,460833	30,0	6,22	8,91	1	0,7	0,8	0,8	0,56	0,56
STM05	-54,70583	-2,452222	59,6	25,49	28,18	1	0,7	0,7	0,7	0,49	0,49
STM06	-54,69306	-2,469444	38,0	4,55	7,25	1	0,7	0,9	0,8	0,63	0,56
STM07	-54,71806	-2,424722	33,4	14,40	16,47	1	0,7	0,8	0,8	0,56	0,56
STM08	-54,70667	-2,445556	57,7	25,29	-	1	0,7	0,7	-	0,49	-
STM09	-54,69639	-2,461389	32,8	9,77	-	1	0,7	0,8	-	0,56	-
STM10	-54,69639	-2,479444	47,9	8,44	14,49	1	0,7	0,8	0,8	0,56	0,56
STM11	-54,71778	-2,468889	49,8	11,12	-	1	0,7	0,8	-	0,56	-
STM12	-54,71417	-2,468056	49,8	15,39	16,42	1	0,7	0,8	0,8	0,56	0,56
STM13	-54,76028	-2,458611	53,7	27,53	32,03	1	0,7	0,7	0,7	0,49	0,49
STM14	-54,68444	-2,476389	42,5	3,40	5,97	1	0,7	0,9	0,8	0,63	0,56
STM15	-54,72889	-2,483333	56,7	20,84	24,98	1	0,7	0,7	0,7	0,49	0,49
STM16	-54,71778	-2,475833	52,0	21,00	-	1	0,7	0,7	-	0,49	-
STM17	-54,74278	-2,430278	13,7	2,54	3,88	1	0,7	0,9	0,9	0,63	0,63
STM18	-54,74028	-2,453611	32,7	9,80	-	1	0,7	0,8	-	0,56	-
STM19	-54,72194	-2,455556	36,1	17,23	19,09	1	0,7	0,8	0,8	0,56	0,56
STM20	-54,725	-2,466111	37,5	11,39	12,97	1	0,7	0,8	0,8	0,56	0,56
STM21	-54,75333	-2,466111	62,0	26,40	29,15	1	0,7	0,7	0,7	0,49	0,49
STM22	-54,73083	-2,4575	23,7	1,31	4,81	1	0,7	0,9	0,9	0,63	0,63
STM23	-54,75333	-2,436667	16,4	3,98	5,14	1	0,7	0,9	0,8	0,63	0,56
STM24	-54,7475	-2,448611	61,9	16,89	18,25	1	0,7	0,8	0,8	0,56	0,56
STM25	-54,70528	-2,435556	38,4	16,00	18,43	1	0,7	0,8	0,8	0,56	0,56
STM26	-54,71111	-2,45173	63,8	28,00	29,55	1	0,7	0,7	0,7	0,49	0,49
STM27	-54,71278	-2,431389	63,9	22,00	24,58	1	0,7	0,7	0,7	0,49	0,49
STM28	-54,70889	-2,425	30,8	13,00	15,04	1	0,7	0,8	0,8	0,56	0,56
STM29	-54,72139	-2,438611	48,7	32,08	-	1	0,7	0,7	-	0,49	-
STM30	-54,75333	-2,438611	21,7	6,98	8,07	1	0,7	0,8	0,8	0,56	0,56
STM31	-54,74	-2,437222	18,6	-	4,09	1	0,7	-	0,9	-	0,63
STM32	-54,71361	-2,462478	49,1	-	-	1	0,7	-	-	-	-
STM33	-54,75333	-2,4475	62,7	-	-	1	0,7	-	-	-	-
STM34	-54,69361	-2,449445	21,8	-	-	1	0,7	-	-	-	-
STM35	-54,7335	-2,439	18,4	-	4,84	1	0,7	-	0,9	-	0,63

**Tabela 5.80** - Parâmetros para avaliação do Índice de Vulnerabilidade GOD no aquífero Alter do Chão em Santarém - PA (Continuação).

Poço	Longitude decimal	Latitude decimal	Cota (m)	Profundidade do nível d'água (m)		Índices					
				NE1	NE2	G	O	D (IV1)	D (IV2)	IV1	IV2
STM36	-54,75603	-2,449	57,3	-	24,18	1	0,7	-	0,7	-	0,49
STM37	-54,72328	-2,419528	13,1	-	3,15	1	0,7	-	0,9	-	0,63
STM38	-54,74717	-2,444472	55,4	-	12,72	1	0,7	-	0,8	-	0,56
STM39	-54,73831	-2,421556	22,2	-	2,46	1	0,7	-	0,9	-	0,63
STM40	-54,73361	-2,429278	22,4	-	3,33	1	0,7	-	0,9	-	0,63

\*D (IV1) = valor do parâmetro D usado no cálculo do índice de vulnerabilidade da primeira campanha (IV1).

\*\*D (IV2) = valor do parâmetro D usado no cálculo do índice de vulnerabilidade da segunda campanha (IV2).

### ***Zoneamento da Vulnerabilidade do Aquífero Alter do Chão - Método GOD***

A distribuição espacial da vulnerabilidade natural do aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém pode ser visualizada nas **figuras 5.66a** e **5.66b**, respectivamente para os períodos de chuva (abril de 2012) e de estiagem (outubro de 2012). De acordo com os resultados, tanto no período chuvoso como no de estiagem, verifica-se a predominância de índices de vulnerabilidade alta com algumas manchas isoladas de índice de vulnerabilidade média na área de estudo.

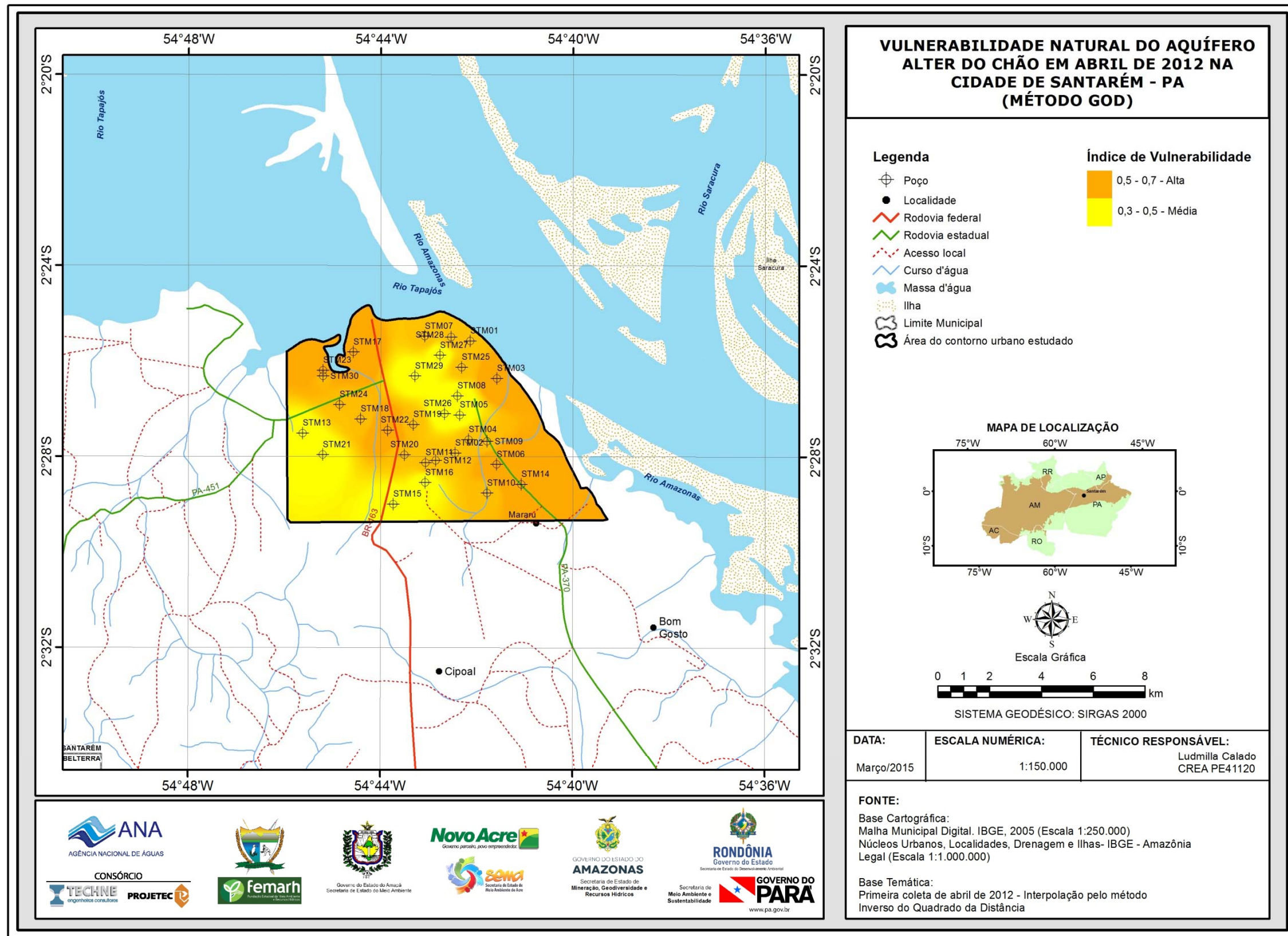


Figura 5.66a – Zoneamento da vulnerabilidade do aquífero Alter do Chão na zona urbana de Santarém, na coleta de abril de 2012 - Método GOD.

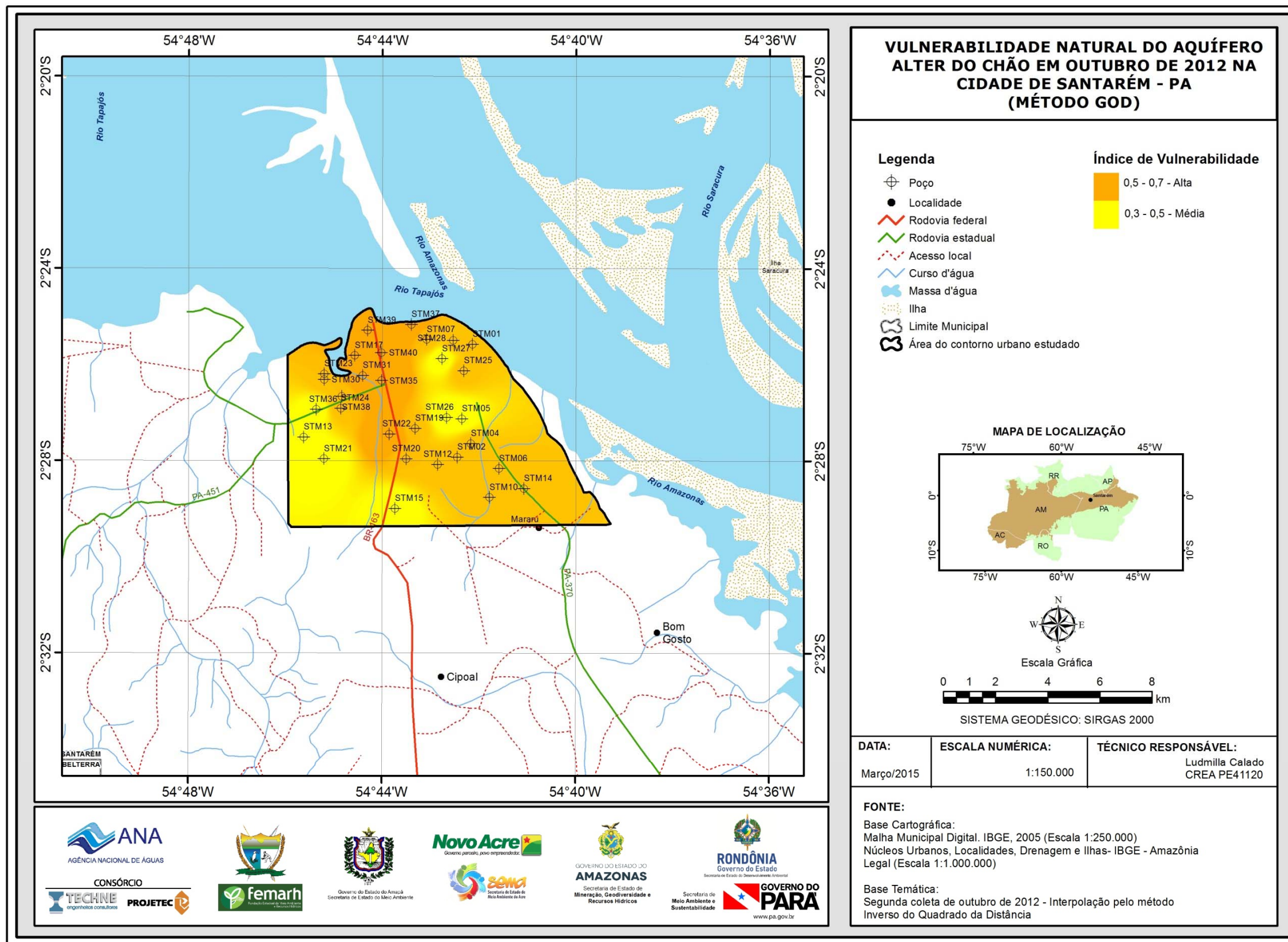


Figura 5.66b - Zoneamento da vulnerabilidade do aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém, na coleta de outubro de 2012 - Método GOD.

### ***Conclusão sobre a vulnerabilidade natural***

Em ambas as coletas, os índices de vulnerabilidade obtidos de acordo com os métodos de interpretação utilizados permitiram classificar a vulnerabilidade do Aquífero Alter do Chão como **baixa**, **moderada** e **alta** usando o método DRASTIC e como **média** e **alta** pelo método GOD.

Acredita-se que o risco potencial de contaminação é alto, sobretudo por infiltrações através dos espaços anelares de poços tubulares rasos construídos sem a devida proteção sanitária. O fato é que a área de estudo está localizada em região bastante urbanizada, desprovida de esgotamento sanitário e ausente de planejamento quanto ao uso e ocupação do solo, fatores que contribuem para o aumento da carga contaminante local, o que requer medidas de gestão, de modo a preservar esse manancial para as gerações futuras.

## **6 – Referências Bibliográficas**

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil: 2013**. Brasília: ANA, 2013. 432p.

ALLER, L.; BENNETT, T.; LEHR, J.H.; PETTY, R.J. Drastic: A standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings. **United States Environmental Protection Agency (EPA)**, USA, 600/2-85/018, 1985.

APPELO, C. A. J.; POSTMA, D. **Geochemistry, groundwater and pollution**. USA: CRC Press, 1993, 536p.

BARCELONA, M. J.; GIBB, J. P.; HELFRICH, J. A.; GARSKE, E. E. **Practical Guide for Ground-Water Sampling**. Champaign, Illinois - USA: Illinois State Water Survey - Department of Energy and Natural Resources, 1985. 89p.

BATU, V. **Aquifer Hydraulics: a Comprehensive Guide to Hydrogeologic Data Analysis**. USA: John Wiley & Sons, 1998. 752p.

BOHN, H. L. Redox potentials. **Soil Science**, vol. 112, nº 1, p.39-45, 1970.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SA.21 Santarém: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro. 1976. 522p.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SA.22 Belém: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro. 1974. 435p.

BRASIL. Ministério da Saúde - MS. **Portaria MS nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Brasília, DF, Diário oficial da União nº 239, de 14 de dezembro de 2011, Seção 1, páginas 39-46.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Resolução CONAMA nº 396, de 03 de abril de 2008**. Brasília, DF, Diário oficial da União nº 66, de 07 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68.

BRITO, F. V.; OLIVEIRA, A. S.; NEVES, H. C.; AZEVEDO, J. A. T.; BHERING, D. L.; REIS, S. M.; MACHADO, M. C. S.; AZEVEDO, G. C.; CARVALHAES, G. K. Estudo da Contaminação de Águas Subterrâneas por BTEX oriundas de postos de distribuição no Brasil. In: 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2005, Salvador – BA. **Anais**. Salvador: Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP) e UNIFACS, 2005.

CAMPOS, T. S.; ROHLFS, D. B. Avaliação dos valores de nitrato em águas subterrâneas e sua correlação com atividades antrópicas no município de Águas Lindas de Goiás. In: V Mostra de Produção Científica da Pós-Graduação Lato Sensu da PUC Goiás, 2010, São Paulo - SP. **Anais**. São Paulo: PUC, 2010.

CASTRO, R.M.S.; RUIVO, M.L.P.; SILVA, M.F.F.; PICININN, J.; RODRIGUES, E.F. Conteúdo de nutrientes da serapilheira e a influência da sazonalidade em um sistema agroflorestal com queima e sem queima no nordeste paraense. Bragança – Pará. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer – Goiânia**, vol. 6, nº 11. 2010.

CELLIGOI, A. Considerações sobre análises químicas de águas subterrâneas. **Revista Geografia**, Londrina, vol. 8, n. 1, p. 91-97, 1999.

CLARK, I.; FRITZ, P. **Environmental Isotopes in hydrogeology**. USA: Lewis Publishers, 1997. 328p.

COLVARA, J. G.; LIMA, A. S.; SILVA, W. P. Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, II SSA, 2009.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Ficha de Informação Toxicológica: Níquel e seus compostos**. São Paulo: Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental, 2012.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Ficha de Informação Toxicológica: Fenol**. São Paulo: Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental, 2010.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Ficha de Informação Toxicológica: Zinco**. São Paulo: Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental, 2012.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo - Série Relatórios - Apêndice A: Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2009. 43p.

COOPER, H. H. Jr.; JACOB, C. E. A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well field story. **EOS Transactions American Geophysical Union**, vol. 27, p.526-534, 1946.

COSTA, M. R. M.; ÁVILA, P. F. **Geoquímica das águas subterrâneas: Parte I: Reações de equilíbrio: conceitos teóricos e exercícios de aplicação**. Vila Real: UTAD, 2010.



CRAIG, H. Isotopic Variations in Meteoric Waters. **Science**, New Series, vol. 133, nº 3465, p.1702-1703, 1961.

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. R. **Hidrologia Subterránea**. Madrid: Omega, vol. 2, 1983. 2359p.

DEUTSCH, C.V.; JOURNEL, A. G. GSLIB. **Geostatistical Software Library and User's Guide**. Oxford University Press, 1998. 1 CD-ROM.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, Amazônia Oriental. **Zoneamento ecológico-econômico da Zona Oeste do Estado do Pará**. Belém - PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. 386p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. (Org.). **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM-UFPE, 2000. 412p.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. (Org.). **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM – LABHID, 2008. 812p. 3ª Edição.

FELGUEIRAS, C. A. Modelagem ambiental com tratamento de incertezas em sistemas de informação geográfica: o paradigma geoestatístico por indicação. 1999. 212p. **Tese de Doutorado em Computação Aplicada** - INPE, São José dos Campos, 1999.

FETTER, C. W. **Applied Hydrogeology**. New York: Prentice Hall, 1994. 691p.

FORTI, M.C.; MOREIRA-NORDEMANN, L. M. Rainwater and throughfall chemistry in a "terra firme" rain forest: Central Amazonia. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, vol. 96, p. 7415-7421, 1991.

FOSTER, S. S. D. Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. In: VAN DUIJVANBOODEN, W.; VAN WAEGENINGH, H. G. (Eds.). **Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollution, Proceedings and Information**. Nº. 38 of the International Conference held in the Netherlands, in 1987, TNO Committee on Hydrological Research, Delft, The Netherlands.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. **Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data**. Lima: Pan American center for sanitary engineering and environmental sciences (CEPIS), 1988. 88 p.

FREEZE, R. A.; Cherry, J. A. **Groundwater**. USA: Prentice Hall, 1979. 604p.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME. **Software Qualigraf**, 2010.

GOOVAERTS, P. **Applied Geostatistics Series: Geostatistics for Natural Resources Evaluation**. New York: Oxford, 1997. 489p.

HANTUSH, M. S.; JACOB, C. E. Non-steady radial flow in an infinite leaky aquifer. **EOS Transactions American Geophysical Union**, vol. 36, n° 1, p.95-100, 1955.

HEM, J. D. Restraints on dissolved ferrous iron imposed by bicarbonate, redox potential, and pH. **U.S. Geological Survey Water-Supply Paper**, 1459-B, p.33-55, 1960.

HEM, J. D. **Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water**. USA: U.S. Geological Survey, Water Supply Paper 2254, 1985. 248p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo demográfico de 2010**. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 30 maio 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Recursos naturais e meio ambiente: uma visão do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE - Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1996. 208p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Dados da Base do INMET**.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Normais Climatológicas do Brasil: 1961-1990**. Brasília: INMET, 2009. 465p.

KAUFMAN, S.; LIBBY, W. F. The natural distribution of tritium. **Phys. Review**, vol. 93, n° 6, p.1337-1344, 1954.

KEITH, L. H. **Compilation of Epa's Sampling and Analysis Methods**. USA: CRC Press, 1996. 1696p.

LENZI, E.; FAVERO, L. O. B.; LUCHESE, E. B. **Introdução à Química da Água: Ciência, vida e sobrevivência**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

LIMA, H. N.; MELLO, J. W. V.; SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J. C. Dinâmica da mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação. **Revista Acta Amazônica**, Manaus - AM, vol.35, n° 3, p.317-330, 2005.

LOGAN, J. **Interpretação de análises químicas d'água**. Recife: U.S Agency for International Development - USAID, 1965. 67p.

LOPES, F. C. C.; LIMA, J. R.; LIMA, J. O. G.; FRANÇA, A. M. M.; LOIOLA, H. G.; LEITÃO, J. C. Comportamento anual da alcalinidade em águas

subterrâneas de Crateús - CE. In: 5º Congresso Norte-Nordeste de Química & 3º Encontro Norte-Nordeste de Ensino de Química, 2013, Natal - RN. **Anais**. Natal: UFRN, 2013.

MANOEL FILHO, J. **Modernas Técnicas de Avaliação e Produção de Água Subterrânea**. Recife: UFPE, 2007. 88p.

MCKEE, J. E.; WOLF, H. W. Water Quality Criteria. **State Water Quality Control Board**, Sacramento, California, Pub. 3-A, 1963.

MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. I.; NETTO, A. C.; KIEHL, J. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Ed. Distribuidora, 1984. 400p.

MERKEL, B. J.; FRIEDRICH, B. P. **Groundwater geochemistry: a Practical Guide to Modeling of Natural and Contaminated Aquatic Systems**. USA: Springer, 2008. 230p.

METCALF & Eddy, Inc. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse**. New York: McGraw-Hill, 1991.

MÜNNICH, K. O. Messung des  $^{14}\text{C}$  gehaltes von hartem grundwasser. **Naturwiss**, 44, p. 32-39, 1957.

NEUMAN, S. P. **Analysis of pumping test data from anisotropic unconfined aquifers considering delayed gravity response**. USA: Water Resources Research, vol. 11, nº 1, p.329-342, 1975.

NIELSEN, D. M.; NIELSEN, G. L. **The Essential Handbook of Ground-water Sampling**. New York: CRC Press, 2007. 310 p.

OBIEFUNA, G. I.; SHERIFF, A. Assessment of Shallow Ground Water Quality of Pindiga Gombe Area, Yola Area, NE, Nigeria for Irrigation and Domestic Purposes. **Research Journal of Environmental and Earth Sciences**, vol.3, p.131-141, 2011.

OLIVEIRA, J. R.; PASTANA, J. M. N. **Potencialidade hidrogeológica da vila de Alter-do-Chão, com proposta técnica para perfuração de poço tubular profundo**. Santarém - PA, 1999.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2011. 67p.

PEREIRA, S.; CAVALCANTE, I. N.; GOMES, D. F.; GOMES, M. C. R.; MOURA, I. B. M. A qualidade das águas subterrâneas na porção Oeste da faixa costeira do município de Fortaleza, Ceará. In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2008, Natal - RN. **Anais**. Natal: ABAS, 2008. p.1-16.

PIVELI, R. P. **Curso: Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos - Aula 6: características químicas das águas: pH, acidez, alcalinidade e dureza**. São Paulo: LEB - ESALQ - USP, 2004. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%206%20-%20Alcalinidade%20e%20Acidez.pdf>>. Acesso em: 16 abril 2014.

POHLING, R. **Reações químicas na análise de água**. Fortaleza: Arte Visual, 2009.

PULS, R. W.; BARCELONA, M. J. Ground Water Sampling for Metals Analysis. In: BOULDING, J. R. (Edited by). **EPA - Environmental Assessment Sourcebook**. USA: Ann Arbor Press, p.337-345, 1989.

SANTOS, A.; RIBEIRO, M. N. G.; RIBEIRO, J. S.; BRINGEL, S. R. B. Hidroquímica da Amazônia Central III: Química de água de lavagem da floresta no ecossistema Campina Amazônia (Stemflow). **Acta Amazônica**, vol. 11, p. 335-346, 1981.

SANTOS, U. M.; RIBEIRO, M. N. G. A hidroquímica do rio Solimões-Amazonas. **Acta Amazônica**, vol. 18, p.145-172, 1988.

SCHMIDT, C. A. B. **Remediação in situ de solos e águas subterrâneas contaminados por líquidos orgânicos não miscíveis em água (NAPLs)**. **Série Temática: Resíduos Sólidos e Geotecnia Ambiental – Volume 1**. Rio de Janeiro: COAMB / FEN / UERJ / 2010. 62 p.

SCHOELLER, H. **Géochimie des Eaux Souterraines**. Paris: Revue de l'Institut Français du Pétrol, vol. 10, p. 230-244, 1955.

SCHOELLER, H. **Les Eaux Souterraines**. Paris: Masson, 1962.

SCHWARZBACH, M. S. R.; MORANDI, I. C. Avaliação da variabilidade temporal das características físicoquímicas das águas subterrâneas dos poços tubulares profundos do município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. In: 1st Joint World Congress on Groundwater, 2000, Fortaleza – CE. **Anais**. Fortaleza: ABAS, 2000. p.1-18.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE - SEMMA. **Informações municipais de Santarém**. Santarém: SEMMA-CIAM, 2013. 44p.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS**. Brasília: CPRM, 2010. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/index.php>>. Acesso em: 30 out 2010.

SILVA, F. A. S. ASSISTAT: versão 7.7. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2012.

SILVA, M. L.; BONOTTO, D. M. Hidroquímica elementar e dos isótopos de urânio em águas subterrâneas da Formação Alter do Chão, Manaus (AM). **Revista Brasileira de Geociências**, vol. 36, nº 3, p.437-448, 2006.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, vol.8, n.4, p.1019-1028, 2003.

SNOEYINK, V. L.; JENKINS, D. **Water Chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 1980. 463p.

SZIKSZAY, M. **Geoquímica das Águas**. São Paulo: Scielo. Boletim IG-USP, Série Didática, nº 5, p.1-166, 1993. Disponível em: <<http://papego.igc.usp.br/pdf/bigsd/n5/01.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2014.

TANCREDI, A. C. F. S. **Recursos hídricos subterrâneos de Santarém: fundamentos para uso e proteção**. 1996. 146p. Tese (Doutorado em Geoquímica) - Universidade Federal do Pará - UFPA, Pará, 1996.

TEIXEIRA, I. E. M. Águas da formação Açú. In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2002, Florianópolis - SC. **Anais**. Florianópolis: ABAS, 2002. p.1-25.

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 568p.

TRAVASSOS, W. A. S.; BARBOSA FILHO, C. M. **Tectonismo Terciário na Área do Rio Tapajós, Bacia do Amazonas**. Boletim de Geociências Petrobras, vol.4, nº 3, p.299-314, 1990.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE - Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124p.

VILANI, M. T.; SANCHES, L.; NOGUEIRA, J. S.; PRIANTE FILHO, N. Sazonalidade da radiação, temperatura e umidade em uma floresta de transição Amazônia Cerrado. **Revista Brasileira de Meteorologia** vol. 21, nº 3b, p.331-343, 2006.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Vol. 1**. Belo Horizonte: Editora Universitária, 2005. vol. 1. 452p.

WALTON, W. C. **Selected analytical methods for well and aquifer evaluation**. Illinois State Water Survey, Bulletin nº 49, 1962. 81p.

YOUNGER, P. L. Hydrogeochemistry of minewaters flowing from abandoned coal workings in County Durham. **Quarterly Journal of Engineering Geology**, vol. 28, p.101-113, 1995.

ZOBY, J. L. G. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. **Revista Águas Subterrâneas**, Natal, Supl. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008.

## **7 – Anexos**

## **7.1 – Testes de Bombeamento – Planilhas, Gráficos e Valores Obtidos de T, K, S.**

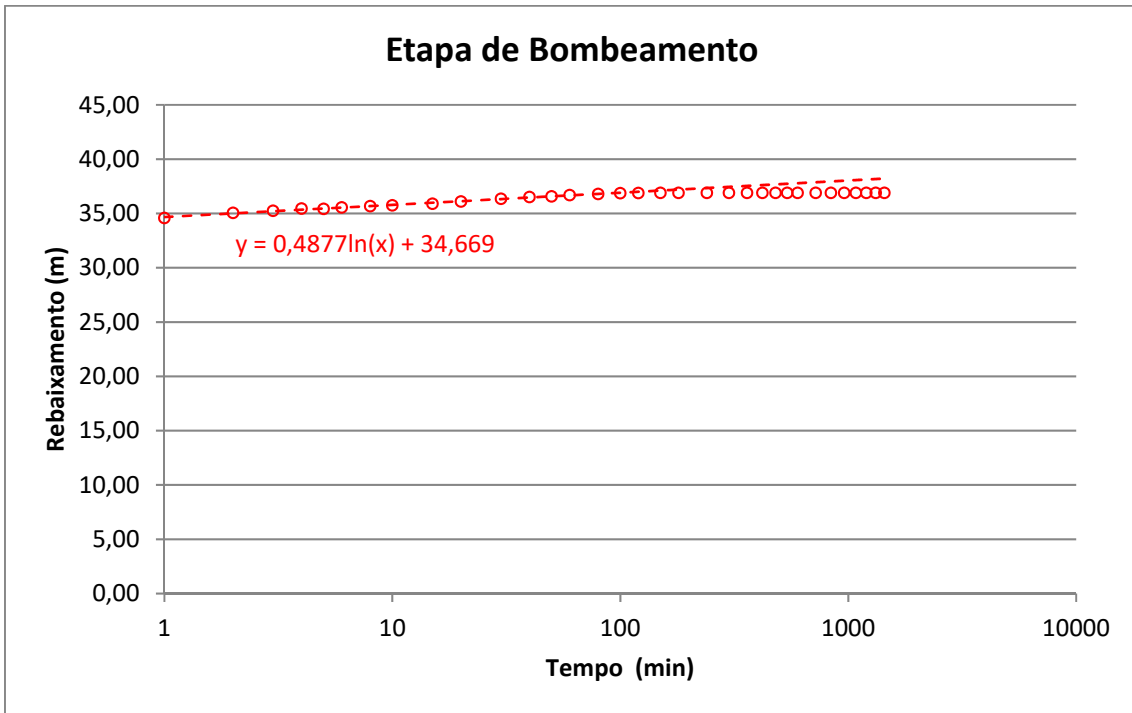
## 7.1.1 – Dados do Poço ST082 - Santarém - PA

### 7.1.1.1 - Planilha

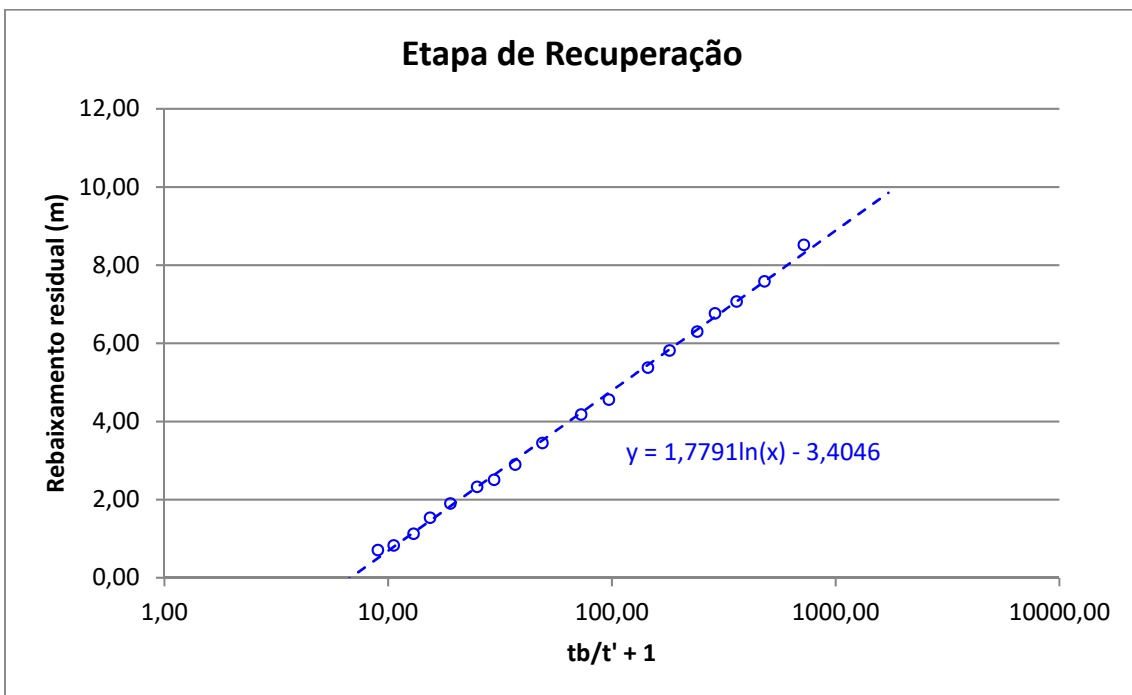
<b>TESTE DE AQUÍFERO - Poço bombeado</b>									
REFERÊNCIA DO POÇO: ST082			PROF.: 186,00 m			EQUIPAMENTO: B.SUBMERSA			
MUNICÍPIO: SANTARÉM			N.E.: 25,87 m			AQUÍFERO: ALTER DO CHÃO			
ESTADO: PARÁ			N.D.: 36,89 m			EMPRESA: Particular			
LOCAL: LOTEAM.TAPAJÓS ROYAL VILLE			Crivo: 55,22 m			DATA INÍCIO: 28/07/2012			
PROPRIETÁRIO: CONDOMINIO T.R.VILLE			Raio do poço: 0,075 m			DATA TÉRMINO: 29/07/2012			
GPS:	Long. W	54°45'24"		Lat. S	2°26'30,1"		ALTITUDE:	34 m	
<b>REBAIXAMENTO</b>					<b>RECUPERAÇÃO</b>				
HORA	t (min)	N.D. (m)	s (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Q/s (m <sup>3</sup> /h/m)	t' (min)	N.D. (m)	s (m)	tb/t' + 1
11:01	1	34,590	8,720	22,300	2,557	1	37,070	11,200	1441,00
11:02	2	35,060	9,190	21,200	2,307	2	34,390	8,520	721,00
11:03	3	35,240	9,370	20,800	2,220	3	33,460	7,590	481,00
11:04	4	35,452	9,582	20,600	2,150	4	32,940	7,070	361,00
11:05	5	35,430	9,560	19,900	2,082	5	32,640	6,770	289,00
11:06	6	35,560	9,690	18,700	1,930	6	32,170	6,300	241,00
11:08	8	35,670	9,800	19,830	2,023	8	31,690	5,820	181,00
11:10	10	35,750	9,880	19,690	1,993	10	31,250	5,380	145,00
11:15	15	35,890	10,020	19,630	1,959	15	30,430	4,560	97,00
11:20	20	36,100	10,230	19,630	1,919	20	30,050	4,180	73,00
11:30	30	36,350	10,480	19,630	1,873	30	29,320	3,450	49,00
11:40	40	36,520	10,650	19,630	1,843	40	28,770	2,900	37,00
11:50	50	36,570	10,700	19,630	1,835	50	28,380	2,510	29,80
12:00	60	36,690	10,820	19,630	1,814	60	28,200	2,330	25,00
12:20	80	36,790	10,920	19,630	1,798	80	27,773	1,903	19,00
12:40	100	36,870	11,000	19,630	1,785	100	27,410	1,540	15,40
13:00	120	36,880	11,010	19,630	1,783	120	27,000	1,130	13,00
13:30	150	36,890	11,020	19,630	1,781	150	26,700	0,830	10,60
14:00	180	36,890	11,020	19,630	1,781	180	26,580	0,710	9,00
15:00	240	36,890	11,020	19,630	1,781	240	26,310	0,440	7,00
16:44	300	36,890	11,020	19,630	1,781	300	26,220	0,350	5,80
17:00	360	36,890	11,020	19,630	1,781				
18:30	420	36,890	11,020	19,630	1,781				
19:00	480	36,890	11,020	19,630	1,781				
20:00	540	36,890	11,020	19,630	1,781				
21:00	600	36,890	11,020	19,630	1,781				
23:00	720	36,890	11,020	19,630	1,781				
01:00	840	36,890	11,020	19,630	1,781				
03:00	960	36,890	11,020	19,630	1,781				
05:00	1080	36,890	11,020	19,630	1,781				
07:00	1200	36,890	11,020	19,630	1,781				
09:00	1320	36,890	11,020	19,630	1,781				
10:55	1440	36,890	11,020	19,63	1,781				
TÉCNICO RESPONSÁVEL:									



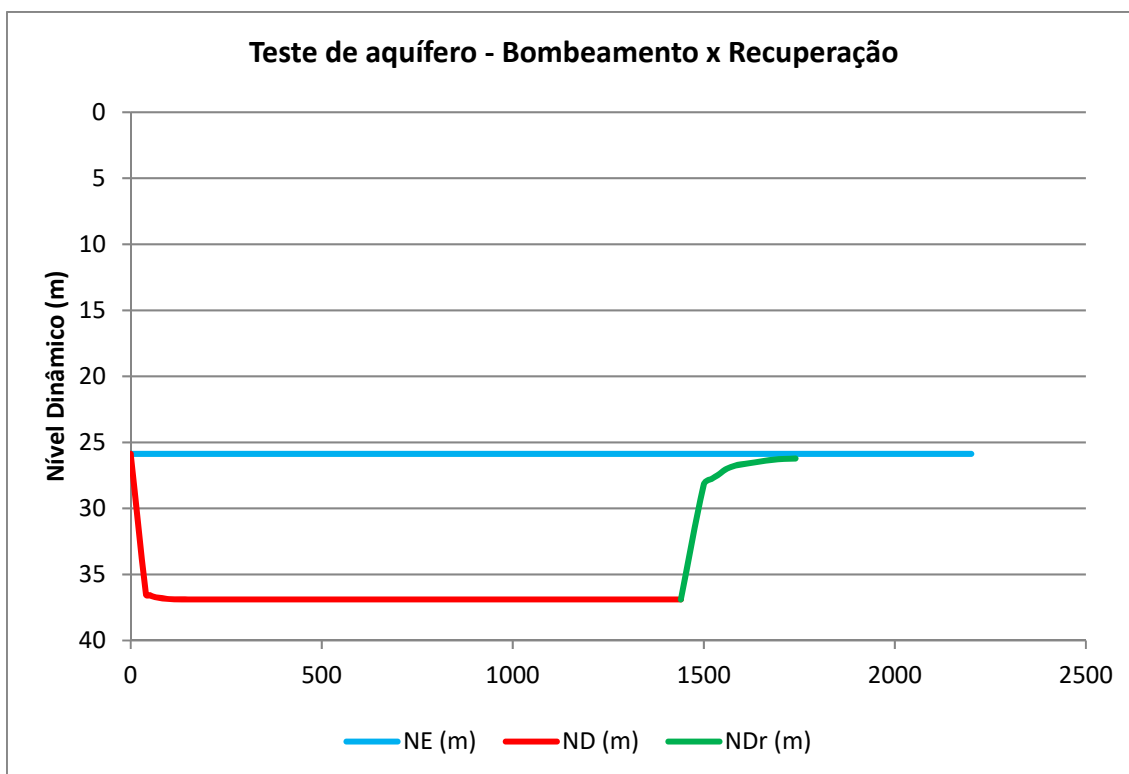
**7.1.1.2 – Gráficos e valores obtidos pelo método de Cooper & Jacob (1946) no poço ST082.**



7.1.1.2a - Curva de Rebaixamento do poço ST082 durante o bombeamento.



7.1.1.2b - Recuperação no poço ST082 após o bombeamento.



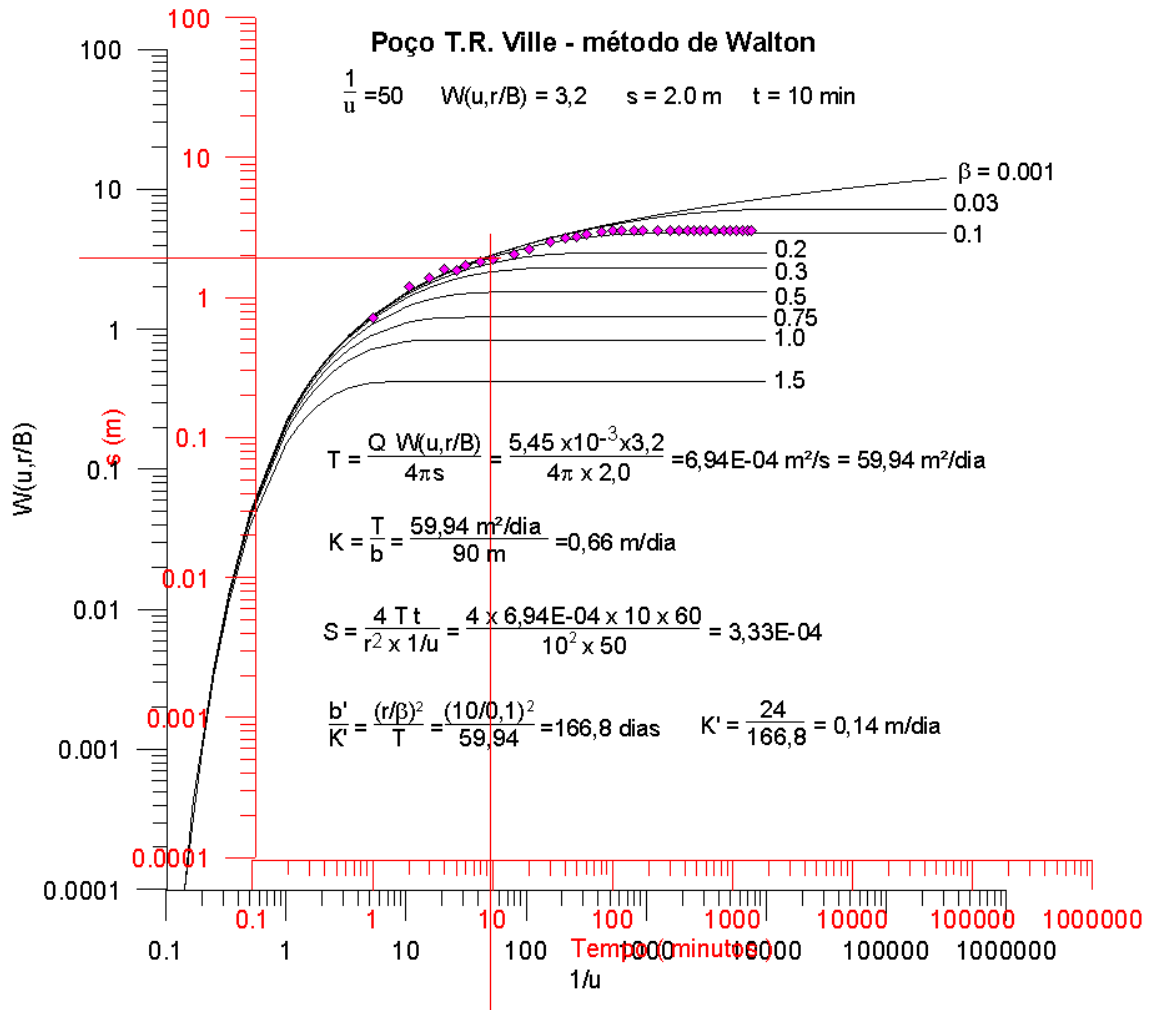
7.1.1.2c - Relação entre o rebaixamento e a recuperação no poço ST082.

7.1.1.2d - Valores encontrados para T e K no poço ST082 pelo método Cooper & Jacob (1946).

Etapas	b (m)	T		K	
		m <sup>2</sup> /s	m <sup>2</sup> /dia	m/s	m/dia
Rebaixamento	80	8,89E-04	76,79	1,11E-05	0,96
Recuperação	80	2,44E-04	21,05	3,05E-06	0,26
<b>Média</b>	<b>80</b>	<b>5,66E-04</b>	<b>48,92</b>	<b>7,08E-06</b>	<b>0,61</b>

\*b = espessura do aquífero; T = transmissividade; K = condutividade hidráulica.

**7.1.1.3 – Gráficos e Parâmetros Hidráulicos obtidos pelo método de Walton (1962) no poço ST082.**



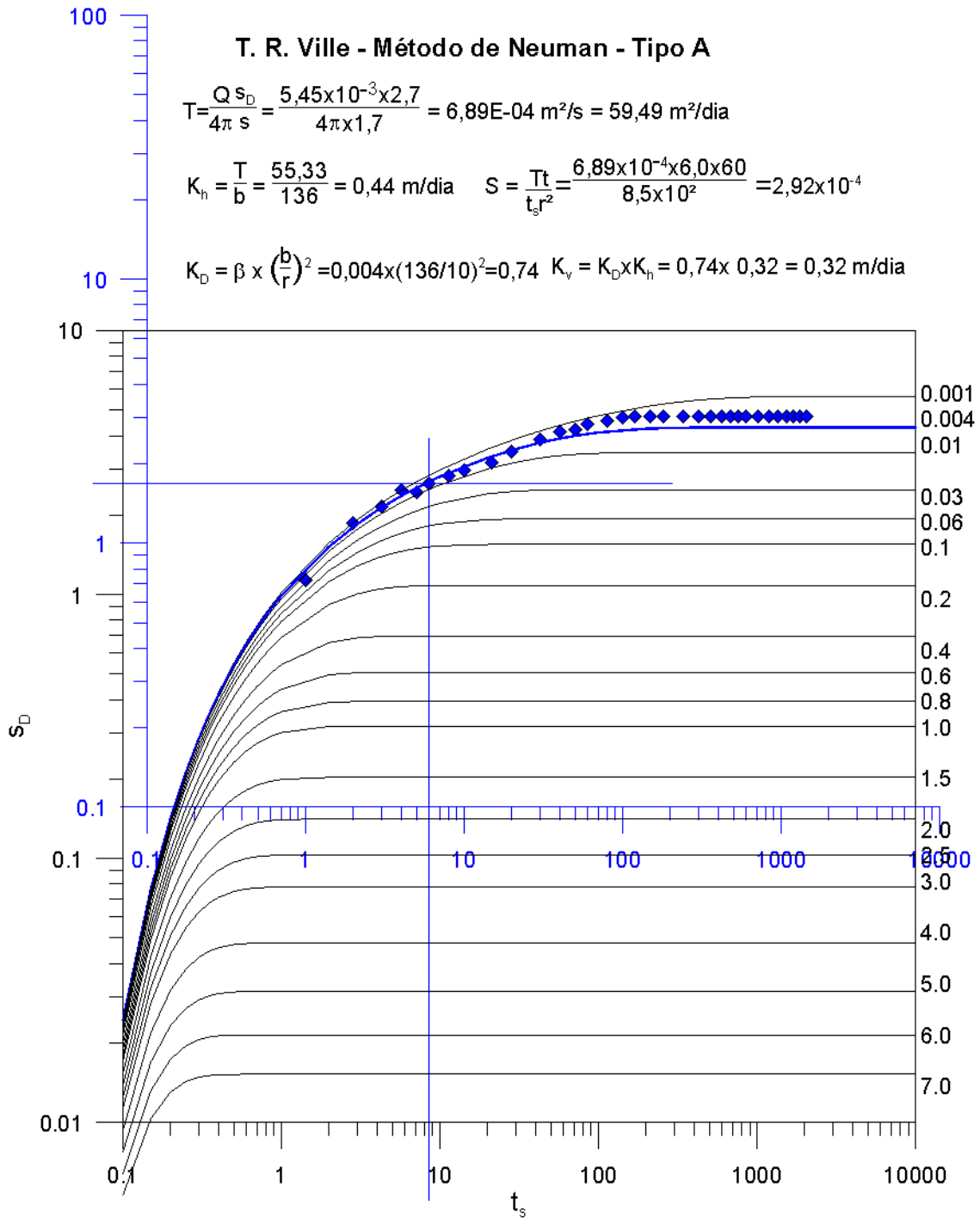
7.1.1.3a – Ajuste da curva de rebaixamento-tempo do poço ST082 sobre a curva padrão de Walton para  $\beta = r/B = 0,1$

7.1.1.3b - Valores encontrados dos parâmetros hidráulicos T, K, S e K' no poço ST082 pelo método de Walton.

Aquífero	Poço	T (m <sup>2</sup> /dia)	K (m/dia)	S	b (m)	b' (m)	K' (m/dia)
Alter do Chão	ST082	59,94	0,67	3,33 E-04	90	24	0,14

T= transmissividade do aquífero; K = condutividade hidráulica do aquífero; S= coeficiente de armazenamento do aquífero; b = espessura do aquífero; b' = espessura do aquífero confinado; K' = condutividade hidráulica do aquífero confinado.

7.1.1.4 – Gráficos e Parâmetros Hidráulicos obtidos pelo método de Neuman (1975) no poço ST082.



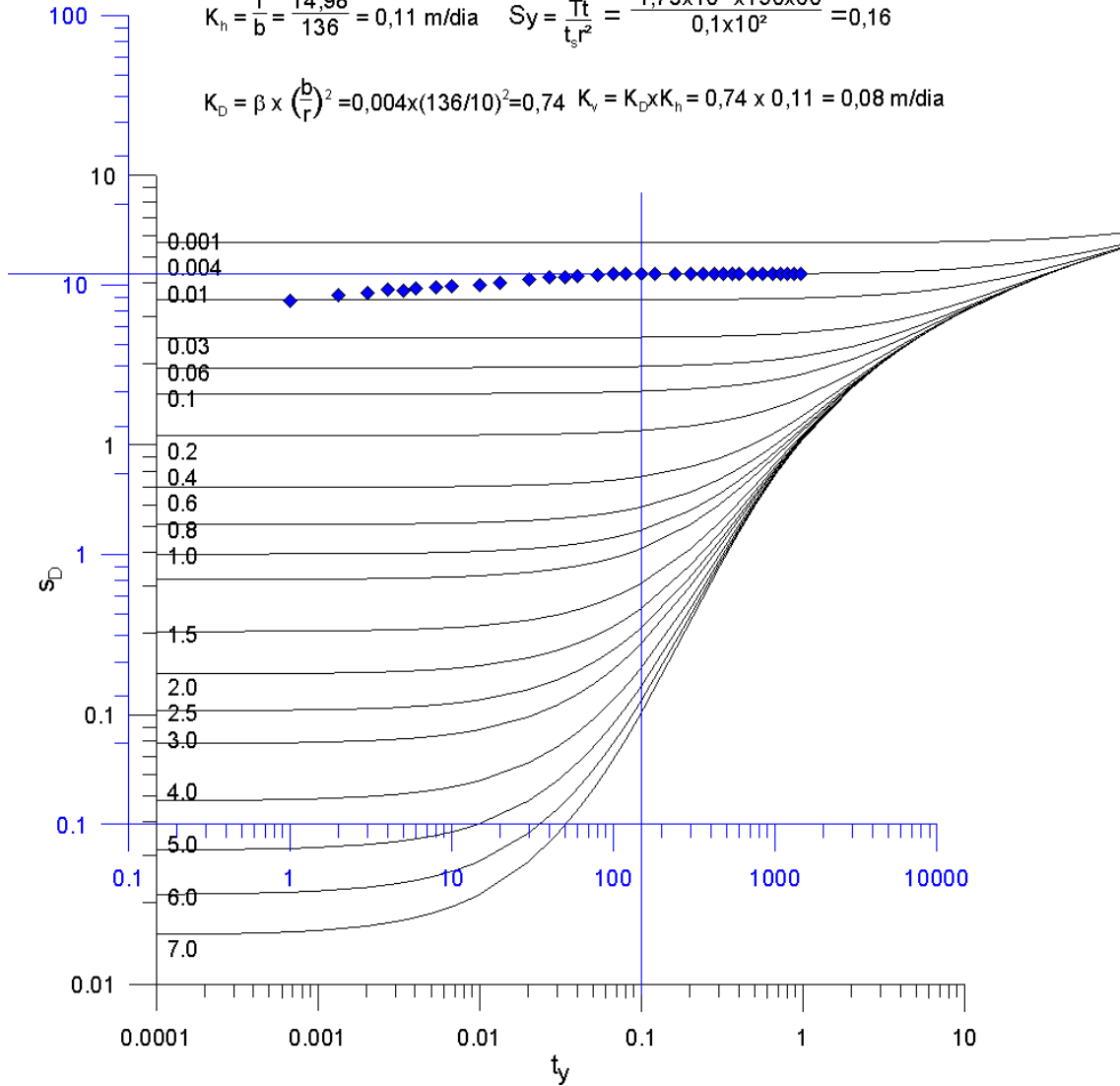
7.1.1.4a – Ajuste da curva de rebaixamento-tempo do poço ST082 sobre a curva padrão de Neuman tipo A para  $\beta = 0,004$

**T. R. Ville - Método de Neuman - Tipo B**

$$T = \frac{Q s_D}{4\pi s} = \frac{5,45 \times 10^{-3} \times 4,2}{4\pi \times 10,5} = 1,73 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} = 14,98 \text{ m}^2/\text{dia}$$

$$K_h = \frac{T}{b} = \frac{14,98}{136} = 0,11 \text{ m/dia} \quad S_y = \frac{Tt}{t_s r^2} = \frac{1,73 \times 10^{-4} \times 150 \times 60}{0,1 \times 10^2} = 0,16$$

$$K_D = \beta \times \left(\frac{b}{r}\right)^2 = 0,004 \times (136/10)^2 = 0,74 \quad K_v = K_D \times K_h = 0,74 \times 0,11 = 0,08 \text{ m/dia}$$



7.1.1.4b – Ajuste da curva de rebaixamento-tempo do poço ST082 sobre a curva padrão de Neuman tipo B para  $\beta = 0,004$

7.1.1.4c- Resultados encontrados no poço ST082 supondo o aquífero do tipo livre, anisotrópico com poços totalmente penetrantes e com drenagem retardada.

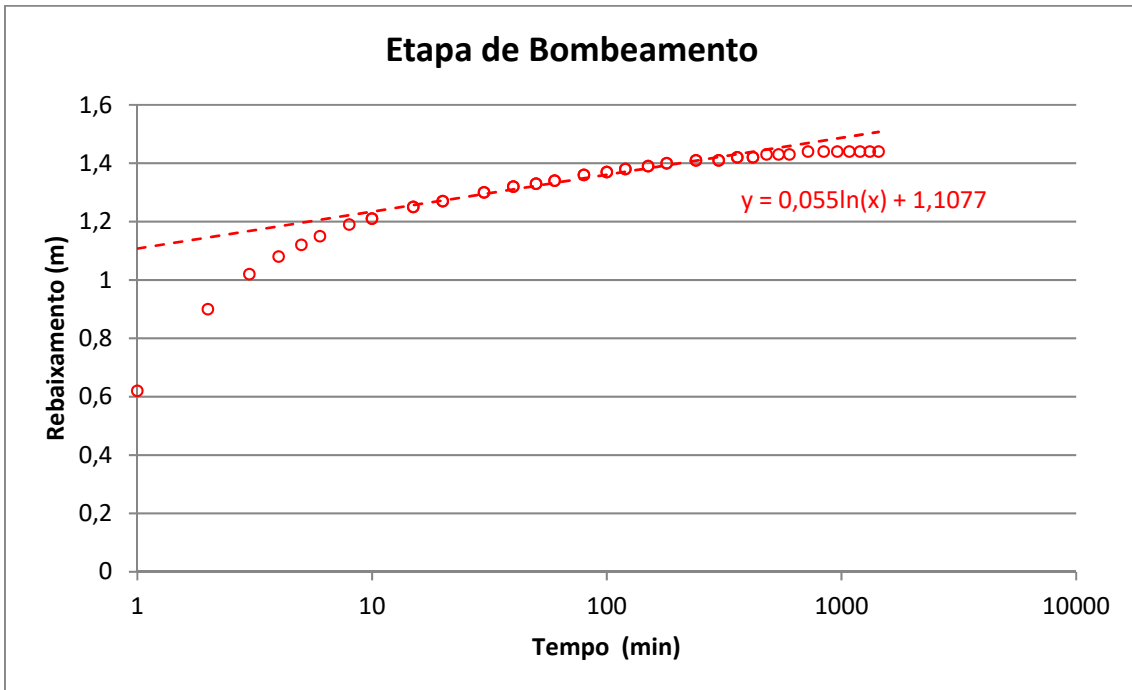
PARÂMETROS TESTE ST082	Símbolo	Unidade	Curva Tipo	
			A	B
Vazão	Q	m <sup>3</sup> /dia	471	471
Rebaixamento	s	m	1,7	10,5
Tempo do rebaixamento	t	dia	0,0042	0,1042
Distância do poço bombeado*	r	m	10	10
Rebaixamento adimensional	SD	adim	2,7	4,2
Tempo adimensional antes da drenagem retardada ts	ts	adim	8,5	-
Tempo adimensional com drenagem retardada ty	ty	adim	-	0,1
Fator de drenagem retardada	$\beta$	adim	0,004	0,004
Coeficiente de transmissividade	T	m <sup>2</sup> /dia	59,49	14,98
Coeficiente de armazenamento	S	adim	2,92E-04	-
Porosidade efetiva	Sy	adim		0,16
Espessura do aquífero	b	m	136	136
Condutividade hidráulica horizontal	Kh	m/dia	0,44	0,11
Grau de anisotropia do aquífero	KD	adim	1/1,4	1/1,4
Condutividade hidráulica vertical	Kv	m/dia	0,32	0,08

## 7.1.2 – Dados do Poço ST047

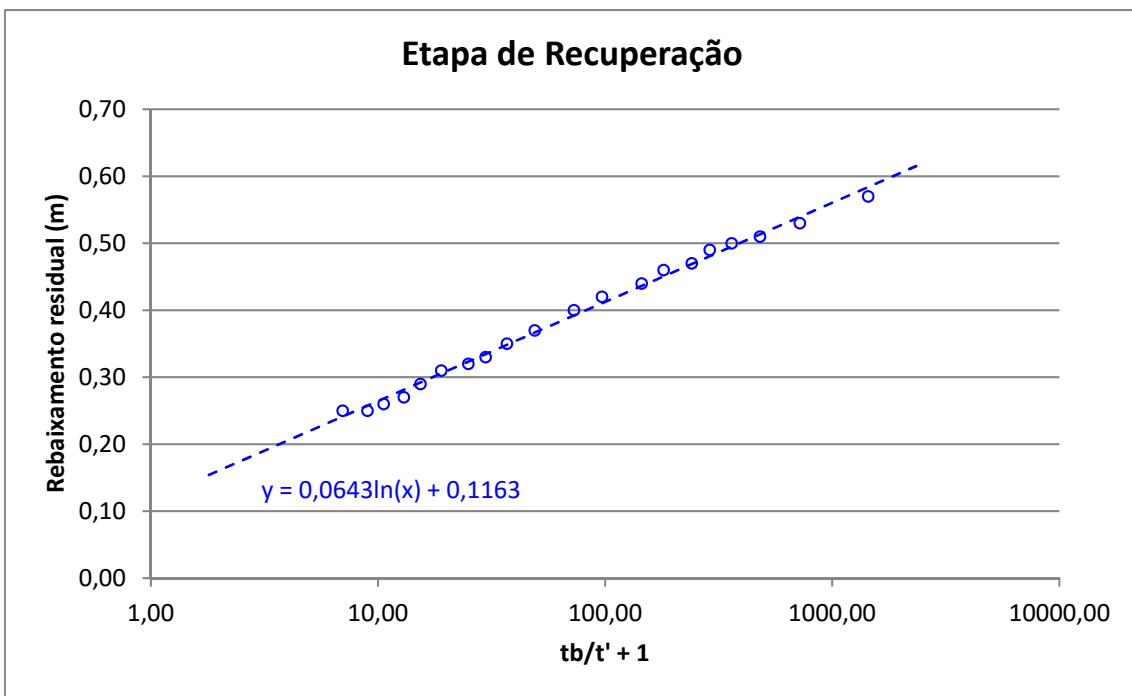
### 7.1.2.1 - Planilha do teste do poço ST047 na cidade de Santarém – PA.

<b>TESTE DE AQUÍFERO - Poço bombeado</b>									
REFERÊNCIA DO POÇO: ST 047			PROF.: 85,00 m		EQUIPAMENTO: B.SUBMERSA				
MUNICÍPIO: SANTARÉM			N.E.: 46,81 m		AQUÍFERO: ALTER DO CHÃO				
ESTADO: PARÁ			N.D.: 48,25 m		EMPRESA: Particular				
LOCAL: A. M. JUTAI			Crivo: 58,00 m		DATA INÍCIO: 25/07/2012				
PROPRIETÁRIO: ASS.MORADORES			Raio do poço: 0,075 m		DATA TÉRMINO: 26/07/2012				
GPS:	UTM_E:	756986	UTM_N:	9727436	ALTITUDE:				
REBAIXAMENTO					RECUPERAÇÃO				
HORA	t (min)	N.D. (m)	s (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Q/s (m <sup>3</sup> /h/m)	t' (min)	N.D. (m)	s (m)	tb/t' + 1
11:01	1	47,430	0,620	11,59	18,694	1	47,38	0,57	1441,00
11:02	2	47,710	0,900	10,23	11,367	2	47,34	0,53	721,00
11:03	3	47,830	1,020	10,23	10,029	3	47,32	0,51	481,00
11:04	4	47,890	1,080	10,20	9,444	4	47,31	0,50	361,00
11:05	5	47,930	1,120	10,20	9,107	5	47,30	0,49	289,00
11:06	6	47,960	1,150	10,19	8,861	6	47,28	0,47	241,00
11:08	8	48,000	1,190	10,05	8,445	8	47,27	0,46	181,00
11:10	10	48,020	1,210	9,91	8,190	10	47,25	0,44	145,00
11:15	15	48,060	1,250	9,91	7,928	15	47,23	0,42	97,00
11:20	20	48,080	1,270	9,89	7,787	20	47,21	0,40	73,00
11:30	30	48,110	1,300	9,84	7,566	30	47,18	0,37	49,00
11:40	40	48,130	1,320	9,63	7,295	40	47,16	0,35	37,00
11:50	50	48,140	1,330	9,59	7,211	50	47,14	0,33	29,80
12:00	60	48,150	1,340	9,59	7,157	60	47,13	0,32	25,00
12:20	80	48,170	1,360	9,58	7,044	80	47,12	0,31	19,00
12:40	100	48,180	1,370	9,56	6,978	100	47,10	0,29	15,40
13:00	120	48,190	1,380	9,56	6,928	120	47,08	0,27	13,00
13:30	150	48,200	1,390	9,55	6,871	150	47,07	0,26	10,60
14:00	180	48,210	1,400	9,55	6,821	180	47,06	0,25	9,00
15:00	240	48,220	1,410	9,53	6,759	240	47,06	0,25	7,00
16:44	300	48,220	1,410	9,50	6,738	300	47,05	0,24	5,80
17:00	360	48,230	1,420	9,49	6,683				
18:30	420	48,230	1,420	9,42	6,634				
19:00	480	48,240	1,430	9,42	6,587				
20:00	540	48,240	1,430	9,42	6,587				
21:00	600	48,240	1,430	9,42	6,587				
23:00	720	48,250	1,440	9,41	6,535				
01:00	840	48,250	1,440	9,41	6,535				
03:00	960	48,250	1,440	9,41	6,535				
05:00	1080	48,250	1,440	9,41	6,535				
07:00	1200	48,250	1,440	9,41	6,535				
09:00	1320	48,250	1,440	9,41	6,535				
10:55	1440	48,250	1,440	9,41	6,535				

7.1.2.2 – Gráficos e Parâmetros Hidráulicos obtidos pelo método de Cooper & Jacob (1946) no poço ST047.

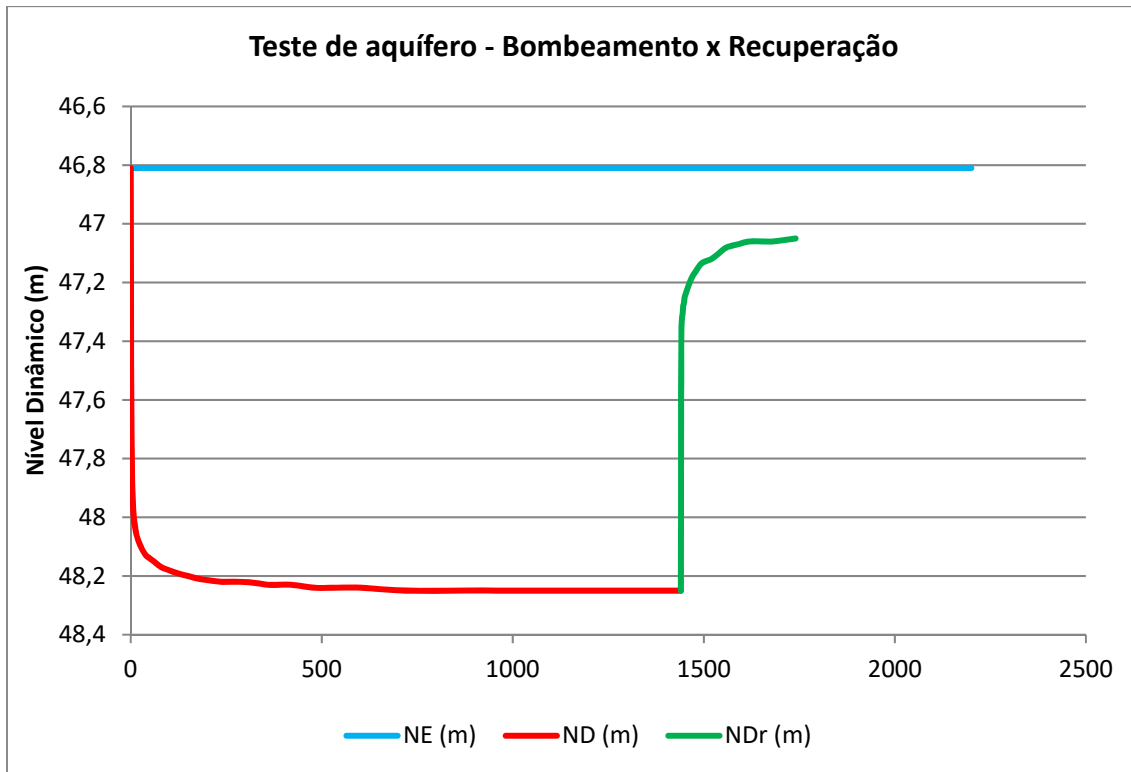


7.1.2.2a - Rebaixamento do poço ST047 pelo bombeamento.



7.1.2.2b - Recuperação no poço ST047, após o bombeamento.





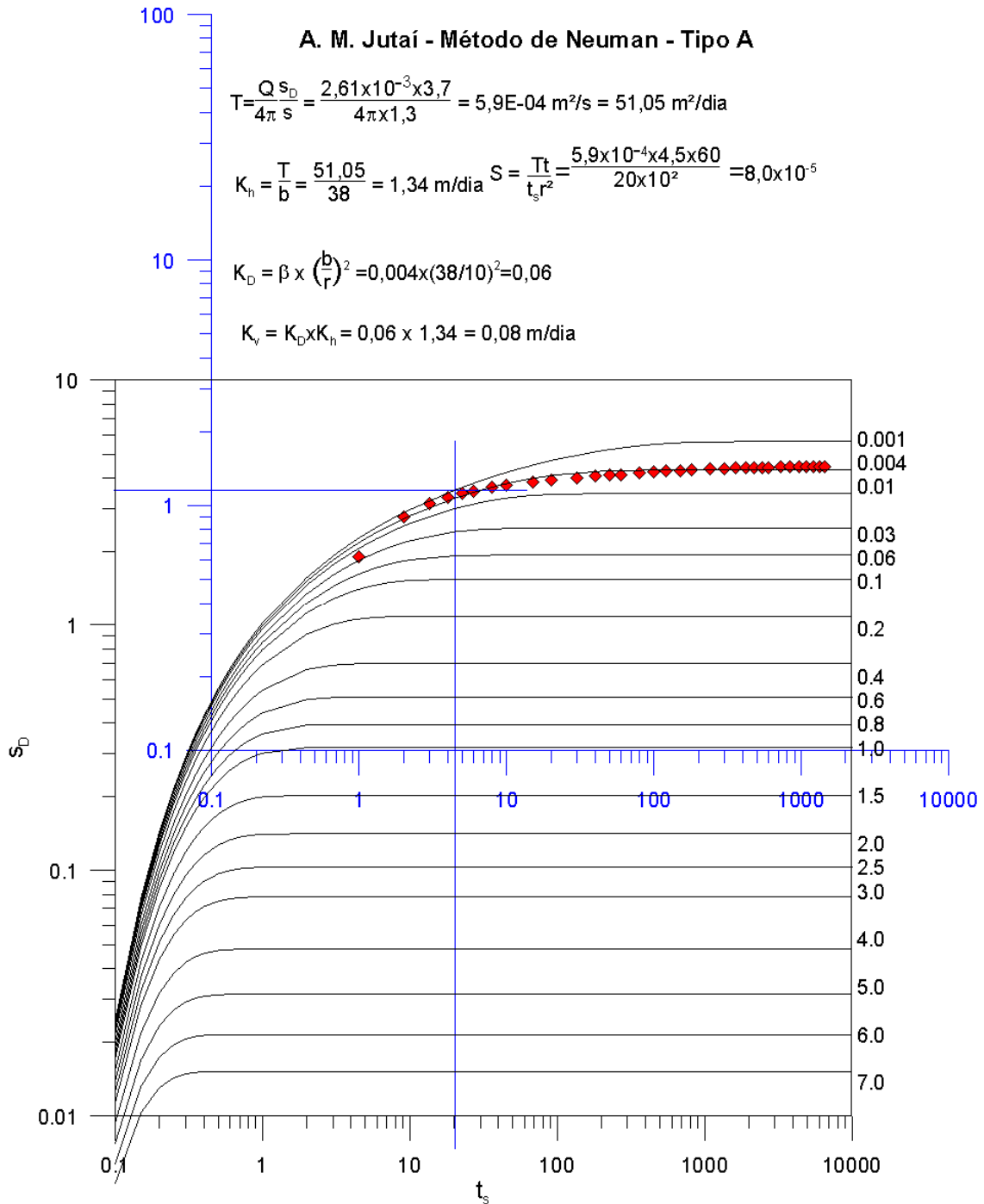
7.1.2.2c - Relação entre o rebaixamento e a recuperação no poço ST047.

7.1.2.2d - Valores encontrados para T e K no poço ST047 pelo método Cooper & Jacob.

Etapas	b (m)	T		K	
		m <sup>2</sup> /s	m <sup>2</sup> /dia	m/s	m/dia
Rebaixamento	42	3,79E-03	327,46	9,02E-05	7,80
Recuperação	42	3,25E-03	280,80	7,74E-05	6,69
<b>Média</b>	<b>42</b>	<b>3,52E-03</b>	<b>304,13</b>	<b>8,38E-05</b>	<b>7,24</b>

\*b = espessura do aquífero; T = transmissividade; K = condutividade hidráulica.

7.1.2.3 – Gráficos e Parâmetros Hidráulicos obtidos pelo método de Neuman (1975) no poço ST047.



7.1.2.3a – Ajuste da curva de rebaixamento-tempo do poço ST047 sobre a curva padrão de Neuman tipo A para  $\beta = 0,004$ .

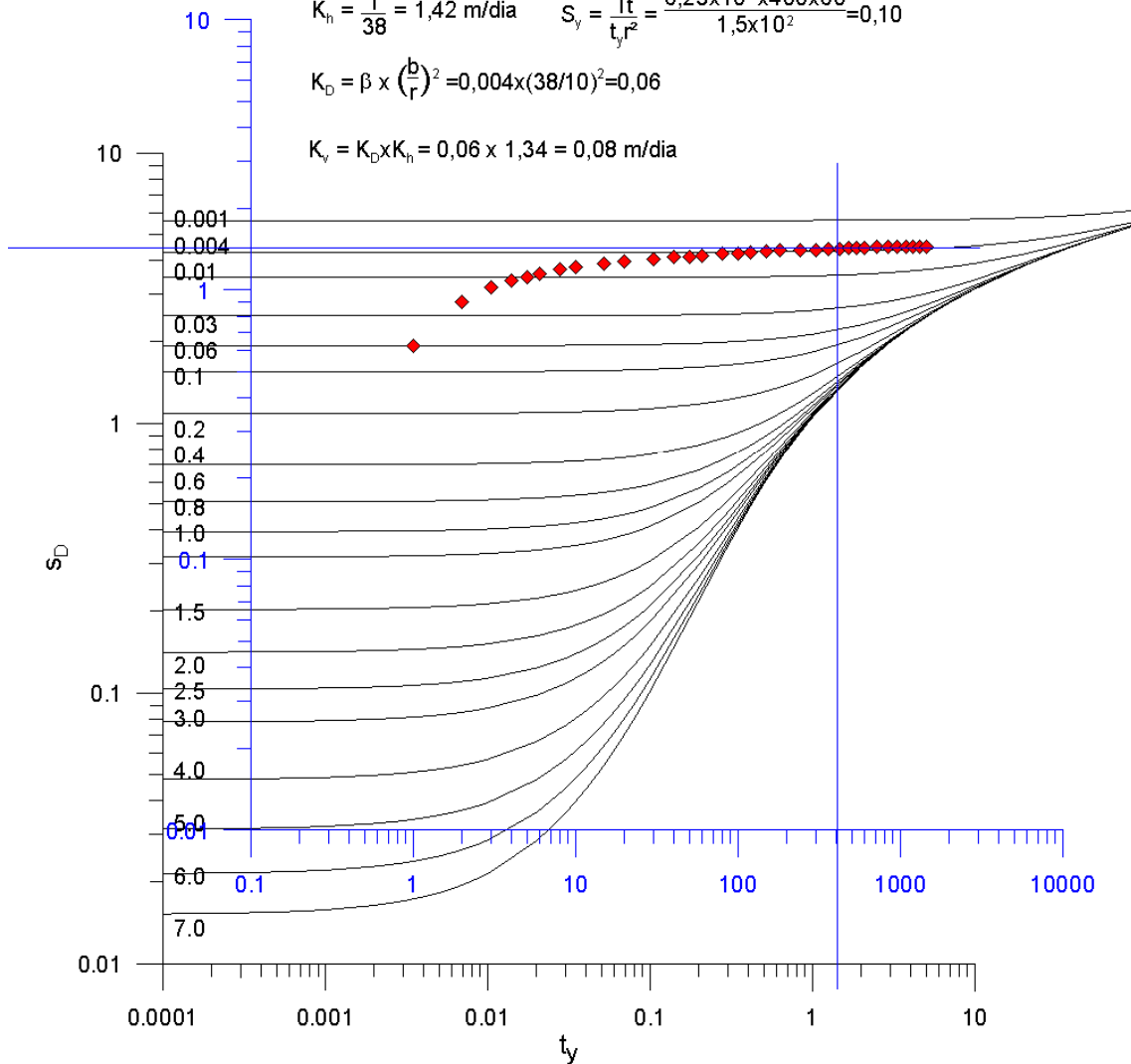
**A.M. Jutai - Método de Neuman - Tipo B**

$$T = \frac{Q s_D}{4\pi s} = \frac{2,61 \times 10^{-3} \times 4,5}{4\pi \times 1,5} = 6,231 \text{E-}04 \text{ m}^2/\text{s} = 53,84 \text{ m}^2/\text{dia}$$

$$K_h = \frac{T}{38} = 1,42 \text{ m/dia} \quad S_y = \frac{Tt}{t_y r^2} = \frac{6,23 \times 10^{-4} \times 400 \times 60}{1,5 \times 10^2} = 0,10$$

$$K_D = \beta \times \left(\frac{b}{r}\right)^2 = 0,004 \times (38/10)^2 = 0,06$$

$$K_v = K_D \times K_h = 0,06 \times 1,34 = 0,08 \text{ m/dia}$$



7.1.2.3b – Ajuste da curva de rebaixamento-tempo do poço ST047 sobre a curva padrão de Neuman tipo B para  $\beta = 0,004$ .

7.1.2.3c - Resultados encontrados no poço ST047 supondo o aquífero do tipo livre, anisotrópico com poços totalmente penetrantes e com drenagem retardada.

PARÂMETROS TESTE ST047	Símbolo	Unidade	Curva Tipo	
			A	B
Vazão	Q	m <sup>3</sup> /dia	226	226
Rebaixamento	s	m	1,3	1,5
Tempo do rebaixamento	t	dia	0,0031	0,2778
Distância do poço bombeado*	r	m	10	10
Rebaixamento adimensional	SD	adim	3,7	4,5
Tempo adimensional antes da drenagem retardada ts	ts	adim	20	-
Tempo adimensional com drenagem retardada ty	ty	adim	-	1,5
Fator de drenagem retardada	$\beta$	adim	0,004	0,004
Coefficiente de transmissividade	T	m <sup>2</sup> /dia	51,05	53,81
Coefficiente de armazenamento	S	adim	8E-05	-
Porosidade efetiva	Sy	adim		0,10
Espessura do aquífero	b	m	38	38
Condutividade hidráulica horizontal	Kh	m/dia	1,34	1,41
Grau de anisotropia do aquífero	KD	adim	1/17	1/17
Condutividade hidráulica vertical	Kv	m/dia	0,08	0,08

## **7.2 – Dados dos Poços Cadastrados pela ANA-PHA e Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 em Santarém**

**7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém**

**7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA.**

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
1	ST052	ANA	Aldineia Ribeiro	Santarem	PA	54° 41' 14,385" W	2° 26' 54,202" S	18	0,5	125,0	-	-	0,1	Bombeando	-	Sistema de caneca	Abastecimento doméstico	Não instalado
2	ST026	ANA	Dalva Conceição	Santarem	PA	54° 43' 17,719" W	2° 28' 32,436" S	20	0,5	100,0	-	-	0,1	Abandonado	-	Manual	-	-
3	ST095	ANA	Denise Rebelo	Santarem	PA	54° 41' 27,711" W	2° 26' 37,726" S	28	0,4	100,0	-	-	0,1	Bombeando	-	Manual	Abastecimento doméstico	Não instalado
4	ST092	ANA	José Adolfo	Santarem	PA	54° 43' 3,219" W	2° 28' 15,781" S	18	0,3	100,0	-	-	0,1	Bombeando	-	Manual	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
5	ST060	ANA	Lorival Barbosa	Santarem	PA	54° 41' 04" W	2° 28' 35" S	20	0,3	100,0	5,97	28,53	0,1	Bombeando	-	Manual	Abastecimento doméstico	Não instalado
6	ST076	ANA	Maria Tomaz	Santarem	PA	54° 41' 40,014" W	2° 26' 51,675" S	12	0,4	75,0	-	-	0,1	Bombeando	-	Manual	Abastecimento doméstico	Não instalado
7	ST051	ANA	Nestor Fonseca	Santarem	PA	54° 41' 26,911" W	2° 26' 32,290" S	8	0,3	125,0	-	-	0,1	Bombeando	-	Manual	Abastecimento doméstico	Não instalado
8	ST061	ANA	Cristiane Silva	Santarem	PA	54° 41' 10,132" W	2° 28' 36,184" S	20	0,4	150,0	-	-	1	Bombeando	3	Bomba sapo	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
9	ST001	ANA	Edinaldo	Santarem	PA	54° 45' 12" W	2° 26' 19" S	19	0,3	150,0	8,07	16,63	1	Bombeando	1	Bomba sapo	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
10	ST055	ANA	Erison Viana	Santarem	PA	54° 42' 64" W	2° 27' 68" S	-	-	150,0	11,12	38,68	1	Bombeando	1	Bomba sapo	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
11	ST007	ANA	Francisco Nascimento	Santarem	PA	54° 44' 25" W	2° 27' 13" S	24	0,2	150,0	9,80	22,90	1	Bombeando	1	Bomba sapo	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
12	ST048	ANA	Francisca Santos	Santarem	PA	54° 40' 44,499" W	2° 27' 44,559" S	3,9	0,3	39,37	-	-	1	Bombeando	4	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	Amianto
13	ST088	ANA	Isabel Soares	Santarem	PA	54° 43' 18,908" W	2° 28' 18,282" S	-	0,1	150,0	-	-	1	Bombeando	1	Bomba sapo	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
14	ST036	ANA	João Gomes	Santarem	PA	54° 44' 9,164" W	2° 25' 20,710" S	15	0,2	100,0	-	-	1	Bombeando	1	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Amianto
15	ST062	ANA	Maria da Gloria Ferreira Araujo	Santarem	PA	54° 41' 47" W	2° 28' 46" S	12	0,6	150,0	14,49	43,41	1	Bombeando	3	Bomba sapo	Abastecimento doméstico	Amianto
16	ST024	ANA	Udenise Silva	Santarem	PA	54° 44' 0,254" W	2° 29' 18,397" S	9	0,8	150,0	-	-	1	Bombeando	1	Bomba sapo	Abastecimento doméstico	Não instalado
17	ST090	ANA	Valdirene Sousa	Santarem	PA	54° 43' 04" W	2° 28' 33" S	27	0,3	150,0	21,00	21,00	1	Bombeando	2	Bomba sapo	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
18	ST089	ANA	Raimundo Nonato	Santarem	PA	54° 43' 16,333" W	2° 28' 28,984" S	42	0,1	100,0	-	-	1,5	Bombeando	1	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
19	ST079	ANA	Raimunda Antonia	Santarem	PA	54° 41'35" W	2° 26' 22" S	13	-	125,0	1,00	26,48	1,8	Bombeando	3	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
20	ST069	ANA	Iraldo Araujo	Santarem	PA	54° 41' 46,837" W	2° 27' 31,878" S	12	0,4	150,0	-	-	2	Bombeando	1	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
21	ST008	ANA	J. Reginaldo	Santarem	PA	54° 44' 51" W	2° 26' 55" S	60	0,8	100,0	18,25	13,65	2	Bombeando	1	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
22	ST070	ANA	D. Pascoal	Santarem	PA	54° 41' 49,910" W	2° 27' 32,469" S	24	0,1	150,0	-	-	2,3	Bombeando	1	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
23	ST046	ANA	José Antônio	Santarem	PA	54° 41' 87" W	2° 27' 56" S	16	0,6	150,0	12,85	23,15	2,8	Bombeando	1	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
24	ST073	ANA	Leila Maia	Santarem	PA	54° 41' 81" W	2° 27' 08" S	12	0,45	100,0	28,18	51,42	2,8	Bombeando	1	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
25	ST078	ANA	M. Eliane	Santarem	PA	54° 41' 23,134" W	2° 26' 27,564" S	12	0,4	100,0	-	-	2,8	Bombeando	1	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
26	ST016	ANA	Rossana Magalhães	Santarem	PA	54° 43' 05" W	2° 25' 29" S	42	-0,2	100,0	16,47	-3,07	2,8	Bombeando	4	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
27	ST068	ANA	Walda Luz	Santarem	PA	54° 41' 16,839" W	2° 28' 11,984" S	12	0,1	100,0	-	-	2,8	Bombeando	4	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
28	ST015	ANA	Antonieta Muniz	Santarem	PA	54° 43' 54,049" W	2° 26' 2,796" S	36	0,1	150,0	-	-	3	Bombeando	8	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
29	ST009	ANA	Inacio Cardoso	Santarem	PA	54° 44' 34" W	2° 25' 49" S	23	0,1	100,0	3,88	9,82	3	Bombeando	3	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
30	ST058	ANA	Luis Manoel	Santarem	PA	54° 44' 18,441" W	2° 25' 45,882" S	24	0,2	100,0	-	-	3	Bombeando	12	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
31	ST071	ANA	Elidiane Carneiro	Santarem	PA	54° 41' 57,420" W	2° 27' 11,264" S	-	0,4	100,0	-	-	3,2	Bombeando	2	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
32	ST066	ANA	A. Adson	Santarem	PA	54° 41' 17,427" W	2° 28' 8,958" S	18	0,2	100,0	-	-	3,5	Bombeando	3	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
33	ST081	ANA	A. Greison	Santarem	PA	54° 45' 11,282" W	2° 30' 13,617" S	19	-0,2	150,0	-	-	3,5	Bombeando	3	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
34	ST063	ANA	A. Sebastiana	Santarem	PA	54° 41' 40,827" W	2° 28' 23,676" S	18	1	125,0	-	-	3,5	Bombeando	5	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
35	ST025	ANA	Antonio Gomes	Santarem	PA	54° 43' 44" W	2° 29' 00" S	30	0,4	100,0	24,98	31,72	3,5	Bombeando	4	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
36	ST029	ANA	Centro Comunitario	Santarem	PA	54° 43' 30,094" W	2° 26' 29,116" S	-	-0,2	100,0	-	-	3,5	Bombeando	-	Bomba submersa	-	-
37	ST075	ANA	D. Tomaz	Santarem	PA	54° 41' 37,911" W	2° 26' 51,965" S	12	0,6	125,0	-	-	3,5	Bombeando	1	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
38	ST028	ANA	Dorival Gama	Santarem	PA	54° 43' 28,449" W	2° 26' 44,832" S	-	0,2	100,0	-	-	3,5	Bombeando	3	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
39	ST077	ANA	E. Rodrigues	Santarem	PA	54° 41' 35,947" W	2° 26' 46,071" S	16	0,1	100,0	-	-	3,5	Bombeando	2	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
40	ST039	ANA	Eliza Silva	Santarem	PA	54° 43' 8,923" W	2° 25' 37,563" S	46	4	150,0	-	-	3,5	Bombeando	2	Bomba submersa	Comércio	Fibra de vidro
41	ST017	ANA	I. Carvalho	Santarem	PA	54° 43' 6,805" W	2° 27' 22,123" S	24	0,15	100,0	-	-	3,5	Bombeando	1	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
42	ST014	ANA	Ivanilda Maia	Santarem	PA	54° 44' 0,713" W	2° 25' 43,834" S	30	0,2	100,0	-	-	3,5	Bombeando	3	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
43	ST091	ANA	Joana Celia	Santarem	PA	54° 45' 2,935" W	2° 28' 37,075" S	33	0,2	100,0	-	-	3,5	Bombeando	3	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
44	ST084	ANA	M. Pinto	Santarem	PA	54° 40' 10,462" W	2° 27' 7,108" S	29	0,25	100,0	-	-	3,5	Bombeando	0,5	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
45	ST034	ANA	Maide Maria	Santarem	PA	54° 42' 26,724" W	2° 25' 42,113" S	52	0,25	100,0	-	-	3,5	Bombeando	1	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
46	ST074	ANA	Maria Gilda	Santarem	PA	54° 41' 70" W	2° 26' 99" S	12	0,1	75,0	8,91	24,09	3,5	Bombeando	3	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
47	ST082	ANA	Poço Tapajós Royal Ville	Santarem	PA	54° 45' 24" W	2° 26' 30,1" S	186	0,2	150,0	25,87	36,89	19,6	Bombeando	0,5	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro



7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
48	ST093	ANA	Mercado Bairro	Santarem	PA	54° 43' 4,140" W	2° 28' 7,256" S	28	-	100,0	-	-	3,5	Bombeando	3	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
49	ST013	ANA	Miguel Campos	Santarem	PA	54° 42' 43,872" W	2° 25' 3,318" S	30	-	100,0	-	-	3,5	Bombeando	4	Bomba submersa	Comércio	Fibra de vidro
50	ST050	ANA	Nerimar Freitas	Santarem	PA	54° 41' 84" W	2° 26' 44" S	-	0,3	150,0	25,29	32,41	3,5	Bombeando	4	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
51	ST031	ANA	Pedro Lavor	Santarem	PA	54° 43' 13,926" W	2° 26' 23,068" S	36	0,3	100,0	-	-	3,5	Bombeando	1	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
52	ST030	ANA	Prefeitura-Posto de Saúde	Santarem	PA	54° 43' 17" W	2° 26' 19" S	45	0,3	100,0	32,08	16,62	3,5	Bombeando	1	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
53	ST053	ANA	Jutaí (Escola Municipal Frei Rainério)	Santarem	PA	54° 41' 47" W	2° 27' 41" S	-	-0,2	100,0	9,77	10,03	3,5	Bombeando	6	Bomba submersa	Hospitalar	Fibra de vidro
54	ST054	ANA	R. Vítor	Santarem	PA	54° 42' 11,433" W	2° 27' 28,504" S	-	0,1	100,0	-	-	3,5	Bombeando	1	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
55	ST067	ANA	Raimunda Santos	Santarem	PA	54° 41' 8,726" W	2° 28' 7,479" S	-	4	150,0	-	-	3,5	Bombeando	4	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
56	ST072	ANA	Raimundo Costa	Santarem	PA	54° 41' 55,715" W	2° 27' 5,761" S	8	0,5	100,0	-	-	3,5	Bombeando	6	Bomba injetora	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
57	ST100	ANA	Reginaldo Melo	Santarem	PA	54° 45' 12" W	2° 26' 12" S	18	0,3	100,0	5,14	7,26	3,5	Bombeando	2	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
58	ST087	ANA	Valdinei Guimarães da Silva	Santarem	PA	54° 45' 37" W	2° 27' 31" S	42	0,5	150,0	32,03	33,67	3,5	Bombeando	1	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
59	ST041	ANA	Waldemir Paiva	Santarem	PA	54° 42' 19" W	2° 26' 08" S	30	0,4	100,0	18,43	19,97	3,5	Bombeando	1	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
60	ST057	ANA	Walfredo de Almeida Leite	Santarem	PA	54° 44' 18,441" W	2° 25' 45,849" S	27	1	125,0	-	-	3,5	Bombeando	3	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
61	ST005	ANA	Wildevaldo	Santarem	PA	54° 43' 19" W	2° 27' 20" S	48	0,1	100,0	19,09	-2,99	3,5	Bombeando	1	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
62	ST023	ANA	Jorge Armando	Santarem	PA	54° 43' 51" W	2° 27' 27" S	12	0,3	100,0	4,81	18,89	3,6	Bombeando	4	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
63	ST099	ANA	José de Sousa	Santarem	PA	54° 41' 9,387" W	2° 30' 9,516" S	18	-	100,0	-	-	4	Bombeando	3	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
64	ST011	ANA	Miguel Campos	Santarem	PA	54° 44' 17,9" W	2° 25' 17,6" S	31	0,3	125,0	2,46	19,76	4	Bombeando	1	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Amianto
65	ST080	ANA	Raimunda Oliveira	Santarem	PA	54° 43' 40,379" W	2° 25' 52,782" S	32	1	100,0	-	-	4	Bombeando	2	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
66	ST027	ANA	Prefeitura Municipal de Santarem	Santarem	PA	54° 43' 48,637" W	2° 25' 9,382" S	23	0,5	100,0	-	-	4,2	Bombeando	8	Bomba submersa	Comércio	Fibra de vidro
67	ST064	ANA	Clube Dos 50	Santarem	PA	54° 41' 49,229" W	2° 28' 29,679" S	40	0,2	100,0	-	-	4,5	Bombeando	3	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
68	ST085	ANA	Eli Candido	Santarem	PA	54° 40' 6,986" W	2° 27' 15,205" S	36	-0,3	100,0	-	-	4,5	Bombeando	3	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
69	ST059	ANA	F. Neves	Santarem	PA	54° 43' 27,721" W	2° 25' 37,563" S	38	0,3	100,0	-	-	4,5	Bombeando	4	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
70	ST004	ANA	José Edilson	Santarem	PA	54° 44' 44,749" W	2° 26' 23,320" S	23	0,35	100,0	-	-	4,5	Bombeando	4	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
71	ST083	ANA	Luzia Sousa	Santarem	PA	54° 40' 6,262" W	2° 27' 3,423" S	35	0,5	100,0	-	-	4,5	Bombeando	1	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
72	ST032	ANA	MADESA	Santarem	PA	54° 43' 35,881" W	2° 27' 48,468" S	24	0,2	150,0	-	-	4,5	Bombeando	4	Bomba submersa	Abastecimento industrial	Taça de concreto
73	ST040	ANA	Miriam Carla	Santarem	PA	54° 41' 52,615" W	2° 26' 4,867" S	36	0,35	100,0	-	-	4,5	Bombeando	1	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
74	ST035	ANA	Prefeitura-Semab	Santarem	PA	54° 42' 32" W	2° 25' 30" S	-	-0,3	100,0	15,04	-5,24	4,5	Bombeando	12	Bomba submersa	Abastecimento Público	Fibra de vidro
75	ST010	ANA	Maria de Lurdes Melo	Santarem	PA	54° 44' 01,0" W	2° 25' 45,4" S	22	0,3	150,0	3,33	20,05	4,8	Bombeando	4	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
76	ST056	ANA	Posto Ipiranga	Santarem	PA	54° 43' 44,827" W	2° 25' 24,086" S	30	-0,2	150,0	-	-	4,96	Bombeando	-	Bomba submersa	-	-
77	ST018	ANA	Leonardo Nogueira	Santarem	PA	54° 42' 40" W	2° 27' 6,228" S	56	0,3	150,0	29,55	34,25	5	Bombeando	8	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
78	ST006	ANA	Maria Gorete	Santarem	PA	54° 45' 0,988" W	2° 27' 42,853" S	48	1	150,0	-	-	5	Bombeando	3	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
79	ST019	ANA	Paulo Sales	Santarem	PA	54° 42' 51" W	2° 28' 05" S	30	0,5	150,0	16,42	33,38	5,142	Bombeando	2	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
80	ST022	ANA	Posto B. Viagem	Santarem	PA	54° 44' 25,835" W	2° 26' 34,060" S	30	-0,41	100,0	-	-	5,3	Bombeando	1	Bomba submersa	Comércio	Fibra de vidro
81	ST045	ANA	F. Antonio	Santarem	PA	54° 42' 7,370" W	2° 27' 1,713" S	60	-0,3	100,0	-	-	5,5	Bombeando	1	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
82	ST097	ANA	Darlene Santos	Santarem	PA	54° 41' 28,313" W	2° 27' 3,859" S	18	0,5	100,0	-	-	6	Bombeando	2	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
83	ST096	ANA	F. Dário	Santarem	PA	54° 41' 35,133" W	2° 27' 7,873" S	12	0,25	150,0	-	-	6	Bombeando	2	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
84	ST044	ANA	José Almeida	Santarem	PA	54° 42' 41,244" W	2° 25' 46,564" S	58	-0,3	100,0	-	-	6	Bombeando	4	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
85	ST086	ANA	M. Leonor	Santarem	PA	54° 45' 32,739" W	2° 27' 37,277" S	38	0,3	100,0	-	-	6	Bombeando	1	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
86	ST098	ANA	Roberto dos Santos	Santarem	PA	54° 41' 20,130" W	2° 27' 2,185" S	20	1	150,0	-	-	6	Bombeando	3	Bomba injetora	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
87	ST094	ANA	Prefeitura Municipal de Santarém	Santarem	PA	54° 41' 27,728" W	2° 27' 24,588" S	-	0,4	125,0	-	-	6,35	Bombeando	2	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
88	ST037	ANA	Raimunda Pinto Neves	Santarem	PA	54° 42' 08" W	2° 25' 35" S	30	0,45	125,0	9,25	10,35	7	Bombeando	4	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
89	ST021	ANA	Nicola Sebastião	Santarem	PA	54° 44' 49,8" W	2° 26' 40" S	54	0,1	100,0	12,72	52,70	7,2	Bombeando	0,5	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Não instalado
90	ST049	ANA	Ilderglan B.	Santarem	PA	54° 42' 46" W	2° 25' 53" S	87	0,4	100,0	24,58	59,32	7,5	Bombeando	1	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
91	ST042	ANA	Frigomar	Santarem	PA	54° 39' 59,622" W	2° 28' 58,937" S	-	0,25	100,0	-	-	20	Bombeando	8	Bomba submersa	Comércio	Fibra de vidro
92	ST003	ANA	Raimunda Teixeira Figueira	Santarem	PA	54° 45' 12" W	2° 27' 58" S	100	0,2	100,0	29,15	52,85	40	Bombeando	12	Bomba submersa	Abastecimento Público	Fibra de vidro
93	1500000266	CPRM	A MAO Cooperadora	Santarem	PA	54° 41' 41" W	02° 25' 46" S	24	0,6	152,4	4,00	7,00	5,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
94	ST047	ANA	A. M. Jutai	Santarem	PA	54° 41' 20,565" W	2° 27' 50,154" S	85	0,2	150,0	-	-	-	Bombeando	10	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
95	1500000336	CPRM	Acrilenio J. Albuquerque	Santarem	PA	54° 42' 58" W	02° 26' 06" S	42	0,6	152,4	-	-	-	Abandonado	-	-	Abastecimento doméstico	-
96	1500000208	CPRM	Aerotildes Ribeiro da Silva	Santarem	PA	54° 42' 29" W	02° 27' 02" S	56	0,6	152,4	35,00	36,00	-	s/i	-	-	Abastecimento doméstico	-
97	1500000259	CPRM	Alair Diniz	Santarem	PA	54° 43' 19" W	02° 25' 20" S	24	0,6	101,6	15,00	18,00	3,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
98	1500000367	CPRM	Alari Figueira Pereira	Santarem	PA	54° 40' 12" W	02° 29' 27" S	12	0,6	152,4	5,00	8,00	1,50	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
99	1500000323	CPRM	Aluisio Tavares dos Santos	Santarem	PA	54° 43' 20" W	02° 26' 12" S	42	0,6	152,4	29,00	32,00	2,00	Fechado	-	-	-	-
100	1500000283	CPRM	Alvaro Fonseca Pereira	Santarem	PA	54° 43' 50" W	02° 25' 53" S	18	0,6	101,6	9,00	11,00	1,50	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
101	1500000328	CPRM	Ana Clea Miranda	Santarem	PA	54° 42' 54" W	02° 26' 12" S	48	0,6	152,4	37,00	40,00	2,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
102	1500000156	CPRM	Ana Maria Gomes Freire	Santarem	PA	54° 44' 39" W	02° 26' 25" S	24	0,6	76,2	8,00	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
103	1500000247	CPRM	Angelo Cante Galoso	Santarem	PA	54° 44' 00" W	02° 25' 46" S	22	0,6	127,0	11,00	14,00	5,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
104	1500000217	CPRM	Antenor Rodrigues Filho	Santarem	PA	54° 42' 15" W	02° 26' 51" S	48	0,6	152,4	-	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
105	1500000293	CPRM	Antonio Geraldo de Souza	Santarem	PA	54° 43' 31" W	02° 26' 13" S	35	0,6	152,4	30,00	34,00	1,30	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
106	1500000245	CPRM	Antonio Jose de Aquino Gamboa	Santarem	PA	54° 44' 17" W	02° 25' 32" S	24	0,6	152,4	-	-	-	Abandonado	-	-	Outros (lazer,etc.)	-
107	ST038	ANA	Antonio Liberal	Santarem	PA	54° 43' 47,674" W	2° 25' 24,253" S	18	0,9	100,0	-	-	-	Abandonado	-	Sem bomba	-	Fibra de vidro
108	1500000330	CPRM	Ariene Socorro Marcos Gama	Santarem	PA	54° 43' 02" W	02° 26' 18" S	38	0,6	152,4	26,00	32,00	2,00	Não utilizável	-	-	Abastecimento doméstico	-
109	1500000206	CPRM	Associação Moradores do Bairro Floresta	Santarem	PA	54° 43' 20" W	02° 27' 20" S	24	0,6	152,4	6,50	8,00	5,00	s/i	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
110	1500000181	CPRM	Auto Posto Aparecida	Santarem	PA	54° 43' 26" W	02° 25' 43" S	45	0,6	152,4	35,00	38,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Outros (lazer,etc.)	-
111	1500000289	CPRM	Auto Posto Avenida	Santarem	PA	54° 43' 58" W	02° 26' 19" S	17	0,6	152,4	12,00	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
112	1500000178	CPRM	Auto Posto Cohab	Santarem	PA	54° 42' 17" W	02° 26' 32" S	47	0,6	152,4	37,00	39,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Outros (lazer,etc.)	-
113	1500000185	CPRM	Auto Posto Facanha	Santarem	PA	54° 42' 50" W	02° 25' 13" S	38	0,5	152,4	26,00	29,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Outros (lazer,etc.)	-
114	1500000180	CPRM	Auto Posto Lider	Santarem	PA	54° 42' 46" W	02° 26' 42" S	54	0,6	152,4	40,00	51,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Outros (lazer,etc.)	-
115	1500000179	CPRM	Auto Posto Luma	Santarem	PA	54° 42' 51" W	02° 26' 19" S	60	0,6	152,4	18,00	21,00	-	Equipado	-	-	Abastecimento industrial	-
116	1500000177	CPRM	Auto Posto Tambau	Santarem	PA	54° 43' 26" W	02° 25' 43" S	42	0,6	203,2	36,00	38,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Outros (lazer,etc.)	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
117	1500003403	CPRM	Barragem Curuá - Una	Santarem	PA	54° 17' 51" W	02° 48' 45" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
118	1500000309	CPRM	Bartolomeu B. Vinhote	Santarem	PA	54° 41' 23" W	02° 28' 08" S	12	0,6	101,6	8,00	10,00	1,50	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
119	1500000311	CPRM	Benedito Queiroz da Silva	Santarem	PA	54° 41' 16" W	02° 28' 04" S	20	0,6	101,6	8,00	10,00	1,50	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
120	ST012	ANA	Bento Maciel	Santarem	PA	54° 44' 27,565" W	2° 25' 26,566" S	18	2	125,0	-	-	-	Bombeando	-	Manual	Abastecimento doméstico	Não instalado
121	1500000167	CPRM	Candido Maciel da Silva	Santarem	PA	54° 44' 09" W	02° 25' 27" S	22	0,6	152,4	11,00	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
122	1500000347	CPRM	Carlos Alberto de Souza	Santarem	PA	54° 42' 02" W	02° 25' 37" S	30	0,6	101,6	14,00	20,00	2,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
123	1500000267	CPRM	Casa Rainha	Santarem	PA	54° 43' 14" W	02° 25' 09" S	24	0,6	152,4	6,00	18,00	6,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
124	1500000163	CPRM	Cassiano Almeida Vasconcelos	Santarem	PA	54° 44' 12" W	02° 25' 31" S	24	0,5	127,0	15,00	18,00	2,50	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
125	1500000158	CPRM	Celene Moreira Freire	Santarem	PA	54° 44' 51" W	02° 26' 31" S	47	0,6	101,6	-	-	-	Não utilizável	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
126	1500000326	CPRM	Cenilda Freitas de Aguiar	Santarem	PA	54° 42' 48" W	02° 26' 03" S	60	0,6	152,4	44,00	48,00	2,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
127	1500000211	CPRM	Ceramica Tapajoara	Santarem	PA	54° 42' 38" W	02° 27' 14" S	54	0,6	152,4	-	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento industrial	-
128	1500000312	CPRM	Cerasa-Ceramica Santarem Ltda	Santarem	PA	54° 41' 23" W	02° 28' 07" S	18	0,6	152,4	8,00	10,00	1,50	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
129	1500003707	CPRM	Cerealista Londrina	Santarem	PA	54° 43' 22" W	02° 31' 45" S	80	0,4	152,4	16,00	23,00	7,50	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
130	1500003702	CPRM	Cerealista Big Safra	Santarem	PA	54° 43' 21" W	02° 36' 35" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
131	1500003710	CPRM	Cerealista Mato Grosso	Santarem	PA	54° 43' 20" W	02° 32' 37" S	96	0,4	152,4	38,00	46,00	12,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
132	1500003677	CPRM	César Moresco	Santarem	PA	54° 08' 19" W	03° 10' 41" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento múltiplo	-
133	1500000366	CPRM	Cezar Simoes Ramalheiro	Santarem	PA	54° 40' 27" W	02° 29' 37" S	18	0,6	152,4	5,00	8,00	2,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
134	1500000360	CPRM	Chirlava Lutins	Santarem	PA	54° 40' 06" W	02° 29' 37" S	24	0,6	101,6	4,00	8,00	2,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
135	ST065	ANA	Cicero Pereira	Santarem	PA	54° 41' 35" W	2° 28' 10" S	15	0,3	150,0	7,25	30,75	-	Abandonado	-	Sem bomba	-	Fibra de vidro
136	1500000301	CPRM	Cleoniza Bezerra da Silva	Santarem	PA	54° 40' 59" W	02° 28' 39" S	20	0,6	203,2	14,00	16,00	1,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
137	1500000235	CPRM	Coca Cola da Amazonia	Santarem	PA	54° 43' 30" W	02° 28' 10" S	58	0,6	152,4	-	-	-	Fechado	-	-	-	-
138	1500000260	CPRM	Colegio Estadual Monico Matos	Santarem	PA	54° 43' 10" W	02° 25' 18" S	22	0,6	152,4	13,00	17,00	5,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
139	1500000184	CPRM	COMDEC	Santarem	PA	54° 42' 29" W	02° 25' 30" S	40	0,6	152,4	21,00	26,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
140	150000275	CPRM	Comercial Atletico Cearense	Santarem	PA	54° 43' 45" W	02° 25' 53" S	25	0,6	152,4	20,00	22,00	2,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
141	150000229	CPRM	Complexo Esportivo de Santarem	Santarem	PA	54° 42' 47" W	02° 26' 30" S	80	0,6	152,4	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
142	150003690	CPRM	Comunidade Jacamin	Santarem	PA	54° 38' 22" W	02° 34' 17" S	140	0,3	152,4	66,00	78,00	15,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
143	150003685	CPRM	Comunidade São Brás	Santarem	PA	54° 48' 57" W	02° 28' 51" S	92	0,4	152,4	42,00	48,00	10,00	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
144	150003694	CPRM	Comunidade Araci	Santarem	PA	55° 06' 49" W	02° 15' 59" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	-	-
145	150003689	CPRM	Comunidade Bom Jardim	Santarem	PA	54° 36' 16" W	02° 34' 06" S	126	0,4	152,4	58,00	64,00	12,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
146	150003691	CPRM	Comunidade Guaraná	Santarem	PA	54° 39' 45" W	02° 31' 49" S	97	0,6	152,4	42,00	50,00	7,50	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
147	150003713	CPRM	Comunidade Guaraná	Santarem	PA	54° 24' 02" W	02° 45' 53" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
148	150003686	CPRM	Comunidade Irurama	Santarem	PA	54° 50' 31" W	02° 28' 59" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
149	150003687	CPRM	Comunidade Santa Rosa	Santarem	PA	54° 51' 19" W	02° 30' 55" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
150	150003692	CPRM	Comunidade Santo Antônio	Santarem	PA	54° 42' 08" W	03° 20' 23" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
151	150003703	CPRM	Comunidade Tabocal	Santarem	PA	54° 43' 38" W	02° 36' 49" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
152	150000341	CPRM	Conjunto Reis Magos	Santarem	PA	54° 42' 47" W	02° 25' 38" S	60	0,6	152,4	45,00	48,00	2,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
153	150000136	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 44' 14" W	02° 26' 19" S	160	0,42	304,8	3,98	44,90	105,90	Abandonado	-	Bomba submersa	-	-
154	150000194	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 42' 12" W	02° 25' 15" S	20	0,6	101,6	1,00	4,00	20,01	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
155	150000222	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 44' 25" W	02° 26' 19" S	160	0,6	304,8	8,69	33,42	81,61	s/i	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
156	150000223	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 44' 11" W	02° 26' 23" S	160,5	0,6	304,8	5,71	53,25	73,21	s/i	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
157	1500000224	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 44' 00" W	02° 26' 18" S	200	0,6	304,8	3,19	54,40	55,31	s/i	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	-
158	1500000225	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 43' 55" W	02° 26' 25" S	128	0,6	304,8	-	5,00	-	s/i	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
159	1500000226	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 43' 52" W	02° 26' 30" S	150	0,17	304,8	7,00	47,05	38,45	s/i	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
160	1500000227	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 43' 49" W	02° 26' 33" S	124	0,6	304,8	-	6,20	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
161	1500000228	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 44' 19" W	02° 25' 39" S	132	0,5	304,8	-	8,00	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
162	1500000372	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 43' 21" W	02° 25' 08" S	112	0,6	304,8	6,00	11,20	42,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
163	1500000373	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 44' 31" W	02° 25' 39" S	118	0,6	304,8	6,65	12,90	40,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
164	1500000378	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 43' 58" W	02° 25' 09" S	18	0,6	152,4	1,00	4,00	10,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
165	1500000379	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 43' 21" W	02° 25' 09" S	18	0,6	101,6	6,00	15,00	4,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
166	1500000380	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 42' 25" W	02° 25' 05" S	18	0,6	152,4	1,00	4,00	9,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
167	1500000381	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 41' 42" W	02° 25' 36" S	18	0,6	152,4	1,50	4,00	10,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
168	1500000382	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 44' 25" W	02° 26' 15" S	16	0,6	152,4	1,80	4,30	10,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
169	1500000383	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 44' 02" W	02° 26' 19" S	18	0,6	152,4	-	3,00	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
170	1500000384	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 44' 05" W	02° 26' 37" S	18	0,6	152,4	0,80	3,00	10,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
171	1500000385	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 43' 53" W	02° 26' 33" S	22	0,6	152,4	1,30	3,50	8,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
172	1500000386	CPRM	Conjunto Nossa Casa Nossa Vida	Santarem	PA	54° 45' 38,4" W	02° 28' 00,2" S	18	0,6	152,4	2,00	5,00	10,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
173	1500002158	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 43' 53" W	02° 26' 34" S	256	1	355,6	-	26,72	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
174	1500002159	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 44' 24" W	02° 26' 14" S	256	0,6	355,6	4,09	14,5	88,35	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
175	1500002160	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 44' 0,6" W	02° 26' 20,4" S	256	0,5	762,0	4,84	13,54	243,40	Equipado	-	-	Outros (lazer, etc.)	-
176	1500002161	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 44' 26" W	02° 26' 18" S	250	0,5	355,6	2,00	13,05	155,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
177	1500002162	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 42' 29" W	02° 27' 46" S	250	0,7	374,7	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
178	1500002163	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarem	PA	54° 45' 12" W	02° 26' 51" S	250	1	355,6	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
179	1500002164	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarém	PA	54° 41' 37" W	02° 26' 58" S	254	0,6	762,0	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
180	1500003810	CPRM	COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará	Santarém	PA	54° 44' 33" W	02° 25' 41" S	118	1	-	32,00	45,00	96,01	Equipado	-	Bomba submersa	-	-
181	ST033	ANA	CREA	Santarém	PA	54° 43' 3,274" W	2° 25' 29,646" S	-	0,3	100,0	-	-	-	Bombeando	1	Bomba submersa	Comércio	Fibra de vidro
182	1500000261	CPRM	Dacival Silva Oliveira	Santarém	PA	54° 43' 11" W	02° 25' 27" S	36	0,6	101,6	20,00	25,00	8,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
183	1500000349	CPRM	Dacivaldo Coimbra	Santarém	PA	54° 42' 02" W	02° 25' 38" S	30	0,6	152,4	12	22	2,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
184	1500000255	CPRM	Danceteria Signus	Santarém	PA	54° 43' 25" W	02° 25' 46" S	35	0,6	127,0	22,00	25,00	3,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
185	1500000313	CPRM	Danilo dos Santos	Santarém	PA	54° 41' 13" W	02° 28' 11" S	17	0,6	101,6	8,00	10,00	3,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
186	1500000198	CPRM	David Riker Teles de Menezes	Santarém	PA	54° 42' 42" W	02° 25' 30" S	42	0,6	152,4	24,00	28,00	4,00	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
187	1500000174	CPRM	Dinair Gomes Vieira	Santarém	PA	54° 44' 24" W	02° 25' 34" S	16	0,6	101,6	6,00	8,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
188	1500000138	CPRM	Diorlando Farias dos Santos	Santarém	PA	54° 44' 28" W	02° 26' 41" S	30	0,6	203,2	22,00	26,00	2,00	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
189	1500000246	CPRM	Diorlando Ferreira Campos	Santarém	PA	54° 43' 59" W	02° 25' 43" S	18	0,6	152,4	9,00	13,00	3,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
190	1500000191	CPRM	Donato da Silva Pereira	Santarém	PA	54° 44' 34" W	02° 25' 33" S	17	0,6	152,4	6,00	9,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
191	1500000304	CPRM	Dorenilda Saraiva Pantoja	Santarém	PA	54° 40' 48" W	02° 28' 34" S	18	0,6	76,2	8,00	13,00	1,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
192	1500000358	CPRM	Edifício Barao de Santarém	Santarém	PA	54° 42' 45" W	02° 25' 29" S	36	0,6	152,4	18,00	34,00	4,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
193	1500000359	CPRM	Edifício Dario e Coimbra	Santarém	PA	54° 42' 43" W	02° 25' 22" S	33	0,6	152,4	21,00	29,00	6,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
194	1500000263	CPRM	Edifício Xingu	Santarém	PA	54° 43' 55" W	02° 25' 32" S	18	0,6	152,4	8,00	11,00	2,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
195	1500000240	CPRM	Edmilson J. Silva	Santarém	PA	54° 42' 41" W	02° 26' 40" S	35	0,6	152,4	20,00	25,00	10,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
196	1500000298	CPRM	Edneusa Alves de Lima	Santarém	PA	54° 40' 52" W	02° 28' 36" S	15	0,6	101,6	11,00	14,00	1,00	bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
197	1500000317	CPRM	Edvaldo Dias Picanca	Santarém	PA	54° 41' 14" W	02° 28' 09" S	15	0,6	101,6	9,00	12,00	1,50	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
198	1500000162	CPRM	Edvaldo Santos Ferreira	Santarém	PA	54° 44' 23" W	02° 25' 34" S	18	0,6	101,6	9,00	12,00	2,00	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
199	1500000218	CPRM	Eletromotores Ltda	Santarém	PA	54° 42' 03" W	02° 27' 00" S	32	0,6	101,6	-	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-



7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
200	1500000142	CPRM	Elias Gomesda Silva	Santarem	PA	54° 44' 45" W	02° 27' 27" S	30	0,6	76,2	20,00	40,00	5,00	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
201	1500000242	CPRM	Eliel Capiberibe de Queiroz	Santarem	PA	54° 43' 10" W	02° 25' 23" S	28	0,6	152,4	17,00	23,00	8,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
202	1500000135	CPRM	Eliete Alcântara Ferreira	Santarem	PA	54° 44' 17" W	02° 26' 22" S	13	0,6	76,2	6,22	7,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
203	1500000357	CPRM	Erivan Andrade de Brito	Santarem	PA	54° 42' 00" W	02° 25' 36" S	30	0,6	101,6	10,00	22,00	2,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
204	1500000258	CPRM	Escola Estadual Frei Ambrosio	Santarem	PA	54° 42' 36" W	02° 25' 01" S	48	0,6	152,4	23,00	28,00	5,00	Não instalado	-	-	Abastecimento doméstico	-
205	1500000306	CPRM	Escola Jader Fontenele Barbalho	Santarem	PA	54° 40' 48" W	02° 28' 28" S	17	0,6	152,4	8,00	10,00	1,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
206	1500000192	CPRM	Escola Municipal de Primeiro Grau Maria Emília	Santarem	PA	54° 44' 30" W	02° 25' 38" S	15	0,6	101,6	8,00	12,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
207	1500000308	CPRM	Escola Municipal Haroldo Veloso	Santarem	PA	54° 41' 24" W	02° 28' 06" S	15	0,6	152,4	10,00	12,00	1,50	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
208	1500000143	CPRM	Escola Municipal Olindo Neves	Santarem	PA	54° 44' 54" W	02° 27' 34" S	36	0,6	101,6	28,00	32,00	3,00	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
209	1500000144	CPRM	Escola Municipal Prof Ercila N. dos Santos	Santarem	PA	54° 45' 12" W	02° 27' 02" S	70	0,6	152,4	28,00	32,00	5,00	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
210	1500000368	CPRM	Escola Municipal Prof.Nazare Demetrio	Santarem	PA	54° 40' 20" W	02° 29' 27" S	21	0,6	152,4	10,00	12,00	2,50	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
211	1500000165	CPRM	Escola Municipal Sofia Imbiriba	Santarem	PA	54° 44' 15" W	02° 25' 30" S	27	0,6	101,6	13,00	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
212	1500000190	CPRM	Escolinha Tio Patinhas	Santarem	PA	54° 43' 54" W	02° 25' 24" S	12	0,6	101,6	5,00	7,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
213	1500000188	CPRM	Estadio Sao Raimundo	Santarem	PA	54° 43' 10" W	02° 25' 48" S	80	0,5	152,4	40,00	45,00	15,00	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
214	1500000265	CPRM	Euzildo Liberal Lira	Santarem	PA	54° 43' 15" W	02° 26' 05" S	42	0,6	101,6	26,00	30,00	5,00	Não instalado	-	-	Abastecimento doméstico	-
215	1500000320	CPRM	Ezequias Souza Marinho	Santarem	PA	54° 43' 10" W	02° 25' 57" S	42	0,6	101,6	28,00	32,00	5,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
216	1500003711	CPRM	Fazenda Canaã	Santarem	PA	54° 27' 10" W	02° 46' 17" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento múltiplo	-
217	1500000197	CPRM	Fernando Cruz	Santarem	PA	54° 44' 06" W	02° 25' 22" S	29	0,6	152,4	14,00	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
218	1500000286	CPRM	Filomeno Aguiar da Silva	Santarem	PA	54° 43' 50" W	02° 26' 17" S	16	0,6	101,6	12,00	16,00	3,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
219	1500000325	CPRM	Fit-Faculdade I. do Tapajos	Santarem	PA	54° 42' 37" W	02° 26' 14" S	60	0,6	203,2	44,00	49,00	3,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
220	1500000338	CPRM	Florence Vaz De Souza	Santarem	PA	54° 43' 04" W	02° 26' 02" S	48	0,6	152,4	36,00	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
221	1500000310	CPRM	Francisca	Santarem	PA	54° 41' 19" W	02° 28' 00" S	12	0,6	101,6	8,00	10,00	1,50	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
222	1500000316	CPRM	Francisca Lucilene	Santarem	PA	54° 41' 13" W	02° 28' 07" S	18	0,6	101,6	12,00	13,00	1,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
223	1500000284	CPRM	Francisco Adailson Neri	Santarem	PA	54° 43' 50" W	02° 26' 10" S	36	0,6	152,4	15,00	16,00	7,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
224	1500000337	CPRM	Francisco Baia	Santarem	PA	54° 42' 58" W	02° 26' 05" S	42	0,6	152,4	33,00	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
225	1500000300	CPRM	Francisco Bezerra Correa	Santarem	PA	54° 40' 52" W	02° 28' 36" S	18	0,6	101,6	11,00	12,00	1,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
226	1500003402	CPRM	Francisco Chagas Araújo	Santarem	PA	54° 14' 40" W	02° 51' 14" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
227	1500000282	CPRM	Francisco da Conceição Pinto	Santarem	PA	54° 43' 48" W	02° 26' 00" S	24	0,6	127,0	12,00	15,00	5,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
228	1500000334	CPRM	Francisco dos Santos Silva	Santarem	PA	54° 43' 26" W	02° 26' 22" S	49	0,6	101,6	38,00	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
229	1500000287	CPRM	Francisco Torres de Oliveira	Santarem	PA	54° 43' 48" W	02° 26' 24" S	22	0,6	101,6	12,00	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
230	1500000278	CPRM	FUNASA - Fundação Nacional de Saude	Santarem	PA	54° 43' 47" W	02° 26' 06" S	24	0,6	127,0	18,00	19,30	2,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
231	1500001217	CPRM	FUNASA - Fundação Nacional de Saude	Santarem	PA	54° 43' 09" W	02° 30' 14" S	20	0,6	101,6	-	-	-	Equipado	-	Bomba injetora	Abastecimento doméstico	-
232	1500001357	CPRM	FUNASA - Fundação Nacional de Saude	Santarem	PA	54° 42' 52" W	02° 27' 23" S	14	0,3	101,6	-	-	-	Colmatado	-	Bomba injetora	Abastecimento doméstico	-
233	1500000280	CPRM	Fundação Aluizio Barbosa	Santarem	PA	54° 43' 44" W	02° 26' 02" S	22	0,6	152,4	18,00	19,00	5,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
234	1500000279	CPRM	Fundação Matias Macline	Santarem	PA	54° 43' 40" W	02° 26' 05" S	36	0,6	152,4	18,00	33,00	7,50	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
235	1500003693	CPRM	Gean Sandro Amorim	Santarem	PA	54° 38' 31" W	02° 41' 16" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
236	1500003708	CPRM	Gilmar José Bildissera	Santarem	PA	54° 43' 12" W	02° 35' 34" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
237	1500000248	CPRM	Gilmar P. de Oliveira	Santarem	PA	54° 43' 31" W	02° 25' 25" S	24	0,6	152,4	12,00	16,00	5,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
238	1500000210	CPRM	Gioconda Maria G. dos Santos	Santarem	PA	54° 42' 26" W	02° 27' 12" S	50	0,6	101,6	-	-	-	s/i	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
239	1500000175	CPRM	Gradiente Da Amazonia	Santarem	PA	54° 42' 48" W	02° 27' 08" S	70	0,6	152,4	54,00	66,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento industrial	-
240	1500000176	CPRM	Granja Varig	Santarem	PA	54° 42' 48" W	02° 27' 09" S	80	0,6	152,4	-	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento industrial	-
241	1500000209	CPRM	Hilair Pereira Coelho	Santarem	PA	54° 42' 29" W	02° 27' 22" S	42	0,6	101,6	30,00	40,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
242	1500000272	CPRM	Hilario Coimbra	Santarem	PA	54° 44' 35" W	02° 25' 12" S	20	0,6	152,4	4,50	8,00	28,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
243	1500000221	CPRM	Hospital da Fsesp	Santarem	PA	54° 42' 48" W	02° 25' 30" S	56	0,6	152,4	-	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
244	1500001356	CPRM	Hotel da Varig	Santarem	PA	54° 42' 37" W	02° 27' 15" S	23	0,6	152,4	0,40	7,40	24,99	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
245	1500000172	CPRM	Iate Clube De Santarem	Santarem	PA	54° 44' 26" W	02° 25' 08" S	22	0,6	152,4	4,00	6,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Outros (lazer, etc.)	-
246	1500000249	CPRM	Igreja Batista	Santarem	PA	54° 43' 33" W	02° 25' 26" S	26	0,6	152,4	10,00	13,00	3,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
247	1500000254	CPRM	Igreja Nossa Senhora de Fatima	Santarem	PA	54° 43' 42" W	02° 25' 24" S	30	0,6	152,4	9,00	25,00	5,01	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
248	1500000244	CPRM	Igreja Nossa Senhora P. Socorro	Santarem	PA	54° 44' 16" W	02° 25' 33" S	24	0,6	101,6	13,00	23,00	2,50	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
249	1500001102	CPRM	INCRA	Santarem	PA	54° 15' 40" W	02° 39' 45" S	-	-	-	-	-	-	s/i	-	Bomba injetora	-	-
250	1500001103	CPRM	INCRA	Santarem	PA	54° 18' 12" W	02° 40' 36" S	-	-	-	-	-	-	s/i	-	Bomba injetora	-	-
251	1500003717	CPRM	INCRA	Santarem	PA	54° 16' 06" W	02° 38' 04" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
252	1500003712	CPRM	INCRA - Assentamento Igarapé Do Pimenta	Santarem	PA	54° 24' 47" W	02° 46' 02" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
253	1500003688	CPRM	INCRA - Projeto Tapera Velha	Santarem	PA	54° 18' 27" W	02° 36' 11" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
254	1500000151	CPRM	Iolanda Pontes	Santarem	PA	54° 44' 39" W	02° 26' 47" S	42	0,6	127,0	31,20	36,00	1,50	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
255	1500000205	CPRM	Jarbas Cunha dos Santos	Santarem	PA	54° 42' 55" W	02° 27' 09" S	42	0,6	152,4	27,00	35,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
256	1500000199	CPRM	João Batist.Nogueira Guimaraes	Santarem	PA	54° 42' 45" W	02° 25' 29" S	25	0,6	152,4	20,00	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
257	1500000332	CPRM	João da Rocha Rego	Santarem	PA	54° 43' 20" W	02° 26' 28" S	48	0,6	152,4	42,00	45,00	2,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
258	1500000305	CPRM	João Felicio Da Costa	Santarem	PA	54° 41' 00" W	02° 28' 33" S	24	0,6	101,6	16,00	18,00	2,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
259	1500000292	CPRM	João Lopes Maciel	Santarem	PA	54° 43' 35" W	02° 26' 18" S	42	0,6	152,4	24,00	25,00	4,70	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
260	1500000164	CPRM	Joaquim Brindeiro Maia	Santarem	PA	54° 44' 16" W	02° 25' 25" S	30	0,5	152,4	14,00	16,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
261	1500000212	CPRM	Joaquim Hamad	Santarem	PA	54° 42' 24" W	02° 27' 04" S	54	0,6	152,4	44,00	48,00	6,00	s/i	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
262	1500000314	CPRM	Jonalta Maciel De Jesus	Santarem	PA	54° 41' 11" W	02° 28' 06" S	12	0,6	76,2	6,00	9,00	1,50	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
263	1500000353	CPRM	José Antonio Moreira	Santarem	PA	54° 42' 04" W	02° 25' 58" S	36	0,6	152,4	20,00	28,00	1,04	s/i	-	-	Abastecimento doméstico	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
264	1500000262	CPRM	José Benedito Coelho	Santarem	PA	54° 44' 05" W	02° 25' 34" S	18	0,6	101,6	9,00	11,00	1,20	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
265	1500000364	CPRM	José Bernardo de Souza	Santarem	PA	54° 40' 19" W	02° 29' 38" S	14	0,6	101,6	8,00	10,00	1,50	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
266	1500000302	CPRM	José Brito Lima da Silva	Santarem	PA	54° 40' 59" W	02° 28' 39" S	19,5	0,6	101,6	-	-	-	s/i	-	-	Abastecimento doméstico	-
267	1500000339	CPRM	José Carlos da Silva	Santarem	PA	54° 43' 07" W	02° 26' 26" S	60	0,6	127,0	44,00	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
268	1500000296	CPRM	José da Costa Brandao	Santarem	PA	54° 43' 30" W	02° 25' 55" S	30	0,6	101,6	27,00	29,00	1,50	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
269	1500000146	CPRM	José Dantes de Azevedo	Santarem	PA	54° 43' 13" W	02° 25' 48" S	36	0,6	127,0	26,00	30,00	3,00	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
270	1500000264	CPRM	José Edilson Parente	Santarem	PA	54° 43' 10" W	02° 26' 04" S	36	0,6	127,0	15,00	17,00	4,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
271	1500000149	CPRM	José Miguel Silva dos Santos	Santarem	PA	54° 45' 07" W	02° 26' 18" S	18	0,6	101,6	10,40	11,00	2,00	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
272	1500000351	CPRM	José Pinto De Oliveira	Santarem	PA	54° 42' 03" W	02° 25' 29" S	42	0,6	101,6	28,00	38,00	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
273	1500000331	CPRM	José Roberto Soeiro Oliveira	Santarem	PA	54° 43' 08" W	02° 26' 24" S	52	0,6	101,6	35,00	40,00	2,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
274	1500000324	CPRM	Juarez Benedito Da Silva	Santarem	PA	54° 43' 15" W	02° 26' 06" S	45	0,6	152,4	32,00	34,00	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
275	1500000161	CPRM	Juarez de Araujo Costa	Santarem	PA	54° 44' 38" W	02° 26' 39" S	48	0,6	127,0	36,00	38,00	2,00	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
276	1500000352	CPRM	Ladislau Meireles	Santarem	PA	54° 41' 59" W	02° 25' 34" S	40	0,6	152,4	28,00	30,00	1,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
277	1500000214	CPRM	Lailton Apolinario de Jesus	Santarem	PA	54° 42' 38" W	02° 27' 15" S	78	0,6	152,4	-	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
278	ST002	ANA	Laura Bentes	Santarem	PA	54° 45' 25,239" W	2° 25' 56,213" S	30	0,3	125,0	-	-	-	Abandonado	-	Sem bomba	Abastecimento doméstico	Fibra de vidro
279	1500000342	CPRM	Laurenilson Costa Magalhaes	Santarem	PA	54° 42' 02" W	02° 26' 15" S	50	0,6	152,4	40,00	46,00	4,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
280	1500000169	CPRM	Leleude Raimundo Aguiar Silva	Santarem	PA	54° 44' 16" W	02° 25' 22" S	22	0,6	101,6	11,00	14,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
281	1500000140	CPRM	Lenir Faria de Castro	Santarem	PA	54° 44' 30" W	02° 26' 43" S	30	0,6	152,4	20,00	24,00	2,00	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
282	1500000318	CPRM	Lidia Souza Amorim	Santarem	PA	54° 43' 00" W	02° 25' 49" S	86	0,6	152,4	8,00	14,00	3,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
283	1500000268	CPRM	Lucimar Brasil Rebelo	Santarem	PA	54° 42' 34" W	02° 25' 42" S	53	0,6	152,4	40,00	45,00	5,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
284	1500000333	CPRM	Lucimar Rocha	Santarem	PA	54° 43' 22" W	02° 26' 23" S	58	0,6	152,4	42,00	48,00	1,50	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
285	1500000290	CPRM	Luiz Augusto	Santarem	PA	54° 43' 53" W	02° 26' 18" S	18	0,6	152,4	12,00	15,00	2,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
286	1500000361	CPRM	Luzia Monteiro Macedo	Santarem	PA	54° 40' 11" W	02° 29' 33" S	8	0,6	152,4	6,00	7,00	1,50	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-

**7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).**

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
287	1500000327	CPRM	Manoel Caetano Duarte	Santarem	PA	54° 42' 50" W	02° 26' 09" S	57	0,6	152,4	42,00	43,00	6,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
288	1500000204	CPRM	Manoel Jaci de Souza Barros	Santarem	PA	54° 42' 52" W	02° 27' 14" S	36	0,6	152,4	-	-	-	s/i	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
289	1500000147	CPRM	Manuel Caetano Duarte	Santarem	PA	54° 42' 49" W	02° 26' 08" S	57	0,6	152,4	45,00	52,00	2,03	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
290	1500000200	CPRM	Marcelo Spinola Salgado	Santarem	PA	54° 42' 43" W	02° 25' 38" S	50	0,6	152,4	35,00	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
291	1500000148	CPRM	Maria Cinira Marreco Soares	Santarem	PA	54° 44' 32" W	02° 26' 22" S	18	0,6	101,6	11,00	12,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
292	1500000274	CPRM	Maria Conceição Mota	Santarem	PA	54° 43' 32" W	02° 25' 54" S	30	0,6	152,4	20	24,00	5,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
293	1500000387	CPRM	Maria do Carmo Cavalcanti	Santarem	PA	54° 41' 01" W	02° 28' 34" S	19	0,6	101,6	12,00	14,00	1,50	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
294	1500000193	CPRM	Maria Ferreira de Souza	Santarem	PA	54° 44' 44" W	02° 25' 46" S	14	0,6	101,6	4,00	10,00	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
295	1500000256	CPRM	Maria Herminia Simoes Hamad	Santarem	PA	54° 43' 26" W	02° 25' 46" S	54	0,6	152,4	16,30	28,30	3,60	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
296	1500000303	CPRM	Maria Hortencia N. de Moura	Santarem	PA	54° 41' 00" W	02° 28' 37" S	20	0,6	101,6	12,00	16,00	1,50	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
297	1500000340	CPRM	Maria Jose Silva Dos Banho	Santarem	PA	54° 43' 30" W	02° 26' 28" S	48	0,6	101,6	40,00	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
298	1500000137	CPRM	Maria Luiza Batista Figueira	Santarem	PA	54° 44' 36" W	02° 26' 13" S	9	0,6	76,2	0,46	1,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
299	1500000250	CPRM	Maria Raimunda Souza Castro	Santarem	PA	54° 43' 32" W	02° 25' 24" S	30	0,6	203,2	14,00	18,00	4,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
300	1500000315	CPRM	Marilene Costa	Santarem	PA	54° 41' 11" W	02° 28' 08" S	10	0,6	101,6	-	-	-	Abandonado	-	-	-	-
301	1500000252	CPRM	Marineide Silva de Oliveira	Santarem	PA	54° 44' 08" W	02° 25' 17" S	20	0,6	101,6	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
302	1500000257	CPRM	Mascotinho Ferreira	Santarem	PA	54° 42' 33" W	02° 24' 58" S	18	0,6	152,4	8,00	12,00	2,00	Abandonado	-	-	Abastecimento doméstico	-
303	1500000322	CPRM	Miguel Lobato de Vasconcelos	Santarem	PA	54° 43' 18" W	02° 26' 11" S	42	0,6	152,4	28,00	30,00	2,00	s/i	-	-	Abastecimento doméstico	-
304	1500000166	CPRM	Miguel Pereira Vieira	Santarem	PA	54° 44' 14" W	02° 25' 28" S	30	0,6	101,6	14,00	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
305	1500000273	CPRM	Moacir Ciesca	Santarem	PA	54° 43' 29" W	02° 25' 50" S	42	0,6	101,6	30,00	35,00	6,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
306	1500003706	CPRM	Mônaco Diesel	Santarem	PA	54° 43' 44" W	02° 28' 36" S	80	0,5	152,4	36,00	41,00	12,00	Equipado	-	-	Abastecimento industrial	-
307	1500000219	CPRM	Motel Carícia	Santarem	PA	54° 41' 59" W	02° 27' 08" S	26	0,6	76,2	-	-	-	s/i	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
308	1500000285	CPRM	Motel Hipopotamus	Santarem	PA	54° 43' 56" W	02° 26' 10" S	18	0,6	152,4	8,00	14,00	6,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
309	1500000160	CPRM	Motel Samambaia	Santarem	PA	54° 44' 30" W	02° 26' 39" S	36	0,6	152,4	18,00	32,00	12,00	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
310	1500000155	CPRM	Neila dos Santos Freire	Santarem	PA	54° 44' 14" W	02° 26' 26" S	13	0,6	101,6	8,00	9,00	1,50	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
311	1500000168	CPRM	Neres Serra	Santarem	PA	54° 44' 11" W	02° 25' 22" S	24	0,6	152,4	12,00	15,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
312	1500000251	CPRM	Nilton Alves de Sá	Santarem	PA	54° 43' 02" W	02° 25' 17" S	30	0,6	152,4	17,00	19,00	5,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
313	1500000277	CPRM	Odemar Jose Pinto de Souza	Santarem	PA	54° 43' 38" W	02° 25' 59" S	30	0,6	127	18,00	23,00	4,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
314	1500000321	CPRM	Olindina de Castro Serique	Santarem	PA	54° 43' 12" W	02° 26' 00" S	35	0,6	152,4	29,00	31,00	4,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
315	1500000307	CPRM	Osmundo Mota	Santarem	PA	54° 40' 25" W	02° 28' 23" S	15	0,6	101,6	8,00	9,00	1,50	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
316	1500000157	CPRM	Oswaldo Alves Ferreira	Santarem	PA	54° 44' 42" W	02° 26' 31" S	40	0,6	76,2	8,00	14,00	15,00	Equipado	-	Bomba injetora	Abastecimento doméstico	-
317	1500000203	CPRM	Otávio Gomes Filho	Santarem	PA	54° 42' 25" W	02° 26' 42" S	52	0,6	152,4	38,00	39,00	-	s/i	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
318	1500000213	CPRM	Paulo Cesar Maia Da Silva	Santarem	PA	54° 42' 10" W	02° 26' 51" S	50	0,6	152,4	-	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
319	1500000355	CPRM	Paulo Lourenco Bernardes	Santarem	PA	54° 42' 34" W	02° 25' 40" S	48	0,6	152,4	34,00	45,00	5,01	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
320	1500000365	CPRM	Pedro Ivaldir Bentes	Santarem	PA	54° 40' 20" W	02° 29' 39" S	36	0,6	152,4	30,00	34,00	12,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
321	1500000354	CPRM	Pedro Jackson	Santarem	PA	54° 42' 35" W	02° 25' 43" S	54	0,6	152,4	40,00	45,00	6,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
322	1500000153	CPRM	Pedro Valente dos Santos	Santarem	PA	54° 44' 48" W	02° 27' 43" S	35	0,6	76,2	28,00	30,00	2,50	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
323	1500003709	CPRM	Posto Equador	Santarem	PA	54° 43' 12" W	02° 35' 21" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
324	ST043	ANA	Posto S. Antonio	Santarem	PA	54° 41' 12,081" W	2° 28' 31,762" S	22	0,3	100,0	-	-	-	Abandonado	-	Sem bomba	Comércio	-
325	1500000344	CPRM	Predioda Sotel	Santarem	PA	54° 42' 13" W	02° 25' 24" S	32	0,6	152,4	20,00	22,00	1,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
326	1500003684	CPRM	Prefeitura Municipal de Santarém	Santarem	PA	54° 38' 33" W	02° 41' 32" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
327	1500003696	CPRM	Prefeitura Municipal de Santarém	Santarem	PA	54° 27' 52" W	02° 46' 10" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
328	1500003697	CPRM	Prefeitura Municipal de Santarém	Santarem	PA	54° 30' 19" W	02° 43' 23" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
329	1500003699	CPRM	Prefeitura Municipal de Santarém	Santarem	PA	54° 38' 22" W	02° 47' 51" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
330	1500003700	CPRM	Prefeitura Municipal de Santarém	Santarem	PA	54° 39' 04" W	02° 46' 18" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
331	1500003716	CPRM	Prefeitura Municipal de Santarém	Santarem	PA	54° 40' 14" W	02° 32' 59" S	102	0,5	152,4	47,50	49,50	12,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
332	1500000241	CPRM	Presidio Santarem	Santarem	PA	54° 42' 48" W	02° 26' 29" S	65	0,6	101,6	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
333	1500000346	CPRM	Quartel dos Bombeiros	Santarem	PA	54° 42' 06" W	02° 25' 38" S	40	0,6	152,4	20,00	35,00	8,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
334	1500000299	CPRM	Raimunda Conceicao Pereira	Santarem	PA	54° 40' 50" W	02° 28' 35" S	18	0,6	101,6	10,00	13,00	1,50	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
335	1500000139	CPRM	Raimundo Assuncao Almeida	Santarem	PA	54° 44' 29" W	02° 26' 43" S	30	0,6	76,2	21,00	24,00	0,99	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
336	1500000154	CPRM	Raimundo Jesus Ferreira Campos	Santarem	PA	54° 44' 23" W	02° 26' 29" S	24	0,5	101,6	14,00	16,00	2,00	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
337	1500000207	CPRM	Raimundo Nonato Batista Vieira	Santarem	PA	54° 42' 32" W	02° 26' 55" S	54	0,6	127,0	40,00	46,00	-	s/i	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
338	1500000370	CPRM	Raimundo Nonato Leal Silva	Santarem	PA	54° 40' 31" W	02° 29' 25" S	24	0,6	76,2	18,00	20,00	1,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
339	1500000371	CPRM	Raimundo Nonato S. Pereira	Santarem	PA	54° 40' 48" W	02° 29' 26" S	18	0,6	152,4	2,00	5,00	5,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
340	1500000195	CPRM	Raimundo Nonato Sousa Pereira	Santarem	PA	54° 43' 41" W	02° 25' 11" S	15	0,6	152,4	4,00	12,00	9,04	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
341	1500000348	CPRM	Rolf Tambke	Santarem	PA	54° 41' 59" W	02° 25' 37" S	30	0,6	152,4	12,00	22,00	1,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
342	1500000363	CPRM	Rosa Soares Dos Santos	Santarem	PA	54° 40' 18" W	02° 29' 38" S	12	0,6	101,6	4,00	5,00	1,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
343	1500000173	CPRM	Rosalba Pinto Cruz	Santarem	PA	54° 44' 21" W	02° 25' 27" S	19	0,6	152,4	9,00	12,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
344	1500000159	CPRM	Rosineide Santos Correa	Santarem	PA	54° 45' 05" W	02° 26' 38" S	40,64	0,6	152,4	-	-	-	Parado	-	Bomba submersa	-	-
345	1500000170	CPRM	Rosivaldo Nogueira Amazonas	Santarem	PA	54° 44' 15" W	02° 25' 16" S	24	0,6	152,4	12,00	15,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
346	1500000356	CPRM	Rui Miguel dos Santos	Santarem	PA	54° 42' 33" W	02° 25' 40" S	47	0,6	152,4	35,00	36,00	3,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
347	1500000319	CPRM	Ruth Maria Silva Mendes	Santarem	PA	54° 43' 06" W	02° 25' 53" S	42	0,6	152,4	32,00	35,00	2,50	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
348	1500000343	CPRM	SANCLIN	Santarem	PA	54° 42' 52" W	02° 25' 40" S	42	0,6	152,4	26,00	38,00	8,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
349	1500000236	CPRM	Santarém Refrigerantes S.A	Santarem	PA	54° 43' 34" W	02° 28' 11" S	90	0,6	152,4	20,00	26,80	8,02	Bombeando	-	-	Abastecimento industrial	-
350	1500000237	CPRM	Santarém Refrigerantes S.A	Santarem	PA	54° 43' 39" W	02° 28' 11" S	65	0,6	203,2	15,00	18,50	21,00	Bombeando	-	-	Abastecimento industrial	-
351	1500000369	CPRM	Santarém Refrigerantes S.A	Santarem	PA	54° 40' 27" W	02° 29' 28" S	18	0,6	152,4	3,00	5,00	2,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
352	1500003695	CPRM	Santarém Refrigerantes S.A	Santarem	PA	54° 43' 43" W	02° 28' 13" S	70	0,3	152,4	14,50	32,00	36,00	Equipado	-	-	Abastecimento industrial	-
353	1500003705	CPRM	Secretaria da Fazenda	Santarem	PA	54° 43' 12" W	02° 35' 46" S	-	-	-	-	-	-	Colmatado	-	-	Abastecimento doméstico	-
354	1500000196	CPRM	Sergio Mubarac & Cia Ltda	Santarem	PA	54° 44' 08" W	02° 25' 14" S	18	0,6	152,4	6,00	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
355	1500000230	CPRM	SESPA - Secretaria Estadual de Saúde Pública	Santarem	PA	54° 42' 18" W	02° 26' 59" S	72	0,6	152,4	35,00	55,00	7,00	Equipado	-	Compressor	Abastecimento doméstico	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
356	1500000231	CPRM	SESPA - Secretaria Estadual de Saúde Pública	Santarém	PA	54° 41' 37" W	02° 26' 56" S	24	0,6	152,4	0,32	2,20	64,00	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
357	1500000232	CPRM	SESPA - Secretaria Estadual de Saúde Pública	Santarém	PA	54° 42' 36" W	02° 27' 15" S	80	0,6	152,4	45,00	66,00	69,99	Bombeando	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
358	1500000233	CPRM	SESPA - Secretaria Estadual de Saúde Pública	Santarém	PA	54° 41' 41" W	02° 27' 25" S	20	0,6	152,4	0,10	2,10	36,36	Bombeando	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
359	1500000234	CPRM	SESPA - Secretaria Estadual de Saúde Pública	Santarém	PA	54° 42' 55" W	02° 27' 42" S	64	0,6	152,4	17,62	54,00	64,03	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
360	1500000238	CPRM	SESPA - Secretaria Estadual de Saúde Pública	Santarém	PA	54° 41' 50" W	02° 27' 11" S	25	0,6	152,4	0,57	2,00	79,99	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
361	1500000239	CPRM	SESPA - Secretaria Estadual de Saúde Pública	Santarém	PA	54° 43' 27" W	02° 28' 13" S	50	0,6	152,4	17,67	23,00	50,00	s/i	-	-	Abastecimento doméstico	-
362	1500000269	CPRM	SESPA - Secretaria Estadual de Saúde Pública	Santarém	PA	54° 41' 05" W	02° 28' 03" S	22	0,6	152,4	1,60	3,20	34,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
363	1500000270	CPRM	SESPA - Secretaria Estadual de Saúde Pública	Santarém	PA	54° 41' 06" W	02° 28' 02" S	23	0,6	152,4	1,40	3,00	45,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
364	1500000374	CPRM	SESPA - Secretaria Estadual de Saúde Pública	Santarém	PA	54° 41' 35" W	02° 26' 17" S	54	0,6	152,4	16,30	30,00	32,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
365	1500000375	CPRM	SESPA - Secretaria Estadual de Saúde Pública	Santarém	PA	54° 41' 11" W	02° 26' 39" S	18	0,6	152,4	3,60	7,00	15,00	Abandonado	-	-	Abastecimento doméstico	-
366	1500000376	CPRM	SESPA - Secretaria Estadual de Saúde Pública	Santarém	PA	54° 43' 10" W	02° 28' 19" S	50	0,6	152,4	8,00	20,00	8,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
367	1500000377	CPRM	SESPA - Secretaria Estadual de Saúde Pública	Santarém	PA	54° 42' 05" W	02° 29' 05" S	50	0,6	152,4	9,00	12,00	20,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
368	1500000350	CPRM	SETRAN	Santarém	PA	54° 41' 59" W	02° 25' 28" S	30	0,6	152,4	8,00	12,00	5,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
369	1500000281	CPRM	Severino Pedro de Souza	Santarém	PA	54° 43' 54" W	02° 25' 54" S	19	0,6	101,6	9,00	12,00	4,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
370	1500000141	CPRM	Severino Ramos da Silva	Santarém	PA	54° 44' 41" W	02° 27' 25" S	40	0,6	127,0	25,00	30,00	6,00	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
371	1500000150	CPRM	Silvino Pimentel Vieira	Santarém	PA	54° 45' 07" W	02° 26' 20" S	27	0,6	76,2	22,00	24,00	1,50	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
372	1500003715	CPRM	Sítio Juquiri/Praia Do Jutuba	Santarém	PA	54° 51' 48" W	02° 25' 30" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento múltiplo	-



7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
373	1500000295	CPRM	Sorvebom	Santarem	PA	54° 43' 32" W	02° 26' 06" S	48	0,6	152,4	28,00	48,00	8,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
374	1500000202	CPRM	Steven Alexander	Santarem	PA	54° 42' 29" W	02° 25' 43" S	54	0,6	152,4	48,00	50,00	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
375	1500000171	CPRM	Sudam	Santarem	PA	54° 44' 26" W	02° 25' 08" S	32	0,6	152,4	23,00	25,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
376	1500000271	CPRM	Telepara	Santarem	PA	54° 42' 51" W	02° 25' 21" S	36	0,6	152,4	24,00	32,00	4,60	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
377	1500000215	CPRM	Tereza Carvalho de Vasconcelos	Santarem	PA	54° 42' 42" W	02° 27' 19" S	42	0,6	101,6	-	-	-	s/i	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
378	1500000362	CPRM	Tereza Mileo	Santarem	PA	54° 40' 12" W	02° 29' 39" S	10	0,6	101,6	4,00	6,00	1,50	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
379	1500000291	CPRM	Tereza Rodrigues Campos	Santarem	PA	54° 43' 40" W	02° 26' 21" S	30	0,96	101,6	22,00	26,00	3,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
380	1500000220	CPRM	Unidade Regional de Educação	Santarem	PA	54° 42' 08" W	02° 26' 33" S	60	0,6	152,4	48,00	49,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
381	1500000345	CPRM	Universidade Federal do Pará - UFPA	Santarem	PA	54° 43' 53" W	02° 25' 43" S	48	0,6	152,4	16,00	20,00	4,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
382	1500000189	CPRM	Universidade Luterana do Brasil	Santarem	PA	54° 42' 45" W	02° 27' 14" S	75	0,6	152,4	50,00	55,00	12,00	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
383	1500000294	CPRM	Valdomiro Alves de Oliveira	Santarem	PA	54° 43' 28" W	02° 26' 10" S	36	0,6	101,6	24,00	29,00	2,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
384	1500000288	CPRM	Vicente David	Santarem	PA	54° 43' 50" W	02° 26' 24" S	18	0,6	101,6	7,00	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
385	1500000216	CPRM	Vicente Pereira	Santarem	PA	54° 42' 40" W	02° 27' 22" S	48	0,6	76,2	-	-	-	s/i	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
386	1500000276	CPRM	Vicente Ribeiro	Santarem	PA	54° 43' 42" W	02° 25' 46" S	42	0,6	152,4	17,00	25,00	4,00	Fechado	-	-	Abastecimento doméstico	-
387	1500000329	CPRM	Vila Aeronautica	Santarem	PA	54° 42' 45" W	02° 25' 53" S	60	0,6	203,2	15,00	45,00	6,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
388	1500000335	CPRM	Virginia Lane de Castro	Santarem	PA	54° 43' 04" W	02° 26' 09" S	42	0,6	152,4	32,00	33,00	-	s/i	-	-	Abastecimento doméstico	-
389	1500000253	CPRM	Waldelice Pinto Costa	Santarem	PA	54° 43' 42" W	02° 25' 24" S	24	0,6	152,4	11,00	14,00	2,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
390	1500000152	CPRM	Walder Figueiredo Souza	Santarem	PA	54° 45' 02" W	02° 27' 40" S	42	0,6	101,6	26,00	36,00	12,00	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
391	1500000187	CPRM	William J. P. Coelho	Santarem	PA	54° 44' 24" W	02° 25' 23" S	21	0,6	101,6	8,00	11,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
392	1500000201	CPRM	Wilson Campos	Santarem	PA	54° 42' 33" W	02° 25' 38" S	42	0,6	152,4	27,00	27,10	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
393	1500000243	CPRM	Xerfan & Cia	Santarem	PA	54° 43' 49" W	02° 25' 30" S	25	0,6	152,4	12,00	14,00	3,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
394	1500000297	CPRM	Yousf Jabra	Santarem	PA	54° 43' 26" W	02° 25' 48" S	35	0,6	152,4	19,00	23,00	5,00	bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
395	1500000145	CPRM		Santarem	PA	54° 45' 12" W	02° 26' 51" S	78	0,6	152,4	45,00	66,00	69,93	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-

**7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).**

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
396	150000182	CPRM		Santarem	PA	54° 42' 03" W	02° 26' 46" S	68	0,6	152,4	28,00	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
397	150000183	CPRM		Santarem	PA	54° 42' 27" W	02° 25' 23" S	45	0,6	152,4	30,00	32,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
398	150000186	CPRM		Santarem	PA	54° 44' 12" W	02° 25' 17" S	30	0,6	101,6	11,00	14,00	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
399	1500003701	CPRM		Santarem	PA	54° 39' 50" W	02° 39' 24" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
400	1500003724	CPRM		Santarem	PA	55° 04' 30" W	02° 52' 43" S	-	-	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
401	1500003809	CPRM		Santarem	PA	54° 43' 23,8" W	02° 25' 10,3" S	112	0,4	304,8	3,15	9,95	23,54	Equipado	-	Bomba submersa	-	-
402	1500003811	CPRM		Santarem	PA	54° 43' 57" W	02° 26' 27" S	128	1	-	36,00	45,00	90,00	Equipado	-	Bomba submersa	-	-
403	1500003812	CPRM		Santarem	PA	54° 44' 20" W	02° 25' 40" S	132	0,4	304,8	-	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
404	1500003813	CPRM		Santarem	PA	54° 42' 02" W	02° 25' 53" S	118	1	152,4	-	-	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
405	1500003814	CPRM		Santarem	PA	54° 42' 37" W	02° 27' 16" S	80	1	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
406	1500003815	CPRM		Santarem	PA	54° 45' 11" W	02° 26' 54" S	75	0,3	-	45,00	53,00	40,00	Equipado	-	-	-	-
407	1500003816	CPRM		Santarem	PA	54° 42' 56" W	02° 27' 43" S	64	0,3	-	17,62	28,00	35,00	Equipado	-	-	-	-
408	1500003817	CPRM		Santarem	PA	54° 43' 37" W	02° 28' 34" S	50	0,3	-	17,67	25,00	35,00	Equipado	-	-	-	-
409	1500003818	CPRM		Santarem	PA	54° 43' 10" W	02° 28' 20" S	50	0,3	-	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
410	1500003819	CPRM		Santarem	PA	54° 43' 08" W	02° 26' 47" S	258	0,3	-	-	-	-	Não instalado	-	-	-	-
411	1500003915	CPRM		Santarem	PA	54° 42' 12" W	02° 25' 16" S	261	0,6	355,6	10,10	35,90	156,01	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
412	1500004506	CPRM		Santarem	PA	54° 44' 09" W	02° 26' 37" S	117	0,7	-	5,20	26,90	-	Equipado	-	-	-	-
413	1500004507	CPRM		Santarem	PA	54° 43' 21,5" W	02° 28' 03,6" S	174	0,7	-	22,30	48,20	-	Equipado	-	Bomba injetora	-	-
414	1500004508	CPRM		Santarem	PA	54° 45' 15" W	02° 26' 36" S	271	0,5	355,6	34,40	53,84	-	Equipado	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
415	1500004525	CPRM		Santarem	PA	54° 44' 10" W	02° 25' 02" S	-	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento industrial	-
416	1500004696	CPRM		Santarem	PA	54° 43' 16" W	02° 33' 26" S	109	0,3	154,0	62,00	70,00	5,00	Bombeando	-	-	Abastecimento industrial	-
417	1500004750	CPRM		Santarem	PA	54° 42' 05" W	02° 25' 20" S	32	-	154,0	4,00	9,00	10,70	Bombeando	-	-	Abastecimento industrial	-
418	1500004751	CPRM		Santarem	PA	54° 42' 04" W	02° 25' 19" S	32	0,3	-	4,00	8,80	10,80	Bombeando	-	-	Abastecimento industrial	-
419	1500004763	CPRM		Santarem	PA	54° 44' 22" W	02° 25' 16" S	108	0,35	152,4	6,00	12,00	5,50	Bombeando	-	-	Abastecimento industrial	-
420	1500004764	CPRM		Santarem	PA	54° 41' 31" W	02° 25' 54" S	14	0,45	150,0	3,00	6,70	5,00	Bombeando	-	-	Abastecimento industrial	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
421	ST020	ANA	Ilderglan B.	Santarem	PA	54° 43' 30" W	2° 27' 58" S	-	60	100	12,97	24,53	-	Bombeando	2	Manual	Abastecimento doméstico	Não instalado
422	1500003714	CPRM	Prefeitura Municipal de Santarém	Santarem	PA	54° 46' 43" W	02° 28' 15" S	84	0,6	-	16,00	33,00	12,00	Equipado	-	-	-	-
423	1500003718	CPRM	Prefeitura Municipal de Santarém	Santarem	PA	54° 41' 01" W	02° 29' 21" S	186	0,6	152,4	22,00	36,00	60,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
424	1500003722	CPRM	PEMATEC	Santarem	PA	54° 39' 48" W	02° 32' 00" S	122	0,4	152,4	54,00	83,00	14,01	Equipado	-	-	Abastecimento industrial	-
425	1500003730	CPRM	Prefeitura Municipal de Santarém	Santarem	PA	54° 44' 57" W	02° 33' 02" S	150	0,4	152,4	62,00	70,00	10,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
426	1500003735	CPRM	Prefeitura Municipal de Santarém	Santarem	PA	54° 35' 24" W	02° 34' 53" S	120	0,5	152,4	46,00	52,00	10,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
427	1500003736	CPRM	Prefeitura Municipal de Santarém	Santarem	PA	54° 43' 25" W	02° 32' 02" S	96	0,4	152,4	46,00	51,00	10,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
428	1500003737	CPRM	Prefeitura Municipal de Santarém	Santarem	PA	54° 43' 20" W	02° 33' 18" S	96	0,4	152,4	48,00	54,00	10,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
429	1500003740	CPRM	Prefeitura Municipal de Santarém	Santarem	PA	54° 43' 13" W	02° 34' 27" S	80	0,4	152,4	44,00	50,00	10,00	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
430	1500003759	CPRM	COSANPA	Santarem	PA	54° 47' 45" W	02° 28' 54" S	261	0,6	203,2	16,70	31,31	340,00	Colmatado	-	-	Abastecimento doméstico	-
431	1500005574	CPRM	CPRM-PROJETO RIMAS	Santarem	PA	54° 44' 06" W	02° 26' 21" S	208	1	114,3	20,40	31,00	12,00	Equipado	-	-	Outros (lazer, etc.)	-
432	1500005661	CPRM	SANTARÉM COMÉRCIO E INDÚSTRIA DE SERVIÇOS	Santarem	PA	54° 42' 11" W	02° 26' 30" S	60	0,45	152,4	32,00	32,15	32,40	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
433	1500005679	CPRM	Terra Comercio de Derivados de Petróleo LTDA	Santarem	PA	54° 43' 06" W	02° 25' 42" S	49	-	153,98	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
434	1500005687	CPRM	FRANCISCO ALVES PONTE	Santarem	PA	54° 43' 40" W	02° 25' 30" S	40	0,4	99,218	11,40	17,60	5,00	Bombeando	-	-	-	-
435	1500005745	CPRM	TAUÁ INDUSTRIA E COMÉRCIO DE REFRI. E BEBIDAS LTDA	Santarem	PA	54° 43' 14" W	02° 33' 29" S	109	0,3	101,6	52,69	53,73	3,85	Bombeando	-	-	-	-
436	1500005799	CPRM	FRIGORÍFICO MARAJÓ LTDA	Santarem	PA	54° 39' 59" W	02° 28' 57" S	48	0,45	152,4	2,08	6,82	4,00	Bombeando	-	-	Abastecimento industrial	-
437	1500005864	CPRM	FRIGORIFICO O PEIXÃO	Santarem	PA	54° 41' 38" W	02° 25' 44" S	-	0,2	-	4,00	8,00	2,90	s/i	-	-	-	-
438	1500005904	CPRM	CARGILL AGRICOLA S/A	Santarem	PA	54° 43' 15" W	02° 32' 35" S	120	0,5	152,4	46,64	47,62	5,61	Bombeando	-	-	-	-
439	1500005958	CPRM	COMPAR - Companhia Paraense de Refrigerantes	Santarem	PA	54° 43' 40" W	02° 28' 13" S	-	0,3	205,58	-	-	-	s/i	-	-	-	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
440	1500005959	CPRM	COMPAR - Companhia Paraense de Refrigerantes	Santarem	PA	54° 43' 40" W	02° 28' 15" S	-	0,3	-	-	-	-	s/i	-	-	-	-
441	1500006047	CPRM	ANTONIO RODRIGUES DA SILVA BRAGA	Santarem	PA	54° 43' 55" W	02° 26' 33" S	244,51	0,5	203,2	13,61	33,02	230,01	Abandonado	-	-	Abastecimento doméstico	-
442	1500006048	CPRM	ANTONIO RODRIGUES DA SILVA BRAGA	Santarem	PA	54° 41' 43" W	02° 26' 25" S	249,46	0,5	333,37	25,72	36,46	177,70	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
443	1500006049	CPRM	ANTONIO RODRIGUES DA SILVA BRAGA	Santarem	PA	54° 44' 13" W	02° 26' 33" S	250	0,5	333,37	21,30	50,62	128,60	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
444	1500006050	CPRM	ANTONIO RODRIGUES DA SILVA BRAGA	Santarem	PA	54° 43' 21" W	02° 26' 04" S	172,52	0,5	254	22,30	48,20	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
445	1500006051	CPRM	ANTONIO RODRIGUES DA SILVA BRAGA	Santarem	PA	54° 44' 14" W	02° 26' 25" S	224,63	0,5	203,2	12,00	33,74	210,01	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
446	1500006052	CPRM	COSANPA Elcione Barbalho	Santarem	PA	54° 45' 21,7" W	02° 26' 56,4" S	268,71	0,5	-	24,18	53,13	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
447	1500006053	CPRM	ANTONIO RODRIGUES DA SILVA BRAGA	Santarem	PA	54° 45' 09" W	02° 26' 24" S	260,32	0,5	333,37	16,70	31,31	210,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
448	1500006071	CPRM	UNIRIOS RODRIGUES DA SILVA BRAGA	Santarem	PA	54° 41' 59" W	02° 25' 25" S	18	0,5	153,98	3,48	5,32	4,80	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
449	1500006074	CPRM	DERIVADOS DE PETROLEO MACHADO LTDA	Santarem	PA	54° 43' 42" W	02° 25' 08" S	30	-	-	1,95	5,48	4,96	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
450	1500006080	CPRM	SANTO ANTONIO DERIVADOS DE PETROLEO LTDA	Santarem	PA	54° 41' 09" W	02° 28' 31" S	22	0,2	-	11,81	14,40	0,47	Bombeando	-	-	-	-
451	1500006116	CPRM	Hélio Miranda Coimbra	Santarem	PA	54° 40' 00" W	02° 28' 36" S	36	0,5	154	1,72	2,82	7,20	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
452	1500006152	CPRM	Edwaldo Carvalho de Aguiar	Santarem	PA	54° 44' 26" W	02° 26' 34" S	30	0,41	101,6	17,92	19,15	5,30	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
453	1500006153	CPRM	Edwaldo Carvalho de Aguiar	Santarem	PA	54° 42' 26" W	02° 26' 38" S	42	0,68	101,6	31,47	33,15	5,20	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
454	1500006171	CPRM	CARLOS JOSE PONCIANO DA SILVA	Santarem	PA	54° 44' 16" W	02° 24' 59" S	-	-	152,4	-	-	-	Bombeando	-	-	Outros (lazer, etc.)	-

7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 464 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Santarém - PA (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro de Revestimento (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (h/dia)	Tipo de Bomba	Uso da água	Tipo de Reservatório
455	1500006172	CPRM	Carlos Otávio Santos de Lima Paes	Santarem	PA	54° 44' 15" W	02° 24' 58" S	70	0,5	152,4	-	-	-	Bombeando	-	-	Outros (lazer,etc.)	-
456	1500006261	CPRM	PLANALTO EMPREENDIMENTOS IMOBILIARIOS LTDA	Santarem	PA	54° 42' 52" W	02° 33' 56" S	90	0,3	99,21	41,03	45,42	4,80	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
457	1500006267	CPRM	HELVIO MORREIRA ARRUDA	Santarem	PA	54° 43' 59" W	02° 27' 39" S	25	0,1	124,61	3,27	3,99	6,46	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
458	1500006268	CPRM	HELVIO MORREIRA ARRUDA	Santarem	PA	54° 44' 05" W	02° 27' 50" S	25	0,1	153,98	1,00	1,47	4,23	Bombeando	-	-	Outros (lazer,etc.)	-
459	1500006275	CPRM	ALGIMI FLORESTAL INDUSTRIA DE PISOS DE MADEIRAS	Santarem	PA	54° 41' 48" W	02° 27' 37" S	24	0,2	153,98	9,77	13,11	6,00	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
460	1500006276	CPRM	ALGIMI FLORESTAL INDUSTRIA DE PISOS DE MADEIRAS	Santarem	PA	54° 41' 41" W	02° 27' 37" S	24	0,4	153,98	3,32	11,66	5,50	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
461	1500006312	CPRM	DAVID AZEVEDO COIMBRA	Santarem	PA	54° 41' 41" W	02° 25' 47" S	-	0,3	149,22	4,00	8,50	2,65	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
462	1500006335	CPRM	KELVIA ÁGUA LTDA ME	Santarem	PA	54° 47' 09" W	02° 29' 14" S	83,6	0,8	153,98	5,16	9,25	15,00	Bombeando	-	-	Outros (lazer,etc.)	-
463	1500006336	CPRM	KELVIA ÁGUA LTDA ME	Santarem	PA	54° 47' 06,9" W	02° 29' 13,1" S	81,8	0,8	153,98	6,77	13,77	15,00	Bombeando	-	-	Outros (lazer,etc.)	-
464	1500006512	CPRM	LIZETE MARIA PLETSCH CASAGRANDE	Santarem	PA	54° 42' 50" W	02° 26' 11" S	80	-	153,98	41,47	49,97	3,60	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-

**7.2.2 – Resumo das Características Técnicas de 334 Poços Catalogados de CPRM/SIAGAS 2010 em Santarém, com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade**

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA.

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
							De	Até	Material	De	Até	Material					
1500000135	751549	9730154	Eliete Alcântara Ferreira	13,0	11	76,2	11,0	13,0	p.v.c. 3"	0 2 4,5 7 10,5	2 4,5 7 10,5 13	Solo arenoso Argila arenosa Areia Fina Areia Média Areia Grossa	6,22	7			6,00
1500000136	751631	9730246	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	160,0	160	558,8	88,0 133,7 154,1	115,0 136,7 157,1	Espiralado perfil trapez. Inox 8" Espiralado perfil trapez. Inox 8" Espiralado perfil trapez. Inox 8"	0 2 10 27 30 45 56 76 86 118 132 138 144 149 153	2 10 27 30 45 56 76 86 118 132 138 144 149 153	Areia argilosa Argila arenosa Areia Média Argila Arenosa Argila arenosa Areia Média Argila arenosa Argila Areia Média Argila Areia Grossa Argila Arenosa Areia Média Argila Areia média	3,98	44,9	126,5	Após Estabilização	115,10
1500000137	750937	9730423	MARIA LÚÍZA BATISTA FIGUEIRA	9,0	6	76,2	6,0	9,0	p.v.c. 3"	0 2 5	2 5 9	Solo argiloso Argila Areia Argilosa	0,46	1			8,00
1500000138	751195	9729558	DIORLANDO FARIAS DOS SANTOS	30,0	28	254,0	28,0	30,0	p.v.c. 8"	0 10 20 22	10 20 22 30	Argila arenosa Areia média Argila arenosa Areia Grossa	22	26			4,00
1500000139	751165	9729511	RAIMUNDO ASSUNÇÃO ALMEIDA	30,0	27,5	254,0	27,5	30,0	p.v.c. 4"	0 10 20 22	10 20 22 30	Argila arenosa Areia Grossa Argila arenosa Areia Grossa	21	24			6,00
1500000140	751148	9729521	LENIR FARIA DE CASTRO	30,0	24	254,0	24,0	30,0	p.v.c. 6"	0 8 17 20	8 17 20 30	Solo Laterítico Areia fina Argila Areia Conglomeratica	20	24			6,00
1500000141	750801	9728218	SEVERINO RAMOS DA SILVA	40,0	37,5	254,0	37,5	40,0	p.v.c. 6"	0 10 15 25	10 15 25 40	Argila arenosa Areia fina Areia Média Areia Conglomeratica	25	30,00	6	Após Estabilização	10,00

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500000142	750680	9728164	ELIAS GOMES DA SILVA	30,0	28,00	76,2	28,0	30,0	p.v.c.3"	0 10 20 28	10 20 28 30	Argila arenosa Areia média Areia Conglomeratica Areia Conglomeratica	20,00	40,00	5	Após Estabilização	-10
1500000143	750376	9727932	ESCOLA MUNICIPAL DE 1º GRAU OLINDO NEVES	30,0	30,00	203,2	30,0	36,0	p.v.c.4"	0 12 21 29	12 21 29 36	Areia argilosa Areia fina Areia Argilosa Areia Grossa	28	32,00	3	Após Estabilização	-2
1500000144	749846	9728943	ESCOLA MUNICIPAL PROF.ERCILA N.DOS SANTOS	70,0	67	152,4	67,0	70,0	p.v.c.6"	0 15 16 25 54	15 16 25 54 70	Argila Laterita Areia Fina Areia Fina Areia Grossa	28,00	32,00	5	Após Estabilização	38
1500000145	749836	9729254	SESPA - SECRETARIA ESTADUAL DE SAÚDE PÚBLICA	80,0	66	254,0	66,0	78,0	p.v.c.6"	0 13 14 48	13 14 48 78	Areia fina Laterita Areia Média Areia Média	45	66	70	Após Estabilização	14
1500000146	753511	9731203	JOSÉ DANTES DE OLIVEIRA	36,0	33,5	254,0	33,5	36,0	p.v.c. 5"	0 10 28 30	10 28 30 36	Argila Areia fina Argila Areia Média	26	30	3	Após Estabilização	6
1500000147	754248	9730575	MANOEL CAETANO DUARTE	57,0	54,50	254,0	54,5	57,0	p.v.c. 6"	0 12 14 45	12 14 45 57	Areia fina Laterita Areia Média Areia Grossa	45	52	2	Após Estabilização	5
1500000148	751072	9730146	MARIA CINIRA MARRECO SOARES	18,0	16	254,0	16,0	18,0	p.v.c. 4"	0 12	12 18	Argila Areia fina	11	12			6
1500000149	749995	9730281	JOSÉ MIGUEL SILVA DOS SANTOS	18,0	16	203,2	16,0	18,0	p.v.c. 4"	0 3 10 13	3 10 13 18	Areia argilosa Argila arenosa Areia Argilosa Areia Grossa	10,4	11	2	Após Estabilização	7
1500000150	749990	9730228	SILVINO PIMENTEL VIEIRA	27,0	25	152,4	25,0	27,0	p.v.c. 3"	0 8 16 20	8 16 20 27	Areia argilosa Areia fina Argila arenosa Areia Grossa	22	24	1,5	Após Estabilização	3



7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500000151	750861	9729382	IOLANDA PONTES	42,0	40	203,2	40,0	42,0	p.v.c. 5"	0 24 25	24 25 42	Areia Fina Argila Areia Média	31,2	36	1,5	Após Estabilização	6
1500000152	750158	9727760	WALDER FIGUEIREDO SOUZA	42,0	36	152,4	36,0	42,0	p.v.c. 4"	0 7 18 21 26 36	7 18 21 26 36 42	Areia Arenosa Areia Fina Argila Arenosa Areia Conglomeratica Areia argilosa Areia Grossa	26	36	12	Após Estabilização	6
1500000153	750570	9727652	PEDRO VALENTE DOS SANTOS	35,0	30	254,0	30,0	35,0	p.v.c. 6"	0 12 22 28	12 22 28 35	Argila arenosa Areia fina Argila arenosa Areia Conglomeratica	28	30	2,5	Após Estabilização	5
1500000154	751346	9729945	RAIMUNDO JESUS FERREIRA CAMPOS	24,0	18	203,2	18,0	24,0	p.v.c. 6"	0 12 18	12 18 24	Areia Argilosa Areia Grossa Areia Conglomeratica	14	16			8
1500000155	751629	9730039	NEILA DOS SANTOS FREIRE	13,0	10	203,2	10,0	13,0	p.v.c. 6"	0 4	4 13	Argila arenosa Areia grossa	8	9	1,5	Após Estabilização	4
1500000156	750852	9730078	Ana Maria Gomes Freire	24,0	22	152,4	22,0	24,0	p.v.c. 6"	0 8 15	8 15 24	Areia argilosa Areia Arenosa Areia média	8				
1500000157	750755	9729867	OSVALDO ALVES FERREIRA	20,0	18	127,0	18,0	20,0	p.v.c. 6"	0 3 8 12 19	3 8 12 19 20	Solo Areia Argilosa Argila Arenosa Areia Média Argila	8	14	1,5	Após Estabilização	6
1500000158	750499	9729865	Maracanã CELENE MOREIRA FREIRE	47,0	44	254,0	44,0	47,0	p.v.c. 4"	0 10 22 35 44	10 22 35 44 47	Areia argilosa Areia argilosa Areia Fina Areia Argilosa Areia Conglomeratica					
1500000159	750045	9729657	ROSINEIDE SANTOS CORREA	40,6	36	254,0	36,0	40,6	p.v.c. 6"	0 8 21 30	8 21 30 40,64	Solo Laterítico Areia Argilosa Argila arenosa Areia Fina					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia		NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)		
1500000160	751126	9729642	MOTEL SAMAMBAIA	36,0	30	254,0	30,0	36,0	p.v.c. 6"	0 3 12 20 30	3 12 20 30 36	Solo Areia Argilosa Areia Fina Areia Argilosa Areia Grossa	18	32	12	Após Estabilização	4
1500000161	750880	9729643	JUAREZ DE ARAÚJO COSTA	48,0	44	254,0	44,0	48,0	p.v.c. 6"	0 8 19 32 38	8 19 32 38 48	Areia argilosa Areia Arenosa Areia Conglomeratica Areia Argilosa Areia Grossa	36	38	2	Após Estabilização	10
1500000162	751349	9731639	EDNALDO SANTOS FERREIRA	18,0	16	152,4	16,0	18,0	p.v.c. 4"	0 1,4 3,5 5,8 8,5 11,3 14	1,4 3,5 5,8 8,5 11,3 14 18	Solo Areno-Argiloso Areia Argilosa Argila Arenosa Areia Grossa Areia Muito Fina Areia Fina Areia Grossa	9	12	2	Após Estabilização	6
1500000163	751682	9731735	CASSIANO ALMEIDA VASCONCELOS	24,0	20	254,0	20,0	24,0	p.v.c. 5"	0 1,2 2,4 4,2 5,8 7,9 8,6 12 17,4 19	1,2 2,4 4,2 5,8 7,9 8,6 12 17,4 19 24	Solo Areno-Argiloso Areia argilosa Areia Arenosa Areia Muito Fina Areia Arenosa Argila arenosa Areia Argilosa Areia Muito Fina Areia Fina Areia Média	15	18	2,5	Após Estabilização	6
1500000164	751579	9731914	JOAQUIM BRINDEIRO MAIA	30,0	25	254,0	25,0	30,0	p.v.c. 6"	0 2 10 25	2 10 25 30	Solo Areia Argilosa Argila Arenosa Areia Fina	14	16			14
1500000165	751602	9731753	ESCOLA MUNICIPAL SOFIA IMBIRIBA	27,0	23	101,6	23,0	27,0	p.v.c. 4"	0 2 8 18 22	2 8 18 22 27	Solo Areno-Argiloso Argila Arenosa Areia Argilosa Areia Fina Areia Média	13				
1500000166	751633	9731825	MIGUEL PEREIRA VIEIRA	30,0	25	203,2	25,0	30,0	p.v.c. 4"	0 2 12 15 19 25	2 12 15 19 25 30	Solo Argila arenosa Argila arenosa Areia Argilosa Areia Fina Areia Média	14				

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500000167	751774	9731833	CÂNDIDO MACIEL DA SILVA	22,0	20	254,0	20,0	22,0	p.v.c. 6"	0	2	Solo Areno-Argiloso	11				
										2	9	Argila arenosa					
										9	14	Areia Argilosa					
										14	18	Areia Muito Fina					
										18	22	Areia Fina					
1500000168	751723	9731999	NERES SERRA	24,0	20	254,0	20,0	24,0	p.v.c. 6"	0	2	Solo Areno-Argiloso	12	15			9
										2	8	Argila arenosa					
										8	12	Areia Argilosa					
										12	20	Areia Muito Fina					
										20	24	Areia Média					
1500000169	751584	9731990	LELEÚDE RAIMUNDO AGUIAR SILVA	22,0	18	101,6	18,0	22,0	p.v.c. 4"	0	2	Solo Areno-Argiloso	11	14			8
										2	7,5	Argila Arenosa					
										7,5	12	Areia Argilosa					
										12	18	Areia Muito Fina					
										18	22	Areia Fina					
1500000170	751589	9732193	ROSIVALDO NOGUEIRA AMAZONAS	24,0	20	254,0	20,0	24,0	p.v.c. 6"	0	2	Solo Argiloso	12	15			9
										2	8	Argila Arenosa					
										8	13,5	Areia Argilosa					
										13,5	20	Areia Muito Fina					
										20	24	Areia Fina					
1500000171	751248	9732425	SUDAM	32,0	28	254,0	28,0	32,0	p.v.c. 6"	0	2	Areia Argilosa	23	25			7
										2	6	Argila					
										6	10	Argila Arenosa					
										10	18	Areia Argilosa					
										18	25,5	Areia Muito Fina					
										25,5	29	Areia Fina					
										29	32	Areia Média					
1500000172	751265	9732421	IATE CLUBE DE SANTARÉM	22,0	18	254,0	18,0	22,0	p.v.c. 6"	0	2	Solo Areno-Argiloso	4	6			16
										2	8	Argila arenosa					
										8	12	Areia Argilosa					
										12	18	Areia Muito Fina					
										18	22	Areia Média					
1500000173	751422	9731839	ROSALBA PINTO CRUZ	19,0	15	152,4	15,0	19,0	p.v.c. 6"	0	1,9	Solo Areno-Argiloso	9	12			7
										1,9	7,3	Argila Arenosa					
										7,3	16	Areia Muito Fina					
										16	19	Areia Média					
1500000174	751314	9731628	DINAIR GOMES BARBOSA	16,0	7	152,4	7,0	16,0	p.v.c. 6"	0	1,6	Solo	6	8			8
										1,6	5,5	Argila					
										5,5	9	Areia Argilosa					
										9	12,5	Areia Fina					
										12,5	16	Areia Média					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500000175	754282	9728750	GRANJA VARIG	70,0	70	431,8	54,0	60,0	p.v.c. 8"	0	70	Areia Argilosa	54	66			4
1500000176	754275	9728692	GRANJA DA VARIG	80,0	80	431,8	70,0	76,0	p.v.c. 6"	0	3	Solo Areno-Argiloso					
										3	10	Areia Argilosa					
										10	22	Argila arenosa					
										22	28	Areia Argilosa					
										28	35	Argila Arenosa					
										35	43	Areia Muito Fina					
										43	55	Areia Argilosa					
										55	70	Areia Fina					
										70	76	Areia Média					
										76	80	Areia Argilosa					
1500000177	753108	9731343	AUTO POSTO TAMBAÚ	42,0	36	254,0	36,0	42,0	p.v.c. 6"	0	1,2	Solo Areno-Argiloso	36	38			4
										1,2	3,2	Argila Arenosa					
										3,2	4,5	Areia Argilosa					
										4,5	7,3	Argila Arenosa					
										7,3	12,6	Argila					
										12,6	17,8	Areia Fina					
										17,8	26,4	Areia Argilosa					
										26,4	32,4	Areia Fina					
										32,4	36,5	Areia Média					
										36,5	42	Areia Grossa					
1500000178	755240	9729848	AUTO POSTO COHAB	47,0	40	304,8	40,0	45,0	p.v.c. 6"	0	1,2	Solo Areno-Argiloso	37	39			8
										1,2	2,8	Argila Arenosa					
										2,8	5,6	Areia Argilosa					
										5,6	10,4	Argila Arenosa					
										10,4	16,5	Argila					
										16,5	22,3	Areia Muito Fina					
										22,3	26,8	Argila Arenosa					
										26,8	35,4	Areia Fina					
										35,4	39,6	Areia Média					
										39,6	47	Areia Grossa					
1500000179	754202	9730238	AUTO POSTO LUMA	60,0	60	431,8	48,0	54,0	p.v.c. 6"	0	2	Solo Areno-Argiloso	18	21			39
										2	12	Argila arenosa					
										12	18	Argila arenosa					
										18	29	Areia Muito Fina					
										29	38	Areia Fina					
										38	50	Areia Fina					
										50	58	Areia Média					
										58	60	Areia Argilosa					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia		NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500000180	754354	9729547	AUTO POSTO LIDER	54,0	48	304,8	48,0	54,0	p.v.c. 6"	0	2	Solo Areno-Argiloso	40	51		3
										2	12	Argila Arenosa				
										12	18	Argila Arenosa				
										18	26	Areia Argilosa				
										26	34	Areia Muito Fina				
										34	40	Areia Fina				
										40	43	Areia Média				
										43	52	Areia Média				
										52	54	Areia Média				
1500000181	753116	9731342	AUTO POSTO APARECIDA	45,0	40	254,0	40,0	45,0	p.v.c. 6"	0	2,8	Solo Areno-Argiloso	35	38		7
										2,8	6,2	Argila arenosa				
										6,2	14,5	Areia Argilosa				
										14,5	21,4	Areia Muito Fina				
										21,4	32,8	Areia Fina				
										32,8	39	Areia Média				
										39	45	Areia Média				
1500000182	755669	9729421	SESI	68,0	68	431,8	58,0	64,0	p.v.c. 6"	0	2,4	Solo Areno-Argiloso	28			
										2,4	8,2	Areia Argilosa				
										8,2	17,5	Areia Argilosa				
										17,5	24,5	Areia Muito Fina				
										24,5	27,5	Argila Arenosa				
										27,5	38,4	Areia Muito Fina				
										38,4	48,5	Areia Fina				
										48,5	68	Areia Média				
1500000183	754936	9731963	CENAI -CENTRO DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL DE SANTARÉM	45,0	45	254,0	36,0	42,0	p.v.c. 6"	0	2,6	Solo Areno-Argiloso	30	32		13
										2,6	12,8	Areia Argilosa				
										12,8	16,5	Argila Arenosa				
										16,5	22,4	Areia Muito Fina				
										22,4	28,5	Areia Muito Fina				
										28,5	45	Areia média				
1500000184	754884	9731733	COMDEC	40,0	36	254,0	36,0	40,0	p.v.c. 6"	0	1,8	Solo Arenoso	21	26		14
										1,8	7,5	Areia Argilosa				
										7,5	16,6	Argila Arenosa				
										16,6	21	Areia Argilosa				
										21	24,5	Areia Muito Fina				
										24,5	36	Areia Média				
										36	40	Areia Média				
1500000185	754220	9732265	AUTO POSTO FAÇANHA	38,0	32	254,0	32,0	38,0	p.v.c. 6"	0	2,2	Areia Argilosa	26	29		9
										2,2	6,4	Areia Argilosa				
										6,4	12,6	Argila arenosa				
										12,6	17,5	Areia Muito Fina				
										17,5	26,8	Areia Fina				
										26,8	38	Areia Média				

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500000186	751697	9732143	APAE- ASSOCIAÇÃO DOS PAIS E AMIGOS DOS EXCEPC	30,0	25	203,2	25,0	30,0	p.v.c. 6"	0	1,8	Solo Arenoso	11	14			16
										1,8	6,4	Areia Argilosa					
										6,4	9,5	Areia Muito Fina					
										9,5	16,6	Areia Muito Fina					
										16,6	30	Areia Média					
1500000187	751320	9731966	WILLIAM P. COELHO	21,0	15	101,6	15,0	21,0	p.v.c. 4"	0	2,1	Solo areno-argiloso	8	11			10
										2,1	4,3	Areia argilosa					
										4,3	5,8	Argila arenosa					
										5,8	9,6	Areia fina					
										9,6	21	Areia média					
1500000188	753600	9731188	ESTÁDIO SÃO RAIMUNDO	80,0	70	431,8	70,0	80,0	p.v.c. 6"	0	1,8	Solo areno-argiloso	40	45	15	Após estabilização	35
										1,8	6,3	Areia argilosa					
										6,3	14,4	Argila arenosa					
										14,4	21,8	Areia muito fina					
										21,8	28	Areia fina					
										28	32,6	Areia argilosa					
										32,6	45,8	Areia muito fina					
										45,8	53,7	Areia fina					
										53,7	67	Areia média					
										67	80	Areia grossa					
1500000189	754390	9728564	UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL	75,0	75	431,8	65,0	71,0	p.v.c. 6"	0	2,4	Solo arenoso	50	55	12	Após estabilização	20
										2,4	4,5	Areia argilosa					
										4,5	12,4	Argila arenosa					
										12,4	23	Argila					
										23	36,5	Argila arenosa					
										36,5	46,5	Areia muito fina					
										46,5	55,6	Areia fina					
										55,6	75	Areia média					
1500000190	752241	9731942	ESCOLINHA TIO PATINHAS	12,0	10	101,6	10,0	12,0	P.V.C. 4"	0	1,2	Solo Areno-argiloso	5	7			5
										1,2	4,2	Areia argilosa					
										4,2	6,7	Areia fina					
										6,7	12	Areia média					
1500000191	751021	9731652	DONATO DA SILVA PEREIRA	17,0	15	101,6	15,0	17,0	p.v.c. 6"	0	1,7	Solo areno-argiloso	6	9			8
										1,7	4,3	Areia argilosa					
										4,3	5,6	Argila arenosa					
										5,6	7,3	Areia muito fina					
										7,3	10,4	Areia fina					
										10,4	14,2	Areia média					
										14,2	17	Areia grossa					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500000192	751145	9731504	ESCOLA MUNICIPAL DE 1º GRAU MARIA EMÍLIA	15,0	12	152,4	12,0	15,0	p.v.c. 4"	0	1,5	Areia Argilosa	8	12			3
										1,5	2,7	Argila Arenosa					
										2,7	4,3	Areia Argilosa					
										4,3	7,2	Areia muito fina					
										7,2	9,6	Areia fina					
										9,6	15	Areia média					
1500000193	750716	9731261	MARIA FERREIRA DE SOUZA	14,0	12	101,6	12,0	14,0	p.v.c. 4"	0	1,4	Areia argilosa	4	10			4
										1,4	3,6	Argila Arenosa					
										3,6	6,2	Areia argilosa					
										6,2	9	Areia fina					
										9	14	Areia média					
1500000194	755415	9732195	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	20,0	15	152,4	15,0	20,0	p.v.c. 4"	0	1,2	Solo areno-argiloso	1	4	20	Após estabilização	16
										1,2	3,2	Areia argilosa					
										3,2	5,3	Argila arenosa					
										5,3	7,3	Areia muito fina					
										7,3	12,4	Areia fina					
										12,4	16	Areia média					
										16	20	Areia grossa					
1500000195	752668	9732335	RAIMUNDO NONATO SOUZA PEREIRA	15,0	12	152,4	12,0	15,0	p.v.c. 6"	0	1,5	Solo areno-argiloso	4	12	9	Após estabilização	3
										1,5	2,3	Argila arenosa					
										2,3	4,5	Areia argilosa					
										4,5	6,2	Areia muito fina					
										6,2	7,4	Areia fina					
										7,4	10,3	Areia média					
										10,3	15	Areia grossa					
1500000196	751831	9732254	RAIMUNDO MUBARAC E CIA LTDA	18,0	12	152,4	12,0	18,0	p.v.c. 6"	0	1,8	Solo areno-argiloso	6				
										1,8	3,4	Areia Argilosa					
										3,4	5,1	Argila arenosa					
										5,1	7,3	Areia Muito Fina					
										7,3	10,6	Areia fina					
										10,6	18	Areia média					
1500000197	751895	9731993	FERNANDO	29,0	25	254,0	25,0	29,0	p.v.c. 6"	0	1,1	Solo areno-argiloso	14				
										1,1	2,6	Argila arenosa					
										2,6	3,8	Areia argilosa					
										3,8	6,4	Argila Arenosa					
										6,4	10,5	Areia Muito Fina					
										10,5	13,5	Areia fina					
										13,5	18,3	Argila areno-siltosa					
										18,3	23,6	Areia Muito Fina					
										23,6	25,3	Areia fina					
										25,3	29	Areia média					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia		NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1500000198	754486	9731749	DAVID PIKER TELES DE MENEZES	42,0	36	304,8	36,0	42,0	p.v.c. 6"	0	1,2	Solo areno-argiloso	24	28	4	Após estabilização	14
										1,2	3,2	Areia Argilosa					
										3,2	6,8	Argila arenosa					
										6,8	10,5	Areia Argilosa					
										10,5	14,5	Areia Muito Fina					
										14,5	18,8	Areia Argilosa					
										18,8	23,7	Argila arenosa					
										23,7	26,4	Areia muito fina					
										26,4	29,3	Areia fina					
										29,3	35,6	Areia média					
										35,6	42	Areia grossa					
1500000199	754374	9731792	JOÃO BATISTA NOGUEIRA GUIMARÃES	25,0	21	254,0	21,0	25,0	p.v.c. 6"	0	1,2	Solo areno-argiloso	20				
										1,2	2,8	Areia argilosa					
										2,8	6,5	Argila arenosa					
										6,5	8,4	Areia argilosa					
										8,4	12,2	Areia muito fina					
										12,2	15,6	Areia Argilosa					
										15,6	16,9	Areia muito fina					
										16,9	18,6	Areia fina					
										18,6	25	Areia média					
1500000200	754440	9731507	MARCELO SPÍNDOLA SALGADO	50,0	49	431,8	49,0	50,0	p.v.c. 6"	0	1,5	Solo areno-argiloso	35				
										1,5	2,7	Areia Argilosa					
										2,7	5,3	Argila arenosa					
										5,3	8,5	Areia Muito Fina					
										8,5	11,2	Argila					
										11,2	17,8	Areia argilosa					
										17,8	24,5	Areia muito fina					
										24,5	29,3	Areia argilosa					
										29,3	34,3	Areia muito fina					
										34,3	37,5	Areia fina					
										37,5	43,2	Areia média					
										43,2	50	Areia grossa					
1500000201	754732	9731497	SENAI - SERVIÇO NACIONAL DA INDÚSTIA	42,0	36	381,0	36,0	42,0	p.v.c. 6"	0	1,4	Solo areno-argiloso	27	27,1			14,9
										1,4	2,8	Areia argilosa					
										2,8	5,3	Argila arenosa					
										5,3	8,3	Areia muito fina					
										8,3	10,4	Argila arenosa					
										10,4	15,6	Areia fina					
										15,6	18,8	Argila arenosa					
										18,8	27,9	Areia muito fina					
										27,9	36	Areia média					
										36	42	Areia grossa					



7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1500000202	754847	9731330	STEVEN ALEXANDER	54,0	50	431,8	50,0	54,0	p.v.c. 6"	0 2,8 5,1 7,8 10,2 16,7 23,5 30 45	2,8 5,1 7,8 10,2 16,7 23,5 30 45 54	Solo areno-argiloso Argila arenosa Areia muito fina Areia fina Areia argilosa Areia muito fina Areia fina Areia grossa	48	50				4
1500000203	754980	9729513	OTÁVIO GOMES FILHO	52,0	40	431,8	40,0	52,0	p.v.c. 6"	0 1,5 2,8 4,7 8,6 15,6 19,5 21,3 27,3 36,6 42,4	1,5 2,8 4,7 8,6 15,6 19,5 21,3 27,3 36,6 42,4 52	Solo areno-argiloso Areia argilosa Argila arenosa Areia argilosa Areia muito fina Areia fina Argila arenosa Areia Argilosa Areia muito fina Areia fina Areia média	38	39	6	Após estabilização		13
1500000204	754155	9728534	MANOEL JACI DE SOUZA BARROS	36,0	30	254,0	30,0	36,0	p.v.c. 6"	0 1,3 3,1 6,3 9,4 14,6 16,2 20,6 26,5	1,3 3,1 6,3 9,4 14,6 16,2 20,6 26,5 36	Solo areno-argiloso Areia argilosa Areia muito fina Areia fina Areia argilosa Argila arenosa Areia Muito Fina Areia fina Areia média						
1500000205	754041	9728686	JARBAS CUNHA DOS SANTOS	42,0	30	304,8	30,0	40,0	p.v.c. 6"	0 1,4 2,3 5,3 8,3 14,8 16,2 21,5 26,7	1,4 2,3 5,3 8,3 14,8 16,2 21,5 26,7 42	Solo areno-argiloso Areia siltosa Areia argilosa Areia muito fina Areia fina Areia argilosa Areia muito fina Areia fina Areia média	27	35				7
1500000206	753293	9728341	ASSOCIAÇÃO DOS MORADORES DO BAIRRO FLORESTA	24,0	20	254,0	20,0	24,0	p.v.c. 6"	0 1,2 2,9 5,3 8,6 12,2 14,5 19,6	1,2 2,9 5,3 8,6 12,2 14,5 19,6 24	Solo areno-argiloso Areia Argilosa Argila arenosa Areia Argilosa Areia muito fina Areia fina Areia média Areia grossa	6,5	8	5	Após estabilização		16

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500000207	754760	9729122	RAIMUNDO NONATO BATISTA VIEIRA	54,0	45	431,8	45,0	54,0	p.v.c. 5"	0	1,5	Solo areno-argiloso	40	46			8
										1,5	2,9	Areia argilosa					
										2,9	6,3	Areia Conglomerática					
										6,3	10,8	Argila arenosa					
										10,8	18	Areia Muito Fina					
										18	26,5	Areia fina					
										26,5	35,6	Areia Argilosa					
										35,6	38,4	Areia fina					
										38,4	45,8	Areia média					
										45,8	54	Areia grossa					
1500000208	754864	9728915	EROTILDES RIBEIRO DA SILVA	56,0	44	431,8	44,0	56,0	p.v.c. 6"	0	1,5	Solo areno-argiloso	35	36			20
										1,5	2,4	Areia Conglomerática					
										2,4	6,3	Argila areno-siltosa					
										6,3	11,4	Areia Argilosa					
										11,4	14,6	Areia Muito Fina					
										14,6	18,6	Areia fina					
										18,6	24	Areia Argilosa					
										24	28,3	Areia muito fina					
										28,3	32,2	Areia fina					
										32,2	38,6	Areia média					
										38,6	54	Areia grossa					
1500000209	754858	9728295	HILAIR PEREIRA COELHO	42,0	36	304,8	36,0	42,0	p.v.c. 4"	0	1,4	Solo areno-argiloso	30	40			2
										1,4	4,2	Areia argilosa					
										4,2	5,8	Argila arenosa					
										5,8	10,4	Areia argilosa					
										10,4	14,3	Areia muito fina					
										14,3	18,2	Areia fina					
										18,2	22,5	Areia argilosa					
										22,5	26,2	Argila arenosa					
										26,2	28	Areia fina					
										28	38,4	Areia média					
										38,4	42	Areia grossa					
1500000210	754961	9728611	GIOCONDA MARIA G. DOS SANTOS	50,0	44	431,8	44,0	50,0	p.c.v. 6"	0	1,5	Solo areno-argiloso					
										1,5	3,3	Areia argilosa					
										3,3	6,5	Areia Muito Fina					
										6,5	10,2	Argila arenosa					
										10,2	18	Areia argilosa					
										18	24,7	Areia muito fina					
										24,7	27,4	Areia fina					
										27,4	34,5	Areia argilosa					
										34,5	38,8	Areia fina					
										38,8	44	Areia média					
										44	50	Areia grossa					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500000211	754588	9728533	CERÂMICA TAPAJOARA	54,0	42	431,8	42,0	54,0	p.v.c. 6"	0	1,5	Solo areno-argiloso					
										1,5	3,1	Areia argilosa					
										3,1	6,3	Argila arenosa					
										6,3	8,7	Areia muito fina					
										8,7	10,6	Argila areno-siltosa					
										10,6	18,3	Argila arenosa					
										18,3	24,5	Areia fina					
										24,5	30,2	Areia argilosa					
										30,2	42	Areia Muito Fina					
										42	48	Areia fina					
										48	54	Areia média					
1500000212	755002	9728842	JOAQUIM HAMAD	54,0	54	381,0				0	1,5	Solo areno-argiloso	44	48	6	Após estabilização	6
										1,5	3,8	Areia conglomerática argilosa					
										3,8	8,6	Areia argilosa					
										8,6	14,5	Areia muito fina					
										14,5	20,2	Areia argilosa					
										20,2	28	Areia muito fina					
										28	37,4	Areia fina					
										37,4	46,7	Areia média					
										46,7	54	Areia grossa					
1500000213	755440	9729227	PAULO CÉSAR MAIA DA SILVA	50,0	40	304,8	40,0	50,0	p.v.c. 6"	0	1,5	Solo areno-argiloso					
										1,5	4,8	Areia argilosa					
										4,8	8,6	Argila arenosa					
										8,6	14,5	Areia argilosa					
										14,5	19,4	Areia muito fina					
										19,4	24,6	Areia fina					
										24,6	50	Areia média					
1500000214	754580	9728498	LAÍLTON APOLINÁRIO DE JESUS	78,0	66	431,8	66,0	78,0	p.v.c. 6"	0	1,7	Solo Argiloso					
										1,7	6,8	Argila arenosa					
										6,8	14,6	Areia argilosa					
										14,6	22,5	Areia muito fina					
										22,5	28,8	Areia fina					
										28,8	34,5	Areia argilosa					
										34,5	46,5	Argila arenosa					
										46,5	52,2	Areia muito fina					
										52,2	60,5	Areia fina					
										60,5	70	Areia média					
										70	78	Areia grossa					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500000215	754457	9728392	TERESA CARVALHO DE VASCONCELOS	42,0	36	254,0	36,0	42,0	p.v.c.6	0	1,4	Solo areno-argiloso					
										1,4	3,7	Areia argilosa					
										3,7	8,2	Argila arenosa					
										8,2	11,3	Areia muito fina					
										11,3	14,5	Areia fina					
										14,5	18,6	Areia média					
										18,6	23	Areia argilosa					
										23	28,2	Areia fina					
										28,2	36	Areia média					
										36	42	Areia grossa					
1500000216	754511	9728304	VICENTE PEREIRA	48,0	38	76,2	38,0	48,0	p.v.c.6	0	1,4	Solo areno-argiloso					
										1,4	2,9	Areia Argilosa					
										2,9	8,2	Argila arenosa					
										8,2	14,6	Areia Argilosa					
										14,6	22,8	Areia muito fina					
										22,8	32,8	Areia fina					
										32,8	40,4	Areia média					
										40,4	48	Areia grossa					
1500000217	755294	9729232	ANTENOR RODRIGUES FILHO	48,0	38	152,4	38,0	48,0	p.v.c.6	0	1,4	Solo areno-argiloso					
										1,4	6,5	Areia argilosa					
										6,5	11,8	Argila arenosa					
										11,8	20,5	Areia Muito Fina					
										20,5	32	Areia fina					
										32	40	Areia média					
										40	48	Areia grossa					
1500000218	755675	9728965	ELETROMOTORES LTDA	32,0	26	101,6	26,0	32,0	p.v.c.4	0	1,3	Solo areno-argiloso					
							26,0	32,0	p.v.c.4	1,3	6,5	Areia Argilosa					
										6,5	12,5	Argila arenosa					
										12,5	18,6	Areia Muito Fina					
										18,6	22,8	Areia média					
										22,8	32	Areia grossa					
1500000219	755796	9728719	MOTEL CARÍCIA	26,0	20	76,2	20,0	26,0	p.v.c.3	0	1,2	Solo areno-argiloso					
							20,0	26,0	p.v.c.4	1,2	6,4	Areia Argilosa					
										6,4	8,3	Argila arenosa					
										8,3	14,2	Areia Muito Fina					
										14,2	16,3	Areia fina					
										16,3	21,4	Areia média					
										21,4	26	Areia grossa					
1500000220	755512	9729803	Unidade Regional de Educação	60,0	48	254,0	48,0	60,0	p.v.c.6	0	1,6	Solo areno-argiloso	48	49	1	Após estabilização	11
										1,6	5,8	Areia argilosa					
										5,8	10,4	Areia muito fina					
										10,4	17,4	Argila areno-siltosa					
										17,4	28,4	Areia argilosa					
										28,4	36	Areia muito fina					
										36	46,8	Areia fina					
										46,8	52,6	Areia média					
										52,6	60	Areia grossa					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1500000221	754271	9731728	HOSPITAL DA FSESP	56,0	48	152,4	48,0	56,0	plástico geomecânico 6"	0	1,5	Solo areno-argiloso					
										1,5	7,2	Areia argilosa					
										7,2	14,8	Argila arenosa					
										14,8	26,2	Areia argilosa					
										26,2	34,3	Areia Muito Fina					
										34,3	42,8	Areia fina					
										42,8	50,4	Areia média					
										50,4	56	Areia grossa					
1500000222	751272	9730219	COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ-COSANPA	160,0	157,08	558,8	99,0	115,7	Espiralado perfil redondo inox 8"	0	1	Solo arenoso	8,69	33,42			126,58
							126,8	129,8	Espiralado perfil redondo inox 8"	1	2,9	Argila arenosa					
							138,8	148,8	Espiralado perfil redondo inox 8"	2,9	11,5	Areia					
							153,0	156,1	Espiralado perfil redondo inox 8"	11,5	17,8	Argila areno-siltosa					
										17,8	26,4	Areia muito fina					
										26,4	43	Argila arenosa					
										43	46	Argila arenosa					
										46	59	Areia média					
										59	96	Areia grossa					
										96	118,5	Areia muito fina					
										118,5	136	Areia fina					
										136	142	Areia fina					
										142	146	Areia média					
										146	160	Areia grossa					
1500000223	751695	9730116	COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ-COSANPA	160,5	158,13	558,8	82,8	109,8	Espiralado perfil redondo inox 8"	0	6	Solo Orgânico	5,71	53,25	91	Após Estabilização	107,25
							151,1	157,1	Espiralado perfil redondo inox 8"	6	12	Areia Média					
										12	24	Areia Fina					
										24	45	Areia Grossa					
										45	70	Argila					
										70	82	Argila					
										82	110	Areia grossa					
										110	130	Areia Argilosa					
										130	150	Argila					
										150	158	Areia grossa					
										158	160	Argila					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1500000224	752042	9730269	COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ-COSANPA	200,0	158,3	558,8	81,2	90,2	Espiralado perfil trapez. inox 8"	0	1	Solo Arenoso	3,19	54,4	139	Após Estabilização	145,6	
							444,5	95,5	101,5	Espiralado perfil trapez. inox 8"	1	2,9						Argila Arenosa
							381,0	110,9	119,9	Espiralado perfil trapez. inox 8"	2,9	11,5						Areia Argilosa
								139,2	145,2	Espiralado perfil trapez. inox 8"	11,5	17,8						Areia Areno-Siltosa
											17,8	26,4						Areia Muito Fina
											26,4	43						Argila Arenosa
											43	46						Argila Arenosa
											46	59						Areia Média
											59	96						Areia Grossa
											96	118,5						Areia Muito Fina
											118,5	136						Areia Fina
											136	142						Areia Fina
											142	146						Areia Média
				146	160	Areia Grossa												
1500000225	752210	9730044	COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ.	128,0	126	304,8	88,0	124,0	Espiralado perfil trapez. inox 8"	0	2	Solo	0	5	52	Após Estabilização	123	
							203,2			2	16	Areia Média						
							203,2			16	34	Areia Fina						
										34	52	Areia Grossa						
										52	72	Areia Argilosa						
										72	82	Areia Fina						
										82	92	Argila Arenosa						
										92	126	Areia Média						
										126	128	Argila Arenosa						
1500000226	752280	9729897	COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ-COSANPA.	160,0	160	558,8	99,0	118,0	Aço galvanizado com rosca e luva 9 5/8	0	2	Material Orgânico	7	47,05	52	Após Estabilização	112,95	
							444,5	132,0	140,0	Aço galvanizado com rosca e luva 9 5/8	2	6						Argila Areno-Siltosa
							381,0	146,0	154,0	Aço galvanizado com rosca e luva 8	6	10						Areia Grossa
											10	22						Argila Arenosa
											22	45						Areia Grossa
											45	46						Argila Arenosa
											46	59						Areia Grossa
											59	60						Argila
											60	70						Areia Argilosa
											70	90						Argila Arenosa
				90	115	Areia Grossa												
				115	125	Argila												
				125	140	Areia Conglomerática												
				140	148	Argila Arenosa												

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
										148 156	156 160	Areia Argilosa Argila					
1500000227	752382	9729797	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ-COSANPA( POÇO-57-A)	124,0	106	444,5	63,0	87,0	Espiralado perfil redondo inox 8"	0	10	Areia Fina	0	6,2	51,43	Após Estabilização	117,8
						317,5	94,0	104,0	Espiralado perfil redondo inox 8"	10	24	Argila Arenosa					
										24	44	Areia Fina					
										44	58	Argila					
										58	87	Areia Conglomerática					
										87	94	Argila					
										94	104	Areia Média					
										104	122	Argila					
1500000228	751477	9731445	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ-COSANPA	132,0	80	558,8	36,0	42,0	Açoinox com rosca e luva 8"	0	15	Areia Fina	0	8		Após Estabilização	124
							80,0	115,0	Açoinox com rosca e luva 8"	15	36	Argila Arenosa					
										36	42	Areia Grossa					
										42	48	Argila					
										48	60	Argila Arenosa					
										60	80	Areia Conglomerática					
										80	115	Areia Grossa					
										115	132	Argila					
1500000229	754293	9729876	COMPLEXO ESPORTIVO DE SANTARÉM	80,0	76	317,5	56,0	72,0	p.v.c. 6"	0	12	Argila Arenosa					
							76,0	80,0	p.v.c. 6"	12	28	Areia Fina					
										28	33	Argila Arenosa					
										33	36	Argila					
										36	56	Areia Muito Fina					
										56	72	Areia Grossa					
										72	76	Argila					
										76	80	Areia Conglomerática					
1500000230	755210	9728996	SESPA	72,0	64	317,5	52,0	60,0	Plastico geomecanico 6"	0	16	Argila Arenosa	35	55	7	Após Estabilização	17
							64,0	72,0	Plastico geomecanico 6"	16	24	Areia Fina					
										24	28	Areia Média					
										28	72	Areia Conglomerática					
1500000231	756469	9729100	SESPA-SECRETARIA ESTADUAL DE SAÚDE PÚBLICA	24,0	18	317,5	18,0	24,0	p.v.c. 6"	0	3	Argila Arenosa	0,32	2,2	64	Após Estabilização	21,8
										3	5	Argila Areno-Siltosa					
										5	12	Argila					
										12	24	Areia Grossa					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500000232	754626	9728490	SESPA - SECRETARIA ESTADUAL DE SAÚDE PÚBLICA	80,0	66	317,5	54,0	62,0	p.v.c. 6"	0	5	Solo Argiloso	45	66	70	Após Estabilização	14
							66,0	80,0	p.v.c. 6"	5	20	Argila Arenosa					
										20	40	Areia Média					
										40	54	Argila Arenosa					
										54	62	Areia Conglomerática					
			62	80	Areia Média												
1500000233	756354	9728196	SESPA-SECRETARIA ESTADUAL DE SAÚDE PÚBLICA	20,0	15	317,5	15,0	20,0	p.v.c. 6"	0	5	Argila	0,1	2,1	40	Após Estabilização	17,9
										5	12	Areia Fina					
										12	20	Areia Grossa					
1500000234	754037	9727661	SESPA - SECRETARIA ESTADUAL DE SAÚDE PÚBLICA	64,0	64	317,5	33,0	39,0	p.v.c. 6"	0	8	Argila	17,62	54	64	Após Estabilização	10
							42,0	48,0	p.v.c. 6"	8	17	Argila Arenosa					
										17	24	Argila					
										24	30	Argila Areno-Siltosa					
										30	39	Areia Grossa					
										39	42	Argila Arenosa					
			42	48	Areia Conglomerática												
			48	64	Argila												
1500000235	752976	9726825	COCACOLA-COMPANHIA PARAENSE DE REFRIGERA	58,0	58	304,8	48,0	54,0	p.v.c. 6"	0	12	Argila Areno-Siltosa					
										12	31	Areia Muito Fina					
										31	48	Argila					
										48	54	Areia Grossa					
										54	58	Argila					
1500000236	752832	9726801	COCACOLA-COMPANHIA PARAENSE DE REFRIGERANTES .	90,0	85	304,8	53,0	61,0	Plastico geomecanico 6"	0	6	Silte	20	26,8	8	Após Estabilização	63,2
							67,0	80,0	Plastico geomecanico 6"	6	33	Areia Argilosa					
										33	53	Argila arenosa					
										53	61	Areia Conglomerática					
										61	67	Argila					
										67	85	Areia Média					
										85	90	Argila					



7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500000237	752688	9726777	COCACOLA-COMPANHIA PARAENSE DE REFRIGERANTES .	65,0	65	317,5	30,0	34,0	Plastico geomecanico 8"	0	19	Argila Arenosa	15	18,5	21	Após Estabilização	46,5
							43,0	60,0	Plastico geomecanico 8"	19	26	Argila Arenosa					
							43,0	60,0	Plastico geomecanico 8"	26	34	Areia Média					
										34	43	Argila					
										43	60	Areia Conglomerática					
			60	65	Argila Arenosa												
1500000238	756063	9728625	SESPA - SECRETARIA ESTADUAL DE SAÚDE PÚBLICA	25,0	25	317,5	18,0	22,0	p.v.c. 6"	0	10	Argila	0,57	2	80	Após Estabilização	23
										10	18	Areia Argilosa					
										18	22	Areia grossa					
										22	25	Argila					
1500000239	753077	9726710	SESPA-SECRETARIA ESTADUAL DE SAÚDE PÚBLICA	50,0	44	317,5	32,0	41,0	p.v.c. 6"	0	9	Argila	17,67	23	50	Após Estabilização	27
							44,0	50,0	p.v.c. 6"	9	32	Areia Fina					
										32	41	Areia Conglomerática					
										41	44	Argila					
										44	50	Areia Grossa					
1500000240	754502	9729578	EDMILSON T. SILVA	35,0	30	317,5	30,0	35,0	p.v.c. 6"	0	10	Argila Arenosa	20	25	10	Após Estabilização	10
										10	18	Argila					
										18	30	Argila					
										30	35	Areia Média					
1500000241	754275	9729934	PRESÍDIO SANTARÉM	65,0	60	152,4	60,0	65,0	p.v.c. 4"	0	12	Areia Argilosa					
										12	20	Areia Fina					
										20	35	Argila Arenosa					
										35	45	Areia Conglomerática					
										45	65	Areia Grossa					
1500000242	753588	9731958	ELIEL CAPIBERIBE DE OLIVEIRA	28,0	23	203,2	23,0	28,0	p.v.c. 6"	0	2	Solo Argiloso	17	23	8	Após Estabilização	5
										2	8	Argila					
										8	12	Areia Fina					
										12	18	Argila					
										18	23	Areia Fina					
										23	28	Areia Grossa					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500000243	752377	9731729	XERFAN E CIA. LTDA.	25,0	20	254,0	20,0	25,0	p.v.c. 6"	0 5 12 18	5 12 18 25	Solo Areno-Argiloso Laterita Argila Areia Grossa	12	14	3	Após Estabilização	11
1500000244	751559	9731635	IGREJA NOSSA SENHORA DO PERPÉTUO S	24,0	20	203,2	20,0	24,0	p.v.c. 4"	0 3 8 15	3 8 15 24	Solo Argila Areia Fina Areia Conglomerática	13	23	2,5	Após Estabilização	1
1500000245	751535	9731667	ANTÔNIO JOSÉ DE AQUINO GAMBÔA	24,0	20	203,2	20,0	24,0	p.v.c. 6"	0 3 6 10 15 20	3 6 10 15 20 24	Solo Argila Arenosa Laterita Areia Fina Areia Argilosa Areia Conglomerática					24
1500000246	752091	9731340	DIORLANDO FERREIRA CAMPOS	18,0	15	203,2	15,0	18,0	p.v.c. 6"	0 6 15	6 15 18	Argila Areia Fina Areia Média	9	13	3	Após Estabilização	5
1500000247	752063	9731235	ANGELO CANTE GALOSO-PANIFICADORA BETÂNIA	22,0	18	203,2	18,0	22,0	p.v.c. 5"	0 8 12 18	8 12 18 22	Argila Arenosa Laterita Areia Argilosa Areia Conglomerática	11	14	5	Após Estabilização	8
1500000248	752951	9731875	GILMAR PASTANA DE OLIVEIRA-PANIFICADORA KI-PÃO	24,0	20	203,2	20,0	24,0	p.v.c. 6"	0 3 8 15 20	3 8 15 20 24	Solo Laterita Areia Fina Argila Areia Conglomerática	12	16	5	Após Estabilização	8
1500000249	752891	9731846	IGREJA BATISTA	26,0	20	203,2	20,0	26,0	p.v.c. 6"	0 5 11 18	5 11 18 26	Solo Argiloso Areia Fina Argila Arenosa Areia Grossa	10	13	3	Após Estabilização	13

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1500000250	752921	9731926	MARIA RAIMUNDA SOUZA CASTRO	30,0	24	203,2	24,0	30,0	p.v.c. 5"	0 10 13 20 22	10 13 20 22 30	Argila Arenosa Laterita Areia Fina Argila Arenosa Areia Conglomerática	14	18	4	Após Estabilização	12
1500000251	753836	9732136	NILTON ALVES DE SÁ	30,0	30	254,0			Plastico p.v.c. 6"	0 10 17 20 28	10 17 20 28 30	Argila arenosa Areia fina Argila arenosa Areia conglomerática Argila Siltosa	17	19	5	Após estabilização	235
1500000252	751792	9732149	MARINEIDE SILVA DE OLIVEIRA	20,0	17	203,2			Plastico p.v.c. 4"	0 9 10 12 17	9 10 12 17 20	Argila arenosa Areia fina argila arenosa Argila Areia conglomerática					203,2
1500000253	752593	9731912	VALDERLICE PINTO COSTA	24,0	20	254,0			Plastico p.v.c. 6"	0 4 10 12 18	4 10 12 18 24	Solo areno-argiloso Argila arenosa Laterita Areia fina Areia conglomerática	11	14	2	Após estabilização	240
1500000254	752619	9731917	IGREJA NOSSA SENHORA DE FÁTIMA	30,0	25	304,8			Plastico p.v.c. 6"	0 10 15 20 23	10 15 20 23 30	Argila arenosa laterita Areia fina Argila Areia conglomerática	9	25	5	Após estabilização	279,8
1500000255	753121	9731236	DANCETERIA SIGNUS	35,0	30	203,2			Plastico p.v.c. 5"	0 3 7 10 15 22	3 7 10 15 22 35	Solo Argila arenosa Laterita Argila arenosa Areia fina Areia conglomerática	22	25	3	Após estabilização	178,2

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia	NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)		
1500000256	753115	9731241	MARIA HERMÍNIA SIMÕES HAMAD	54,0	48	203,2		Plástico p.v.c. 6"	0 16 25 39 46	16 25 39 46 54	argila areia fina Argila Areia grossa Areia conglomerática	16,3	28,3	3,6	Após estabilização	174,9
1500000257	754736	9732708	MASCOTINHO	18,0	12	304,8		Plástico p.v.c. 6"	0 3 8 12	3 8 12 18	Solo Argila Areia fina Areia grossa	8	12	2	Após estabilização	292,8
1500000258	754652	9732608	ESCOLA ESTADUAL FREI AMBRÓSIO	48,0	37	254,0		Plástico p.v.c. 6"	0 6 9 18 36 40	6 9 18 36 40 48	Argila Laterita Argila arenosa Areia média Areia conglomerática Argila	23	28	5	Após estabilização	226
1500000259	753309	9732027	ALAIR DINIIZ	24,0	18	203,2		Plástico p.v.c. 4"	0 3 9 12 15	3 9 12 15 24	Solo Argila arenosa Laterita Argila Areia média	15	18	3	Após estabilização	185,2
1500000260	753587	9732109	COLÉGIO ESTADUAL MÔNICA DE MATOS	22,0	16	254,0		Plástico p.v.c. 6"	0 5 12 14	5 12 14 22	Argila arenosa Areia fina Argila Areia conglomerática	13	17	5	Após estabilização	237
1500000261	753578	9731828	DACIVAL SILVA OLIVEIRA	36,0	30	203,2		Plástico p.v.c. 4"	0 12 20 25 30	12 20 25 30 36	Argila arenosa Areia fina Argila Areia média Areia conglomerática	20	25	8	Após estabilização	178,2

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1500000262	751891	9731619	JOSÉ BENEDITO COELHO	18,0	15	203,2			Plastico p.v.c.	0 3 10	3 10 18	solo argila Areia grossa	9	11	1,2	Após estabilização	192,2
1500000263	752219	9731666	EDIFÍCIO XINGÚ	18,0	12	203,2			Plastico p.v.c. -6	0 5 8 12	5 8 12 18	argila areno-silitosa laterita Argila Areia média	8	11	2	Após estabilização	192,2
1500000264	753600	9730678	JOSÉ EDILSON PARENTE	26,0	20	203,0			Plastico p.v.c. -5	0 2 8 18	2 8 18 26	solo argila Areia média Areia conglomerática	15	17	4	Após estabilização	186
1500000265	753441	9730669	EUZILDO CARDOSO	42,0	35	203,2			Plastico p.v.c. -4	9 10 18 30 35	10 18 30 35 42	argila argila arenosa Areia argilosa Argila Areia grossa	26	30	5	Após estabilização	173,2
1500000266	756357	9731238	A MÃO COOPERADORA	24,0	18	230,0			Plastico p.v.c. 6	0 4 10 16	4 10 16 24	solo arenoso-argiloso areia fina Argila arenosa Areia grossa	4	7	5	Após estabilização	223
1500000267	753467	9732382	CASA RAINHA	24,0	18	254,0			Plastico p.v.c. -6	0 6 10 16 19	6 10 16 19 24	Argila Laterita Argila arenosa Areia fina Areia conglomerática	6	18	6	Após estabilização	236

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1500000268	754694	9731356	LUCIMAR BRASIL REBÊLO	53,0	47	254,0			Plastico p.v.c. -6	0 10 20 28 35 46	10 20 28 35 46 53	Argila Argila arenosa Areia fina Argila Areia média Areia grossa	40	45	5	Após estabilização	209
1500000269	757466	9727038	SESPA - SECR ESTADUAL DE SAÚDE PÚ	22,0	15	203,2			Plastico geomecanico	0 2 10 15	2 10 15 22	solo Argila arenosa Areia média Areia conglomerática	1,6	3,2	34	Após estabilização	200
1500000270	757430	9727041	SESPA - SECRETARIA ESTADUAL DE SAÚDE PÚ	23,0	1	203,2			Plastico p.v.c. -6	0 5 12	5 12 23	Areia argilosa Areia média Areia conglomerática	1,4	3	45	Após estabilização	200,2
1500000271	754170	9732000	TELEPARÁ	36,0	25	203,2			Plastico p.v.c. -6	0 8 12 20 30	8 12 20 30 36	Argila arenosa Laterita Argila Areia grossa Areia conglomerática	24	32	4,6	Após estabilização	171,2
1500000272	750960	9732284	HILÁRIO COIMBRA	20,0	10	152,4			Plastico p.v.c. -6	0 11 12	11 12 20	Argila arenosa Argila Areia grossa	4,5	8	28	Após estabilização	144,4

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia	NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)		
1500000273	753019	9731119	MOACIR CIESCA	42,0	36	203,2		Plastico p.v.c. -6	0 4 12 18 28 37	4 12 18 28 37	Solo Argila arenosa Laterita Argila areno-siltosa Areia fina Areia conglomerática	30	35	6	Após estabilização	168,2
1500000274	752908	9731009	MARIA CONCEIÇÃO MOTA	30,0	24	203,2		Nao especificado -6	0 8 12 18	8 12 18 32	argila argila arenosa areia fina areia grossa	20	24	5	Após estabilização	179,2
1500000275	752518	9731038	COMERCIAL ATLÉTICO CEARENSE	25,0	18	152,4		Plastico p.v.c. -6	0 3 10 12 17	3 10 12 17 25	Solo areno-argiloso Areia argilosa Laterita Argila areno-siltosa Areia grossa	20	22	2	Após estabilização	130,4
1500000276	752608	9731246	VICENTE RIBEIRO	42,0	36	203,2		Plastico p.v.c. -6	0 8 12 18 26 32	8 12 18 26 32 42	Areia argilosa Argila areno-siltosa Areia fina Areia média Argila arenosa Areia conglomerática	17	25	4	Após estabilização	178,2
1500000277	752726	9730847	ODEMAR JOSE PINTO DE SOUZA	30,0	24	203,2		Plastico p.v.c. -5	0 6 18 24	6 18 24 30	Solo areno-argiloso Argila areno-siltosa Areia média Areia conglomerática	18	23	4	Após estabilização	180,2
1500000278	752442	9730631	FUNDAÇÃO ESPERANÇA	24,0	18	127,0		Plastico p.v.c. -5	0 3 9 16 17	3 9 16 17 24	Solo Areia argilosa Areia fina Argila areno-siltosa Areia grossa	18	19,3	2	Após estabilização	107,7

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia	NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)		
1500000279	752675	9730649	FUNDAÇÃO ESPERANÇA	36,0	30	203,2			Plastico p.v.c. -6 0 10 18 24 30	0 18 24 30 36	Argila arenosa Areia fina Argila Areia argilosa Areia conglomerática	18	33	7,5	Após estabilização	170,2
1500000280	752534	9730737	FUNDAÇÃO ESPERANÇA	22,0	16	152,4			Plastico p.v.c. -6 0 2 8 10 16	2 8 10 16 22	SOLO ARGILA LATERITA AREIA FINA AREIA GROSSA	18	19	5	Após estabilização	133,4
1500000281	752248	9731013	SEVERINO PEDRO DE SOUZA	19,0	13	203,2			Plastico p.v.c. -4 0 5 13	5 13 19	Areia argilosa Areia fina Areia conglomerática	9	12	4	Após estabilização	191,2
1500000282	752411	9730817	FRANCISCO DA CONCEIÇÃO PINTO	24,0	18	203,2			Plastico p.v.c. 0 5 12 15	5 12 15 24	ARGILA AREIA FINA ARGILA ARENOSA Areia conglomerática	12	15	5	Após estabilização	188,2
1500000283	752372	9731017	ALVARO FONSECA PEREIRA	18,0	15	152,4			Plastico p.v.c. 0 3 9 10	3 9 10 18	solo argila arenosa laterita areia grossa	9	11	1,5	Após estabilização	141,4
1500000284	752360	9730510	FRANCISCO ADAÍLSON NERI	36,0	30	203,2			Plastico p.v.c. -6 0 8 18 26	8 18 26 36	Argila arenosa Areia argilosa Areia fina Areia conglomerática	15	16	7	Após estabilização	187,2
1500000285	752179	9730516	MOTEL HIPOPÓTAMUS	18,0	15	203,2			Plastico p.v.c. -6 0 7 10 15	7 10 15 18	Argila Laterita Areia fina Areia conglomerática	8	14	6	Após estabilização	189,2



7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1500000286	752371	9730293	FILOMENO AGUIAR DA SILVA	16,0	12	101,6			Plastico p.v.c. -4	0 3 10	3 10 16	solo argila Areia média	12	16	3	Após estabilização	85,6
1500000287	752425	9730066	FRANCISCO TÔRRES DE OLIVEIRA	22,0	15	101,6			Plastico p.v.c. -4	0 4 12 15	4 12 15 22	Solo Argila arenosa Areia muito fina Areia grossa	12				101,6
1500000288	752349	9730071	VICENTE DAVID	18,0	15	101,6			Plastico p.v.c.	0 6 13	6 13 18	Argila arenosa Areia fina Areia conglomerática	7				101,6
1500000289	752111	9730226	AUTO POSTO AVENIDA	17,0	15	152,4			Plastico p.v.c. -6	0 3 12	3 12 17	solo argila arenosa areia grossa	12				152,4
1500000290	752264	9730273	LUIZ CARLOS AUGUSTO	18,0	15	203,2			Plastico p.v.c. -6	0 5 8 12	5 8 12 18	argila laterita argila arenosa areia fina	12	15	2	Após estabilização	188,2
1500000291	752676	9730154	TEREZA RODRIGUES CAMPOS	30,0	25	152,4			Plastico p.v.c. -4	0 3 12 20 25	3 12 20 25 30	solo argila areia fina argila arenosa Areia média	22	26	3	Após estabilização	126,4
1500000292	752829	9730269	JOÃO LOPES MACIEL	42,0	36	203,2			Plastico p.v.c. -6	0 5 12 28 35	5 12 28 35 42	Argila Argila arenosa Areia fina Argila arenosa Areia conglomerática	24	25	4,7	Após estabilização	178,2

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia	NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)		
1500000293	752941	9730411	ANTÔNIO GERALDO DE SOUZA	35,0	30	203,2		Plastico p.v.c. -6	0 8 20 28	8 20 28 35	Argila Argila arenosa Areia média Areia conglomerática	30	34	1,3	Após estabilização	169,2
1500000294	753029	9730507	VALDOMIRO ALVES DE OLIVEIRA	36,0	30	203,2		Plastico p.v.c. -4	0 2 10 22 29	2 10 22 29 36	Solo Argila Areia fina Argila arenosa Areia grossa	24	29	2	Após estabilização	174,2
1500000295	752907	9730641	SERVEBOM	48,0	40	203,2		Plastico p.v.c. -6	0 12 20 32	12 20 32 48	Argila Argila arenosa Areia média Areia conglomerática	28	28	8	Após estabilização	175,2
1500000296	752991	9730962	JOSÉ DA COSTA BRANDÃO	30,0	24	152,4		Plastico p.v.c. -4	0 3 10 18 24	3 10 18 24 30	Solo Argila arenosa Argila arenosa Areia fina Areia média	27	29	1,5	Após estabilização	123,4
1500000297	753096	9731182	JOUSE JARRA	35,0	30	203,2		Plastico p.v.c. -6	0 8 12 21 30	8 12 21 30 35	Argila Laterita Argila arenosa Areia média Areia conglomerática	19	23	5	Após estabilização	180,2
1500000298	757851	9726015	EDNEUSA ALVES DE LIMA	15,0	12	152,4		Plastico p.v.c. -4	0 6 10	6 10 15	Argila Areia fina Areia grossa	11	14	1	Após estabilização	138,4
1500000299	757910	9726056	RAIMUNDA CONCEIÇÃO P LOPES	18,0	15	152,4		Plastico p.v.c. -4	0 8 10	8 10 18	Argila laterita Areia média	10	13	1,5	Após estabilização	139,4

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1500000300	757853	9726000	FRANCISCO BEZERRA CORRÊA	18,0	15	152,4			Plastico p.v.c. -4	0 3 10 12	3 10 12 18	Solo Argila Laterita Areia grossa	11	12	1	Após estabilização	140,4
1500000301	757637	9725921	CLEONIZA BEZERRA DA SILVA	20,0	15	2540000,0			Plastico p.v.c. -8	0 5 11 16	5 11 16 20	Argila Argila arenosa Areia média Areia conglomerática arg	14	16	1	Após estabilização	2539984
1500000302	757638	9725931	JOSÉ BRITO LIMA DA SILVA	19,5	15	152,4			Plastico p.v.c.	0 2 10 15	2 10 15 19.5	solo argila arenosa Areia fina Areia grossa					152,4
1500000303	757608	9725995	MARIA HORTÊNCIA NASCIMENTO DE MOURA	20,0	15	152,4			Plastico p.v.c. -4	0 7 10 15	7 10 15 20	Argila Laterita Argila arenosa Areia fina	12	16	1,5	Após estabilização	136,4
1500000304	757975	9726084	DORENILDA SARAIVA PANTOJA	18,0	15	127,0			Plastico p.v.c. -	0 6 15	6 15 18	Argila Argila arenosa Areia média	8	13	1	Após estabilização	114
1500000305	757597	9726099	JOÃO FELÍCIO DA COSTA	24,0	20	152,4			Plastico p.v.c. -4	0 10 18	10 18 24	argila argila arenosa Areia média	16	18	2	Após estabilização	134,4
1500000306	757968	9726247	ESCOLA JADER FONTENELES BARBALHO	17,0	15	203,2			Plastico p.v.c.	0 4 10	4 10 17	Solo Argila areno-siltosa Areia fina	8	10	1	Após estabilização	193,2

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia	NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)			
1500000307	758684	9726398	OSMUNDO MOTA	15,0	12	152,4			Plastico p.v.c.	0 5 8 12	5 8 12 15	Argila Laterita Argila arenosa Areia fina	8	9	1,5	Após estabilização	143,4
1500000308	756870	9726934	ESCOLA MUNICIPAL HAROLDO VELOSO	15,0	12	203,2			Plastico p.v.c.	0 2 8	2 8 15	solo argila arenosa Areia média	10	12	1,5	Após estabilização	191,2
1500000309	756896	9726868	BARTOLOMEU BERNARDO VINHOTE	12,0	10	152,4			Plastico p.v.c.	0 2 6 10	2 6 10 12	solo argila areia fina areia grossa	8	10	1,5	Após estabilização	142,4
1500000310	757019	9727127	FRANCISCO	12,0	10	152,4			Plastico p.v.c. -4	0 4 8	4 8 12	argila argila arenosa areia grossa	8	10	1,5	Após estabilização	142,4
1500000311	757121	9726981	BENEDITO QUEIROZ DA SILVA	20,0	20	152,4			Plastico p.v.c. -4	0 3 8 16	3 8 16 20	solo argila areia grossa areia congl. Argilosa	8	10	1,5	Após estabilização	142,4
1500000312	756900	9726891	CERASA-CERÂMICA SANTARÉM LTDA.	18,0	15	203,2			Plastico p.v.c. -6	0 3 7 12	3 7 12 18	solo aterita argila arenosa Areia média	8	10	1,5	Após estabilização	193,2
1500000313	757205	9726766	DANILO DOS SANTOS	17,0	14	152,4			Plastico p.v.c. -4	0 7 12	7 12 17	argila argila arenosa Areia média	8	10	3	Após estabilização	142,4
1500000314	757263	9726925	JONALTA MACIEL DE JESUS	12,0	10	127,0			Plastico p.v.c.	0 2 8	2 8 12	Argila Argila arenosa Areia fina	6	9	1,5	Após estabilização	118

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1500000315	757253	9726872	MARILENE COSTA	10,0	8	152,4			Plastico p.v.c. -4	0 2 7	2 7 10	solo argila arenosa Areia média					152,4
1500000316	757218	9726894	FRANCISCA LUCILENE	18,0	15	152,4			Plastico p.v.c. -4	0 8 12	8 12 18	argila argila arenosa Areia média	12	13	1	Após estabilização	139,4
1500000317	757177	9726851	EDVALDO DIAS PICANÇO	15,0	12	152,4			Plastico p.v.c. -4	0 4 8 12	4 8 12 15	Argila Laterita Argila arenosa Areia média	9	12	1,5	Após estabilização	140,4
1500000318	753915	9731160	LÍDIA SOUZA AMORIM	36,0	30	203,2			Plastico p.v.c. -6	0 10 18 29	10 18 29 36	Argila Argila arenosa Areia fina Areia média	8	14	3	Após estabilização	189,2
1500000319	753722	9731019	RUTH MARIA SILVA DE MORAES	42,0	36	203,2			Plastico p.v.c.	0 8 20 28 36	8 20 28 36 42	Argila Argila arenosa Areia fina Areia média Areia conglomerática argilosa	32	35	2,5	Após estabilização	168,2
1500000320	753604	9730896	EZEQUIAS SOUZA MARINHO	42,0	36	152,4			Plastico p.v.c. -4	0 8 11 21 33	8 11 21 33 42	argila laterita argila arenosa Areia média Areia conglomerática argilosa	28	32	5	Após estabilização	120,4

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1500000321	753518	9730818	OLINDINA DE CASTRO SERIQUE	35,0	30	203,2			Plastico p.v.c. -6	0 6 15 25	6 15 25 35	argila argila arenosa Areia média Areia conglomerática	29	31	4	Após estabilização	172,2
1500000322	753344	9730476	MIGUEL LOBATO DE VASCONCELOS	42,0	35	203,2			Plastico p.v.c. -6	0 10 18 26 38	10 18 26 38 42	Argila Argila arenosa Areia fina Areia média Areia conglomerática	28	30	2	Após estabilização	173,2
1500000323	753293	9730432	ALUÍSIO TAVARES DOS SANTOS	42,0	36	203,2			Plastico p.v.c. -6	0 2 10 19 32 36	2 10 19 32 36 42	solo argila argila arenosa Areia média areia grossa Areia conglomerática	29	32	2	Após estabilização	171,2
1500000324	753452	9730634	JUAREZ BENEDITO DA SILVA	45,0	39	203,2			Plastico p.v.c.	0 12 20 35	12 20 35 45	argila argila arenosa areia fina Areia conglomerática argilosa	32	34		Após estabilização	169,2
1500000325	754627	9730388	FIT - FACULDADE INTEGRADAS DO TAPAJÓS	60,0	54	304,8			Plastico p.v.c. -6	0 15 28 33 46 52	15 28 33 46 52 60	Argila Areia fina Argila arenosa Areia média Argila arenosa Areia média	44	49	3	Após estabilização	255,8

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1500000326	754267	9730711	CENILDA FREITAS DE AGUIAR	60,0	54	152,4			Plastico p.v.c. -4	0	20	Argila arenosa	44	48	2	Após estabilização	104,4
										20	35	Areia fina					
										35	44	Argila arenosa					
										44	54	Areia média					
										54	60	Areia conglomeratica					
1500000327	754214	9730545	MANOEL CAETANO DUARTE	57,0	51	203,2			Plastico p.v.c. -6	0	15	argila	42	43	6	Após estabilização	160,2
										15	30	argila arenosa					
										30	42	areia fina					
										42	57	areia grossa					
1500000328	754092	9730437	ANA CLÉA MIRANDA	48,0	42	203,2			Plastico p.v.c.	0	5	solo	37	40	2	Após estabilização	163,2
										5	15	argila arenosa					
										15	32	areia fina					
										32	40	argila arenosa					
										40	48	areia grossa					
1500000329	754356	9731011	VILA DA AERONÁUTICA	60,0	54	254,0			Plastico p.v.c. -8	0	10	argila arenosa	15	45	6	Após estabilização	209
										10	18	areia fina					
										18	29	argila					
										29	38	areia fina					
										38	49	argila arenosa					
										49	60	Areia media					
1500000330	753852	9730244	ARLENE SOCORRO MARCOS GAMA	38,0	35	203,2			Plastico p.v.c. -6	0	8	Argila	26	32	2	Após estabilização	171,2
										8	20	Argila arenosa					
										20	30	Areia média					
										30	38	Areia conglomerática argilosa					
1500000331	753663	9730086	JOSÉ ROBERTO SOEIRO DE OLIVEIRA	52,0	46	203,2			Plastico p.v.c. -6	0	5	solo	35	40	2	Após estabilização	163,2
										5	12	argila arenosa					
										12	20	areia fina					
										20	35	argila arenosa					
										35	46	Areia média					
										46	52	Areia conglomerática					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1500000332	753284	9729948	JOÃO DA ROCHA RÊGO	48,0	42	203,2			Plastico p.v.c. -6	0	12	argila	42	45	2	Após estabilização	158,2
										12	25	argila arenosa					
										25	36	areia fina					
										36	42	Areia conglomerática					
										42	48	Areia grossa					
1500000333	753227	9730092	LUCIMAR ROCHA	58,0	52	152,4			Plastico p.v.c. -6	0	10	argila	42	48	1,5	Após estabilização	104,4
										10	25	argila arenosa					
										25	35	areia fina					
										35	48	argila arenosa					
										48	58	Areia média					
1500000334	753112	9730139	FRANCISCO DOS SANTOS SILVA	49,0	35	101,6			Plastico p.v.c. -4	0	1	Solo areno-argiloso	38				101,6
										1	10	Argila					
										10	25	Areia siltosa					
										25	35	Areia fina					
										35	49	Areia media					
1500000335	753767	9730529	VIRGÍNIA LANE DE CASTRO SIQUEIRA	42,0	42	152,4			Plastico p.v.c. -6	0	6	Argila arenosa	32	33	6,6	Após estabilização	119,4
										6	15	Argila					
										15	22	Areia fina					
										22	30	Areia muito fina					
										30	42	Areia media					
1500000336	753960	9730640	ACRILÊNIO JOSÉ ALBUQUERQUE	42,0	42	152,4			Plastico p.v.c. -6	0	2	Solo areno-argiloso					152,4
										2	10	Argila areno-siltosa					
										10	15	Argila					
										15	25	Areia muito fina					
										25	30	Areia fina					
										30	42	Areia grossa					
1500000337	753974	9730656	FRANCISCO BAÍA	42,0	36	152,4			Plastico p.v.c. -6	0	3	Argila arenosa	33				152,4
										3	10	Areia fina					
										10	12	Laterita					
										12	25	Argila areno-siltosa					
										25	36	Areia fina					
										36	42	Areia media					



7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1500000338	753783	9730744	JOSÉ CARLOS DA SILVA	48,0	40	152,4			Plastico p.v.c. -6	0	2	Solo areno-argiloso	36				152,4
										2	10	Argila arenosa					
										10	20	Areia siltosa					
										20	30	Areia fina					
										30	38	Areia argilosa					
										38	48	Areia conglomerática					
1500000339	753692	9730025	JOSÉ CARLOS DA SILVA	60,0	60	127,0			Plastico p.v.c. -5	0	1	Solo areno-argiloso	44				127
										1	6	Argila					
										6	8	Laterita					
										8	20	Areia argilosa					
										20	30	Areia fina					
										30	39	Areia argilosa					
										39	42	Areia argilosa					
										42	48	Areia conglomerática					
										48	60	Areia muito fina					
1500000340	752989	9729964	MARIA JOSÉ SILVA DOS SANTOS	48,0	48	101,6			Plastico p.v.c. -4	0	6	argila	40				101,6
										6	12	areia muito fina					
										12	25	areia situosa					
										25	40	areia argilosa					
										40	48	areia grossa					
1500000341	754304	9731475	CONJUNTO RESIDENCIAL REIS MAGOS	60,0	54	203,2			Plastico p.v.c. -6	0	12	Argila	45	48	2	Após estabilização	155,2
										12	25	Argila arenosa					
										25	36	Areia fina					
										36	49	Argila arenosa					
										49	51	Areia média					
										51	60	Areia conglomerática argilosa					
1500000342	755710	9730340	LAURENILSON DA COSTA MAGALHÃES	50,0	50	203,2			Plastico p.v.c. -6	0	5	solo	40	46	4	Após estabilização	157,2
										5	18	argila arenosa					
										18	30	areia fina					
										30	42	areia arenosa					
										42	50	areia média					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1500000343	754149	9731440	SANCLIN	42,0	36	203,2			Plastico p.v.c.	0 3 15 28	3 15 28 42	solo argila areia fina Areia conglomerática argilosa	26	38	8	Após estabilização	165,2
1500000344	755359	9731924	SOTEL	32,0	28	203,2			Plastico p.v.c.	0 3 10 18 25	3 10 18 25 32	solo argila argila arenosa areia fina areia conglomeratica	20	22	1	Após estabilização	181,2
1500000345	752264	9731343	UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - UFPA.	48,0	42	254,0			Plastico geomecanico -6	0 10 26 38	10 26 38 48	Argila Argila arenosa Areia fina Areia conglomerática argilosa	16	20	4	Após estabilização	234
1500000346	755576	9731472	QUARTEL DOS BOMBEIROS	40,0	35	203,2			Plastico p.v.c. -6	0 12 20 32	12 20 32 40	argila argila arenosa areia media areia conglomeratica	20	35	8	Após estabilização	168,2
1500000347	755703	9731526	CARLOS RIBERTO DE SOUZA	30,0	25	152,4			Plastico p.v.c. -4	0 13 22	13 22 30	argila argila arenosa areia fina	14	20	2	Após estabilização	132,4
1500000348	755783	9731522	ROLF TAMBKE	30,0	30	203,2			Plastico p.v.c. -6	0 3 10 18	3 10 18 30	solo argila areia fina areia conglomeratica	12	22	1	Após estabilização	181,2

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1500000349	755711	9731491	DACIVALDO COIMBRA	30,0	24	203,2			Plastico p.v.c. -6	0 3 12 22	3 12 22 30	solo argila arenosa areia fina areia conglomeratica	12	22	2	Após estabilização	181,2
1500000350	755790	9731778	SETRAN	30,0	25	203,2			Plastico p.v.c. -6	0 3 10 18	3 10 18 30	solo argila arenosa argila arenosa areia fina	8	12	5	Após estabilização	191,2
1500000351	755670	9731749	JOÃO PINTO DE OLIVEIRA	42,0	36,00	101,6	36,0	42,0	Plastico p.v.c. 4	0 3	3 8	Argila / Argila arenosa	28,00	38			4
1500000352	755788	9731595	LADISLAU MEIRELES	40,0	35,00	152,4	35,0	40,0	Plastico p.v.c. 6	32 35	35 40	Argila / Areia média	28,00	30			10
1500000353	755631	9730856	CELPA	36,0	30,00	152,4	30,0	36,0	Plastico p.v.c. 6	22 30	30 36	Argila / Areia média	20,00	28			8
1500000354	754663	9731325	PEDRO JACKSON	54,0	48,00	203,2	48,0	54,0	Plastico p.v.c. 6								54
1500000355	754721	9731414	PAULO LOURENÇO LIRA BERNARDES	48,0	42	203,2	42,0	48,0	Plastico p.v.c. 6	0	7	Argila	38	45	5	Após estabilização	3
1500000356							40,0	47,0	Plastico p.v.c. 6	7 18 31 40	18 31 40 48	Argila arenosa Areia fina Areia grossa Areia conglomerática					
1500000357	755772	9731541	ERIVAN ANDRADE DE BRITO	30,0	25	152,4	25,0	30,0	Plastico p.v.c. 4	0 3 15 25	3 15 25 30	Argila Argila arenosa Areia fina Areia grossa	10,00	22,00	2	Após estabilização	8
1500000358	754369	9731749	EDIFÍCIO BARÃO DE SANTARÉM	36,0	30	203,2	30,0	36,0	Plastico p.v.c. 6	0 10 18 26	10 18 26 36	Argila Argila arenosa Areia fina Areia grossa	18,00	34,00	4	Após estabilização	2
1500000359	754418	9731985	EDIFÍCIO DÁRIO E. COIMBRA	33,0	30	152,4	30,0	33,0	Plastico p.v.c. 6	0 3 10 22 28	3 10 22 28 33	Solo areno-argiloso Argila arenosa Areia fina Argila arenosa Areia média	21,00	29,00	6	Após estabilização	4
1500000360	759270	9724133	CHIRLAVA LUTINS	24,0	20	152,4	20,0	24,0	Plastico p.v.c. 4	0 8 12	8 12 24	Argila Argila arenosa Areia grossa	4,00	8,00	2	Após estabilização	16

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500000361	759130	9724251	LUZIA MONTEIRO MACÊDO	8,0	6	203,2	6,0	8,0	Plastico p.v.c. 6	0	2	Argila arenosa	6,00	7,00	1,5	Após estabilização	1
										2	5	Areia argilosa					
										5	8	Areia fina					
1500000362	759082	9724077	TEREZA MILÉO	10,0	8	152,4	8,0	10,0	Plastico p.v.c. 4	0	5	Argila	4,00	6,00	1,5	Após estabilização	4
										5	10	Areia fina					
1500000363	758904	9724109	ROSA SOARES DOS SANTOS	12,0	10	152,4	10,0	12,0	Plastico p.v.c. 4	0	2	Solo	4,00	5,00	1	Após estabilização	7
										2	5	Argila arenosa					
										5	8	Areia fina					
										8	12	Areia média					
1500000364	758866	9724116	JOSÉ BERNARDO DE SOUZA	14,0	10	152,4	10,0	14,0	Plastico p.v.c. 4	0	5	Argila arenosa	8,00	10,00	1,5	Após estabilização	4
										5	8	Areia fina					
										8	12	Areia média					
										12	14	Areia conglomerática					
1500000365	758833	9724067	PEDRO IVALDIR BENTES VIEIRA	36,0	32	203,2	32,0	36,0	Plastico p.v.c. 6	0	4	Argila	30,00	34,00	12	Após estabilização	2
										4	12	Argila arenosa					
										12	20	Areia fina					
										20	28	Argila arenosa					
										28	36	Areia média					
1500000366	758627	9724144	CÉSAR SIMÕES RAMALHEIRO	18,0	15	203,2	15,0	18,0	Plastico p.v.c. 6	0	6	Argila arenosa	5,00	8,00	2	Após estabilização	10
										6	11	Areia fina					
										11	18	Areia média					
1500000367	759071	9724440	ALARI FIGUEIRA PEREIRA	12,0	10	203,2	10,0	12,0	Plastico p.v.c. 6	0	2	Solo	5,00	8,00	1,5	Após estabilização	4
										2	6	Argila arenosa					
										6	9	Areia fina					
										9	12	Areia média					
1500000368	758830	9724440	ESCOLA MUNICIPAL PROFESSORA NAZARÉ DEMÉTRIO	21,0	15	152,4	15,0	21,0	Plastico p.v.c. 6	0	6	Argila	10,00	12,00	2,5	Após estabilização	9
										6	15	Argila arenosa					
										15	21	Areia fina					
1500000369	758619	9724422	SANTARÉM CLUBE	18,0	15	203,2	15,0	18,0	Plastico p.v.c. 6	0	3	Solo	3,00	5,00	2	Após estabilização	13
										3	8	Argila arenosa					
										8	12	Areia fina					
										12	18	Areia grossa					
1500000370	758508	9724517	RAIMUNDO NONATO LEAL SILVA	24,0	20	152,4	20,0	24,0	Plastico p.v.c. 3	0	8	Argila arenosa	18,00	20,00	1	Após estabilização	4
										8	12	Areia fina					
										12	20	Areia grossa					
										20	24	Areia conglomerática					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500000371	757968	9724483	RAIMUNDO NONATO DE SOUZA PEREIRA	18,0	15	254,0	15,0	18,0	Plástico p.v.c. 6	0	5	Argila arenosa	2,00	5,00	5	Após estabilização	13
										5	12	Areia fina					
										12	18	Areia média					
1500000372	753249	9732399	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	120,0	110	431,8 / 311,15	64,0	76,0	Aço galvanizado sem rosca e luva 8"	0	24	Areia fina	6,00	11,20	42	Após estabilização	108,8
							64,0	76,0	Espiralado perfil trapez. Inox 8"	24	48	Areia grossa					
							86,0	104,0	Aço galvanizado sem rosca e luva 8"	48	53	Argila					
							86,0	104,0	Espiralado perfil trapez. Inox 8"	53	60	Areia argilosa					
										60	80	Areia conglomerática					
										80	86	Argila arenosa					
										86	105	Areia média					
										105	120	Areia argilosa					
1500000373	751080	9731473	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	118,0	98,4	431,8 / 311,15	64,2	82,4	Espiralado perfil trapez. inox 8"	0	6	Argila areno-siltosa	6,65	12,90	40	Após estabilização	105,1
							88,4	96,4	Espiralado perfil trapez. inox 8"	6	20	Areia fina					
										20	44	Areia conglomerática					
										44	48	Argila					
										48	83	Areia média					
										83	88	Argila arenosa					
										88	96	Areia média					
										96	100	Argila					
										100	118	Argila arenosa					
1500000374	756542	9730280	SESPA - SECRETARIA DE ESTADO E SAÚDE PÚBLICA	54,0	51	304,8	36,0	48,0	Plástico p.v.c. 6"	0	10	Argila	16,30	30,00	32	Após estabilização	24
							51,0	54,0	Plástico p.v.c. 6"	10	24	Areia média					
										24	36	Argila arenosa					
										36	48	Areia grossa					
										48	51	Argila					
										51	54	Areia média					
1500000375	757285	9729620	SESPA - SECRETARIA DE ESTADO E SAÚDE PÚBLICA	18,0	18	254,0	7,5	13,5	Plástico p.v.c. 6"	0	4	Argila	3,60	7,00	15	Após estabilização	11
										4	10	Areia siltosa					
										10	18	Areia fina					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500000376	753602	9726525	SESPA- SECRETARIA DE ESTADO E SAÚDE PÚBLICA	50,0	44	304,8	23,0	29,0	Plastico p.v.c. 6"	0	23	Argila	8,00	20,00	8	Após estabilização	30
							35,0	38,0	Plastico p.v.c. 6"	23	29	Areia fina					
							44,0	50,0	Plastico p.v.c. 6"	29	35	Argila					
										35	38	Areia média					
										38	44	Argila arenosa					
										44	50	Areia média					
1500000377	755608	9725138	SESPA - SECRETARIA DE ESTADO E SAÚDE PÚBLICA	50,0	44	304,8	32,0	41,0	Plastico p.v.c. 6"	0	32	Argila arenosa	9,00	12,00	20	Após estabilização	38
							44,0	50,0	Plastico p.v.c. 6"	32	41	Areia fina					
										41	44	Argila arenosa					
										44	50	Areia média					
1500000378	752104	9732366	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	18,0	12	203,2	12,0	18,0	Plastico p.v.c. 6"	0	3	Solo	1,00	4,00	10	Após estabilização	14
										3	10	Areia fina					
										10	18	Areia média					
1500000379	753270	9732375	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	18,0	14	152,4	14,0	18,0	Plastico p.v.c. 4"	0	3	Argila	6,00	15,00	4	Após estabilização	3
										3	10	Areia fina					
										10	12	Argila arenosa					
										12	18	Areia conglomerática					
1500000380	754996	9732495	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	18,0	12	203,2	12,0	16,0	Plastico p.v.c. 6"	0	3	Solo	1,00	4,00	9	Após estabilização	14
										3	8	Areia grossa					
										8	10	Argila arenosa					
										10	18	Areia média					
1500000381	756307	9731539	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	18,0	12	203,2	12,0	18,0	Plastico p.v.c. 6"	0	6	Argila arenosa	1,50	4,00	10	Após estabilização	14
										6	10	Areia fina					
										10	12	Argila arenosa					
										12	18	Areia média					
1500000382	751290	9730365	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	16,0	10	203,2	10,0	16,0	Plastico p.v.c. 6"	0	3	Solo arenoso		4,30	10	Após estabilização	16
										3	10	Areia fina					
										10	16	Areia média	1,80				-4,3
1500000383	752000	9730236	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	18,0	12	203,2	12,0	18,0	Plastico p.v.c. 6"	0	5	Areia argilosa		3,00	9	Após estabilização	15
										5	10	Areia fina					
										10	12	Argila arenosa					
										12	18	Areia média					
1500000384	751880	9729685	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	18,0	10	203,2	10,0	18,0	Plastico p.v.c. 6"	0	4	Solo	0,80	3,00	10	Após estabilização	15
										4	10	Argila arenosa					
										10	18	Areia média					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1500000385	752271	9729791	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	22,0	16	203,2	16,0	22,0	Plastico p.v.c. 6"	0	3	Solo	1,30	3,50	8	Após estabilização	18,5
										3	10	Areia fina					
										10	14	Areia média					
										14	22	Areia conglomerática					
1500000386	756062	9728332	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	18,0	12	203,2	12,0	18,0	Plastico p.v.c. 6"	0	6	Argila arenosa	2,00	5,00	10	Após estabilização	13
										6	12	Areia fina					
										12	18	Areia grossa					
1500000387	757570	9726058	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	19,0	15	152,4	15,0	19,0	Plastico p.v.c. 4"	0	2	Solo					19
										2	8	Argila arenosa					
										8	19	Areia média					
1500001217	753600	9723000	Quartel oitavo BEC	22,0	14	152,4	14,0	20,0	Plastico p.v.c. 4"	0	1	Solo Orgânico			72	Após estabilização	22
										1	14	Areia fina					
										14	20	Cascalho					
1500001356	754600	9728500	Fundação Nacional de Saude	23,0	17	254,0	17,0	20,0	Plastico p.v.c. 6"	0	2	Solo	0,40	7,40	25	Após estabilização	15,6
										2	5,6	Argila arenosa					
										5,6	9	Areia fina					
										9	15	Areia média					
										15	20	Areia fina					
										20	22	Argila					
										22	23	Areia fina					
1500001357	754150	9728250	Fundação Nacional de Saude	14,0	14	152,4	10,0	14,0	Plastico p.v.c. 4"	0	1	Solo			39	Após estabilização	14
										1	10	Areia fina					
										10	14	Areia conglomerática					
1500002158	752271	9729796	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	256,0	246,98	444,5	132,6	137,7	Espiralado perfil trapez ref inox 10 3/4"	0	10	Solo arenoso		26,72	220	Após estabilização	229,28
							168,9	179,0	Espiralado perfil trapez ref inox 10 3/4"	10	24	Areia fina					
							185,3	195,3	Espiralado perfil trapez ref inox 10 3/4"	24	42	Areia média					
							207,7	218,0	Aço sem costura 10 3/4"	42	66	Areia argilosa					
							230,5	240,5	Espiralado perfil trapez ref inox 10 3/4"	66	108	Areia conglomerática					
										108	112	Areia média					
										112	122	Areia fina					
										122	128	Areia média					
										128	134	Areia argilosa					
										134	140	Areia grossa					
										140	152	Areia fina					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
										152	168	Areia argilosa					
										168	236	Areia muito fina					
										236	256	Areia fina					
1500002159	751300	9730375	COSANPA	256,0	244,51	444,5	146,2	150,2	Espiralado perfil trapez inox 10"	0	3	Solo argiloso	9,56	36,65	230	Após estabilização	219,35
							151,2	157,1	Espiralado perfil trapez ref inox 10"	3	38	Areia fina					
							171,7	175,6	Espiralado perfil trapez ref inox 10"	38	40	Areia conglomerática					
							178,9	185,0	Espiralado perfil trapez ref inox 10"	40	52	Areia média					
							186,0	191,8	Espiralado perfil trapez ref inox 10"	52	60	Areia argilosa					
							209,0	212,6	Espiralado perfil trapez ref inox 10"	60	80	Argila arenosa					
							218,8	224,7	Espiralado perfil trapez ref inox 10"	80	82	Argila					
							229,1	239,2	Espiralado perfil trapez ref inox 10"	82	98	Argila arenosa					
										98	110	Argila areno-siltosa					
										110	136	Areia fina					
										136	140	Argila					
										140	157	Areia média					
										157	170	Areia conglomerática argilosa					
										170	176	Areia argilosa					
										176	178	Argila					
										178	196	Areia grossa					
										196	206	Argila Siltosa					
										206	214	Areia fina					
										214	216	Argila					
										216	220	Areia média					
										220	228	Areia conglomerática argilosa					
										228	235	Areia argilosa					
										235	244	Areia média					
										244	256	Areia argilosa					
1500002160	752010	9730210	COSANPA	255,0	250,55	444,5	123,5	129,0	Espiralado perfil trapez ref inox 8 5/8"	0	4	Material Orgânico	5,71	11,00	148	Após estabilização	244
							135,5	142,0	Espiralado perfil trapez ref inox 8 5/8"	4	20	Argila arenosa					
							148,5	160,5	Espiralado perfil trapez ref inox 8 5/8"	20	24	Areia grossa					
							179,5	185,0	Espiralado perfil trapez ref inox 8 5/8"	24	28	Argila					



7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
							191,3	202,2	Espiralado perfil trapez ref inox 8 5/8"	28	46	Areia conglomerática					
							214,9	225,8	Espiralado perfil trapez ref inox 8 5/8"	46	58	Areia conglomerática argilosa					
							238,6	244,1	Espiralado perfil trapez ref inox 8 5/8"	58	70	Areia grossa					
										70	78	Argila					
										78	108	Areia grossa					
										108	116	Argila					
										116	142	Areia grossa					
										142	148	Argila					
										148	164	Areia conglomerática					
										164	178	Argila					
										178	186	Areia grossa					
										186	206	Areia conglomerática					
										206	210	Argila					
										210	230	Areia conglomerática					
										230	236	Argila					
										236	248	Areia conglomerática					
										248	255	Argila					
1500002161	751230	9730250	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	250,0	200,26	311,2	106,9	112,4	Espiralado perfil trapez. inox 10"	0	24	Arenito médio	2,00	13,05	155	Após estabilização	236,95
							116,0	126,9	Espiralado perfil trapez. inox 10"	24	52	Areia conglomerática argilosa					
							137,6	148,5	Espiralado perfil trapez. inox 10"	52	66	Areia grossa					
							160,1	176,5	Espiralado perfil trapez. inox 10"	66	70	Argila					
							182,1	193,0	Espiralado perfil trapez. inox 10"	70	106	Areia conglomerática argilosa					
										106	112	Areia grossa					
										112	116	Argila					
										116	128	Areia média					
										128	136	Argila					
										136	148	Areia grossa					
										148	158	Argila arenosa					
										158	180	Areia grossa					
										180	182	Argila					
										182	206	Areia grossa					
										206	232	Argila					
										232	248	Areia grossa					
										248	250	Argila					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500002162	754240	9727565	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	250,0	245,63	444,5	142,0	148,3	Espiralado perfil trapez. Inox 8 5/8"	0	6	Solo areno-argiloso	9,37	29,56	191	Após estabilização	220,44
							154,5	165,8	Espiralado perfil trapez. Inox 8 5/8"	6	28	Arenito fino					
							178,5	183,5	Espiralado perfil trapez. Inox 8 5/8"	28	60	Areia grossa					
							189,8	196,1	Espiralado perfil trapez. Inox 8 5/8"	60	76	Areia conglomerática argilosa					
							214,7	220,4	Espiralado perfil trapez. galvan. 8 5/8"	76	82	Areia grossa					
							233,3	238,9	Espiralado perfil trapez. Inox 8 5/8"	82	100	Areia grossa					
										100	140	Areia conglomerática argilosa					
										140	166	Areia grossa					
										166	170	Argila arenosa					
										170	180	Areia grossa					
										180	204	Areia argilosa					
										204	222	Argila arenosa					
			222	230	Argila												
			230	244	Areia fina												
			244	250	Argila arenosa												
1500002163	749836	9729253	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	250,0	245	238,5	141,2	152,5	Espiralado perfil trapez. inox 8"	0	8	Solo areno-argiloso	13,10	55,95	169	Após estabilização	194,05
							171,0	180,9	Espiralado perfil trapez. inox 8"	8	20	Areia média					
							199,6	209,7	Espiralado perfil trapez. inox 8"	20	50	Areia fina					
							222,0	227,1	Espiralado perfil trapez. inox 8"	50	60	Areia grossa					
							233,5	238,5	Espiralado perfil trapez. inox 8"	60	72	Areia argilosa					
										72	96	Argila arenosa					
										96	114	Areia média					
										114	136	Areia argilosa					
										136	142	Argila					
										142	152	Areia grossa					
										152	164	Areia argilosa					
										164	184	Areia grossa					
			184	192	Areia argilosa												
			192	210	Areia grossa												
			210	220	Argila arenosa												
			220	240	Areia conglomerática												
			240	250	Argila												

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500002164	756471	9729035	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	254,0	245,26	444,5	126,9	131,4	Espiralado perfil trapez. inox 8"	0	8	Solo areno-argiloso	17,24	35,40	177,7	Após estabilização	218,6
							143,8	153,8	Espiralado perfil trapez. inox 8"	8	30	Areia fina					
							172,1	177,0	Espiralado perfil trapez. inox 8"	30	48	Areia grossa					
							199,8	212,7	Espiralado perfil trapez. inox 8"	48	94	Argila arenosa					
							218,9	223,9	Espiralado perfil trapez. inox 8"	94	120	Areia média					
							230,0	239,0	Espiralado perfil trapez. inox 8"	120	132	Areia argilosa					
										132	158	Areia conglomerática argilosa					
										158	176	Areia fina					
										176	184	Areia conglomerática argilosa					
										184	190	Argila arenosa					
										190	206	Areia fina					
										206	226	Areia grossa					
			226	240	Areia argilosa												
			240	254	Argila arenosa												
1500003685	742877	9725590	COMUNIDADE SÃO BRÁS	92,0	92	304,8	56,0	62,0	Plastico geomecanico 6"	0	2	Solo areno-argiloso	42,00	48,00	10	Após estabilização	44
							74,0	80,0	Plastico geomecanico 6"	2	20	Argila					
										20	28	Argilito					
										28	37	Areia argilosa					
										37	42	Argilito					
										42	48	Areia argilosa					
										48	54	Areia fina					
										54	58	Areia média					
										58	62	Arenito médio					
										62	66	Argilito					
										66	70	Arenito fino					
										70	74	Arenito argiloso					
			74	80	Arenito médio												
			80	92	Arenito argiloso												
1500003689	766379	9715870	COMUNIDADE BOM JARDIM	126,0	120	311,2	94,0	104,0	Plastico geomecanico reforçado 6"	0	2	Solo areno-argiloso	58,00	64,00	12	Após estabilização	62
							114,0	116,0	Plastico geomecanico 6"	2	12	Argila arenosa					
										12	18	Arenito fino					
										18	36	Argila					
										36	40	Arenito argiloso					
										40	58	Argilito					
										58	60	Arenito fino					
			60	72	Argilito												

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia		NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)		
										72 80 94 114	80 94 114 116	Arenito fino Argilito Arenito grosso Argilito					
1500003690	762483	9715539	COMUNIDADE JACAMIN	140,0	140		96,0 118,0	102,0 124,0	Plastico geomecanico 6" Plastico geomecanico 6"	0 2 8 20 32 40 48 60 74 82 92 96 102 118 124	2 8 20 32 40 48 60 74 82 92 96 102 118 140	Solo areno-argiloso Argila arenosa Argila Argilito Arenito fino Argilito Arenito argiloso Argilito Arenito fino Argilito Arenito fino Arenito médio Argilito Areia grossa Argilito	66,00	78,00	15	Após estabilização	62
1500003691	759927	9720091	COMUNIDADE GUARANÁ	97,0	97	311,2	66,0 88,0	74,0 94,0	Plastico geomecanico 6" Plastico geomecanico 6"	0 2 10 16 24 36 41 47 54 59 66 74 88 94	2 10 16 24 36 41 47 54 59 66 74 88 94	Solo areno-argiloso Areia calcífera Argila arenosa Areia calcífera Argilito Arenito argiloso Argilito Arenito fino Argilito Arenito calcífero Arenito médio Argilito Arenito médio Argilito	42,00	50,00	7,5	Após estabilização	47
1500003695	752583	9726742	SANTA - SANTAREM REGRIGERANTES S/ A	70,0	65	311,2	32,0 44,0	36,0 52,0	Plastico geomecanico 6" Pedras 6"	0 2 12 18 24 30 42 46 65	2 12 18 24 30 42 46 65 70	Solo areno-argiloso Arenito fino Siltito Arenito argiloso Arenito médio Arenito médio Argilito Arenito médio Argilito	14,50	32,00	36	Após estabilização	38

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1500003706	752550	9726035	MÔNACO DIESEL	80,0	80	254,0	58,0	64,0	Plástico geomecânico 6"	0	2	Solo areno-argiloso	36,00	41,00	12	Após estabilização	39
										2	10	Areia argilosa					
										10	16	Argila areno-siltosa					
										16	23	Arenito argiloso					
										23	29	Argilito					
										29	36	Arenito muito fino					
										36	41	Argilito					
										41	48	Arenito argiloso					
										48	53	Argilito					
										53	58	Arenito fino					
										58	64	Arenito médio					
										64	80	Argilito					
1500003707	753220	9720226	CEREALISTA LONDRINA	80,0	80	254,0	56,0	62,0	Plástico geomecânico 6"				16	23	7,5	Após estabilização	57
1500003710	753280	9718628	CEREALISTA MATO GROSSO	96,0	96	254,0	60,0	66,0	Plástico geomecânico 6"	0	3	Solo areno-argiloso	38	46	12	Após estabilização	50
							80,0	86,0	Plástico geomecânico 6"	3	12	Argila arenosa					
										12	20	Argilito					
										20	32	Arenito calcífero					
										32	45	Argilito					
										45	50	Arenito muito fino					
										50	56	Arenito fino					
										56	60	Arenito argiloso					
										60	66	Arenito médio					
										66	74	Arenito argiloso					
										74	80	Arenito fino					
										80	86	Arenito médio					
										86	90	Argilito					
1500003714	747020	9726690	PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM	84,0	80	2133,6	48,0	52,0	Plástico geomecânico 4"	0	2	Solo areno-argiloso	16	33	12	Após estabilização	51
							64,0	76,0	Plástico geomecânico 4"	2	5	Argila					
										5	24	Areia fina					
										24	36	Argilito					
										36	44	Arenito fino					
										44	48	Arenito médio					
										48	52	Arenito grosso					
										52	60	Arenito argiloso					
										60	64	Arenito argiloso					
										64	76	Arenito médio					
										76	84	Argilito					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500003716	759026	9717942	PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM	102,0	84	317,5	84,0	100,0	Plástico geomecânico 6"	0	2	Solo areno-argiloso					102
										2	6	Argila arenosa					
										6	42	Argila					
										42	48	Areia fina					
										48	76	Areia grossa					
										76	102	Areia média					
1500003718	757586	9724643	PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM	186,0	180	368,3	136,0	144,0	Plástico geomecânico 8"	0	2	Solo arenoso	22	36	60	Após estabilização	150
							152,0	156,0	Plástico geomecânico 8"	2	20	Rochas Intemperizadas e Decompostas					
							160,0	176,0	Plástico geomecânico 8"	20	39	Arenito médio					
										39	119	Arenito argiloso					
										119	136	Arenito argiloso					
										136	180	Arenito fino					
										180	186	Areia grossa					
1500003722	759834	9719754	PEMATEC	122,0	122	317,5	54,0	78,0	Plástico geomecânico 6"	0	3	Solo areno-argiloso	54	83	14	Após estabilização	39
							98,0	106,0	Plástico geomecânico 6"	3	36	Argila					
										36	54	Arenito fino					
										54	70	Argilito					
										70	78	Arenito grosso					
										78	98	Argilito					
										98	106	Arenito grosso					
										106	122	Arenito argiloso					
1500003730	750280	9717865	PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM	150,0	150	311,2	78,0	84,0	Plástico geomecânico 6"	0	3	Solo areno-argiloso	62	70	10	Após estabilização	80
							116,0	122,0	Plástico geomecânico 6"	3	10	Areia argilosa					
							136,0	142,0	Plástico geomecânico 6"	10	25	Argilito					
										25	42	Arenito argiloso					
										42	55	Arenito argiloso					
										55	67	Argilito					
										67	72	Arenito fino					
										72	78	Arenito fino					
										78	84	Arenito médio					
										84	102	Arenito argiloso					
										102	108	Arenito fino					
										108	116	Arenito médio					
										116	122	Arenito grosso					
										122	136	Arenito argiloso					
										136	142	Areia média					
										142	150	Argilito					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500003735	767983	9714422	PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM	120,0	120	311,2	75,0	81,0	Plastico geomecanico 6"	0	2	Solo areno-argiloso	46	52	10	Após estabilização	68
							94,0	100,0	Plastico geomecanico 6"	2	8	Areia argilosa					
										8	15	Argila arenosa					
										15	30	Areia argilosa					
										30	38	Arenito argiloso					
										38	50	Argilito					
										50	60	Arenito argiloso					
										60	64	Arenito argiloso					
										64	68	Argilito					
										68	73	Arenito argiloso					
										73	75	Arenito fino					
										75	81	Arenito médio					
										81	88	Arenito argiloso					
			88	94	Arenito fino												
			94	100	Arenito médio												
			100	120	Argilito												
1500003736	753127	9719704	PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM	96,0	96	152,4	58,0	64,0	Plastico geomecanico 6"	0	2	Solo areno-argiloso	46	51	10	Após estabilização	45
							80,0	86,0	Plastico geomecanico 6"	2	8	Areia argilosa					
										8	15	Argila arenosa					
										15	32	Arenito argiloso					
										32	40	Argilito					
										40	46	Arenito argiloso					
										46	54	Argilito					
										54	56	Arenito argiloso					
										56	58	Arenito fino					
										58	64	Arenito médio					
										64	70	Arenito argiloso					
										70	74	Argilito					
										74	77	Arenito argiloso					
			77	80	Arenito fino												
			80	86	Arenito médio												
			86	96	Argilito												
1500003737	753277	9717368	PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM	96,0	96	311,2	62,0	68,0	Plastico geomecanico 6"	0	2	Solo areno-argiloso	48	54	10	Após estabilização	42
							82,0	88,0	Plastico geomecanico 6"	2	8	Areia argilosa					
										8	15	Argila areno-siltosa					
										15	30	Arenito argiloso					
										30	45	Arenito fino					
										45	53	Argilito					
										53	58	Arenito argiloso					
										58	62	Arenito fino					
			62	68	Arenito médio												
			68	73	Arenito argiloso												

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
										73	78	Argilito					
										78	80	Arenito muito fino					
										80	82	Arenito fino					
										82	88	Arenito médio					
										88	96	Arenito argiloso					
1500003740	753489	9715248	PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTARÉM	80,0	80	152,4	60,0	66,0	Plástico geomecânico 6"	0	3	Solo areno-argiloso	44	50	10	Após estabilização	30
							71,0	77,0	Plástico geomecânico 6"	3	10	Areia argilosa					
										10	15	Argila arenosa					
										15	30	Arenito argiloso					
										30	45	Argilito					
										45	53	Arenito argiloso					
										53	60	Arenito fino					
										60	66	Arenito médio					
										66	71	Arenito argiloso					
										71	75	Arenito muito fino					
										75	80	Argilito					
1500003759	745102	9725494	COSANPA	261,0	260,07	311,2	175,9	189,0	Aço inox com rosca e luva 8"	0	23	Areia fina	16,7	31,31	340	Após estabilização	229,69
							176,2	189,3	Aço inox com rosca e luva 8"	23	28	Argila arenosa					
							205,2	208,8	Aço inox com rosca e luva 8"	28	50	Areia grossa					
							216,9	236,5	Aço inox com rosca e luva 8"	50	57	Argila					
							252,7	255,9	Aço inox com rosca e luva 8"	57	71	Areia grossa					
										71	77	Argila arenosa					
										77	86	Areia média					
										86	109	Argila arenosa					
										109	115	Areia fina					
										115	154	Areia argilosa					
										154	165	Areia fina					
										165	175	Argila Siltosa					
										175	190	Areia média					
										190	205	Argila arenosa					
										205	209	Areia média					
										209	215	Argila arenosa					
										215	252	Areia fina					
										252	257	Areia média					
										257	261	Areia grossa					



7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500003809	753180	9732364	COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ-COSANPA	112,0	112	304,8	64,2	76,2	Plástico geomecânico 8"	0	24	Areia fina	32	45	45	Após estabilização	67
							86,3	104,3	Plástico geomecânico 8"	24	48	Areia média					
										48	53	Argila					
										53	80	Areia média					
										80	84	Areia fina					
										84	108	Areia média					
			108	112	Areia fina												
1500003810	751045	9731415	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	118,0	118	254,0	64,2	76,2	Plástico geomecânico 8"	0	2	Solo areno-argiloso	32	45	96	Após estabilização	73
							82,4	96,4	Plástico geomecânico 8"	2	6	Areia argilosa					
										6	20	Areia fina					
										20	44	Conglomerado					
										44	48	Argila					
										48	72	Areia fina					
										72	84	Seixos rolados					
										84	88	Areia fina					
										88	96	Seixos rolados					
										96	100	Argila					
			100	118	Seixos rolados												
1500003811	752156	9729999	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	128,0	128	304,8	72,0	84,0	Plástico geomecânico 6"	0	2	Solo areno-argiloso	36	45	90	Após estabilização	83
							112,0	124,0	Plástico geomecânico 6"	2	34	Areia fina					
										34	52	Areia média					
										52	72	Areia argilosa					
										72	82	Areia fina					
										82	92	Areia argilosa					
										92	126	Areia fina					
			126	128	Areia calcífera												
1500003812	751447	9731445	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	132,0	132	311,2	42,5	48,1	Plástico geomecânico 8"	0	14	Areia fina					
							88,8	113,0	Plástico geomecânico 8"	14	22	Areia média					
										22	26	Areia fina					
										26	28	Areia média					
										28	32	Areia fina					
										32	44	Areia média					
										44	48	Areia argilosa					
										48	60	Argila					
										60	72	Areia fina					
										72	96	Areia média					
			96	132	Areia fina												

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500003813	755712	9731038	CIA. DE SANEAMENTO DO PARÁ - COSANPA	118,0	118	311,2	52,0	64,0	Plástico geomecânico 6"	0	16	Silte					118
										16	20	Areia fina					
										20	28	Areia média					
										28	40	Areia fina					
										40	48	Argila arenosa					
										48	56	Areia fina					
										56	60	Areia argilosa					
										60	85	Areia fina					
										85	118	Areia média					
1500003814	754625	9728490	SESPA - SECRETARIA ESTADUAL DE SAÚDE PÚBLICA	80,0	80	508,0	56,7	76,0	Plástico geomecânico 6"	0	22	Areia fina					80
							56,7	76,0	Plástico geomecânico 6"	22	24	Seixos rolados					
										24	24,5	Argila					
										24,5	68	Areia fina					
										68	78	Areia fina					
										78	80	Areia média					
1500003815	749867	9729174	SESPA - SECRETARIA ESTADUAL DE SAÚDE PÚBLICA	75,0	75	254,0	55,0	67,0	Pedras 6"				45	53	40	Após estabilização	22
1500003816	754036	9727661	SESPA-SECRETARIA ESTADUAL DE SAÚDE PÚBLICA	64,0	52	203,2	52,0	64,0	Pedras 6"				17,62	28	35	Após estabilização	36
1500003817	752768	9726096	SESPA - SECRETARIA ESTADUAL DE SAÚDE PÚBLICA	50,0	44	304,8	32,0	41,0	Pedras 6"				17,67	25	35	Após estabilização	25
							44,0	50,0	Plástico geomecânico 6"								
1500003818	753603	9726525	SESPA- SECRETARIA DE ESTADO E SAÚDE PÚBLICA	50,0	44	304,8	23,0	35,0	Plástico geomecânico 6"								50
							44,0	50,0	Plástico geomecânico 6"								
1500003819	753669	9729382	Cia de Saneamento do Pará- Cosanpa	258,0		311,2											258
1500003915	755405	9732176	COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ- COSANPA	261,0	260,65	311,2	179,6	189,4	Plástico geomecânico 8"	0	3	Solo areno-argiloso	10,1	35,9	156	Após estabilização	225,1
							197,4	204,0	Plástico geomecânico 8"	3	8	Argila Siltosa					
							220,0	223,3	Plástico geomecânico 8"	8	17	Argila arenosa					
							227,8	240,8	Plástico geomecânico 8"	17	75	Areia fina					
							250,0	256,5	Pedras 8"	75	98	Argila arenosa					
										98	191	Areia fina					
										191	197	Argila arenosa					
										197	241	Areia fina					
										241	248	Argila arenosa					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
										248 257	257 261	Areia média Areia argilosa				
1500004506	751785	9729693	COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ-COSANPA	272,0	271,5	311,2	166,7	176,0	Plástico geomecânico 8"	0	0,5	Solo arenoso	5,2	26,9		245,1
							211,2	220,5	Plástico geomecânico 8"	0,5	5	Areia argilosa				
							225,0	231,1	Plástico geomecânico 8"	5	9	Argila areno-siltosa				
							241,5	247,6	Plástico geomecânico 8"	9	21	Areia fina				
							257,9	267,1	Plástico geomecânico 8"	21	45	Areia argilosa				
										45	60	Areia fina				
										60	85	Argila arenosa				
										85	114	Areia fina				
										114	153	Areia argilosa				
										153	166	Argila areno-siltosa				
										166	179	Areia média				
										179	210	Areia argilosa				
										210	221	Areia grossa				
										221	224	Areia argilosa				
										224	251	Areia média				
										251	255	Argila arenosa				
										255	267	Areia grossa				
										267	272	Areia argilosa				
1500004507	753263	9727048	COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ-COSANPA	174,0	172,52	311,2	132,4	147,6	Plástico geomecânico 8"	0	0,5	Solo areno-argiloso	22,3	48,2		125,8
							160,2	163,2	Plástico geomecânico 8"	0,5	3	Areia argilosa				
							165,5	171,5	Plástico geomecânico 8"	3	5	Argila arenosa				
										5	22	Areia fina				
										22	30	Areia grossa				
										30	40	Areia fina				
										40	57	Areia grossa				
										57	61	Areia argilosa				
										61	70	Areia grossa				
										70	92	Areia argilosa				
										92	104	Areia argilosa				
										104	126	Areia fina				
										126	129	Areia argilosa				
										129	148	Areia fina				
										148	156	Areia argilosa				
										156	171	Areia fina				
										171	174	Areia argilosa				

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500004508	749744	9729727	COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ-COSANPA	271,0	268,71	254,0	181,7	190,7	Inox espiralado 8"	0	0,5	Solo areno-argiloso	34,4	53,84			217,16
							220,4	223,4	Inox espiralado 8"	0,5	3	Areia fina					
							225,4	231,4	Inox espiralado 8"	3	8	Areia argilosa					
							244,7	248,0	Inox espiralado 8"	8	31	Areia fina					
							248,7	266,9	Inox espiralado 8"	31	35	Argila arenosa					
										35	50	Areia fina					
										50	71	Areia média					
										71	93	Areia média					
										93	116	Argila arenosa					
										116	137	Areia argilosa					
										137	195	Areia fina					
			195	206	Argila arenosa												
			206	213	Areia média												
			213	220	Areia argilosa												
			220	267	Areia fina												
			267	271	Areia argilosa												
1500004696	753400	9717122	TAUÁ INDUSTRIA E COMÉRCIO DE REFRI. E BEBIDAS LTDA	180,0	94		94,0	108,0	Plástico geomecânico 6 1/16"	0	3	Areia argilosa	62	70	5	Após estabilização	110
										3	27	Argila					
										27	30	Arenito fino					
										30	72	Argila					
										72	91	Arenito fino					
										91	94	Argila					
94	109	Arenito médio															
1500004750	755620	9732052	EDIFRIGO COMERCIAL E INDUSTRIA LTDA	32,0	22		22,0	30,0	Plástico p.v.c. 6 1/16"	0	2	Solo	4	9	10,7	Após estabilização	23
										2	8	Areia fina					
										8	11	Argila					
										11	22	Arenito siltoso					
										22	30	Arenito médio					
										30	32	Argila					
1500004751	755652	9732083	EDIFRIGO COMERCIAL E INDUSTRIA LTDA	32,0	22		22,0	30,0	Plástico p.v.c. 6 1/16"	0	2	Solo	4	8,8	10,8	Após estabilização	23,2
										2	7,5	Areia fina					
										7,5	10,5	Argila					
										10,5	23	Arenito siltoso					
										23	30	Arenito médio					
										30	32	Argila					
1500004763	751387	9732182	SOCIEDADE FOGÁS LTDA	108,0	107	203,2	52,0	63,0	Plástico geomecânico 6"	0	0,5	Solo arenoso	6	12	5,5	Após estabilização	96
							71,0	85,0	Plástico geomecânico 6"	0,5	12	Areia fina					
							93,0	107,0	Plástico geomecânico 6"	12	36	Areia média					
										36	60	Argila					
										60	72	Areia argilosa					
			72	108	Areia média												

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500004764	756670	9731006	CURTIMENTO E OUTRAS PREPARAÇÕES DE COURO	14,0	14	152,4	6,0	12,0	Plastico p.v.c. 4"	0	2	Solo argiloso	3	6,7	5	Após estabilização	7,3
										2	6	Argila arenosa					
										6	12	Areia grossa					
										12	14	Argila arenosa					
1500005574	751878	9730184	CPRM-PROJETO RIMAS	208,0	199	215,9	111,0	115,0	Plastico geomecanico 4 1/2"	0	10	Areia fina	20,4	31	12	Após estabilização	177
							135,0	139,0	Plastico geomecanico 4 1/2"	10	32	Areia grossa					
							155,0	167,0	Plastico geomecanico 4 1/2"	32	46	Areia média					
							179,0	183,0	Plastico geomecanico 4 1/2"	46	102	Areia grossa					
							187,0	195,0	Plastico geomecanico 4 1/2"	102	119	Areia média					
										119	134	Argila					
										134	145	Areia média					
										145	152	Argila					
										152	208	Areia grossa					
1500005661	755431	9729902	SANTARÉM COMÉRCIO E INDÚSTRIA DE SERVIÇOS	60,0	60	203,2	50,0	58,0	Plastico geomecanico 6"	0	0,4	Solo areno-argiloso	32	32,15	32,4	Após estabilização	27,85
										0,4	8,5	Argila					
										8,5	26	Areia argilosa					
										26	39	Silte					
										39	48,5	Argila Siltosa					
										48,5	59	Areia fina					
										59	60	Silte					
1500005679	753734	9731380	Terra Comercio de Derivados de Petróleo LTDA	49,0	48	304,8	38,0	46,0	Plastico p.v.c. 6 1/16"	0	1,5	Areia siltosa					49
										1,5	6	Argila					
										6	15	Areia siltosa					
										15	19	Argila					
										19	26	Silte					
										26	28	Areia fina					
										28	37	Areia siltosa					
										37	46	Areia fina					
										46	49	Silte					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia		NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)		
1500005687	752684	9731750	FRANCISCO ALVES PONTE	40,0	36	304,8	36,0	40,0	Plastico p.v.c. 3 29/32"	0 1 6 9 18 20 24 30 36	1 6 9 18 20 24 30 36 40	Solo argiloso Argila Areia média Argila Areia argilosa Areia grossa Areia média Areia média Argila	11,4	17,6	5	Após estabilização	22,4
1500005745	753463	9717030	TAUÁ INDUSTRIA E COMÉRCIO DE REFRI. E BEBIDAS LTDA	109,0	109	152,4	98,0	108,0	Plastico geomecanico 4"	0 0,5 3 13 27 30 72 91 94	0,5 3 13 27 30 72 91 94 109	Solo areno-argiloso Areia argilosa Laterita Argila Arenito fino Argila Arenito fino Argila Arenito fino	52,69	53,73	3,85	Após estabilização	55,27
1500005799	759503	9725377	FRIGORÍFICO MARAJÓ LTDA	48,0	32	215,9	32,0	44,0	Plastico geomecanico 6"	0 18 28 32	18 28 32 48	Argila Argila arenosa Areia média Areia fina	2,08	6,82	4	Após estabilização	41,18
1500005864	756454	9731313	FRIGORIFICO O PEIXÃO	19,0	10	304,8	10,0	18,0	Plastico p.v.c. 5 7/8"	0 6 8 9 18	6 8 9 18 19	Argila arenosa Argila Areia muito fina Areia fina Argila	4	8	2,9	Após estabilização	11
1500005904	753434	9718689	CARGILL AGRICOLA S/A	120,0	120	152,4	92,0 108,0	104,0 116,0	Plastico geomecanico 6" Plastico geomecanico 6"	0 20 38 78 80 90 104 108	20 38 78 80 90 104 108 120	Argila Argila arenosa Areia fina Areia grossa Argila arenosa Areia fina Areia grossa Areia fina	46,64	47,62	5,612	Após estabilização	72,38
1500005958	752675	9726741	COMPAR - Companhia Paraense de Refrigerantes	70,0	65	431,8	32,0 44,0	36,0 52,0	Plastico geomecanico 8 3/32" Plastico geomecanico 8 3/32"	0 12 18 42 46	12 18 42 46 65	Areia siltosa Siltito Arenito fino Argila Arenito fino					70

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia		NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1500005959	752675	9726680	COMPAR - Companhia Paraense de Refrigerantes	90,0	74	203,2	53,0	62,0	Aço inox com rosca e luva 5 7/8"	65	70	Argilito					90
										0	4	Argila areno-siltosa					
										4	6	Argila Siltosa					
										6	10	Areia grossa					
										10	12	Argila					
										12	21	Areia média					
										21	25	Areia grossa					
										25	33	Areia média					
										33	41	Argila					
										41	51	Areia média					
										51	53	Argila arenosa					
1500006047	752216	9729815	ANTONIO RODRIGUES DA SILVA BRAGA	244,5	244,51		146,2	150,2	Outros 10"	65	70	Argila	13,61	33,02	230	Após estabilização	211,49
										0	3	Argila					
										3	38	Areia média					
										38	40	Areia conglomerática					
										40	52	Areia média					
										52	80	Areia argilosa					
										80	82	Argila					
										82	98	Areia siltosa					
										98	110	Argila arenosa					
										110	140	Argila					
										140	157	Areia fina					
										157	176	Areia argilosa					
										176	178	Argila					
										178	196	Areia grossa					
										196	206	Argila					
206	214	Areia fina															
214	216	Argila															
216	220	Areia média															
220	235	Areia conglomerática															
235	244	Areia média															
244	244,51	Areia argilosa															
1500006048	756297	9730054	ANTONIO RODRIGUES DA SILVA BRAGA	249,5	248,96		149,1	167,1	Outros 7 15/16"	65	70	Areia média	25,72	36,46	177,7	Após estabilização	213
										0	25	Areia média					
										25	62	Areia grossa					
										62	78	Areia conglomerática					
										78	93	Areia conglomerática argilosa					
										93	111	Areia argilosa					
111	123	Areia média															
123	126	Areia argilosa															
126	138	Areia média															

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia		NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
										138	146	Argila					
										146	170	Areia média					
										170	192	Argila arenosa					
										192	211	Areia grossa					
										211	218	Areia argilosa					
										218	223	Areia conglomerática					
										223	229	Areia argilosa					
										229	240	Areia grossa					
										240	249,46	Areia conglomerática					
1500006049	751660	9729816	ANTONIO RODRIGUES DA SILVA BRAGA	250,0	250		178,0	181,1	Outros 7 15/16"	0	2	Argila arenosa	21,3	50,62	128,6	Após estabilização	199,38
							181,9	199,1	Outros 7 15/16"	2	5	Areia siltosa					
							204,9	207,5	Outros 7 15/16"	5	32	Areia média					
							216,9	220,0	Outros 7 15/16"	32	51	Areia grossa					
							224,6	233,9	Outros 7 15/16"	51	60	Areia fina					
							238,5	244,6	Outros 7 15/16"	60	73	Areia argilosa					
										73	93	Argila Siltosa					
										93	126	Areia fina					
										126	135	Argila arenosa					
										135	141	Areia fina					
										141	147	Argila arenosa					
										147	154	Areia grossa					
										154	177	Argila arenosa					
										177	235	Areia média					
										235	250	Areia fina					
1500006050	753269	9730704	ANTONIO RODRIGUES DA SILVA BRAGA	172,5	171,92		131,8	147,0	Outros 7 15/16"	0	4	Areia fina	22,3	48,2			124,32
							159,6	162,6	Outros 7 15/16"	4	5	Argila arenosa					
							162,6	164,9	Outros 7 15/16"	5	12	Areia fina					
							164,9	170,9	Outros 7 15/16"	12	30	Areia grossa					
										30	40	Areia fina					
										40	57	Areia grossa					
										57	61	Areia fina					
										61	70	Areia média					
										70	92	Areia fina					
										92	126	Areia média					
										126	129	Areia fina					
										129	148	Areia média					
										148	156	Areia argilosa					
										156	172,52	Areia grossa					
1500006051	751630	9730062	ANTONIO RODRIGUES DA SILVA BRAGA	224,6	224,13		153,5	170,0	Outros 7 15/16"	0	6	Areia grossa	12	33,74	210	Após estabilização	190,89
							182,7	186,0	Outros 7 15/16"	6	10	Argila Siltosa					
							191,8	205,0	Outros 7 15/16"	10	16	Areia grossa					
							205,0	215,0	Outros 7 15/16"	16	22	Areia fina					
							215,0	221,6	Outros 7 15/16"	22	25	Areia média					
										25	30	Areia fina					
										30	35	Areia grossa					
										35	50	Argila					



7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
										50	56	Areia conglomerática					
										56	64	Areia média					
										64	68	Areia média					
										68	76	Areia grossa					
										76	90	Argila arenosa					
										90	114	Areia fina					
										114	124	Argila arenosa					
										124	129	Areia fina					
										129	154	Argila areno-siltosa					
										154	170	Areia média					
										170	182	Solo areno-argiloso					
										182	190	Areia média					
										190	192	Argila Siltosa					
										192	224,63	Areia média					
1500006052	749744	9729696	ANTONIO RODRIGUES DA SILVA BRAGA	268,7	88,1					0	3	Areia fina	34,4	53,84			214,87
										3	8	Areia argilosa					
										8	31	Areia grossa					
										31	35	Argila arenosa					
										35	50	Areia grossa					
										50	71	Areia fina					
										71	93	Areia média					
										93	116	Argila arenosa					
										116	137	Areia fina					
										137	147	Areia média					
										147	181	Areia argilosa					
										181	195	Areia média					
										195	206	Argila arenosa					
										206	243	Areia média					
										243	267	Areia grossa					
										267	267,71	Areia argilosa	16,7				-31,31
1500006053	749930	9730095	ANTONIO RODRIGUES DA SILVA BRAGA	260,3	259,62		176,1	189,2	Outros 7 15/16"	0	7	Areia média		31,31	210	Após estabilização	260,32
							205,4	208,7	Outros 7 15/16"	7	9	Areia grossa					
							216,8	236,3	Outros 7 15/16"	9	23	Areia fina					
							252,5	255,8	Outros 7 15/16"	23	50	Argila					
										50	57	Areia grossa					
										57	71	Argila					
										71	86	Areia grossa					
										86	109	Argila arenosa					
										109	115	Areia média					
										115	126	Argila arenosa					
										126	154	Areia fina					
										154	165	Areia média					
										165	175	Argila Siltosa					
										175	190	Areia grossa					
										190	205	Argila arenosa					
										205	209	Areia média					
										209	215	Argila arenosa					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
									215 236 252 257	236 252 257 260,32	Areia grossa Areia fina Areia média Areia grossa						
1500006071	755806	9731898	UNIRIOS RODOFLUVIAL E CORMERCIO LTDA	18,0	14	158,8	14,0	18,0	Plastico p.v.c. 6 1/16"	0 0,2 5,5 13,5	0,2 5,5 13,5 18	Argila arenosa  Argila Areia argilosa Areia fina	3,48	5,32	4,8	Após estabilização	12,68
1500006074	752624	9732426	DERIVADOS DE PETROLEO MACHADO LTDA	30,0	26	158,8	26,0	30,0	Plastico p.v.c. 6 1/16"	0 6 14 22	6 14 22 30	Argila Argila arenosa Areia argilosa Areia fina	1,95	5,48	4,96	Após estabilização	24,52
1500006080	757342	9726180	SANTO ANTONIO DERIVADOS DE PETROLEO LTDA	22,0	18	104,8	18,0	22,0	Plastico p.v.c. 3 29/32"	0 1 6 11	1 6 11 22	Argila arenosa  Areia fina Areia média Areia grossa	11,81	14,4	4,8	Após estabilização	7,6
1500006116	759473	9726023	Hélio Miranda Coimbra	36,0	32	159,0	32,0	36,0	Plastico p.v.c. 4"	0 10 18 30	10 18 30 36	Argila Argila arenosa Areia argilosa Areia média	1,72	2,82	7,2	Após estabilização	33,18
1500006152	751260	9729786	Edwaldo Carvalho de Aguiar	30,0	27	152,4	27,0	30,0	Plastico geomecanico 4"	0 2 8	2 8 30	Argila Argila arenosa Areia média	17,92	19,15	5,3	Após estabilização	10,85
1500006153	754349	9729658	Edwaldo Carvalho de Aguiar	42,0	39	152,4	39,0	42,0	Plastico geomecanico 4"	0 3 10 36	3 10 36 42	Argila Argila arenosa Areia argilosa Areia média	31,47	33,15	5,2	Após estabilização	8,85
1500006171	751573	9732704	CARLOS JOSE PONCIANO DA SILVA	25,0	25	203,2	20,0	22,0	Plastico geomecanico 6"								25
1500006172	751604	9732735	Carlos Otávio Santos de Lima Paes	70,0	70	203,2	32,0 54,0	44,0 62,0	Plastico geomecanico 6" Plastico geomecanico 6"								70
1500006261	754141	9716199	PLANALTO EMPREENDIMENTOS IMOBILIARIOS LTDA	90,0	90	99,2	76,0	86,0	Plastico geomecanico 3 29/32"	0 20 38 60	20 38 60 90	Argila Argila arenosa Areia argilosa Areia fina	41,03	45,42	4,8	Após estabilização	44,58

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1500006267	752089	9727787	HELVIO MORREIRA ARRUDA	25,0	21	124,6	21,0	25,0	Plastico p.v.c. 4 29/32"	0	20	Areia fina	3,27	3,99	6,46	Após estabilização	21,01
										20	25	Cascalho					
1500006268	751904	9727449	HELVIO MORREIRA ARRUDA	25,0	21	154,0	21,0	25,0	Plastico p.v.c. 6 1/16"	0	18	Areia argilosa	1	1,47	4,23	Após estabilização	23,53
										18	23	Cascalho					
										23	25	Areia fina					
1500006275	756138	9727842	ALGIMI FLORESTAL INDUSTRIA DE PISOS DE MADEIRAS	24,0	20	154,0	20,0	24,0	Plastico p.v.c. 6 1/16"	0	18	Argila	9,77	13,11	6	Após estabilização	10,89
										18	22	Cascalho					
										22	24	Areia fina					
1500006276	756355	9727841	ALGIMI FLORESTAL INDUSTRIA DE PISOS DE MADEIRAS	24,0	20	154,0	20,0	24,0	Plastico p.v.c. 6 1/16"	0	18	Argila	3,32	11,66	5,5	Após estabilização	12,34
										18	21	Cascalho					
										21	24	Areia fina					
1500006312	9731221	9731221	DAVID AZEVEDO COIMBRA	18,0	10	149,2	10,0	18,0	Plastico p.v.c. 5 7/8"	0	3	Solo arenoso	4	8,5	2,65	Após estabilização	9,5
										3	6	Areia argilosa					
										6	10	Argila					
										10	18	Areia média					
1500006335	746213	9724878	KELVIA ÁGUA LTDA ME	83,6	83,6	154,0	59,0	63,0	Plastico geomecanico 6 1/16"	0	2,5	Argila arenosa	5,16	9,25	15	Após estabilização	74,35
							67,8	75,0	Plastico geomecanico 6 1/16"	2,5	3,5	Areia fina					
							79,0	83,0	Plastico geomecanico 6 1/16"	3,5	6	Argila					
										6	11,8	Argila arenosa					
										11,8	19,5	Argila					
										19,5	22	Areia fina					
										22	25	Argila					
										25	30,5	Argila arenosa					
										30,5	32,6	Areia argilosa					
										32,6	43,3	Argila arenosa					
										43,3	50,7	Argila					
										50,7	57,4	Argila arenosa					
										57,4	60,6	Areia argilosa					
										60,6	83,6	Areia fina					
1500006336	746275	9724909	KELVIA ÁGUA LTDA ME	81,8	81,8	154,0	60,0	76,0	Plastico geomecanico 6 1/16"	0	1,1	Argila arenosa	6,77	13,77	15	Após estabilização	68,03
										1,1	4	Argila					
										4	4,9	Argila arenosa					
										4,9	8,9	Areia fina					
										8,9	11,2	Argila					
										11,2	12,2	Argila arenosa					
										12,2	25	Argila					

7.2.2 – Poços Catalogados da CPRM/SIAGAS 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Santarém – PA (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Revestimento (m)	Diâmetro (mm)	Filtro			Litologia		NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
										25	26,1	Argila arenosa					
										26,1	35,2	Argila					
										35,2	44,6	Argila arenosa					
										44,6	53,1	Argila					
										53,1	72	Areia fina					
										72	77,4	Areia grossa					
										77,4	81,8	Areia fina					
150006512	754227	9730488	LIZETE MARIA PLETSCH CASAGRANDE	80,0	80	154,0	44,0	48,0	Plástico p.v.c. 6 1/16"	0	17,5	Areia fina	41,47	49,97	3,6	Após estabilização	30,03
							60,0	64,0	Plástico p.v.c. 6 1/16"	17,5	25	Cascalho					
							72,0	76,0	Plástico p.v.c. 6 1/16"	25	65	Areia fina					
										65	80	Areia média					

**7.2.3 – Perfis litológicos dos 15 poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 utilizados na elaboração do diagrama de cerca e do bloco 3D do Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA.**

7.2.3 – Perfis litológicos dos 15 poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 utilizados na elaboração do diagrama de cerca e do bloco 3D do Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA.

SIAGAS	UTM (E)	UTM (N)	Cota (m)	Litologia		
				De	Até	Material
S2161	749591	9726739	62	0	24	Arenito médio
			38	24	52	Areia conglomerática argilosa
			10	52	66	Areia grossa
			-4	66	70	Argila
			-8	70	106	Areia conglomerática argilosa
			-44	106	112	Areia grossa
			-50	112	116	Argila
			-54	116	128	Areia média
			-66	128	136	Argila
			-74	136	148	Areia grossa
			-86	148	158	Argila arenosa
			-96	158	180	Areia grossa
			-118	180	182	Argila
			-120	182	206	Areia grossa
			-144	206	232	Argila
-170	232	248	Areia grossa			
-186	248	250	Argila			
-188		250				
S3759	750339	9725266	64	0	23	Areia fina
			41	23	28	Argila arenosa
			36	28	50	Areia grossa
			14	50	57	Argila
			7	57	71	Areia grossa
			-7	71	77	Argila arenosa
			-13	77	86	Areia média
			-22	86	109	Argila arenosa
			-45	109	115	Areia fina
			-51	115	154	Areia argilosa
			-90	154	165	Areia fina
			-101	165	175	Argila Siltosa
			-111	175	190	Areia média
			-126	190	205	Argila arenosa
			-141	205	209	Areia média
-145	209	215	Argila arenosa			
-151	215	252	Areia fina			
-188	252	257	Areia média			
-193	257	261	Areia grossa			
-197		261				

7.2.3 – Perfis litológicos dos 15 poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 utilizados na elaboração do diagrama de cerca e do bloco 3D do Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA (continuação).

SIAGAS	UTM (E)	UTM (N)	Cota (m)	Litologia		
				De	Até	Material
S2163	749836	9729253	64	0	8	Solo areno-argiloso
			56	8	20	Areia média
			44	20	50	Areia fina
			14	50	60	Areia grossa
			4	60	72	Areia argilosa
			-8	72	96	Argila arenosa
			-32	96	114	Areia média
			-50	114	136	Areia argilosa
			-72	136	142	Areia argilosa
			-78	142	152	Areia grossa
			-88	152	164	Areia argilosa
			-100	164	184	Areia grossa
			-120	184	192	Areia argilosa
			-128	192	210	Areia grossa
			-146	210	220	Argila arenosa
-156	220	240	Areia conglomerática			
-176	240	250	Argila			
-186	-	250	-			
S6051	751280	9727441	42	0	6	Areia grossa
			36	6	10	Argila Siltosa
			32	10	16	Areia grossa
			26	16	22	Areia fina
			20	22	25	Areia média
			17	25	30	Areia fina
			12	30	35	Areia grossa
			7	35	50	Argila
			-8	50	56	Areia conglomerática
			-14	56	64	Areia média
			-22	64	68	Areia média
			-26	68	76	Areia grossa
			-34	76	90	Argila arenosa
			-48	90	114	Areia fina
			-72	114	124	Argila arenosa
			-82	124	129	Areia fina
			-87	129	154	Argila areno-siltosa
			-112	154	170	Areia média
-128	170	182	Areia			
-140	182	190	Areia média			
-148	190	192	Argila Siltosa			
-150	192	225	Areia média			
-183	-	225	-			

7.2.3 – Perfis litológicos dos 15 poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 utilizados na elaboração do diagrama de cerca e do bloco 3D do Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA (continuação).

SIAGAS	UTM (E)	UTM (N)	Cota (m)	Litologia		
				De	Até	Material
S2158	752492	9726263	45	0	10	Solo arenoso
			35	10	24	Areia fina
			21	24	42	Areia média
			3	42	66	Areia argilosa
			-21	66	108	Areia conglomerática
			-63	108	112	Areia média
			-67	112	122	Areia fina
			-77	122	128	Areia média
			-83	128	134	Areia argilosa
			-89	134	140	Areia grossa
			-95	140	152	Areia fina
			-107	152	168	Areia argilosa
			-123	168	236	Areia muito fina
			-191	236	256	Areia fina
-211		256				
S2159	751300	9730375	25	0	3	Solo argiloso
			22	3	38	Areia fina
			-13	38	40	Areia conglomerática
			-15	40	52	Areia média
			-27	52	60	Areia argilosa
			-35	60	80	Argila arenosa
			-55	80	82	Argila
			-57	82	98	Argila arenosa
			-73	98	110	Argila areno-siltosa
			-85	110	136	Areia fina
			-111	136	140	Argila
			-115	140	157	Areia média
			-132	157	170	Areia conglomerática argilosa
			-145	170	176	Areia argilosa
			-151	176	178	Argila
			-153	178	196	Areia grossa
			-171	196	206	Argila Siltosa
			-181	206	214	Areia fina
			-189	214	216	Argila
			-191	216	220	Areia média
-195	220	228	Areia conglomerática argilosa			
-203	228	235	Areia argilosa			
-210	235	244	Areia média			
-219	244	256	Areia argilosa			
-231	-	256	-			



7.2.3 – Perfis litológicos dos 15 poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 utilizados na elaboração do diagrama de cerca e do bloco 3D do Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA (continuação).

SIAGAS	UTM (E)	UTM (N)	Cota (m)	Litologia		
				De	Até	Material
S0136	752039	9729458	22	0	2	Areia argilosa
			20	2	10	Argila arenosa
			12	10	27	Areia Média
			-5	27	30	Argila Arenosa
			-8	30	45	Argila arenosa
			-23	45	56	Areia Média
			-34	56	76	Argila arenosa
			-54	76	86	Argila
			-64	86	118	Areia Média
			-96	118	132	Argila
			-110	132	138	Areia Grossa
			-116	138	144	Argila Arenosa
			-122	144	149	Areia Média
-127	149	153	Argila			
-131	153	160	Areia média			
-138		160				
S6049	753296	9728506	39	0	2	Argila arenosa
			37	2	5	Areia siltosa
			34	5	32	Areia média
			7	32	51	Areia grossa
			-12	51	60	Areia fina
			-21	60	73	Areia argilosa
			-34	73	93	Argila Siltosa
			-54	93	126	Areia fina
			-87	126	135	Argila arenosa
			-96	135	141	Areia fina
			-102	141	147	Argila arenosa
			-108	147	154	Areia grossa
			-115	154	177	Argila arenosa
-138	177	235	Areia média			
-196	235	250	Areia fina			
-211	-	250	-			

7.2.3 – Perfis litológicos dos 15 poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 utilizados na elaboração do diagrama de cerca e do bloco 3D do Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA (continuação).

SIAGAS	UTM (E)	UTM (N)	Cota (m)	Litologia		
				De	Até	Material
S2162	754237	9727407	49	0	6	Solo areno-argiloso
			43	6	28	Arenito fino
			21	28	60	Areia grossa
			-11	60	76	Areia conglomerática argilosa
			-27	76	82	Areia grossa
			-33	82	100	Areia grossa
			-51	100	140	Areia conglomerática argilosa
			-91	140	166	Areia grossa
			-117	166	170	Argila arenosa
			-121	170	180	Areia grossa
			-131	180	204	Areia argilosa
			-155	204	222	Argila arenosa
			-173	222	230	Argila
			-181	230	244	Areia fina
-195	244	250	Argila arenosa			
-201	-	250	-			
S0224	753806	9731191	51	0	1	Solo Arenoso
			50	1	2,9	Argila Arenosa
			48,1	2,9	11,5	Areia Argilosa
			39,5	11,5	17,8	Areia Areno-Siltosa
			33,2	17,8	26,4	Areia Muito Fina
			24,6	26,4	43	Argila Arenosa
			8	43	46	Argila Arenosa
			5	46	59	Areia Média
			-8	59	96	Areia Grossa
			-45	96	118,5	Areia Muito Fina
			-67,5	118,5	136	Areia Fina
			-85	136	142	Areia Fina
			-91	142	146	Areia Média
			-95	146	160	Areia Grossa
-109	-	160	-			

7.2.3 – Perfis litológicos dos 15 poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 utilizados na elaboração do diagrama de cerca e do bloco 3D do Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA (continuação).

SIAGAS	UTM (E)	UTM (N)	Cota (m)	Litologia		
				De	Até	Material
S6047	755007	9729220	62	0	3	Argila
			59	3	38	Areia média
			24	38	40	Areia conglomerática
			22	40	52	Areia média
			10	52	80	Areia argilosa
			-18	80	82	Argila
			-20	82	98	Areia siltosa
			-36	98	110	Argila arenosa
			-48	110	140	Argila
			-78	140	157	Areia fina
			-95	157	176	Areia argilosa
			-114	176	178	Argila
			-116	178	196	Areia grossa
			-134	196	206	Argila
			-144	206	214	Areia fina
			-152	214	216	Argila
-154	216	220	Areia média			
-158	220	235	Areia conglomerática			
-173	235	244	Areia média			
-182	244	245	Areia argilosa			
-183	-	245	-			
S3915	755405	9732176	8	0	3	Solo areno-argiloso
			5	3	8	Argila Siltosa
			0	8	17	Argila arenosa
			-9	17	75	Areia fina
			-67	75	98	Argila arenosa
			-90	98	191	Areia fina
			-183	191	197	Argila arenosa
			-189	197	241	Areia fina
			-233	241	248	Argila arenosa
			-240	248	257	Areia média
			-249	257	261	Areia argilosa
			-253	-	261	-

7.2.3 – Perfis litológicos dos 15 poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 utilizados na elaboração do diagrama de cerca e do bloco 3D do Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA (continuação).

SIAGAS	UTM (E)	UTM (N)	Cota (m)	Litologia		
				De	Até	Material
S6048	756297	9730054	31	0	25	Areia média
			6	25	62	Areia grossa
			-31	62	78	Areia conglomerática
			-47	78	93	Areia conglomerática argilosa
			-62	93	111	Areia argilosa
			-80	111	123	Areia média
			-92	123	126	Areia argilosa
			-95	126	138	Areia média
			-107	138	146	Argila
			-115	146	170	Areia média
			-139	170	192	Argila arenosa
			-161	192	211	Areia grossa
			-180	211	218	Areia argilosa
			-187	218	223	Areia conglomerática
			-192	223	229	Areia argilosa
-198	229	240	Areia grossa			
-209	240	250	Areia conglomerática			
-219	-	250	-			
S2164	756471	9729035	22	0	8	Solo areno-argiloso
			14	8	30	Areia fina
			-8	30	48	Areia grossa
			-26	48	94	Argila arenosa
			-72	94	120	Areia média
			-98	120	132	Areia argilosa
			-110	132	158	Areia conglomerática argilosa
			-136	158	176	Areia fina
			-154	176	184	Areia conglomerática argilosa
			-162	184	190	Argila arenosa
			-168	190	206	Areia fina
			-184	206	226	Areia grossa
			-204	226	240	Areia argilosa
-218	240	254	Argila arenosa			
-232	-	254	-			

7.2.3 – Perfis litológicos dos 15 poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 utilizados na elaboração do diagrama de cerca e do bloco 3D do Aquífero Alter do Chão na cidade de Santarém – PA (continuação).

SIAGAS	UTM (E)	UTM (N)	Cota (m)	Litologia		
				De	Até	Material
S2160	757817	9726693	29	0	4	Material Orgânico
			25	4	20	Argila arenosa
			9	20	24	Areia grossa
			5	24	28	Argila
			1	28	46	Areia conglomerática
			-17	46	58	Areia conglomerática argilosa
			-29	58	70	Areia grossa
			-41	70	78	Argila
			-49	78	108	Areia grossa
			-79	108	116	Argila
			-87	116	142	Areia grossa
			-113	142	148	Argila
			-119	148	164	Areia conglomerática
			-135	164	178	Argila
			-149	178	186	Areia grossa
-157	186	206	Areia conglomerática			
-177	206	210	Areia			
-181	210	230	Areia conglomerática			
-201	230	236	Argila			
-207	236	248	Areia conglomerática			
-219	248	255	Argila			
-226	-	255	-			

### **7.3 – Resultados Hidrogeoquímicos das coletas de abril e outubro de 2012**

7.3.1 – Análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas em Santarém durante a primeira campanha de amostragem de água de 30 poços no período chuvoso em abril de 2012.

Poço	Longitude decimal	Latitude decimal	Temperatura (°C)	Cor (Pt/Co)	Turbidez (NTU)	C.E. (µS/cm)	Eh (mV)	pH in situ	pH a 20°C	STD (mg/L)	Alcalinidade Total (mg/L)	Dureza (mg/L)	Sódio (mg/L)	Potássio (mg/L)	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	Ferro (mg/L)	Manganês (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Sulfato (mg/L)	E. coli - P/A em 100 mL	C. Totais (P/A em 100 mL)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Amônia (mg/L)	Nitrogênio Orgânico (mg/L)	Nitrogênio Total Kjeldahl (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Carbonato (mg/L)	Bicarbonato (mg/L)
STM01	-54,702	-2,426	29,0	70	<0,1	279	189	3,69	3,69	241	0	23,60	18,6	10,200	7,290	1,310	<0,0001	0,019	16,570	3,911	0	0	16,16	<0,02	<0,1	0,18	0,18	16,3	0	0
STM02	-54,708	-2,466	26,6	72	0,15	162	149,6	4,03	4,06	162	0	2,04	22,0	1,370	0,334	0,293	0,020	0,00481	18,728	<1	0	1	6,28	<0,02	<0,1	0,18	0,21	6,5	0	0
STM03	-54,693	-2,439	29,5	<5	1,4	338	184	3,36	3,84	188	0	24,47	30,7	13,800	7,900	1,150	0,015	0,0408	28,360	<1	0	0	17,22	<0,02	<0,1	0,53	0,53	17,8	0	0
STM04	-54,703	-2,461	29,1	76	<0,1	118	130,6	4,37	4,24	116	0	4,89	13,1	5,050	1,310	0,393	0,003	0,00978	13,573	0,570	0	1	4,82	<0,02	<0,1	0,27	0,27	5,1	0	0
STM05	-54,706	-2,452	27,9	<5	0,42	196	156	5,22	5,23	195	10	32,53	16,0	14,000	9,240	2,300	0,003	0,0482	13,590	3,601	1	1	12,35	<0,02	<0,1	0,20	0,20	12,5	0	0
STM06	-54,693	-2,469	27,8	9	4,0	60	163,3	4,04	4,66	33	0	3,28	6,5	0,667	0,863	0,275	0,678	0,021	8,149	0,849	1	1	2,37	<0,02	<0,1	0,13	0,53	2,9	0	0
STM07	-54,718	-2,425	28,8	6	0,29	233	186,3	3,9	7,19	186	0	15,13	19,0	7,460	4,570	0,903	0,011	0,0145	20,534	<0,5	0	0	12,80	<0,02	<0,1	0,14	0,15	13	0	0
STM08	-54,707	-2,446	29,0	<5	0,39	331	168,6	3,9	6,04	185	0	22,61	23,3	12,000	7,190	1,130	0,070	0,0155	28,908	11,152	0	0	14,14	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1	14,1	0	0
STM09	-54,696	-2,461	28,8	76	<0,1	115	170,6	4,03	4,60	66	0	4,57	5,8	3,150	1,060	0,469	0,001	0,0175	6,347	<0,5	1	1	4,75	<0,02	<0,1	<0,1	0,46	5,2	0	0
STM10	-54,696	-2,479	26,6	74	0,52	51	142,6	4,17	4,53	33	0	0,60	5,6	0,349	0,089	0,092	0,071	0,00382	9,518	0,734	0	0	0,31	<0,02	<0,1	<0,1	0,42	0,7	0	0
STM11	-54,718	-2,469	28,4	102	1,8	129	180	3,84	4,42	68	0	3,59	14,9	1,430	0,898	0,327	0,017	0,00637	11,927	<0,5	0	1	6,28	<0,02	<0,1	<0,1	0,44	6,7	0	0
STM12	-54,714	-2,468	31,4	5	1,2	75	143,3	4,5	4,50	38	0	2,03	5,3	0,527	0,467	0,210	0,006	0,00294	4,413	<0,5	0	0	4,50	<0,02	<0,1	0,15	0,16	4,7	0	0
STM13	-54,760	-2,459	28,7	71	<0,1	99	195	6,13	3,62	52	0	0,16	0,5	0,016	0,025	0,024	0,013	<0,0001	<1	<0,5	0	0	0,22	<0,02	<0,1	0,18	0,18	<0,5	0	0
STM14	-54,684	-2,476	27,4	6	3,1	43	156,3	5,66	7,27	32	0	3,46	4,8	1,060	0,773	0,372	0,854	0,0102	4,013	0,629	0	1	1,26	<0,02	<0,1	0,26	0,27	1,5	0	0
STM15	-54,729	-2,483	31,2	<5	0,51	22	142,3	4,51	6,01	18	0	0,67	0,6	0,059	0,121	0,091	0,005	0,00191	1,620	<0,5	0	0	0,15	<0,02	<0,1	0,64	0,65	0,8	0	0
STM16	-54,718	-2,476	28,1	6	0,80	18	126	4,73	7,14	11	0	0,40	0,1	0,032	0,109	0,032	0,086	<0,0001	<1	0,856	0	0	0,10	<0,02	<0,1	1,4	1,43	1,5	0	0
STM17	-54,743	-2,430	30,5	<5	2,9	260	193	3,61	5,11	123	0	15,36	19,3	4,190	4,240	1,160	0,286	0,0227	21,426	<1	0	0	15,04	<0,02	0,45	0,16	0,61	15,7	0	0
STM18	-54,740	-2,454	28,9	5	0,39	124	154,3	4,21	7,11	85	0	6,31	9,1	3,250	1,710	0,496	0,005	0,0158	13,228	<0,5	0	0	7,47	<0,02	<0,1	2,0	2,04	9,5	0	0
STM19	-54,722	-2,456	29,2	5	0,57	25	151	4,31	7,16	19	0	0,44	0,6	0,254	0,099	0,048	0,008	0,000213	1,009	<0,5	0	0	0,77	<0,02	<0,1	0,38	0,38	1,2	0	0
STM20	-54,725	-2,466	28	<5	1,9	145	142,6	4,38	7,32	77	0	3,56	3,6	2,790	0,861	0,344	0,082	0,00992	7,380	<0,5	0	0	3,22	<0,02	<0,1	3,2	3,23	6,5	0	0
STM21	-54,753	-2,466	30,4	<5	0,21	73	145	4,44	7,30	61	0	2,44	3,4	1,680	0,675	0,183	0,012	0,00368	4,266	<0,5	0	0	3,61	<0,02	<0,1	0,13	0,14	3,7	0	0
STM22	-54,731	-2,458	26,9	<5	0,22	195	152,3	4,27	7,00	126	0	24,82	23,7	11,800	8,270	1,010	0,010	0,010	24,280	<1	0	0	12,44	<0,02	0,95	<0,1	1,01	13,5	0	0
STM23	-54,753	-2,437	28,7	<5	0,34	89	155,6	4,1	7,25	52	0	2,18	6,0	0,966	0,481	0,239	0,005	0,0038	6,034	<0,5	0	0	4,70	<0,02	<0,1	0,14	0,15	4,9	0	0
STM24	-54,748	-2,449	28,8	<5	0,20	86	170	4	7,18	68	0	3,15	4,2	1,080	0,726	0,325	0,010	0,00578	6,790	<0,5	0	1	3,47	<0,02	<0,1	0,18	0,19	3,7	0	0
STM25	-54,705	-2,436	28,2	5	0,17	240	179,6	3,81	7,09	162	0	19,82	16,3	7,140	6,190	1,060	0,069	0,0124	16,080	3,381	0	0	15,73	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1	17,0	0	0
STM26	-54,711	-2,452	28,6	<5	0,52	290	181,3	3,85	7,31	167	0	21,42	24,1	8,970	7,100	0,894	0,005	0,0141	21,920	<0,5	1	0	19,17	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1	20,1	0	0
STM27	-54,713	-2,431	28,6	5	0,39	155	184,3	3,74	6,05	128	0	8,16	8,7	2,510	2,380	0,539	0,005	0,0122	11,767	<0,5	0	0	8,57	<0,02	<0,1	0,15	0,16	8,7	0	0
STM28	-54,709	-2,425	29,2	5	0,59	33	120	5	7,37	20	<5	1,21	1,1	0,288	0,203	0,171	0,006	0,00323	1,160	<0,5	1	0	1,14	<0,02	<0,1	0,20	0,20	1,3	0	0
STM29	-54,721	-2,439	30,0	6	0,51	184	185,3	3,74	7,02	106	0	9,32	12,8	2,150	2,570	0,707	0,246	0,0156	10,509	<0,5	0	1	10,53	<0,02	<0,1	0,17	0,17	10,7	0	8
STM30	-54,753	-2,439	29,3	6	0,55	74	178	3,86	7,21	45	0	4,03	1,2	0,776	1,040	0,348	0,024	0,012	4,529	<0,5	0	0	2,83	<0,02	<0,1	0,15	0,15	3,0	0	0

7.3.2 - Análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas em Santarém durante a segunda campanha de amostragem de água de 30 poços no período de estiagem em outubro de 2012.

Poço	Longitude decimal	Latitude decimal	Temperatura (°C)	Cor (Pt/Co)	Turbidez (NTU)	Condutividade (µS/cm)	Eh (mV)	pH in situ	pH a 20°C	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	Alcalinidade Total (mg/L)	Dureza (mg/L)	Sódio (mg/L)	Potássio (mg/L)	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	Ferro (mg/L)	Manganês (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Sulfato (mg/L)	E. coli - P/A em 100 mL	C. Totais (P/A em 100 mL)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Amônia (mg/L)	Nitrogênio Orgânico (mg/L)	Nitrogênio Total Kjeldahl (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Carbonato (mg/L)	Bicarbonato (mg/L)
STM01	-54,702	-2,426	29	6	<0,1	279	424	4,7	3,91	209	<5	27,4626	17,018	4,656	8,876	1,286	0,01	0,0157	21,99	8,000	0	0	9,535	<0,02	<0,1	0,25	0,25	9,8	0	0
STM02	-54,708	-2,466	27,9	<5	<0,1	155	444	4,7	4,23	114	<5	3,31744	19,428	1,191	0,637	0,421	0,2103	0,0067	17,844	1,246	0	1	8,576	<0,02	<0,1	0,15	0,15	8,7	0	0
STM04	-54,703	-2,461	28,2	<5	<0,1	157	221	4,4	4,23	99	<5	8,24501	14,448	2,885	2,181	0,681	0,2419	0,0188	13,43	0,749	0	0	9,72	<0,02	<0,1	0,24	0,24	10	0	0
STM05	-54,706	-2,452	28,3	<5	<0,1	188	202	5,7	5,34	117	6	25,6064	14,910	5,349	7,366	1,754	0,0426	0,0853	18,878	3,102	1	1	11,846	<0,02	<0,1	0,16	0,16	12	0	6
STM06	-54,693	-2,469	27	6	<0,1	69	238	4,4	4,06	55	<5	2,2764	2,337	0,646	0,650	0,159	0,2989	0,0027	3,631	0,792	0	0	2,679	<0,02	<0,1	0,17	0,17	2,8	0	0
STM07	-54,718	-2,425	27,8	<5	<0,1	101	375	5,5	4,84	83	<5	9,17404	8,667	1,954	2,539	0,689	0,0222	0,0177	9,287	<0,5	0	0	7,52	<0,02	<0,1	0,21	0,21	7,7	0	0
STM10	-54,696	-2,479	26,4	<5	<0,1	48	222	4,9	4,41	35	<5	0,57753	3,408	0,439	0,066	0,101	0,0353	<0,001	7,765	<0,5	0	1	0,319	<0,02	<0,1	0,17	0,17	<0,5	0	0
STM12	-54,714	-2,468	26,6	<5	<0,1	68	300	4,4	4,16	53	<5	2,97643	1,207	0,918	0,666	0,320	0,0122	0,0060	3,619	<0,5	0	0	2,514	<0,02	<0,1	0,12	0,12	2,6	0	0
STM13	-54,760	-2,459	28,1	<5	<0,1	13	626	4,7	4,69	7	<5	0,21217	0,457	0,042	0,046	0,024	0,0187	<0,001	<0,5	0,589	0	0	0,356	<0,02	<0,1	0,11	0,11	<0,5	0	0
STM14	-54,684	-2,476	27,3	15	<0,1	43	-97	4,7	4,89	33	6	5,51708	2,092	0,454	1,397	0,494	1,327	0,0201	1,827	<0,5	0	1	3,333	<0,02	0,2	<0,1	0,29	3,6	0	6
STM15	-54,729	-2,483	26,1	<5	<0,1	21	318	5	4,54	18	<5	0,87132	0,553	0,113	0,151	0,120	0,00729	<0,001	3,028	0,553	0	0	0,153	<0,02	<0,1	0,13	0,13	<0,5	0	0
STM17	-54,743	-2,430	28,8	<5	13	206	190	4,3	3,99	126	<5	12,74962	14,580	3,140	3,922	0,718	0,1402	0,0162	15,78	<0,5	0	0	10,51	<0,02	1,7	0,20	1,90	12,4	0	0
STM19	-54,722	-2,456	28,3	<5	<0,1	43	173	4,7	4,32	35	<5	0,77156	1,441	1,004	0,035	0,167	0,00938	<0,001	2,403	<0,5	0	0	1,983	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1	2	0	0
STM20	-54,725	-2,466	29,7	<5	<0,1	91	381	4,4	4,11	68	<5	4,40907	2,515	2,322	0,878	0,540	0,0203	0,0121	5,645	<0,5	0	0	3,37	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1	3,4	0	0
STM21	-54,753	-2,466	28,5	<5	<0,1	83	295	4,6	4,13	50	0	3,33925	2,387	1,765	0,762	0,350	0,0146	0,0050	5,285	<0,5	0	0	4,385	<0,02	<0,1	0,12	0,12	4,5	0	0
STM22	-54,731	-2,458	27	<5	<0,1	195	238	4,3	4,15	124	<5	15,5539	11,410	4,515	4,329	1,154	0,0195	0,0108	20,79	<0,5	0	0	7,96	<0,02	1,1	0,11	1,21	9,2	0	0
STM23	-54,753	-2,437	28,8	<5	<0,1	197	385,0	4,7	3,93	125	<5	13,4462	4,935	2,716	3,071	1,407	0,0121	0,0203	7,96	<0,5	0	0	8,1	<0,02	0,2	0,20	0,40	8,5	0	0
STM24	-54,748	-2,449	28	<5	<0,1	70	85	4,3	4,18	62	<5	3,06307	3,418	1,204	0,737	0,298	0,0103	0,0040	5,613	<0,5	0	0	3,021	<0,02	<0,1	0,20	0,20	3,2	0	0
STM25	-54,705	-2,436	28,3	<5	<0,1	141	190	4,6	4,15	102	<5	11,34572	8,509	2,680	3,244	0,789	0,0726	0,0110	10,878	4,246	0	0	6,96	<0,02	<0,1	0,16	0,16	7,7	0	0
STM26	-54,711	-2,452	27,7	<5	<0,1	310	248	4,2	3,78	206	<5	16,1659	20,708	4,247	4,500	1,199	0,0051	0,0186	20,91	0,640	0	0	14,12	<0,02	<0,1	0,15	0,15	14,3	0	0
STM27	-54,713	-2,431	28,1	<5	<0,1	201	232	3,9	3,93	122	<5	16,31523	12,548	3,190	5,148	0,840	0,0109	0,0113	14	<0,5	0	0	10,9	<0,02	<0,1	0,13	0,13	11	0	0
STM28	-54,709	-2,425	28,9	<5	<0,1	202	355	5,7	3,92	135	<5	12,75355	12,156	2,157	3,871	0,751	0,00401	0,0098	14,518	2,113	1	1	6,035	<0,02	<0,1	0,14	0,14	6,2	0	0
STM30	-54,753	-2,439	28,5	<5	<0,1	91	263	4,6	4,08	65	<5	4,62182	1,072	1,656	1,176	0,410	0,00732	0,0066	3,165	<0,5	0	1	4,5	<0,02	<0,1	0,22	0,22	4,7	0	0
STM31	-54,740	-2,437	27,9	<5	<0,1	223	299	4,2	4,02	155	<5	17,895	12,490	3,678	5,477	1,025	0,0216	0,0100	14,29	2,588	0	0	10,83	<0,02	<0,1	0,23	0,23	11,1	0	0
STM35	-54,734	-2,439	28,2	<5	<0,1	20	365	5,0	4,7	16	<5	0,974865	1,004	0,966	0,008	0,233	0,0242	0,0064	1,677	<0,5	0	0	<0,1	<0,02	<0,1	0,2	0,2	<0,5	0	0
STM36	-54,756	-2,449	28,7	<5	<0,1	19	189	4,8	4,70	14	<5	0,81765	0,602	0,821	0,029	0,182	0,2356	0,0090	1,488	<0,5	0	0	<0,1	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	0	0
STM37	-54,723	-2,420	33,5	<5	<0,1	83	319	4,7	4,21	49	<5	6,26	3,976	1,256	1,848	0,400	0,0216	0,0063	5,2	0,607	0	0	4,869	<0,02	<0,1	0,19	0,19	5,1	0	0
STM38	-54,747	-2,444	28,8	<5	0,63	99	257	4,3	4,19	59	<5	2,5806	9,429	1,516	0,518	0,314	0,0301	0,0085	7,486	<0,5	0	0	6	<0,02	<0,1	0,15	0,15	6,2	0	0
STM39	-54,738	-2,422	28,5	<5	<0,1	321	395	4,2	3,86	228	<5	25,0813	18,200	6,867	7,420	1,593	0,0427	0,0163	21,312	<1	0	0	15,08	<0,02	1,6	7,8	9,38	24,5	0	0
STM40	-54,734	-2,429	28,5	<5	<0,1	158	205	4,8	4,43	110	<5	19,74428	12,428	2,520	6,404	0,911	0,0137	0,0062	14,563	1,266	0	0	10,26	<0,02	<0,1	0,14	0,14	10,5	0	0



7.3.3 - Análises de metais pesados, BTEX, fenóis e de isótopos ambientais realizadas em Santarém durante a segunda campanha de amostragem de água de 30 poços no período de estiagem em outubro de 2012.

Poço	Longitude decimal	Latitude decimal	Índice de Fenóis (mg/L)	Bário (mg/L)	Níquel (mg/L)	Zinco (mg/L)	Cádmio (mg/L)	Chumbo (mg/L)	Cobre (mg/L)	Cromo (mg/L)	Mercúrio (mg/L)	Arsênio (mg/L)	Benzeno (mg/L)	Tolueno (mg/L)	Etilbenzeno (mg/L)	o-Xileno (mg/L)	m,p-Xilenos (mg/L)	Trício	δD‰	δ <sup>18</sup> O‰	Percentual de Carbono Moderno (pMC)	Fração de Carbono Moderno (Fmdn)	Razão C13/C12
STM01	-54,702	-2,426	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STM02	-54,708	-2,466	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STM04	-54,703	-2,461	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STM05	-54,706	-2,452	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STM06	-54,693	-2,469	<0,001	0,00225	<0,001	0,0559	<0,001	0,00387	0,0028	<0,001	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-	-	-	-
STM07	-54,718	-2,425	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STM10	-54,696	-2,479	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-36,2	-6,49	-	-	-
STM12	-54,714	-2,468	<0,001	0,0119	<0,001	0,00831	<0,001	<0,001	0,00684	<0,001	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-	-	-	-
STM13	-54,760	-2,459	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-	-	-	-
STM14	-54,684	-2,476	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STM15	-54,729	-2,483	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STM17	-54,743	-2,430	<0,001	0,0283	<0,001	0,0326	<0,001	0,00171	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-	-	-	-
STM19	-54,722	-2,456	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STM20	-54,725	-2,466	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STM21	-54,753	-2,466	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STM22	-54,731	-2,458	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STM23	-54,753	-2,437	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,04 ± 0,14	-	-	-	-	-
STM24	-54,748	-2,449	0,0019	0,0106	<0,001	<0,001	<0,001	0,00175	0,0521	<0,001	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-	-	-	-
STM25	-54,705	-2,436	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STM26	-54,711	-2,452	<0,001	0,0316	<0,001	0,0131	<0,001	0,00627	0,1504	<0,001	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-	-	-	-
STM27	-54,713	-2,431	<0,001	0,0163	<0,001	0,00329	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-	-	-	-
STM28	-54,709	-2,425	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STM30	-54,753	-2,439	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STM31	-54,740	-2,437	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STM35	-54,734	-2,439	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STM36	-54,756	-2,449	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STM37	-54,723	-2,420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,52 ± 0,13	-	-	110,5±/0,4 pMC	1,1047 +/- 0,0041	-24,8
STM38	-54,747	-2,444	<0,001	0,0149	<0,001	0,0138	<0,001	<0,001	0,00139	<0,001	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	0,55 ± 0,13	-	-	-	-	-
STM39	-54,738	-2,422	<0,001	0,0127	<0,001	0,0611	<0,001	0,00129	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-	-	-	-
STM40	-54,734	-2,429	0,0019	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-	-	-	-
STM41	-54,761	-2,467	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,15 <sup>(6)</sup> ± 0,09	-	-	-	-	-
STM42	-54,757	-2,442	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00 <sup>(6)</sup> ± 0,09	-43,9	-7,42	2700±/30 BP	0,7145 +/- 0,0027	-24,7
STM43	-54,723	-2,468	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05 <sup>(6)</sup> ± 0,12	-43,0	-7,21	2290±/30 BP	0,7520 +/- 0,0028	-23,7
STM44	-54,785	-2,487	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,68 ± 0,10	-36,1	-6,52	106,4±/0,4 pMC	1,0642 +/- 0,0039	-21,7

## **7.4 – Protocolo de Guia de Coleta de Amostras Bioagri Ambiental**

## Apresentação

Este guia fornece informações básicas sobre os procedimentos adequados de coletas e preservação de amostras aquosas e sólidas para análises ambientais.

Embora muitas vezes, problemas ambientais decorrentes ou não de atividade antrópica sejam facilmente perceptíveis, a real dimensão destes problemas somente pode ser mensurada a partir de análises laboratoriais realizadas em locais onde possuam os recursos materiais e humanos mínimos necessários, existindo a necessidade da coleta e preservação de amostras para análises em laboratórios especializados, ou talvez de medidas tomadas no campo utilizando-se de instrumentos adequados. Por este motivo, é muito importante obedecer a critérios técnicos cuidadosamente definidos, com coletas sendo realizadas por profissionais qualificados para a função, pois estas são de fundamental importância para que os resultados das análises sejam confiáveis e representem da forma mais próxima possível à realidade. Sem estes cuidados a avaliação da qualidade ambiental pode gerar informações incorretas, dando uma falsa impressão a respeito da realidade, podendo induzir decisões errôneas causando graves prejuízos à saúde humana e preservação do meio ambiente.

Hoje sabemos que a coleta e a preservação das amostras têm influência muito importante sobre os resultados das análises. Águas naturais encontram-se em um sensível equilíbrio dinâmico, onde diversas espécies químicas e biológicas se mantêm estáveis. O simples contato de uma amostra com as paredes no frasco de coleta não apropriado podem alterar a composição da amostra. Também a temperatura e a forma de preservação da amostra podem influenciar na composição material da amostra. É importante ressaltar, que existe um tempo entre a coleta das amostras e a efetiva realização das análises, que pode variar de horas a meses dependendo do tipo de parâmetro em questão. Isto reforça a necessidade da adoção de critérios rígidos para a preservação e armazenamento das amostras, evitando a possível perda das espécies presentes, principalmente por transformação em outras formas químicas.

Na **tabela 7.1** a seguir constam os parâmetros a serem analisados, o tipo de frasco para coleta de amostra, a forma de preservação e o tempo para a realização da análise para amostras aquosas. Na **tabela 7.2** constam os parâmetros a serem analisados, o tipo de frasco para coleta de amostra, a forma de preservação e o tempo para a realização da análise para amostras sólidas.

Na **tabela 7.3** constam preservação, prazo e frascos para análises biológicas e microbiológicas. Na **tabela 7.4** constam preservação, prazo e frascos para testes de toxicidade. Na **tabela 7.5** temos a quantidade de frascos requeridos para atendimento de algumas legislações, tendo em vista o agrupamento de parâmetros num mesmo frasco.

No **anexo A1** a sequência para uso das bolsas nasço e os esquemas dos frascos de coleta de amostras líquidas (**anexo A2**) e de amostras sólidas (**anexo A3**).

**Tabela 7.1 - Frascos de Coleta, Volume Mínimo Necessário, Preservação e Prazo para Análise - Amostras de Águas e Efluentes.**

<b>Espécie de Interesse</b>	<b>Frasco de Coleta</b>	<b>Volume de Amostra</b>	<b>Preservação/ Estocagem da Amostra</b>	<b>Prazo para Análise</b>
Alcalinidade	Polietileno ou vidro	200 ml	Refrigerar a 4±2°C	Recomendável 24 horas Tolerável 14 dias
Acidez	Polietileno ou vidro	100 ml	Refrigerar a 4±2°C	Recomendável 24 horas Tolerável 14 dias
Ácidos Haloacéticos	Vial	2 x 40 ml	Refrigerar a 4±2°C 4 mg de Cloridrato de amônio/ vial	14 dias até extração Após a extração 21 dias até análise
Bacteriologia	Polietileno ou vidro (Bolsa NASCO)	100 ml	Tiosulfato de Sódio e refrigerar a < 10°C	24 horas
Brometo	Polietileno ou vidro	100 ml	Refrigerar a 4±2°C	28 dias
Bromato	Polietileno ou vidro	100 ml	2 gotas EDA 5%	28 dias
Carbamatos	Vidro Âmbar	1.000 ml	Refrigerar a 4±2°C	14 dias até extração 40 dias até análise
Carbono Orgânico Total (TOC)	Vidro	100 ml	HCl até pH<2, refrigerar a 4±2°C	Recomendável 7 dias Tolerável 28 dias
Carbono Orgânico Dissolvido (COD)	Vidro	100 ml	Filtração membrana 0,45 µm HCl até pH<2, refrigerar a 4±2°C	Recomendável 7 dias Tolerável 28 dias
Cianeto	Polietileno ou vidro	1000 ml	NaOH 10N até pH >12, refrigerar a 4±2°C	14 dias
Clorato	Polietileno ou vidro	100 ml	Refrigerar a 4±2°C	28 dias
Cloreto	Polietileno ou vidro	250 ml	Refrigerar a 4±2°C	28 dias
Clorito	Polietileno ou vidro	100 ml	Refrigerar a 4±2°C	14 dias
Cloro Total e Residual	Polietileno ou vidro	500 ml	Não requerida	O mais breve possível
Clorofila A	Vidro	1.000 ml	Refrigerar a 4±2°C	5 dias até a extração e 15 dias a partir da extração
Coliformes Totais/Escherichia Coli	Bag ou frasco polietileno estéril	100 ml	Refrigerar a < 10°C	24 horas e 36 horas para águas tratadas
Condutividade Elétrica / Específica	Polietileno ou vidro	500 ml	Refrigerar a 4±2°C	28 dias
Cor	Polietileno ou vidro	500 ml	Refrigerar a 4±2°C	48 horas
Cromo Hexavalente	Polietileno ou vidro	500 ml	Refrigerar a 4±2°C	24 horas
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Polietileno ou vidro	1.000 ml	Refrigerar a 4±2°C	Recomendável 24 horas Tolerável 7 dias
Demanda Química de Oxigênio (DQO) <sup>(1)</sup>	Polietileno ou vidro	100 ml	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH<2, Refrigerar a 4±2°C	Recomendável 24 horas Tolerável 7 dias
Dureza Total	Polietileno ou vidro	100 ml	HNO <sub>3</sub> ou H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH<2	06 meses
Índice de Fenóis	Vidro âmbar	500 ml	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH< 4	28 dias
Fluoreto	Polietileno	100 ml	Não Requerida	28 dias
Fosfato (orto <sup>2</sup> )	Polietileno ou vidro	200 ml	Refrigerar a 4±2°C	48 horas

**Tabela 7.1 - Frascos de Coleta, Volume Mínimo Necessário, Preservação e Prazo para Análise - Amostras de Águas e Efluentes (continuação).**

Espécie de Interesse	Frasco de Coleta	Volume de Amostra	Preservação/ Estocagem da Amostra	Prazo para Análise
Fósforo Total	Polietileno ou vidro	100 ml	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH<2, Refrigerar a 4±2°C	28 dias
Gás Carbônico (Dióxido de Carbono)	Polietileno ou vidro	100 ml	Não requerida	-
Glifosato	Polietileno ou vidro	100 ml	Não requerida	14 dias
Iodeto	Polietileno ou vidro	500 ml	Refrigerar a 4±2°C	24 horas
Microcistina	Vidro	100 ml	Refrigerar a 4±2°C	15 dias
Metais Totais (exceto Cromo VI)	Polietileno	500 ou 1000 ml	HNO <sub>3</sub> até pH<2	06 meses (exceto Hg = 28 dias)
Metais Solúveis	Mesmo que metais totais, porém a amostra deverá ser filtrada em membrana 0,45µm antes de ser preservada.			
Nitrogênio Amoniacal	Polietileno ou vidro	500 ml	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH<2, Refrigerar a 4±2°C	Recomendável 7 dias Tolerável 28 dias
Nitrogênio Nitrato	Polietileno ou vidro	100 ml	Refrigerar a 4±2°C	48 horas
Nitrogênio Nitrito	Polietileno ou vidro	100 ml	Refrigerar a 4±2°C	48 horas
Nitrogênio Kjeldahl Total	Polietileno ou vidro	500 ml	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH<2, Refrigerar a 4±2°C	Recomendável 7 dias Tolerável 28 dias
Odor	Polietileno	500 ml	Refrigerar a 4±2°C	O mais breve possível
Óleos e Graxas <sup>(3)</sup>	Vidro Âmbar	1.000 ml	HCl ou H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH<2; Refrigerar a 4±2°C	28 dias
Orgânicos Purgáveis (Purge and Trap)	Vidro (Vial)	2 x 40 ml	HCl 1:1 (4 gotas) Refrigerar a + 4°C Obs.: Caso a amostra contenha cloro residual livre este deve ser eliminado antes da adição do ácido através da adição de 4 gotas de solução de tiosulfato de sódio a 10%.	07 dias s/ preserv. 14 dias c/preserv.

**Tabela 7.1 - Frascos de Coleta, Volume Mínimo Necessário, Preservação e Prazo para Análise - Amostras de Águas e Efluentes (continuação).**

Espécie de Interesse	Frasco de Coleta	Volume de Amostra	Preservação da Amostra	Prazo para Análise
Organoclorados e PCB's em água	Vidro âmbar, tampa rosqueável de teflon ou Plástico	2.000 ml	Refrigerar a 4±2°C	07 dias até a extração 40 dias após a extração
Oxigênio Consumido	Polietileno ou vidro	150 ml	Refrigerar a 4±2°C	24 horas
Oxigênio Dissolvido	Vidro de boca estreita e tampa esmerilhada	300 ml	2 ml de sulfato manganoso e 2 ml de reagente alcali-iodeto azida	8 horas (preferencialmente medida em campo com aparelho portátil)
Pesticidas	Vidro âmbar	1000 ml	Refrigerar a 4±2°C	07 dias até a extração 40 dias após a extração
pH	Polietileno ou vidro	200 ml	Refrigerar a 4±2°C	06 horas (preferencialmente medida em campo)
Radioatividade	Vidro âmbar	100 ml	HNO <sub>3</sub> até pH<2	1 ano
Série de Sólidos	Polietileno ou vidro	1.000 ml	Refrigerar a 4±2°C	07 dias
Sólidos Sedimentáveis	Polietileno ou vidro	1.000 ml	Refrigerar a 4±2°C	07 dias
Silica	Polietileno	200 ml	Refrigerar a 4±2°C	28 dias
Sulfato	Polietileno ou vidro	100 ml	Refrigerar a 4±2°C	28 dias
Sulfeto (idem para sulfeto de hidrogênio)	Polietileno ou Vidro	100 ml	Refrigerar a 4±2°C; adicionar 04 gotas de Acetato de Zinco 2N e NaOH até pH>9	07 dias
Sulfito <sup>(4)</sup>	Polietileno ou vidro	100 ml	Refrigerar a 4±2°C	24 horas
Surfactantes	Polietileno ou vidro	250 ml	Refrigerar a 4±2°C	48 horas
Turbidez	Polietileno ou vidro	200 ml	Refrigerar a 4±2°C	48 horas
Matriz analítica (Vinhaça)	Polietileno ou Vidro	2.000 ml	Refrigerar a 4±2°C	

- (1) Para efluentes com óleos vegetais ou gelatinas, não acidular, mantendo apenas a refrigeração.
- (2) Imediatamente após a coleta filtrar a amostra com membrana 0,45 µ . Este procedimento reduz a conversão de fosfatos condensados em ortofosfatos pela remoção de material suspenso e microbiológico, o qual pode catalisar a reação.
- (3) Não encher completamente o frasco.
- (4) Encher o frasco completamente, evitando contato com o ar.

**Tabela 7.2 - Frascos de Coleta, Volume Mínimo Necessário, Preservação e Prazo para Análise - Amostras de Solos e Sedimentos.**

Espécie de Interesse	Frasco de Coleta	Quantidade de Amostra (g)	Preservação/Estocagem da Amostra	Prazo para Análise
Orgânicos Voláteis	Frasco de Vidro de Boca Larga	Preencher o Frasco até a Boca 200g	Resfriar a 4±2°C	14 dias
Orgânicos Semi Voláteis	Frasco de Vidro de Boca Larga	200	Resfriar a 4±2°C	14 dias até extração 40 dias até análise
Dioxinas e Furanos	Frasco de Vidro de Boca Larga	500	Resfriar a 4±2°C	não se aplica
Pesticidas Organoclorados (Bioagri Ambiental)	Frasco de Vidro de Boca Larga	200	Resfriar a 4±2°C	14 dias até extração 40 dias até análise
PCB's	Frasco de Vidro de Boca Larga	200	Resfriar a 4±2°C	14 dias até extração 40 dias até análise
Compostos Organofosforados	Frasco de Vidro de Boca Larga	200	Resfriar a 4±2°C	14 dias até extração 40 dias até análise
Metais (Exceto Cr VI)	Frasco de Vidro ou de plástico de Boca Larga	200	Resfriar a 4±2°C	28 dias para Hg 180 dias para outros metais
Cromo VI	Frasco de Vidro ou de plástico de Boca Larga	200	Resfriar a 4±2°C	30 dias para digestão Análise em até 4 dias após extração
Cianetos	Frasco de Vidro ou de plástico de Boca Larga	200	Resfriar a 4±2°C	14 dias
Sulfeto	Frasco de Vidro ou de plástico de Boca Larga	200	Resfriar a 4±2°C	7 dias

**Tabela 7.3 - Preservação, prazo para análise e frascos a serem utilizados sem amostras para análises biológicas e microbiológicas.**

Variável biológica	Item	Preservação/Estocagem da Amostra	Prazo para análise	Frascos
Perifiton	Contagem e identificação	Formaldeído neutralizado a 4- 5% ou FAA (formol, ácido acético glacial e álcool) ou solução de Transeau (6:3:1) ou mertiolato (1:1000) ou lugol acético 3 – 5% para flagelados	a) um ano b)seis meses c)seis meses	Vidro âmbar ou polietileno
	Clorofila e Feofitina	Refrigerar e encaminhar ao laboratório o mais rápido possível	24 h oras	Vidro âmbar ou polietileno
	Contagem proporcional de espécies diatomáceas	Formaldeído neutralizado a 4 ou 5%	Seis meses	Vidro âmbar ou polietileno
Zooplâncton	Contagem e identificação	Além do formaldeído neutralizado a 40%, outros fixadores podem ser usados como etanol a 7% ou solução de lugol. O formaldeído pode causar distorção em algumas formas de retíferos. Para evitar evaporação, juntar à amostra 5% de glicerina. Em amostras turvas será útil acrescentar 0,04% do corante rosa de bengala.	Um ano	Vidro ou polietileno
Cianobactérias	Polietileno ou vidro	1.000 ml	Lugol refrigerado 4±2°C	06 meses

**Tabela 7.4 - Preservação, prazo para análise e frascos a serem utilizados sem amostras para testes de toxicidade.**

Organismo teste	Tipo de amostra	Teste	Volume de amostra	Preservação/ Estocagem	Frascos
Algas	Águas ou efluentes	Toxicidade aguda / crônica	1.000 ml	Refrigeração até o período de 36 horas e congelamento após 36 horas	Vidro ou polietileno
Daphnia	Águas ou efluentes	Toxicidade aguda	1.000 ml	Refrigeração até o período de 36 horas e congelamento após 36 horas	Vidro ou polietileno
Ceriodaphnia	Águas ou efluentes	Toxicidade crônica	1.000 ml	Refrigeração até o período de 36 horas e congelamento após 36 horas	Vidro ou polietileno
Peixes	Águas	Toxicidade crônica	5.000 ml	Refrigeração até o período de 36 horas e congelamento após 36 horas	Vidro ou polietileno
Peixes	Efluentes	Toxicidade aguda	20 Litros	Refrigeração até o período de 36 horas e congelamento após 36 horas	Vidro ou polietileno
		Toxicidade crônica	5.000 ml		
Microtox	Águas ou efluentes	Toxicidade aguda	1.000 ml	Refrigeração até o período de 36 horas e congelamento após 36 horas	Vidro ou polietileno

#### Referências Bibliográficas

1. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 21<sup>st</sup> edition, APHA / AWWA / WEF, New York.
2. Markert, B. , 1994. Environmental Sampling for Trace Analysis, VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, Federal Republic of Germany.
3. Agudo, E.G. et al. , 1987. Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água, CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo.
4. NBR 9897 / ABNT - Planejamento de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores.
5. NBR 9898 / ABNT - Preservação e Técnicas de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores.
6. NBR 10007/ABNT – Amostragem de resíduos, 2° edição, versão 2004.
7. EPA - Surface Impoundment Study – Section N°B2 – 18/04/2000.
8. EPA SW 846 – Chapter Two – Choosing the correct procedure.
9. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
10. EPA SW 846 – Method 9065 Phenolics (Spectrometric, Manual 4-AAP With Distillation)



**Tabela 7.5 - Quantidade mínima de amostra para atendimento de algumas legislações e métodos – Amostras Aquosas.**

Tipo	Vidro Âmbar	Vidro Âmbar	Plástico	Plástico	Plástico	Vidro Âmbar	Vial	Plástico	Plástico	Plástico	Bolsa Nasco	Vidro	Vidro	Medidas de Campo
Volume	1000ml	1000ml	500ml	500ml	500ml	1000ml	40ml	500ml	100ml	100ml	100ml	100ml	100ml	
Preservação	-----	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pH < 2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pH < 2	HNO <sub>3</sub> pH < 2	NaOH pH > 12	HCl pH < 2	4 gotas HCl 50%	Acetato de Zinco	-----	2gotas EDA 5%	-----	Lugol	HNO <sub>3</sub> 30%	
Temperatura	Refrig.	Refrig.	Refrig.	Refrig.	Refrig.	Refrig.	Refrig.	Refrig.	Refrig.	Refrig.	Refrig.	Refrig.	Refrig.	
<b>Legislação</b>														
NTA 60	2		1	1	1						2			pH
Conama 357/05 Artigos 14, 15 ou 16	5	1		1	1	1	2	1	1	1	1	1		pHO.D.
Conama 357/05 Artigo 34	2	1		1	1	1	2	1		1				pHTemp.
Portaria 518/04 MS	3		1	1	1		2	1	1	1	2		1	pH Cl Livre
Artigo 18 Decreto 8468/76	2	1		1	1	1				1				pHTemp.
Artigo 19-A Decreto 8468/76	1	1	1	1	1	1		1						pHTemp.
Artigo 11 Decreto 8468/76	2	1		1	1	1		1			2			pH O.D.
Metais (**)				1										
VOC (EPA 8260) (30 compostos)							2							
SVOC (EPA 8270)	2													
Demais SVOC	1 a 3 (*)													
Diretiva 98 CEE	5		1	1	1		2	1		1	2			pH
EPA Drinking Water (MCL's)	5		1	1	1		2	1		1	2			pH

(\*) Dependendo do limite de quantificação desejado

(\*\*) Metais: Filtrado ou não dependendo do estudo, exceto Cromo VI.

**Tabela 7.5** - Quantidade mínima de frascos necessários para atendimento de algumas legislações e métodos – Amostras Sólidas (continuação).

<b>Tipo</b>	<b>Vidro de Boca Larga (Tipo Frasco de Palmito) ou Pote Plástico</b>	<b>Vidro de Boca Larga (Tipo Frasco de Palmito)</b>	<b>Vidro de Boca Larga com tampa metálica</b>
<b>Volume do Recipiente e Massa Mínima Requerida</b>	<b>500 ou 1000ml (mínimo de 0,5kg de amostra)</b>	<b>500 ou 1000ml (mínimo de 0,5kg de amostra)</b>	<b>100ml (Deverá ser preenchido completamente com a amostra)</b>
<b>Temperatura</b>	<b>Refrig.</b>	<b>Refrig.</b>	<b>Refrig.</b>
<b>Legislação/Método</b>			
NBR 10004 – Classificação de Resíduos Sólidos	<b>1 (*)</b>		
Metais e outros parâmetros inorgânicos	<b>1</b>		
VOC's (EPA 8260)			<b>1</b>
SVOC's (EPA 8270)		<b>1</b>	
Demais Compostos Orgânicos		<b>1</b>	

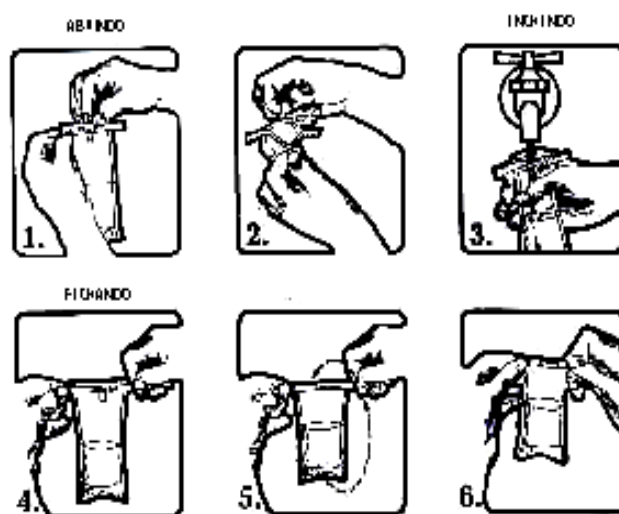
(\*) deverá ser garantido pelo menos 500g de amostra na base seca.

## Anexo A1 - Sequência para utilização das bolsas nasco

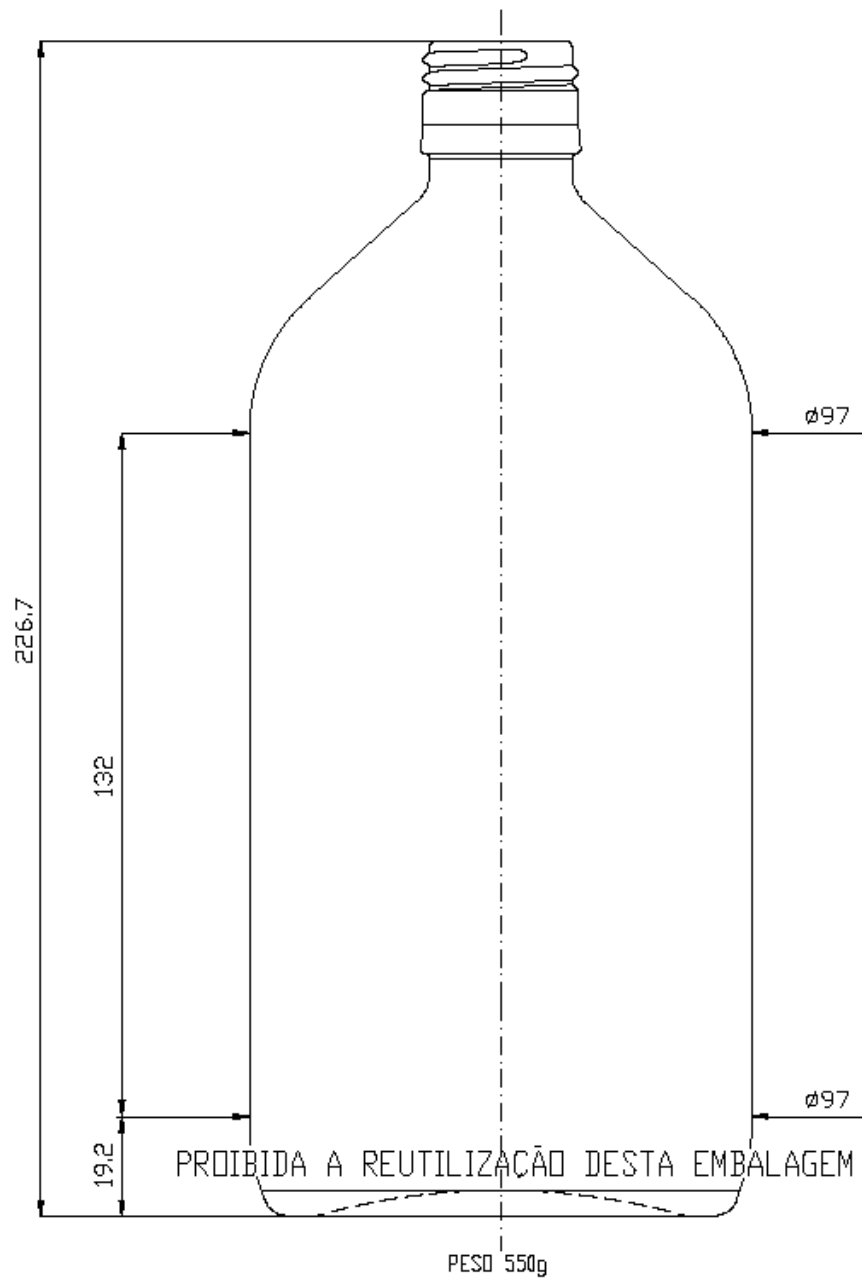
Procedimento para coletar amostras de águas utilizando a bolsa descartável THIO-bag Nasco:

- Rasgar o picote no topo da bolsa;
- Puxar as tiras laterais para abrir a bolsa sem tocar com as mãos na boca;
- Encher a bolsa até a marca de 100 ml;
- Puxar os arames para fechar a bolsa;
- Girar a bolsa em torno do arame 2 à 3 vezes;
- Dobrar os arames para manter a bolsa fechada.

Antes da coleta deve-se flambar a torneira ou se necessário limpar com solução de hipoclorito de sódio 2 % e mantê-la aberta, após a coleta manter a bolsa em temperatura de aproximadamente  $4\pm 2^{\circ}\text{C}$  em recipiente limpo e desinfetado.



Anexo A2 - Esquema dos frascos de coleta – Amostras Líquidas



Anexo A3 - Esquema dos frascos de coleta – Amostras Sólidas

