

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 VI - Cidade Piloto: Porto Velho - RO  
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 Magalhães 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 VI - Cidade Piloto: Porto Velho - RO**

**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 VI – Cidade Piloto: Porto Velho - RO.

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>30</b>
<b>1.1 Objetivo do Estudo</b> .....	<b>31</b>
<b>1.2 Metodologia</b> .....	<b>31</b>
<b>1.3 Localização e Dimensões da Área de Estudo</b> .....	<b>31</b>
<b>2 - Fisiografia</b> .....	<b>34</b>
<b>2.1 – Elementos e Fatores do Clima</b> .....	<b>35</b>
2.1.1 Clima .....	35
2.1.2 – Temperatura .....	36
2.1.3 – Ventos .....	36
2.1.4 – Umidade Relativa .....	38
2.1.5 – Insolação .....	39
2.1.6 – Precipitação .....	39
2.1.7 –Número de Dias de Chuva .....	39
2.1.8 – Evapotranspiração .....	40
<b>2.2 - Relevo</b> .....	<b>41</b>
<b>2.3 - Hidrografia</b> .....	<b>43</b>
<b>2.4 - Solos</b> .....	<b>46</b>
<b>2.5 - Vegetação</b> .....	<b>48</b>
<b>2.6 – Influência do Intemperismo Químico Regional na Qualidade das Águas Subterrâneas da Província Hidrogeológica Amazonas (PHA) ...</b>	<b>50</b>
<b>3 - Geologia</b> .....	<b>52</b>
<b>3.1 – Estrutura e Tectônica</b> .....	<b>53</b>
<b>3.2 – Litoestratigrafia</b> .....	<b>53</b>
<b>4 – Hidrogeologia e Hidrodinâmica</b> .....	<b>64</b>
<b>4.1 - Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho</b> .....	<b>65</b>
4.1.1. – Litologia, Dimensões e Limites .....	65
4.1.2 – Propriedades Hidráulicas .....	69
4.1.2.1 – Execução de Testes de Bombeamento .....	69
4.1.2.2 – Interpretação dos Testes de Bombeamento .....	72
4.1.2.3 – Parâmetros Hidráulicos Obtidos .....	78
4.1.2.4 – Conclusão sobre os Resultados Obtidos .....	79
4.1.3 – Recarga e Descarga de Água Subterrânea .....	83
4.1.3.1 – Variações de Nível Estático .....	83
4.1.3.2 – Variações de Cotas Potenciométricas .....	86

4.1.4 – Escoamento e Exutórios.....	87
4.1.5 – Reservas .....	90
4.1.5.1 – Reserva Reguladora ou Recarga Potencial Direta .....	90
4.1.5.2 – Reserva Potencial Explotável Estimada.....	90
4.1.5.3 – Reserva Permanente .....	92
4.1.6 – Situação da Exploração em 2012 .....	92
4.1.6.1 – Levantamento e Sistematização dos Dados .....	92
4.1.6.2 – Poços Catalogados e Cadastrados.....	92
4.1.6.3 – Tratamento Estatístico dos Dados de Poços Catalogados e Cadastrados .....	94
4.1.7 – Regime de Funcionamento dos Poços.....	100
4.1.8 – Produção Global dos Poços .....	101
<b>5 – Hidrogeoquímica .....</b>	<b>105</b>
<b>5.1 – Introdução .....</b>	<b>106</b>
5.1.1 - Critérios de seleção para as amostragens .....	107
5.1.2 - Procedimentos de Coleta .....	112
5.1.3 - Métodos de Análise .....	113
5.1.4 - Balanço Iônico.....	114
5.1.5 - Índice de Troca de Bases (ITB).....	117
5.1.6 - Razões Iônicas.....	120
5.1.7 - Índice de Langelier .....	123
5.1.8 - Correlação entre Variáveis Hidrogeoquímicas .....	124
5.1.9 - Modelagem Geoestatística.....	134
5.1.10 – Modelagem Estatística de Parâmetros Físico-Químicos com Valores Abaixo do Limite de Detecção .....	136
5.1.11 – Influência Antrópica e Sazonal na Qualidade das Águas Subterrâneas e Influência Sazonal na Qualidade das Águas Superficiais em Porto Velho .....	139
<b>5.2 – Interpretação dos Resultados Analíticos das Águas Subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho .....</b>	<b>143</b>
5.2.1 – Cor.....	144
5.2.2 – Turbidez.....	145
5.2.3 – Condutividade Elétrica (CE) .....	150
5.2.4 – Temperatura .....	155
5.2.5 – Sólidos Totais Dissolvidos (STD) .....	159
5.2.6 – Potencial Hidrogeniônico (pH).....	165
5.2.7 – Potencial Redox (Eh).....	170

5.2.8 – Cátions .....	176
5.2.8.1 – Sódio.....	176
5.2.8.2 - Potássio .....	180
5.2.8.3 - Cálcio.....	184
5.2.8.4 - Magnésio .....	188
5.2.9 – Ânions .....	192
5.2.9.1 - Cloreto .....	192
5.2.9.2 - Sulfato.....	197
5.2.9.3 - Bicarbonato.....	202
5.2.10 – Dureza .....	206
5.2.11 – Compostos Nitrogenados .....	211
5.2.11.1 – Nitrato .....	212
5.2.11.2 – Nitrito.....	217
5.2.11.3 – Amônia.....	221
5.2.12 – Ferro e Manganês .....	226
5.2.12.1 - Ferro .....	227
5.2.12.2 - Manganês .....	235
5.2.13 – Metais Pesados .....	239
5.2.14 – BTEX e Fenóis .....	242
5.2.14.1 – BTEX.....	243
5.2.14.2 – Fenóis .....	244
5.2.15 – Isótopos Ambientais .....	245
5.2.15.1 - Oxigênio-18 e Deutério.....	245
5.2.15.2 - Trício.....	247
5.2.15.3 - Carbono-14.....	249
5.2.15.4 - Conclusão .....	251
5.2.16 – Parâmetros Biológicos.....	251
5.2.17 – Classificação das Águas Subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho Segundo a Composição Química .....	259
5.2.17.1 – Diagrama Triangular de Piper .....	259
5.2.17.2 – Diagramas de Stiff.....	265
5.2.18 – Classificação das Águas Subterrâneas Segundo o Uso .....	277
5.2.18.1 – Diagramas de Schoeller-Berkaloff para Consumo Humano....	277
5.2.18.2 – Diagramas de Risco de Sódio e Salinidade para Irrigação .....	278
5.2.18.3 - Pecuária.....	281

<b>5.3 – Conclusões Gerais sobre a Qualidade das Águas Subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho .....</b>	<b>282</b>
<b>5.4 - Vulnerabilidade Natural do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho .....</b>	<b>284</b>
5.4.1 – Método DRASTIC.....	284
5.4.2 – Método GOD .....	293
5.4.3 - Conclusão sobre a vulnerabilidade natural .....	300
<b>6. Referências Bibliográficas.....</b>	<b>301</b>
<b>7 – Anexos.....</b>	<b>310</b>
<b>7.1 – Testes de Bombeamento – Planilhas, Gráficos e Valores Obtidos de T, K, S.....</b>	<b>311</b>
7.1.1 – Dados do Poço PVH18 – Porto Velho – RO.....	312
7.1.1.1 – Planilha .....	312
7.1.1.2 – Gráficos e Valores Obtidos de T, K, S do Poço PVH18) – Porto Velho – RO.....	313
7.1.1.2a - Curva de Rebaixamento do Poço PVH18 durante o bombeamento. ....	313
7.1.1.2b - Recuperação do Poço PVH18, após o bombeamento.....	313
7.1.1.2c - Valores encontrados para T, K, S no Poço PVH18 – Porto Velho – RO pelo método de Cooper & Jacob (1946). ....	314
7.1.1.3 - Cálculo dos parâmetros hidráulicos do Poço PVH18 supondo o aquífero do tipo livre, homogêneo e anisotrópico (modelo de Neuman, 1975). ....	314
7.1.1.3a – Curva de rebaixamento do Poço PVH18 superposta à curva padrão Tipo A de Neuman para tempo curto. ....	314
7.1.1.3b – Curva de rebaixamento do Poço PVH18 superposta à curva padrão Tipo B de Neuman para tempo longo.....	315
7.1.1.3c - Resultados encontrados no Poço PVH18 supondo o aquífero do tipo livre, anisotrópico com poços totalmente penetrantes e com drenagem retardada.....	316
7.1.2 – Dados do Poço PVH15 – Porto Velho - RO.....	317
7.1.2.1 - Planilha .....	317
7.1.2.2 – Gráficos e Valores Obtidos de T, K, S do Poço PVH15 – Porto Velho – RO pelo método de Cooper & Jacob (1946). ....	318
7.1.2.2a - Rebaixamento do Poço PVH15, pelo bombeamento.....	318
7.1.2.2b - Recuperação do Poço PVH15, após o bombeamento.....	318
7.1.2.3 - Valores encontrados para T, K, S no Poço PVH15 – Porto Velho – RO, pelo método de Cooper & Jacob (1946). ....	319

7.1.2.4 - Cálculo dos parâmetros hidráulicos do Poço PVH15 supondo o aquífero do tipo livre, homogêneo e anisotrópico (modelo de Neuman, 1975). .....	319
7.1.2.4a – Curva de rebaixamento do Poço PVH18 superposta à curva padrão Tipo A de Neuman para tempo curto. ....	320
7.1.2.4b – Curva de rebaixamento do Poço PVH15 superposta à curva padrão Tipo B de Neuman para tempo longo.....	321
7.1.2.4c - Resultados encontrados no Poço PVH15 supondo o aquífero do tipo livre, anisotrópico com poços totalmente penetrantes e com drenagem retardada.....	322
<b>7.2 – Dados dos Poços Cadastrados pela ANA-PHA e Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010.....</b>	<b>323</b>
7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho .....	324
7.2.2 – Resumo das Características Técnicas de 158 Poços Catalogados de SIAGAS/CPRM 2010 em Porto Velho, com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade .....	348
7.2.3 – Poços Catalogados de SIAGAS/CPRM 2010 em Porto Velho, com Perfis Litológicos, usados na elaboração do Diagrama de Cerca e Bloco 3D do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho .....	388
<b>7.3 – Resultados Hidrogeoquímicos nas coletas de abril e outubro de 2012 .....</b>	<b>391</b>
7.3.1 – Análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas em Porto Velho durante a primeira campanha de amostragem de água de 30 poços no período chuvoso em abril de 2012.....	392
7.3.2 - Análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas em Porto Velho durante a segunda campanha de amostragem de água de 30 poços no período de estiagem em outubro de 2012. ....	393
7.3.3 - Análises de metais pesados, BTEX, fenóis e de isótopos ambientais realizadas em Porto Velho durante a segunda campanha de amostragem de água de 30 poços no período de estiagem em outubro de 2012. ....	394
<b>7.4 – Protocolo de Guia de Coleta de Amostras Bioagri Ambiental.....</b>	<b>395</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b> – Variáveis meteorológicas da Estação 82925 de Porto Velho, segundo as Normais Climatológicas de 1961-1990 (INMET, 2009)*.....	35
<b>Tabela 2.2</b> – Estação 82723 – Lábrea (mais próxima de Porto Velho): Médias mensais das variáveis meteorológicas no período de 1981-2010. Fonte: Dados da base do INMET*.....	36
<b>Tabela 2.3</b> – Variação decenal da insolação mensal na Estação 82723 Lábrea -AM no período 1981-2010. ....	41
<b>Tabela 2.4</b> – Composição química das águas de percolação dos solos de Rondônia, de acordo com Leprun <i>et al.</i> (1989).....	51
<b>Tabela 3.1</b> – Litologia dos poços tubulares com profundidade de 52 a 140 m, perfurados nas Coberturas Cenozoicas de Porto Velho – RO. ....	57
<b>Tabela 4.1</b> – Faixa de valores de condutividade hidráulica em depósitos inconsolidados de natureza análoga à do Aquífero Coberturas Cenozoicas Indiferenciadas de Porto Velho, em m/s e m/dia (Adaptado de Fetter, 1994).....	69
<b>Tabela 4.2</b> – Características dos poços utilizados nos testes de bombeamento realizados na cidade de Porto Velho – RO.....	70
<b>Tabela 4.3</b> – Parâmetros hidráulicos avaliados para o aquífero Coberturas Cenozoicas Indiferenciadas pelo método de Cooper & Jacob (1946) na cidade de Porto Velho - RO. ....	78
<b>Tabela 4.4</b> – Parâmetros hidráulicos do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho – RO, obtidos pelo modelo de Neuman (1975).....	79
<b>Tabela 4.5</b> – Parâmetros hidráulicos avaliados para o aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, segundo Neuman (1975) em Porto Velho - RO.....	79
<b>Tabela 4.6</b> – Raios de influência estimados para poços no Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, considerando a difusividade mínima, máxima e média. .	81
<b>Tabela 4.7</b> – Capacidade de produção de poços com diâmetros variáveis de 150 a 300 mm, e raios de influência de 130 a 331 m para poços com profundidade de 56m no Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO. ....	82
<b>Tabela 4.8</b> – Variação de níveis d'água nos poços de Porto Velho no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso (abril de 2012) e no período de estiagem (outubro de 2012). ....	86
<b>Tabela 4.9</b> - Frentes W – SW – SE de escoamento natural do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho em abril de 2012. ....	88
<b>Tabela 4.10</b> - Reservas do aquífero Coberturas Cenozoicas na zona urbana de Porto Velho.....	92
<b>Tabela 4.11</b> - Parâmetros estatísticos dos dados de poços de Porto Velho.....	94

<b>Tabela 4.12</b> – Frequência da profundidade dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM e dos novos cadastrados pela ANA na cidade de Porto Velho – RO.	94
<b>Tabela 4.13</b> – Frequência dos diâmetros de revestimento dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM e dos novos cadastrados pela ANA na cidade de Porto Velho - RO.	95
<b>Tabela 4.14</b> – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM e cadastrados pela ANA na cidade de Porto Velho - RO.	96
<b>Tabela 4.15</b> – Distribuição de frequência dos níveis dinâmicos dos poços na cidade de Porto Velho - RO.	97
<b>Tabela 4.16</b> – Frequência da vazão dos poços cadastrados pela ANA na cidade de Porto Velho – RO.	99
<b>Tabela 4.17</b> – Cálculo do regime médio de funcionamento usando 78 dos 149 poços em operação, com vazão e regime informado na cidade de Porto Velho, no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho.	101
<b>Tabela 4.18</b> - Produção global estimada para Porto Velho em 2012, explotada do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho.	102
<b>Tabela 4.19</b> - Distribuição dos poços e da produção global com a situação operacional informada.	103
<b>Tabela 4.20</b> – Tipos de reservatório de água de poços em Porto Velho - RO.	103
<b>Tabela 5.1</b> – Resultado do balanço iônico realizado no Qualigraf para as amostras coletadas no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho – abril de 2012.	115
<b>Tabela 5.2</b> – Resultado do balanço iônico realizado no Qualigraf, para as amostras coletadas no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho – outubro de 2012.	116
<b>Tabela 5.3</b> – Resultado do Índice de Troca de Bases para as amostras coletadas no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho nas duas campanhas.	118
<b>Tabela 5.4</b> – Parâmetros estatísticos dos resultados do Índice de Troca de Bases para as amostras coletadas no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho nas duas campanhas.	120
<b>Tabela 5.5</b> – Principais razões iônicas e seus significados segundo Hem (1985).	121
<b>Tabela 5.6</b> – Resultado das razões iônicas para as amostras coletadas no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho nas duas campanhas.	122
<b>Tabela 5.7</b> – Faixas do IS segundo Snoeyink & Jenkins (1980).	123
<b>Tabela 5.8</b> – Resultado do Índice de Saturação (IS) para as amostras coletadas no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho nas duas campanhas.	124

<b>Tabela 5.9</b> – Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho – abril de 2012.....	125
<b>Tabela 5.10</b> – Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho – outubro de 2012.....	130
<b>Tabela 5.11</b> – Parâmetros analisados, limites de detecção (LD) e valores numéricos adotados para estatística descritiva dos resultados das coletas no Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho nas duas campanhas.....	137
<b>Tabela 5.12</b> – Estatística descritiva com 100% de valores abaixo do limite de detecção da cor, substituídos por um valor numérico.....	139
<b>Tabela 5.13</b> – Distribuição de probabilidade da cor para 100% de valores abaixo do limite de detecção, substituídos por um valor numérico.....	139
<b>Tabela 5.14</b> – Os três valores mais altos dos parâmetros com bias nas amostras de água subterrânea analisadas nas duas campanhas de amostragem em Porto Velho – RO. ....	141
<b>Tabela 5.15</b> – Variáveis físico-químicas do Rio Madeira para os períodos hidrológicos de seca e cheia, segundo Bernardi <i>et al.</i> (2009).....	142
<b>Tabela 5.16</b> – Distribuição de probabilidade do pH da água do rio Madeira no período chuvoso (pH-1) - fevereiro de 2004 e no período seco (pH-2) – novembro de 2003, em Porto Velho. (Dados de Bernardi <i>et al.</i> , 2009).....	143
<b>Tabela 5.17</b> – Distribuição de probabilidade da temperatura da água do rio Madeira T(°C) no período chuvoso (T-1) - fevereiro de 2004 e no período seco (T-2) - novembro de 2003, em Porto Velho. (Dados de Bernardi <i>et al.</i> , 2009).....	143
<b>Tabela 5.18</b> – Distribuição de probabilidade da Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) da água do rio Madeira no período chuvoso (CE-1) - fevereiro de 2004 e no período seco (CE-2) - novembro de 2003, em Porto Velho. (Dados de Bernardi <i>et al.</i> , 2009).....	143
<b>Tabela 5.19</b> – Estatística descritiva da Cor do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Cor-1) - abril de 2012 e no período seco (Cor-2) – outubro de 2012.....	144
<b>Tabela 5.20</b> – Distribuição de probabilidade da Cor do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Cor-1) - abril de 2012 e no período seco (Cor-2) – outubro de 2012.....	145
<b>Tabela 5.21</b> – Estatística descritiva da Turbidez do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Tu-1) - abril de 2012 e no período seco (Tu-2) – outubro de 2012.....	146
<b>Tabela 5.22</b> – Distribuição de probabilidade da Turbidez do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Tu-1) - abril de 2012 e no período seco (Tu-2) – outubro de 2012.....	147
<b>Tabela 5.23</b> – Estatística descritiva da Condutividade Elétrica do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (CE-1) - abril de 2012 e no período seco (CE-2) – outubro de 2012. ....	150

<b>Tabela 5.24</b> – Distribuição de probabilidade da Condutividade Elétrica do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (CE-1) - abril de 2012 e no período seco (CE-2) – outubro de 2012. ....	151
<b>Tabela 5.25</b> – Estatística descritiva da Temperatura (°C) do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (T-1) - abril de 2012 e no período seco (T-2) – outubro de 2012.....	155
<b>Tabela 5.26</b> – Distribuição de probabilidade do T(°C) no período chuvoso (T-1) - abril de 2012 e no período seco (T-2) – outubro de 2012.....	156
<b>Tabela 5.27</b> – Valores de condutividade elétrica CE (µS/cm) e sólidos totais dissolvidos STD (mg/L) no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho – RO na primeira e na segunda campanha de amostragem. ....	159
<b>Tabela 5.28</b> – Estatística descritiva dos Sólidos Totais Dissolvidos do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (STD-1) - abril de 2012 e no período seco (STD-2) – outubro de 2012.....	161
<b>Tabela 5.29</b> – Distribuição de probabilidade dos Sólidos Totais Dissolvidos do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (STD-1) - abril de 2012 e no período seco (STD-2) – outubro de 2012.....	162
<b>Tabela 5.30</b> – Estatística descritiva do pH <i>in situ</i> no período chuvoso – abril de 2012 (pH-1) e no período seco – outubro de 2012 (pH-2). ....	165
<b>Tabela 5.31</b> – Distribuição de probabilidade do pH <i>in situ</i> no período chuvoso – abril de 2012 (pH-1) e no período seco – outubro 2012 (pH-2). ....	166
<b>Tabela 5.32</b> – Estatística descritiva do Eh no período chuvoso – abril de 2012 (Eh-1) e no período seco – outubro de 2012 (Eh-2), em Porto Velho – RO.....	172
<b>Tabela 5.33</b> – Distribuição de probabilidade do Eh no período chuvoso – abril de 2012 (Eh-1) e no período seco – outubro de 2012 (Eh-2) em Porto Velho.....	173
<b>Tabela 5.34</b> – Estatística descritiva do Sódio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Na-1) - abril de 2012 e no período seco (Na-2) – outubro de 2012.....	176
<b>Tabela 5.35</b> – Distribuição de probabilidade do Sódio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Na-1) - abril de 2012 e no período seco (Na-2) – outubro de 2012.....	177
<b>Tabela 5.36</b> – Estatística descritiva do Potássio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (K-1) - abril de 2012 e no período seco (K-2) – outubro de 2012.....	180
<b>Tabela 5.37</b> – Distribuição de probabilidade do Potássio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (K-1) - abril de 2012 e no período seco (K-2) – outubro de 2012.....	181
<b>Tabela 5.38</b> – Estatística descritiva do Cálcio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Ca-1) - abril de 2012 e no período seco (Ca-2) – outubro de 2012.....	184

<b>Tabela 5.39</b> – Distribuição de probabilidade do Cálcio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Ca-1) - abril de 2012 e no período seco (Ca-2) – outubro de 2012.....	185
<b>Tabela 5.40</b> – Estatística descritiva do Magnésio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Mg-1) - abril de 2012 e no período seco (Mg-2) – outubro de 2012.....	188
<b>Tabela 5.41</b> – Distribuição de probabilidade do Magnésio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Mg-1) - abril de 2012 e no período seco (Mg-2) – outubro de 2012. ....	189
<b>Tabela 5.42</b> – Estatística descritiva do Cloreto do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Cl-1) abril de 2012 e no período seco (Cl-2) – outubro de 2012.....	192
<b>Tabela 5.43</b> – Distribuição de probabilidade do Cloreto do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Cl-1) - abril de 2012 e no período seco (Cl-2) – outubro de 2012. ....	194
<b>Tabela 5.44</b> – Estatística descritiva do Sulfato do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho período chuvoso (S-1) - abril de 2012 e no período seco (S-2) – outubro de 2012.....	197
<b>Tabela 5.45</b> – Distribuição de probabilidade do Sulfato do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (S-1) - abril de 2012 e no período seco (S-2) – outubro de 2012.....	199
<b>Tabela 5.46</b> – Estatística descritiva do Bicarbonato do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (B-1) - abril de 2012 e no período seco (B-2) – outubro de 2012.....	202
<b>Tabela 5.47</b> – Classificação das águas segundo a sua faixa de valor de dureza (Von Sperling, 2005). ....	206
<b>Tabela 5.48</b> – Estatística descritiva da Dureza do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (D-1) - abril de 2012 e no período seco (D-2) – outubro de 2012.....	207
<b>Tabela 5.49</b> – Distribuição de probabilidade da Dureza do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (D-1) - abril de 2012 e no período seco (D-2) – outubro de 2012.....	208
<b>Tabela 5.50</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de nitrato e nitrito segundo os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008). ....	212
<b>Tabela 5.51</b> – Estatística descritiva do Nitrato do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) – outubro de 2012.....	213
<b>Tabela 5.52</b> – Distribuição de probabilidade do Nitrato do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) – outubro de 2012.....	214

<b>Tabela 5.53</b> – Estatística descritiva do Nitrito do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) – outubro de 2012.....	217
<b>Tabela 5.54</b> – Distribuição de probabilidade do Nitrito do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) – outubro de 2012.....	218
<b>Tabela 5.55</b> – Estatística descritiva da Amônia do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (A-1) - abril de 2012 e no período seco (A-2) – outubro de 2012.....	221
<b>Tabela 5.56</b> – Distribuição de probabilidade da Amônia do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (A-1) - abril de 2012 e no período seco (A-2) – outubro de 2012.....	222
<b>Tabela 5.57</b> – Valores Máximos Permitidos (VMP) de ferro e manganês segundo os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008).....	226
<b>Tabela 5.58</b> – Estatística descritiva do Ferro (mg/L) do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Fe-1) - abril de 2012 e no período seco (Fe-2) – outubro de 2012. ....	227
<b>Tabela 5.59</b> – Distribuição de probabilidade do Ferro (mg/L) do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Fe-1) - abril de 2012 e no período seco (Fe-2) – outubro de 2012. ....	228
<b>Tabela 5.60</b> – Estatística descritiva do Manganês (mg/L) do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Mn-1) - abril de 2012 e no período seco (Mn-2) – outubro de 2012. ....	235
<b>Tabela 5.61</b> – Distribuição de probabilidade do Manganês (mg/L) do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Mn-1) - abril de 2012 e no período seco (Mn-2) – outubro de 2012. ....	236
<b>Tabela 5.62</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Arsênio, Bário, Cádmiio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco, segundo a Portaria MS 2914/2011. ....	239
<b>Tabela 5.63</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Arsênio, Bário, Cádmiio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco, segundo os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008).....	239
<b>Tabela 5.64</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (BTEX) segundo a Portaria MS 2914/2011. ....	243
<b>Tabela 5.65</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (BTEX), segundo os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008). ....	243
<b>Tabela 5.66</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de Fenóis, segundo os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008). ....	244
<b>Tabela 5.67</b> – Valores de oxigênio-18 e deutério dosados nas amostras coletadas em Porto Velho no período seco (outubro de 2012).....	246

<b>Tabela 5.68</b> – Relação entre unidades de trício (U.T.) e idade das águas subterrâneas.	248
<b>Tabela 5.69</b> – Idade aparente ou convencional do radiocarbono ( $^{14}C$ ) em anos BP ( <i>before present</i> – 1950) e, quando inferior a 200 anos, dita “Moderna” por convenção e expressa em %M ou pMC ( <i>percent modern carbon</i> ).	250
<b>Tabela 5.70</b> - Valores Máximos Permitidos (VMP) de microorganismos, segundo os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008).	255
<b>Tabela 5.71</b> - Classificação das Águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho segundo a composição química - Período Chuvoso (abril de 2012).	260
<b>Tabela 5.72</b> - Classificação das Águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, de acordo com a composição química - Período seco (outubro de 2012).	262
<b>Tabela 5.73</b> - Classificação das Águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, de acordo com a predominância de íons - Período chuvoso (abril de 2012).	265
<b>Tabela 5.74</b> - Classificação das Águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, de acordo com a predominância de íons - Período seco (outubro de 2012).	270
<b>Tabela 5.75</b> - Classificação das águas coletadas nas duas campanhas de amostragem de acordo com o risco de salinidade e de sódio, segundo USSL.	281
<b>Tabela 5.76</b> – Padrões de STD para uso animal, segundo McKee & Wolf (1963).	282
<b>Tabela 5.77</b> – Ponderação dos parâmetros do método DRASTIC (Aller et al., 1987).	285
<b>Tabela 5.78</b> – Parâmetros classificados por faixa de variação numérica (D,R,T,C).	285
<b>Tabela 5.79</b> – Parâmetros classificados por tipo de solo ou tipo de rocha (A, S, I).	286
<b>Tabela 5.80</b> – Índice DRASTIC do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012) e de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.	289
<b>Tabela 5.81</b> – Valores para o parâmetro G do índice GOD (Foster, 1987).	294
<b>Tabela 5.82</b> – Valores para o parâmetro O do índice GOD (Foster, 1987).	294
<b>Tabela 5.83</b> – Valores para o parâmetro D do índice GOD (Foster, 1987).	294
<b>Tabela 5.84</b> – Índices GOD e classes de vulnerabilidade.	295
<b>Tabela 5.85</b> - Parâmetros para avaliação do Índice de Vulnerabilidade GOD do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho.	296

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> - Localização da área de estudo no município de Porto Velho – RO. ....	33
<b>Figura 2.1</b> - Variáveis meteorológicas condicionantes do clima em Porto Velho (Estação 82925) segundo as Normais Climatológicas 1961-1990 (INMET, 2009). ....	37
<b>Figura 2.2</b> - Variáveis meteorológicas condicionantes do clima na Estação Meteorológica 82723 – Lábrea – para Porto Velho - AM, no período de 1981-2010. Fonte: Dados da base do INMET. ....	38
<b>Figura 2.3</b> - Ilustração da tendência de aumento da insolação mensal na Estação 82723 Lábrea – AM. ....	40
<b>Figura 2.4</b> - Distribuição do relevo nas Coberturas Cenozoicas de Porto Velho na área de estudo, de acordo com o modelo digital do terreno (MDT) da folha de 15 minutos da região de Porto Velho – RO. ....	42
<b>Figura 2.5</b> - Hidrografia da folha de 15 minutos da região de Porto Velho - RO. ....	45
<b>Figura 2.6</b> – Classes de solos existentes na região de Porto Velho - RO. ....	47
<b>Figura 2.7</b> – Classes de vegetação na região de Porto Velho - RO. ....	49
<b>Figura 3.1</b> – Corte geológico na zona urbana de Porto Velho (CPRM, 2007; topografia do <i>Google Earth</i> ). ....	56
<b>Figura 3.2</b> – Perfis litológicos e construtivos de poços com profundidades de 50 m a 140 m perfurados nas Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na zona urbana da área de estudo, sendo o 1770 e o 2351 na margem esquerda do rio Madeira. ....	58
<b>Figura 3.3</b> – Perfis litológicos e construtivos de poços com profundidades de 52 m a 61 m perfurados nas Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na zona urbana da área de estudo e na margem esquerda do rio Madeira. ....	59
<b>Figura 3.4</b> – Seção geológica A-B das coberturas sedimentares cenozoicas na zona urbana de Porto Velho – RO, na direção W –E cuja localização é vista na figura 3.7. (Topografia do <i>Global Mapper</i> ). ....	60
<b>Figura 3.5</b> - Seção geológica esquemática C-D das coberturas sedimentares cenozoicas da região de Porto Velho – RO, na direção NW – SE cuja localização é vista na figura 3.7. (Topografia do <i>Global Mapper</i> ). ....	61
<b>Figura 3.6</b> - Seção geológica esquemática E-F das coberturas sedimentares cenozoicas da região de Porto Velho – RO, na direção WSW – ENE cuja localização é vista na figura 3.7. (Topografia do <i>Global Mapper</i> ). ....	62
<b>Figura 3.7</b> – Mapa geológico da região de Porto Velho baseado no modelo digital do terreno e modificado de CPRM (2004; 2007), com localização de seções geológicas esquemáticas. ....	63
<b>Figura 4.1</b> – Paleocanal na zona urbana de Porto Velho (adaptado de Campos & Morais, 1999). ....	66

<b>Figura 4.2</b> – Diagrama de cerca baseado no modelo digital do terreno e em perfis de poços da zona urbana de Porto Velho. ....	67
<b>Figura 4.3</b> – Bloco 3D do modelo litoestratigráfico do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, baseado no modelo digital do terreno e em perfis litológicos de poços da zona urbana. ....	68
<b>Figura 4.4</b> – Localização dos poços utilizados nos testes de bombeamento realizados pelo Projeto ANA-PHA na cidade de Porto Velho – RO. ....	71
<b>Figura 4.5</b> – Ilustração gráfica da aproximação logarítmica da função $W(u)$ (Cooper & Jacob, 1946). ....	73
<b>Figura 4.6</b> – Ilustração do método de Neuman (1975) com a curva de rebaixamento $x$ tempo ligeiramente afetada por variação de vazão, no teste do poço PVH18 em Porto Velho, mostrando efeito de drenagem gravitacional quando superposta à família de curvas padrão tipo A de Neuman (1975). ....	77
<b>Figura 4.7</b> - Curva de rebaixamento, afetada por variação de vazão, do Poço PVH18 superposta à curva padrão Tipo B de Neuman para tempo longo. ....	77
<b>Figura 4.8a</b> – Profundidade do nível estático das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho em abril de 2012 na cidade de Porto Velho – RO. ....	84
<b>Figura 4.8b</b> – Profundidade do nível estático das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas em outubro de 2012 na cidade de Porto Velho – RO. ....	85
<b>Figura 4.9a</b> – Mapa hidrogeológico com superfície potenciométrica das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho em abril de 2012 na cidade de Porto Velho – RO. ....	89
<b>Figura 4.9b</b> – Mapa hidrogeológico com superfície potenciométrica das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho em outubro de 2012 na cidade de Porto Velho – RO. ....	91
<b>Figura 4.10</b> – Distribuição espacial dos poços catalogados e cadastrados na folha de 15 minutos e na área de estudo da cidade de Porto Velho - RO. Fonte: SIAGAS/CPRM e ANA. ....	93
<b>Figura 4.11</b> – Frequências das classes de profundidade dos poços na cidade de Porto Velho - RO. ....	95
<b>Figura 4.12</b> – Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços na cidade de Porto Velho - RO. ....	96
<b>Figura 4.13</b> – Frequências das classes de profundidade do nível estático dos poços na cidade de Porto Velho - RO. ....	97
<b>Figura 4.14</b> – Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços na cidade de Porto Velho - RO. ....	98
<b>Figura 4.15</b> – Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados pela ANA na cidade de Porto Velho - RO. ....	99

<b>Figura 4.16</b> – Distribuição espacial da vazão dos poços cadastrados e catalogados na região de Porto Velho – RO.....	104
<b>Figura 5.1</b> – Localização dos pontos de amostragem das análises físico-químicas e bacteriológicas no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho - RO.....	109
<b>Figura 5.2</b> – Localização dos pontos de amostragem das análises de metais pesados e BTEX fenóis no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho - RO.....	110
<b>Figura 5.3</b> – Localização dos pontos de amostragem das análises de isótopos ambientais no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho - RO.....	111
<b>Figura 5.4</b> – Equações utilizadas no <i>software</i> Qualigraf para estimativa do erro prático no balanço iônico, segundo as metodologias de Custódio & Llamas (1983) e Logan (1965). .....	114
<b>Figura 5.5</b> – Ilustração dos resultados de ITB calculados para as amostras coletadas no Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, no período chuvoso, com o predomínio de cátions. ....	119
<b>Figura 5.6</b> – Ilustração dos resultados de ITB calculados para as amostras coletadas no Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, no período de estiagem, com o predomínio de cátions.....	119
<b>Figura 5.7</b> – Gráfico do período chuvoso (abril de 2012), com todos os valores da amostra constantes (4,9 uH). Histograma de frequência no período seco (outubro de 2012) e curvas lognormais de distribuição de probabilidade da Cor das águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho.....	145
<b>Figura 5.8</b> – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade da Turbidez das águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012. ...	146
<b>Figura 5.9a</b> – Zoneamento da turbidez (uT) da água dos poços monitorados no Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	148
<b>Figura 5.9b</b> – Zoneamento da turbidez (uT) da água dos poços monitorados no Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período seco (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	149
<b>Figura 5.10</b> – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade da Condutividade Elétrica (CE) das águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	151
<b>Figura 5.11a</b> – Zoneamento da Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	153
<b>Figura 5.11b</b> – Zoneamento da Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período seco (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	154

<b>Figura 5.12</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade da Temperatura (°C) do no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	155
<b>Figura 5.13a</b> – Zoneamento da Temperatura (°C) das águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	157
<b>Figura 5.13b</b> – Zoneamento da Temperatura (°C) das águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	158
<b>Figura 5.14</b> – Relações entre a condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho em Porto Velho, no período chuvoso (abril de 2012) e no período seco (outubro de 2012).....	160
<b>Figura 5.15</b> – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade dos Sólidos Totais Dissolvidos do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	161
<b>Figura 5.16a</b> – Zoneamento de STD (mg/L) das águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	163
<b>Figura 5.16b</b> – Zoneamento de STD (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	164
<b>Figura 5.17</b> – Histogramas de frequência e curvas normais de distribuição de probabilidade do pH do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	166
<b>Figura 5.18a</b> – Zoneamento do pH <i>in situ</i> das águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	168
<b>Figura 5.18b</b> – Zoneamento do pH <i>in situ</i> das águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	169
<b>Figura 5.19</b> – Diagrama pH versus Eh (mV) de amostras de águas subterrâneas dos poços monitorados no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho em Porto Velho (T <i>in situ</i> variou de 25 a 36°C) nas duas campanhas de amostragem.....	171
<b>Figura 5.20</b> – Histograma de frequência e curva normal de distribuição de probabilidade do Eh, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	172
<b>Figura 5.21a</b> – Zoneamento do Eh (mV) das águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	174
<b>Figura 5.21b</b> – Zoneamento do Eh (mV) das águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	175

<b>Figura 5.22</b> – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade do Sódio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	177
<b>Figura 5.23a</b> – Zoneamento de Sódio (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	178
<b>Figura 5.23b</b> – Zoneamento de Sódio (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	179
<b>Figura 5.24</b> – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade do Potássio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012. ....	180
<b>Figura 5.25a</b> – Zoneamento de Potássio (mg/L) das águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	182
<b>Figura 5.25b</b> – Zoneamento de Potássio (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	183
<b>Figura 5.26</b> – Histogramas de frequência e curvas normais de distribuição de probabilidade do Cálcio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012. ....	185
<b>Figura 5.27a</b> – Zoneamento de Cálcio (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	186
<b>Figura 5.27b</b> – Zoneamento de Cálcio (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período seco (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	187
<b>Figura 5.28</b> – Histogramas de frequência e curvas ajustadas de distribuição lognormal de probabilidade de ocorrência de Magnésio no Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012. ....	189
<b>Figura 5.29a</b> – Zoneamento de Magnésio (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	190
<b>Figura 5.29b</b> – Zoneamento de Magnésio (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período seco (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	191
<b>Figura 5.30</b> – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade do Cloreto do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012. ....	193
<b>Figura 5.31a</b> – Zoneamento de Cloreto (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	195

<b>Figura 5.31b</b> – Zoneamento de Cloreto (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	196
<b>Figura 5.32</b> – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade do Sulfato Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	198
<b>Figura 5.33a</b> – Zoneamento de Sulfato (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	200
<b>Figura 5.33b</b> – Zoneamento de Sulfato (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	201
<b>Figura 5.34</b> – Histogramas de frequência e curvas normais de distribuição de probabilidade do Bicarbonato do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012. ....	203
<b>Figura 5.35a</b> – Zoneamento de Bicarbonato (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho - RO.....	204
<b>Figura 5.35b</b> – Zoneamento de Bicarbonato (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho - RO.....	205
<b>Figura 5.36</b> – Histograma de frequência e curvas ajustadas (lognormal e normal) de distribuição de probabilidade da Dureza do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012. ....	207
<b>Figura 5.37a</b> – Zoneamento da Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> ) das águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	209
<b>Figura 5.37b</b> – Zoneamento da Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> ) das águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	210
<b>Figura 5.38</b> – Histogramas de frequência e curvas lognormais ajustadas de distribuição de probabilidade do Nitrato do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012. ....	213
<b>Figura 5.39a</b> – Zoneamento de Nitrato (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	215
<b>Figura 5.39b</b> – Zoneamento de Nitrato (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	216
<b>Figura 5.40</b> – Histogramas de frequência e curvas lognormais ajustadas de distribuição de probabilidade do Nitrito do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012. ....	218

<b>Figura 5.41a</b> – Zoneamento de Nitrito (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	219
<b>Figura 5.41b</b> – Zoneamento de Nitrito (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	220
<b>Figura 5.42</b> – Histogramas de frequência e curvas lognormais ajustadas de distribuição de probabilidade da Amônia do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012. ...	222
<b>Figura 5.43a</b> – Zoneamento da Amônia (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	224
<b>Figura 5.43b</b> – Zoneamento da Amônia (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO. ....	225
<b>Figura 5.44</b> – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade do Ferro do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.....	228
<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). ....	230
<b>Figura 5.46a</b> – Zoneamento de Ferro (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.....	233
<b>Figura 5.46b</b> – Zoneamento de Ferro (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho - RO.....	234
<b>Figura 5.47</b> – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade do Manganês do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012. ....	236
<b>Figura 5.48a</b> – Zoneamento de Manganês (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho - RO. ....	237
<b>Figura 5.48b</b> – Zoneamento de Manganês (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro 2012), na cidade de Porto Velho - RO.....	238
<b>Figura 5.49</b> – Diagrama mostrando que a água subterrânea do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho contém 99,7% da composição isotópica das águas de chuva, sugerindo que a recarga provém das precipitações, não havendo sinais de recarga fluvial proveniente do rio Madeira.....	247

<b>Figura 5.50</b> – Idade qualitativa da recarga do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho em Porto Velho, segundo os dados de trício de 7 (sete) amostras coletadas. ....	249
<b>Figura 5.51</b> – Idade medida com carbono-14 de amostra de água do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho – RO. ....	250
<b>Figura 5.52a</b> – Distribuição dos poços com presença /ausência de coliformes totais no Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho - RO. ....	253
<b>Figura 5.52b</b> – Distribuição dos poços com presença /ausência de coliformes totais no Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho - RO. ....	254
<b>Figura 5.53a</b> – Distribuição dos poços com presença /ausência de <i>E. coli</i> no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO. ....	257
<b>Figura 5.53b</b> – Distribuição dos poços com presença /ausência de <i>E. coli</i> no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período seco (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO. ....	258
<b>Figura 5.54</b> – Classificação das águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, coletadas no período chuvoso (abril de 2012) segundo o diagrama Triangular de Piper. ....	259
<b>Figura 5.55</b> - Classificação das águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, segundo a composição química - Período chuvoso (abril de 2012). ....	261
<b>Figura 5.56</b> – Classificação das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho em Porto Velho, através do Diagrama de Piper, com base em amostras de água coletadas em outubro de 2012. ....	262
<b>Figura 5.57</b> - Classificação das águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, segundo a composição química - Período seco (outubro de 2012). ....	264
<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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO. ....	265
<b>Figura 5.58b</b> – Águas bicarbonatadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO. ....	268
<b>Figura 5.58c</b> – Água bicarbonatada magnésiana classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostra de água coletada em abril de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO. ....	269
<b>Figura 5.58d</b> – Águas bicarbonatadas cálcica classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO. ....	269

<b>Figura 5.58e</b> – Água sulfetada sódica classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO.....	270
<b>Figura 5.58f</b> – Água cloretada cálcica classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO.....	270
<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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO.....	271
<b>Figura 5.59b</b> – Águas bicarbonatadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO.....	274
<b>Figura 5.59c</b> – Água bicarbonatada cálcica classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostra de água coletada no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO.....	275
<b>Figura 5.59d</b> – Águas bicarbonatadas magnesiana classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO.....	275
<b>Figura 5.59e</b> – Água cloretada mista classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostras de água coletadas no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO.....	276
<b>Figura 5.59f</b> – Água cloretada cálcica classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostras de água coletadas no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO.....	276
<b>Figura 5.60</b> – Classificação da potabilidade das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, no período chuvoso, segundo o Diagrama de Schoeller-Berkaloff.....	277
<b>Figura 5.61</b> – Classificação das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, no período de estiagem, segundo o Diagrama de Schoeller-Berkaloff.....	278
<b>Figura 5.62</b> – Classificação das águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, para fins de irrigação – Abril de 2012.....	279
<b>Figura 5.63</b> – Classificação das águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, para fins de irrigação – Outubro de 2012.....	280
<b>Figura 5.64a</b> – Distribuição espacial da vulnerabilidade do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho - RO, pelo método DRASTIC.....	291
<b>Figura 5.64b</b> – Distribuição espacial da vulnerabilidade do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período seco (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho - RO, pelo método DRASTIC.....	292

<b>Figura 5.65</b> – Sistema GOD para avaliação da vulnerabilidade do aquífero à contaminação (Foster & Hirata, 1988).....	293
<b>Figura 5.66a</b> – Distribuição espacial da vulnerabilidade do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho - RO, pelo método GOD.....	298
<b>Figura 5.66b</b> – Distribuição espacial da vulnerabilidade do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período seco (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho - RO, pelo método GOD.....	299

## ÍNDICE DE FOTOS

**Foto 5.1** – Kit's de coletas usados em campo para as amostragens de água do aquífero Tucunaré, nas duas campanhas, na cidade de Porto Velho - RO. .... 112

# **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 Porto Velho, visando, sobretudo à avaliação quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos subterrâneos. Por último, mas não menos importante, procura-se fornecer informações que possam ser úteis à proposta de projeto para proteção ambiental e gestão sustentável das águas subterrâneas na região amazônica, que deverá acompanhar o relatório final.

## 1.2 - Metodologia

O estudo realizado envolveu três etapas distintas, a saber:

- Levantamento e análise da bibliografia existente;
- Serviços de campo, com inventário de 41 (quarenta e um) 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 30 medições de nível de água e coletas de amostras de água para análises físico-químicas e microbiológicas (**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, em 30 (trinta) poços (**anexo 7.3.2**), foram feitas medições de nível de água e coleta de amostras de água para análises específicas (**anexo 7.3.3**) de metais pesados, BTEX e Fenóis em 11 (onze) poços; para análises isotópicas de trício, em 7 (sete) poços; para análises de oxigênio 18 e deutério, em 4 (quatro) poços e para análises de carbono 14 em 1 (um) poço. Ademais foram realizados ensaios de bombeamento em 2 (dois) poços existentes, PVH18 e PVH15 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, ambos com a profundidade de 80 m e com vazões da ordem de 2 m<sup>3</sup>/h, mas com vazões específicas muito distintas.
- 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho.

## 1.3 - Localização e Dimensões da Área de Estudo

Na definição da área de estudo de Porto Velho adotou-se como critério a seleção de área urbana de cidade piloto para estudo hidrogeológico, conforme descreve o item 3 dos TDRs.

A cidade de Porto Velho, capital do estado de Rondônia, está situada na margem direita do rio Madeira, afluente do rio Amazonas, na região Norte do Brasil e tem o centro urbano localizado nas coordenadas geográficas 08°45'43"S e 63°54'14"W. O município de Porto Velho limita-se ao Norte com os municípios de Lábrea, Canutama e Humaitá, no Amazonas; a Leste com os municípios de Machadinho D'Oeste, Cujubim, Itapuã do Oeste e Candeias do Jamari; a Oeste com o município de Acrelândia, no Acre; e ao Sul com os municípios de Alto Paraíso, Buritis e Nova Mamoré (IBGE, 2012).

A Porto Velho é um dos municípios brasileiros que faz fronteira a Oeste com outro país, a Bolívia e apresenta uma área total de 34.096 km<sup>2</sup>.

Segundo o Censo Demográfico do IBGE (2010), a cidade de Porto Velho possui uma população total de 428.527 habitantes, distribuídos 390.733 (91%) na área urbana e 37.794 (9%) na área rural. O município possui uma densidade demográfica de 12,57 hab./km<sup>2</sup>.

A área da folha de 15 minutos da região de Porto Velho cobre uma superfície de 756 km<sup>2</sup>, dos quais apenas 166 km<sup>2</sup> correspondem à área de estudo (**figura 1.1**) propriamente dita, na qual foi realizado o monitoramento dos poços nas duas campanhas de medições de níveis e de coleta de água.

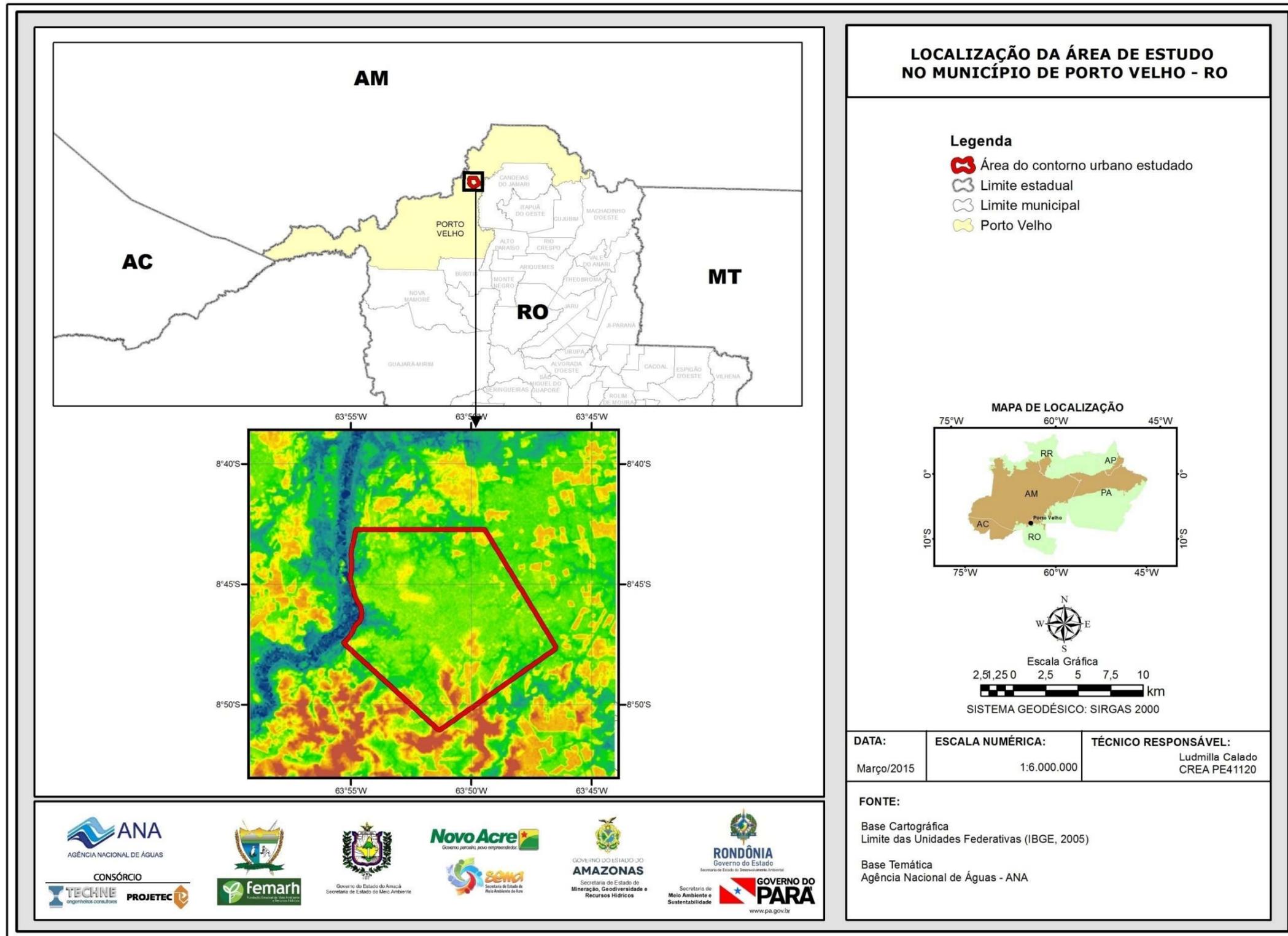


Figura 1.1 - Localização da área de estudo no município de Porto Velho – RO.

## **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 Porto Velho, segundo as Normais Climatológicas 1961-1990 (INMET, 2009) os valores dessas variáveis meteorológicas principais são apresentados na **tabela 2.1**. Além disso, sobretudo para a inclusão de valores de evapotranspiração potencial e evapotranspiração real que não constam das normais de 1961-1990, são também apresentados (**tabela 2.2**), dados dos 30 anos mais recentes do período de 1981-2010 levantados da rede do INMET, para a Estação 82723 Lábrea, a mais próxima de Porto Velho com uma série de 30 anos mais recentes. Convém mencionar que existe uma estação automática em Porto Velho, com coordenadas -8,79° e -63,85°. Essa estação, entretanto, iniciou suas atividades no dia 11/07/2007, não dispondo, portanto, de séries históricas suficientes para a caracterização climática da área.

### 2.1.1 Clima

O clima dominante no município de Porto Velho, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Am tropical monçônico megatérmico, com temperatura média do mês mais frio superior a 18°C (**tabela 2.1**).

**Tabela 2.1** – Variáveis meteorológicas da Estação 82925 de Porto Velho, segundo as Normais Climatológicas de 1961-1990 (INMET, 2009)\*.

Mês	Natureza do Vento	Velocidade do Vento (m/s)	Insolação Média (horas)	Precipitação		Temperatura do Ar (°C)			Umidade Relativa (%)
				Número de dias	Média (mm)	Média	Min	Max	
JAN	Calmo	1,0	107,1	19	320,9	25,5	21,7	31,3	89,0
FEV	Calmo	1,0	98,3	19	316,0	25,5	21,8	31,5	88,0
MAR	Calmo	0,9	124,0	20	273,9	25,6	21,8	31,7	89,1
ABR	Calmo	0,9	140,1	17	251,0	25,7	21,9	31,6	89,0
MAI	Calmo	0,8	183,7	11	126,6	25,3	21,0	31,6	86,0
JUN	Calmo	1,0	226,7	4	49,6	24,7	19,2	31,7	84,1
JUL	Calmo	1,0	259,7	3	24,2	24,6	18,3	32,7	80,0
AGO	Calmo	0,9	234,0	4	36,4	25,9	19,0	34,3	82,0
SET	Calmo	1,0	186,8	11	119,9	26,2	20,8	34,0	84,0
OUT	Calmo	1,1	166,7	13	192,7	26,1	21,8	33,3	86,0
NOV	Calmo	1,0	137,1	16	225,2	26,0	22,0	32,6	87,0
DEZ	Calmo	1,0	124,2	19	319,1	25,5	22,0	31,6	88,7
<b>ANO</b>	<b>Calmo</b>	<b>1,0</b>	<b>1.988,4</b>	<b>156</b>	<b>2.255,4</b>	<b>25,6</b>	<b>20,9</b>	<b>32,3</b>	<b>86,1</b>

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

**Tabela 2.2** – Estação 82723 – Lábrea (mais próxima de Porto Velho): 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 Média (horas)	Precipitação		Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa (%)
			Potencial (mm)	Real (mm)		Número de dias	Média (mm)		
JAN	6,4	1,2	146,0	146,0	93,0	19	298,9	26,0	87,7
FEV	6,0	1,3	131,4	131,4	84,6	19	277,8	26,1	87,3
MAR	5,9	1,3	142,9	142,9	93,8	20	331,8	26,1	87,8
ABR	6,1	1,3	134,8	134,8	101,1	17	261,8	26,2	87,8
MAI	7,9	1,2	137,9	129,8	131,0	11	130,6	25,8	87,5
JUN	0,9	1,2	132,2	106,8	179,7	4	44,9	25,4	85,2
JUL	1,3	1,2	136,2	50,0	209,4	3	30,2	25,4	81,8
AGO	2,4	1,3	141,6	33,3	174,4	4	65,5	26,1	80,0
SET	3,6	1,4	140,8	71,1	143,6	11	101,3	26,6	80,4
OUT	6,3	1,4	145,4	124,8	134,1	13	177,3	26,6	83,1
NOV	7,0	1,2	141,3	141,3	110,7	16	226,5	26,2	85,9
DEZ	2,1	1,2	146,9	146,9	93,2	19	272,0	26,1	87,1
<b>ANO</b>	<b>4,6</b>	<b>1,3</b>	<b>1.677,3</b>	<b>1.359,1</b>	<b>1.548,5</b>	<b>156</b>	<b>2.218,6</b>	<b>26,1</b>	<b>85,1</b>

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

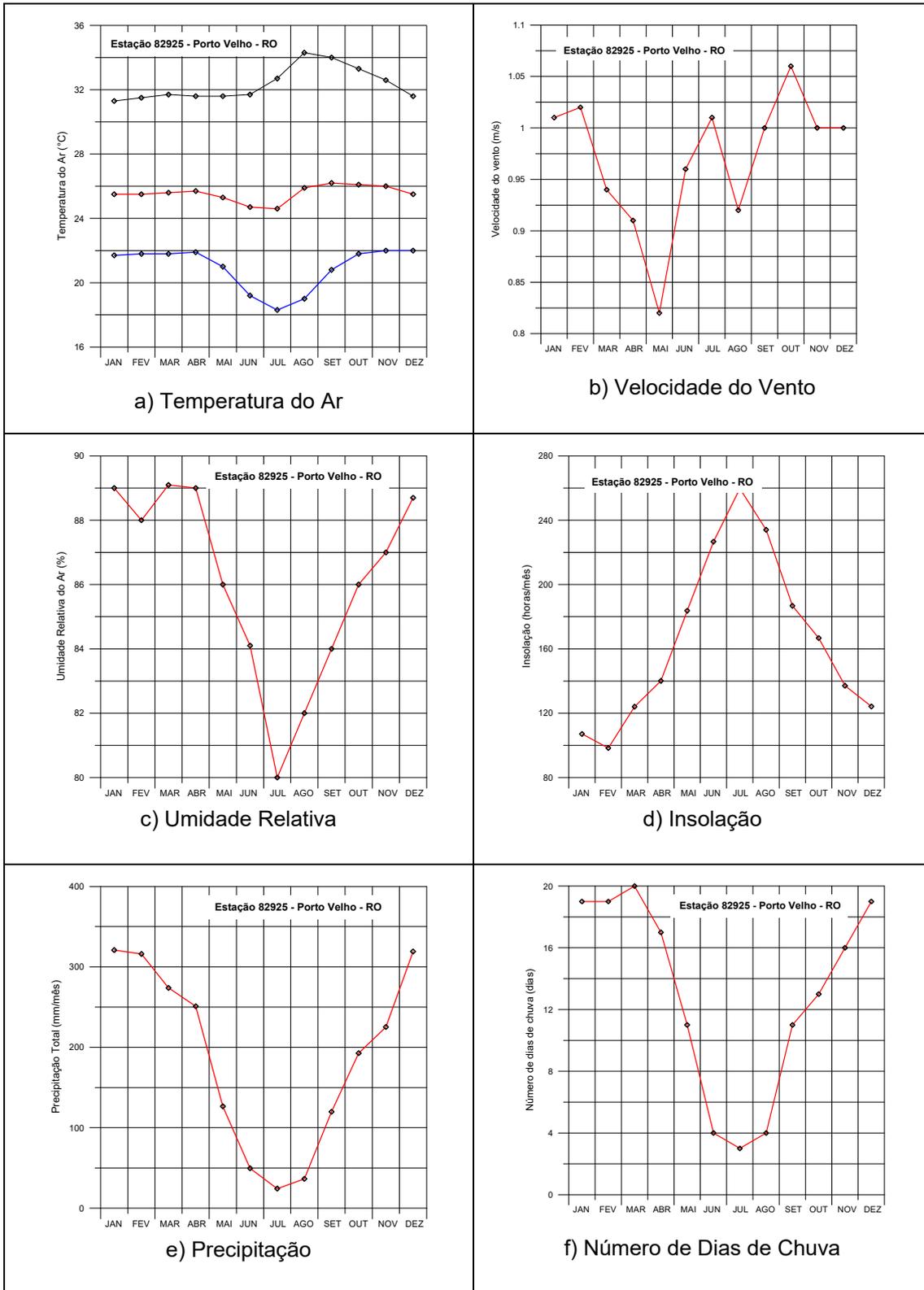
### 2.1.2 – Temperatura

Segundo as Normais Climatológicas de 1961-1990 as temperaturas médias mensais em Porto Velho ficaram compreendidas entre 24,6°C e 26,2°C com uma média anual de 25,6°C (**tabela 2.1**). Nos 30 anos mais recentes (**tabela 2.2**) as médias mensais variaram de 25,4°C a 26,6°C e a média anual foi de 26,1°C, indicando um aumento local de 0,5°C, consistente com a hipótese de *aquecimento global*, ainda questionada por boa parte da comunidade científica.

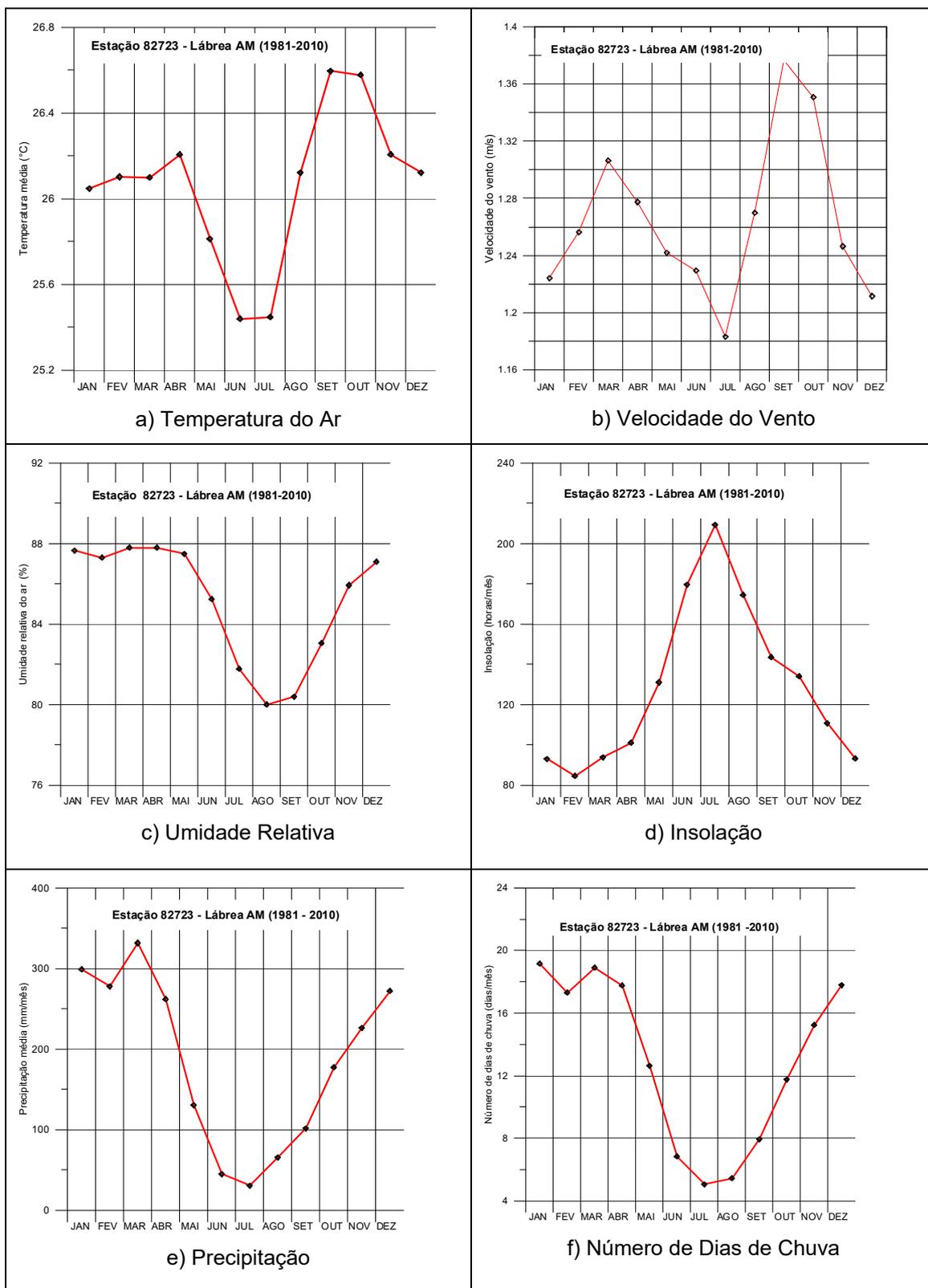
A variação das normais de 1961-1990 das temperaturas mínima, média e máxima em Porto Velho é ilustrada na **figura 2.1a**. Para o período de 1981-2010 dispõe-se apenas das temperaturas médias (**figura 2.2a**) cuja variação mensal apresenta o mesmo comportamento das normais das temperaturas médias, tendo junho-julho como os meses mais frios e setembro-outubro como os meses mais quentes do ano.

### 2.1.3 – Ventos

Em Porto Velho no período de 1961-1990 (**tabela 2.1**), é indicado o vento apenas como “calmo”, sem especificar direção. A velocidade média varia de 0,8 m/s em maio, a 1,1 m/s em outubro, registrando uma média anual de 1,0 m/s. No período de 1981 a 2010 (**tabela 2.2**) a intensidade dos ventos (na estação de Lábrea) foi algo superior à dos 30 anos anteriores em Porto Velho, apresentando um máximo de 1,4 m/s nos meses de estiagem (setembro - outubro) e variando no restante do ano em intensidade de 1,2 m/s a 1,3 m/s, com média anual de 1,3 m/s. Em Porto Velho a intensidade média dos ventos é mínima no mês de maio e máxima em outubro (**figura 2.1b**) e em Lábrea, a mínima ocorre em julho e a máxima em setembro (**figura 2.2b**).



**Figura 2.1** - Variáveis meteorológicas condicionantes do clima em Porto Velho (Estação 82925) segundo as Normais Climatológicas 1961-1990 (INMET, 2009).



**Figura 2.2** - Variáveis meteorológicas condicionantes do clima na Estação Meteorológica 82723 – Lábrea – para Porto Velho - AM, no período de 1981-2010. Fonte: Dados da base do INMET.

#### 2.1.4 – Umidade Relativa

Segundo as normais climatológicas de 1961-1990 a umidade relativa do ar em Porto Velho (**tabela 2.1**) cresce regularmente de 80% no mês de julho até 88,7% em dezembro. Nos meses mais chuvosos do ano (março-abril) a umidade relativa média é de 90%. Na estação de Lábrea (**tabela 2.2**) a umidade relativa também apresentou no período 1981-2010, comportamento semelhante ao de Porto Velho, crescendo regularmente de 80% em agosto a 88% em dezembro. Mantém-se, portanto, o mesmo padrão de distribuição mensal da umidade relativa do ar nos dois períodos de 30 anos considerados (**figuras 2.1c e 2.2c**), a menos de uma redução (-0,9%) na média anual.

#### 2.1.5 – Insolação

A insolação média mensal, de acordo com as normais de 1961-1990 em Porto Velho, oscilou entre 93,8 horas (em fevereiro) e 259,7 horas (em julho), com média anual de 1.988,4 horas (**tabela 2.1**). Nos 30 anos mais recentes (1981-2010) essa variação oscilou na Estação de Lábrea, de 84,6 horas (em fevereiro) a 209,4 horas (em julho), sendo a média anual 30% menor, igual a 1.548,5 horas (**tabela 2.2**). Embora o padrão de distribuição mensal (**figuras 2.1d e 2.2d**) seja bem semelhante, fica muito difícil fazer comparações entre esses dados já que tanto as Estações quanto os períodos, são diferentes. Mas, certo é que para Porto Velho de 1961-1990 e para Lábrea (1981-2010), o máximo ocorre em julho e o mínimo em fevereiro, como já mencionado.

#### 2.1.6 – Precipitação

Os totais mensais das precipitações normais do período de 1961-1990 em Porto Velho (**tabela 2.1**) oscilam entre 24,2 mm (julho) e 319,1 mm em dezembro, quando o esperado (com base na Estação de Lábrea) seria março. A média anual é de 2.255,4 mm, dos quais 59% (1.338 mm) precipitam no primeiro semestre e 41% (917,5 mm) no segundo semestre. Em Lábrea (estação mais próxima de Porto Velho), no período de 1981-2010 (**tabela 2.2**) as médias mensais variam de 30,2 mm (julho) a 394,2 mm (março), com total anual de 2.218,6 mm. Desse total, 61% (1.343 mm) precipitam no primeiro semestre e 39% (872,8 mm) no segundo semestre. Esses números de Lábrea revelam que, em relação às normais de 1961-1990, o regime pluvial Normal de Porto Velho (com máximo em dezembro) estaria defasado de 3 (três) meses em relação a Lábrea, onde o máximo da média de 1981-2010, ocorre em março.

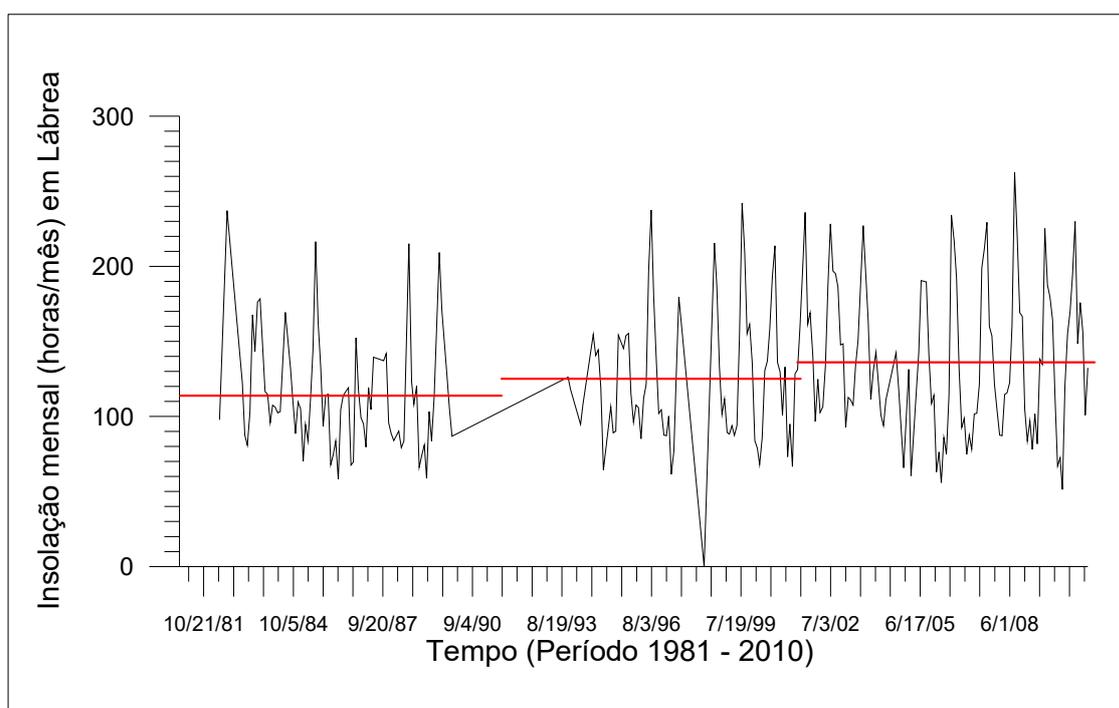
#### 2.1.7 – Número de Dias de Chuva

O número médio anual de dias de chuva em Porto Velho, segundo as Normais Climatológicas de 1961-1990 (**tabela 2.1**), é de 156 dias, dos quais 90 (58%) no semestre chuvoso e 66 (42%) no semestre de estiagem. Também no período de 1981-2010 (**tabela 2.2**), na estação de Lábrea, o número de dias de chuva foi exatamente o mesmo das Normais de Porto Velho (156 dias) assim como a distribuição semestral, ou seja: 92 dias de chuva ou 59% no primeiro semestre e 64 dias no segundo semestre (41%).

### 2.1.8 – Evapotranspiração

Dados de evapotranspiração na Estação de Lábrea existentes apenas para o período de 1981-2010 (**tabela 2.2**), segundo balanço hídrico da rede do INMET, indicam evapotranspiração potencial média anual de 1.677,3 mm (4,6 mm/dia) e média anual de 1.359,4 mm (3,7 mm/dia) para a evapotranspiração real.

Esses dados de evapotranspiração da base de dados do INMET em Lábrea, 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 valores médios crescentes de uma década para outra.



**Figura 2.3** - Ilustração da tendência de aumento da insolação mensal na Estação 82723 Lábrea – AM.

Os valores de insolação mensal da base de dados do INMET cobrem apenas 63% (76/120) meses, na década de 1981-1990; 54% (65/120) meses na década de 1991-2000 e 91% (109/120) na década de 2001 – 2010. As médias desses valores, em escala decenal, indicam que a insolação aumenta 10% da primeira para a segunda década e 8% da segunda para a terceira, conforme se observa na **tabela 2.3**. Portanto, esse resultado sugere um aumento da evapotranspiração, consistente com a tendência de aquecimento global.

**Tabela 2.3** – Variação decenal da insolação mensal na Estação 82723 Lábrea - AM no período 1981-2010.

Decênio	Número de meses	Insolação (horas/mês)		
		Min	Max	Med
1981-1990	76	58,1	237,1	113,9
1991-2000	65	61,4	242,2	125,6
2001-2010	109	51,3	262,6	135,4

## 2.2 - Relevo

De acordo com o modelo digital do terreno correspondente à folha de 15 minutos da região de Porto Velho (**figura 2.4**) o relevo é marcado por uma superfície de erosão de depósitos sedimentares recentes e inconsolidados, cuja fácies contém aluviões, terraços fluviais e coberturas detrito-lateríticas, atribuídas neste relatório às Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (Adamy & Romanini, 1990). A referida superfície se caracteriza por 4 (quatro) principais níveis de aplainamento:

- 1) No primeiro nível destaca-se, como *glacis de acumulação*, a **Planície Aluvial Holocênica** do rio Madeira que atravessa de sul para norte o setor oeste-noroeste da área e se desenvolve em cotas compreendidas entre 25 e 70 m. Secundariamente, nessa mesma superfície, ocorre no norte da área, uma vasta planície na direção leste-oeste no domínio de pequenos tributários do rio Madeira e ainda na porção sudeste, pequenas planícies no vale do rio das Garças e de seus afluentes. Ocupando 15% (110 km<sup>2</sup>) na área da folha de 15 minutos da região de Porto Velho, esta superfície está presente em apenas 3% (5 km<sup>2</sup>) na área de estudo.
- 2) O segundo nível é uma superfície geral de aplainamento Quaternário esculpida sob a forma de **Terraços Aluviais Pleistocênicos** em cotas variáveis de mais de 70 até 90 m, e que ocupa a maior extensão territorial dentro da folha (413 km<sup>2</sup> ou 55%) dos quais 135 km<sup>2</sup> (81%) estão na área de estudo, que compreende toda a zona urbana de Porto Velho e a área monitorada pela rede de poços cadastrados no Projeto PHA.
- 3) O terceiro nível, denominado **Resíduos de Terraços Cenozoicos**, em cotas compreendidas na faixa de mais de 90 m até 100 m, com 17 km<sup>2</sup> (cerca de 10% na área de estudo) e cerca de 15% (117 km<sup>2</sup>) na região de Porto Velho.
- 4) O quarto e último nível, em altitudes acima de 100 até 150 m, distribuído em manchas isoladas que se constituem em **Resíduos da Superfície Cenozoica Cimeira** de erosão dos depósitos sedimentares cenozoicos na área de Porto Velho. A sua extensão territorial é de 115 km<sup>2</sup> (15% da área da folha de 15 minutos) e de aproximadamente 5% (9 km<sup>2</sup>) da área de estudo.

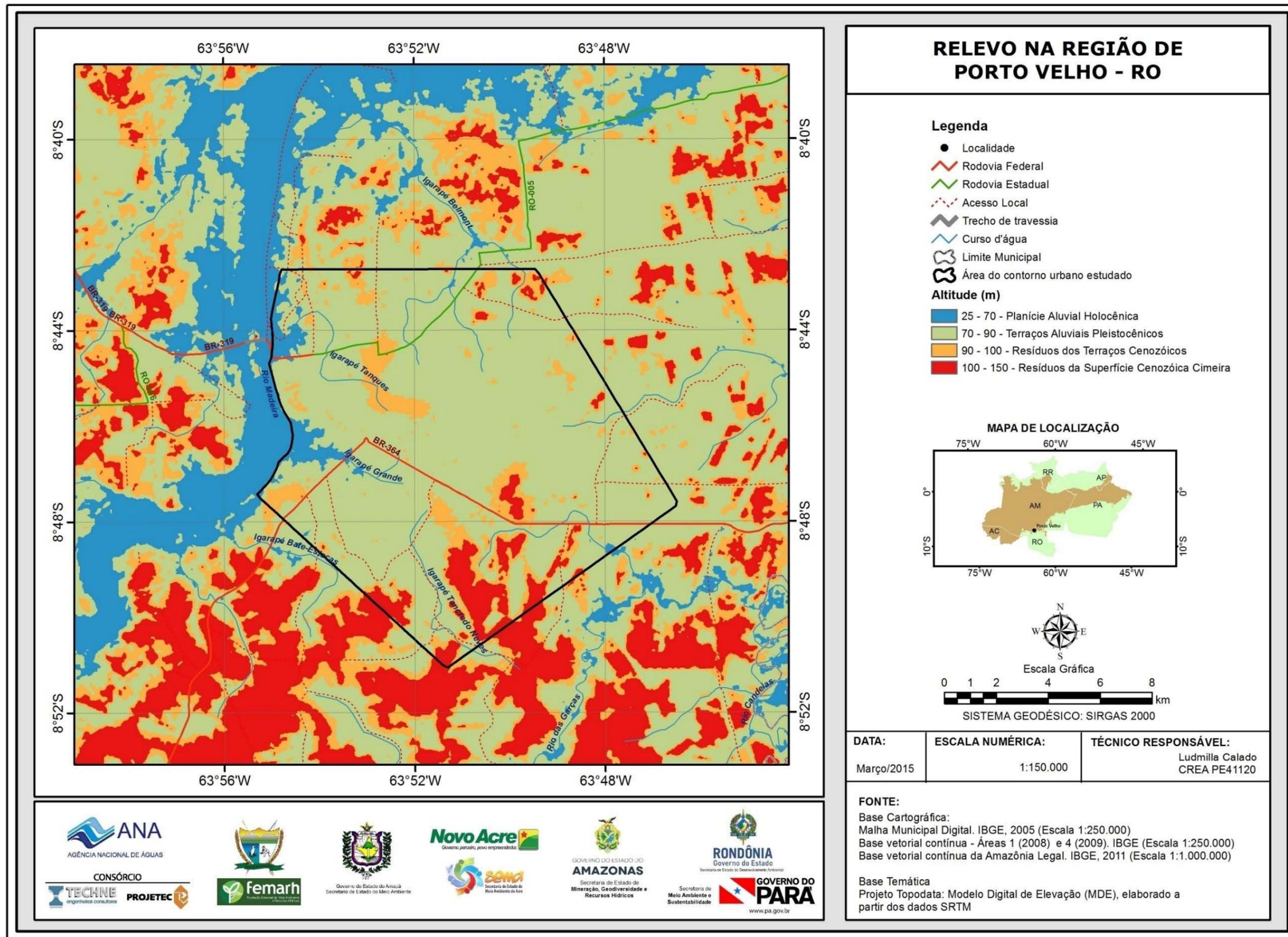


Figura 2.4 - Distribuição do relevo nas Coberturas Cenozoicas de Porto Velho na área de estudo, de acordo com o modelo digital do terreno (MDT) da folha de 15 minutos da região de Porto Velho – RO.

### 2.3 - Hidrografia

Segundo Bezerra *et al.* (2012), o território de Porto Velho contém 3 sub-bacias hidrográficas: a do Igarapé do Belmont ou da Penal (ao Norte), a do Igarapé dos Tanques (no Centro) e a do Igarapé Grande (no Sul).

A bacia do Igarapé Belmont apresenta uma extensão de 126,5 km<sup>2</sup> e está localizada entre as coordenadas 08°39'02" e 08°46'12" de latitude Sul; e 63°48'41" e 63° 54'48" de longitude Oeste. A cidade de Porto Velho localiza-se ao sul da bacia, onde se encontra a maior parte das nascentes do Igarapé Belmont. O médio e baixo curso do Igarapé encontra-se em zona rural, que abriga formas de atividades agrícolas e pastoris (Santos *et al.*, 2013).

De acordo com Santos *et al.* (2012), a bacia do Igarapé dos Tanques abrange aproximadamente 23,45 km<sup>2</sup>, percorrendo uma distância de aproximadamente 10,8 km de extensão, passando por bairros centrais e periféricos da zona urbana de Porto Velho. Limita-se a Oeste com o rio Madeira (63°55'03" W; 08°43'58" S) e ao Norte com o bairro Nova Porto Velho (63°52'42" W; 08°45'59" S).

A bacia do Igarapé Grande tem uma área de aproximadamente 9,5 km<sup>2</sup>, perímetro de 12,7 km, e canal principal com extensão longitudinal de 6 km. A forma é levemente alongada no sentido Leste-Oeste, com leve propensão a cheias. A bacia possui aproximadamente 15 km de canais, da nascente, no bairro COHAB, na área urbana do município de Porto Velho, até a desembocadura no rio Madeira. A altitude mais elevada da bacia é de 94 m e a mais baixa de 62 m. Possui 18 afluentes, sendo os mais importantes o Igarapé do Gurgel e o próprio Igarapé Grande. A rede hidrográfica se encontra bastante modificada, com trechos retinizados ou aterrados. Limita-se ao Sul com a rodovia BR-364, a Sudeste com a Avenida Jatuarana, a Sudoeste com a Avenida Campos Sales, a Noroeste com o rio Madeira e ao Norte com a Avenida Carlos Gomes, no centro de Porto Velho (Bezerra *et al.*, 2012).

Na escala da folha de 15 minutos de Porto Velho (**figura 2.5**), o rio Madeira é o grande curso d'água que atravessa a área escoando de Sul para Norte pelo setor oeste-noroeste, recebendo pequenos tributários, tanto pela margem esquerda quanto pela margem direita.

Segundo o mapeamento da SEDAM (2007), a área urbana de Porto Velho possui 7 (sete) igarapés que somam uma extensão de 40 km.

Dentre os igarapés afluentes da margem direita do rio Madeira, se destacam o Bate-Estacas, Belmont, Dos Tanques, Tancredo Neves, Grande e Periquitos (CPRM, 1997). Alguns destes, porém, encontram-se descaracterizados pela terraplanagem e arruamentos, que já causou o desaparecimento de parte de seus canais de drenagem (CPRM, 1997). O igarapé de maior dimensão é o Bate-Estacas com 12 km, desde sua nascente até a sua foz no rio Madeira, enquanto que o igarapé Tanques é um dos mais importantes, pois corta praticamente toda a cidade.

Ao longo de toda a extensão sul-norte da folha, no setor centro-leste, merece destaque a presença de um divisor de águas superficiais a partir do qual a rede de cursos de água escoam para leste em direção ao rio Candeias, tributário do rio Jamari e nele desemboca a 42 km de distância na direção E-NE, já fora dos limites da folha de 15 minutos. O rio Jamarí, por sua vez, também é tributário

do Madeira, mas somente o encontra a cerca de 60 km a nordeste de Porto Velho, já fora dos domínios da folha de 15 minutos. Observa-se ainda, no sudeste da folha de 15 minutos o rio das Garças, afluente do rio Candeias.

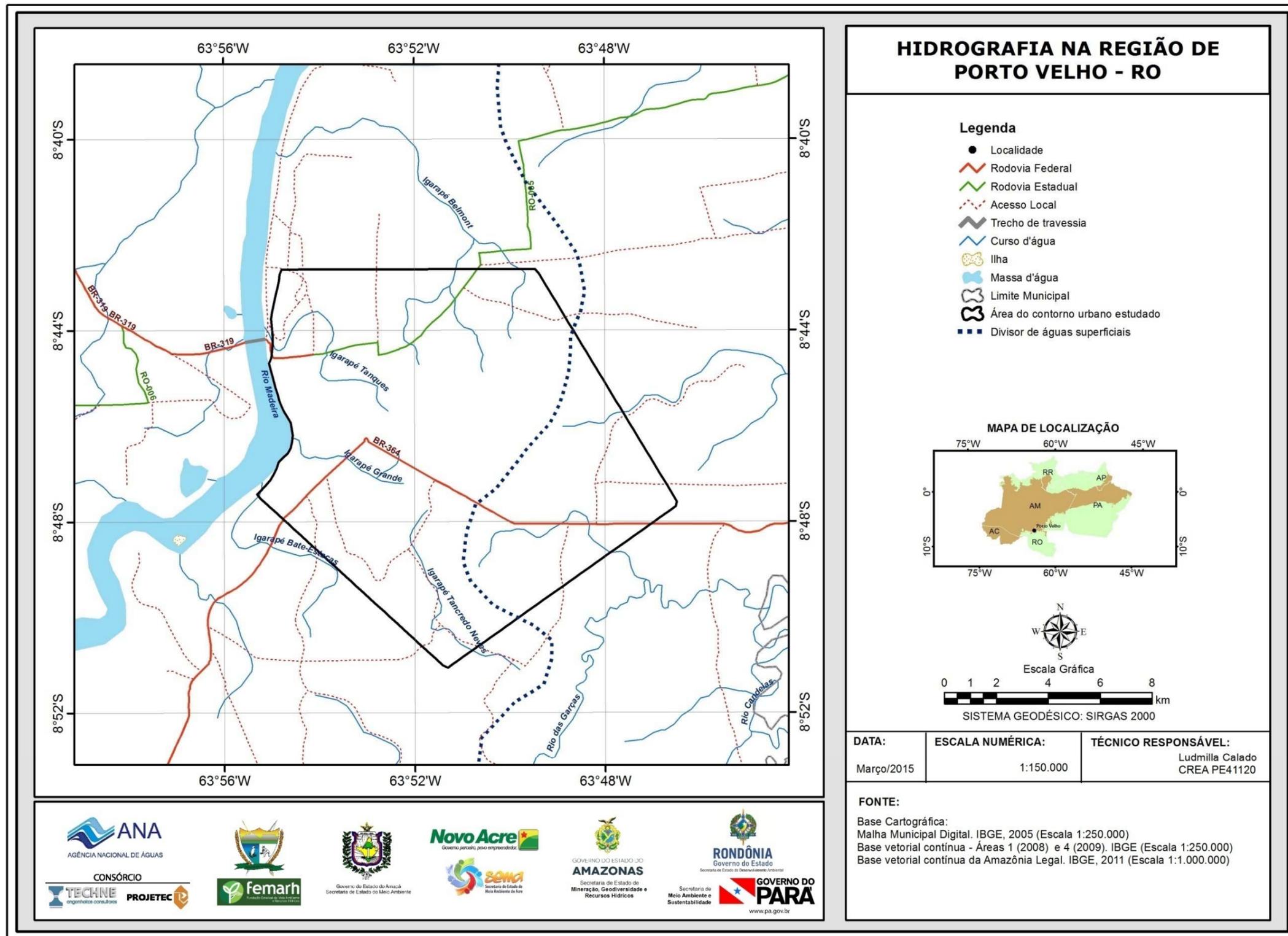


Figura 2.5 - Hidrografia da folha de 15 minutos da região de Porto Velho - RO.

## 2.4 - Solos

De acordo com o Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico do Estado de Rondônia (SEDAM, 2007) há uma predominância de solos do tipo Latossolos (58%), Argissolos (12%), Neossolos (11%), Gleissolos (9%) e Cambissolos (10%) no território de Rondônia.

A caracterização dos solos na folha de 15 minutos da região de Porto Velho (**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:

- **Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico - PVAd:** classe de solo predominante cobrindo uma superfície de 560 km<sup>2</sup>. Com quase toda a área de estudo (99% ou 164 km<sup>2</sup>) inserida nesta classe, este solo possui 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. A profundidade dos solos é variável, mas em geral são pouco profundos.
- **Latossolo Amarelo Distrófico - LAd:** ocupa 155 km<sup>2</sup> na folha de 15 minutos e apenas 1% (2 km<sup>2</sup>) na área de estudo. São solos profundos, de coloração amarelada, perfis muito homogêneos, com boa drenagem e baixa fertilidade natural em sua maioria. Em geral, são cultivados com grande variedade de lavouras.
- **Neossolo Litólico Distrófico - RLd:** encontram-se na região algumas manchas, classe de solo em menor quantidade (13 km<sup>2</sup>), possui solos rasos constituídos por material mineral ou material orgânico pouco espesso (menos de 30 cm de espessura), sem apresentar qualquer tipo de horizonte B diagnóstico.

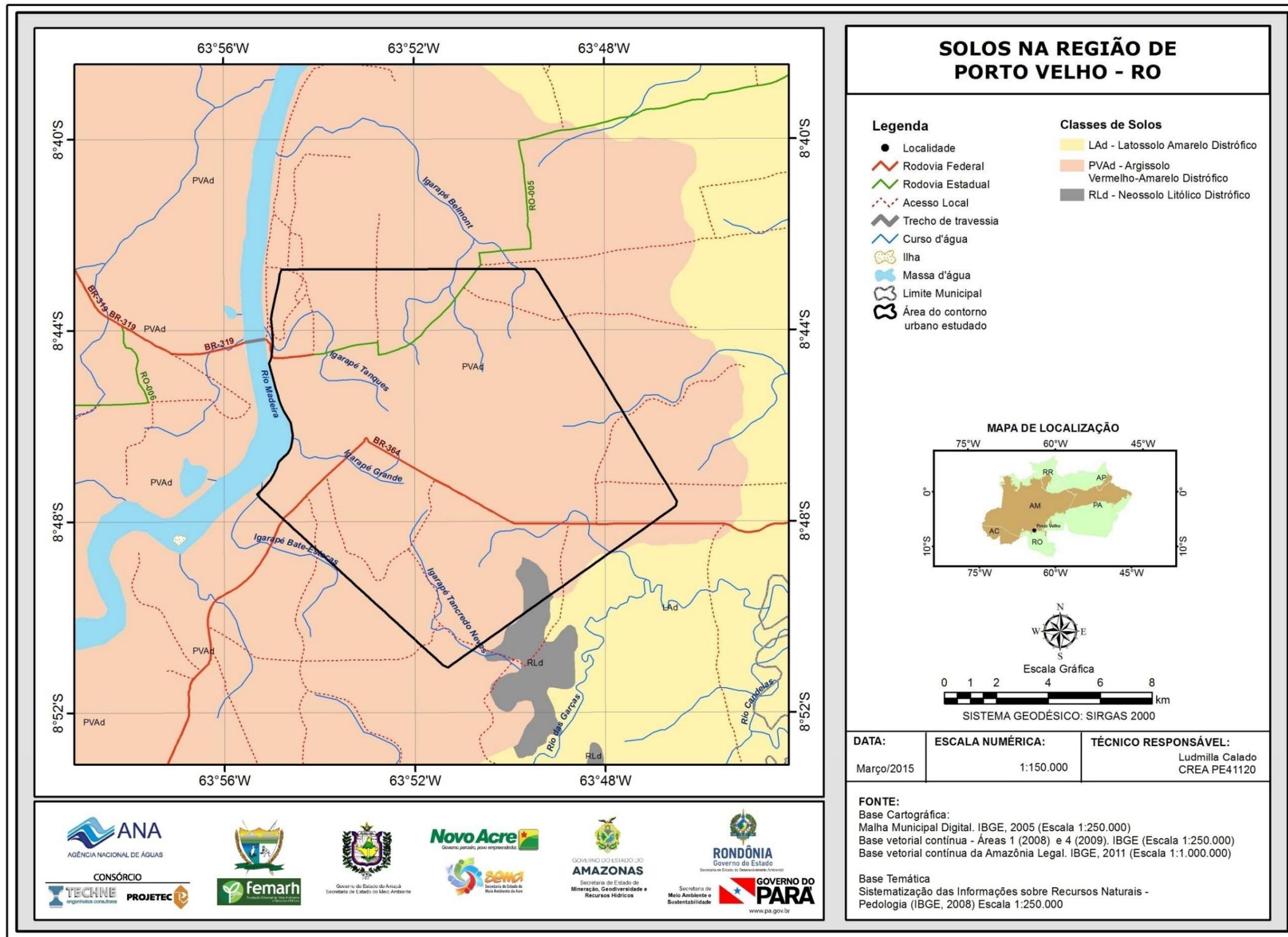


Figura 2.6 – Classes de solos existentes na região de Porto Velho - RO.

## 2.5 - Vegetação

Segundo o Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico do Estado de Rondônia (SEDAM, 2007), a vegetação existente em seu território é reconhecida pela grande biodiversidade de espécies, que ocorrem devido ao fato do Estado estar inserido em uma zona de transição entre os domínios geomorfológicos do Brasil Central e Amazônico, os quais congregam três importantes biomas do país, a Floresta Amazônica, o Pantanal e o Cerrado.

De acordo com o Atlas Geoambiental de Rondônia (SEDAM, 2002), Porto Velho está totalmente inserido no bioma da Floresta Amazônica, nas fisionomias Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Ombrófila Densa e Formação Pioneira.

A vegetação natural da região (**figura 2.7**), de acordo com a classificação encontrada em Veloso (1991) é composta pelas seguintes unidades:

- **Floresta Ombrófila Aberta Submontana com Palmeiras** - encontra-se distribuída por toda a Amazônia, notadamente com a faciação floresta com palmeiras, ocorre em relevos mais acentuados, variando entre 100 a 600 m de altitude. Próximo à cidade de Porto Velho, essa unidade é caracterizada pela presença de palmeiras, com extensão de 57 km<sup>2</sup> na folha, dos quais 7 km<sup>2</sup> (4%) estão área de estudo;
- **Floresta Ombrófila Aberta Terras Baixas com Palmeiras** - formação semelhante à da Floresta Ombrófila Densa, mas que se diferencia na paisagem, pois se apresenta aberta com incidência de palmeiras, cipós ou bambus, nos terrenos pediplanados do Plioplestoceno da Amazônia Ocidental. Abrange 132 km<sup>2</sup> da folha, dos quais menos de 1 km<sup>2</sup> está inserido na área de estudo;
- **Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas Dossel Emergente** - formação que recobre os tabuleiros terciários, na zona costeira, 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. Perfaz cerca de 14 km<sup>2</sup> (2%) da área da folha, mas sem representação significativa na área de estudo;
- **Formações Pioneiras com influência fluvial e/ou lacustre** - ocorre em terrenos sujeitos a inundações, apresentando diversas fisionomias, que podem apresentar vegetação florestal ou não. O tamanho das árvores é determinado pela altitude e pelo grau de inundação. Na região da folha essa unidade está representada por vegetação herbácea.

A maior parte da área da folha de 15 minutos (**figura 2.7**) é tomada pela atividade antrópica e em termos de vegetação é ocupada por pastagens (450 km<sup>2</sup> ou 60%) destinadas à atividade pecuária da região. A urbanização cobre cerca de 75 km<sup>2</sup>, que representam 10% da área da região e 45% da área de estudo.

Devido à devastação realizada na década de 1980 em Rondônia, a Floresta Ombrófila Aberta Submontana sofreu uma grande redução. Entretanto, ainda encontram-se pequenas áreas onde a vegetação apresenta sua fisionomia natural ou pelo menos submetida a uma menor ação antrópica para retirada de madeiras.

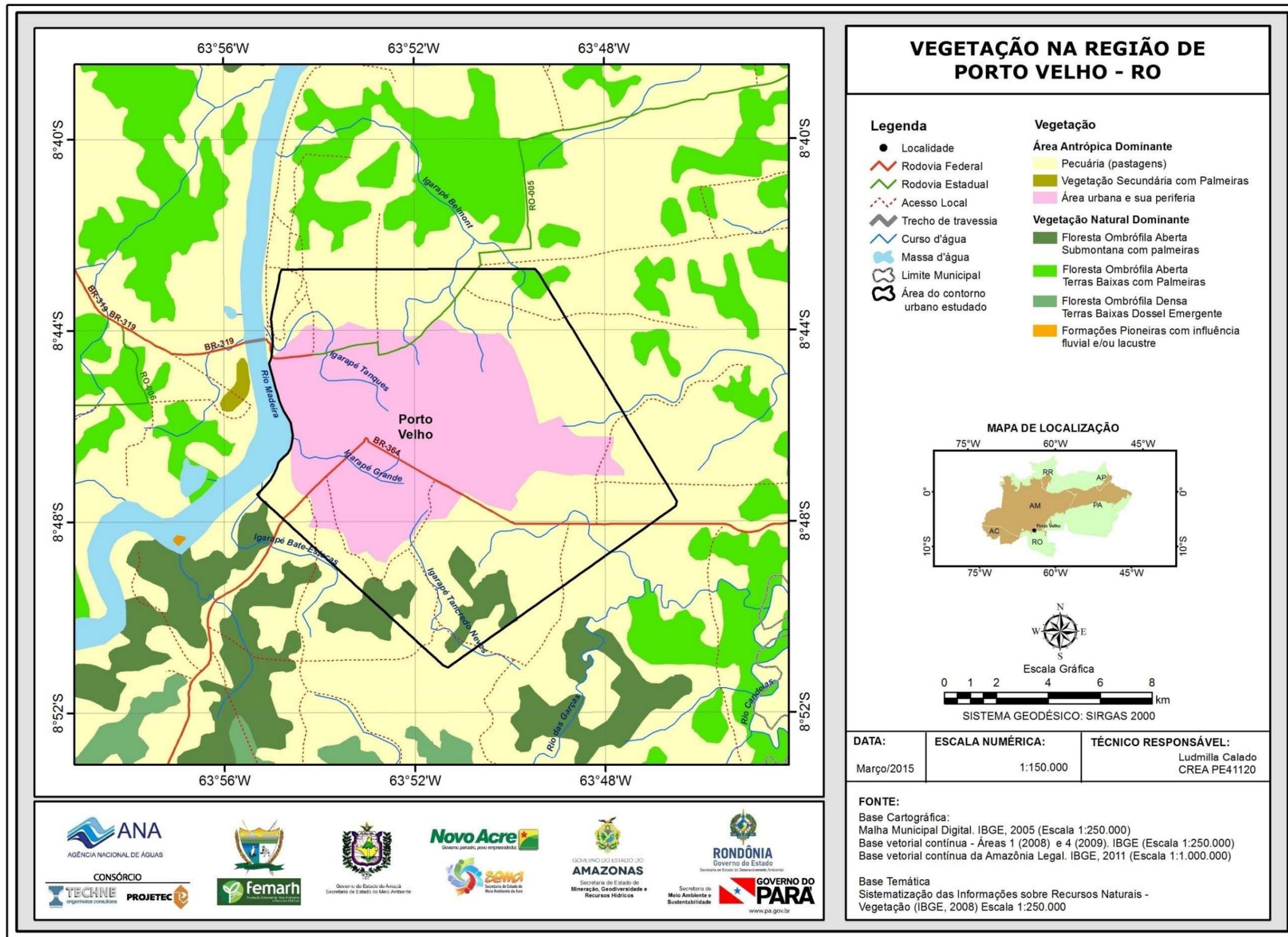


Figura 2.7 – Classes de vegetação na região de Porto Velho - RO.

## 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 Porto Velho.

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 somente existam em pequenas quantidades nos solos lixiviados e nos sedimentos, aos quais se devem somar aqueles provenientes da água da chuva e das 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, resulta de lixiviação no processo de intemperismo, bem como de sua presença nas águas das chuvas e nos resíduos de atividades antrópicas. Leprun *et al.* (1989), baseados em análises de águas de percolação de diferentes tipos de solos no estado de

Rondônia (**tabela 2.4**), concluem que o solo é a principal fonte de solutos nas águas e não a chuva.

**Tabela 2.4** – Composição química das águas de percolação dos solos de Rondônia, de acordo com Leprun *et al.* (1989).

Água	Solo*	pH	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al	Fe	Mn
1	B	7,05	7,64	4,32	2,34	3,26	0,1	<2,0	0,12	<0,1	15,58	0,06	0,13	<0,01
2	TR	7,35	0,28	0,21	<0,1	0,82	<0,1	<2,0	0,13	3,86	2,59	0,61	0,21	<0,01
3	AQ	6,7	0,39	0,16	0,86	1,72	<0,1	<2,0	0,13	<0,1	7,64	0,35	0,38	<0,01
4	PL	6,95	0,21	1,8	4,22	1,18	<0,1	<2,0	<0,01	<0,1	16,97	0,07	<0,02	<0,01
5	PE	7,1	3,67	1,39	3,3	3,03	0,1	<2,0	0,12	<0,1	30,22	0,12	0,28	<0,01
6	PE	6,7	4,32	3,42	2,61	0,64	<0,1	<2,0	1,11	<0,1	28,63	<0,05	<0,02	<0,01
7	Pva	6,6	0,26	0,06	0,91	1,36	<0,1	<2,0	0,13	<0,1	7,23	0,06	<0,02	<0,01
8	Pva	6,55	0,31	<0,05	1,16	1,66	<0,1	<2,0	0,12	<0,1	10,06	0,17	0,22	<0,01
9	Pva	6,75	0,14	0,06	0,71	0,88	<0,1	<2,0	0,11	<0,1	4,84	0,08	<0,02	<0,01
10	Pva	3,75	<0,05	<0,05	0,76	0,51	<0,1	<2,0	0,31	<0,1	1,67	0,05	<0,02	<0,01
11	LA	6,2	<0,05	<0,05	0,56	0,51	<0,1	<2,0	0,31	0,3	1,93	0,08	<0,02	<0,01

\*B = Brunizen; TR = Terra Rocha; AQ = Areia Quartzosa; PL = Planossolo; PE = Podzólico Vermelho Escuro;

PVa = Podzólico Vermelho Amarelo; LA = Latossolo Amarelo.

As águas subterrâneas analisadas em Porto Velho são ligeiramente mais ácidas (pH médio de 5,2 a 5,5) do que as amostras da **tabela 2.4**, cujo pH médio é de 6,5 com significativa presença de valores em torno de 7. Isto se deve à transferência de prótons (íons hidrogênio) do ácido carbônico, que culmina com a formação do íon bicarbonato, sob pH mais alto.

Em Porto Velho, 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, em alguns poços, o que corresponde respectivamente a 13% e 17% das amostras na primeira e segunda campanha.

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 Monteiro & Gioda (2011), variável de 3,9 a 5,9, com valor médio de 4,95 na região amazônica.

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

Regionalmente, na escala do estado de Rondônia, ocorrem rochas cristalinas da Província Geocronológica Rio Negro-Juruena (Tassinari & Macambira, 2004), exibindo alguns recobrimentos sedimentares paleozoicos (Grupo Primavera) e mesozoicos (Grupo Vilhena), segundo CPRM (2007). Esses grupos ocorrem, entretanto, nas porções central e sudeste do estado, muito distantes da área de interesse. O limite sul da Bacia Sedimentar do Solimões, apenas tangencia a fronteira norte do estado de Rondônia e portanto, essa bacia não alcança a região de Porto Velho.

Localmente, a estrutura e tectônica da região de Porto Velho se afiguram extremamente simples, uma vez que ali apenas ocorrem sedimentos recentes, arenosos e argilo-arenosos de ambiente fluvial, em repouso sobre o embasamento cristalino. Isto é revelado pelos dados de poços tubulares com profundidade de 40 a 140 m (**figuras 3.2 e 3.3**) existentes na zona urbana de Porto Velho, os quais exibem apenas sedimentos cenozoicos de cobertura, assentados sobre rochas cristalinas.

### 3.2 – Litoestratigrafia

São de interesse para água subterrânea na área de estudo e suas proximidades, portanto, apenas depósitos terciários e quaternários associados ao rio Madeira. Diversos autores, entre os quais Silva Filho & Campos (2001) e Campos *et al.* (2004), referem-se a esses depósitos como Formação Jaciparaná ou, mais vagamente, como Formação Rio Madeira. Lima *et al.* (2008a) informam no XV Congresso Brasileiro de Hidrogeologia que “na geologia de Porto Velho predomina a Formação Rio Madeira, de idade pleistocênica, colúvio-aluvionar”. Esses mesmos autores, isto é, Lima *et al.* (2008b) se contradizem no mesmo ano, entretanto, quando afirmam na revista *Vita et Sanitas* que “na geologia local predomina a Formação Jaciparaná, de idade pleistocênica, colúvio-aluvionar”.

O termo Formação Jaciparaná, em realidade, foi proposto por Adamy & Romanini (1990) para designar os sedimentos associados ao regime do baixo curso do rio Jaciparaná (afluente pela margem direita do rio Madeira), que aí ocorrem recobrando rochas do embasamento, cerca de 80 km a SW da cidade de Porto Velho. Esses depósitos têm cerca de 50 a 80 metros de espessura e consistem de material siltico-argiloso a argiloso, acinzentado a amarelado, com granodecrescência ascendente. Ocorrem, intercaladas, areias com níveis conglomeráticos de meandros abandonados. As areias são imaturas e, por vezes, ferruginosas, finas, mal consolidadas, e de grãos subangulosos a subarredondados. Essa associação indica depósitos de planície de inundação com eventuais canais. A unidade, tida como do Terciário/Quaternário, está, por vezes, capeada por cerca de 15 a 80 cm de crosta laterítica irregular e descontínua, frequentemente desmantelada, ou por latossolo amarelado.

A Formação Rio Madeira, por sua vez, foi descrita por Rizzotto (2005) e Quadros *et al.* (2006), também cerca de 80 km a SW da cidade de Porto Velho. Essa formação são sedimentos recentes do Rio Madeira, inconsolidados a semiconsolidados, parcialmente ferruginosos, constituídos por cascalhos e areias grossas, mal selecionadas, estratificadas e ferruginosas, bem como argilas maciças a laminadas com restos vegetais. Destaca-se a presença de fósseis constituídos de fragmentos de troncos, galhos, folhas carbonizadas e

polens, além de vertebrados do Pleistoceno, como a preguiça gigante (*Eremotherium*). Segundo os autores citados, a Formação Rio Madeira é recoberta por sedimentos mais finos e mais novos que constituem a Formação Jaciparaná.

Estudos mais recentes realizados no âmbito do mapeamento regional do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2007) delinea e discute os sedimentos recentes, do Terciário/Quaternário, associados ao Rio Madeira e assentados sobre o embasamento cristalino na área de Porto Velho. Nessa área, o mapeamento distingue as seguintes unidades, da mais recente para a mais antiga.

- Q2a – Holoceno. Depósitos aluvionares arenosos, siltosos e argilosos, com níveis de cascalho.
- Q1t - Pleistoceno. Terraços fluviais característicos de sistemas meandrantares. Constituídos de sedimentos arenosos e siltosos, cascalhos inconsolidados, ferruginosos ou não, com níveis de matéria orgânica.
- NQi – Pleistoceno/Neógeno. Coberturas sedimentares indiferenciadas, incluindo: depósitos de areia, silte, argila e cascalho; restos de materiais lateríticos; sedimentos aluviais, coluviais e eluviais indiferenciados.
- NQdl – Pleistoceno/Neógeno. Coberturas detrito-lateríticas, incluindo: depósitos argilo-arenosos ricos em concreções ferruginosas; crosta laterítica concrecionária; materiais coluviais e eluviais ricos em detritos lateríticos e fragmentos de quartzo.

O mapeamento geológico descrito por CPRM (2007) não inclui as formações Rio Madeira e Jaciparaná na área estudada em Porto Velho. Nessa região, os poços cadastrados na zona urbana captam apenas a unidade designada de NQi, ou seja, coberturas sedimentares indiferenciadas. As formações Rio Madeira e Jaciparaná, no mapeamento discutido (CPRM, 2007), ficam restritas a pequenas ocorrências no baixo vale do rio Jaciparaná e nas imediações da sua foz, cerca de 80 km a sudoeste da cidade de Porto Velho.

Em face do exposto, considera-se que o nível atual de conhecimento sobre os sedimentos recentes na região de Porto Velho, não autoriza afirmar a ocorrência na zona urbana dessa cidade, quer da Formação Jaciparaná, quer da Formação Rio Madeira, tais como definidas por autores anteriores.

De acordo com CPRM (2007), na área urbana de Porto Velho o rio Madeira dissecou, numa fase erosiva, sedimentos aluviais Pleistocênicos numa extensa zona a leste do seu leito atual. Posteriormente, numa fase de deposição, o Madeira assoreou a zona escavada, com sedimentos aluviais mais recentes. O panorama atual, assim, segundo CPRM (2007) é mostrado no corte da **figura 3.1**, isto é, terraços antigos na margem esquerda, com cota média de 100 metros, e extensa planície aluvial na margem direita, mais recente, com cota média de 87 metros.

No âmbito do projeto PHA, a geologia é interpretada de forma ligeiramente distinta, levando-se em consideração os perfis litológicos dos 8 (oito) poços tubulares localizados nas **figuras 3.2 e 3.3**. Dentre os 158 poços catalogados do SIAGAS/CPRM (**anexo 7.2.2**), os depósitos das referidas coberturas

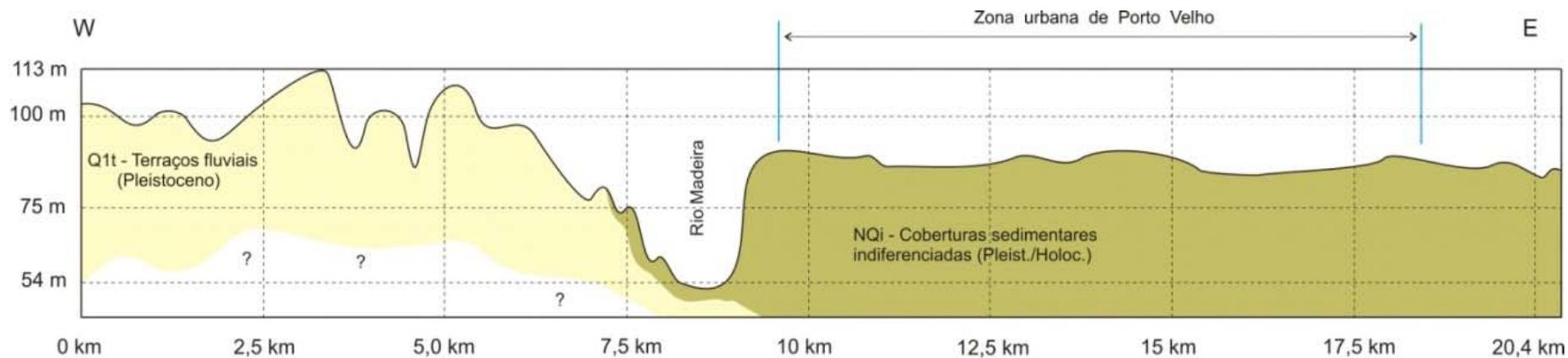
sedimentares indiferenciadas, em ambas as margens do rio Madeira, são constituídos (**tabela 3.1**) de areia, argila e cascalho e ainda rocha do embasamento cristalino (granito) atingido a 100 m de profundidade no poço 2351 (perfurado na margem esquerda do rio Madeira) e a 43 m de profundidade no poço 2494 perfurado na margem direita.

Sedimentos argilo-arenosos ricos em concreções ferruginosas e crostas lateríticas concrecionárias, descritos simplesmente como laterita, são encontrados em diferentes profundidades em 24 dos 158 perfis litológicos dos poços catalogados do SIAGAS/CPRM em Porto Velho, conforme se pode ver no **anexo 7.2.2**.

Chama a atenção nos perfis das **figuras 3.2** e **3.3** e também nas descrições apresentadas na **tabela 3.1**, a significativa variação lateral de fácies, que em alguns poços mostra camadas arenosas intercaladas entre camadas de argila e em outros se constitui quase totalmente de argilas.

A análise detalhada de imagens SRTM TOPODATA do INPE, com resolução de 30 m e do respectivo modelo digital do terreno, juntamente com a elaboração dos cortes geológicos esquemáticos A-B (**figura 3.4**), na mesma posição da **figura 3.1**, C-D (**figura 3.5**) e E-F (**figura 3.6**), permitem evidenciar a ocorrência de terraços antigos em cotas médias de 100 - 105 m, bem como a planície aluvial com cota média de 85 a 87 m em ambas as margens do rio Madeira e não apenas na margem esquerda.

Como resultado dessa análise e das informações compiladas dos mapeamentos da CPRM (Rizzotto *et al.*, 2004; CPRM, 2007) foi elaborado o mapa geológico apresentado na **figura 3.7**, no qual os depósitos Quaternários do Pleistoceno-Neógeno mapeados pela CPRM (2007) como NQdl (fácies detrito-laterítica) e NQi (fácies indiferenciada), foram reunidos numa só unidade, designada de NQi representativa de depósitos cenozoicos indiferenciados.

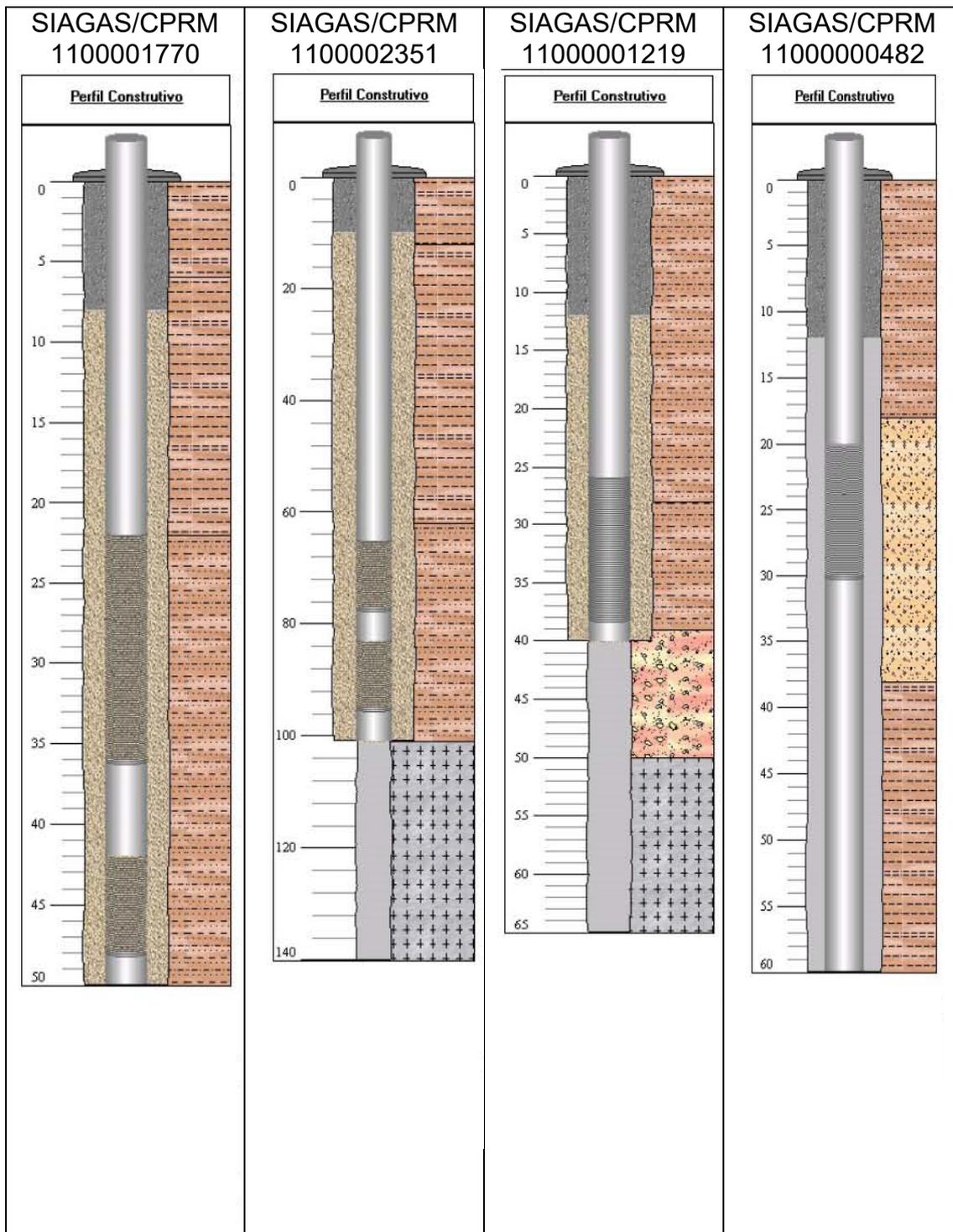


**Figura 3.1** – Corte geológico na zona urbana de Porto Velho (CPRM, 2007; topografia do *Google Earth*).

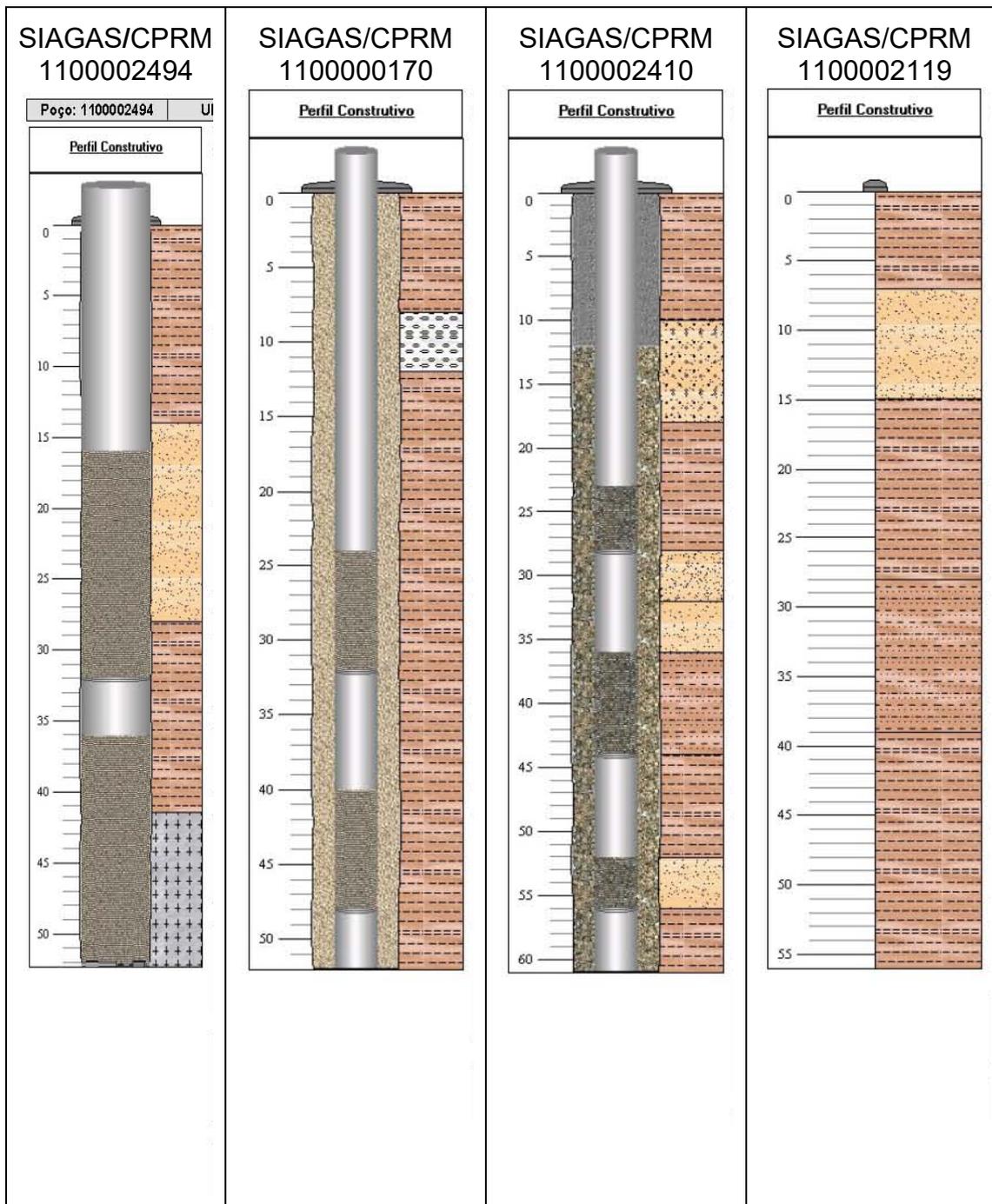
**Tabela 3.1 – Litologia dos poços tubulares com profundidade de 52 a 140 m, perfurados nas Coberturas Cenozoicas de Porto Velho – RO.**

SIAGAS	X	Y	Proprietário	Prof. (m)	Filtros (m)	De	Até	Litologia
S0170	403387	9033654	TRIB. REG. DO TRAB. 14 REGIAO	52	16	0 8 12	8 12 52	Argila Cascalho Argila
S0482	401006	9032669	CAERD	60	10	0 18 38	18 38 60	Argila arenosa Areia grossa Argila
S1219	399919	9032008	RANDOMOTOS LTDA	65	12	0 28 39	28 39 50	Argila arenosa Argila arenosa Rochas Intemperizadas e Decompostas Granito
S1770	394932	9029855	Santo Antônio Energia S/A	50	20	0 6 22	6 22 50	Argila Argila Argila arenosa
S2119	405615	9034488	CAERD CENTRAL	56	-	0 7 15 28 39	7 15 28 39 56	Argila Areia media Argila Argila arenosa Argila
S2351	395229	9033450	Santo Antônio Energia S/A	140	24	0 12 62 101	12 62 101 140	Argila Argila Argila arenosa Granito
S2410	404853	9034271	S.B.S. EMPREENDIMENTOS LTDA.	61	17	0 10 18 28 32 36 44 52 56	10 18 28 32 36 44 52 56 61	Argila Areia grossa Argila Areia fina Areia media Argila arenosa Argila Areia media Argila
S2494	401774	9032952	SBS	52,3	8	0 14 28 41	14 28 41 52	Argila Areia media Argila Granito

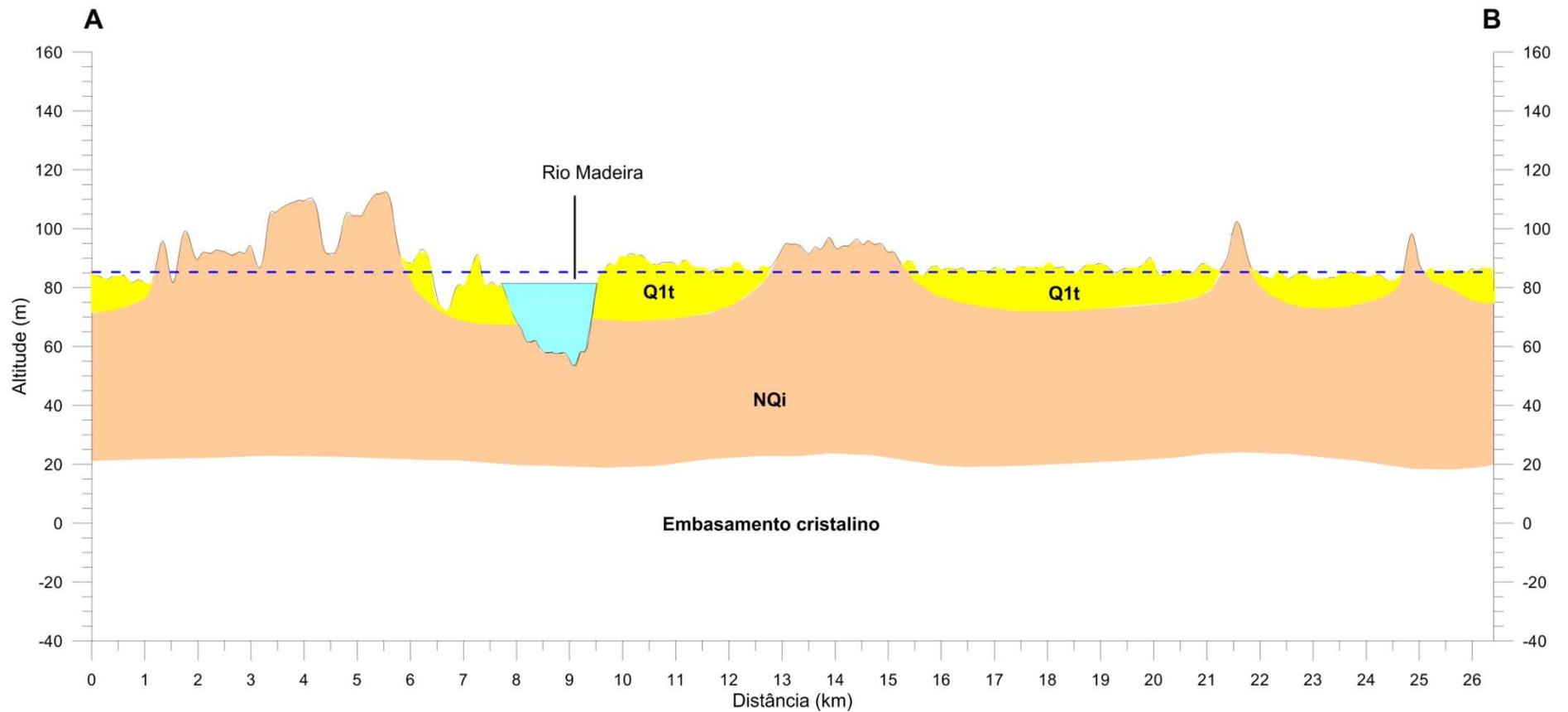
X = UTM (E); Y = UTM (N); Prof. = Profundidade do poço; Filtros = Extensão dos filtros do poço.



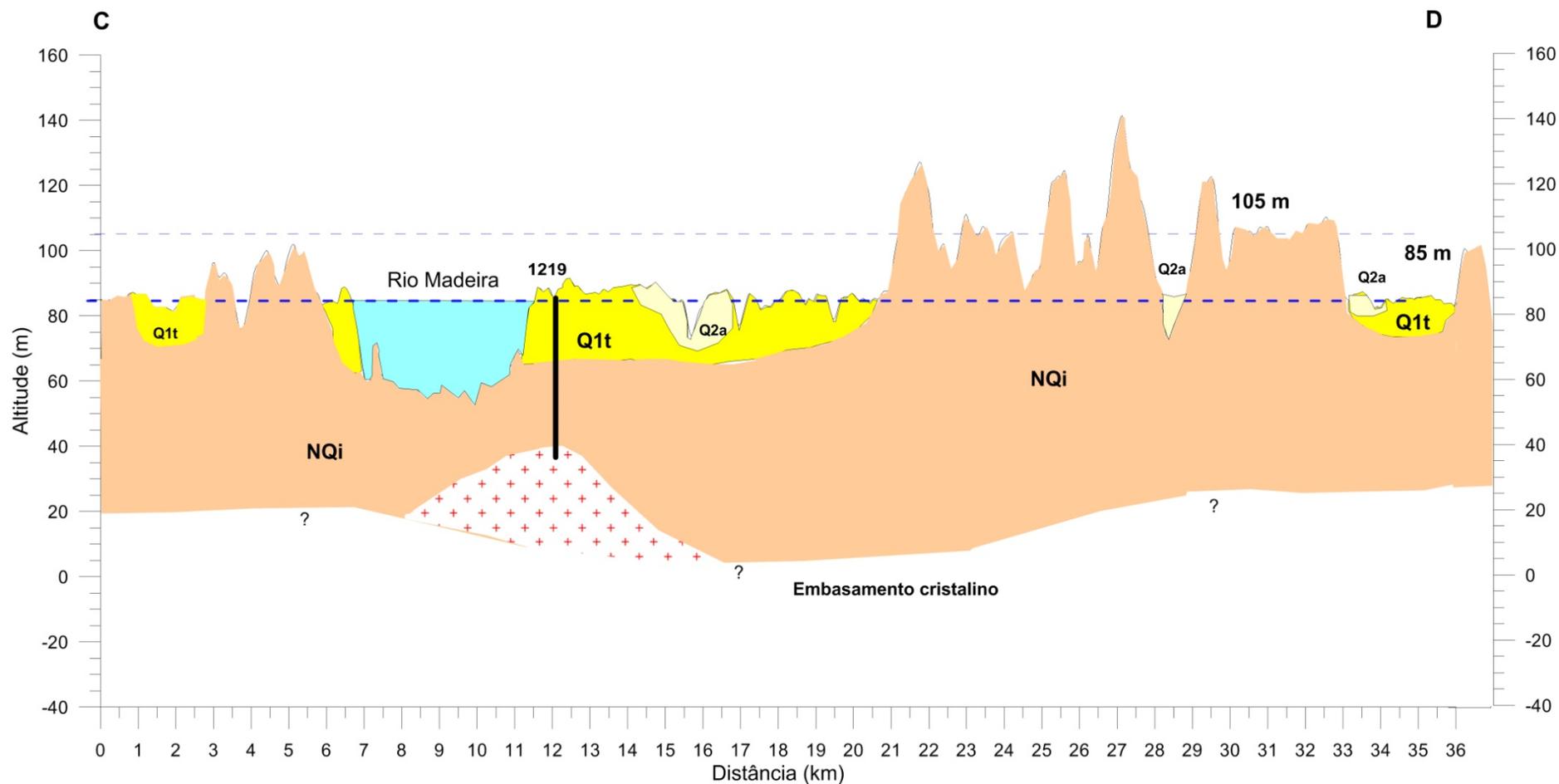
**Figura 3.2** – Perfis litológicos e construtivos de poços com profundidades de 50 m a 140 m perfurados nas Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na zona urbana da área de estudo, sendo o 1770 e o 2351 na margem esquerda do rio Madeira.



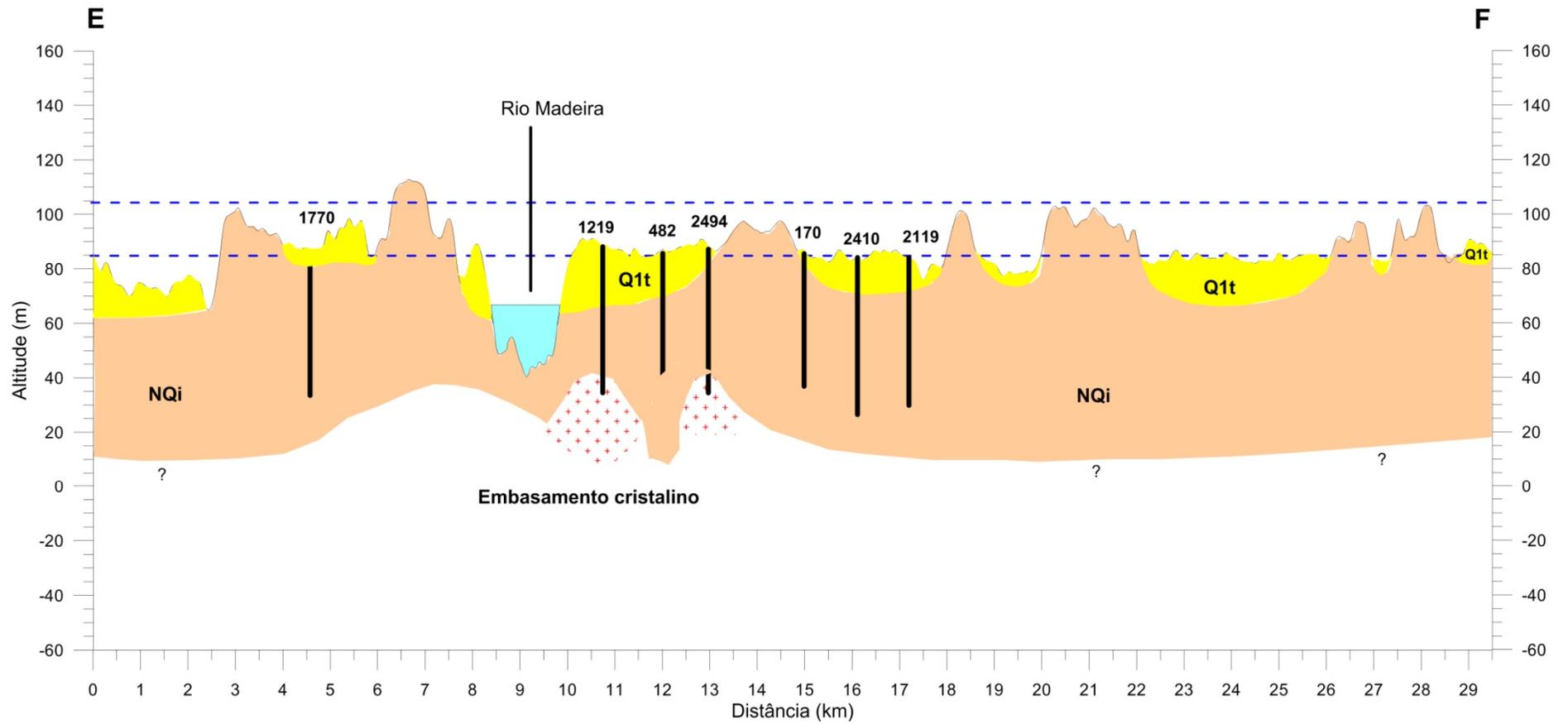
**Figura 3.3** – Perfis litológicos e construtivos de poços com profundidades de 52 m a 61 m perfurados nas Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na zona urbana da área de estudo e na margem esquerda do rio Madeira.



**Figura 3.4** – Seção geológica A-B das coberturas sedimentares cenozoicas na zona urbana de Porto Velho – RO, na direção W –E cuja localização é vista na figura 3.7. (Topografia do *Global Mapper*).



**Figura 3.5** - Seção geológica esquemática C-D das coberturas sedimentares cenozoicas da região de Porto Velho – RO, na direção NW – SE cuja localização é vista na figura 3.7. (Topografia do *Global Mapper*).



**Figura 3.6** - Seção geológica esquemática E-F das coberturas sedimentares cenozoicas da região de Porto Velho – RO, na direção WSW – ENE cuja localização é vista na figura 3.7. (Topografia do *Global Mapper*).

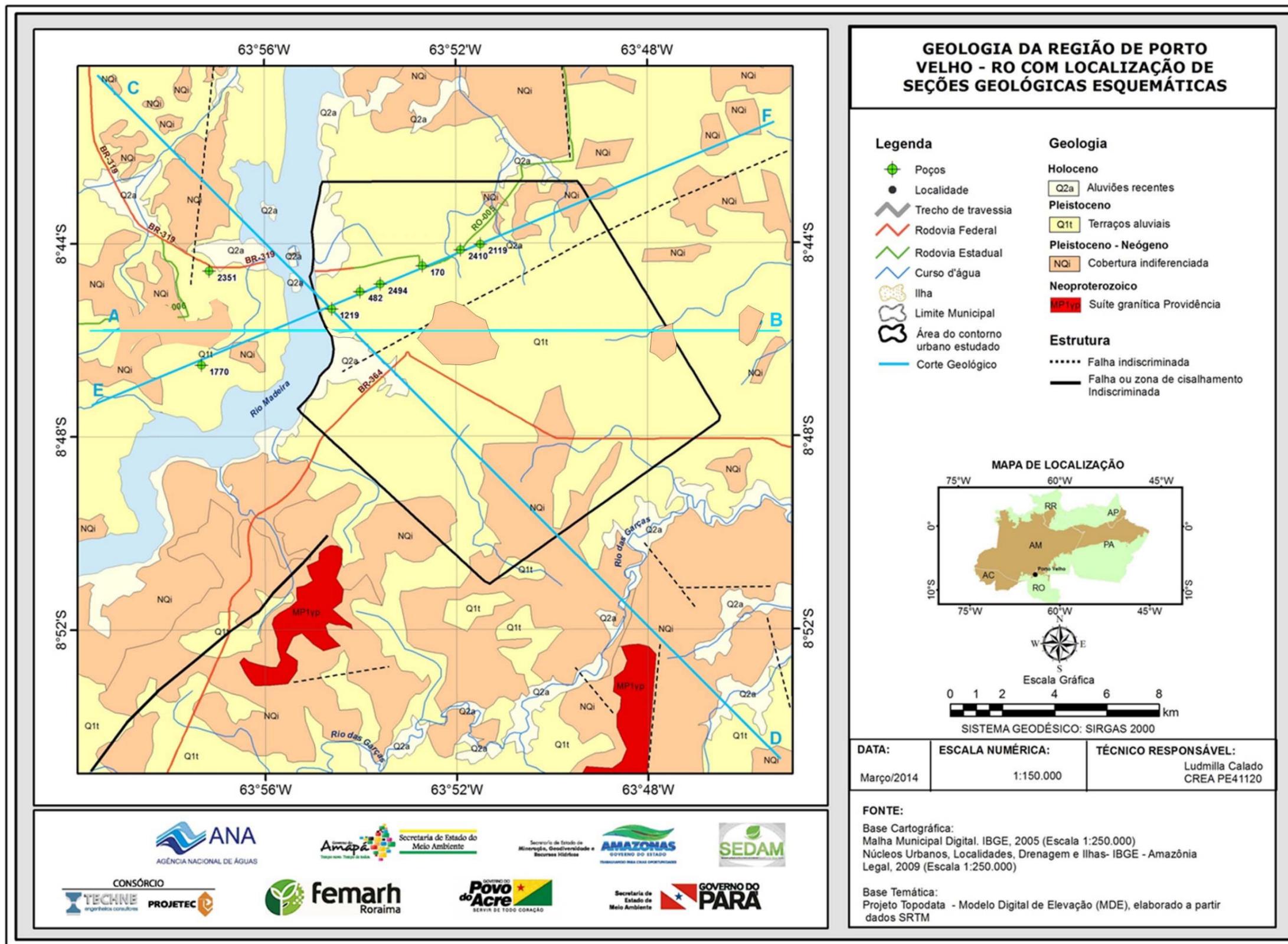


Figura 3.7 – Mapa geológico da região de Porto Velho baseado no modelo digital do terreno e modificado de CPRM (2004; 2007), com localização de seções geológicas esquemáticas.

## **4 – Hidrogeologia e Hidrodinâmica**

## 4.1 – Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho

### 4.1.1 – Litologia, Dimensões e Limites

Como já mencionado na geologia (**item 3.2**), os sedimentos de origem essencialmente fluvial que ocorrem sobre o embasamento cristalino na cidade de Porto Velho são coberturas sedimentares indiferenciadas de idade cenozoica e, portanto, à luz desse conhecimento, julga-se apropriada a designação de *Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho* para o aquífero captado na zona urbana de Porto Velho, até então conhecido como Aquífero Jaciparaná, que se considera regionalmente do tipo livre e que pode apresentar localmente condições de fraco confinamento.

De acordo com Campos (1998), os sedimentos aluviais na zona urbana de Porto Velho mostram interdigitações de termos mais argilosos com termos mais arenosos. Os intervalos produtores de água, assim, se apresentam frequentemente sob a forma de lentes de variadas dimensões. Campos & Morais (1999), não obstante, baseados nos dados dos poços SIAGAS/CPRM, definiram um paleocanal nos sedimentos aluviais, na porção central da área urbana. Essa feição foi confirmada pela análise do cadastro SIAGAS/CPRM atualizado, sendo mostrada na **figura 4.1**, na área compreendida entre as coordenadas UTM Leste 400.000 e 418.000 e entre as coordenadas UTM Norte 9.024.000 e 9.042.000, no fuso 20, Meridiano Central 63°. A feição apresenta, pelo menos, 9 km de extensão na direção NW-SE, com largura mínima de 2 km. No âmbito do paleocanal os termos arenosos são mais desenvolvidos, com espessura média de 20 m, podendo alcançar até 32 m em alguns locais. A granulometria varia de média a grosseira. Ocorre sempre, no topo da sequência arenosa, uma camada argilosa com cerca de 10 m de espessura, proporcionando uma relativa proteção às águas subterrâneas deste sistema aluvial.

Na **figura 4.2** é apresentado um diagrama de cerca elaborado com base em perfis litológicos de poços catalogados do SIAGAS/CPRM (2010) na cidade de Porto Velho, cujas características técnicas sumárias se encontram no **anexo 7.2.3**.

Também com base nessas mesmas informações foi construído o bloco 3D do modelo litoestratigráfico (**figura 4.3**), mostrando a ocorrência do aquífero Coberturas Cenozoicas indiferenciadas de Porto Velho, que repousa sobre o embasamento cristalino. O volume total do bloco é de 9,24E09 m<sup>3</sup> numa área de 166E06 m<sup>2</sup>, configurando uma espessura média de 56 m. Os depósitos se distribuem em camadas interdigitadas e são constituídos de areia (22,1%), argila (28,6%), areia argilosa (4,8%), argila arenosa (27%), laterita (11,4%) e rocha alterada (6,1%).

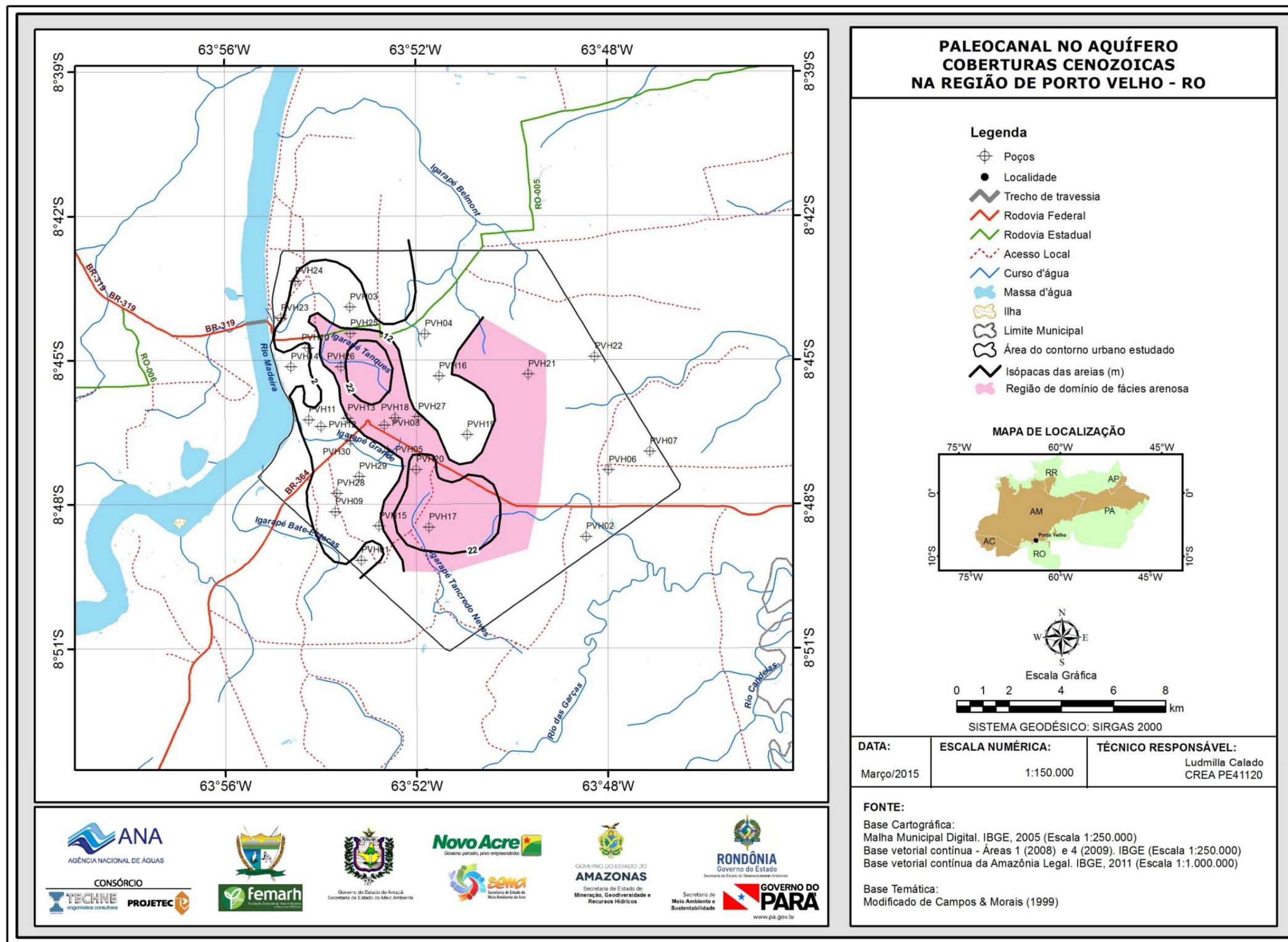


Figura 4.1 – Paleocanal na zona urbana de Porto Velho (adaptado de Campos & Morais, 1999).

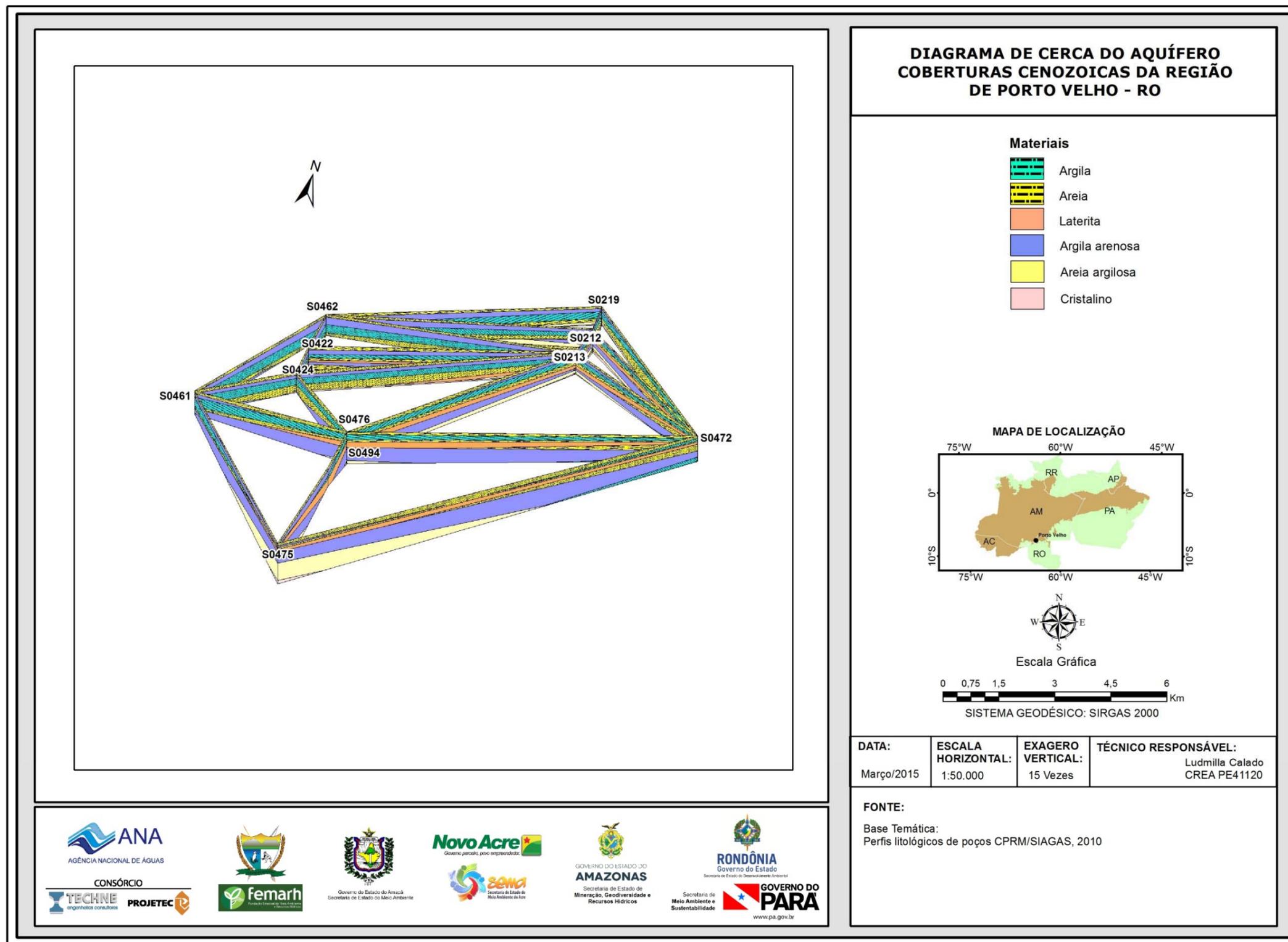


Figura 4.2 – Diagrama de cerca baseado no modelo digital do terreno e em perfis de poços da zona urbana de Porto Velho.

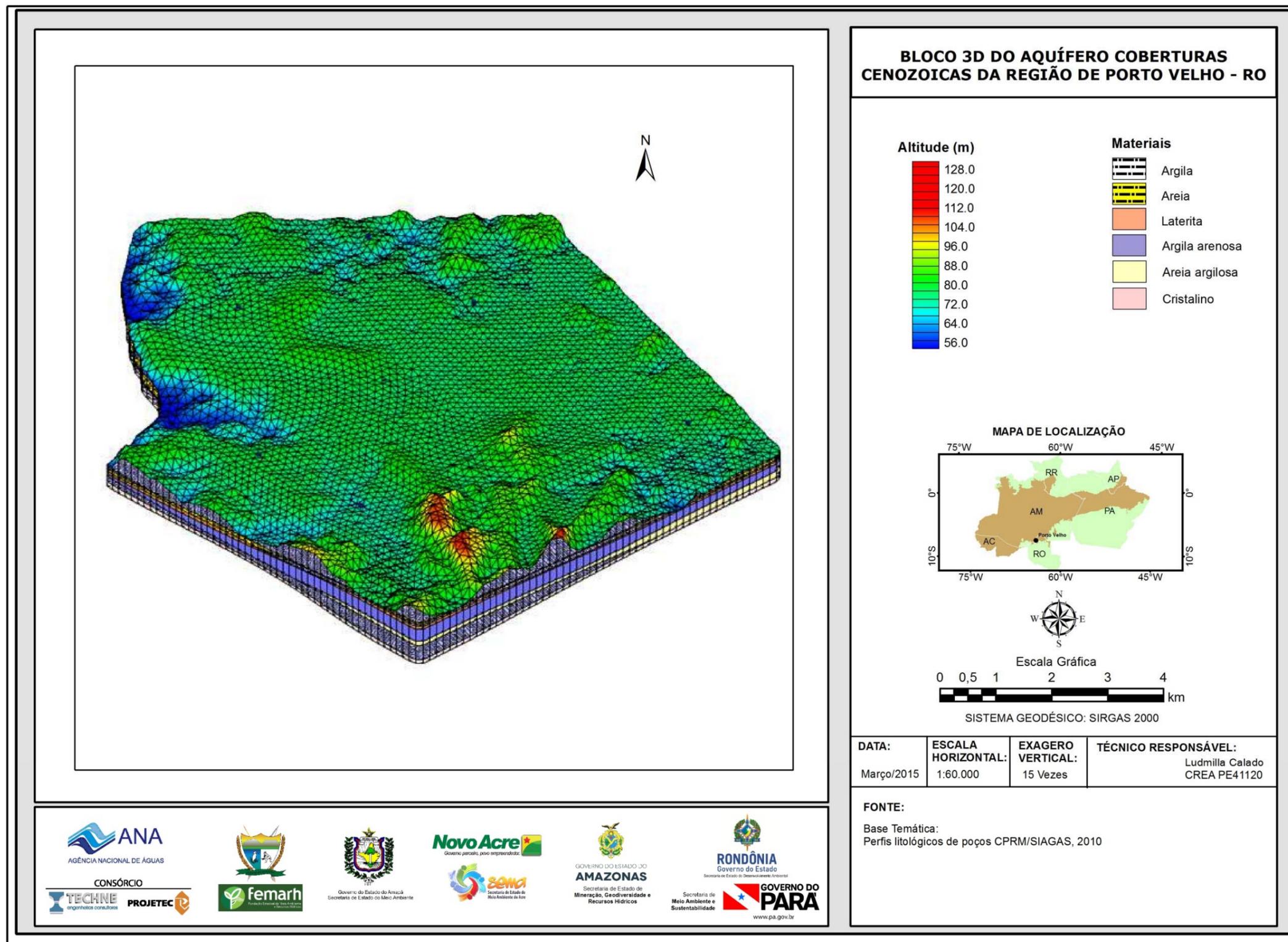


Figura 4.3 – Bloco 3D do modelo litoestratigráfico do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, baseado no modelo digital do terreno e em perfis litológicos de poços da zona urbana.

#### 4.1.2 – Propriedades Hidráulicas

As propriedades hidráulicas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho foram avaliadas através de testes de bombeamento conduzidos no âmbito do Projeto ANA-PHA.

##### **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 Porto Velho e também dos valores conhecidos da literatura e apresentados neste relatório, a **tabela 4.1** (Fetter, 1994) indica a natureza litológica dos materiais geológicos esperados, de acordo com a magnitude dos valores desse parâmetro.

**Tabela 4.1** – Faixa de valores de condutividade hidráulica em depósitos inconsolidados de natureza análoga à do Aquífero Coberturas Cenozoicas Indiferenciadas de Porto Velho, 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 inexistem 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

pode ser estimado (na ausência de perdas de carga não lineares) a uma distância representativa das proximidades imediatas do poço (10 m, por exemplo) se a ordem de grandeza do resultado for consistente com o modelo de aquífero adotado.

No caso específico do estudo de Porto Velho, 2 (dois) testes de bombeamento foram realizados no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (**anexo 7.1**), usando os poços PVH18 e PVH15, sem utilização de poços de observação. A escolha desses poços, localizados na **figura 4.4**, foi feita porque a equipe de campo contou com a boa vontade dos proprietários e ainda por estarem os poços devidamente equipados e em boas condições para teste. As medidas de nível dinâmico foram executadas com uma sonda elétrica sonora e as medições de vazão através de método volumétrico.

Os perfis construtivos de poços existentes na área (**anexo 7.2.2**) permitem inferir para os poços testados, que possuem profundidades de 80 m, extensões de 20 m de filtros. Ou seja, admite-se, para fins de interpretação dos testes em condições de penetração total, que a zona de entrada de água desses poços corresponde aproximadamente a 25% da profundidade dos mesmos.

Como mostra a **tabela 4.2**, apesar de ambos os poços possuírem a mesma profundidade (80 m) e terem sido testados praticamente com a mesma vazão (da ordem de 2 m<sup>3</sup>/h) nota-se que existe uma grande diferença de capacidade específica, sendo o poço PVH18 cerca de 65 vezes mais produtivo do que o PVH15. Ao que tudo indica isto se deve à grande variação lateral de fácies entre os poços da zona urbana de Porto Velho, como foi observado nas **figuras 3.1 e 3.2** e na **tabela 3.1**.

**Tabela 4.2** – Características dos poços utilizados nos testes de bombeamento realizados na cidade de Porto Velho – RO.

Poço	UTM (E)	UTM (N)	Profundidade (m)	Espessura saturada (m)	Nível Estático (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Vazão Específica (m <sup>3</sup> /h.m)
PVH18	403649	9031839	80	67,34	12,66	1,9	6,54
PVH15	405589	9031934	80	77,14	2,86	2,0	0,10

É natural que os poços que atravessam camadas arenosas sejam mais produtivos do que aqueles cuja litologia fica restrita a camadas de argila, argila arenosa e rocha decomposta.

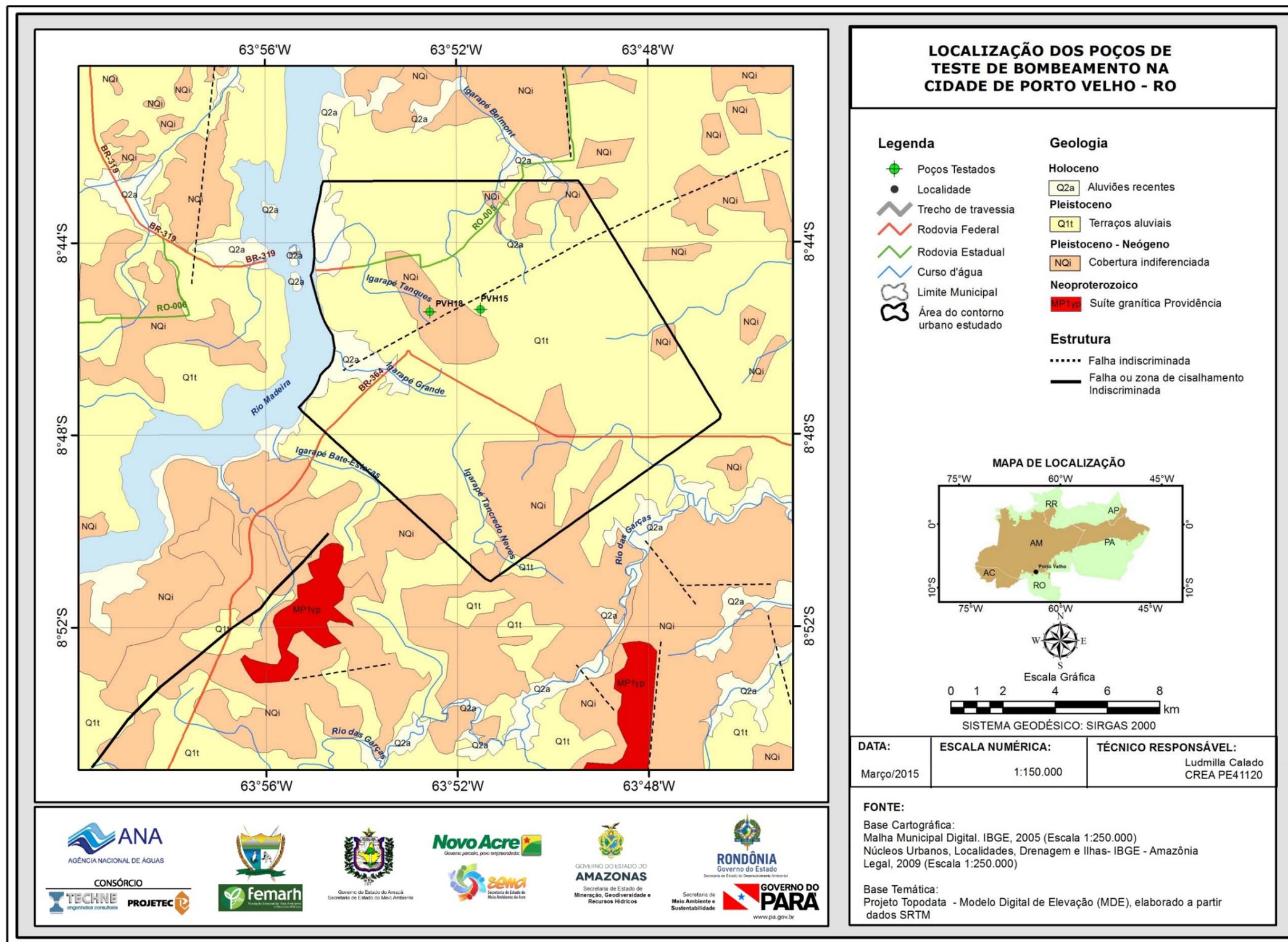


Figura 4.4 – Localização dos poços utilizados nos testes de bombeamento realizados pelo Projeto ANA-PHA na cidade de Porto Velho – RO.

#### 4.1.2.2 – Interpretação dos Testes de Bombeamento

Dois métodos foram utilizados na interpretação dos testes de bombeamento realizados na cidade de Porto Velho- RO:

- O primeiro foi o semilogarítmico de Cooper & Jacob (1946), previsto para aquífero confinado, homogêneo e isotrópico (**figura 4.5**);
- O segundo foi o método de Neuman (1975), previsto para aquífero livre, homogêneo e anisotrópico, cuja aplicação se tornou indispensável pelo fato de que as curvas dilog de rebaixamento x tempo registradas nos testes realizados em Porto Velho no âmbito do projeto PHA exibem claramente efeitos de drenagem gravitacional. A curva da **figura 4.6** é um exemplo. Ademais, a necessidade de conhecer a porosidade efetiva justifica esse método como o mais apropriado para o aquífero das Coberturas Cenozoicas de Porto Velho.

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

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

<p>Equação do rebaixamento: <math>s = \frac{Q}{4\pi T} W(u)</math> sendo <math>u = \frac{r^2 S}{4Tt}</math></p> <p>(4.1)</p> <p>Parâmetros:</p> $T = \frac{Q}{4\pi s} W(u) \quad (4.1a)$ $S = \frac{4Ttu}{r^2} \quad (4.1b)$
--

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 4.5**.

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

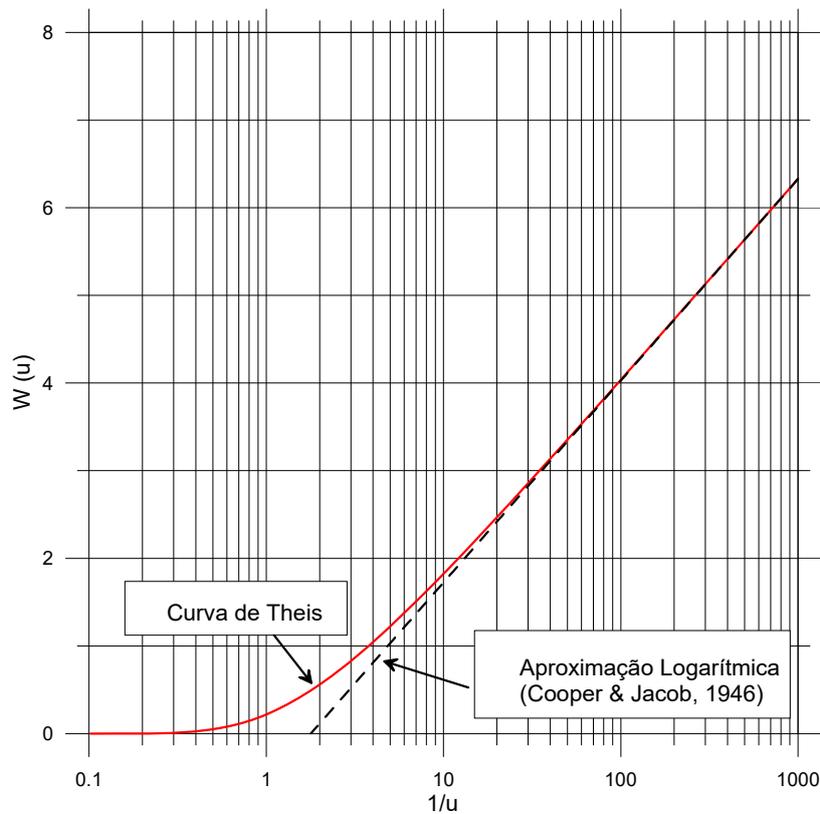
$$s = \frac{Q}{4\pi T} \ln\left(\frac{2,25Tt}{r^2 S}\right) \quad (4.2)$$

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:

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



**Figura 4.5** – Ilustração gráfica da aproximação logarítmica da função  $W(u)$  (Cooper & Jacob, 1946).

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:

$$\frac{2,25Tt_0}{r^2 S} = 1 \quad \text{e portanto,} \quad S = \frac{2,25Tt_0}{r^2} \quad (4.7)$$

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:

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

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

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

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

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 e gravar os resultados em um arquivo de planilha com extensão compatível com o *software* (.dat, .xls, etc);

- Construir um gráfico monolog de rebaixamento versus tempo e nele efetuar um ajuste logarítmico, para obter a reta  $s = M \ln(t) + N$  (**equação 4.9**).
- Calcular os parâmetros do aquífero, usando as **equações (4.10) e (4.11)**.
- No caso de teste de produção sem poço de observação (na ausência de perdas de carga não lineares), o procedimento pode ser aplicável ao poço bombeado supondo que o raio do mesmo é desprezível e calculando o coeficiente de armazenamento a uma distância (por exemplo  $r = 10$  m) desde que forneça resultados consistentes para o tipo de aquífero.

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 de Neuman (1975)**

A avaliação dos parâmetros hidráulicos foi feita usando o *software Grapher*, pelo método clássico de superposição envolvendo os seguintes passos:

- 1) Construção, em gráfico dilog, das famílias de curvas padrão de Neuman Tipo A e Tipo B (**figuras 4.6 e 4.7**) 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 (4.12)**:

$$T = \frac{Q S_D}{4\pi s} \quad (4.12)$$

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

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

- 8) Avaliar o grau de anisotropia a partir da **equação 4.14**:

$$K_D = \beta \left( \frac{b}{r} \right)^2 \quad (4.14)$$

- 9) Avaliar a condutividade hidráulica vertical usando a equação **(4.15)**:

$$K_v = K_D \times K_h \quad (4.15)$$

- 10) Avaliar o coeficiente de armazenamento através da **equação (4.16)**:

$$S = \frac{Tt}{t_s r^2} \quad (4.16)$$

- 11) Avaliar a porosidade efetiva por meio da **equação (4.17)**:

$$S_y = \frac{Tt}{t_y r^2} \quad (4.17)$$

Nas **equações 4.12 a 4.17**, os significados dos símbolos utilizados são:

$s_D$  = rebaixamento adimensional [ ];

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

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

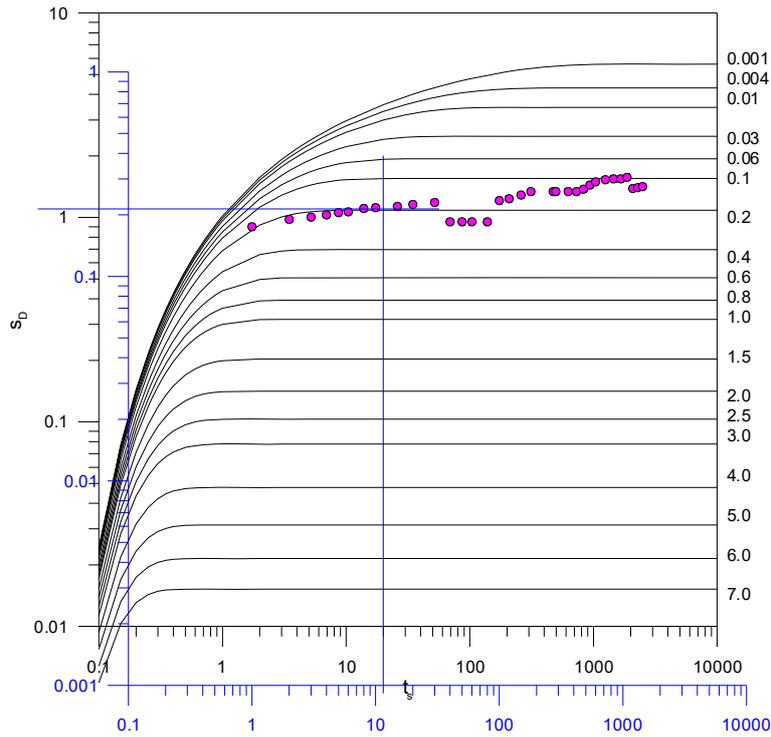
$b$  = espessura do aquífero [ L];

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

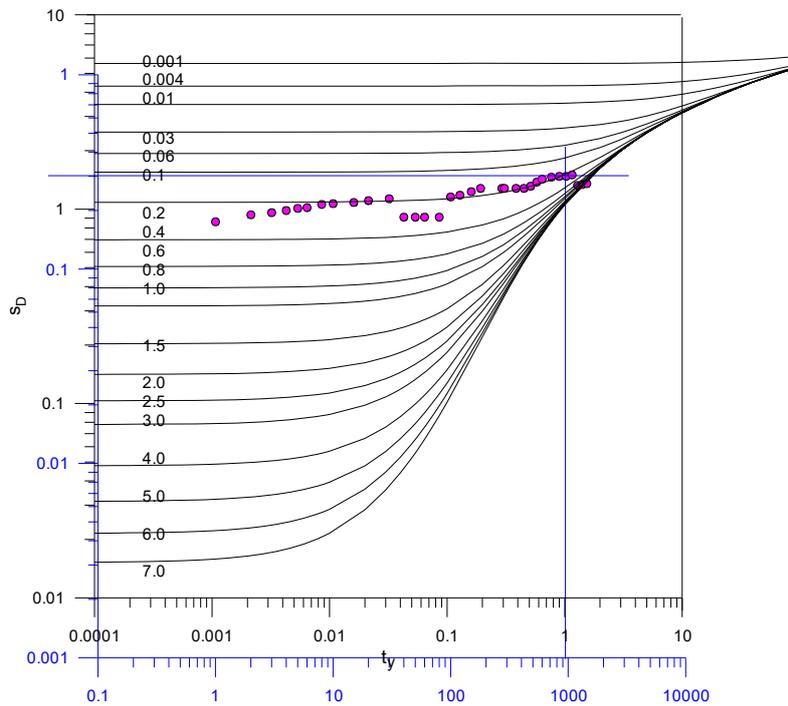
$\beta$  = fator de drenagem retardada [ ];

$t_s$  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 4.6** – Ilustração do método de Neuman (1975) com a curva de rebaixamento x tempo ligeiramente afetada por variação de vazão, no teste do poço PVH18 em Porto Velho, mostrando efeito de drenagem gravitacional quando superposta à família de curvas padrão tipo A de Neuman (1975).



**Figura 4.7** - Curva de rebaixamento, afetada por variação de vazão, do Poço PVH18 superposta à curva padrão Tipo B de Neuman para tempo longo.

#### 4.1.2.3 – Parâmetros Hidráulicos Obtidos

##### **Método Semilogarítmico de Cooper & Jacob**

Os valores médios das propriedades hidráulicas avaliadas pelo método de Cooper & Jacob (1946) através da interpretação dos testes realizados no âmbito do Projeto ANA-PHA em Porto Velho no aquífero Coberturas Cenozoicas (**anexo 7.1**) são apresentados na **tabela 4.3**.

Os valores médios avaliados pelo Projeto ANA-PHA para transmissividade e armazenamento do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, indicam que a transmissividade média além de bastante alta (99 m<sup>2</sup>/dia) resulta de apenas dois valores muito dispersos compreendidos entre 1,24 e 196,99 m<sup>2</sup>/dia. Isso também se verifica para a condutividade hidráulica, cuja média é de 1,5 m/dia, resultante de valores compreendidos entre 0,016 e 2,93 m/dia. O coeficiente de armazenamento apresenta valor médio de 1,35E-03, porém com extremos de 5,4E-06 e 2,73E-03 (**tabela 4.3**).

Vale ressaltar que todos os valores estimados pelo método de Cooper & Jacob (1946) são válidos para aquífero confinado e, no caso de Porto Velho, são considerados muito altos e não são representativos do aquífero Coberturas Cenozoicas, que na área de estudo se comporta como livre, homogêneo e anisotrópico.

**Tabela 4.3** – Parâmetros hidráulicos avaliados para o aquífero Coberturas Cenozoicas Indiferenciadas pelo método de Cooper & Jacob (1946) na cidade de Porto Velho - RO.

Poço	UF	Local	Longitude Decimal	Latitude Decimal	Aquífero	T (m <sup>2</sup> /dia)	K (m/dia)	S (adm)
PVH18	RO	Av. 7 de setembro	-63,90404	-8,77070	Coberturas Cenozoicas de Porto Velho	196,99	2,93	5,4E-06
PVH15	RO	Rua Vila Rios	-63,85919	-8,80083	Coberturas Cenozoicas de Porto Velho	1,24	0,016	2,7E-03
<b>Média</b>						<b>99</b>	<b>1,5</b>	<b>1,35E-3</b>

T = transmissividade; K = condutividade hidráulica; S = coeficiente de armazenamento

##### **Parâmetros Obtidos pelo Método de Neuman (1975)**

Os parâmetros hidráulicos obtidos para o aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho pelo método de Neuman (1975) são apresentados na **tabela 4.4**. Como valores médios das propriedades fundamentais referentes à espessura do aquífero (suposta igual à altura da zona de admissão de água do poço) e aos parâmetros de transporte e armazenamento, tem-se aproximadamente:

**Tabela 4.4** – Parâmetros hidráulicos do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho – RO, obtidos pelo modelo de Neuman (1975).

Poço	Longitude	Latitude	b (m)	T (m <sup>2</sup> /dia)	Kh (m/dia)	Kv (m/dia)	KD (adm)	Sy
PVH18	-63,90404	-8,77070	20	18,7	0,94	0,75	0,8	0,13
PVH15	-63,85919	-8,80083	20	2,9	0,12	0,10	0,8	0,15
<b>Média</b>			<b>20</b>	<b>10,8</b>	<b>0,53</b>	<b>0,43</b>	<b>0,8</b>	<b>0,14</b>

b=Espessura saturada; T = transmissividade; Kh = condutividade hidráulica; horizontal; Kv= condutividade hidráulica vertical ; KD= Grau de anisotropia; Sy= Porosidade efetiva.

Embora tenha sido feita uma correção de perdas de carga singulares no poço PVH15, a condutividade hidráulica, que é o parâmetro fundamental de transporte, se revela quase 8 vezes inferior ao valor determinado no poço PVH18. Como já foi anteriormente antecipado, nas **figuras 3.2 e 3.3** assim como na **tabela 3.1**, tudo indica que isto se explica pela variação de fácies dos sedimentos no aquífero das Coberturas Cenozoicas de Porto Velho. A porosidade efetiva, no entanto, indica valores bastante próximos, que variam de 0,13 a 0,15 em ambos os poços e indicam para o aquífero um valor médio de Sy = 0,14.

#### 4.1.2.4 – Conclusão sobre os Resultados Obtidos

Em Porto Velho os valores do coeficiente de armazenamento (S) avaliados com o modelo de Cooper & Jacob (1946) assim como os parâmetros de transporte (transmissividade e condutividade hidráulica) são muito altos e inconsistentes porque não levam em conta fluxos verticais.

Isso mostrou a necessidade de reavaliação dos testes pelo modelo de Neuman (1975), como pode ser observado na **tabela 4.5**, que forneceu valores plenamente satisfatórios para uma caracterização confiável do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, como sendo do tipo livre, homogêneo e anisotrópico com drenagem gravitacional.

**Tabela 4.5** – Parâmetros hidráulicos avaliados para o aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, segundo Neuman (1975) em Porto Velho - RO.

Poço	Curva Tipo	T (m <sup>2</sup> /dia)	b (m)	Kh (m/dia)	Kv (m/dia)	r (m)	S	Sy	KD
PVH18	A	18,1	20	0,91	0,73	10	6,9E-05	-	0,8
	B	19,4	20	0,97	0,78	10	-	0,13	0,8
<b>Média PVH18</b>		<b>18,7</b>	<b>20</b>	<b>0,94</b>	<b>0,75</b>	<b>10</b>	<b>6,9E-05</b>	<b>0,13</b>	<b>0,8</b>
PVH15	A	2,3	20	0,12	0,10	10	1,7E-05	-	0,8
	B	2,4	20	0,12	0,10	10	-	0,15	0,8
<b>Média PVH15</b>		<b>2,9</b>	<b>20</b>	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>	<b>10</b>	<b>1,7E-04</b>	<b>0,15</b>	<b>0,8</b>
<b>Aquífero</b>		<b>10,8</b>	<b>20</b>	<b>0,53</b>	<b>0,43</b>	<b>10</b>	<b>1,2E-04</b>	<b>0,14</b>	<b>0,8</b>

T = transmissividade; b = espessura do aquífero; 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.

Notar que a condutividade hidráulica foi estimada considerando como espessura do aquífero a zona de admissão de água dos poços (extensão de 20 m de filtros) que geralmente corresponde às intercalações mais arenosas que ocorrem nos poços. À luz dos perfis litológicos usados na confecção do diagrama de cerca e bloco 3D do aquífero na zona urbana de Porto Velho (**anexo 7.2.3**), a profundidade média dos poços até a rocha alterada no aquífero das Coberturas Cenozoicas é de 56 m. A profundidade média do nível estático (**tabela 4.6**) é de 9,6 m (8,2 m no período seco e 11 m no período chuvoso), ou seja, pode ser considerada da ordem de 10 m.

Assim, a espessura média saturada é de 46 m e nela estão incluídas as camadas arenosas, camadas siltosas e argilosas. Nessas condições, para fins de cálculo com essa espessura, as condutividades hidráulicas apresentadas na **tabela 4.5**, que são avaliadas através das transmissividades, devem ser 46/20 ou 2,3 vezes menores. Tomando como referência o desempenho dos poços PVH18 e PVH15, pode-se esperar que a condutividade hidráulica horizontal ( $K_h$ ) do aquífero deva variar no intervalo compreendido entre 0,05 m/dia (0,12 / 2,3) e 0,41 m/dia (0,94 / 2,3).

Em Porto Velho, a maioria dos poços (65%) apresenta diâmetros compreendidos entre 150 e 300 mm, ou seja, entre 6" e 12". Na elaboração do projeto de um poço é necessário levar em conta o custo benefício em função da espessura do aquífero e no caso admite-se que o menor custo deve ser o de poços com diâmetro 6".

Em regime transiente, o raio de influência do poço em bombeamento ( $r_0$ ) é dado em função da difusividade hidráulica do aquífero pela expressão:

$$r_0 = 1,5\sqrt{Dt} \quad (4.18)$$

$$D = \frac{T}{S_y} = \text{difusividade hidráulica do aquífero} \quad [m^2 / dia]$$

$S_y$  = porosidade efetiva do aquífero livre Coberturas Cenozoicas de Porto Velho = 0,14 (**tabela 4.4**).

É possível avaliar o raio de influência de um poço em regime estacionário aplicando a **equação 4.18** para um tempo ( $t$ ) muito longo. Na **tabela 4.6**, se encontram estimativas de raio de influência para poços no Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho em regime estacionário, aplicando a **equação 4.18** para o tempo de 1 ano (365 dias). Notar que as estimativas de  $r_0$  foram feitas para os valores de transmissividade mínima, máxima e média determinados para o aquífero pelo método de Neuman (**tabela 4.5**). Os raios de influência mínimo, máximo e médio encontrados foram, respectivamente, de 130, 331 e 252 m.

**Tabela 4.6** – Raios de influência estimados para poços no Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, considerando a difusividade mínima, máxima e média.

T (m <sup>2</sup> /dia)	Sy	D (m <sup>2</sup> /dia)	t (dias)	r <sub>0</sub> (m)
2,9	0,14	20,71429	365	130
18,7	0,14	133,5714	365	331
10,8	0,14	77,14286	365	252

T = transmissividade; Sy = Porosidade efetiva; KD = Grau de anisotropia; D = difusividade hidráulica; t = tempo (dias); r<sub>0</sub> = raio de influência do poço em bombeamento.

Usando esses raios de influência na fórmula de Dupuit (**equação 4.19**), para poços de 56 m de profundidade, espessura saturada de 46 m e diâmetros de 6” (150 mm), 8” (200 mm) e 12” (300 mm), obtém-se, para um rebaixamento de 25% da espessura saturada, as vazões máximas permissíveis esperadas no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, mostradas na **tabela 4.7**.

Convém notar que essas vazões variam pouco, com o raio do poço ( $r_p$ ) e com o raio de influência ( $r_0$ ). Isto porque, mesmo para grandes variações na razão ( $r_0/r_p$ ) as variações no logaritmo dessa razão são pequenas e como se vê na **equação 4.19**, o termo que aparece no denominador da fórmula de Dupuit é o logaritmo da razão  $\ln(r_0/r_p)$ .

Isto pode ser comprovado pelo exame dos valores das vazões estimadas para poços de 3 (três) diferentes diâmetros (6”, 8” e 12”) e 3 (três) diferentes raios de influência conforme se vê na **tabela 4.7**. Ali, as vazões médias calculadas nessas diferentes condições variam de 3,3 a 4,1 m<sup>3</sup>/h, com média final de 3,6 m<sup>3</sup>/h.

O resultado final desses cálculos é praticamente o mesmo que se calcula para um poço de 6” (150 mm), com profundidade de 56 m e raio de influência de 300 m, como a seguir apresentado:

$h_0$  = espessura saturada inicial do aquífero no poço (m), no caso igual a 46 m;

$h_p$  = espessura saturada dentro do poço em bombeamento e em regime estacionário (m), no caso igual a 46 - 12,5 = 37,5 m;

$r_0$  = raio de influência do poço em bombeamento (m), no caso igual a 300 m;

$r_p$  = raio do poço em bombeamento (m), no caso, considerando diâmetro igual a 152,4 mm / 2 = 76,2 mm ou 0,0762 m.

$$Q = \pi K \frac{(h_0^2 - h_p^2)}{\ln\left(\frac{r_0}{r_p}\right)} \quad (4.19)$$

Portanto, as vazões esperadas no aquífero das Coberturas Cenozoicas de Porto Velho devem variar entre 18 m<sup>3</sup>/dia (0,8 m<sup>3</sup>/h) e 144 m<sup>3</sup>/dia (6,0 m<sup>3</sup>/h), com média de 81 m<sup>3</sup>/dia (3,4 m<sup>3</sup>/h), como indicam os cálculos que seguem:

$$\text{Mínima: } Q = 0,05\pi \frac{(46^2 - 34,5^2)}{\ln\left(\frac{300}{0,0762}\right)} \cong 18 \text{ m}^3 / \text{dia} \text{ ou } 0,8 \text{ m}^3 / \text{h} \quad (4.20)$$

$$\text{Máxima: } Q = 0,41\pi \frac{(46^2 - 34,5^2)}{\ln\left(\frac{300}{0,0762}\right)} = 144 \text{ m}^3 / \text{dia} \text{ ou } 6,0 \text{ m}^3 / \text{h} \quad (4.21)$$

$$\text{Média } Q = 0,21\pi \frac{(46^2 - 34,5^2)}{\ln\left(\frac{300}{0,0762}\right)} = 81 \text{ m}^3 / \text{dia} \text{ ou } 3,4 \text{ m}^3 / \text{h} \quad (4.22)$$

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 4.18**.

**Tabela 4.7** – Capacidade de produção de poços com diâmetros variáveis de 150 a 300 mm, e raios de influência de 130 a 331 m para poços com profundidade de 56 m no Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO.

K	$\pi$	$h_0$	$h_p$	$r_0$	$r_p$	Q (m <sup>3</sup> /dia)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Qmédia (m <sup>3</sup> /h)	Diâmetro (pol)
0,05	3,1415	46	34,5	130	0,0762	20	0,8	-	-
0,41	3,1415	46	34,5	130	0,0762	160	6,7	-	-
<b>0,23</b>	<b>3,1415</b>	<b>46</b>	<b>34,5</b>	<b>130</b>	<b>0,0762</b>	<b>90</b>	<b>3,7</b>	<b>3,7</b>	<b>6"</b>
0,05	3,1415	46	34,5	130	0,1	20	0,8	-	-
0,41	3,1415	46	34,5	130	0,1	166	6,9	-	-
<b>0,23</b>	<b>3,1415</b>	<b>46</b>	<b>34,5</b>	<b>130</b>	<b>0,1</b>	<b>93</b>	<b>3,9</b>	<b>3,9</b>	<b>8"</b>
0,05	3,1415	46	34,5	130	0,15	21	0,9	-	-
0,41	3,1415	46	34,5	130	0,15	176	7,3	-	-
<b>0,23</b>	<b>3,1415</b>	<b>46</b>	<b>34,5</b>	<b>130</b>	<b>0,15</b>	<b>99</b>	<b>4,1</b>	<b>4,1</b>	<b>12"</b>
0,05	3,1415	46	34,5	331	0,0762	17	0,7	-	-
0,41	3,1415	46	34,5	331	0,0762	142	5,9	-	-
<b>0,23</b>	<b>3,1415</b>	<b>46</b>	<b>34,5</b>	<b>331</b>	<b>0,0762</b>	<b>80</b>	<b>3,3</b>	<b>3,3</b>	<b>6"</b>
0,05	3,1415	46	34,5	331	0,1	18	0,7	-	-
0,41	3,1415	46	34,5	331	0,1	147	6,1	-	-
<b>0,23</b>	<b>3,1415</b>	<b>46</b>	<b>34,5</b>	<b>331</b>	<b>0,1</b>	<b>83</b>	<b>3,4</b>	<b>3,4</b>	<b>8"</b>
0,05	3,1415	46	34,5	331	0,15	19	0,8	-	-

**Tabela 4.7** – Capacidade de produção de poços com diâmetros variáveis de 150 a 300 mm, e raios de influência de 130 a 331 m para poços com profundidade de 56 m no Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO (Continuação).

K	$\pi$	$h_0$	$h_p$	$r_0$	$r_p$	Q (m <sup>3</sup> /dia)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Qmédia (m <sup>3</sup> /h)	Diâmetro (pol)
0,41	3,1415	46	34,5	331	0,15	155	6,5	-	-
<b>0,23</b>	<b>3,1415</b>	<b>46</b>	<b>34,5</b>	<b>331</b>	<b>0,15</b>	<b>87</b>	<b>3,6</b>	<b>3,6</b>	<b>12</b>
0,05	3,1415	46	34,5	252	0,0762	18	0,7	-	-
0,41	3,1415	46	34,5	252	0,0762	147	6,1	-	-
<b>0,23</b>	<b>3,1415</b>	<b>46</b>	<b>34,5</b>	<b>252</b>	<b>0,0762</b>	<b>83</b>	<b>3,4</b>	<b>3,4</b>	<b>6"</b>
0,05	3,1415	46	34,5	252	0,1	19	0,8	-	-
0,41	3,1415	46	34,5	252	0,1	152	6,3	-	-
<b>0,23</b>	<b>3,1415</b>	<b>46</b>	<b>34,5</b>	<b>252</b>	<b>0,1</b>	<b>85</b>	<b>3,6</b>	<b>3,6</b>	<b>8"</b>
0,05	3,1415	46	34,5	252	0,15	20	0,8	-	-
0,41	3,1415	46	34,5	252	0,15	161	6,7	-	-
<b>0,23</b>	<b>3,1415</b>	<b>46</b>	<b>34,5</b>	<b>252</b>	<b>0,15</b>	<b>90</b>	<b>3,8</b>	<b>3,8</b>	<b>12"</b>

Legenda:

Valores destacados em vermelho correspondem aos dados obtidos com a condutividade hidráulica média.

K = condutividade hidráulica;  $\pi$  = número pi;  $h_0$  = espessura saturada inicial do aquífero no poço;  $h_p$  = espessura saturada dentro do poço em bombeamento;  $r_0$  = raio de influência do poço em bombeamento;  $r_p$  = raio do poço em bombeamento; Q = vazão do poço.

### 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 Porto Velho, cujos resultados são apresentados na **tabela 4.8**, foram elaborados para o aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho os mapas de profundidade de nível da água subterrânea para cada período de medição (chuvoso e estiagem). 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 11 (onze) poços distintos na segunda campanha de amostragem (31 a 41), conforme **tabela 4.8**.

A distribuição espacial da profundidade das águas subterrâneas em Porto Velho, no período chuvoso de abril de 2012, ilustrada na **figura 4.8a**, mostra que os níveis do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho são pouco profundos e assumem valores em duas faixas principais: inferiores a 5 m no Leste da área e compreendidos entre 5 e 10 m no setor Oeste. As zonas com níveis entre 10 e 15 m e superiores a 15 m constituem manchas isoladas em torno de poços que se distribuem na direção aproximadamente paralela ao rio Madeira.

No período de estiagem (**figura 4.8b**), em outubro de 2012, a distribuição espacial da profundidade das águas subterrâneas mantém um padrão análogo ao que se observa no período chuvoso, porém com níveis mais profundos, que oscilam na faixa de 5 a 10 m no Leste e na faixa de 10 a 15 m no setor Oeste. Valores acima de 15 m ficam restritos a manchas isoladas no setor Oeste, paralelamente à margem direita do rio Madeira.

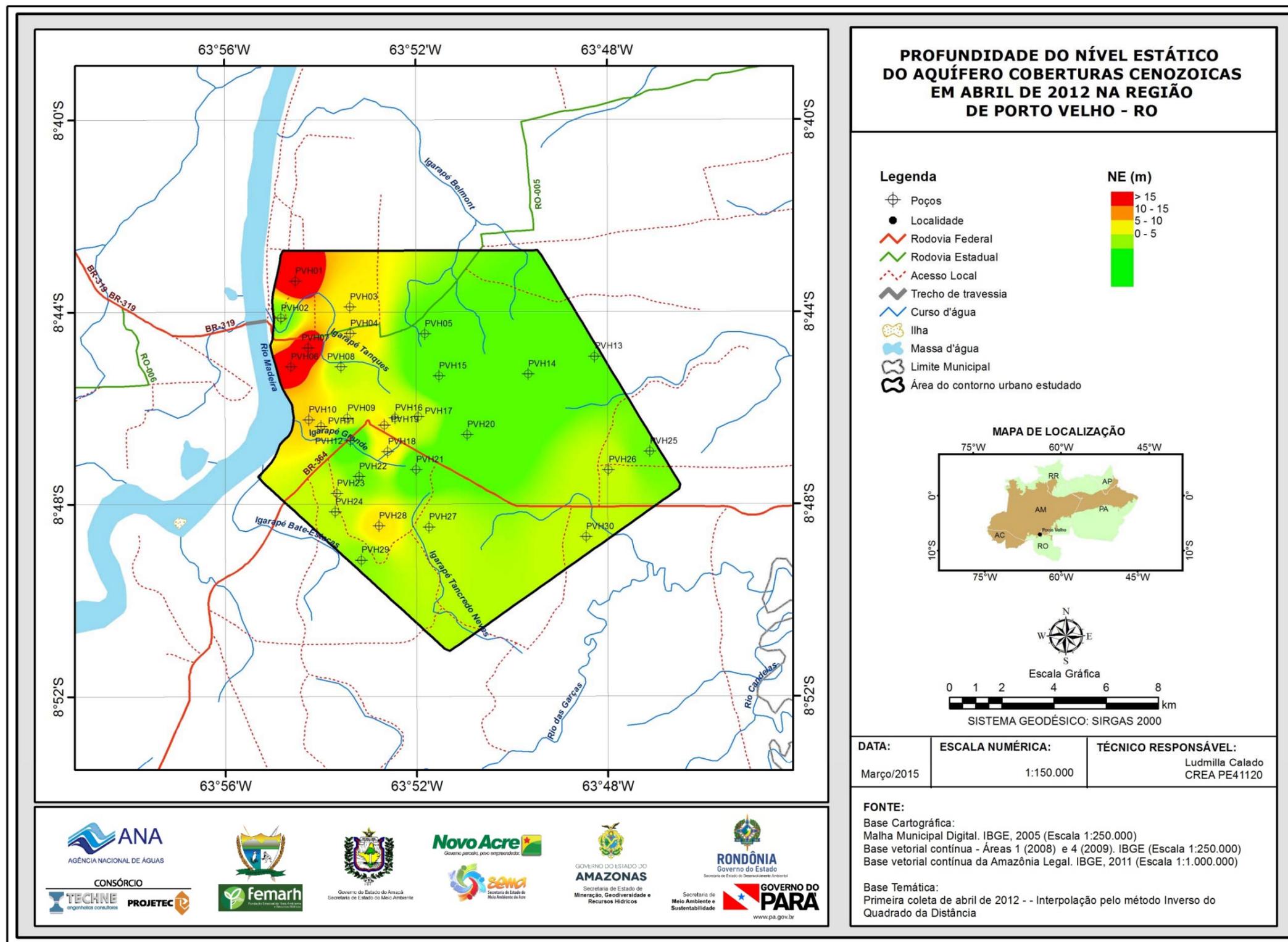


Figura 4.8a – Profundidade do nível estático das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho em abril de 2012 na cidade de Porto Velho – RO.

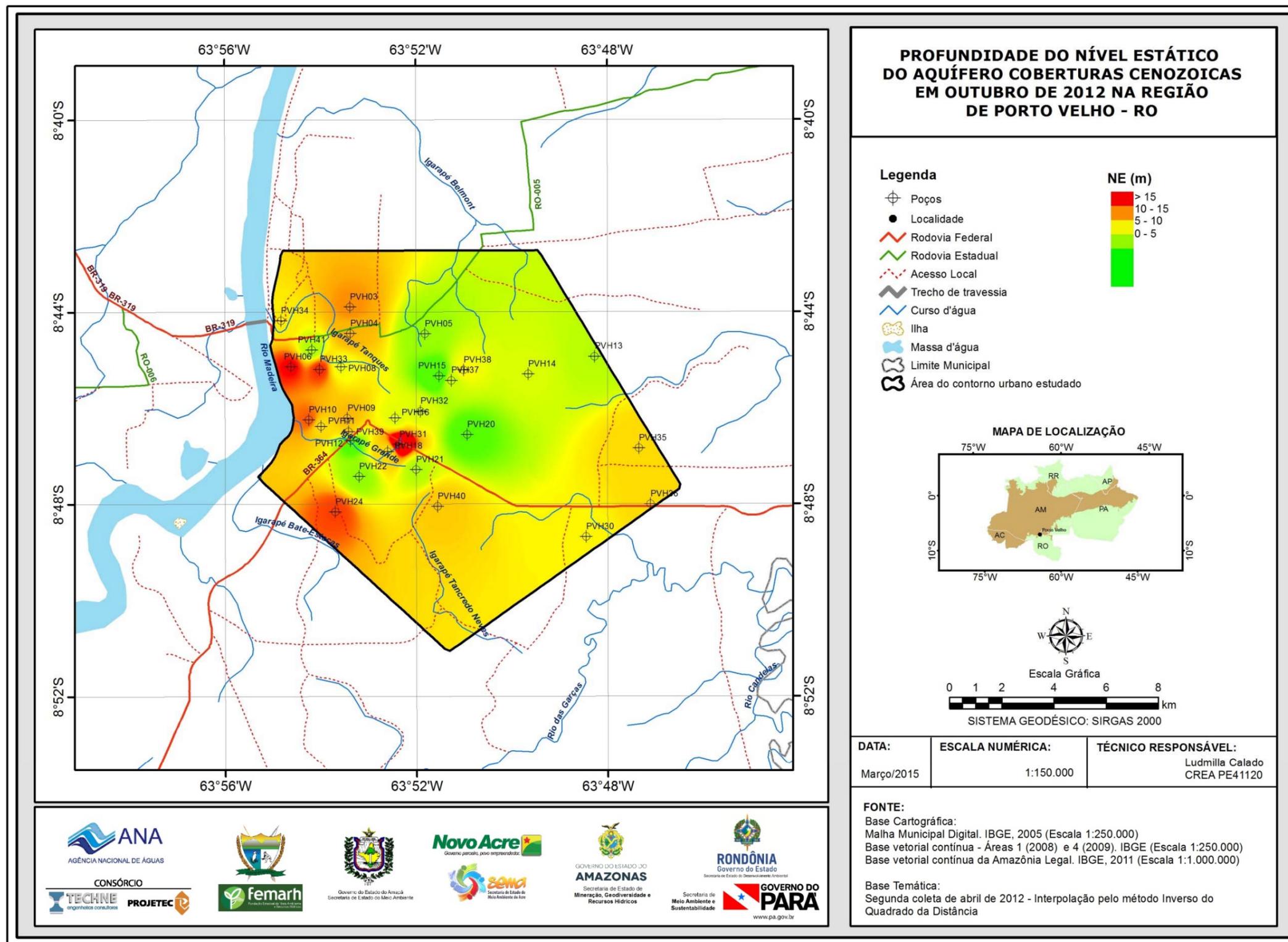


Figura 4.8b – Profundidade do nível estático das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas em outubro de 2012 na cidade de Porto Velho – RO.

#### 4.1.3.2 – Variações de Cotas Potenciométricas

Na cidade de Porto Velho, nas duas campanhas de medição de níveis, a variação média sazonal entre abril e outubro de 2012 foi de 2,98 m como pode ser visto na **tabela 4.8**.

**Tabela 4.8** – Variação de níveis d'água nos poços de Porto Velho no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso (abril de 2012) e no período de estiagem (outubro de 2012).

Poço	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 (m)	Cota NE (m)	Prof. NE (m)	Cota NE (m)	
PVH01	-63,90864	-8,72257	78	16,7	61,3	-	-	-
PVH02	-63,91364	-8,73545	63	6	57	-	-	-
PVH03	-63,88961	-8,73165	88	10,7	77,3	15,5	72,6	4,8
PVH04	-63,88959	-8,74077	88	10,9	77,1	14,2	73,8	3,3
PVH05	-63,86357	-8,74097	85	4,9	80,1	6,9	78,1	2
PVH06	-63,91027	-8,75233	91	15,5	75,5	17,4	73,6	1,9
PVH07	-63,90416	-8,74581	86	15,9	70,1	-	-	-
PVH08	-63,89278	-8,75239	85	8,1	76,9	9,6	75,4	1,6
PVH09	-63,89059	-8,7702	87	9,1	78	13,8	73,2	4,8
PVH10	-63,90404	-8,7707	64	12,4	51,6	16,3	47,7	3,9
PVH11	-63,89976	-8,77307	70	11,1	58,9	12	58	0,8
PVH12	-63,88952	-8,77805	68	1,8	66,2	3,5	64,5	1,8
PVH13	-63,8044	-8,74886	86	4,6	81,4	7,8	78,2	3,2
PVH14	-63,8276	-8,75498	85	3,3	81,7	8,8	76,2	5,5
PVH15	-63,85861	-8,7556	84	1,3	82,7	3	81	1,7
PVH16	-63,87407	-8,77012	89	8,6	80,4	9,2	79,8	0,5
PVH17	-63,86597	-8,7697	88	8,1	79,9	-	-	-
PVH18	-63,87653	-8,78181	86	10,3	75,7	11,9	74,1	1,7
PVH19	-63,87774	-8,77262	87	10,8	76,2	-	-	-
PVH20	-63,84885	-8,77597	86	1,7	84,3	4,8	81,2	3
PVH21	-63,86667	-8,78806	85	3,3	81,7	7,7	77,3	4,4
PVH22	-63,88658	-8,79043	86	5,8	80,2	6,7	79,3	0,9
PVH23	-63,89428	-8,79623	86	8,6	77,4	-	-	-
PVH24	-63,89489	-8,8027	91	8	83	16,8	74,2	8,8
PVH25	-63,78527	-8,78182	87	5,7	81,4	-	-	-
PVH26	-63,79964	-8,78826	94	8,2	85,8	-	-	-
PVH27	-63,86222	-8,80802	89	8	81	-	-	-
PVH28	-63,87966	-8,80758	85	11	74	-	-	-
PVH29	-63,88583	-8,81944	75	6,6	68,4	-	-	-
PVH30	-63,8075	-8,81139	84	8,2	75,8	10,4	73,6	2,2
PVH31	-63,87261	-8,77931	86	-	-	21	57	-
PVH32	-63,86511	-8,76781	88	-	-	9	54	-
PVH33	-63,90025	-8,75325	86	-	-	17	69	-
PVH34	-63,91369	-8,73636	66	-	-	11	77	-
PVH35	-63,78906	-8,78064	86	-	-	12	75	-
PVH36	-63,76192	-8,80028	86	-	-	12	74	-
PVH37	-63,85433	-8,75714	86	-	-	8,5	78,5	-
PVH38	-63,85011	-8,7535	85	-	-	10	84	-
PVH39	-63,89014	-8,77489	77	-	-	13	76	-
PVH40	-63,85919	-8,80083	87	-	-	13	72	-
PVH41	-63,90297	-8,74656	83	-	-	7,6	67,4	-
<b>Média</b>				<b>8,2</b>	<b>-</b>	<b>11,0</b>	<b>-</b>	<b>2,98</b>

#### 4.1.4 – Escoamento e Exutórios

A potenciometria do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso em abril de 2012 é apresentada na **figura 4.9a** e no período de estiagem em outubro de 2012 na **figura 4.9b**. As cargas hidráulicas variam de 55 a 82 m no período chuvoso e de 50 a 82 m na estiagem, exibindo um comportamento indicativo da influência da exploração do aquífero pela rede de poços produtores. Isto é revelado pelas curvas fechadas, deprimidas por bombeamento, que formam cones de depressão, e/ou curvas em forma de domos, que sugerem níveis de água localmente em recuperação. Percebe-se, ao longo da frente de escoamento geral para Oeste (Frente W), que a eventual conexão lateral do rio Madeira com o aquífero em exploração é mascarada pela influência dos bombeamentos dos poços mais próximos da margem do rio, para os quais é bem nítida a convergência de quase todo o fluxo subterrâneo para oeste.

Enquanto no período chuvoso ainda existe fluxo natural que escapa de captura pelos poços, no período de estiagem pode-se dizer que todo o fluxo natural é capturado pelos poços, como sugere a potenciometria mostrada na **figura 4.9b**.

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

No mês de abril, final do período chuvoso de 2012, de acordo com as linhas potenciométricas do mapa hidrogeológico da **figura 4.9a**, são observadas 3 (três) frentes principais de escoamento subterrâneo (**tabela 4.9**):

- *Frente W* - entre as equipotenciais 78 e 76 existe uma frente de fluxo natural para oeste com largura de 14,2 km e gradiente hidráulico variável de 1,5 a 6,8 m/km, com valor médio de 3,5 m/km e que produz, com transmissividade do aquífero igual a 10,8 m<sup>2</sup>/dia ( $1,25 \times 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s}$ ) uma descarga de 5,2 L / s ;
- *Frente SW* - entre as equipotenciais 76 e 74 a frente de fluxo SW tem largura de 7,6 km, gradiente hidráulico variável de 1,3 a 8,7 m/km, com valor médio de 4 m/km e descarga de 3,3 L / s ;
- *Frente SE* - entre as equipotenciais 80 e 78 essa frente de fluxo com largura de 6,9 km possui gradiente hidráulico variável de 1,4 a 3,3 m/km com média de 2,3 m/km e descarga de 2,4 L / s .

O escoamento subterrâneo observado em Porto Velho no final do período chuvoso de 2012 é de 10,9 L / s . As linhas de fluxo sugerem que, dessa descarga, os poços capturam a maior parte dos 5,2 L/s na frente W e o restante (5,7 L/s) escapa naturalmente pelas frentes SE e SW.

**Tabela 4.9** - Frentes W – SW – SE de escoamento natural do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho em abril de 2012.

<b>FRENTE OESTE - W</b>						
<b>Largura (m)</b>	<b>dW1</b>	<b>dW2</b>	<b>dW3</b>	<b>dW4</b>	<b>dW5</b>	<b>W</b>
Equipotencial E78	2169	4418	2564	1727	3073	13951
Equipotencial E76	2422	5966	2096	1506	2456	14446
dW médio (m)	2295,5	5192	2330	1616,5	2764,5	14198,5
<b>Comprimento (m)</b>	<b>dL1</b>	<b>dL2</b>	<b>dL3</b>	<b>dL4</b>	<b>dL5</b>	<b>W</b>
Entre E78 e E76	1327	1239	514	292	575	-
dh (m)	2	2	2	2	2	-
dh/dL	0,00151	0,00161	0,00389	0,00685	0,00348	0,00347
dh/dL (m/km)	1,5	1,6	3,9	6,8	3,5	3,5
T x dh/dLxW	0,0004	0,0010	0,0011	0,0014	0,0012	0,0052
<b>FRENTE SUDOESTE - SW</b>						
<b>Largura (m)</b>	<b>dW1</b>	<b>dW2</b>	<b>dW3</b>	<b>dW4</b>	<b>dW5</b>	<b>W</b>
Equipotencial E76	1177	3088	2600	1486	-	8351
Equipotencial E74	1081	1306	2711	1826	-	6924
dW médio (m)	1129	2197	2655,5	1656	-	7637,5
<b>Comprimento (m)</b>	<b>dL1</b>	<b>dL2</b>	<b>dL3</b>	<b>dL4</b>	<b>dL5</b>	<b>W</b>
Entre E76 e E74	231	625	757	1517	-	-
dh (m)	2	2	2	2	-	-
dh/dL	0,00866	0,0032	0,00264	0,00132	-	0,00395
dh/dL (m/km)	8,7	3,2	2,6	1,3	-	4,0
T x dh/dLxW	0,0012	0,0009	0,0009	0,0003	-	0,0033
<b>FRENTE SUDESTE - SE</b>						
<b>Largura (m)</b>	<b>dW1</b>	<b>dW2</b>	<b>dW3</b>	<b>dW4</b>	<b>dW5</b>	<b>W</b>
Equipotencial E80	780	1748	4676	-	-	7204
Equipotencial E78	1750	1268	3585	-	-	6603
dW médio (m)	1265	1508	4130,5	-	-	6903,5
<b>Comprimento (m)</b>	<b>dL1</b>	<b>dL2</b>	<b>dL3</b>	<b>dL4</b>	<b>dL5</b>	<b>W</b>
Entre E80 e E78	1478	835	610	-	-	-
dh (m)	2	2	2	-	-	-
dh/dL	0,00135	0,0024	0,00328	-	-	0,00234
dh/dL (m/km)	1,4	2,4	3,3	-	-	2,3
T x dh/dLxW	0,0002	0,0005	0,0017	-	-	0,0024

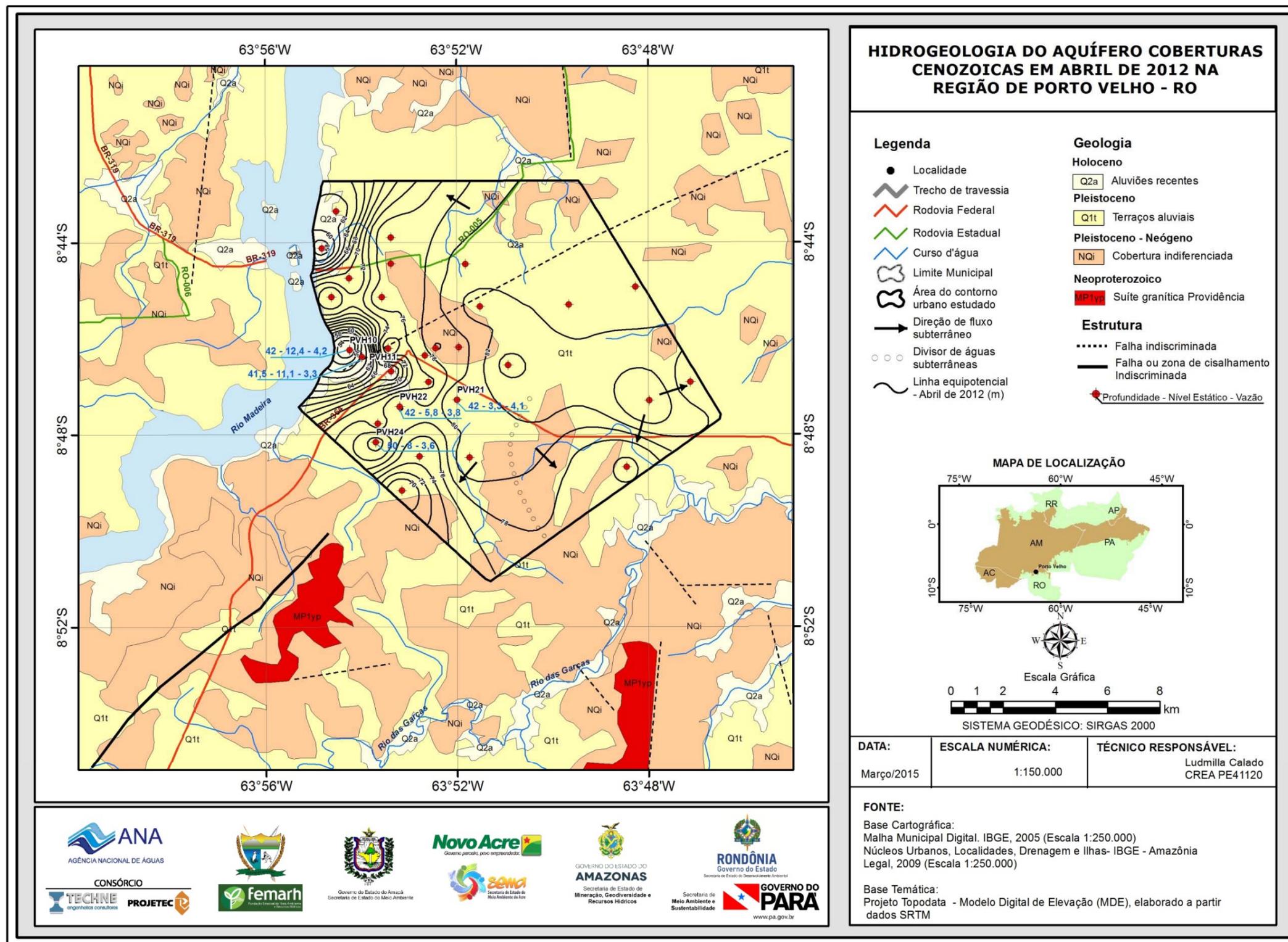


Figura 4.9a – Mapa hidrogeológico com superfície potenciométrica das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho em abril de 2012 na cidade de Porto Velho – RO.

## **Campanha de outubro de 2012**

No período de estiagem em outubro de 2012 (**figura 4.9b**) o comportamento do fluxo subterrâneo se revela um pouco diferente do observado no período chuvoso, pois as frentes de escoamento W, SW e SE, foram todas capturadas pelos poços em bombeamento.

Considerando que o fluxo subterrâneo observado em Porto Velho em 2012 foi de 10,9 L/s no período chuvoso e nulo no período de estiagem, pode-se concluir que no ano de 2012 houve influência significativa da sazonalidade no fluxo subterrâneo natural, na escala da zona urbana de Porto Velho dentro da área de estudo. Assim sendo, os exutórios da recarga natural na área de estudo são os poços existentes em exploração.

### **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).

Na área de 166 km<sup>2</sup> do contorno estudado na cidade de Porto Velho, onde se encontram os poços monitorados no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, a variação sazonal média da superfície freática entre as duas campanhas de medições de nível no ano de 2012 foi de 2,98 m. A porosidade efetiva encontrada variou de 0,13 a 0,15 apresentando um valor médio de 0,14. Assim sendo os valores extremos e a média encontrada para a RPD são os seguintes:

$$RPD = 166 \times 10^6 \times 2,98 \times 0,13 = 64,31 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{ano} = 2,04 \text{ m}^3 / \text{s} = 387 \text{ mm} / \text{ano}$$

$$RPD = 166 \times 10^6 \times 2,98 \times 0,15 = 74,20 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{ano} = 2,36 \text{ m}^3 / \text{s} = 447 \text{ mm} / \text{ano}$$

$$RPD = 166 \times 10^6 \times 2,98 \times 0,14 = 69,25 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{ano} = 2,20 \text{ m}^3 / \text{s} = 417 \text{ mm} / \text{ano}$$

#### **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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho em Porto Velho é igual a 0,4. Assim sendo, temos uma reserva potencial explotável mínima de  $0,4 \times 2,04 = 0,816 \text{ m}^3/\text{s}$  e máxima de  $0,4 \times 2,36 = 0,944 \text{ m}^3/\text{s}$ , com valor médio igual a:

$$RPE = 0,4 \times 2,2 \text{ m}^3/\text{s} = 0,880 \text{ m}^3/\text{s}$$

Em 2012, conforme pode ser visto adiante na **tabela 4.18**, a descarga informada de 155 poços existentes em condições de funcionamento foi estimada em  $0,0375 \text{ m}^3/\text{s}$  e, portanto, a exploração do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho naquele ano consumia, segundo essas estimativas, tão somente 4,3% da RPE.

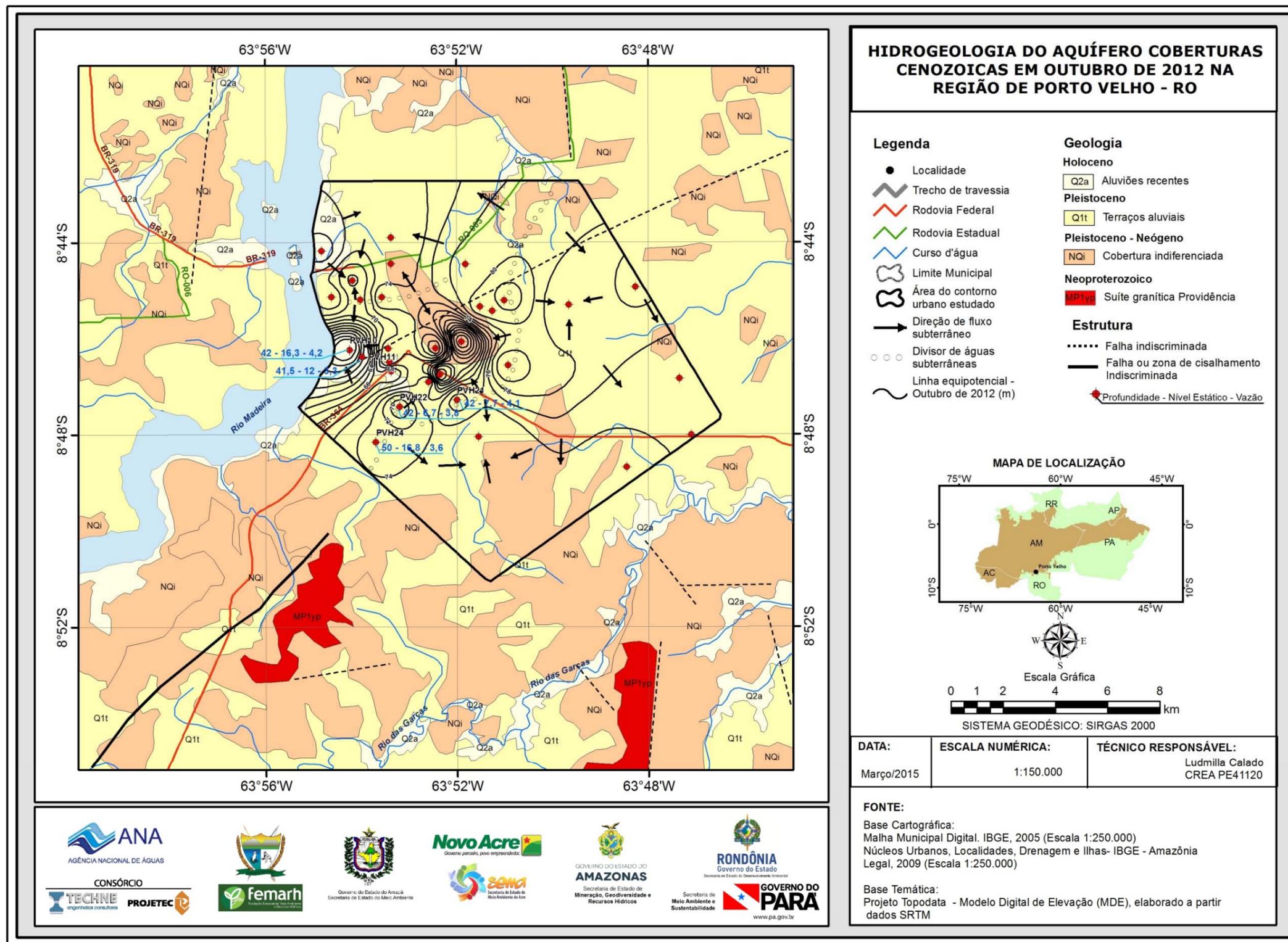


Figura 4.9b – Mapa hidrogeológico com superfície potenciométrica das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho em outubro de 2012 na cidade de Porto Velho – RO.

No **item 4.1.8** a situação da exploração de água subterrânea na região de Porto Velho sugere que somente um número de poços existentes da ordem de 2.200, poderia explicar que 99,5% da RPD de 2.200 L/s  $[1 - (11 / 2.200)] = (1 - 0,005) = 0,995$ , tenha sido consumido, já que os mapas potenciométricos sazonais apresentam uma descarga de apenas 11 L/s.

#### 4.1.5.3 – Reserva Permanente

A reserva permanente do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho - RO é expressa pelo produto da área ( $A = 166 \text{ km}^2$ ), pela espessura média saturada ( $b = 46 \text{ m}$ ) e pela porosidade efetiva (coeficiente de armazenamento livre  $S_y = 14\%$ ).

$$R_p = AbS_y = 166 \text{ km}^2 \times 46 \text{ m} \times 0,14 = 1,07 \times 10^9 \text{ m}^3$$

Na **tabela 4.10** são mostrados os valores das reservas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho.

**Tabela 4.10** - Reservas do aquífero Coberturas Cenozoicas na zona urbana de Porto Velho.

RESERVAS	Unidade	Valor
Reserva reguladora (RPD)	m <sup>3</sup> /s	2,2
Reserva potencial explotável (RPE)	m <sup>3</sup> /s	0,880
Reserva permanente (RP)	m <sup>3</sup>	1,07 x 10 <sup>9</sup>

#### 4.1.6 – Situação da Exploração em 2012

##### 4.1.6.1 – Levantamento e Sistematização dos Dados

Os dados de poços levantados no município de Porto Velho 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 Porto Velho baseou-se em dados dos 446 poços constantes no SIG ANA PHA 2013, dos quais 346 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 4.10**.

Dentre os 100 novos poços cadastrados foi selecionada uma rede de 41 (quarenta e um) 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 na estiagem (outubro de 2012).

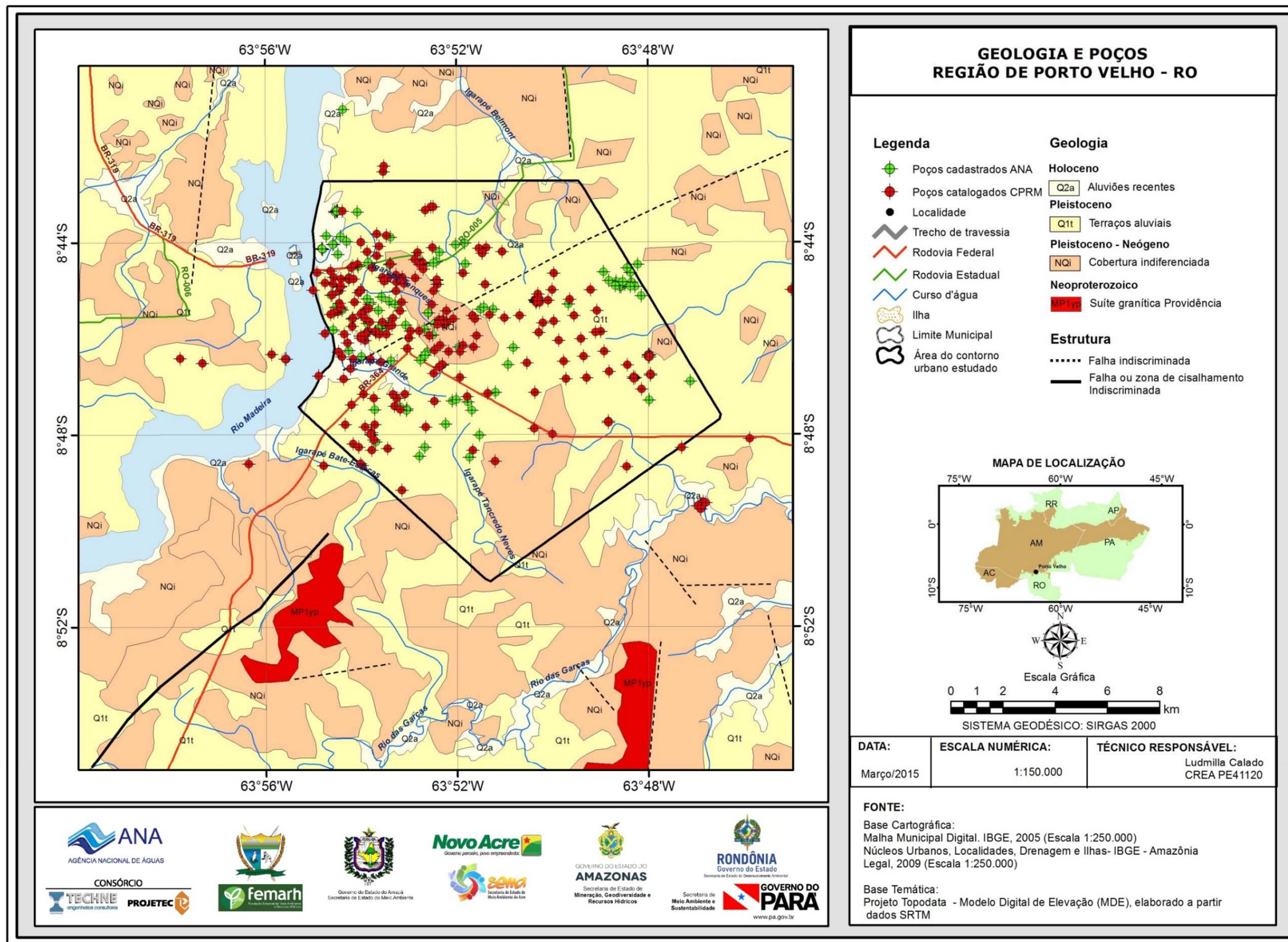


Figura 4.10 – Distribuição espacial dos poços catalogados e cadastrados na folha de 15 minutos e na área de estudo da cidade de Porto Velho - RO. Fonte: SIAGAS/CPRM e ANA.

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

Na **tabela 4.11** 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 Porto Velho.

**Tabela 4.11** - Parâmetros estatísticos dos dados de poços de Porto Velho.

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	55,7	240,6	0,3	11,5	27,2	10,2
Mediana	50,0	152,4	0,2	10,6	23,0	4,9
Desvio Padrão	22,9	311,6	0,2	5,9	17,3	13,3
Coefficiente Variação	0,4	1,3	0,7	0,5	0,6	1,3
Valor máximo	150,0	2.159,0	0,8	40,0	83,0	60,0
Valor mínimo	9,0	100,0	0,0	2,2	6,0	0,5
Nº amostras	343	182	96	167	163	149

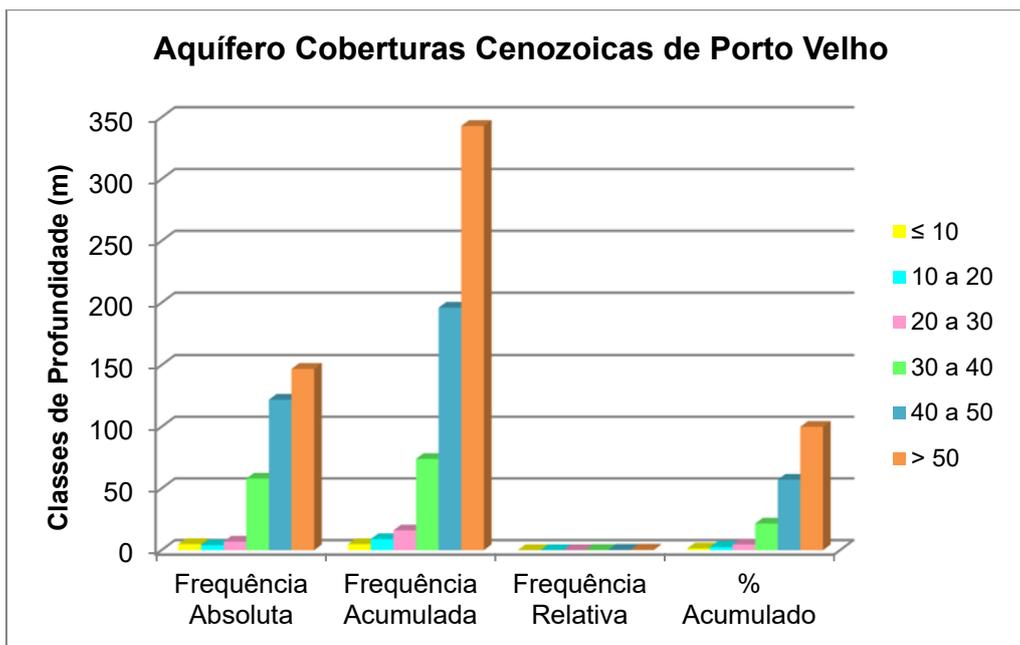
#### **Profundidade**

A profundidade dos poços inventariados em Porto Velho variou de 9 a 150 m, com média aproximada de 56 m, sendo que os poços com mais de 50 m embora constituam a classe mais frequente (43%), geralmente penetram o cristalino alterado e a própria rocha cristalina. A segunda faixa de profundidade mais frequente dos poços é de 40 a 50 m (36%). A **tabela 4.12** mostra que os 21% restantes dos poços têm profundidade inferior a 40 m.

**Tabela 4.12** – Frequência da profundidade dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM e dos novos cadastrados pela ANA na cidade de Porto Velho – RO.

Classe Prof (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤10	5	5	0,01	1,46
10<x≤20	4	9	0,01	2,62
20<x≤30	7	16	0,02	4,66
30<x≤40	58	74	0,17	21,57
40<x≤50	122	196	0,36	57,14
x>50	147	343	0,43	100,00
<b>Total</b>	<b>343</b>			

A distribuição da frequência da profundidade dos poços de Porto Velho pode ser visualizada no diagrama da **figura 4.11**.



**Figura 4.11** – Frequências das classes de profundidade dos poços na cidade de Porto Velho - RO.

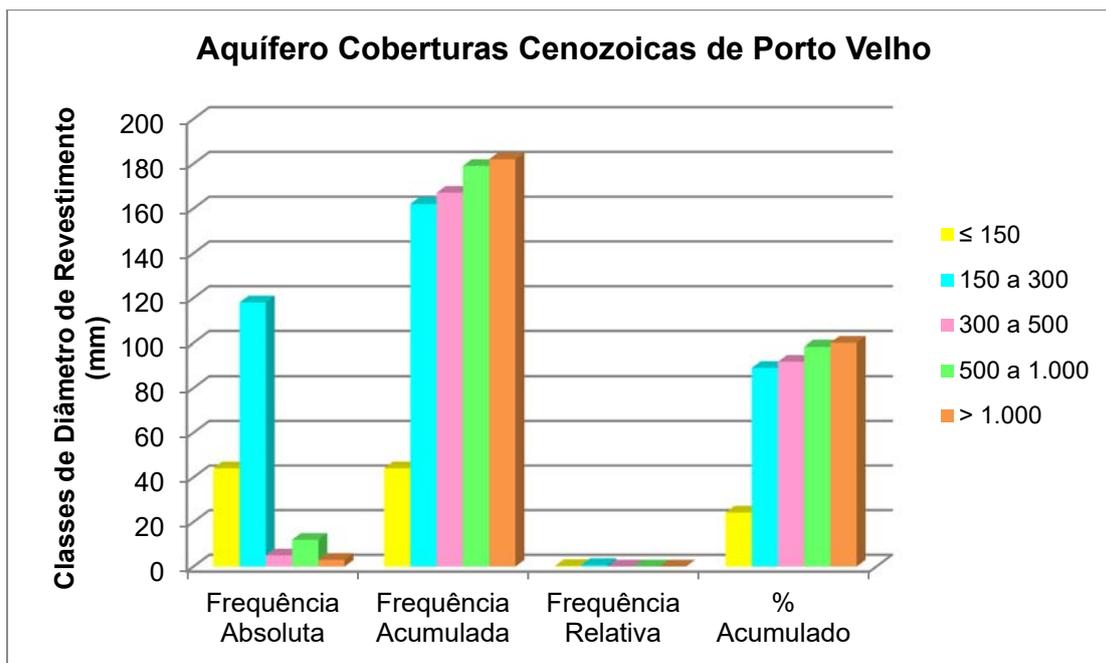
### **Diâmetro do Revestimento**

De acordo com a **tabela 4.13** e **figura 4.12**, em Porto Velho, a maioria dos poços, ou seja, 65% apresentam diâmetro de revestimento de 150 a 300 mm, havendo apenas 2% de poços, com diâmetros superiores a 1.000 mm.

**Tabela 4.13** – Frequência dos diâmetros de revestimento dos poços tubulares levantados no SIAGAS/CPRM e dos novos cadastrados pela ANA na cidade de Porto Velho - RO.

Classe Diâmetro do revestimento (mm)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤150	44	44	0,24	24,18
150<x≤300	118	162	0,65	89,01
300<x≤500	5	167	0,03	91,76
500<x≤1000	12	179	0,07	98,35
x>1000	3	182	0,02	100,00
<b>Total</b>	<b>182</b>			

A **figura 4.12** ilustra a distribuição de frequência do diâmetro de revestimento dos poços de Porto Velho.



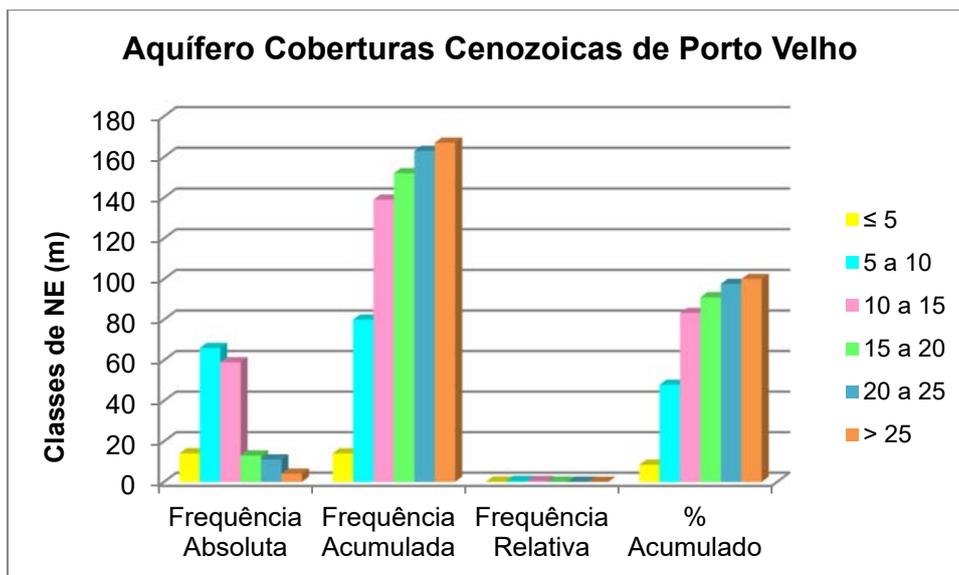
**Figura 4.12** – Frequências das classes de diâmetro de revestimento dos poços na cidade de Porto Velho - RO.

### Nível Estático

De acordo com os dados da **tabela 4.14** e **figura 4.13**, observa-se que 83% dos poços apresentam níveis estáticos até 15 m, o que significa que esses níveis são rasos, de modo geral. Isto se explica porque o aquífero é do tipo livre e se encontra numa planície banhada por um rio perene, de grande porte, que é o rio Madeira. Apenas 2% apresentam nível estático superior a 25 m de profundidade. A rigor, todos esses níveis, notadamente os mais profundos, não são “estáticos”, já que a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração.

**Tabela 4.14** – Distribuição de frequência da profundidade dos níveis estáticos dos poços levantados no SIAGAS/CPRM e cadastrados pela ANA na cidade de Porto Velho - RO.

Classe NE (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤5	14	14	0,08	8,38
5<x≤10	66	80	0,40	47,90
10<x≤15	59	139	0,35	83,23
15<x≤20	13	152	0,08	91,02
20<x≤25	11	163	0,07	97,60
x>25	4	167	0,02	100,00
<b>Total</b>	<b>167</b>	-	-	-



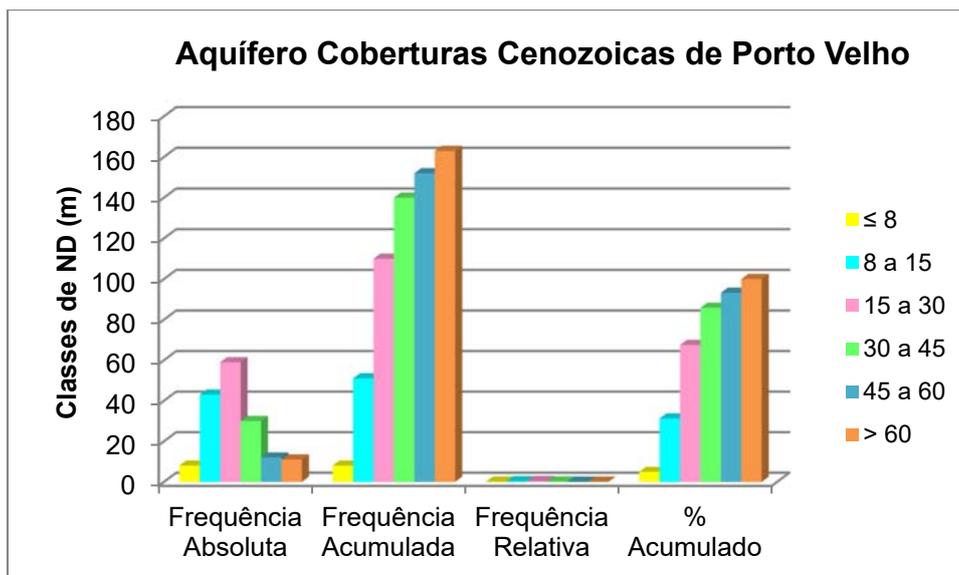
**Figura 4.13** – Frequências das classes de profundidade do nível estático dos poços na cidade de Porto Velho - RO.

### **Nível Dinâmico**

Para os níveis dinâmicos dos poços na cidade de Porto Velho, tem-se que as classes mais frequentes estão no intervalo de 8 a 15 m (26%), 15 a 30 m (36%), e 30 a 45 m (18%), como pode ser observado na **tabela 4.15** e **figura 4.14**. Nota-se que apenas 7% dos níveis dinâmicos são superiores a 60 m.

**Tabela 4.15** – Distribuição de frequência dos níveis dinâmicos dos poços na cidade de Porto Velho - RO.

Classe ND (m)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
0<x≤8	8	8	0,05	4,91
8<x≤15	43	51	0,26	31,29
15<x≤30	59	110	0,36	67,48
30<x≤45	30	140	0,18	85,89
45<x≤60	12	152	0,07	93,25
x>60	11	163	0,07	100,00
<b>Total</b>	<b>163</b>	-	-	-



**Figura 4.14** – Frequências das classes dos níveis dinâmicos dos poços na cidade de Porto Velho - RO.

### Vazão

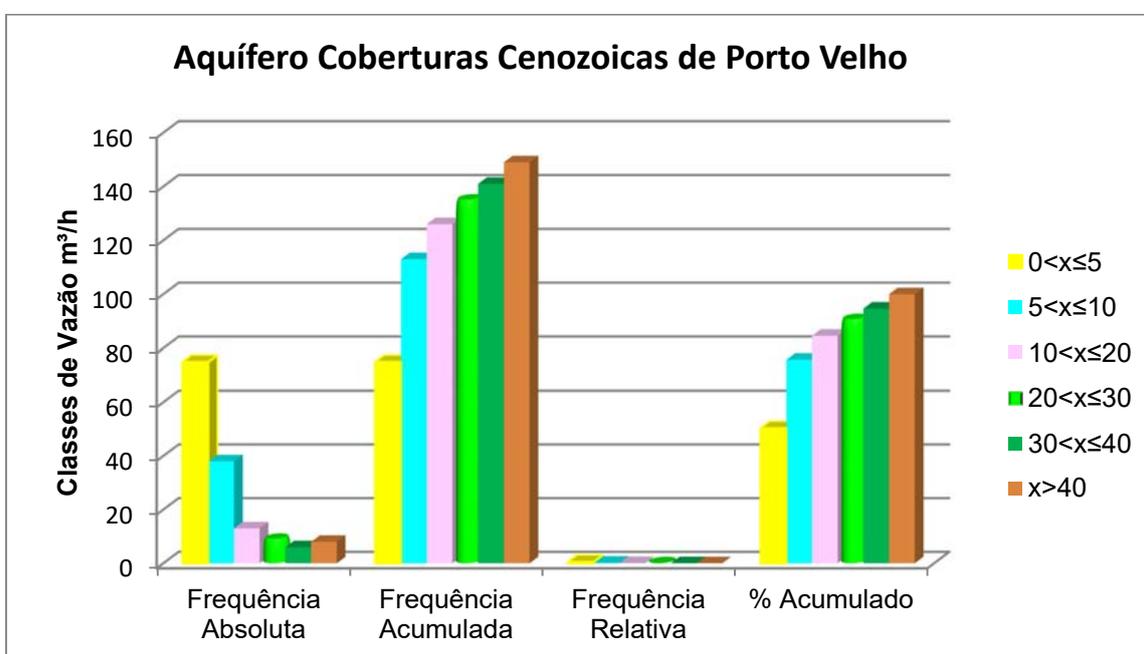
No que se refere à vazão dos poços que exploram o aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho na cidade de Porto Velho, verifica-se que o intervalo de classe mais frequente é o de vazões inferiores a 5 m<sup>3</sup>/h (50%), ou seja, de vazões baixas, havendo ainda 26% de vazões que variam de 5 até 10 m<sup>3</sup>/h, como pode ser observado na **tabela 4.16** e na **figura 4.15**. No conjunto estudado, existem 66% (98/149) de poços com vazão menor ou igual a 6,6 m<sup>3</sup>/h.

As vazões nessa última faixa são consistentes com as estimativas de produção individual sustentável de poços feitas com base na espessura, litologia e condutividade hidráulica avaliadas para o aquífero Coberturas Cenozoicas, segundo as quais as produções devem variar entre 0,9 e 6,6 m<sup>3</sup>/h, com média de 3,6 m<sup>3</sup>/h (**equações 4.19 a 4.21**).

Não obstante, o conjunto dos dados catalogados aponta uma vazão média de 10,2 m<sup>3</sup>/h. Isto porque existem nos 34% restantes dos poços, vazões informadas que oscilam entre mais de 10 m<sup>3</sup>/h até 60 m<sup>3</sup>/h. Contudo, chama particularmente a atenção, nesse subconjunto, a presença de 17 (dezessete) registros de poços com vazões específicas variando entre 7,04 e 34,74 m<sup>3</sup>/h.m. Esses números podem ser considerados incompatíveis com as características apresentadas pelo aquífero, na medida em que sugerem vazões de 70,4 a 347,4 m<sup>3</sup>/h, para 10 m de rebaixamento. Como nos relatórios de **Ficha Técnica Completa do Poço** levantados no SIAGAS, as vazões são indicadas “após estabilização”, então não se descarta a possibilidade de que as aludidas “estabilizações” tenham sido produzidas por drenagem gravitacional transitória em testes de curta duração, a exemplo do que já foi comprovado em Rio Branco pelo Projeto ANA-PHA, com o emprego do método de Neuman (1975).

**Tabela 4.16** – Frequência da vazão dos poços cadastrados pela ANA na cidade de Porto Velho – RO.

Classe Vazão (m³/h)	Frequência Absoluta	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	% Acumulado
$0 < x \leq 5$	75	75	0,50	50,34
$5 < x \leq 10$	38	113	0,26	75,84
$10 < x \leq 20$	13	126	0,09	84,56
$20 < x \leq 30$	9	135	0,06	90,60
$30 < x \leq 40$	6	141	0,04	94,63
$x > 40$	8	149	0,05	100,00
<b>Total</b>	<b>149</b>	-	-	-



**Figura 4.15** – Frequências das classes de vazão dos poços cadastrados pela ANA na cidade de Porto Velho - RO.

### Conclusões

Com base nos dados apresentados anteriormente referentes ao Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho na cidade de Porto Velho é possível concluir que:

- A profundidade dos poços inventariados em Porto Velho variou de 9 a 150 m, com média aproximada de 56 m, sendo que os poços com mais de 50 m embora constituam a classe mais frequente (43%), geralmente penetram o cristalino alterado e a própria rocha cristalina;
- Quase 75% dos poços possuem níveis estáticos entre 5 e 15 m de profundidade. Esses níveis são rasos porque o aquífero é do tipo livre e

se encontra numa planície banhada por um rio perene, de grande porte, que é o rio Madeira. Vale ressaltar que a rigor esses níveis não são “estáticos”, pois a superfície das águas subterrâneas freáticas sofre notável influência dos poços existentes em exploração;

- As vazões informadas dos poços em 66% dos casos (98/149) são menores ou iguais a 6,6 m<sup>3</sup>/h e nos 34% restantes oscilam entre mais de 10 m<sup>3</sup>/h até 60 m<sup>3</sup>/h.
- Essa faixa de vazões superiores a 10 m<sup>3</sup>/h não é confiável para regime sustentável, pois podem ter resultado de drenagem gravitacional transitória (fluxo vertical) em testes de curta duração, a exemplo do que já foi comprovado em Rio Branco pelo Projeto ANA-PHA, com o emprego do método de Neuman, também utilizado em Porto Velho.

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 Porto Velho 100 poços pela ANA e catalogados 346 poços do SIAGAS/CPRM, totalizando 446 poços, dos quais, foi constatado que 33% (149) se encontram em operação, enquanto que 4% (16) estão desativados e 63% (281) sem informação.

Já no que se refere ao tipo de equipamento, de bombeamento dos poços, verificou-se que 8% usam bomba centrífuga, 1% bomba injetora, 0,4% bomba manual, 11% bomba submersa, 0,4% compressor, 4% sarilho, e os 74% restantes sem informação.

#### 4.1.7 – Regime de Funcionamento dos Poços

Na **tabela 4.17** 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 78 poços com regime de funcionamento e vazão informados, o cálculo do regime médio de funcionamento para todos os poços, do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, ponderado pela frequência do número de horas de bombeamento, nos intervalos de classe, é dado pela expressão:

$$\overline{R}_e = \sum_{j=0}^{11} R_{ej} \times w_j$$

**Tabela 4.17** – Cálculo do regime médio de funcionamento usando 78 dos 149 poços em operação, com vazão e regime informado na cidade de Porto Velho, no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho.

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	55	0,89	0,71	0,63
1<x≤2	9	1,94	0,12	0,22
2<x≤3	2	3,00	0,03	0,08
3<x≤4	0	-	0,00	-
4<x≤5	0	-	0,00	-
5<x≤6	9	6,00	0,12	0,69
6<x≤7	0	-	0,00	-
7<x≤8	1	8,00	0,01	0,10
8<x≤9	0	-	0,00	-
9<x≤10	0	-	0,00	-
10<x≤11	0	-	0,00	-
11<x≤12	2	12,00	0,03	0,31
<b>Total</b>	<b>78</b>	<b>-</b>	<b>1,00</b>	<b>2,03</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:  $R_e = R_{ej} \times W_j$ .

Frequência Relativa (Wj) = FA/N.

Regime Médio Estimado:  $\overline{R_e} = \sum_{j=0}^{11} R_{ej} \times W_j$  2,03 horas ou 2 horas e 2 minutos.

Como visto na **tabela 4.17** o regime médio estimado para os poços de Porto Velho em 2012 é de 2,03 horas por dia, o que equivale a 2h:02 min.

#### 4.1.8 – Produção Global dos Poços

Considerando o regime de funcionamento e a vazão média dos diferentes intervalos de classe de vazão apresentados na **tabela 4.18**, obtém-se uma produção estimada de 3.218 m<sup>3</sup>/dia, ou cerca de 37,3 L/s.

**Tabela 4.18** - Produção global estimada para Porto Velho em 2012, explotada do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho.

Classe Vazão (m³/h)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Vazão Média (m³/h)	Efetivo de Poços	Vazão Estimada (m³/dia)	Vazão Estimada (m³/s)
0<x≤1	3	0,02	0,55	3	3,48	0,000
1<x≤2,5	26	0,17	1,92	27	105,40	0,001
2,5<x≤5	52	0,35	3,69	54	405,29	0,005
5<x≤7,5	18	0,12	5,97	19	226,80	0,003
7,5<x≤10	14	0,09	8,82	15	260,80	0,003
10<x≤15	9	0,06	12,27	9	233,24	0,003
15<x≤30	13	0,09	23,03	14	632,15	0,007
x>30	14	0,09	45,71	15	1.351,28	0,016
<b>Total</b>	<b>149</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>155</b>	<b>3.218</b>	<b>0,0373</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 = 155 x FR = número de poços estimado em 2012 no intervalo de classe correspondente ao dos dados informados.

Vazão Estimada (QE) m³/dia = QM x RME x Efetivo de poços em cada intervalo de classe.

Vazão Estimada (QE) m³/s = QE (m³/dia) x Quantidade de segundos em um dia (84.600).

Segundo os dados informados, a produção de água para um efetivo de 155 poços em operação no ano de 2012 foi estimada em 0,0373 m³/s conforme **tabela 4.18**. Essa produção (3.218 m³/dia ou cerca de 20,7 m³/dia/poço) corresponde tão somente a 4,2% da reserva potencial explotável (RPE), que foi estimada em 0,880 m³/s (76.032 m³/dia). Como visto no **item 4.1.2.4**, sem contar interferências, a capacidade de produção sustentável prevista para poços, em média, é de 81 m³/dia e, portanto, para captar a RPE deverão ser necessários pelo menos 939 poços.

Por outro lado em relação à recarga de 2,2 m³/s (190.080 m³/dia) o escoamento natural avaliado em 11 L/s representa apenas 0,5%, o que leva a concluir que 99,5% da recarga deve estar sendo usada pelos poços existentes, uma vez que aparentemente não existem outros exutórios além dos poços. Para consumir essa recarga, seriam necessários cerca de 2.300 poços com vazão média 3,4 m³/h. É bem possível, incluindo poços e cacimbas, que existam mais de 2.000 pontos d'água na região urbana e suburbana de Porto Velho. Somente assim se poderia explicar esse consumo quase total da recarga.

A partir dos dados do SIG ANA-PHA 2013 verificou-se a situação operacional dos poços em Porto Velho da seguinte forma, 1% (5/446) abandonado, 26% (115/446) bombeando, 8% (34/446) equipado, 0,4% (2/446) fechado, 0,2% (1/446) não instalado, 1% (6/446) parado, 0,7% (3/446) seco, e os 63% (280/446) restantes, sem informação.

A **tabela 4.19** apresenta a distribuição e a produção global dos poços com situação operacional informada no cadastro. Como visto na **tabela 4.18** a produção global de água para os 155 poços em condições de produção atinge cerca de 0,0373 m<sup>3</sup>/s. Em 2012, com 115 poços em operação a exploração extraía 74% desse total, ou aproximadamente 0,0276 m<sup>3</sup>/s (**tabela 4.19**).

**Tabela 4.19** - Distribuição dos poços e da produção global com a situação operacional informada.

Poços	Registrados	Operando	Equipado	Parado
Número	155	115	34	06
Percentual	100%	74%	22%	4%
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	0,0373	0,0276	0,00821	0,00149

A distribuição espacial da vazão dos poços produtores no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho é mostrada na **figura 4.16**, na qual se observa que na maior parte da área as produções estão no intervalo de 1,5 a 2,5 m<sup>3</sup>/h, e de 2,5 até 5 m<sup>3</sup>/h, ficando restritos a manchas isoladas os poços com vazão superior a 10 m<sup>3</sup>/h.

Quanto ao uso da água subterrânea para os 446 poços em Porto Velho, verifica-se que 52% é destinada ao abastecimento, 11% ao uso múltiplo, 7% industrial, 3,8% atendimento comunitário, 0,4% uso comercial, 3,8% outros usos não mencionados anteriormente, 0,4% sem uso, e 22% não informaram.

Mediante análise do cadastro SIG ANA-PHA 2013, observou-se que apenas 22% dos poços possuem indicação do tipo de reservatório que utilizam para armazenamento da água explotada. De acordo com os dados da **tabela 4.20**, a maioria dos poços possui armazenamento em caixa d'água de polietileno (56%), seguido de cisterna (19%), caixa de alvenaria (5%), taça de aço (8%), caixa d'água de ferro (1%), caixa d'água de concreto (1%), caixa d'água de amianto (0%) e os 10% restantes não possuem nenhum tipo de reservatório.

**Tabela 4.20** – Tipos de reservatório de água de poços em Porto Velho - RO.

Reservatórios	Nº	Caixa de Alvenaria	Caixa d'água de polietileno	Caixa d'água de concreto	Caixa d'água de ferro	Caixa d'água de amianto	Taça de Aço	Cisterna	Não possui
Registros	99	5	55	1	1	0	8	19	10
Percentual	100%	5%	56%	1%	1%	0%	8%	19%	10%

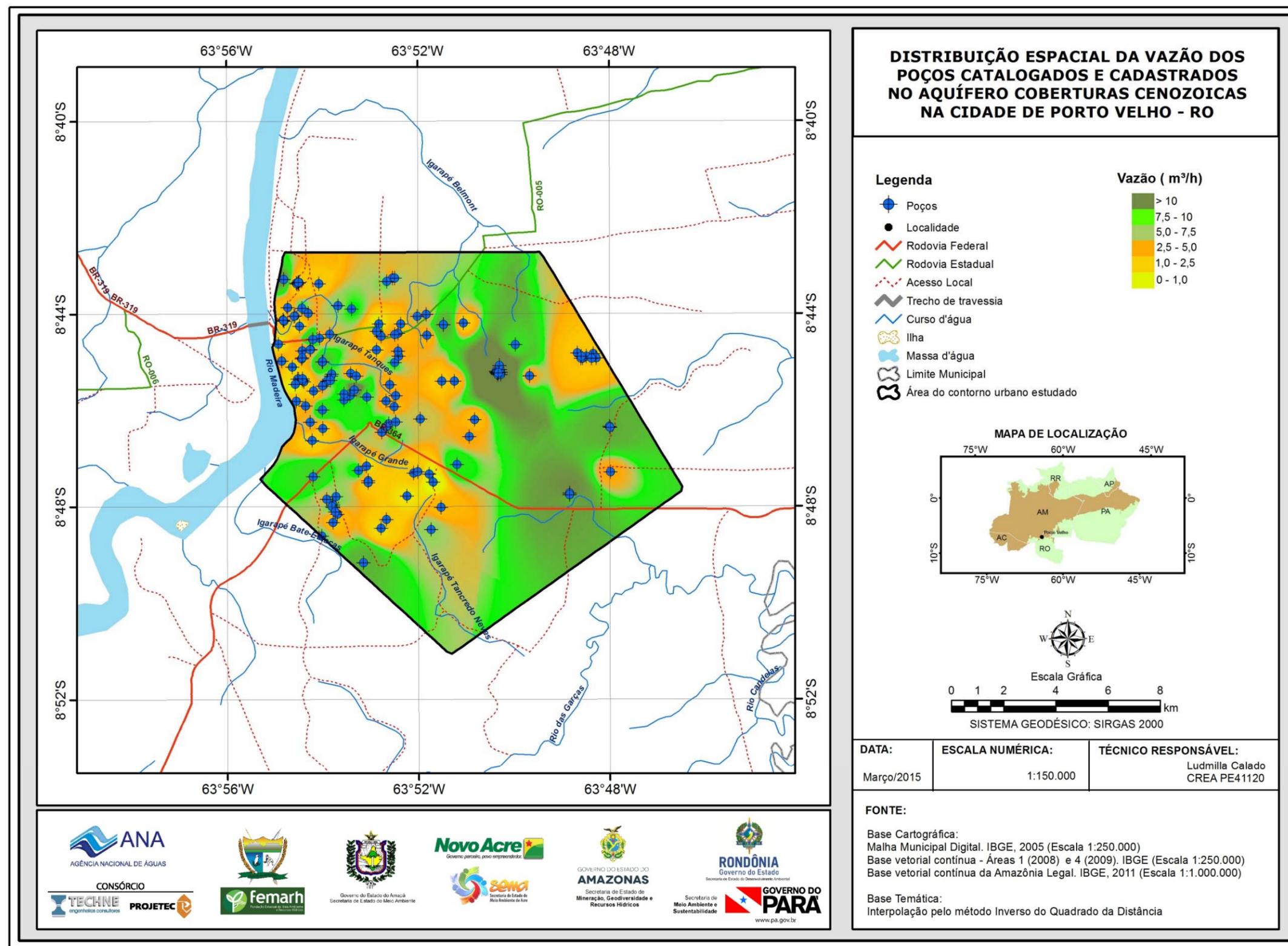


Figura 4.16 – Distribuição espacial da vazão dos poços cadastrados e catalogados na região de Porto Velho – RO.

## **5 – Hidrogeoquímica**

## 5.1 – Introdução

Com o intuito de avaliar a qualidade das águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, 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 Porto Velho, 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:**

- 30 (trinta) 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 11 (onze) poços distintos na segunda campanha de amostragem (31 a 41);
- 11 (onze) Análises de Metais Pesados - arsênio, bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel, zinco, nos poços: 4, 5, 6, 9, 12, 18, 24, 31, 33, 36 e 41;
- 11 (onze) Análises de BTEX e Fenóis - benzeno, tolueno, etilbenzeno, o-Xileno e m,p-Xileno e índice de fenóis, nos poços: 4, 5, 6, 9, 12, 18, 24, 31, 33, 36 e 41.

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

- 04 (quatro) Análises de Isótopo Ambiental Estável - deutério e oxigênio-18, nos poços: 13, 24, 35 e 39.

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

- 07 (sete) Análises do Isótopo Ambiental Radioativo - trício, nos poços: 5, 6, 13, 24, 33, 35 e 39.

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

- 01 (uma) Análise do Isótopo Ambiental - carbono 14, no poço: 36.

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 análise quantitativa e qualitativa do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho.

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 Porto Velho 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 Porto Velho 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**.

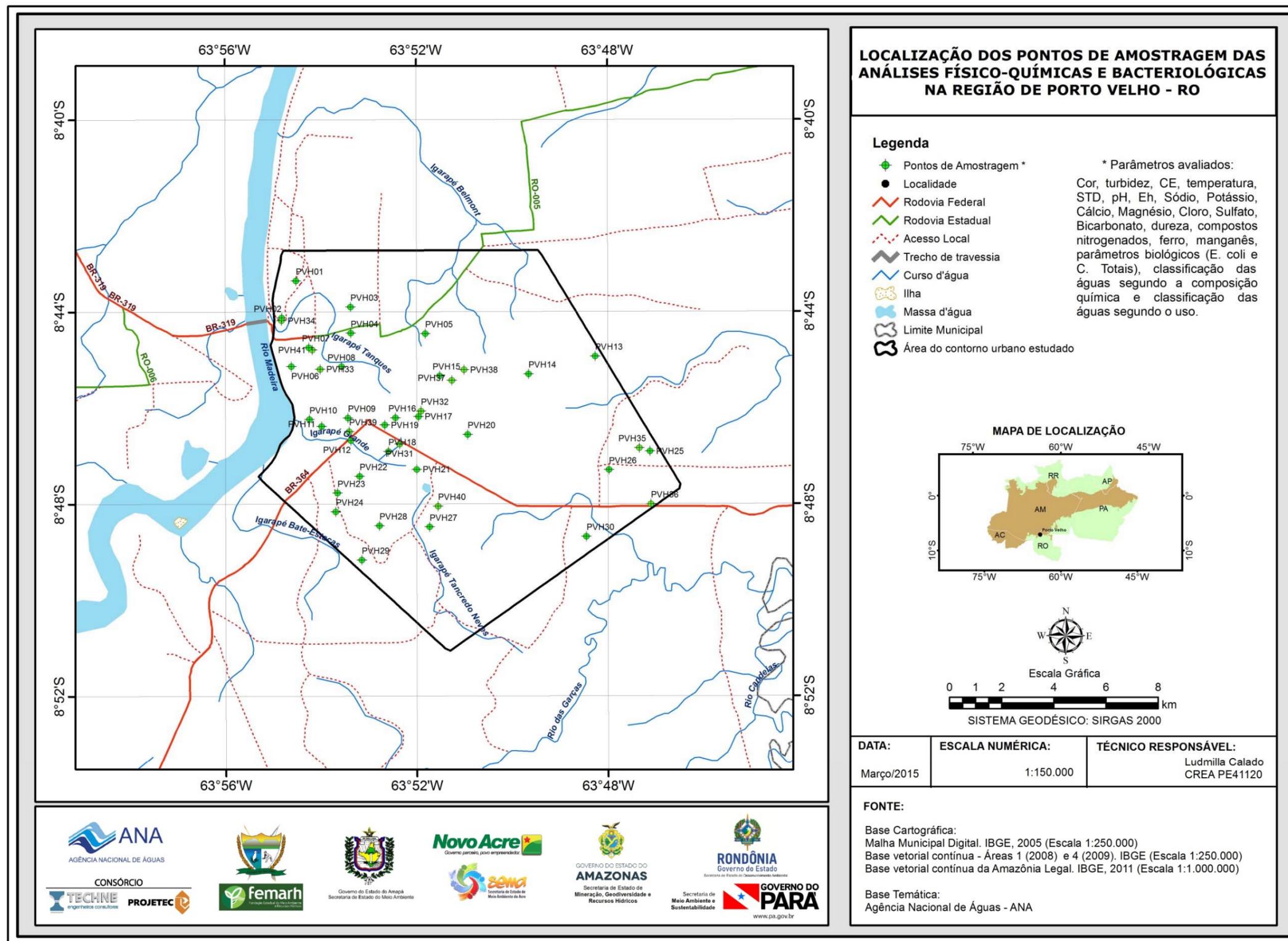


Figura 5.1 – Localização dos pontos de amostragem das análises físico-químicas e bacteriológicas no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho - RO.

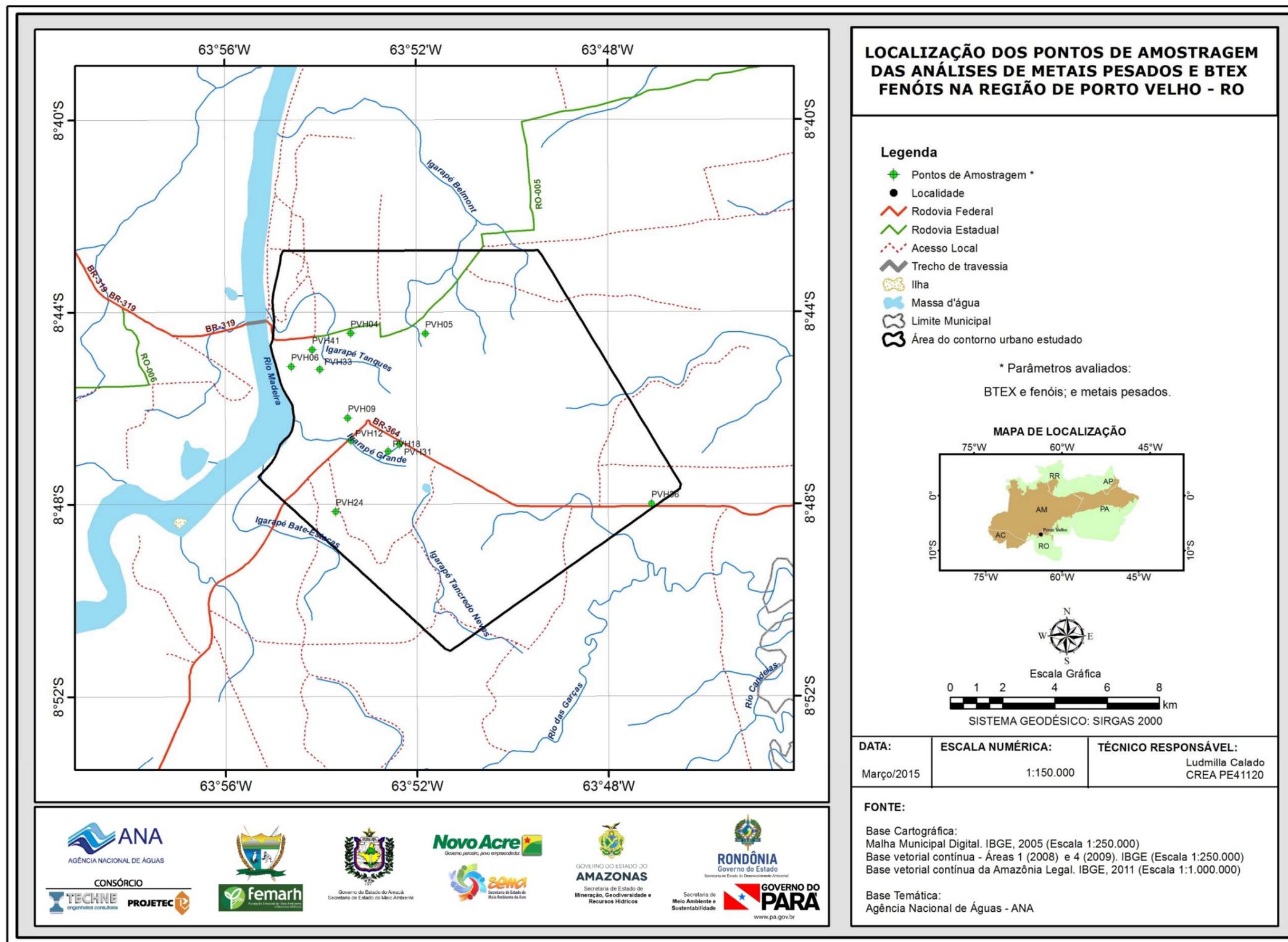
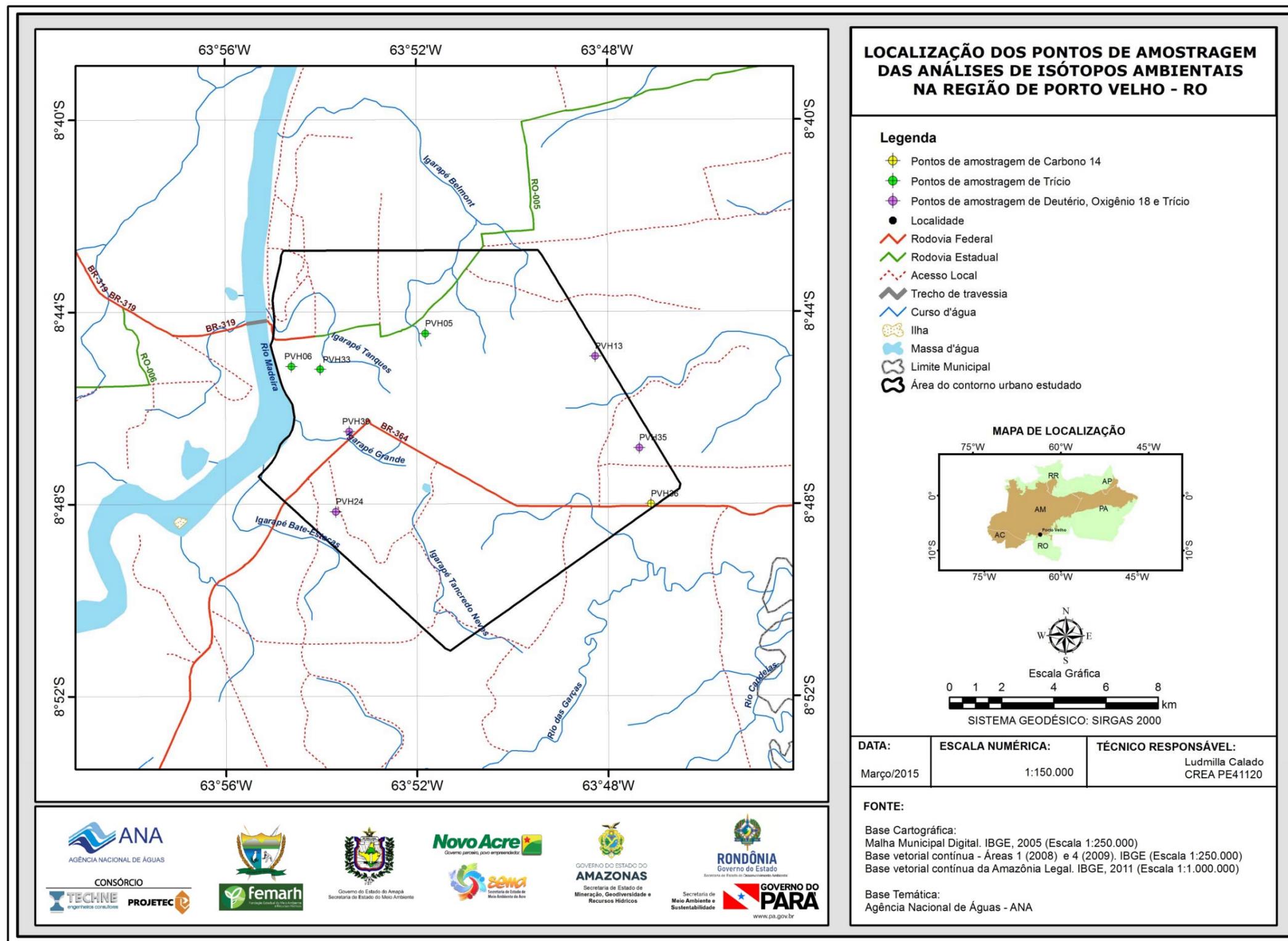


Figura 5.2 – Localização dos pontos de amostragem das análises de metais pesados e BTEX fenóis no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho - RO.



**Figura 5.3** – Localização dos pontos de amostragem das análises de isótopos ambientais no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho - RO.

### 5.1.2 - Procedimentos de Coleta

Para a coleta em campo na cidade de Porto Velho, 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, nas duas campanhas, na cidade de Porto Velho - RO.

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.

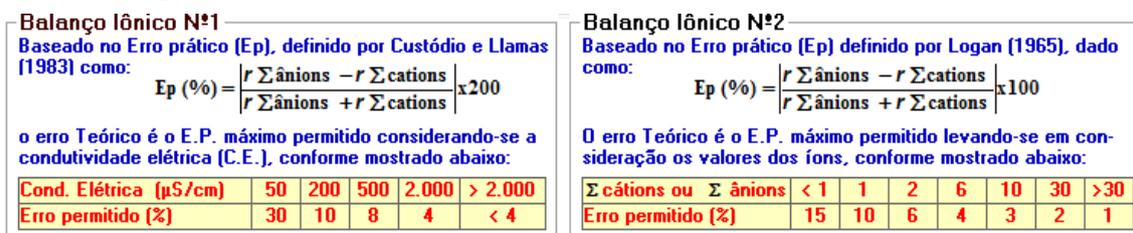
No ensaio do Branco de Análise, à amostra controle e às amostras dos 30 poços foram adicionados 50% de ítrio e recuperados por análise de (ICP/MS) e todos ficaram na faixa do limite aceitável que é de 70 a 130%. Enquanto que para os ensaios de recuperação analisados por ICP/MS foram adicionados 10 µg/L 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), 27% (8/30) das amostras coletadas no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho na cidade de Porto Velho, apresentaram Ep dentro dos critérios da metodologia do balanço iônico nº 1. Enquanto que 37% (11/30) das amostras obtiveram Ep inferior a 15%, sendo as análises consideradas corretas apenas segundo a metodologia nº 2.

Pelo método nº 1, 73% (22/30) das amostras e pelo método nº 2, 63% (19/30) 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho – 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
PVH01	75,00	0,53	0,56	5,02	2,51
PVH02	62,00	0,43	0,56	26,17	13,08
PVH03	35,00	0,29	0,26	8,03	4,02
PVH04	68,00	0,55	0,39	34,08	17,04
PVH05	45,00	0,29	0,22	25,04	12,52
PVH06	13,00	0,07	0,12	48,61	24,31
PVH07	59,00	0,47	0,35	30,03	15,02
PVH08	17,00	0,15	0,20	32,81	16,40
PVH09	57,00	0,37	0,36	2,65	1,33
PVH10	326,00	1,36	1,08	22,59	11,29
PVH11	66,00	0,57	0,47	19,51	9,75
PVH12	21,00	0,21	0,12	50,10	25,05
PVH13	9,20	0,05	0,04	17,61	8,80
PVH14	21,00	0,11	0,04	88,89	44,45
PVH15	77,00	0,58	1,33	78,31	39,16
PVH16	78,00	0,64	0,49	25,81	12,91
PVH17	369,00	3,54	3,25	8,64	4,32
PVH18	140,00	0,94	0,35	91,63	45,82
PVH19	21,00	0,16	0,19	17,34	8,67
PVH20	21,00	0,14	0,06	84,40	42,20
PVH21	98,00	0,46	0,24	63,43	31,71
PVH22	193,00	1,07	0,59	57,55	28,78
PVH23	103,50	0,56	0,44	22,86	11,43
PVH24	14,00	0,04	0,32	158,24	79,12
PVH25	23,00	0,22	0,04	140,98	70,49
PVH26	80,00	0,42	0,20	72,14	36,07
PVH27	70,00	0,48	0,35	30,62	15,31
PVH28	144,00	1,11	0,33	108,62	54,31
PVH29	8,90	0,05	0,14	93,69	46,85
PVH30	21,00	0,10	0,17	50,63	25,31

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 apenas 13% (4/30) das amostras tiveram o Ep inferior a 30%, portanto aceitável na metodologia nº 1 de balanço iônico. Pela metodologia nº 2, 30% (9/30) das amostras ficaram abaixo do limite de erro permitido (15%). Assim sendo, 87% (26/30) das amostras não foram consideradas corretas pelo balanço iônico nº1 e 70% não o foram pelo balanço iônico nº 2, como demonstra a **tabela 5.2**.

**Tabela 5.2** – Resultado do balanço iônico realizado no Qualigraf, para as amostras coletadas no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho – 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
PVH03	16,00	0,12	0,03	130,34	65,17
PVH04	58,00	0,43	0,23	60,09	30,05
PVH05	55,00	0,21	0,31	41,00	20,50
PVH06	25,00	0,09	0,03	100,56	50,28
PVH08	43,00	0,34	0,23	38,21	19,11
PVH09	66,00	0,26	0,35	29,19	14,60
PVH10	59,00	0,36	0,45	23,08	11,54
PVH11	56,00	0,45	0,46	1,51	0,75
PVH12	21,00	0,16	0,25	46,40	23,20
PVH13	20,00	0,09	0,02	116,40	58,20
PVH14	24,00	0,14	0,04	117,51	58,76
PVH15	53,00	0,39	0,39	0,86	0,43
PVH16	38,00	0,10	0,22	71,58	35,79
PVH18	102,00	0,66	0,27	82,15	41,08
PVH20	28,00	0,19	0,13	36,08	18,04
PVH21	18,00	0,08	0,04	69,30	34,65
PVH22	214,00	1,73	1,00	53,61	26,80
PVH24	24,00	0,21	0,27	25,04	12,52
PVH30	28,00	0,24	0,12	63,23	31,62
PVH31	14,00	0,09	0,04	82,31	41,16
PVH32	86,00	0,55	0,43	23,40	11,70
PVH33	58,00	0,43	0,23	60,09	30,05
PVH34	67,00	0,40	0,32	22,36	11,18
PVH35	18,00	0,04	0,03	24,47	12,23
PVH36	15,00	0,01	0,02	80,12	40,06
PVH37	45,00	0,24	0,34	35,10	17,55
PVH38	107,00	0,68	0,89	26,67	13,34
PVH39	54,00	0,28	0,22	22,25	11,13
PVH40	11,00	0,08	0,02	106,03	53,02
PVH41	38,00	0,21	0,10	73,68	36,84

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 Porto Velho, as águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, se enquadram como pouco mineralizadas, uma vez que os teores de STD alcançam no máximo 246 mg/L no período chuvoso e 125 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 não comprometem os resultados analíticos obtidos.

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

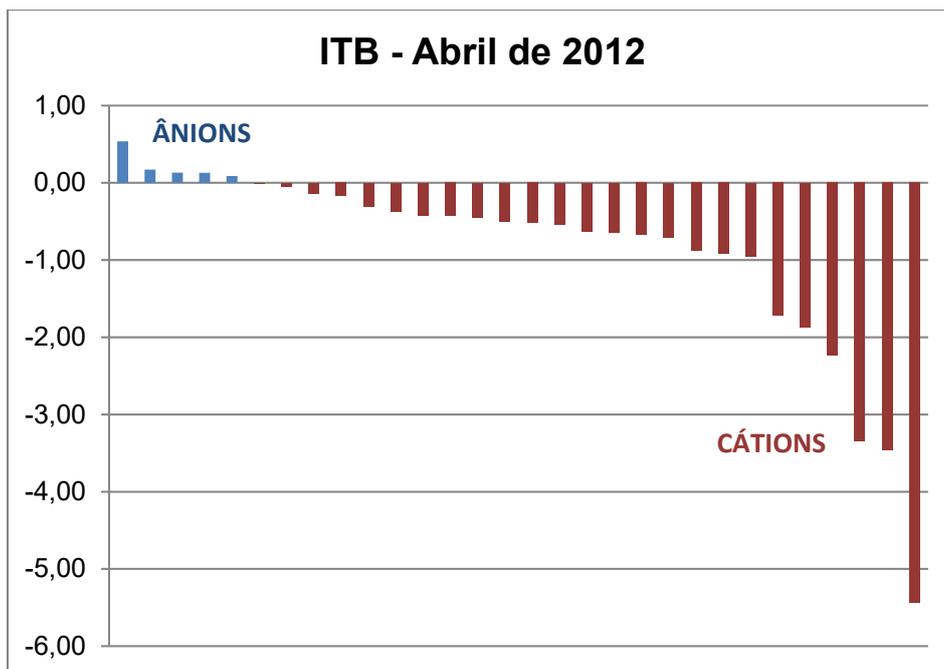
O ITB, também chamado Índice de Desequilíbrio, permite avaliar o grau de troca iônica ocorrido numa água com base nas relações entre os seus íons. Esse índice foi definido por meio da equação de Schoeller (1962), onde o símbolo *r* representa os valores em meq/L, como pode ser observado abaixo:

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

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  $Na^+$ .

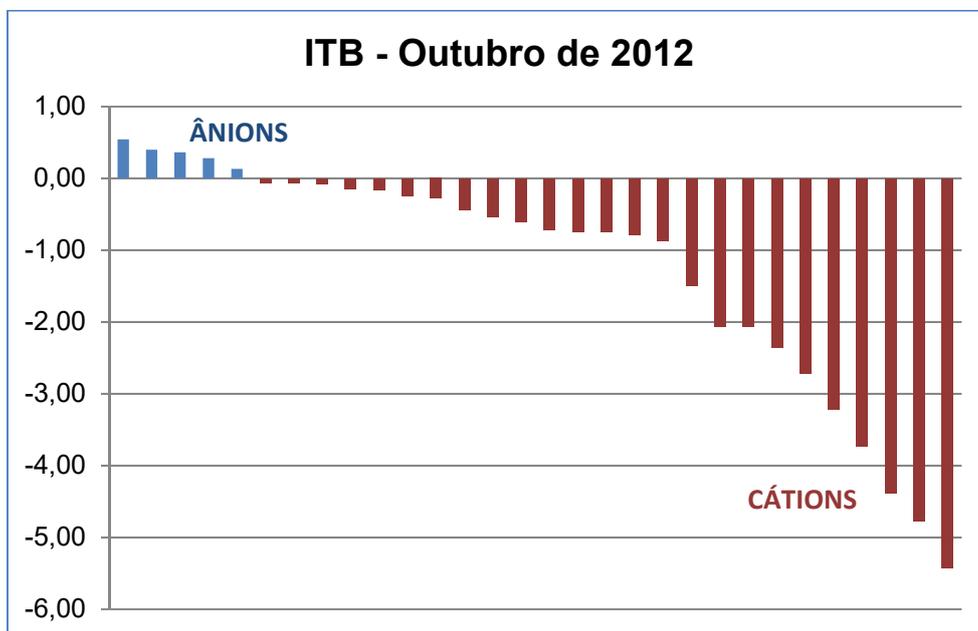
**Tabela 5.3** – Resultado do Índice de Troca de Bases para as amostras coletadas no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho nas duas campanhas.

Abril de 2012		Outubro de 2012	
Poço	ITB	Poço	ITB
PVH01	-0,17	PVH03	-2,36
PVH02	-0,05	PVH04	-0,74
PVH03	-0,63	PVH05	0,36
PVH04	-0,50	PVH06	-2,72
PVH05	-0,92	PVH08	-0,44
PVH06	-0,71	PVH09	0,28
PVH07	-0,37	PVH10	-0,87
PVH08	-0,52	PVH11	-5,43
PVH09	0,13	PVH12	-4,38
PVH10	-0,31	PVH13	-2,06
PVH11	-5,44	PVH14	-3,73
PVH12	-3,35	PVH15	-0,06
PVH13	0,09	PVH16	0,54
PVH14	-1,87	PVH18	-0,79
PVH15	-0,54	PVH20	-0,28
PVH16	-0,14	PVH21	-0,71
PVH17	0,13	PVH22	-0,53
PVH18	-0,96	PVH24	-3,22
PVH19	-1,72	PVH30	-4,77
PVH20	-2,23	PVH31	-1,50
PVH21	-0,64	PVH32	-0,15
PVH22	-0,42	PVH33	-0,74
PVH23	-0,44	PVH34	-0,07
PVH24	0,54	PVH35	0,13
PVH25	-0,01	PVH36	0,40
PVH26	-0,67	PVH37	-0,15
PVH27	-0,43	PVH38	-0,08
PVH28	-3,46	PVH39	-2,06
PVH29	0,17	PVH40	-0,24
PVH30	-0,88	PVH41	-0,60



**Figura 5.5** – Ilustração dos resultados de ITB calculados para as amostras coletadas no Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, no período de estiagem, com o predomínio de cátions.

Os valores de ITB obtidos nas águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, 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 -5,44 e 0,54; -5,43 e 0,54 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho nas duas campanhas.

Parâmetros Estatísticos	ITB (Abril de 2012)	ITB (Outubro de 2012)
Média	-0,88	-1,23
Erro padrão	0,23	0,30
Mediana	-0,51	-0,66
Desvio padrão	1,28	1,65
Variância da amostra	1,64	2,71
Curtose	5,07	0,54
Assimetria	-2,15	-1,23
Intervalo	5,98	5,97
Mínimo	-5,44	-5,43
Máximo	0,54	0,54
Soma	-26,33	-36,96
Contagem	30	30
Nível de confiança (95%)	0,48	0,61

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 apenas 3% e 10% dos poços, nas campanhas de abril e outubro de 2012, possuem águas com influência da água do mar. Tal razão também mostrou que 77% e 70% dos poços, respectivamente, para a primeira e segunda campanha, contém águas continentais que possivelmente sofrem influência de terrenos dolomíticos.

A razão  $rNa^+/rCl^-$  sugere que 90% dos poços na primeira campanha e 87% dos poços na segunda campanha, contém águas que possuem fluxo através de rochas cristalinas ou vulcânicas.

A razão iônica  $rCl^-/rHCO_3^-$  mostrou que 30% e 70% 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho são continentais, e possivelmente sofreram influências de trocas iônicas com os eluvios oriundas da decomposição das rochas cristalinas regionais. De fato isso é possível, porque na região além de afloramento de rochas cristalinas há um significativo número de poços que penetram nos eluvios de rochas graníticas.

Isso não 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho nas duas campanhas.

Período chuvoso				Período seco			
Poço	Razões Iônicas			Poço	Razões Iônicas		
	$\frac{rMg^{2+}}{rCa^{2+}}$	$\frac{rNa^+}{rCl^-}$	$\frac{rCl^-}{rHCO_3^-}$		$\frac{rMg^{2+}}{rCa^{2+}}$	$\frac{rNa^+}{rCl^-}$	$\frac{rCl^-}{rHCO_3^-}$
PVH01	0,19	1,11	2,86	PVH03	1,42	1,33	0,00
PVH02	0,46	1,02	2,72	PVH04	0,29	1,65	0,00
PVH03	2,26	1,43	0,72	PVH05	1,25	0,59	0,00
PVH04	4,27	1,29	2,29	PVH06	0,72	3,45	0,00
PVH05	0,19	1,82	1,69	PVH08	1,70	1,29	0,00
PVH06	55,21	0,70	0,34	PVH09	2,20	0,63	0,00
PVH07	0,09	1,16	1,57	PVH10	1,27	1,10	0,29
PVH08	1,84	1,04	0,17	PVH11	0,30	3,82	0,05
PVH09	0,27	0,80	0,00	PVH12	1,72	1,89	0,06
PVH10	0,24	1,03	0,20	PVH13	0,76	0,88	0,00
PVH11	0,25	2,27	0,07	PVH14	0,24	4,65	0,00
PVH12	1,74	1,10	0,34	PVH15	0,11	1,01	2,25
PVH13	0,80	0,22	0,00	PVH16	184,40	0,41	0,00
PVH14	0,59	2,74	0,00	PVH18	0,12	1,68	0,00
PVH15	0,13	1,42	0,26	PVH20	0,71	1,23	0,00
PVH16	0,31	1,03	0,98	PVH21	0,41	1,47	0,00
PVH17	0,93	0,82	3,44	PVH22	0,80	1,49	0,00
PVH18	0,15	1,80	0,00	PVH24	1,46	2,42	0,06
PVH19	0,99	1,60	0,18	PVH30	1,79	4,08	0,14
PVH20	0,75	2,88	0,00	PVH31	1,11	1,75	0,00
PVH21	0,75	1,53	0,00	PVH32	0,89	1,13	0,00
PVH22	0,78	1,33	0,00	PVH33	0,29	1,65	0,00
PVH23	0,75	1,35	2,09	PVH34	1,36	1,03	0,00
PVH24	0,47	0,35	0,10	PVH35	3,95	0,74	0,00
PVH25	0,08	0,88	0,00	PVH36	43,40	0,42	0,00
PVH26	0,75	1,53	0,00	PVH37	3,21	0,96	1,01
PVH27	0,28	1,35	36,11	PVH38	0,11	1,05	1,86
PVH28	0,49	4,34	2,87	PVH39	1,07	2,60	0,23
PVH29	1,19	0,33	0,29	PVH40	0,22	0,82	0,00
PVH30	1,14	1,51	0,40	PVH41	65,64	1,17	0,00

### 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)  $CaCO_{3(s)}$ , 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 pH<sub>s</sub> (pH de saturação) que a água teria se estivesse em equilíbrio com a calcita  $CaCO_{3(s)}$ . A determinação do pH de saturação (pH<sub>s</sub>) 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:

$$IS = pH - pH_s$$

O pH de saturação é calculado pela seguinte equação:

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

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

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 $CaCO_{3(s)}$
0	Estável - água em equilíbrio com o $CaCO_{3(s)}$
<0	Água subsaturada - tende a dissolver a calcita $CaCO_{3(s)}$

Os valores de IS calculados com base nas amostras de água subterrânea coletadas no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, 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 -5,46 a -1,79 e no período seco de -8,01 a -1,90, indicando águas subsaturadas em relação à calcita e com tendência a dissolver  $CaCO_{3(s)}$ . Isto ocorre porque as águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho são ácidas, variando de 4,2 no período chuvoso a 3,06 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho nas duas campanhas.

Abril de 2012		Outubro de 2012	
Poço	IS	Poço	IS
PVH01	-3,97	PVH03	-4,31
PVH02	-5,07	PVH04	-4,65
PVH03	-3,30	PVH05	-5,47
PVH04	-3,90	PVH06	-5,22
PVH05	-3,90	PVH08	-5,07
PVH06	-4,64	PVH09	-5,41
PVH07	-1,79	PVH10	-3,00
PVH08	-3,12	PVH11	-1,90
PVH09	-5,46	PVH12	-3,14
PVH10	-2,97	PVH13	-4,64
PVH11	-2,73	PVH14	-5,08
PVH12	-3,68	PVH15	-3,80
PVH13	-4,94	PVH16	-5,61
PVH14	-3,72	PVH18	-4,24
PVH15	-2,35	PVH20	-4,76
PVH16	-3,13	PVH21	-4,95
PVH17	-1,98	PVH22	-4,75
PVH18	-3,51	PVH24	-3,32
PVH19	-3,19	PVH30	-3,02
PVH20	-4,30	PVH31	-4,35
PVH21	-3,11	PVH32	-3,93
PVH22	-2,81	PVH33	-4,12
PVH23	-4,63	PVH34	-4,86
PVH24	-4,98	PVH35	-5,71
PVH25	-3,67	PVH36	-8,01
PVH26	-3,86	PVH37	-4,62
PVH27	-4,68	PVH38	-3,21
PVH28	-3,74	PVH39	-2,93
PVH29	-4,70	PVH40	-3,88
PVH30	-4,99	PVH41	-4,05

### 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:

- Metade das correlações (68/136), ou seja, 50% são Não Significativas, dos tipos, muito fracas (57/136) e fracas (11/136);
- As correlações Significativas satisfazem apenas 8,8% (12/136), das quais 6 são fracas e 6 moderadas;
- As correlações Muito Significativas correspondem a 41,2% (56/136), sendo 1 muito fraca, 26 moderadas, 21 fortes e 8 muito fortes.

**Tabela 5.9** – Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho – abril de 2012.

Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação ( $\rho$ )	Significância
Na	K	0,4643	*
Na	Ca	0,4472	*
Na	Mg	0,7377	**
Na	Cl	0,9047	**
Na	SO <sub>4</sub>	0,5374	**
Na	CE	0,7634	**
Na	STD	0,7596	**

**Tabela 5.9** - Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho - abril de 2012 (Continuação).

Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação (ρ)	Significância
Na	pH	0,104	ns
Na	Eh	-0,0863	ns
Na	Alcalinidade	0,2433	ns
Na	NO <sub>2</sub>	-0,8405	**
Na	NO <sub>3</sub>	0,4542	*
Na	NH <sub>3</sub>	0,7744	**
Na	Fe	0,768	**
Na	CO <sub>3</sub>	-0,1041	ns
Na	HCO <sub>3</sub>	0,2619	ns
K	Ca	0,4912	**
K	Mg	0,6104	**
K	Cl	0,518	**
K	SO <sub>4</sub>	0,3698	*
K	CE	0,4986	**
K	STD	0,497	**
K	pH	0,1055	ns
K	Eh	-0,0024	ns
K	Alcalinidade	0,3126	ns
K	NO <sub>3</sub>	0,0476	ns
K	NH <sub>3</sub>	0,5291	**
K	Fe	0,523	**
K	CO <sub>3</sub>	-0,0461	ns
K	HCO <sub>3</sub>	0,3726	*
Ca	Mg	0,7526	**
Ca	Cl	0,5531	**
Ca	SO <sub>4</sub>	0,8797	**
Ca	CE	0,8589	**
Ca	STD	0,8567	**
Ca	pH	-0,1498	ns
Ca	Eh	0,1702	ns
Ca	Alcalinidade	0,6973	**
Ca	NO <sub>3</sub>	0,0279	ns
Ca	NH <sub>3</sub>	0,5749	**
Ca	Fe	0,5718	**
Ca	CO <sub>3</sub>	-0,126	ns

**Tabela 5.9** - Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho - abril de 2012 (Continuação).

Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação (ρ)	Significância
Ca	HCO <sub>3</sub>	0,6745	**
Mg	Cl	0,8926	**
Mg	SO <sub>4</sub>	0,7994	**
Mg	CE	0,7883	**
Mg	STD	0,7729	**
Mg	pH	-0,0482	ns
Mg	Eh	0,157	ns
Mg	Alcalinidade	0,4865	**
Mg	NO <sub>3</sub>	-0,061	ns
Mg	NH <sub>3</sub>	0,9401	**
Mg	Fe	0,9418	**
Mg	CO <sub>3</sub>	-0,1116	ns
Mg	HCO <sub>3</sub>	0,5162	**
Cl	SO <sub>4</sub>	0,669	**
Cl	CE	0,7411	**
Cl	STD	0,7255	**
Cl	pH	-0,0077	ns
Cl	Eh	0,0511	ns
Cl	Alcalinidade	0,3393	ns
Cl	NO <sub>3</sub>	0,1018	ns
Cl	NH <sub>3</sub>	0,9339	**
Cl	Fe	0,9294	**
Cl	CO <sub>3</sub>	-0,0783	ns
Cl	HCO <sub>3</sub>	0,3635	*
SO <sub>4</sub>	CE	0,7867	**
SO <sub>4</sub>	STD	0,7776	**
SO <sub>4</sub>	pH	-0,175	ns
SO <sub>4</sub>	Eh	0,293	ns
SO <sub>4</sub>	Alcalinidade	0,8099	**
SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	-0,1225	ns
SO <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	0,6963	**
SO <sub>4</sub>	Fe	0,6982	**

**Tabela 5.9** - Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho - abril de 2012 (Continuação).

Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação (ρ)	Significância
SO <sub>4</sub>	CO <sub>3</sub>	-0,0996	ns
SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	0,7856	**
CE	STD	0,9987	**
CE	pH	-0,0761	ns
CE	Eh	0,0721	ns
CE	Alcalinidade	0,5425	**
CE	NO <sub>2</sub>	0	ns
CE	NO <sub>3</sub>	0,3947	*
CE	NH <sub>3</sub>	0,6404	**
CE	Fe	0,6353	**
CE	CO <sub>3</sub>	-0,1254	ns
CE	HCO <sub>3</sub>	0,5162	**
STD	pH	-0,0807	ns
STD	Eh	0,074	ns
STD	Alcalinidade	0,5399	**
STD	NO <sub>2</sub>	0	ns
STD	NO <sub>3</sub>	0,4129	*
STD	NH <sub>3</sub>	0,6232	**
STD	Fe	0,6182	**
STD	CO <sub>3</sub>	-0,1237	ns
STD	HCO <sub>3</sub>	0,5123	**
pH	Eh	-0,8441	**
pH	Alcalinidade	-0,1706	ns
pH	NO <sub>2</sub>	0	ns
pH	NO <sub>3</sub>	0,1677	ns
pH	NH <sub>3</sub>	0	ns
pH	Fe	0,0042	ns
pH	CO <sub>3</sub>	-0,2881	ns
pH	HCO <sub>3</sub>	-0,1519	ns
Eh	Alcalinidade	0,3226	ns
Eh	NO <sub>2</sub>	0	ns
Eh	NO <sub>3</sub>	-0,3042	ns
Eh	NH <sub>3</sub>	0,0868	ns
Eh	Fe	0,0915	ns
Eh	CO <sub>3</sub>	0,1292	ns
Eh	HCO <sub>3</sub>	0,316	ns

**Tabela 5.9** - Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho - abril de 2012 (Continuação).

Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação (ρ)	Significância
Alcalinidade	NO <sub>2</sub>	0	ns
Alcalinidade	NO <sub>3</sub>	-0,2169	ns
Alcalinidade	NH <sub>3</sub>	0,3761	*
Alcalinidade	Fe	0,3845	*
Alcalinidade	CO <sub>3</sub>	-0,0634	ns
Alcalinidade	HCO <sub>3</sub>	0,9788	**
NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	0	ns
NO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	-0,0691	**
NO <sub>2</sub>	CO <sub>3</sub>	0	ns
NO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub>	0	ns
NO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	-0,1341	ns
NO <sub>3</sub>	Fe	-0,1458	ns
NO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	-0,062	ns
NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	-0,2541	ns
NH <sub>3</sub>	Fe	0,9969	**
NH <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	0	ns
NH <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	0,4147	*
Fe	CO <sub>3</sub>	-0,0411	ns
Fe	HCO <sub>3</sub>	0,4256	*
CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	-0,0412	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 ( $p \geq 0,05$ ).

### **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 (89/136), o que equivale a 65% são Não Significativas, classificadas como muito fracas (60) e fracas (29);
- As correlações Significativas equivalem a 12,5% (17/136), sendo 6 fracas, e 11 moderadas;
- Existem 22% (30/136) de correlações Muito Significativas, das quais 18 é do tipo moderada, 7 fortes e 5 muito fortes.

**Tabela 5.10** – Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho – outubro de 2012.

Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação ( $\rho$ )	Significância
Na	K	0,1461	ns
Na	Ca	0,3633	*
Na	Mg	0,2062	ns
Na	Cl	0,9471	**
Na	SO <sub>4</sub>	0,4648	**
Na	CE	0,9578	**
Na	STD	0,8978	**
Na	pH	-0,1725	ns
Na	Eh	0,296	ns
Na	Alcalinidade	-0,0666	ns
Na	NO <sub>2</sub>	-0,1202	ns
Na	NO <sub>3</sub>	0,8684	**
Na	NH <sub>3</sub>	0,2265	ns
Na	Fe	-0,1297	ns
Na	CO <sub>3</sub>	-0,0872	ns
Na	HCO <sub>3</sub>	-0,0915	ns
K	Ca	0,4573	*
K	Mg	0,6538	**
K	Cl	0,0892	ns
K	SO <sub>4</sub>	0,1716	ns
K	CE	0,2773	ns
K	STD	0,3632	*
K	pH	0,3526	ns
K	Eh	-0,1215	ns
K	Alcalinidade	0,5765	**
K	NO <sub>2</sub>	0,3134	ns
K	NO <sub>3</sub>	0,2078	ns
K	NH <sub>3</sub>	0,0269	ns
K	Fe	0,2043	ns
K	CO <sub>3</sub>	0	ns
K	HCO <sub>3</sub>	0,5916	**
Ca	Mg	0,4269	*
Ca	Cl	0,2414	ns
Ca	SO <sub>4</sub>	0,2634	ns
Ca	CE	0,4939	**

**Tabela 5.10** - Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho - outubro de 2012 (Continuação).

Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação ( $\rho$ )	Significância
Ca	STD	0,5672	**
Ca	pH	0,3822	*
Ca	Eh	-0,2266	ns
Ca	Alcalinidade	0,59	**
Ca	NO <sub>2</sub>	-0,1621	ns
Ca	NO <sub>3</sub>	0,4014	*
Ca	NH <sub>3</sub>	0,0734	ns
Ca	Fe	0,1146	ns
Ca	CO <sub>3</sub>	-0,1741	ns
Ca	HCO <sub>3</sub>	0,5708	**
Mg	Cl	0,0932	ns
Mg	SO <sub>4</sub>	0,1625	ns
Mg	CE	0,3129	ns
Mg	STD	0,3066	ns
Mg	pH	0,3908	*
Mg	Eh	-0,2759	ns
Mg	Alcalinidade	0,4531	*
Mg	NO <sub>2</sub>	0,2046	ns
Mg	NO <sub>3</sub>	0,2878	ns
Mg	NH <sub>3</sub>	-0,1103	ns
Mg	Fe	0,4171	*
Mg	CO <sub>3</sub>	0,4712	**
Mg	HCO <sub>3</sub>	0,5185	**
Cl	SO <sub>4</sub>	0,502	**
Cl	CE	0,9331	**
Cl	STD	0,8774	**
Cl	pH	-0,2061	ns
Cl	Eh	0,3079	ns
Cl	Alcalinidade	-0,0721	ns
Cl	NO <sub>2</sub>	-0,1436	ns
Cl	NO <sub>3</sub>	0,733	**
Cl	NH <sub>3</sub>	0,3461	ns
Cl	Fe	-0,1273	ns
Cl	CO <sub>3</sub>	-0,0762	ns
Cl	HCO <sub>3</sub>	-0,0981	ns

**Tabela 5.10** - Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho - outubro de 2012 (Continuação).

Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação ( $\rho$ )	Significância
SO <sub>4</sub>	CE	0,518	**
SO <sub>4</sub>	STD	0,4836	**
SO <sub>4</sub>	pH	0,241	ns
SO <sub>4</sub>	Eh	-0,2952	ns
SO <sub>4</sub>	Alcalinidade	0,4097	*
SO <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	-0,1175	ns
SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	0,1331	ns
SO <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	0,7462	**
SO <sub>4</sub>	Fe	0,1501	ns
SO <sub>4</sub>	CO <sub>3</sub>	-0,5329	**
SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	0,4183	*
CE	STD	0,9729	**
CE	pH	-0,0909	ns
CE	Eh	0,2146	ns
CE	Alcalinidade	0,0911	ns
CE	NO <sub>2</sub>	-0,1196	ns
CE	NO <sub>3</sub>	0,8447	**
CE	NH <sub>3</sub>	0,2824	ns
CE	Fe	-0,0806	ns
CE	CO <sub>3</sub>	-0,0515	ns
CE	HCO <sub>3</sub>	0,0705	ns
STD	pH	-0,0425	ns
STD	Eh	0,1908	ns
STD	Alcalinidade	0,1618	ns
STD	NO <sub>2</sub>	-0,1346	ns
STD	NO <sub>3</sub>	0,8062	**
STD	NH <sub>3</sub>	0,258	ns
STD	Fe	-0,056	ns
STD	CO <sub>3</sub>	-0,0695	ns
STD	HCO <sub>3</sub>	0,1427	ns
pH	Eh	-0,4167	*
pH	Alcalinidade	0,4989	**
pH	NO <sub>2</sub>	0,2242	ns
pH	NO <sub>3</sub>	-0,2779	ns
pH	NH <sub>3</sub>	0,1565	ns

**Tabela 5.10** - Resultado das correlações entre parâmetros químicos das águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho - outubro de 2012 (Continuação).

Variável 1	Variável 2	Coefficiente de Correlação ( $\rho$ )	Significância
pH	Fe	0,1224	ns
pH	CO <sub>3</sub>	0,2962	ns
pH	HCO <sub>3</sub>	0,5365	**
Eh	Alcalinidade	-0,4694	**
Eh	NO <sub>2</sub>	-0,0819	ns
Eh	NO <sub>3</sub>	0,377	*
Eh	NH <sub>3</sub>	-0,1791	ns
Eh	Fe	-0,2224	ns
Eh	CO <sub>3</sub>	-0,0689	ns
Eh	HCO <sub>3</sub>	-0,5072	**
Alcalinidade	NO <sub>2</sub>	0,0631	ns
Alcalinidade	NO <sub>3</sub>	-0,1822	ns
Alcalinidade	NH <sub>3</sub>	0,416	*
Alcalinidade	Fe	0,4461	*
Alcalinidade	CO <sub>3</sub>	-0,1043	ns
Alcalinidade	HCO <sub>3</sub>	0,9794	**
NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	-0,0774	ns
NO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	-0,037	ns
NO <sub>2</sub>	Fe	-0,0931	ns
NO <sub>2</sub>	CO <sub>3</sub>	0	ns
NO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub>	0,0716	ns
NO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	-0,0826	ns
NO <sub>3</sub>	Fe	-0,1399	ns
NO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	0	ns
NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	-0,2104	ns
NH <sub>3</sub>	Fe	0,0693	ns
NH <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	0	ns
NH <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	0,3778	*
Fe	CO <sub>3</sub>	-0,0777	ns
Fe	HCO <sub>3</sub>	0,4641	*
CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	-0,1025	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 55,5% são Não Significativas. As correlações Significativas representam apenas 10,3% do total, enquanto que as correlações Muito Significativas, resultantes do Teste t ao nível de 1%, correspondem a 31,5% do total.

As correlações existentes entre Na (sódio), K (potássio), Ca (cálcio), Mg (magnésio), Cl (cloreto), 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), NO<sub>3</sub> (nitrato), NH<sub>3</sub> (amônia) e SO<sub>4</sub> (sulfato), 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  $u$ . Nesse último caso, a variável é expressa por  $Z(u)$  ou  $S(u)$ .
- **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  $u \in A$ , o valor do atributo ambiental  $Z(u)$  é modelado como uma variável aleatória (Deutsch & Journel, 1998; Felgueiras, 1999). Na modelagem geoestatística a variável aleatória  $Z(u)$  pode assumir diferentes valores para o atributo e, cada um deles, com uma probabilidade de ocorrência associada. Nas posições amostradas  $u_\alpha, \alpha = 1, 2, \dots, n$  os valores  $Z(u_\alpha)$  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  $Z(u)$  é modelada pela função de distribuição de probabilidade da variável aleatória  $Z(u)$ . Da mesma maneira os valores determinísticos  $Z(u_\alpha)_t$  medidos nas duas campanhas, nos tempos  $t_1$  (abril de 2012) e  $t_2$  (outubro de 2012), estão associados aos valores desconhecidos  $Z(u, t)$ , em uma data qualquer, cuja incerteza é modelada a partir dos respectivos histogramas de  $Z(u_\alpha, t)$  pela função de distribuição de probabilidade da variável aleatória  $Z(u, t)$ . 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 Porto Velho, 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho 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

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

Parâmetros analisados	Unidade	LD (mg/L)	Valor Numérico Adotado
Índice de fenóis	mg/L	< 0,001	0,0009
Bário	mg/L	< 0,001	0,0009
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	0,00009
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 Cor, os resultados obtidos em Porto Velho no período chuvoso mostraram em 100% (30/30) das amostras coletadas, valores de cor < 5 uH, ou seja, inferiores ao LD. Dessa forma, para fins de realização da estatística descritiva o resultado desconhecido (< 5) foi substituído por um valor numérico próximo (no caso, 4,9), 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 4,9 uH. A rigor, o erro amostral é nulo, ou seja,  $(\bar{x} - \mu = 0)$  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 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 da cor, substituídos por um valor numérico.

Cor	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Cor-1	30	4,9	4,9-1,01E-15	4,9+1,01E-15	4,9	4,9	4,9	2,7E-15	4,9E-16	-1,05

**Tabela 5.13** – Distribuição de probabilidade da cor 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
Cor-1	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9

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 CE em Porto Velho, apresentou com 50 e 20% de risco, maior valor no período chuvoso e com riscos de 10, 5, 2 e 1%, maior valor no período seco. Nesses casos, a sazonalidade considerada foi aquela indicada com menores riscos.

#### **5.1.11 – Influência Antrópica e Sazonal na Qualidade das Águas Subterrâneas e Influência Sazonal na Qualidade das Águas Superficiais em Porto Velho**

##### ***Águas Subterrâneas – efeito sazonal e antrópico***

A modelagem geoestatística dos 20 (vinte) parâmetros físico-químicos analisados nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, permitiu comprovar sem nenhum viés a influência da sazonalidade em 45% (9/20) dos referidos parâmetros, com níveis de risco iguais a 0,50; 0,20; 0,10; 0,05; 0,02 e 0,01, para os quais foram caracterizados com maiores valores:

- ✓ No período chuvoso, 5 (cinco) parâmetros: pH, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Dureza;
- ✓ No período seco, 4 (quatro) parâmetros: Temperatura, Eh, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Fe.

Nos 55% (11/20) restantes, a resposta do modelo é ambígua, ou seja, pode ser tomada em mais de um sentido, como por exemplo:

- Cor e NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, com 50% de risco, maiores valores no período seco e com riscos de 20, 10, 5, 2 e 1%, maiores valores no período chuvoso;
- STD, SO<sub>4</sub>, e Mn, com 50% de risco, maiores valores no período chuvoso e com riscos de 20, 10, 5, 2 e 1%, maiores valores no período seco;
- Turbidez: o modelo sugere com 50, 20, 10, 5 e 2% de risco maiores valores no período chuvoso e com risco de 1% não há diferença entre os períodos de coleta;
- Na: com riscos de 50, 20, 10 e 5% de risco, o modelo sugere maiores valores no período chuvoso, enquanto que nos riscos de 2 e 1% os maiores valores ocorrem no período seco;

- Mg: a modelagem sugere que nos riscos de 50, 20, 10, 5 e 2% de risco os maiores valores ocorrem no período chuvoso e com risco de 1% o período seco apresenta maior valor.
- CE, com 50 e 20% de risco, maior valor no período chuvoso e com riscos de 10, 5, 2 e 1%, maior valor no período seco;
- $\text{NH}_3^-$ , com 50 e 20% de risco, maior valor no período seco e com riscos de 10, 5, 2 e 1%, maior valor no período chuvoso.
- $\text{NO}_3^-$ : o modelo sugere com 50, 20 e 10% de risco, maior valor no período chuvoso e com riscos de 5, 2 e 1% maior valor no período seco.

Como se observa, existe um bias no comportamento estatístico dos parâmetros cor, nitrito, sólidos totais dissolvidos, sulfato, manganês, turbidez, sódio, magnésio, condutividade elétrica, amônia e nitrato. Em Porto Velho, como de resto em toda a região amazônica, as águas subterrâneas, em geral, são bastante diluídas, devido ao clima chuvoso da região amazônica. Há, no entanto, em alguns dos parâmetros com bias (ex., cor e nitrito), apenas um pequeno percentual de valores pontuais acima do LD, enquanto a grande maioria dos valores (de 87 a 100%) fica abaixo do LD nas duas campanhas, sugerindo independência da sazonalidade. Admite-se, de modo geral, que o bias estatístico provavelmente reflete influências sazonais e antrópicas. Na **tabela 5.14** são mostrados os 3 (três) valores mais altos dos parâmetros com bias, assim como os poços onde eles foram dosados, nas duas campanhas de coleta.

Para cor e nitrito, na primeira campanha, no período chuvoso de 2012, todos os valores ficaram abaixo do LD. No período seco, em outubro de 2012, somente 10% (3/30) dos valores de cor e 13% dos valores de nitrito foram quantificáveis. Admite-se, neste caso, que tais valores resultaram de influências antrópicas e que o padrão dominante dos valores sugere não haver efeito de sazonalidade.

Para sólidos totais dissolvidos, sulfato, manganês e condutividade elétrica, de acordo com os resultados do modelo, existe influência da sazonalidade caracterizada por maiores valores no período seco, com riscos inferiores a 5%, valendo notar que o bias estatístico indica o período chuvoso com risco de 50%.

Para amônia, o bias estatístico sugere com riscos inferiores a 5%, maiores concentrações no período chuvoso. Os valores quantificáveis representam 3% (1/30) no período chuvoso e 17% (5/30) no período seco. Como não foi possível detectar a presença de amônia na grande maioria das águas coletadas, já que 97% na primeira campanha e 83% na segunda campanha ficaram abaixo do LD, os valores quantificáveis provavelmente resultam de influências antrópicas e não da sazonalidade.

Para o nitrato, ao contrário da amônia, o bias estatístico sugere com riscos inferiores a 5%, maiores concentrações no período seco. Os valores quantificáveis representam 80% (24/30) no período chuvoso e 80% (24/30) no período seco. Portanto, tais valores provavelmente são condicionados tanto pela sazonalidade quanto por influências antrópicas.

**Tabela 5.14** – Os três valores mais altos dos parâmetros com bias nas amostras de água subterrânea analisadas nas duas campanhas de amostragem em Porto Velho – RO.

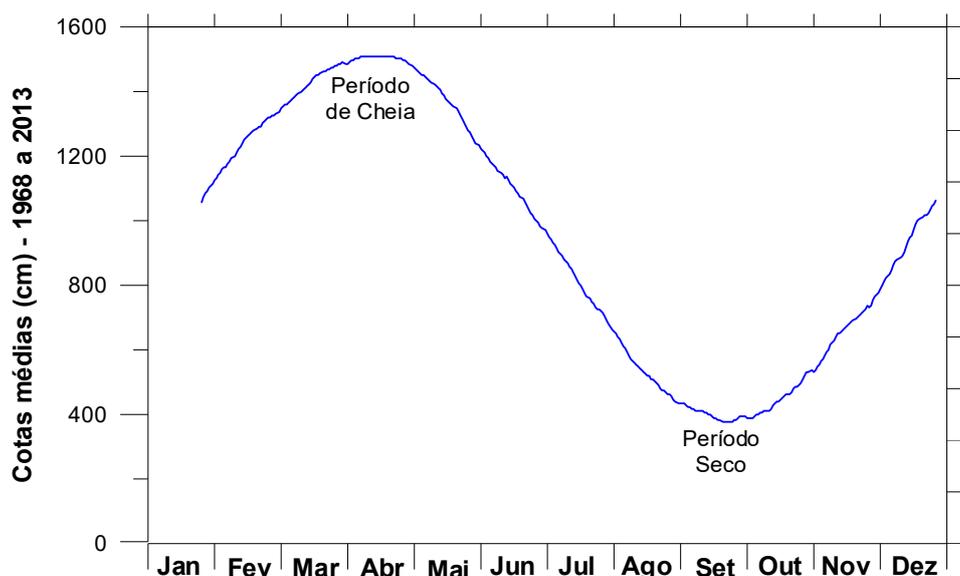
Cor (Pt/Co)				NO <sub>2</sub> (mg/L)			
Abril de 2012		Outubro de 2012		Abril de 2012		Outubro de 2012	
PVH11	<5	PVH11	6	PVH12	<0,02	PVH12	0,077
-	<5	PVH35	7	PVH33	<0,02	PVH33	0,025
PVH24	<5	PVH24	24	PVH41	<0,02	PVH41	0,085
STD (mg/L)				SO <sub>4</sub> (mg/L)			
Abril de 2012		Outubro de 2012		Abril de 2012		Outubro de 2012	
PVH22	127	PVH38	65	PVH15	8,48	PVH32	1,13
PVH10	225	PVH18	77	PVH10	12,34	PVH10	1,47
PVH17	246	PVH22	125	PVH17	16,06	PVH38	2,03
Mn (mg/L)				C.E. (µS/cm)			
Abril de 2012		Outubro de 2012		Abril de 2012		Outubro de 2012	
PVH04	0,08	PVH30	0,05	PVH12	<0,02	PVH12	0,077
PVH03	0,14	PVH39	0,05	PVH33	<0,02	PVH33	0,025
PVH17	0,48	PVH22	0,08	PVH41	<0,02	PVH41	0,085
NH <sub>3</sub> (mg/L)				NO <sub>3</sub> (mg/L)			
Abril de 2012		Outubro de 2012		Abril de 2012		Outubro de 2012	
PVH10	<0,1	PVH10	0,4	PVH18	9,55	PVH34	1,73
PVH09	<0,1	PVH09	0,5	PVH22	10,02	PVH18	6,11
PVH17	1,5	PVH38	2	PVH28	11,08	PVH22	12,58

### Águas Superficiais – efeito sazonal

No que se refere às águas superficiais, de acordo com as conclusões do relatório de monitoramento limnológico da Ecology Brasil (2011) realizado no âmbito do Projeto Usina Hidroelétrica de Santo Antonio no rio Madeira, “as oscilações naturais bruscas na cota do rio Madeira exercem forte influência sobre a condutividade elétrica, turbidez e sólidos dissolvidos, que apresentaram picos de variação relacionados aos períodos hidrológicos nas mesmas ocasiões dos pulsos de inundação do rio Madeira”. Na verdade, não são bruscas as oscilações naturais, mas cíclicas ou sazonais, como mostra a **figura 5.6**.

Neste sentido, usando dados do Sistema de Informações Hidrológicas da ANA Hidroweb, investigou-se a variação média mensal do nível de água do Rio Madeira em Porto Velho (posto fluviométrico 15400000) no período de janeiro de 1968 a dezembro de 2013. Para esse longo período de 46 anos, nota-se que os níveis mais altos do rio ocorrem nos meses de março-abril, enquanto os níveis mais baixos ocorrem nos meses de setembro-outubro.

Rio Madeira em Porto Velho - RO: Posto 15400000



**Figura 5.6** – Variação dos níveis de água do Rio Madeira em Porto Velho (posto fluviométrico 15400000) mostrando os períodos de cheia com altas águas em março-abril e os períodos de estiagem, com baixas águas em setembro-outubro (ANA, 2013).

Bernardi *et al.* (2009) verificaram a ocorrência no Alto Rio Madeira e afluentes, de variações sazonais nos valores de pH, temperatura da água e condutividade elétrica (**tabela 5.15**). Os dados apresentados na **tabela 5.15**, avaliados com a modelagem geoestatística aplicada aos dados obtidos na cidade de Porto Velho, no âmbito do projeto ANA PHA, são mostrados na **tabela 5.16** para o pH, na **tabela 5.17** para a temperatura e na **tabela 5.18** para a condutividade elétrica.

**Tabela 5.15** – Variáveis físico-químicas do Rio Madeira para os períodos hidrológicos de seca e cheia, segundo Bernardi *et al.* (2009).

Parâmetro	Unidade	Período	
		Cheia	Seca
pH	-	6,5 ± 0,1	7,2 ± 0,3
Sólidos em Suspensão	mg/L	524 ± 129	331 ± 62
Temperatura do Ar	°C	28,4 ± 1,8	31,2 ± 2,9
Temperatura da Água	°C	28,0 ± 1,0	29,5 ± 0,6
Condutividade Elétrica	µS/cm	71,8 ± 2,4	95,7 ± 1,9
Oxigênio Dissolvido	mg/L	5,1 ± 0,6	7,0 ± 0,3
Saturação do Oxigênio Dissolvido	%	66 ± 8	96 ± 2
Número de indivíduos das amostras	n	36	33

Média e Desvio Padrão (524 ± 129)

**Tabela 5.16** – Distribuição de probabilidade do pH da água do rio Madeira no período chuvoso (pH-1) - fevereiro de 2004 e no período seco (pH-2) – novembro de 2003, em Porto Velho. (Dados de Bernardi *et al.*, 2009).

P(x≥a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
pH-1	6,6	6,5	6,5	6,4	6,4	6,4
pH-2	7,2	6,9	6,8	6,7	6,6	6,5
Razão	0,92	0,94	0,96	0,96	0,97	0,98

**Tabela 5.17** – Distribuição de probabilidade da temperatura da água do rio Madeira T(°C) no período chuvoso (T-1) - fevereiro de 2004 e no período seco (T-2) - novembro de 2003, em Porto Velho. (Dados de Bernardi *et al.*, 2009).

P(x≥a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
T-1	28,0	27,2	26,7	26,4	25,9	25,7
T-2	29,5	29,0	28,7	28,5	28,3	28,1
Razão	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91

**Tabela 5.18** – Distribuição de probabilidade da Condutividade Elétrica (μS/cm) da água do rio Madeira no período chuvoso (CE-1) - fevereiro de 2004 e no período seco (CE-2) - novembro de 2003, em Porto Velho. (Dados de Bernardi *et al.*, 2009).

P(x≥a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
CE-1	71,8	69,8	68,7	67,9	66,9	66,2
CE-2	95,7	94,1	93,3	92,6	91,8	91,3
Razão	0,75	0,74	0,74	0,73	0,73	0,73

Comparando os resultados acima apresentados com os obtidos no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, verifica-se que o pH apresenta comportamento oposto ao das águas superficiais, ou seja, assume os maiores valores no período chuvoso. Com relação à temperatura, a água subterrânea segue o mesmo padrão da água superficial, ou seja, maior no período de estiagem. A condutividade elétrica das águas subterrâneas, com menos de 5% de risco, também é maior no período seco, e nesse sentido coincide com o comportamento das águas do rio Madeira.

Tais resultados são coerentes, pois segundo Leprun *et al.* (1989), os teores de cálcio, magnésio, potássio, sódio e sílica presentes nas águas de percolação se devem essencialmente ao tipo de solo e não à chuva. Além disso, os baixos teores de cloreto e sódio na água de escoamento superficial procedem diretamente da chuva e, portanto, sem contato com o solo quimicamente rico, pois as chuvas de Rondônia são oriundas de reciclagem da água de evaporação na região. Isto significa que os solos de Rondônia possuem um complexo sortivo bem dotado, ou seja, são mais ricos quimicamente quando comparados à água da chuva. Por esta razão liberam mais facilmente os cátions na água segundo a sua ordem de mobilidade. Sendo assim, são os solos mais ricos provenientes das rochas cristalinas os menos intemperizados que vão dar a maior quantidade de cátions nas águas.

## 5.2 – Interpretação dos Resultados Analíticos das Águas Subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho

### 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 Porto Velho no período chuvoso mostraram em 100% (30/30) 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 5.19** não variou no período chuvoso, apresentando todas as amostras com valores abaixo do limite de detecção, com média e mediana iguais a 4,9 uH. No período seco a variação entre o mínimo e o máximo foi de 4,9 a 24 uH, com média de 5,6 e mediana de 4,9 uH, configurando uma distribuição lognormal, com desvio padrão de 3,5.

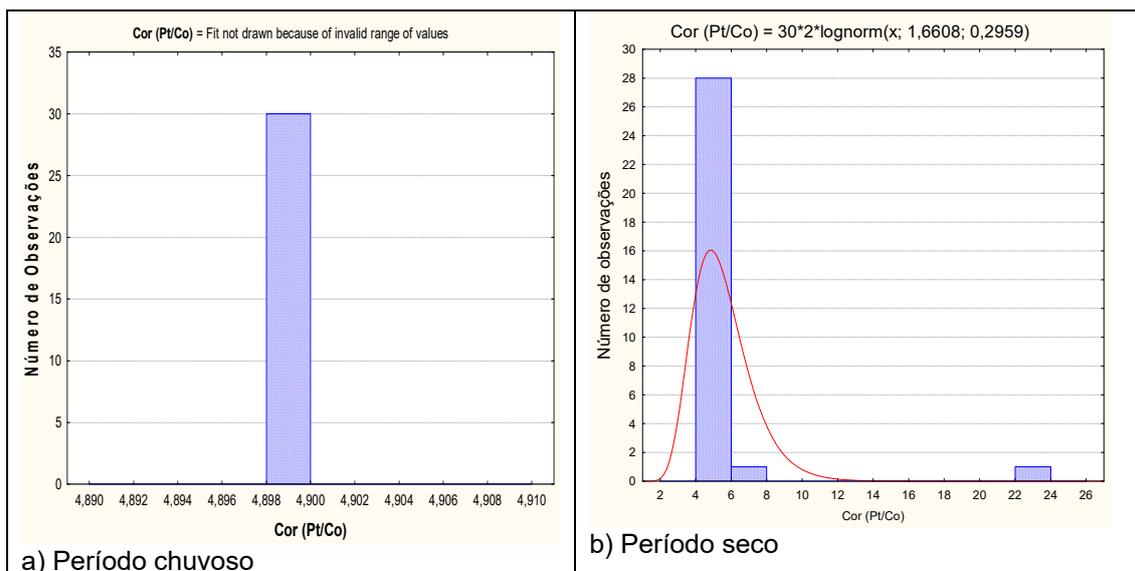
**Tabela 5.19** – Estatística descritiva da Cor do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Cor-1) - abril de 2012 e no período seco (Cor-2) – outubro de 2012.

Cor	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Cor-1	30	4,9	-1,01E-15	1,01E-15	4,9	4,9	4,9	2,71E-15	4,94E-16	-1,05
Cor-2	30	5,6	4,3	7,0	4,9	4,9	24,0	3,5	0,6	5,4

Dentre os três valores quantificáveis na segunda campanha, apenas o poço PVH24 ultrapassou o VMP de potabilidade da Portaria MS 2914/2011. Esse valor de 24 uH obtido, provavelmente se deve a contaminação por lançamento de esgoto *in natura*, próximo ao local de instalação do poço, haja vista que a cidade não possui sistema de esgotamento sanitário implantado.

O gráfico do período chuvoso mostra que o erro amostral é praticamente nulo  $\bar{X} - \mu = 0$ , pois todos os valores são constantes, iguais a 4,9 uH, e portanto todos tem a mesma probabilidade (**figura 5.7a**). O histograma de frequência modelado no período seco por uma Função de Distribuição de Probabilidade (fdp) lognormal, apresentado na **figura 5.7b** mostra que 90% dos valores são inferiores a 5,0 uH, ou seja, inferiores ao LD.

O modelo de fdp ajustado ao histograma do período de estiagem sugere que o parâmetro cor tende a ser maior quando comparado ao período chuvoso (**tabela 5.20**). Entende-se que tal resultado não condiz com a realidade, pois quase todas as amostras, em ambas as campanhas, apresentaram valores abaixo do limite de detecção. Portanto, admite-se que o parâmetro cor das águas subterrâneas no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, não sofre influência da sazonalidade, haja vista que isso é o comum na maioria das águas subterrâneas.



**Figura 5.7** – Gráfico do período chuvoso (abril de 2012), com todos os valores da amostra constantes (4,9 uH). Histograma de frequência no período seco (outubro de 2012) e curvas lognormais de distribuição de probabilidade da Cor das águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho.

**Tabela 5.20** – Distribuição de probabilidade da Cor do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Cor-1) - abril de 2012 e no período seco (Cor-2) – outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Cor-1	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
Cor-2	5,3	4,1	3,6	3,2	2,9	2,6
Razão	0,9	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9

### 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho foram detectados valores de turbidez (uT) em 67% (20/30) das análises do período chuvoso e em apenas 30% (9/30)

das análises do período de estiagem. Nas demais amostras os valores ficaram abaixo do LD (limite de detecção), que é igual a 0,1.

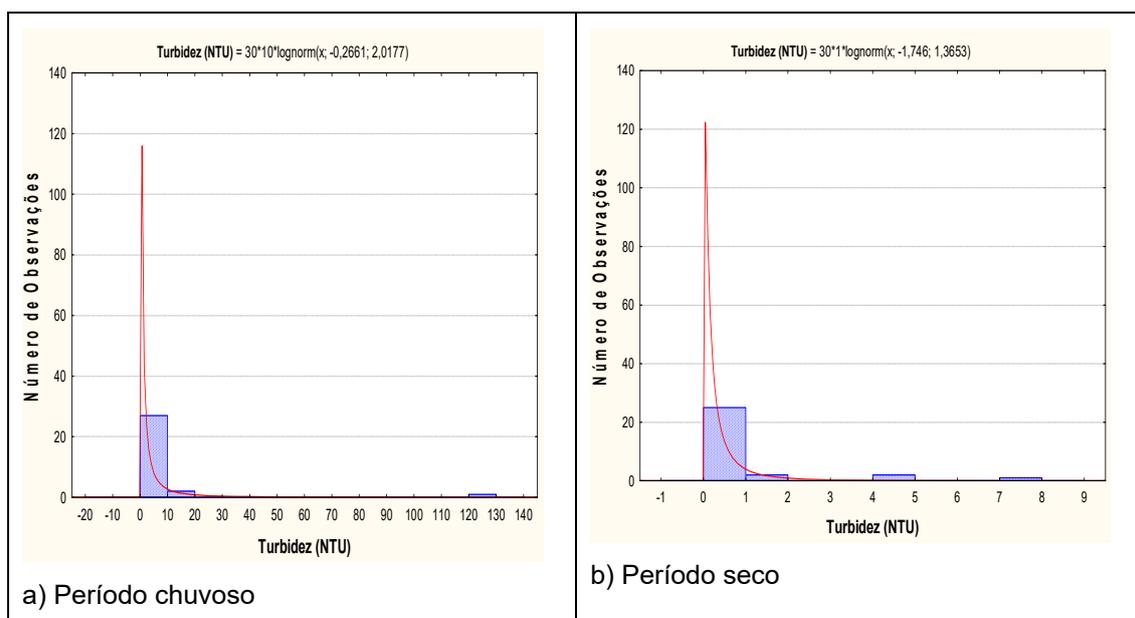
Os valores detectados pela estatística descritiva (**tabela 5.21**) variaram de 0,09 a 124 uT, com mediana de 0,57 no período chuvoso; enquanto que no período seco, se distribuíram entre 0,09 a 7,6 uT, com mediana de 0,09 uT. Na primeira campanha 23% (7/30) dos poços apresentaram valores acima do VMP de potabilidade da Portaria MS 2914/2011, ao passo que na segunda campanha, apenas 3,3% (1/30) dos poços ultrapassam os padrões.

**Tabela 5.21** – Estatística descritiva da Turbidez do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho 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	6,7	-1,7	15,14	0,57	0,09	124	22,6	4,13	5,16
Tu-2	30	0,74	0,09	1,38	0,09	0,09	7,6	1,731	0,316	3,04

Isso ocorre principalmente na época de cheias, onde a água da chuva que escoar 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.

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 5.22**) que os valores de turbidez estimados para o período chuvoso apresentam um ligeiro aumento 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.



**Figura 5.8** – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade da Turbidez das águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

**Tabela 5.22** – Distribuição de probabilidade da Turbidez do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho 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	0,766	0,140	0,058	0,028	0,012	0,007
Tu-2	0,174	0,055	0,030	0,018	0,011	0,007
Razão	4,39	2,54	1,90	1,50	1,15	0,96

### **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**) 33% (10/30) dos poços apresentaram valores de turbidez abaixo do limite de detecção de 0,1 uT; 23% (7/30) valores acima do VMP de 5 uT estabelecido pela Portaria MS 2914/2011; e os 67% (20/30) restantes são valores compreendidos entre 0,1 e 5,0 uT.

No período de estiagem (**figura 5.9b**) 70% (21/30) das análises obtiveram resultados de turbidez inferiores ao limite de detecção de 0,1 uT; 30% (9/30) 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.

Outro fator que justifica os elevados teores de turbidez nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, é a presença de ferro, haja vista que algumas das análises de ferro indicaram valores acima de 0,3 mg/L, ou seja, superiores ao VMP estabelecido pela Portaria MS 2914/2011.

As águas subterrâneas normalmente não apresentam problemas em relação a turbidez, porém, em alguns casos, águas ricas em íons Fe podem apresentar uma elevação de sua turbidez quando entram em contato com o oxigênio do ar (Narciso & Gomes, 2004), o que é plausível na área de estudo.

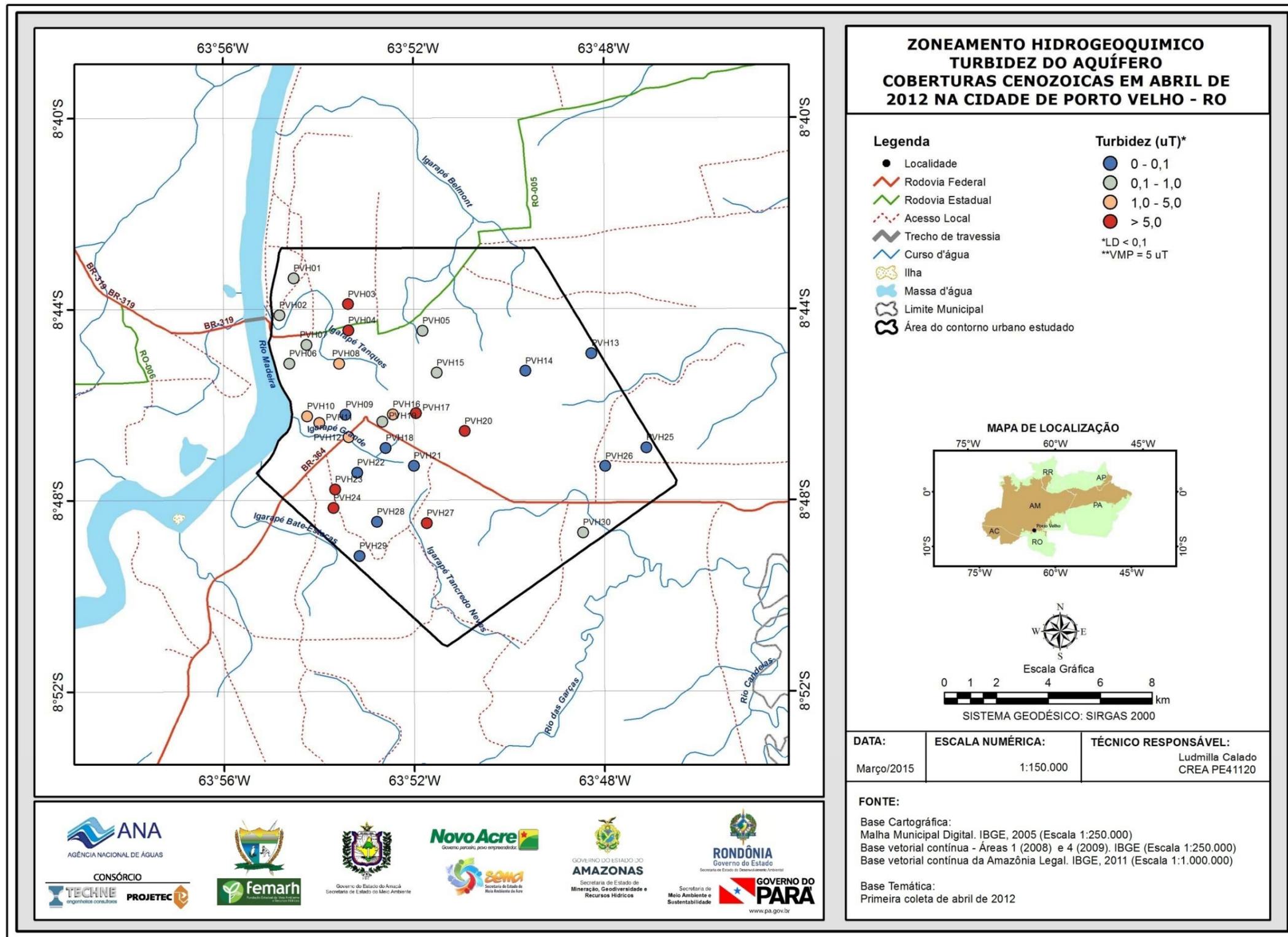


Figura 5.9a – Zoneamento da turbidez (uT) da água dos poços monitorados no Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

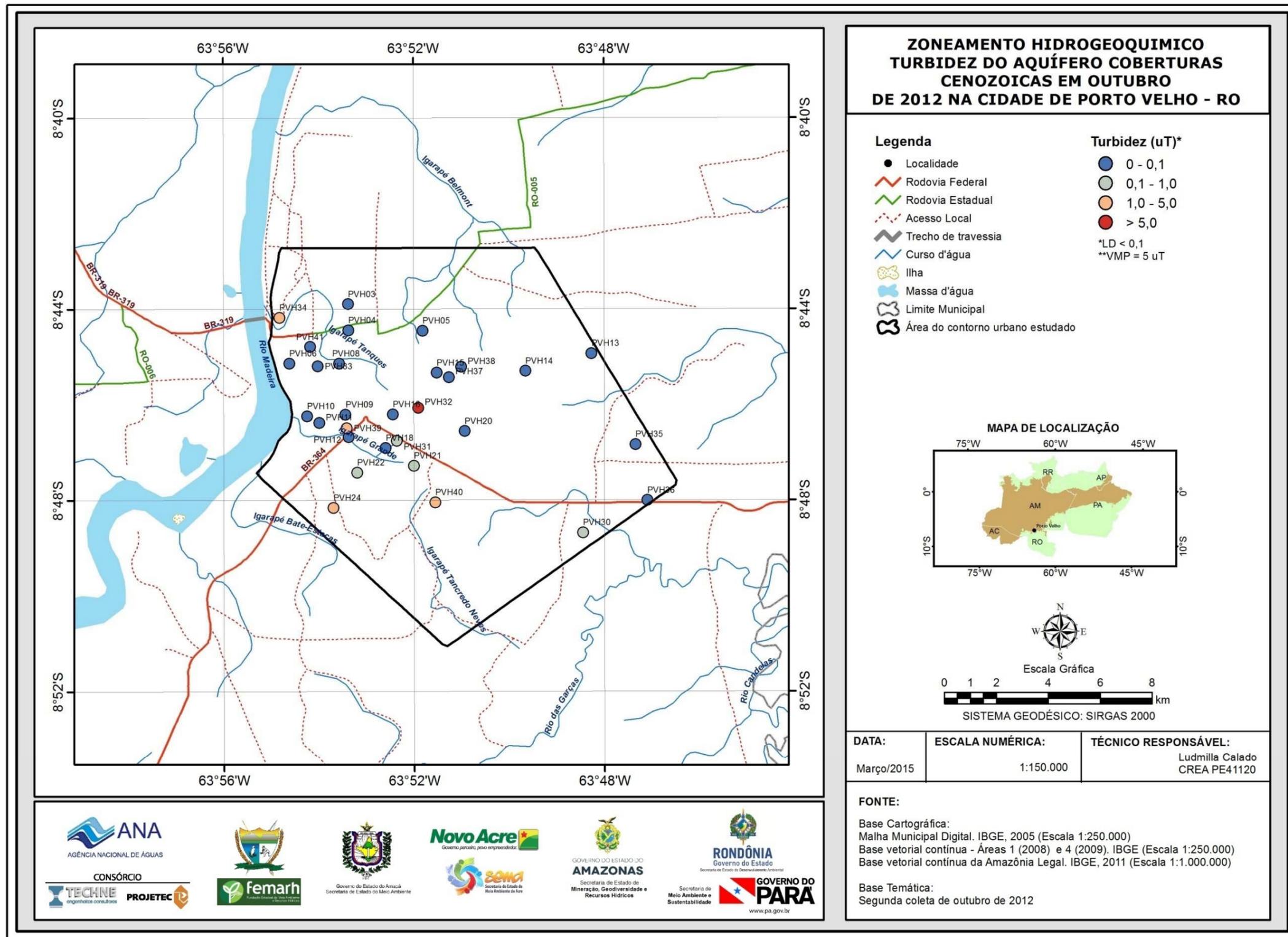


Figura 5.9b – Zoneamento da turbidez (uT) da água dos poços monitorados no Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período seco (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

### 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 das águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, de acordo com a estatística descritiva (**tabela 5.23**), variou no ano de 2012, de 8,9 a 369  $\mu\text{S/cm}$  no período chuvoso, com média de 77,85  $\mu\text{S/cm}$  e mediana de 60,5  $\mu\text{S/cm}$ . No período seco a variação entre o mínimo e o máximo foi de 11 a 214  $\mu\text{S/cm}$ , com média de 48,7  $\mu\text{S/cm}$  e mediana de 40,5  $\mu\text{S/cm}$ .

Os valores de condutividade elétrica obtidos em Porto Velho, em sua maioria, são baixos, haja vista que 93% e 97% dos poços, respectivamente, na primeira e segunda coleta apresentaram resultados inferiores a 200  $\mu\text{S/cm}$ . Isto é reflexo do clima da região amazônica, com alta incidência de chuvas, o que assegura a renovação constante das águas dos aquíferos e dos rios ali presentes.

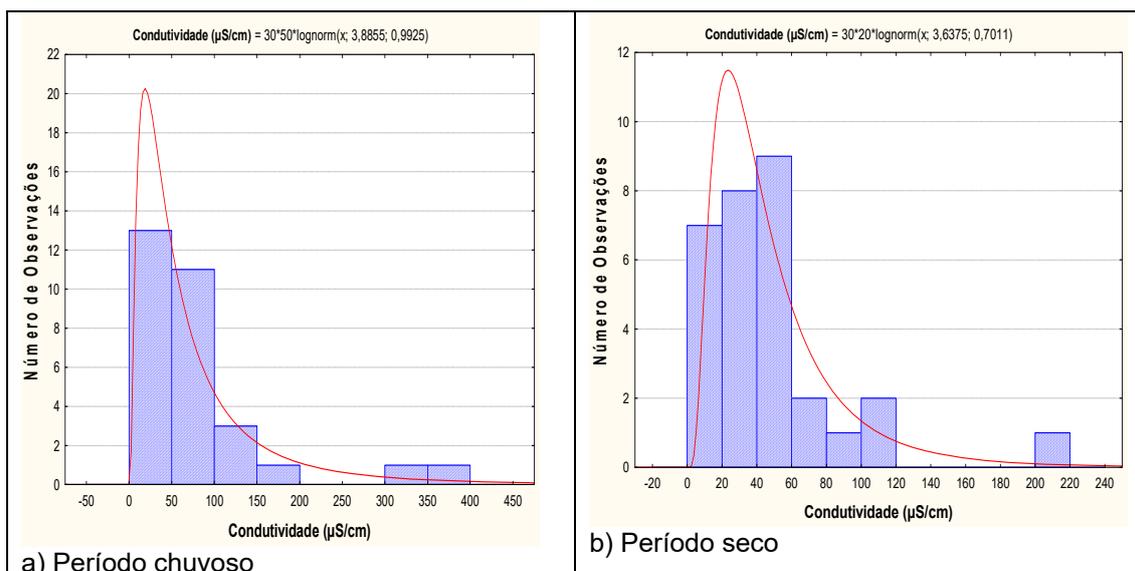
**Tabela 5.23** – Estatística descritiva da Condutividade Elétrica do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (CE-1) - abril de 2012 e no período seco (CE-2) – outubro de 2012.

CE	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
CE-1	30	77,85	45,8	109,9	60,5	8,9	369	85,86	15,68	2,30
CE-2	30	48,7	33,63	63,77	40,5	11	214	40,36	7,37	2,59

Os valores de CE acima de 200  $\mu\text{S/cm}$  encontrados no período chuvoso em 7% (2/30) das amostras e 3% (1/30) no período seco 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  $\mu\text{S/cm}$ ; água potável, quando a CE varia de 50 a 1.500  $\mu\text{S/cm}$ ; e água poluída, quando a CE é  $> 10.000 \mu\text{S/cm}$ . Nesse caso, as águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, em ambos os períodos de coleta, podem ser classificadas como potável.

Os histogramas de frequência da condutividade elétrica ilustrados na **figura 5.10** nos dois períodos de amostragem foram modelados por uma função de distribuição de probabilidade lognormal. Esse modelo de fdp revela um viés estatístico para CE com diferentes riscos, não sendo possível avaliar de modo conclusivo a influência da sazonalidade por meio da modelagem geoestatística (**tabela 5.24**). Sendo assim, com base nos dados de média e mediana observa-se que os valores de CE no período chuvoso são superiores aos do período seco, o que sugere influência da sazonalidade. Admite-se que isto seja resultante da percolação e lixiviação dos solos e horizontes superficiais, liberando íons e aumentando o STD em maior escala no período chuvoso.



**Figura 5.10** – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade da Condutividade Elétrica (CE) das águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Segundo Custodio & Llamas (1983), a condutividade elétrica da água constitui um parâmetro físico que corresponde à quantidade de íons dissolvidos em seu meio e varia com a temperatura, mobilidade e valência dos íons presentes. Este parâmetro está intrinsecamente correlacionado à geologia de cada localidade, ou seja, o arcabouço de rochas, minerais e sedimentos que constituem uma determinada região, os quais influenciarão diretamente os íons que vão compor as águas superficiais e subterrâneas. Na região amazônica, segundo Campos (2003), valores de condutividade elétrica compreendidos entre 10 a 40  $\mu\text{S/cm}$  são considerados como *background* regional das águas subterrâneas, de modo que valores acima deste padrão indicam influência antrópica na qualidade das águas subterrâneas.

Dessa forma, os resultados em Porto Velho são justificáveis, pois de acordo com o **item 5.1.11**, os solos provenientes das rochas cristalinas fornecem a maior quantidade de íons nas águas. Outro fator que pode contribuir para a elevação da condutividade elétrica é a ausência de esgotamento sanitário na área de estudo, haja vista que em ambos os períodos de coleta, foi verificada correlação significativa, entre as variáveis CE, STD e  $\text{SO}_4$ , como pode ser observado no **item 5.1.8**, o que sugere contaminação das águas subterrâneas a partir da infiltração do esgoto *in natura*.

**Tabela 5.24** – Distribuição de probabilidade da Condutividade Elétrica do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (CE-1) - abril de 2012 e no período seco (CE-2) – outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
CE-1	48,69	21,12	13,65	9,52	6,34	4,84
CE-2	38,00	21,06	15,47	11,99	9,00	7,44
Razão	1,28	1,002	0,88	0,79	0,70	0,65

### ***Zoneamento da 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 duas faixas de valores predominantes, de 0 a 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , seguida de 50 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nas duas campanhas, cobrindo praticamente toda a área. Em ambas as coletas, os valores mais altos, superiores a 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , se restringem a pontos isolados.

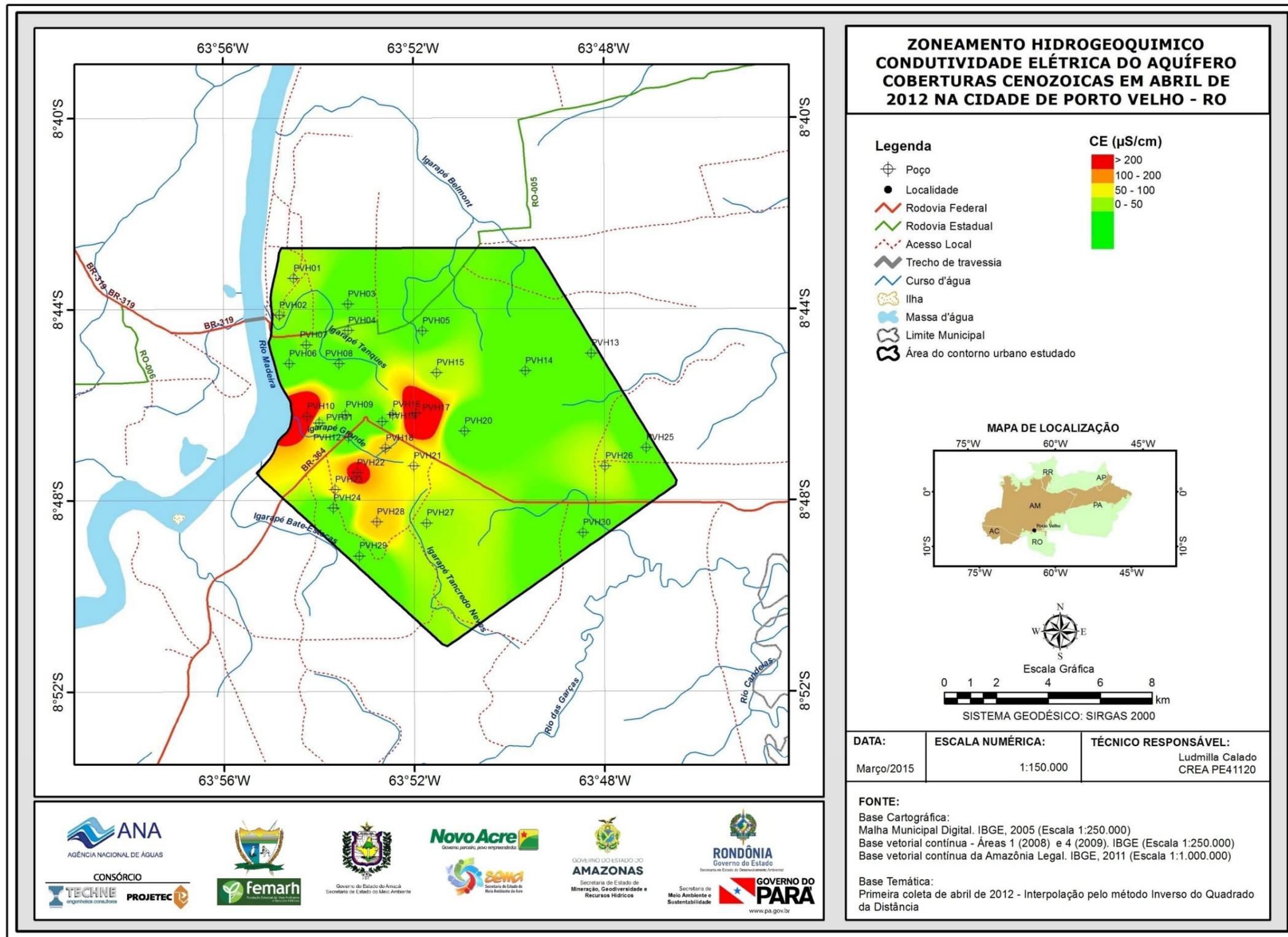


Figura 5.11a – Zoneamento da Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

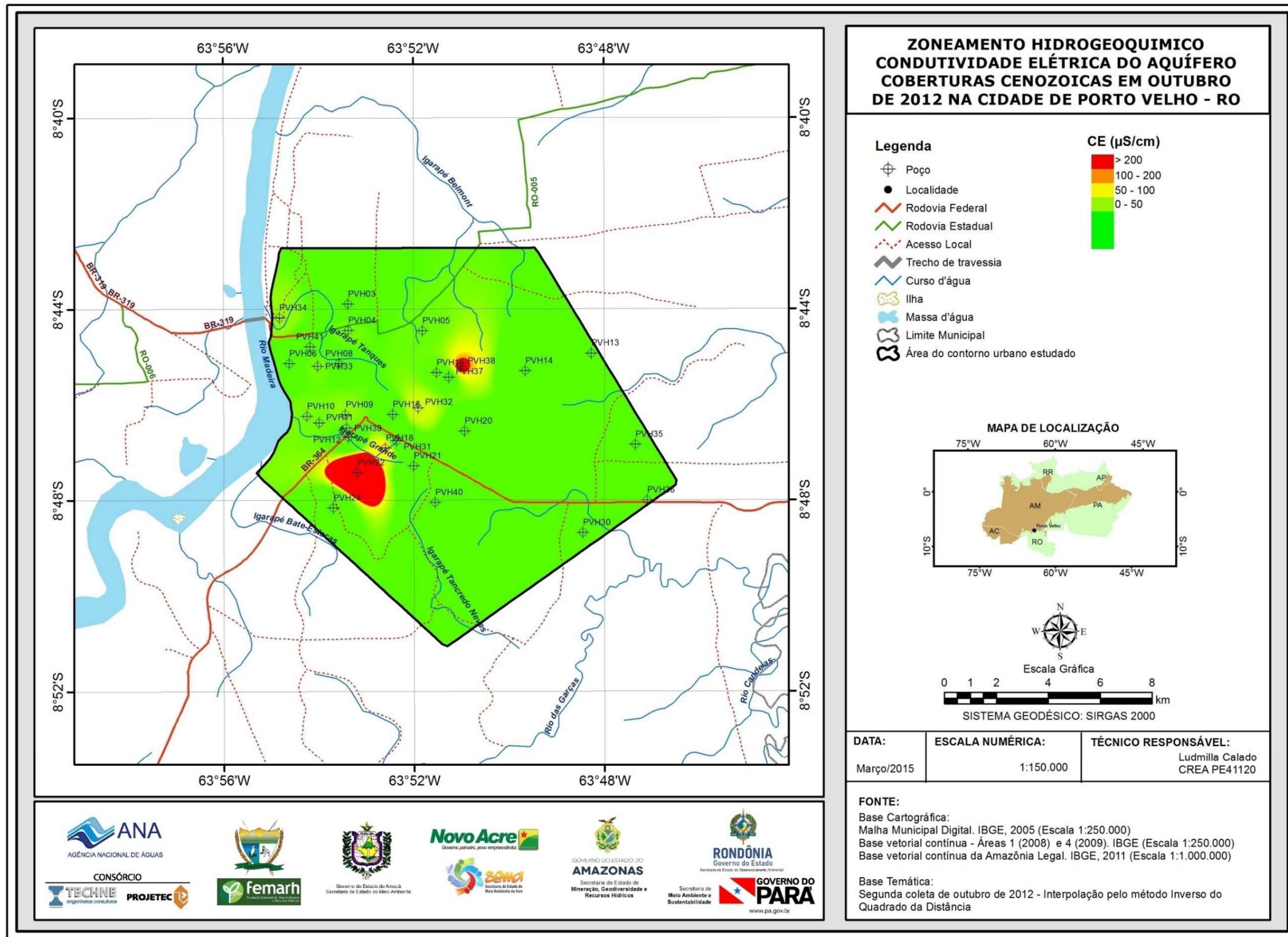


Figura 5.11b – Zoneamento da Condutividade Elétrica (µS/cm) das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período seco (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

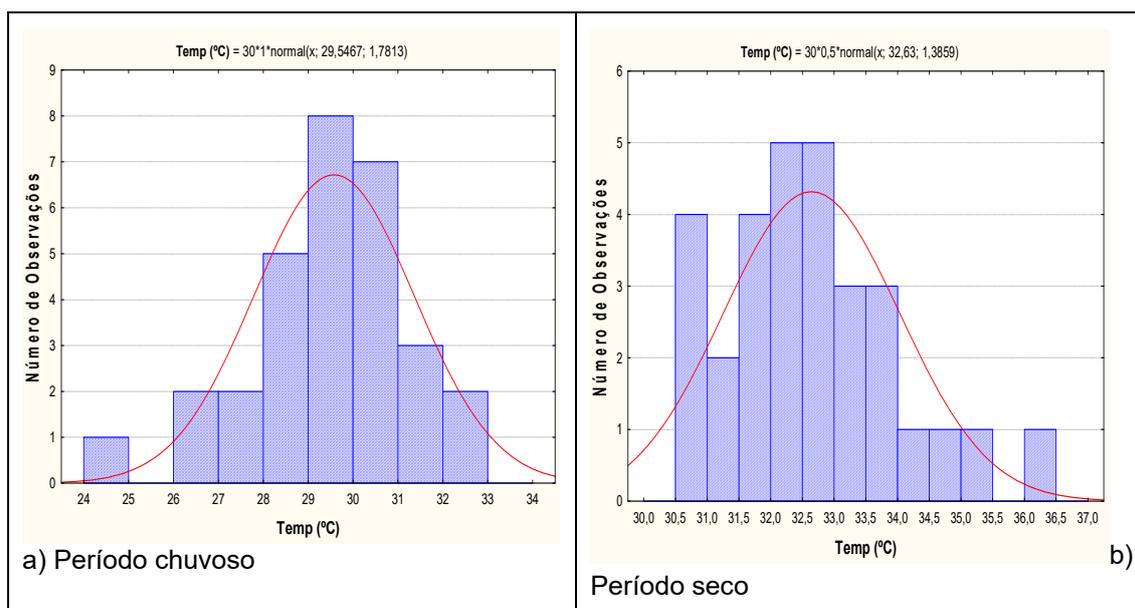
## 5.2.4 – Temperatura

A estatística descritiva da temperatura das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (**tabela 5.25**) indica que no período chuvoso a temperatura medida em campo das águas coletadas no aquífero variou de 24,9°C a 33°C. No período de estiagem as temperaturas foram mais altas, variando de 30,6°C a 36,3°C. A média e a mediana, no período chuvoso assumem praticamente o mesmo valor (29,5°C e 29,7°C) enquanto no período seco, assumem exatamente o mesmo valor (32,6°C), caracterizando uma distribuição normal, conforme mostram os histogramas da **figura 5.12**.

**Tabela 5.25** – Estatística descritiva da Temperatura (°C) do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho 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	29,5	29	30,2	24,9	33	1,8	0,3	-0,4
T-2	30	32,6	32,1	33,2	30,6	36,3	1,4	0,3	0,8

Os histogramas de frequência da temperatura das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, modelados por curvas normais de distribuição de probabilidade, são mostrados na **figura 5.12**.



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

Os resultados da modelagem apresentados na **tabela 5.26**, sugerem, que as temperaturas das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho são superiores no período de estiagem, e indicam efeito da sazonalidade, haja vista que a razão entre os valores das campanhas é inferior a 1 (um). Embora, a média registrada seja relativamente alta de 32,6°C, no período de estiagem, ela resulta de valores medidos efetivamente em campo.

**Tabela 5.26** – Distribuição de probabilidade do T(°C) no período chuvoso (T-1) - abril de 2012 e no período seco (T-2) – outubro de 2012.

P(x≥a)	0,5	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
T-1	29,5	28,0	27,3	26,6	25,9	25,4
T-2	32,6	31,5	30,9	30,4	29,8	29,4
Razão	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

### **Zoneamento da Temperatura**

A distribuição espacial da temperatura das águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho na cidade de Porto Velho no período chuvoso de abril de 2012, ilustrada na **figura 5.13a**, é caracterizada em quase toda a área por valores na faixa de 24°C até 30°C. No período seco, a classe mais frequente é a de 32 a 34°C (**figura 5.13b**).

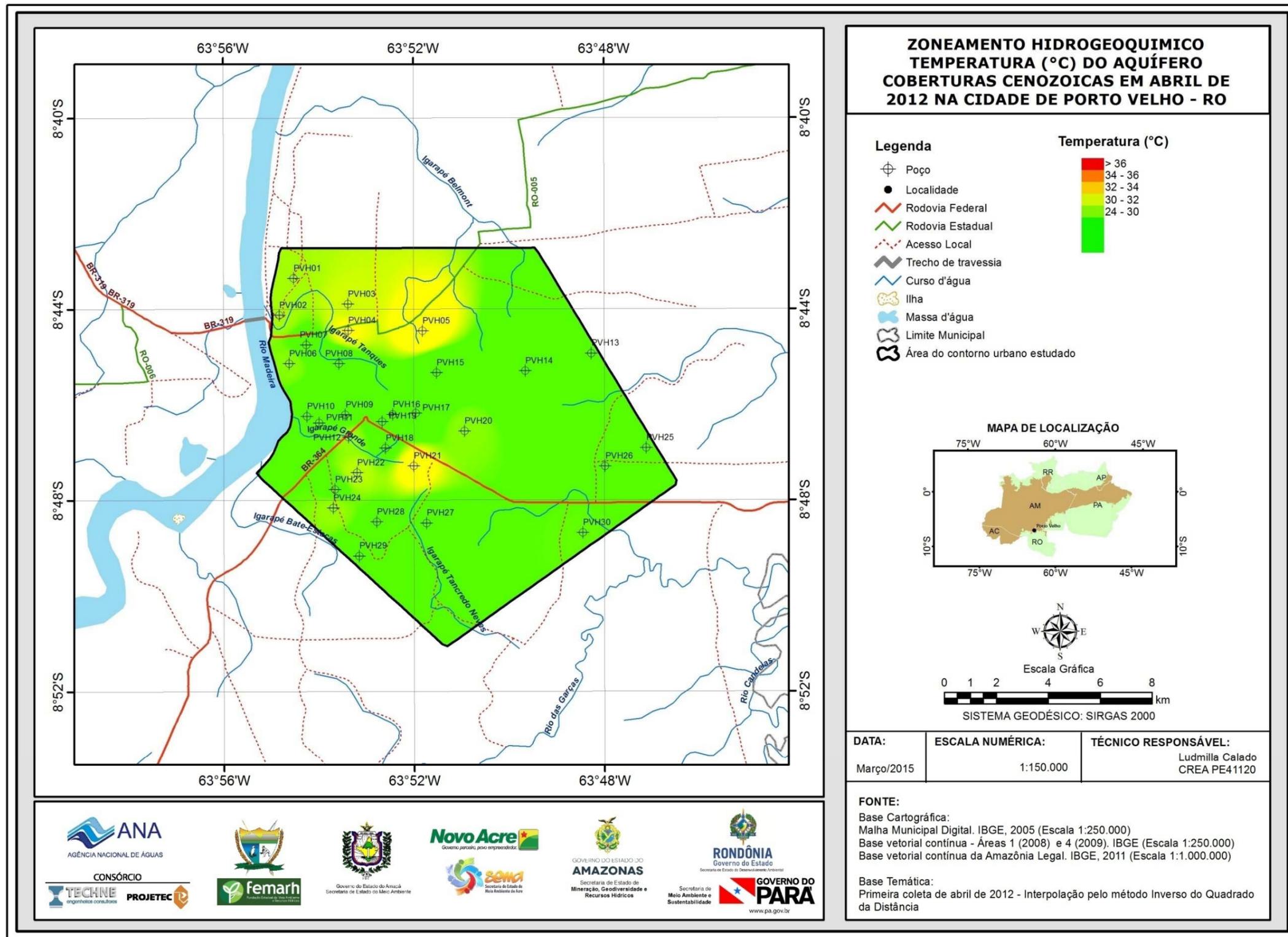


Figura 5.13a – Zoneamento da Temperatura (°C) das águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

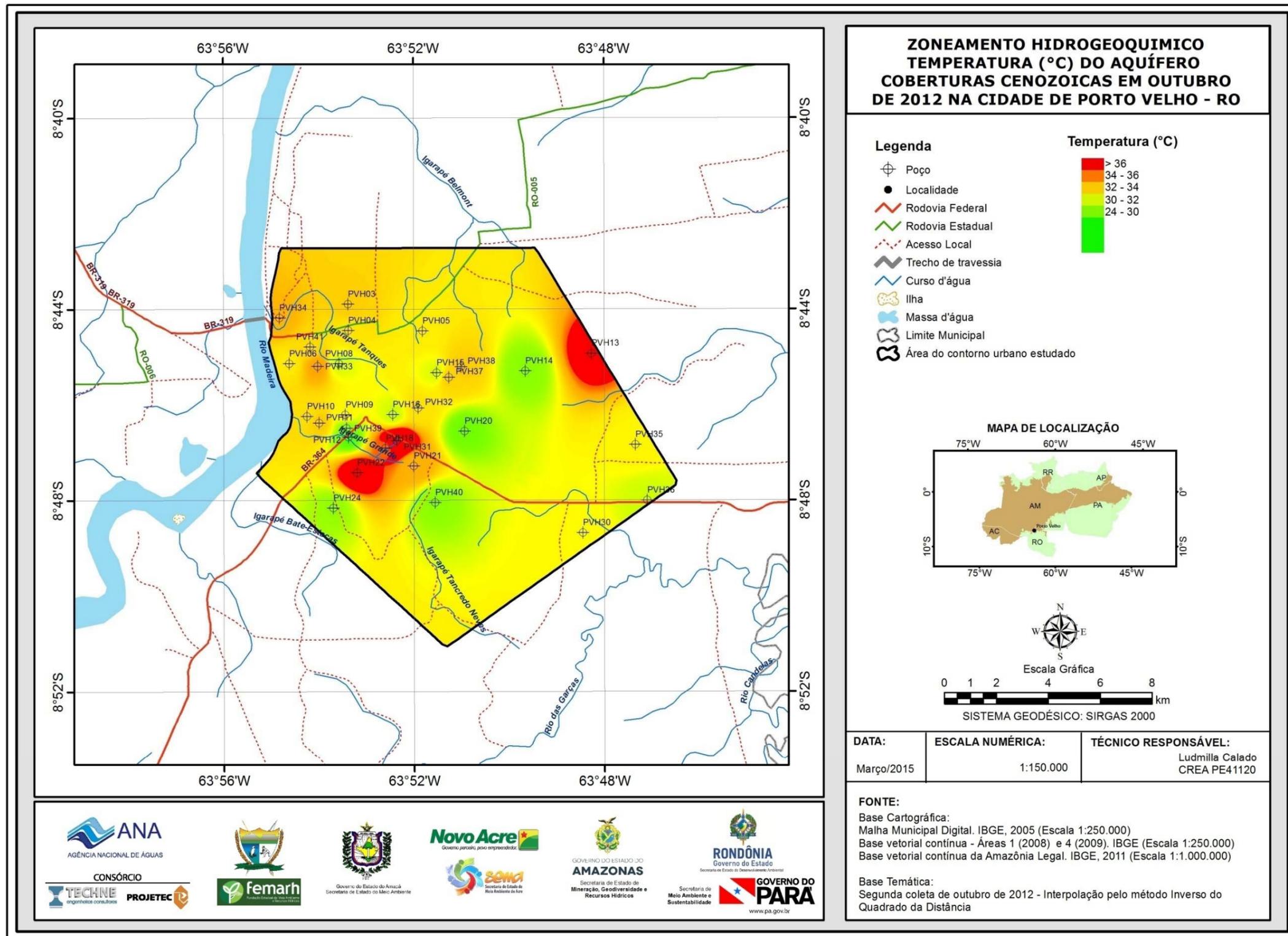


Figura 5.13b – Zoneamento da Temperatura (°C) das águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

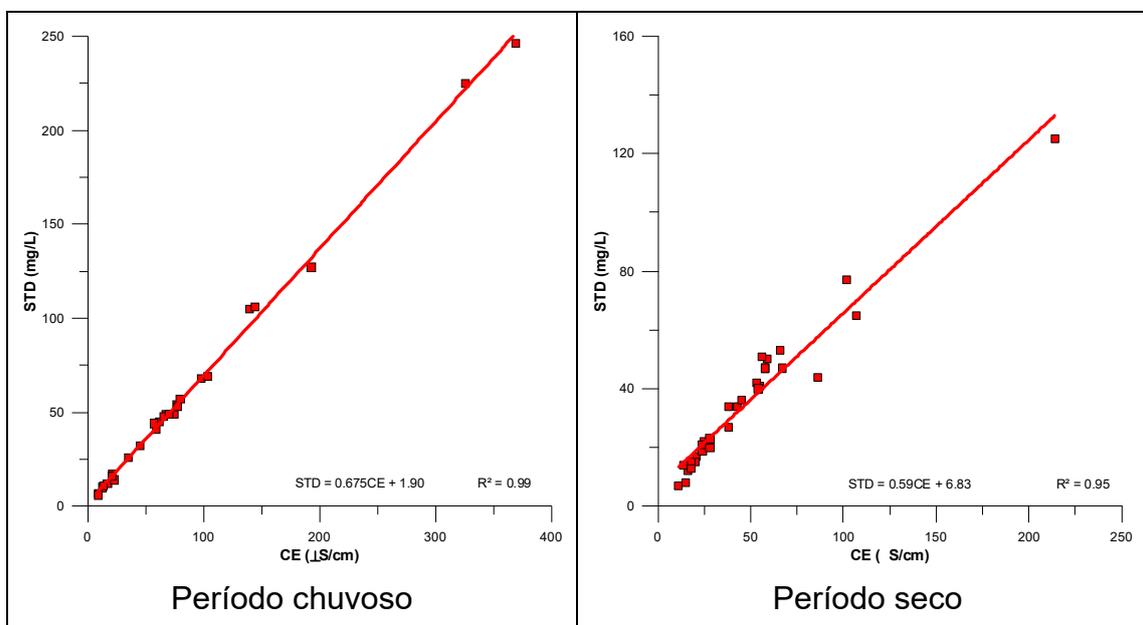
### 5.2.5 – Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho em Porto Velho, os dados desses parâmetros são apresentados na **tabela 5.27**.

**Tabela 5.27** – Valores de condutividade elétrica CE ( $\mu\text{S/cm}$ ) e sólidos totais dissolvidos STD (mg/L) no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho – RO na primeira e na segunda campanha de amostragem.

Abril de 2012			Outubro de 2012		
Poço	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	STD (mg/L)	Poço	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	STD (mg/L)
PVH01	75	49	PVH03	16	12
PVH02	62	45	PVH04	58	47
PVH03	35	26	PVH05	55	41
PVH04	68	49	PVH06	25	22
PVH05	45	32	PVH08	43	34
PVH06	13	10	PVH09	66	53
PVH07	59	41	PVH10	59	50
PVH08	17	12	PVH11	56	51
PVH09	57	44	PVH12	21	17
PVH10	326	225	PVH13	20	15
PVH11	66	48	PVH14	24	19
PVH12	21	16	PVH15	53	42
PVH13	9,2	7	PVH16	38	34
PVH14	21	16	PVH18	102	77
PVH15	77	54	PVH20	28	23
PVH16	78	53	PVH21	18	15
PVH17	369	246	PVH22	214	125
PVH18	140	105	PVH24	24	21
PVH19	21	17	PVH30	28	20
PVH20	21	16	PVH31	14	14
PVH21	98	68	PVH32	86	44
PVH22	193	127	PVH33	58	47
PVH23	103,5	69	PVH34	67	47
PVH24	14	11	PVH35	18	13
PVH25	23	14	PVH36	15	8
PVH26	80	57	PVH37	45	36
PVH27	70	49	PVH38	107	65
PVH28	144	106	PVH39	54	40
PVH29	8,9	6	PVH40	11	7
PVH30	21	16	PVH41	38	27

Na correlação linear estabelecida com os dados da **tabela 5.27**, os coeficientes angulares encontrados são, respectivamente, iguais a 0,675 no período chuvoso e 0,59 no período seco (**figura 5.14**). Isso demonstra que nas águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, existe uma forte correlação linear entre STD e CE, conforme revelam os valores dos coeficientes de determinação da regressão ( $R^2$ ), respectivamente iguais a 0,99 no período chuvoso e 0,95 no período de estiagem.



**Figura 5.14** – Relações entre a condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso (abril de 2012) e no período seco (outubro de 2012).

Os teores de STD nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, segundo a estatística descritiva mostrada na **tabela 5.28**, variam de 6 mg/L a 246 mg/L, no período chuvoso, com média de 54,5 mg/L e mediana de 44,5 mg/L. No período de estiagem, o mínimo observado foi de 7 mg/L e o máximo de 125 mg/L, com média de 35,5 mg/L e mediana de 34 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  $1.000.000 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ , indicando que as águas podem ser usadas para consumo humano, em relação a esse parâmetro.

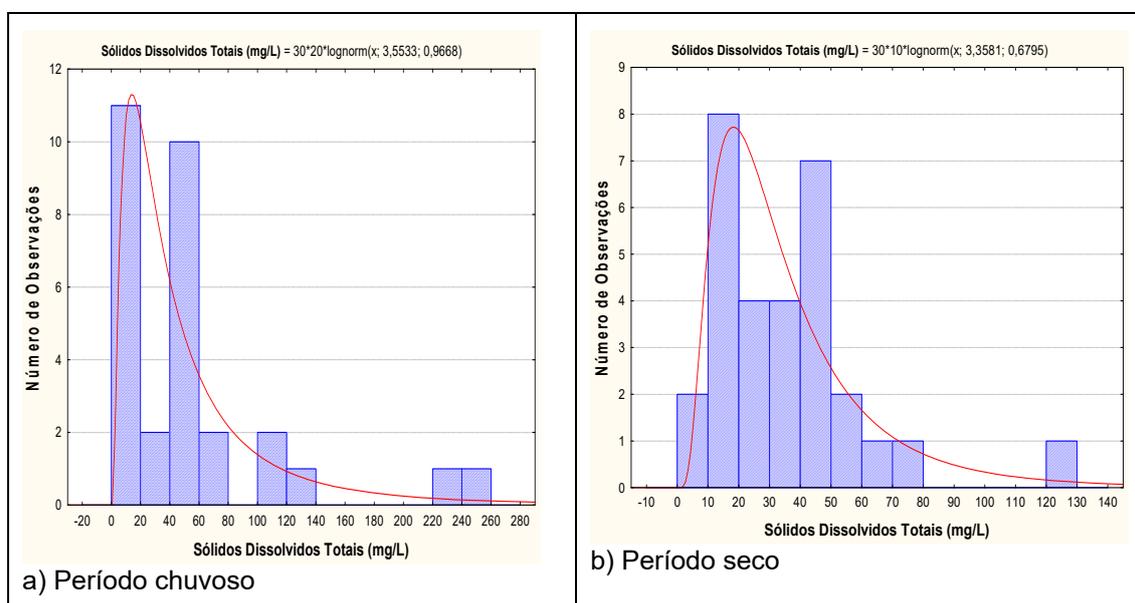
**Tabela 5.28** – Estatística descritiva dos Sólidos Totais Dissolvidos do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (STD-1) - abril de 2012 e no período seco (STD-2) – outubro de 2012.

STD	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
STD-1	30	54,5	32,8	76,1	44,5	6	246	58,0	10,6	2,2
STD-2	30	35,5	26,4	44,7	34	7	125	24,4	4,5	1,8

De modo geral, os valores de STD obtidos nas águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho são baixos, o que pode ser justificado pela constante renovação das águas associada à elevada precipitação na região, típica da floresta amazônica, e da influência do intemperismo químico, conforme descreve o **item 2.6**.

Os histogramas de frequência de STD ilustrados na **figura 5.15** nos dois períodos de amostragem foram modelados por funções de distribuição de probabilidade lognormal. Esse modelo de fdp revela um viés estatístico para STD com diferentes riscos, não sendo possível avaliar de modo conclusivo a influência da sazonalidade por meio da modelagem geoestatística (**tabela 5.29**). Dessa forma, com base nos dados de média e mediana considera-se que os valores de STD no período chuvoso são superiores aos de estiagem, o que sugere influência da sazonalidade.

Esse comportamento é justificável, uma vez que no período chuvoso o efeito da percolação e lixiviação dos solos e horizontes superiores é maior, liberando os íons e aumentando o STD.



**Figura 5.15** – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade dos Sólidos Totais Dissolvidos do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Além disso, 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, os teores de STD encontrados nas águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho também se devem 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.

**Tabela 5.29** – Distribuição de probabilidade dos Sólidos Totais Dissolvidos do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (STD-1) - abril de 2012 e no período seco (STD-2) – outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
STD-1	34,93	15,48	10,12	7,12	4,80	3,68
STD-2	28,73	16,22	12,03	9,40	7,12	5,91
Razão	1,22	0,95	0,84	0,76	0,67	0,62

### **Zoneamento de STD**

O zoneamento dos teores de sólidos totais dissolvidos (STD) nas águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso em abril de 2012 (**figura 5.16a**) e no período de estiagem em outubro de 2012 (**figura 5.16b**), revelam que o predomínio espacial é de águas na faixa de 0 a 50 mg/L e de 50 a 100 mg/L.

Valores acima desses limites ficam restritos a manchas isoladas na área de estudo, em ambas as campanhas.

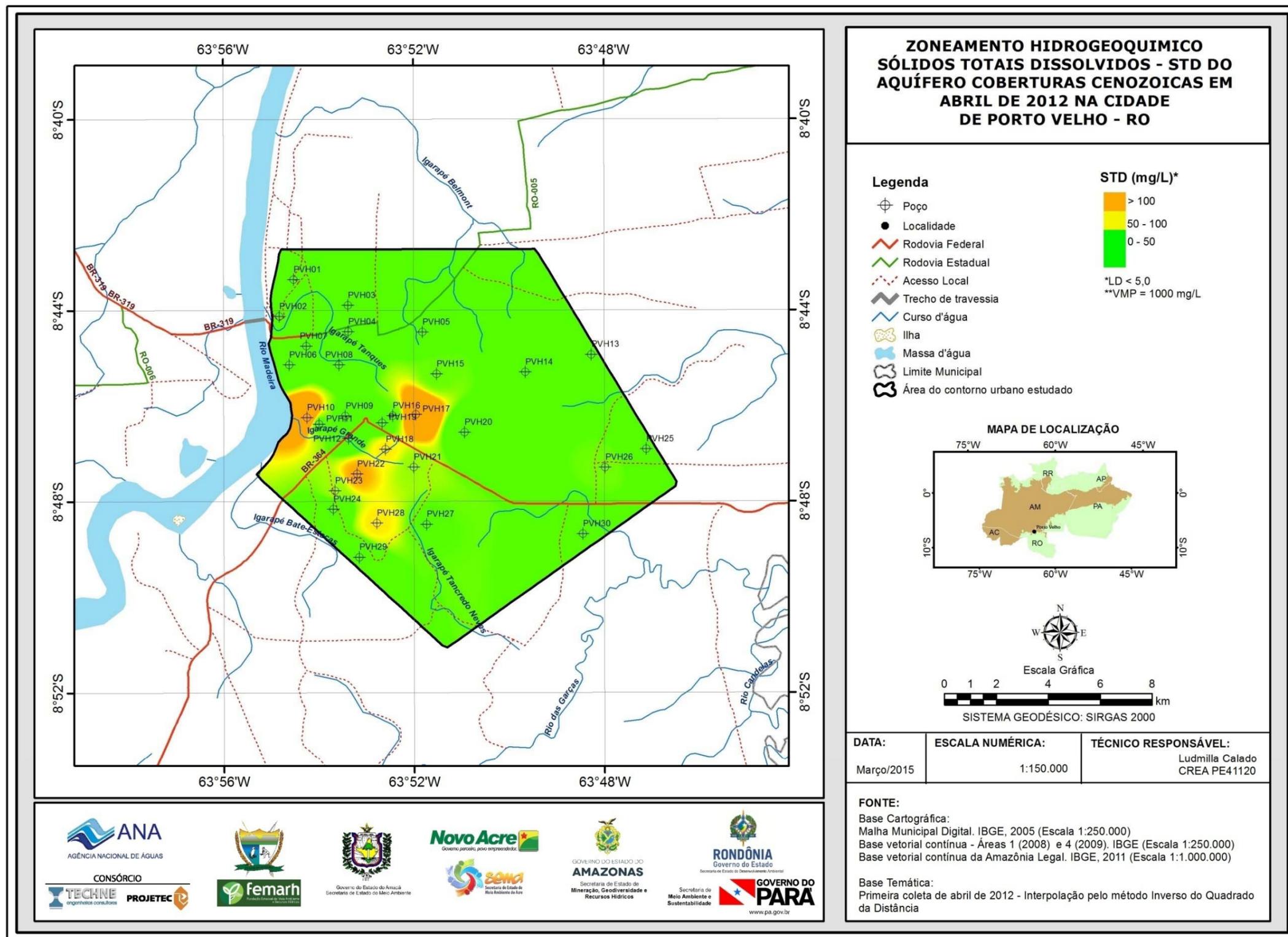


Figura 5.16a – Zoneamento de STD (mg/L) das águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

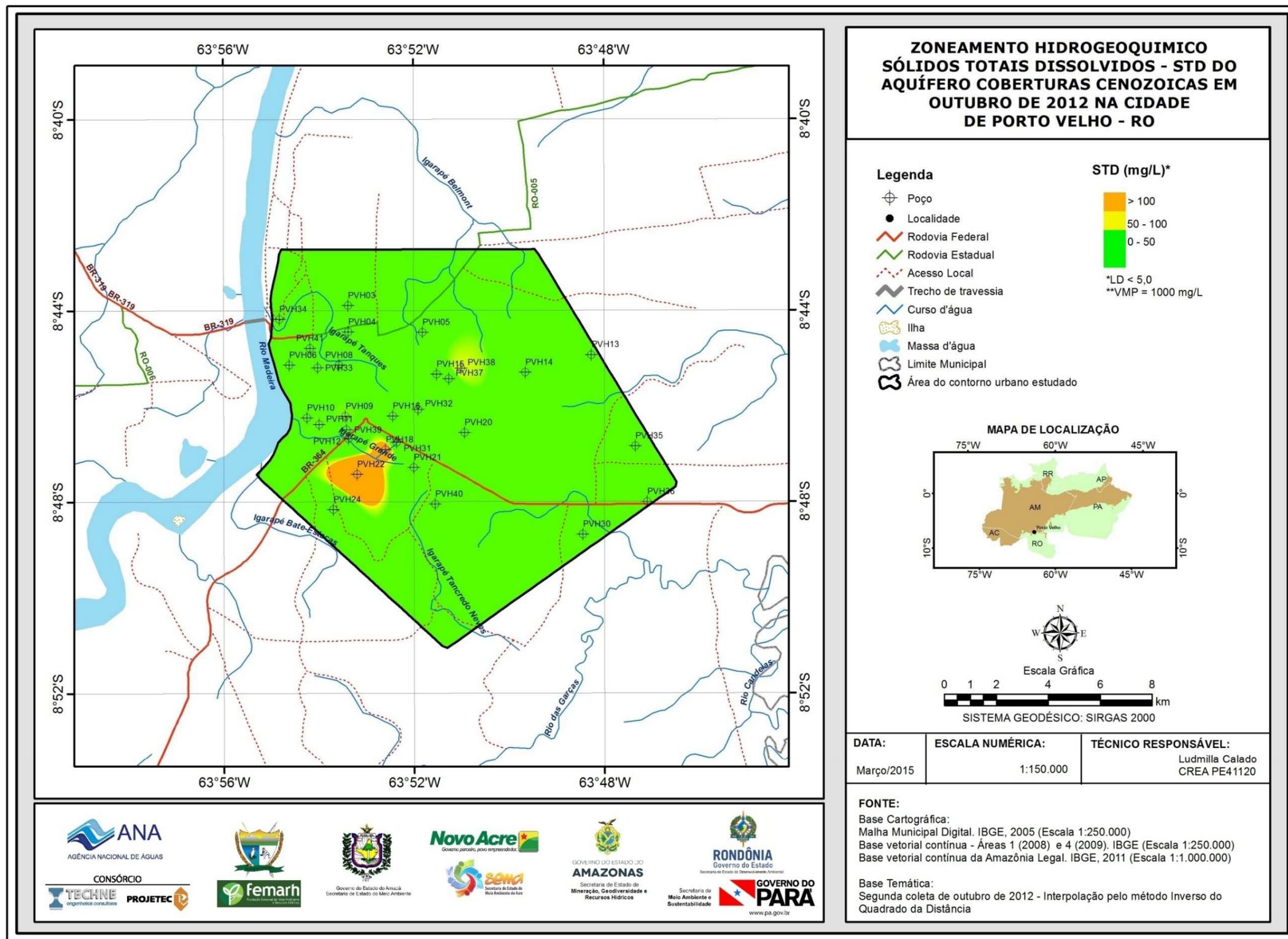


Figura 5.16b – Zoneamento de STD (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

### 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 Porto Velho para os 30 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 (**tabela 5.30**), nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho em Porto Velho, os valores de pH *in situ* encontrados no período chuvoso ficaram compreendidos entre 4,2 e 7,2, com média e mediana iguais a 5,5. No período seco, os valores oscilaram entre um mínimo de 3,0 e máximo de 6,3, com média e mediana iguais a 5,2.

**Tabela 5.30** – Estatística descritiva do pH *in situ* no período chuvoso – abril de 2012 (pH-1) e no período seco – outubro de 2012 (pH-2).

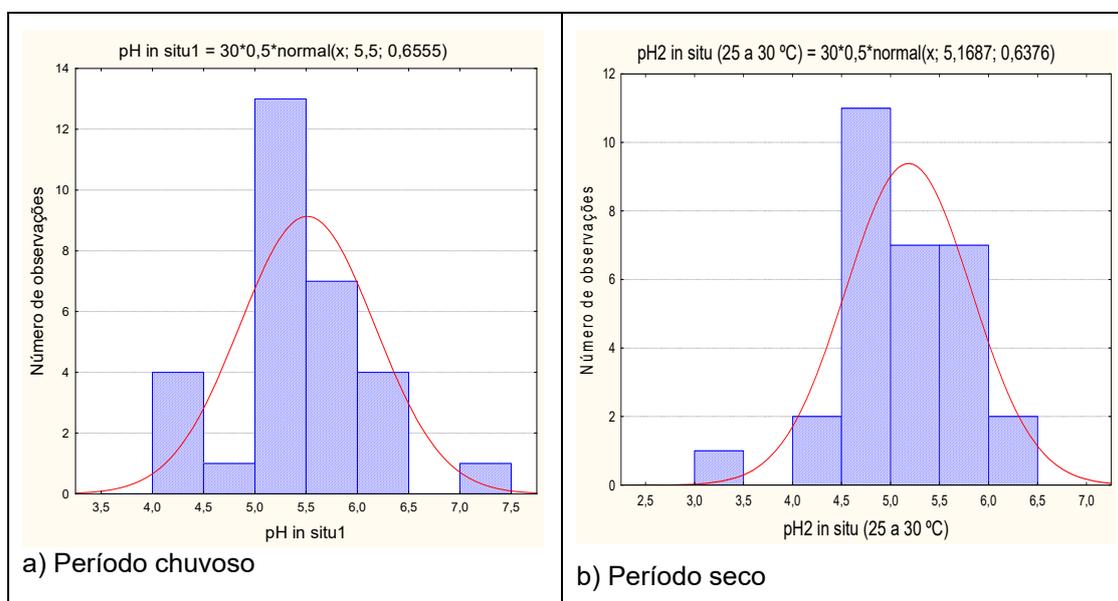
pH	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
pH-1	30	5,5	5,3	5,7	5,5	4,2	7,2	0,66	0,12	0,3
pH-2	30	5,2	4,9	5,4	5,2	3,0	6,3	0,63	0,11	-1,0

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

Na **tabela 5.31** são indicados com risco calculado, os valores estimados do pH *in situ* em Porto Velho 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 aumento da acidez no período seco, segundo o modelo adotado.

De acordo com Teixeira *et al.* (2000), isso ocorre porque a água da chuva é rica em O<sub>2</sub>, que interage com o CO<sub>2</sub> da atmosfera e adquire caráter ácido, e em contato com o solo, onde a respiração das plantas pelas raízes e a oxidação da matéria orgânica enriquecem o ambiente em CO<sub>2</sub>, diminuem ainda mais o seu pH. Por isso, as águas subterrâneas são mais ácidas no período seco.



**Figura 5.17** – Histogramas de frequência e curvas normais de distribuição de probabilidade do pH do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Essa tendência de aumento da acidez 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).

**Tabela 5.31** – Distribuição de probabilidade do pH *in situ* no período chuvoso – abril de 2012 (pH-1) e no período seco – outubro de 2012 (pH-2).

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
pH-1	5,46	4,94	4,69	4,49	4,27	4,14
pH-2	5,20	4,60	4,40	4,10	3,80	3,70
Razão	1,05	1,07	1,07	1,09	1,12	1,12

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

A distribuição espacial dos valores de pH *in situ*, no período chuvoso (**figura 5.18a**) e período seco (**figura 5.18b**), mostram que em ambas as campanhas de amostragem as águas se apresentaram predominantemente nas faixas de pH de 3 a 5, seguida de 5 a 6. Acima dessas faixas existem poucos valores que se distribuem pontualmente pela região. De modo geral, os valores de pH caracterizam as águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho como ácidas, cuja baixa concentração em espécies químicas é indicativa de serem elas provenientes de recargas recentes, condicionadas pelo clima da PHA.

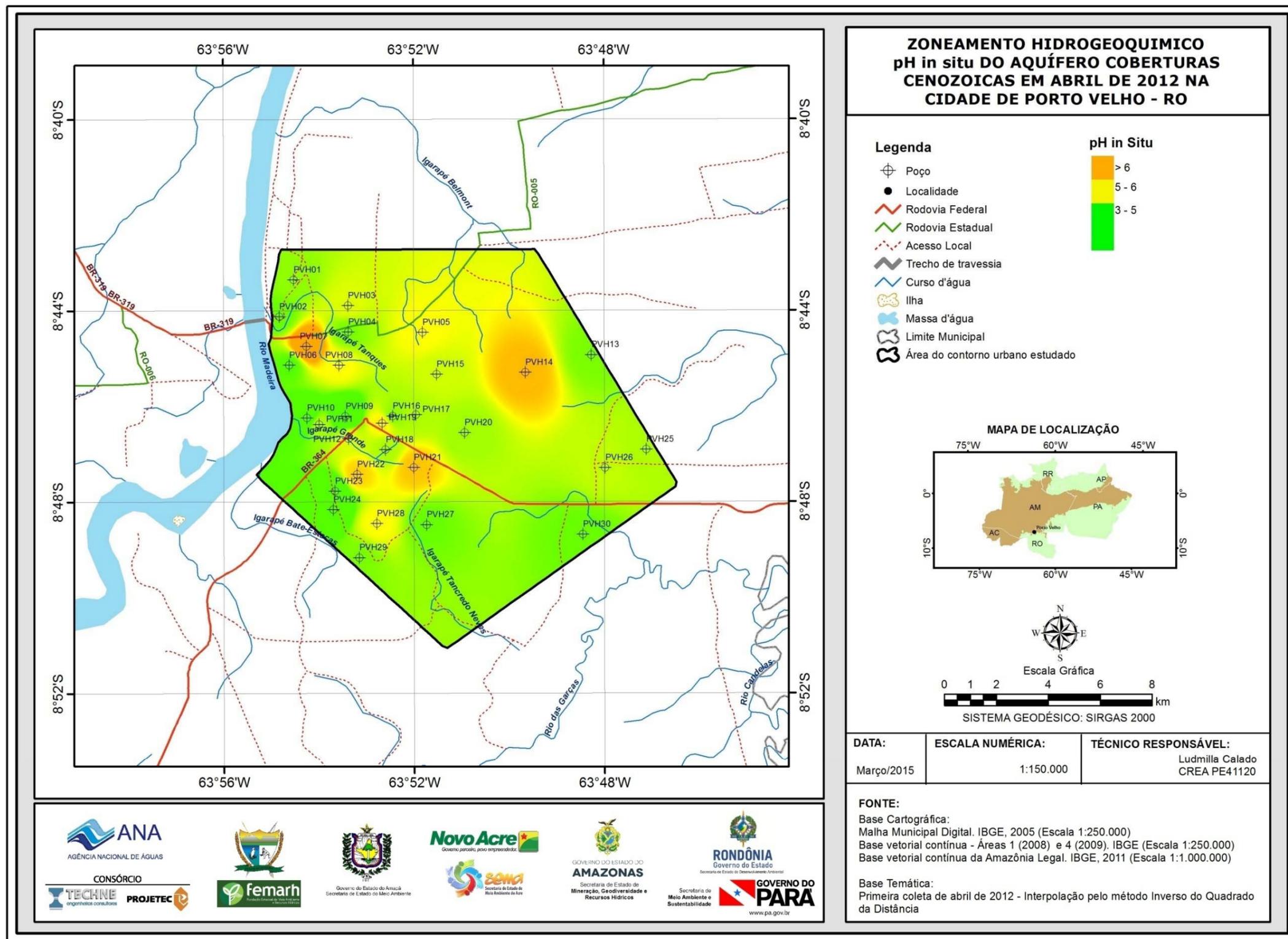


Figura 5.18a – Zoneamento do pH *in situ* das águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.



### 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.

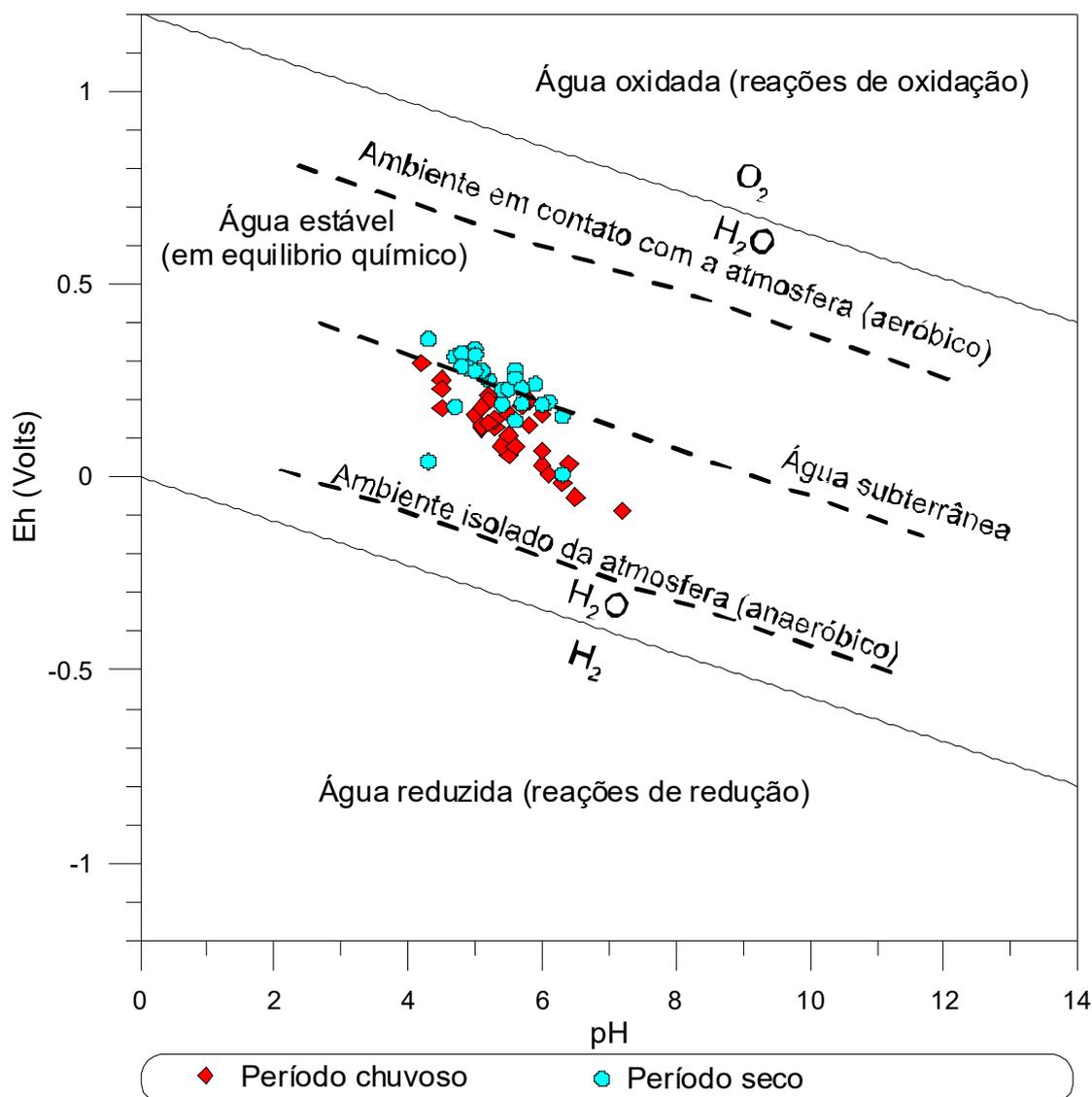
Em um diagrama de classificação das águas naturais sob diferentes condições Eh/pH (**figura 5.19**), a água da superfície ou da zona de aeração em contato com a atmosfera apresenta pE alto, onde o meio é oxidante e o ambiente aeróbico. Esse ambiente fica, portanto, na parte mais superior da zona de estabilidade 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho em Porto Velho, 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:  $Eh = -0,115 \text{ pH} + 0,751$  com  $R^2 = 0,71$
- No do período seco:  $Eh = -0,074 \text{ pH} + 0,633$  com  $R^2 = 0,24$

Embora o coeficiente de determinação do ajuste do período chuvoso seja razoável e indique uma correlação regular entre Eh e pH, o coeficiente do período seco é insignificante e mostra que não existe correlação significativa entre as medidas de pH e Eh efetuadas em campo. 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (Temperatura *in situ* variou de 25 a 36°C) nas duas campanhas de amostragem.

A estatística descritiva do Eh em Porto Velho, expressa na **tabela 5.32**, mostra que no período chuvoso os valores de Eh oscilaram entre -87,2 e 294,3 mV, com média de 119,92 mV e mediana igual a 133,55 mV. No período de estiagem os valores oscilaram entre 40 e 357 mV, com média de 252,7 mV e mediana de 271 mV.

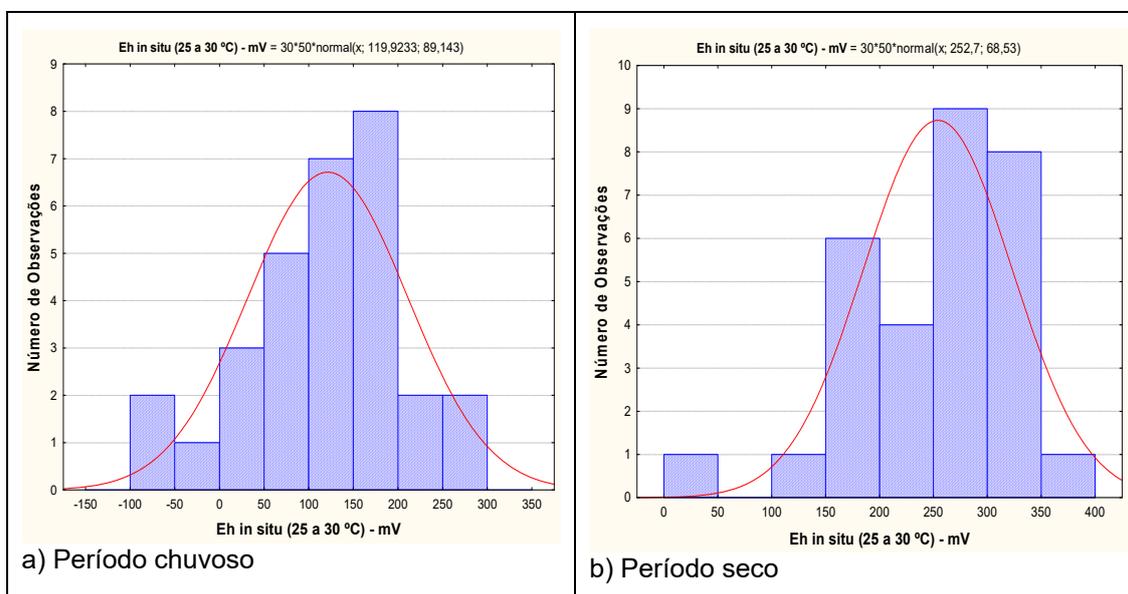
No período chuvoso, 90% (27/30) das amostras apresentaram resultados de Eh positivo, enquanto que no período de estiagem, 100% (30/30) das amostras obtiveram valores de Eh positivos, indicando que as águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, se encontram em condições oxidantes.

**Tabela 5.32** – Estatística descritiva do Eh no período chuvoso – abril de 2012 (Eh-1) e no período seco – outubro de 2012 (Eh-2), em Porto Velho – RO.

Eh (mV)	N	Média	Confiança 95%	Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
EH-1	30	119,92	86,6    153,21	133,55	-87,2	294,3	89,14	16,28	-0,44
EH-2	30	252,7	227,11    278,29	271	40	357	68,53	12,51	-1,07

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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, as diferenças de valores de Eh nas duas campanhas.

Os histogramas de frequência e as respectivas curvas de distribuição de probabilidade do Eh, modelados pela lei normal, são apresentados na **figura 5.20**. Na **tabela 5.33** são apresentados com risco calculado, os valores de Eh onde verifica-se que os valores do período de estiagem são superiores aos do período chuvoso, o que sugere influência da sazonalidade, haja vista que a razão entre as duas campanhas é inferior a 1 (um).



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

**Tabela 5.33** – Distribuição de probabilidade do Eh no período chuvoso – abril de 2012 (Eh-1) e no período seco – outubro de 2012 (Eh-2) em Porto Velho.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
EH -1	119,92	44,90	5,68	-26,70	-63,15	-87,45
EH -2	252,70	195,02	164,88	139,98	111,96	93,28
Razão	0,47	0,23	0,03	-0,19	-0,56	-0,94

Os resultados de Eh obtidos no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, 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 Porto Velho 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 do Eh**

Com base nos resultados obtidos, é possível verificar que os valores de Eh, no período chuvoso (**figura 5.21a**), 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, estão com uma baixa atividade de elétrons e, portanto, condições oxidantes.

Na primeira coleta observa-se que os valores negativos de Eh se restringem a pontos isolados, o que reflete pouquíssimas condições redutoras.

Os valores positivos de Eh na primeira coleta estão predominantemente distribuídos nas faixas de 0 a 100 e de 100 a 200 mV, enquanto que na segunda campanha, os valores se restringem em sua maioria, a faixa de 200 a 300 mV.

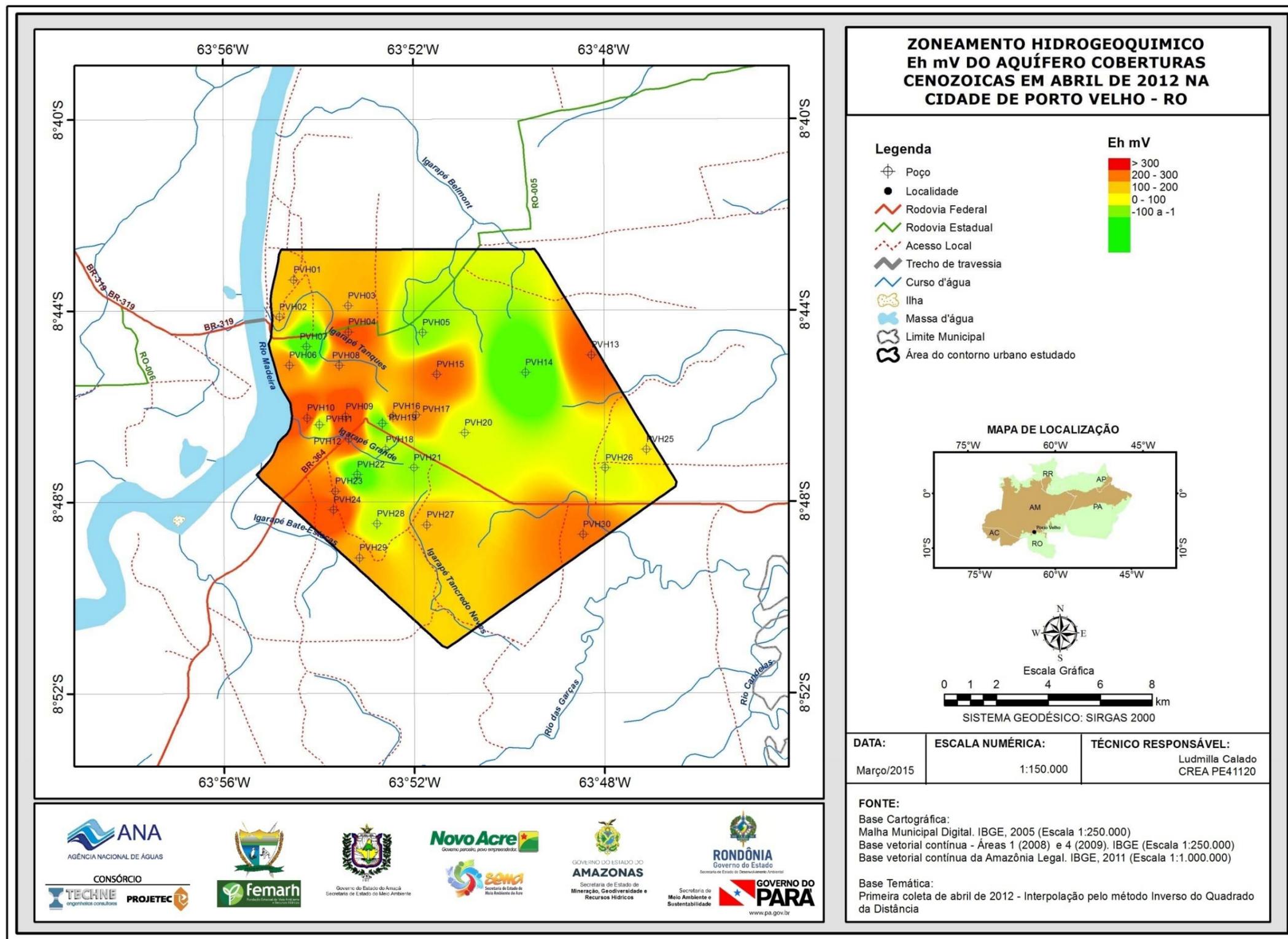


Figura 5.21a – Zoneamento do Eh (mV) das águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

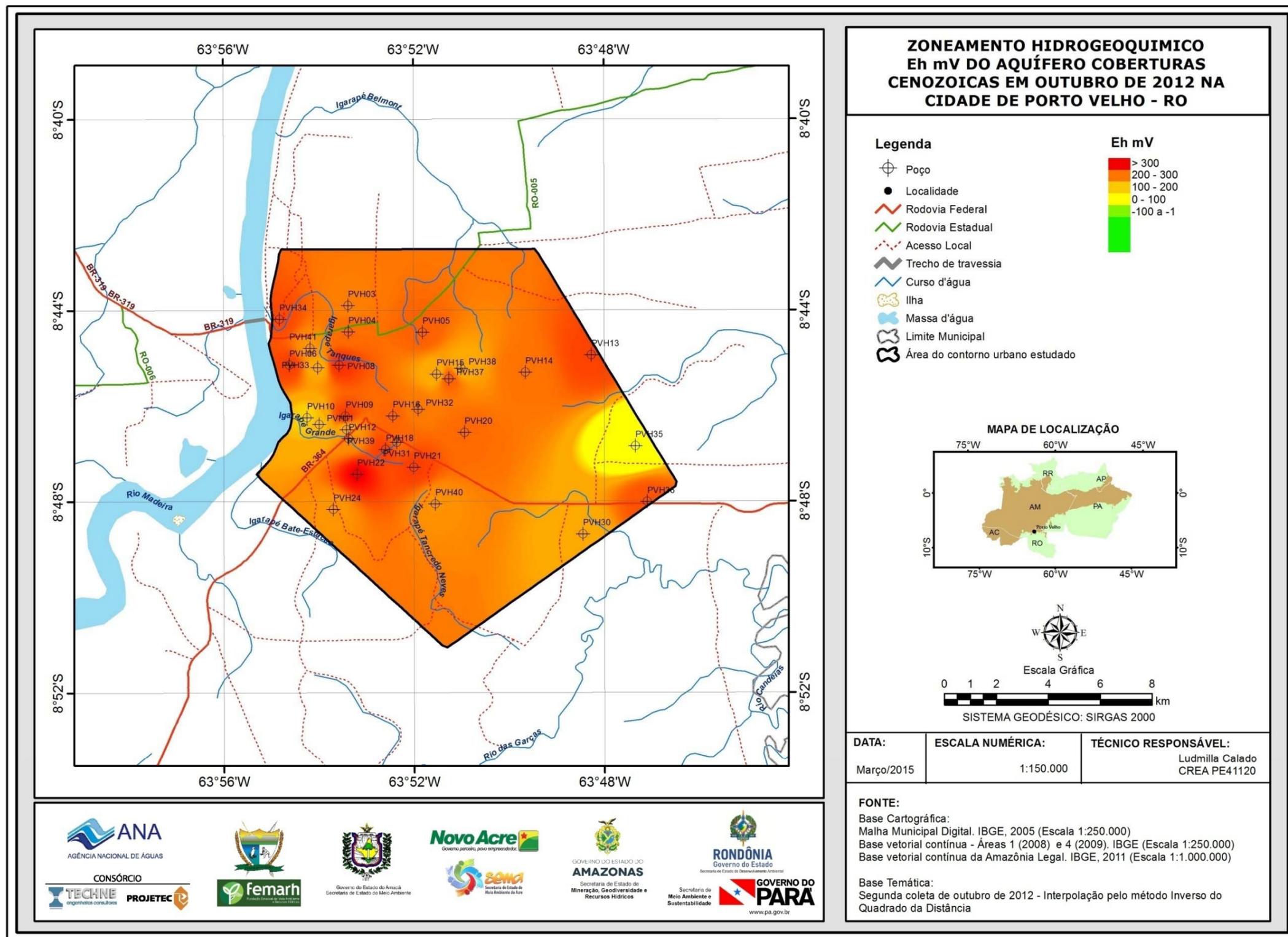


Figura 5.21b – Zoneamento do Eh (mV) das águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

## 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 5.34**) indica que os teores de sódio nas águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, variam entre 0,14 e 42,4 mg/L no período chuvoso, com média de 6,79 mg/L e mediana de 4,85 mg/L; no período de estiagem os teores estão compreendidos entre 0,14 e 33,53 mg/L, com média de 4,71 mg/L e mediana igual a 2,36 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 humanos.

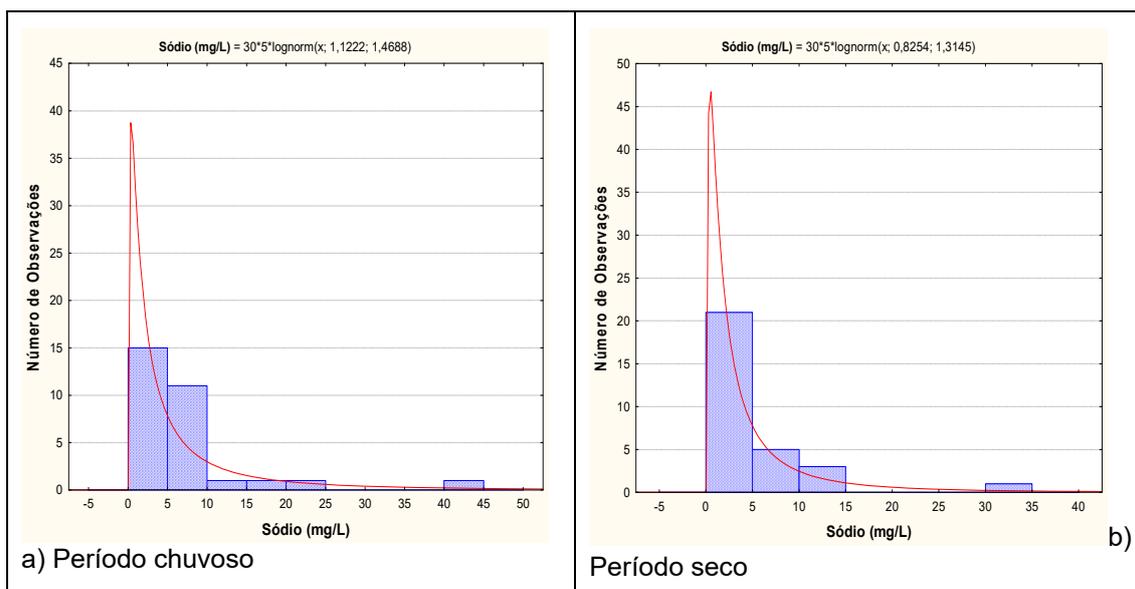
**Tabela 5.34** – Estatística descritiva do Sódio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Na-1) - abril de 2012 e no período seco (Na-2) – outubro de 2012.

Na	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Na-1	30	6,79	3,5	10,04	4,85	0,14	42,40	8,69	1,59	2,75
Na-2	30	4,71	2,29	7,14	2,36	0,14	33,53	6,50	1,19	3,27

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 histogramas de frequência dos teores de sódio ilustrados na **figura 5.22** nos dois períodos de amostragem foram modelados por funções 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 5.35**). 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.

Leprun *et al.* (1989), baseados em análises de águas de percolação de diferentes tipos de solos no estado de Rondônia, concluíram que o solo é a principal fonte de solutos nas águas e não a chuva. Ainda segundo os autores, após a chuva cair no solo e iniciar o processo de percolação das águas, estas entram em contato com os solos da região, os quais são quimicamente mais ricos, elevando os teores de cátions como  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ , especialmente no período chuvoso.



**Figura 5.22** – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade do Sódio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

**Tabela 5.35** – Distribuição de probabilidade de Sódio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho 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	3,072	0,892	0,468	0,274	0,150	0,101
Na-2	2,283	0,755	0,424	0,263	0,153	0,107
Razão	1,35	1,18	1,10	1,04	0,98	0,94

### **Zoneamento do Sódio**

A distribuição dos teores de sódio nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, no período chuvoso de abril de 2012 (**figura 5.23a**) e seco de outubro de 2012 (**figura 5.23b**), revelam que há um predomínio de valores compreendidos no intervalo de 0 a 5 mg/L, e de 5 a 10 mg/L. Os teores acima dessas faixas estão dispersos pela área de estudo em manchas isoladas.

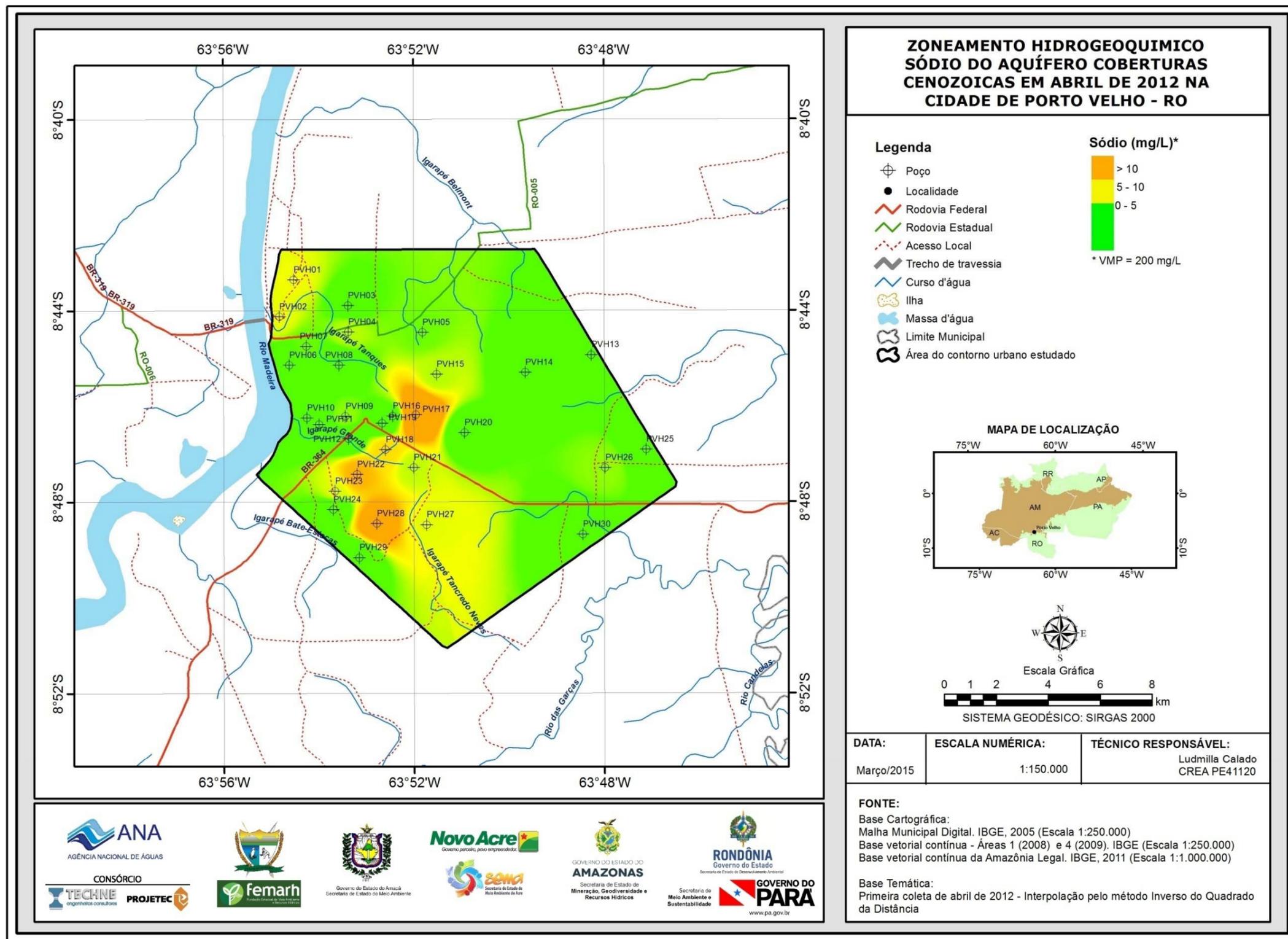


Figura 5.23a – Zoneamento de Sódio (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.



### 5.2.8.2 - Potássio

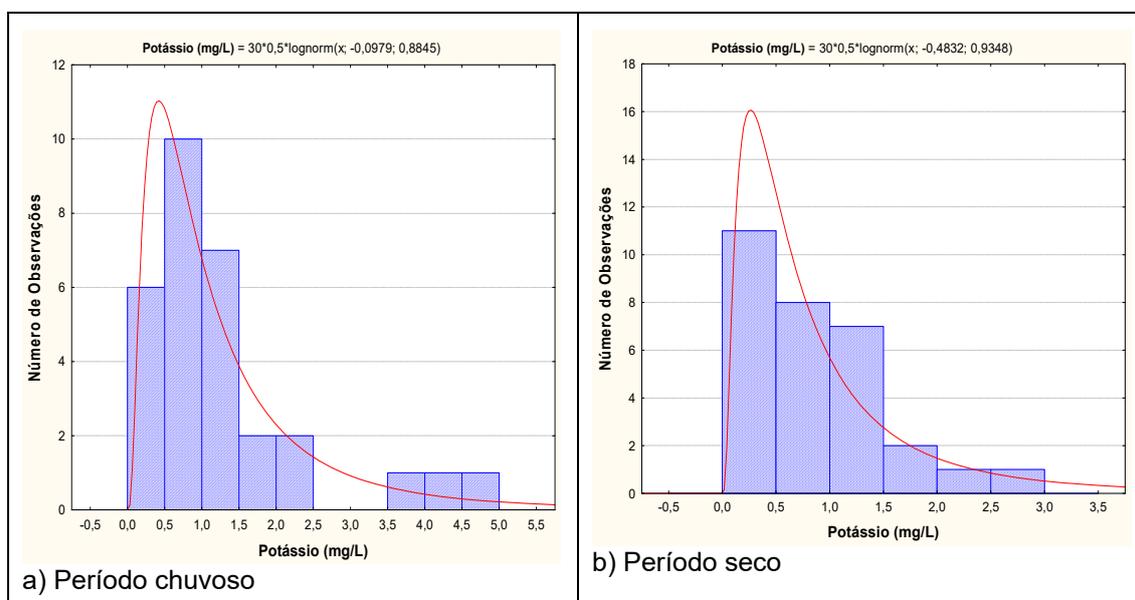
A **tabela 5.36** mostra a estatística descritiva dos teores de potássio no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho em Porto Velho. No período chuvoso as concentrações de potássio medidas nos 30 poços oscilaram entre 0,13 e 4,60 mg/L com média de 1,28 mg/L e mediana de 0,98 mg/L. No período de estiagem, a variação foi de 0,08 a 2,90 mg/L, com média de 0,87 mg/L e mediana igual a 0,76 mg/L.

**Tabela 5.36** – Estatística descritiva do Potássio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho 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	1,28	0,90	1,70	0,98	0,13	4,60	1,13	0,21	1,89
K-2	30	0,87	0,62	1,13	0,76	0,08	2,90	0,68	0,12	1,16

De acordo com Celligoi (1999), o potássio tem pouca mobilidade geoquímica nas águas doces e é raramente encontrado em concentrações iguais ou maiores que o sódio. Essa afirmação é plausível na área de estudo, haja vista que as águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho são predominantemente doces, onde os teores de STD em ambas as campanhas são inferiores a 1.000 mg/L, assim como, a maioria dos teores de potássio estão abaixo dos valores de sódio encontrados.

A modelagem dos histogramas de frequência da **figura 5.24** por funções de distribuição de probabilidade permitiu avaliar com risco calculado os valores estimados das concentrações de potássio para o período chuvoso e para o período de estiagem.



**Figura 5.24** – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade do Potássio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Os valores apresentados na **tabela 5.37** mostram que os teores de potássio são maiores no período chuvoso, indicando que existe influência da sazonalidade no tocante às concentrações de potássio na cidade de Porto Velho, haja vista que a razão entre as duas campanhas é superior a 1 (um).

Leprun *et al.* (1989), baseados em análises de águas de percolação de diferentes tipos de solos no estado de Rondônia, concluíram que o solo é a principal fonte de solutos nas águas e não a chuva. Ainda segundo os autores, após a chuva cair no solo e iniciar o processo de percolação das águas, estas entram em contato com os solos da região, os quais são quimicamente mais ricos, elevando os teores de cátions como  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ , especialmente no período chuvoso.

**Tabela 5.37** – Distribuição de probabilidade do Potássio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (K-1) - abril de 2012 e no período seco (K-2) – outubro de 2012.

P(x>a)	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
K-1	0,907	0,431	0,292	0,212	0,147	0,116
K-2	0,617	0,281	0,186	0,133	0,090	0,070
Razão	1,47	1,53	1,57	1,60	1,63	1,65

Tais resultados são coerentes, pois 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 0,08 e 4,6 mg/L, respectivamente.

Os baixos teores de potássio também 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.

### **Zoneamento do Potássio**

A distribuição espacial dos teores de potássio nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, no período chuvoso de abril de 2012 (**figura 5.25a**) e no período seco de outubro de 2012 (**figura 5.25b**), demonstra um predomínio nas faixas de 0 a 0,5 e de 0,5 a 2 mg/L na área de estudo. As concentrações de potássio acima dessas classes, em ambas as campanhas, se encontram dispersas em manchas pontuais.

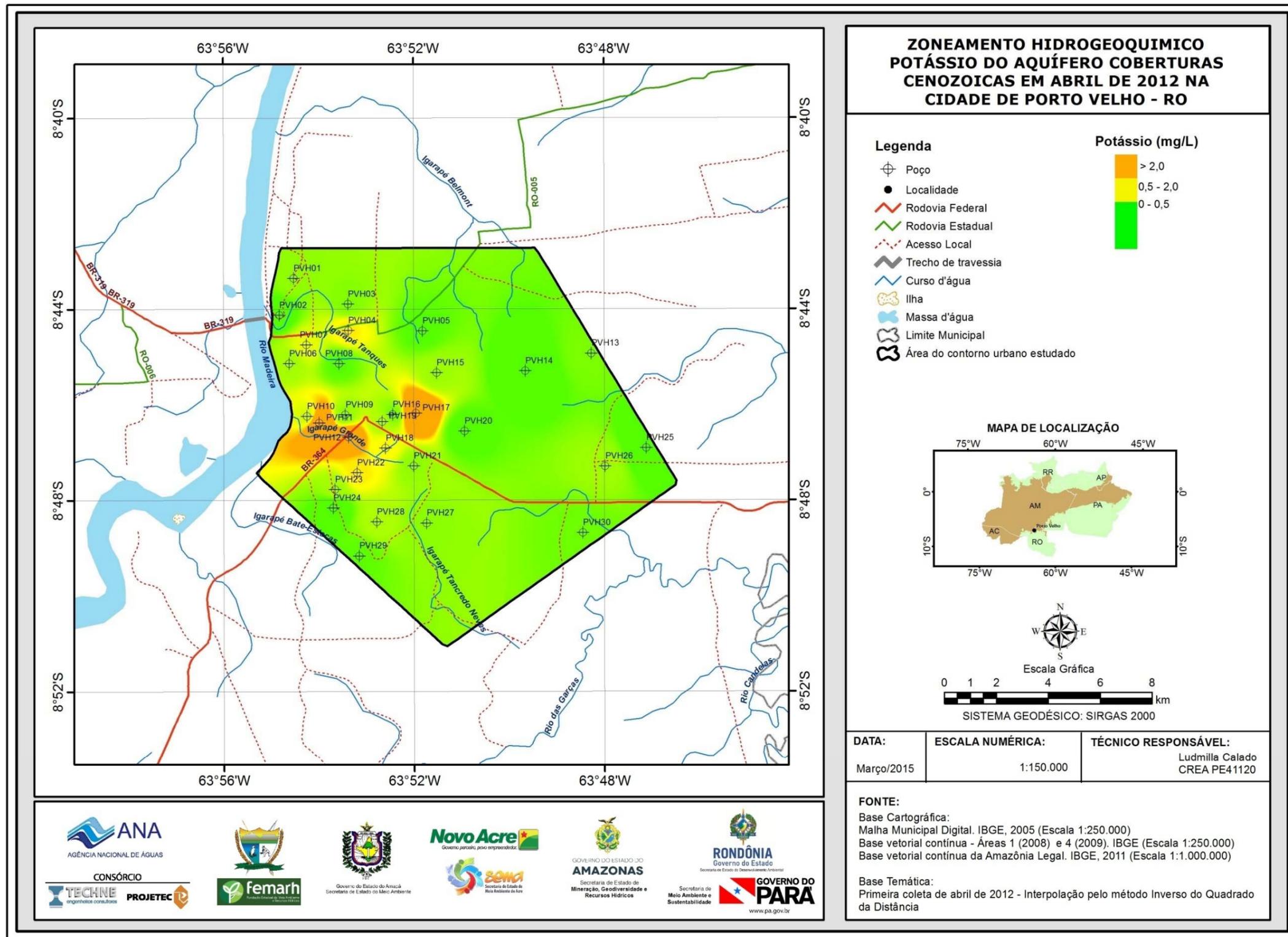


Figura 5.25a – Zoneamento de Potássio (mg/L) das águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

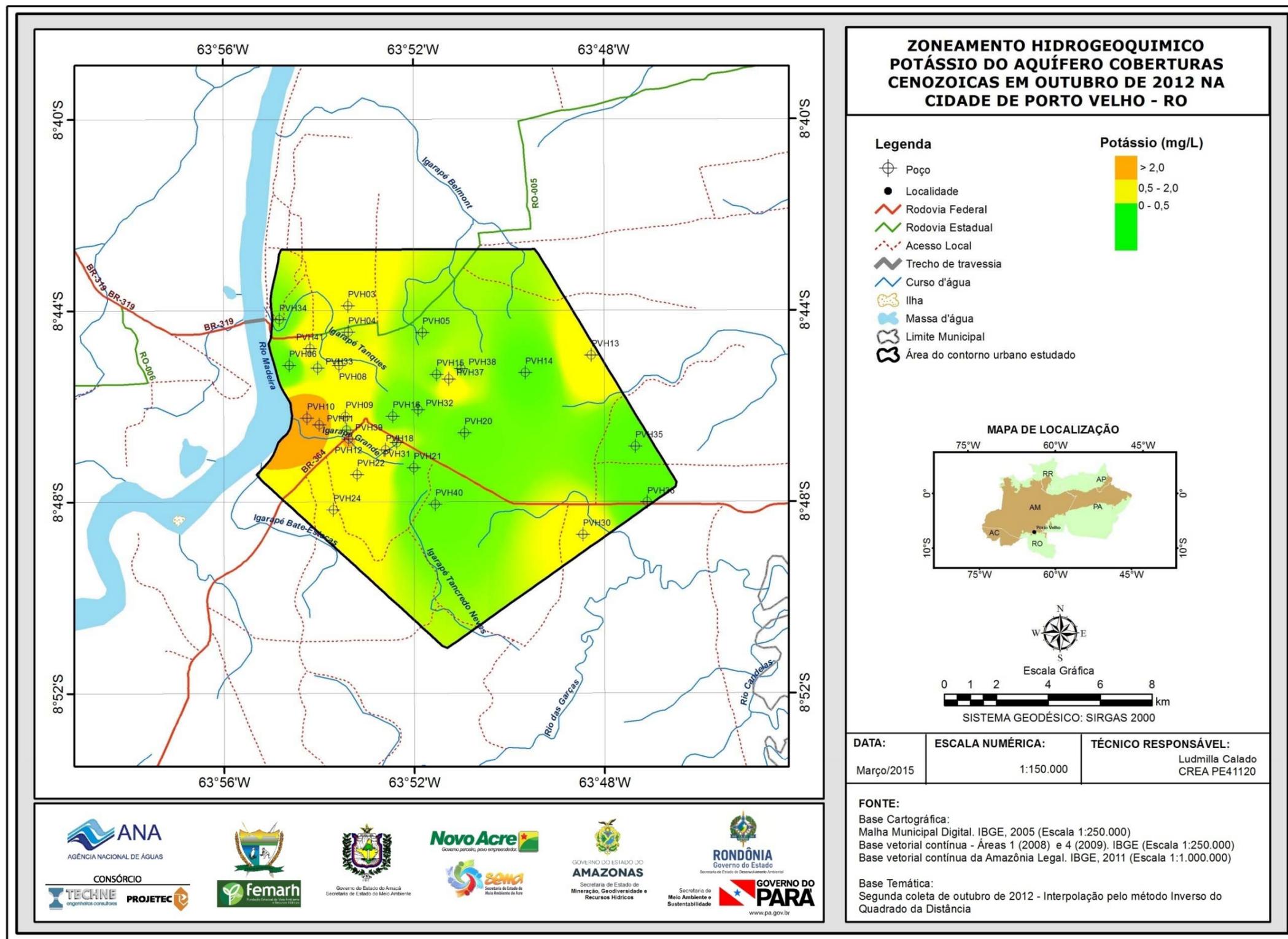


Figura 5.25b – Zoneamento de Potássio (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

### 5.2.8.3 - Cálcio

Em 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.

De modo geral, os teores de cálcio na área de estudo são baixos, o que é justificável, pois o clima chuvoso da região Amazônica, onde os índices pluviométricos anuais são superiores a 2.500 mm, favorece a constante renovação das águas superficiais e subterrâneas. 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 sedimentares, deixando os terrenos lixiviados e lateritizados.

A **tabela 5.38** mostra a estatística descritiva dos teores de cálcio medidos no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho. No período chuvoso os valores medidos estão compreendidos entre 0,009 e 19,1 mg/L, com média de 2,71 mg/L e mediana de 0,85 mg/L. Na estiagem, as concentrações de cálcio variam de 0,001 a 4,8 mg/L, com média de 0,94 mg/L e mediana igual a 0,59 mg/L.

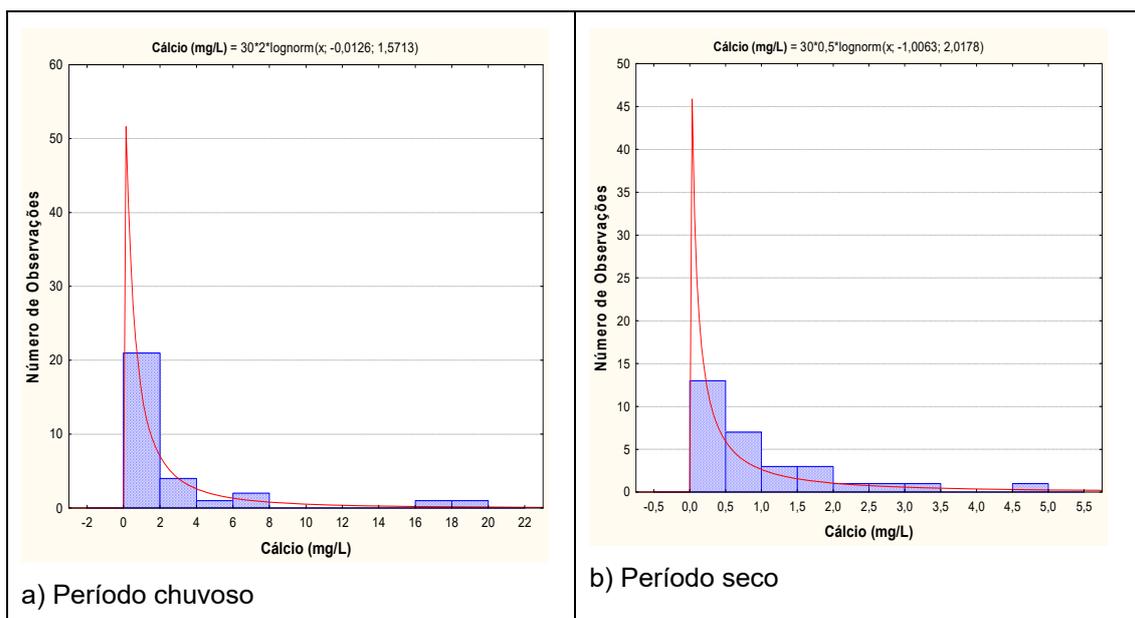
**Tabela 5.38** – Estatística descritiva do Cálcio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Ca-1) - abril de 2012 e no período seco (Ca-2) – outubro de 2012.

Ca	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Ca-1	30	2,71	1,03	4,39	0,85	0,009	19,10	4,50	0,82	2,80
Ca-2	30	0,94	0,53	1,34	0,59	0,001	4,80	1,09	0,20	2,05

A modelagem dos histogramas de frequência da **figura 5.26** por funções de distribuição de probabilidade permitiu avaliar com risco calculado os valores estimados das concentrações de cálcio para o período chuvoso e para o período de estiagem.

Os valores apresentados na **tabela 5.39** mostram que os teores de cálcio são maiores no período chuvoso, indicando que existe influência da sazonalidade no tocante às concentrações de cálcio na cidade de Porto Velho, haja vista que a razão entre as duas campanhas é superior a 1 (um).

Leprun *et al.* (1989), baseados em análises de águas de percolação de diferentes tipos de solos no estado de Rondônia, concluíram que o solo é a principal fonte de solutos nas águas e não a chuva. Ainda segundo os autores, após a chuva cair no solo e iniciar o processo de percolação das águas, estas entram em contato com os solos da região, os quais são quimicamente mais ricos, elevando os teores de cátions como  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ , especialmente no período chuvoso.



**Figura 5.26** – Histogramas de frequência e curvas normais de distribuição de probabilidade do Cálcio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Segundo o monitoramento da Ecology Brasil (2011), o cálcio foi o cátion mais abundante no rio Madeira, o que se explica pelo fato desse rio ter a sua origem na região andina, drenando regiões montanhosas e altamente erosíveis, ricas em apatita, que é um fosfato de cálcio.

**Tabela 5.39** – Distribuição de probabilidade do Cálcio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Ca-1) - abril de 2012 e no período seco (Ca-2) – outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Ca-1	0,987	0,263	0,132	0,074	0,039	0,026
Ca-2	0,366	0,067	0,028	0,013	0,006	0,003
Razão	2,70	3,93	4,79	5,63	6,76	7,63

### **Zoneamento de Cálcio**

A distribuição espacial das concentrações de cálcio nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso (**figura 5.27a**) e no período de estiagem (**figura 5.27b**), revela um predomínio de teores de cálcio até 1,5 mg/L, seguido da faixa de 1,5 a 5,0 mg/L.

Os teores de cálcio acima dessa faixa são pontuais distribuídos ao longo da área de estudo, na primeira campanha.

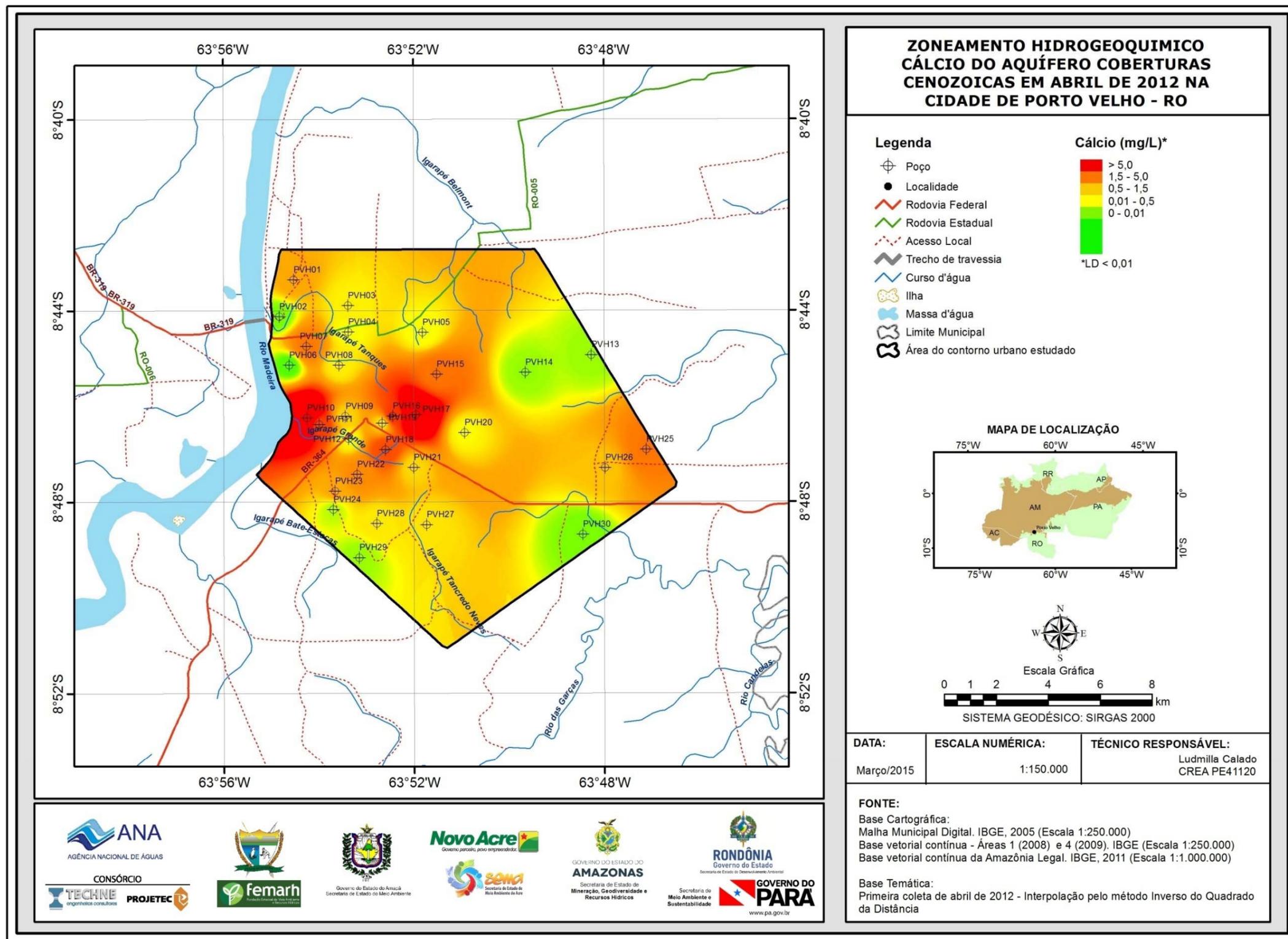


Figura 5.27a – Zoneamento de Cálcio (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

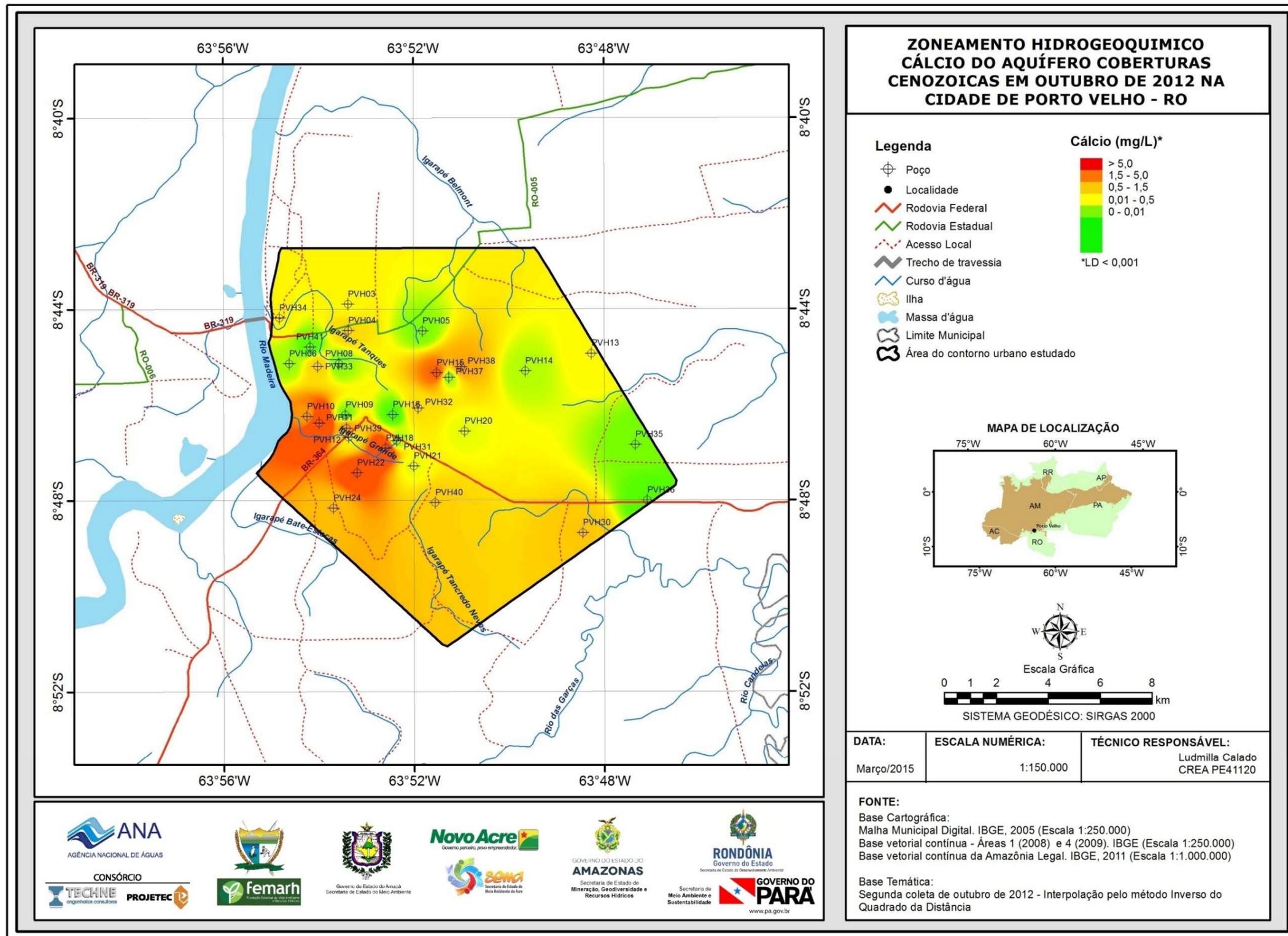


Figura 5.27b – Zoneamento de Cálcio (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período seco (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

#### 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.

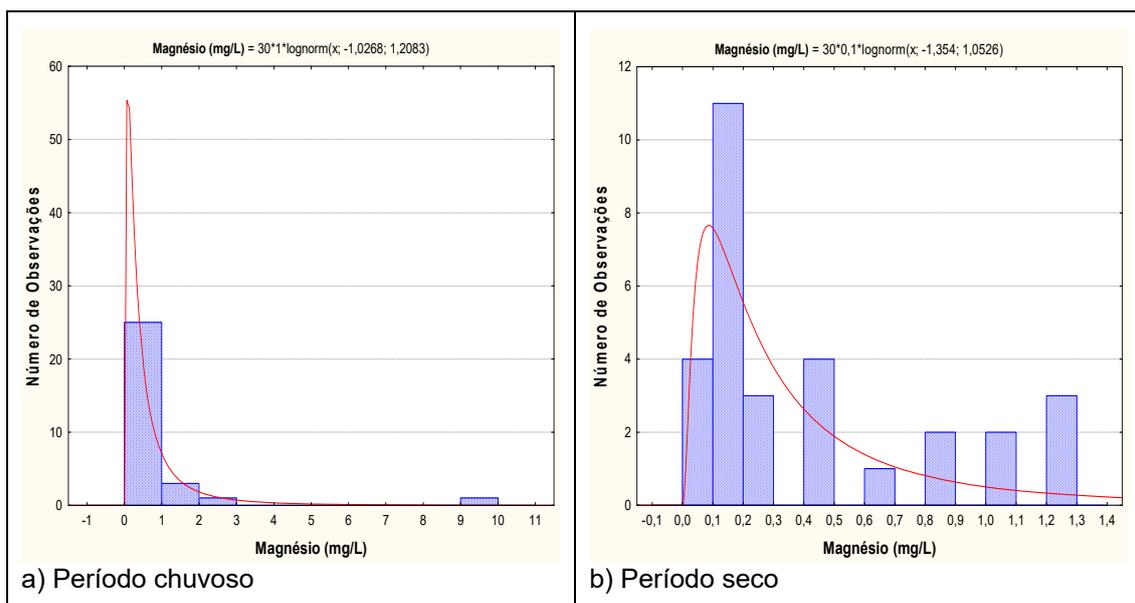
A estatística descritiva na **tabela 5.40** mostra que os teores de magnésio coletados nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, variam de 0,04 a 9,3 mg/L no período chuvoso, com média de 0,83 mg/L e mediana de 0,31 mg/L. No período de estiagem o valor mínimo foi de 0,02 mg/L e o máximo de 1,24 mg/L, com média de 0,42 mg/L e mediana igual a 0,21 mg/L.

**Tabela 5.40** – Estatística descritiva do Magnésio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho 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	0,83	0,20	1,46	0,31	0,04	9,30	1,69	0,31	4,58
Mg-2	30	0,42	0,27	0,57	0,21	0,02	1,24	0,40	0,07	1,06

Em suma, os teores de magnésio encontrados nas águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, são muito baixos. Segundo Celligoi (1999), o magnésio possui grande solubilidade, porém é encontrado em menores quantidades nas águas doces, mais provavelmente pela sua baixa abundância geoquímica (17.600 mg/kg nas rochas ígneas), o que é plausível na área de estudo, haja vista que as águas são predominantemente doces.

Os histogramas de frequência dos teores de magnésio ilustrados na **figura 5.28** nos dois períodos de amostragem foram modelados por funções de distribuição de probabilidade lognormal. Esse modelo de fdp revela um viés estatístico para magnésio com diferentes riscos, não sendo possível avaliar de modo conclusivo a influência da sazonalidade por meio da modelagem geoestatística (**tabela 5.41**). Sendo assim, com base nos dados de média e mediana observa-se que os valores de magnésio no período chuvoso são superiores aos do período seco, o que sugere influência da sazonalidade.



**Figura 5.28** – Histogramas de frequência e curvas ajustadas de distribuição lognormal de probabilidade de ocorrência de Magnésio no Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Leprun *et al.* (1989), baseados em análises de águas de percolação de diferentes tipos de solos no estado de Rondônia, concluíram que o solo é a principal fonte de solutos nas águas e não a chuva. Ainda segundo os autores, após a chuva cair no solo e iniciar o processo de percolação das águas, estas entram em contato com os solos da região, os quais são quimicamente mais ricos, elevando os teores de cátions como  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ , especialmente no período chuvoso.

**Tabela 5.41** – Distribuição de probabilidade do Magnésio do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Mg-1) - abril de 2012 e no período seco (Mg-2) – outubro de 2012.

P ( $x \geq a$ )	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Mg-1	0,3582	0,1295	0,0761	0,0491	0,0299	0,0215
Mg-2	0,2582	0,1065	0,0670	0,0457	0,0297	0,0223
Razão	1,39	1,22	1,14	1,07	1,01	0,97

### Zoneamento do Magnésio

A distribuição espacial das concentrações de magnésio nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso (**figura 5.29a**) e no período de estiagem (**figura 5.29b**), apresentam teores predominantes em duas faixas de classes, de 0 a 0,5 mg/L e de 0,5 a 1,0 mg/L. Os maiores teores, superiores a 1 mg/L, ficam restritos a pontos isolados.

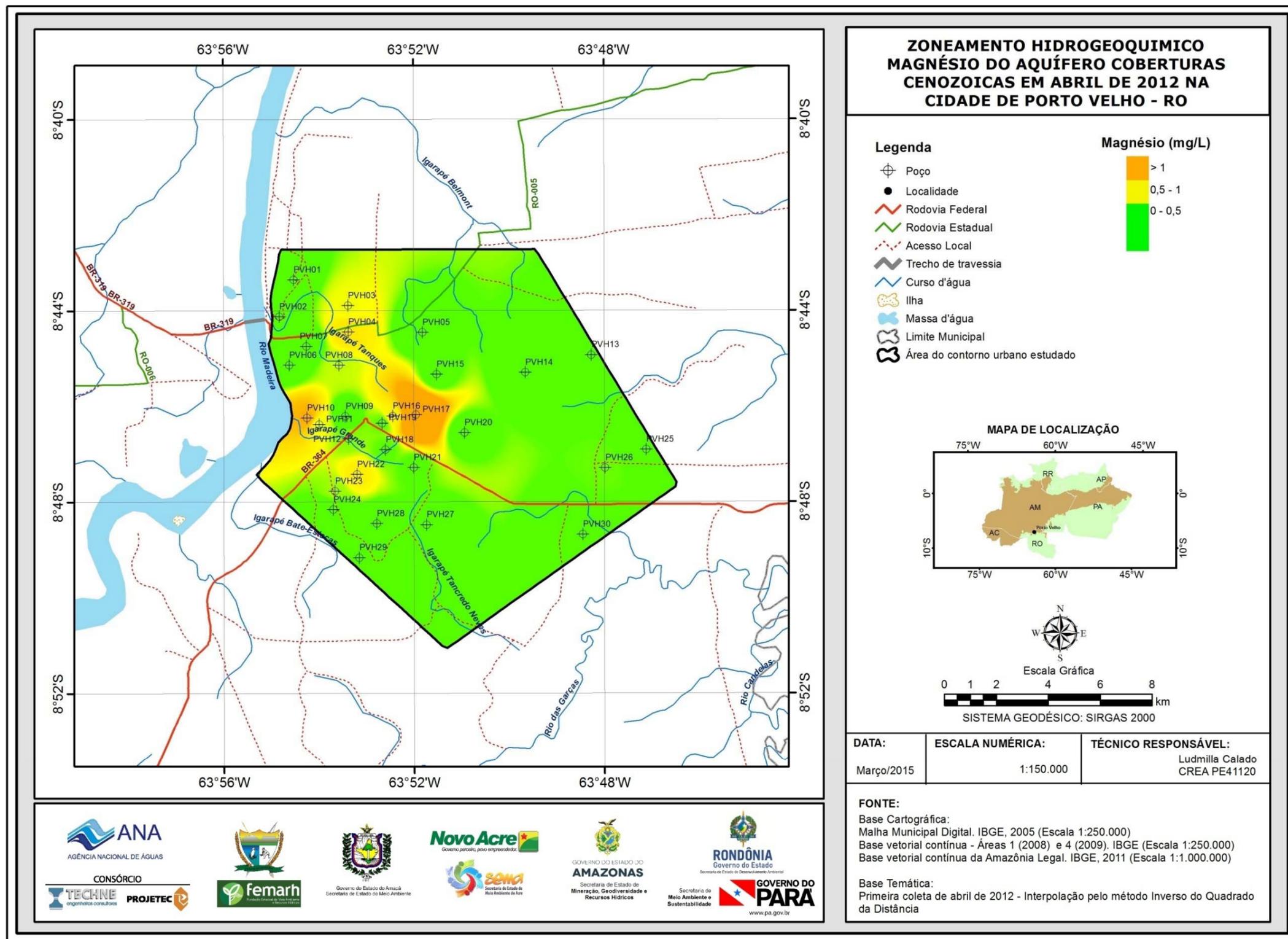


Figura 5.29a – Zoneamento de Magnésio (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

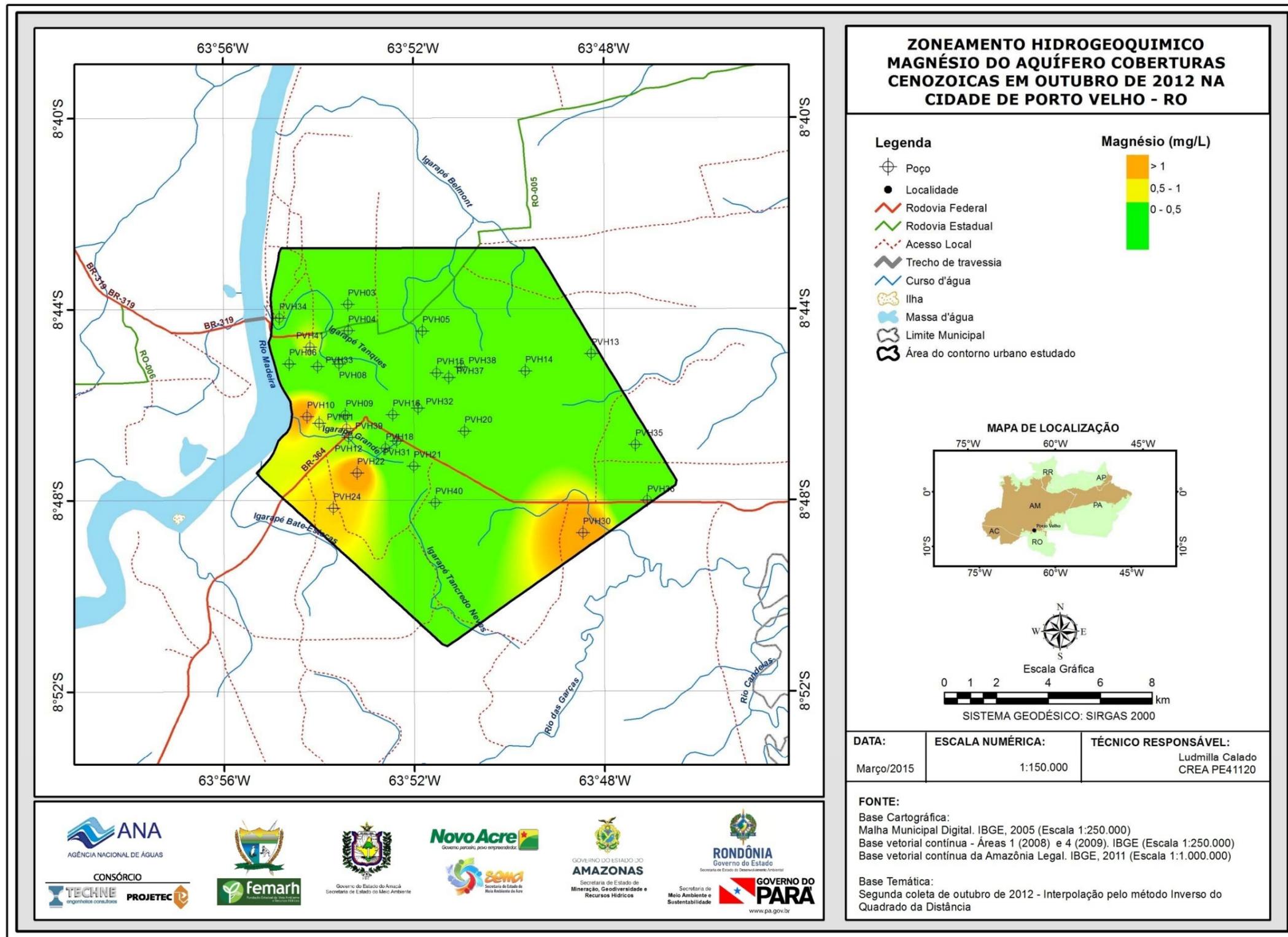


Figura 5.29b – Zoneamento de Magnésio (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período seco (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

## 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 são presentes em baixas concentrações (<10 mg/L). Altas concentrações podem indicar poluição antrópica.

A **tabela 5.42** mostra a estatística descritiva dos teores de cloreto nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho. No período chuvoso (abril de 2012) os valores de cloreto variaram de 0,99 a 79,97 mg/L, com média de 8,44 mg/L e mediana igual a 5,59 mg/L. No período de estiagem (outubro de 2012), a variação entre o mínimo e o máximo foi de 0,49 a 34,7 mg/L, com média de 5,93 mg/L e mediana de 3,22 mg/L. Todos os poços amostrados em ambas as campanhas apresentaram resultados de cloreto inferiores ao VMP estabelecido pelo Portaria MS 2914/11.

**Tabela 5.42** – Estatística descritiva do Cloreto do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Cl-1) abril de 2012 e no período seco (Cl-2) – outubro de 2012.

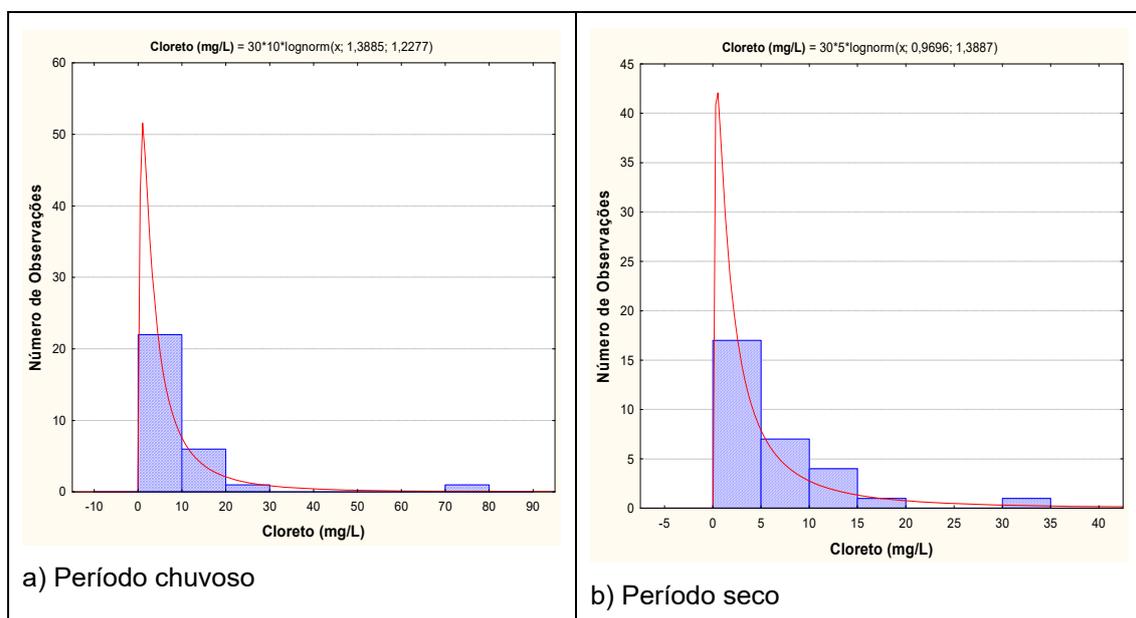
Cl	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Cl-1	30	8,44	3,00	13,84	5,59	0,99	79,97	14,46	2,64	4,43
Cl-2	30	5,93	3,16	8,71	3,22	0,49	34,70	7,43	1,36	2,29

Na primeira campanha, 33% (10/30) das amostras, apresentaram valores abaixo do limite de detecção de 1 mg/L, enquanto que na segunda coleta, 20% (6/30) apresentaram teores 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, pode ser empregada para tais usos.

Na **figura 5.30** se encontram os histogramas de frequência dos teores de cloreto amostrados nas duas campanhas e as respectivas curvas fornecidas

peelo modelo de distribuição de probabilidade lognormal aplicado para estimativa, com risco calculado, dos teores de cloreto no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, no período chuvoso e de estiagem.



**Figura 5.30** – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade do Cloreto do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Na **tabela 5.43** encontram-se os teores de cloreto com probabilidade de ocorrência no período chuvoso e no período seco no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho. Nota-se que os valores no período chuvoso são superiores aos do período seco e que a razão entre as duas campanhas é superior a 1 (um), indicando influência da sazonalidade. Tais resultados são coerentes, pois segundo Leprun *et al.* (1989), a química das precipitações amazônicas provém de dois componentes, a marinha e a terrestre. A marinha, que carrega os elementos dos aerossóis do mar, que é rica em  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ ; e o terrestre que é constituído da poeira do solo e dos produtos de combustão antrópica da vegetação. Provavelmente por isso os teores de cloreto em Porto Velho são maiores no período chuvoso.

Além disso, é importante destacar que teores de cloreto mais elevados, sugerem influência antrópica, pois segundo Hindi (2001), a presença de nitrato, cloreto e sódio podem ser indicativos de contaminação nas águas subterrâneas por efluentes domésticos. E como a área de estudo é muito plana e periodicamente afetada por inundações, pode ocorrer o transbordamento de fossas sépticas, cujos dejetos se misturam às águas superficiais, de modo que pode haver infiltração de água contaminada, no período chuvoso.

**Tabela 5.43** – Distribuição de probabilidade do Cloreto do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (CI-1) - abril de 2012 e no período seco (CI-2) – outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
CI-1	4,009	1,427	0,831	0,532	0,322	0,231
CI-2	2,637	0,819	0,445	0,269	0,152	0,104
Razão	1,520	1,741	1,869	1,981	2,116	2,212

### **Zoneamento do Cloreto**

No período chuvoso (abril de 2012) e no período de estiagem (outubro de 2012), a distribuição espacial dos teores de cloreto no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, apresentada respectivamente na **figura 5.31a** e **figura 5.31b**, mostra um predomínio de águas na faixa de 1 a 10 mg/L, em toda a área de estudo. Secundariamente, ocorrem valores na faixa de 10 a 20 mg/L. Valores acima dessas faixas podem ser observados em pontos isolados dispersos na área de estudo.

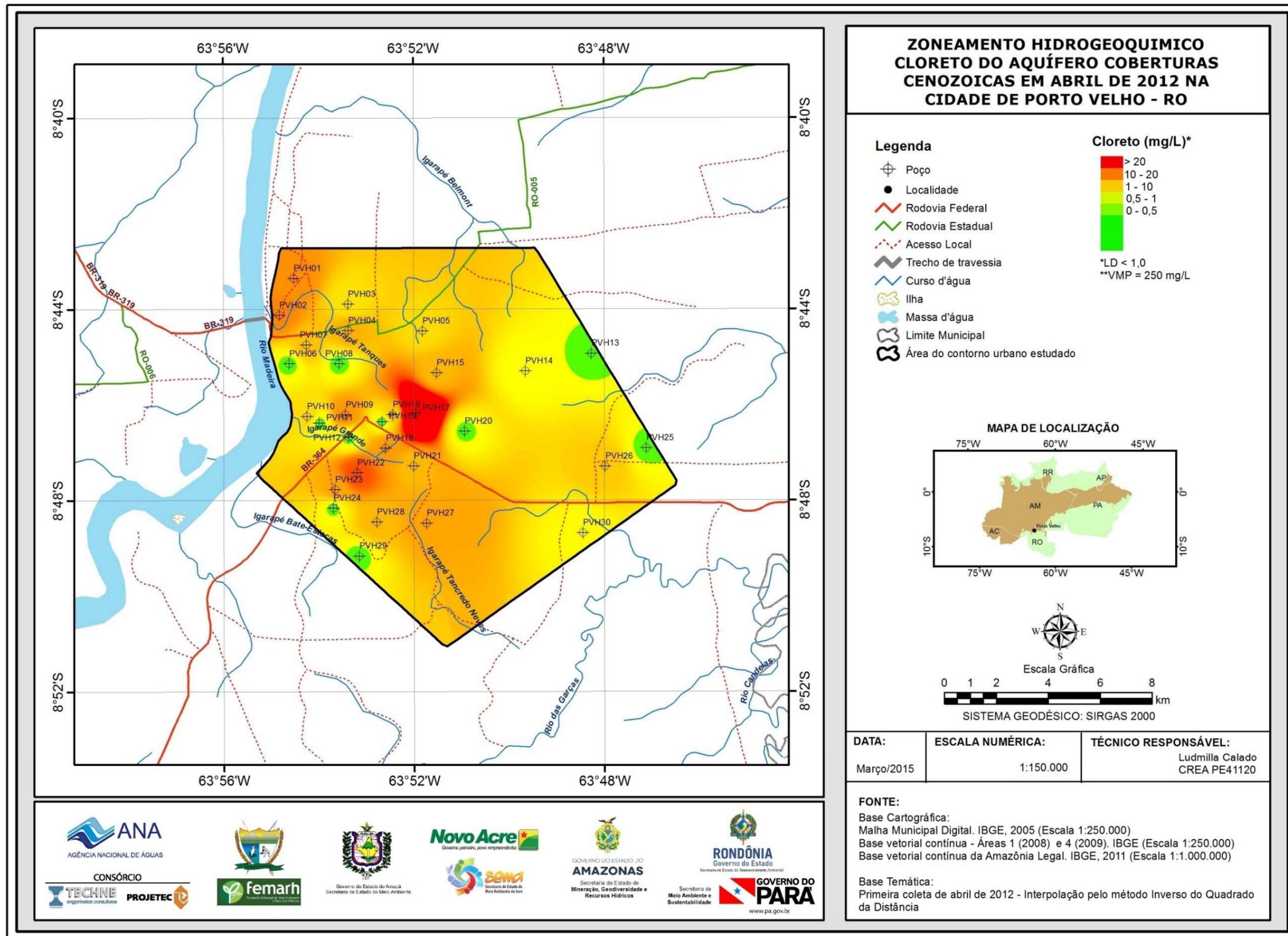


Figura 5.31a – Zoneamento de Cloreto (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

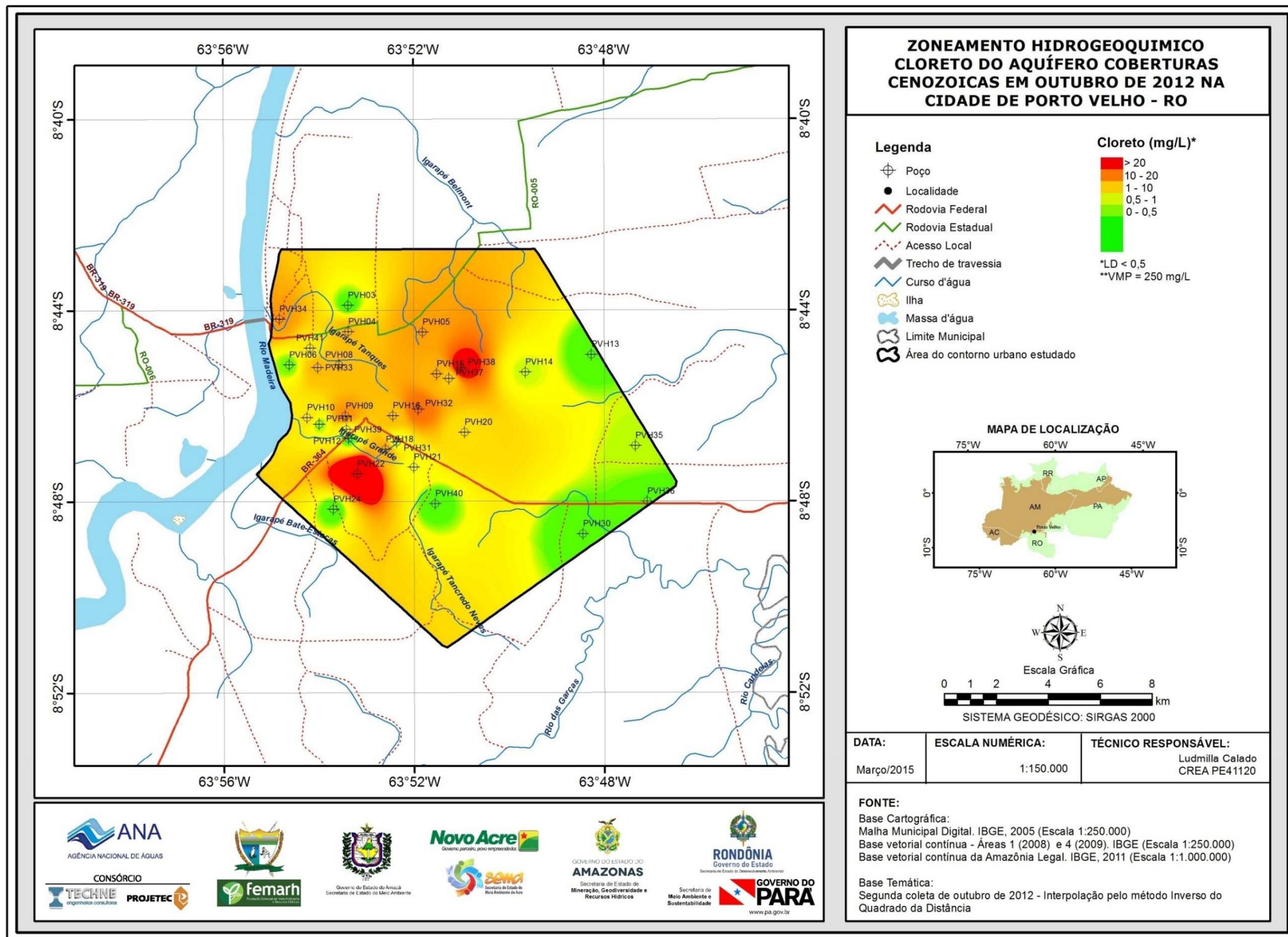


Figura 5.31b – Zoneamento de Cloreto (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

### 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 ( $< 30 \text{ mg/L}$ ).

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

A estatística descritiva apresentada na **tabela 5.44** indica que os teores de sulfato nas águas subterrâneas, do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso variam de  $0,49$  a  $16,1 \text{ mg/L}$ , apresentando média de  $2,07 \text{ mg/L}$  e mediana de  $0,49 \text{ mg/L}$ . No período seco, os teores variaram de  $0,49$  a  $2,03 \text{ mg/L}$ , com média de  $0,68 \text{ mg/L}$  e mediana igual a  $0,49 \text{ mg/L}$ . Na primeira campanha, 60% (18/30) dos poços apresentaram teores de sulfato abaixo do limite de detecção de  $0,5 \text{ mg/L}$ , enquanto que na segunda campanha foram 70% (21/30).

**Tabela 5.44** – Estatística descritiva do Sulfato do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho período chuvoso (S-1) - abril de 2012 e no período seco (S-2) – outubro de 2012.

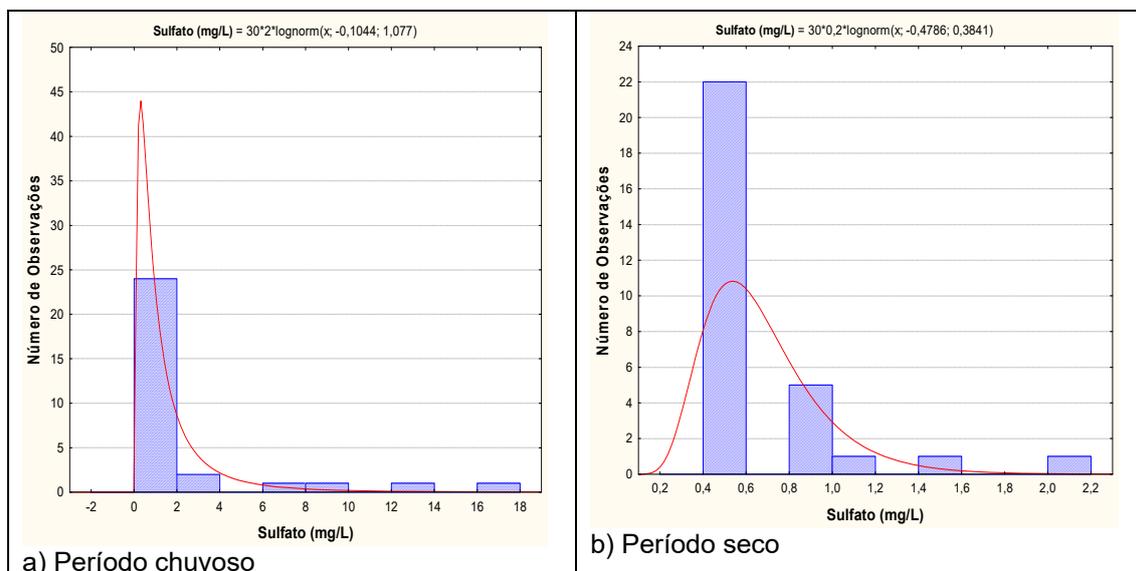
Sulfato	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
S-1	30	2,07	0,70	3,49	0,49	0,49	16,10	3,79	0,69	2,77
S-2	30	0,68	0,54	0,81	0,49	0,49	2,03	0,35	0,06	2,54

Em ambas as coletas, todas as amostras apresentaram teores de sulfato inferiores aos limites estabelecidos pela Portaria MS 2914/2011, assim como, dentro dos padrões definidos 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 ( $400.000 \mu\text{g.L}^{-1}$ ).

Os histogramas de frequência dos teores de sulfato ilustrados na **figura 5.32** nos dois períodos de amostragem foram modelados por funções de distribuição de probabilidade lognormal. Esse modelo de fdp revela um viés estatístico para sulfato com diferentes riscos, não sendo possível avaliar de modo conclusivo a influência da sazonalidade por meio da modelagem geoestatística (**tabela 5.45**). Sendo assim, com base nos dados de média e valores máximos

observa-se que os teores de sulfato no período chuvoso são superiores aos do período seco, o que sugere influência da sazonalidade.

Tais resultados são coerentes, pois segundo Leprun *et al.* (1989), a química das precipitações amazônicas provém de dois componentes, a marinha e a terrestre. A marinha, que carrega os elementos dos aerossóis do mar, que é rica em  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ ; e o terrestre que é constituído da poeira do solo e dos produtos de combustão antrópica da vegetação. Provavelmente por isso os teores de sulfato em Porto Velho são maiores no período chuvoso.



**Figura 5.32** – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade do Sulfato Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

Outro fator que também pode contribuir para a presença de sulfatos nas águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em ambas as campanhas, é a proximidade dos poços com as fossas sanitárias, os quais em muitos casos não possuem a devida proteção sanitária, o que favorece a infiltração do esgoto *in natura* e conseqüentemente a contaminação das águas subterrâneas, especialmente no período chuvoso.

Fazzio *et al.* (2009) descrevem que o crescente aumento da população urbana tem ocasionado um somatório de contaminantes lançados nas águas subterrâneas, oriundos das mais diversas fontes, relacionadas com o espaço urbano, tais como, fossas sépticas, cemitérios, vazamentos em postos de combustível, lixões, agrotóxicos, poços profundos mal instalados ou abandonados, lançamento de resíduos domésticos e industriais, dentre outros.

**Tabela 5.45** – Distribuição de probabilidade do Sulfato do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (S-1) - abril de 2012 e no período seco (S-2) – outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
S-1	0,901	0,364	0,227	0,153	0,099	0,074
S-2	0,620	0,449	0,379	0,329	0,282	0,254
Razão	1,454	0,811	0,598	0,465	0,350	0,290

### **Zoneamento do Sulfato**

A distribuição espacial dos teores de sulfato no Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso (abril de 2012) (**figura 5.33a**) e no período de estiagem (**figura 5.33b**) em Porto Velho, revela um predomínio na faixa de 0 a 0,5 mg/L, seguida de 0,5 a 1 mg/L. Valores acima dessas classes estão representadas por pontos esparsos em manchas isoladas.

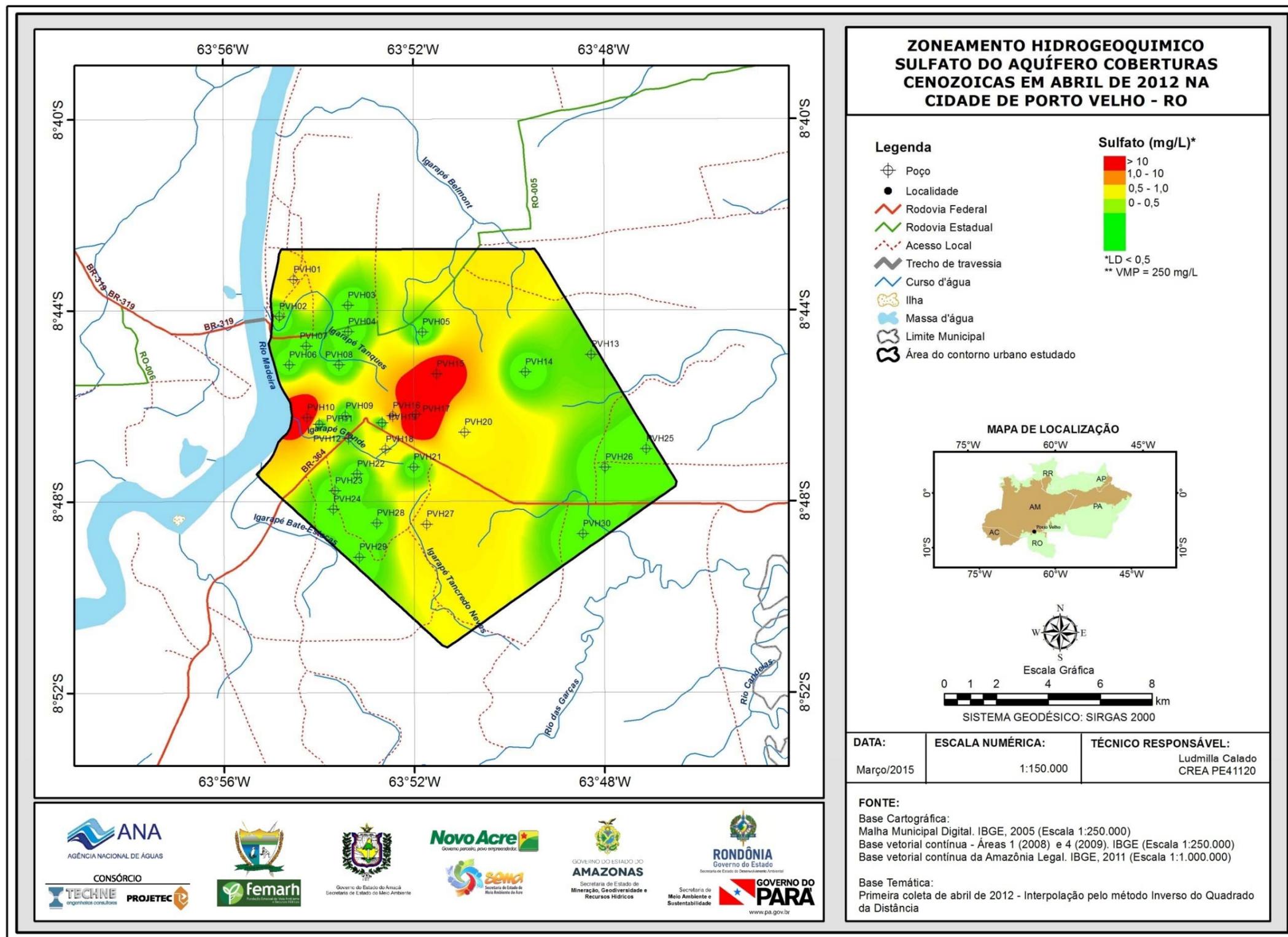


Figura 5.33a – Zoneamento de Sulfato (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

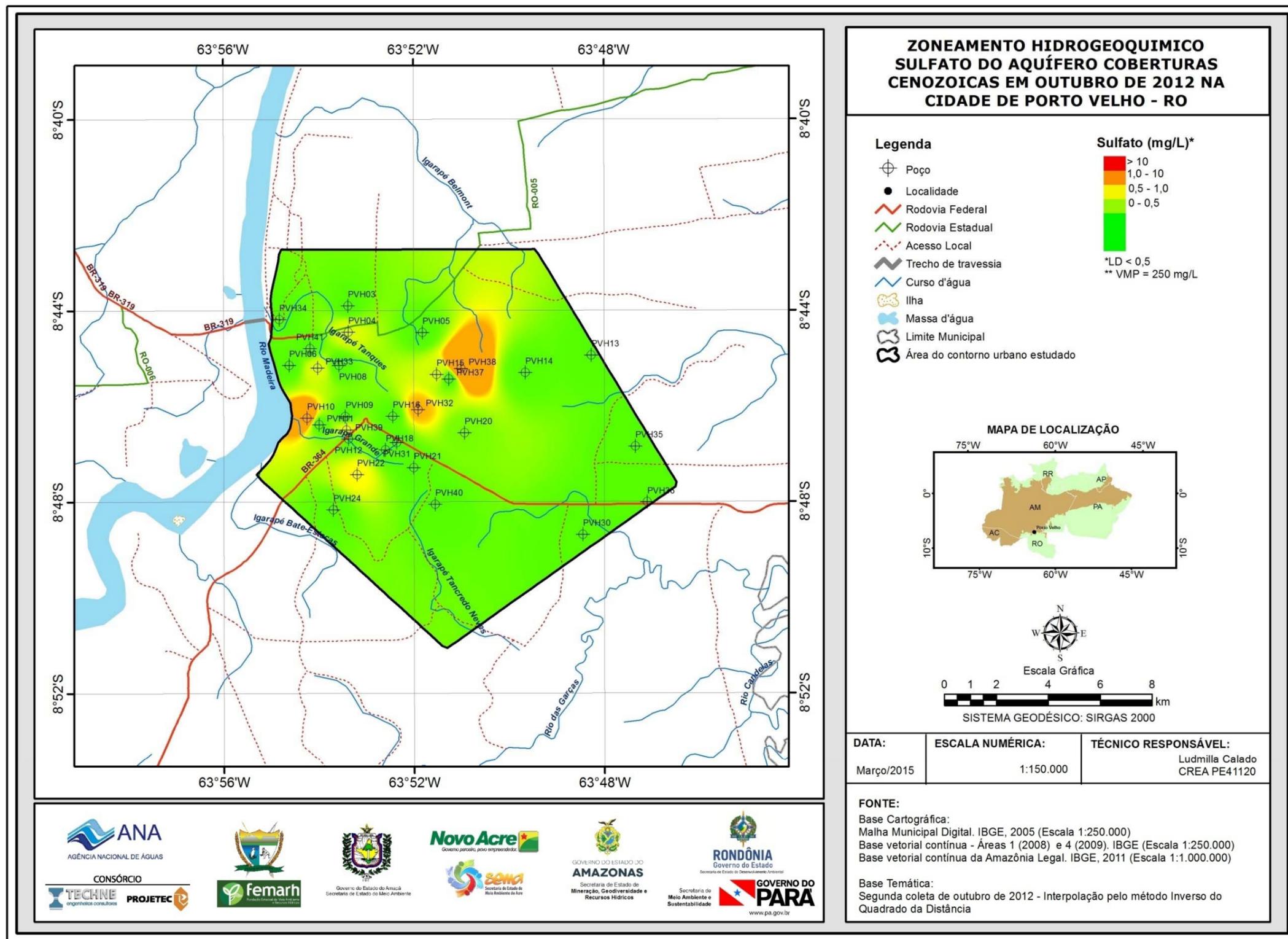


Figura 5.33b – Zoneamento de Sulfato (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

### 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 ( $\text{CO}_3^{2-}$ ); 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho (**tabela 5.46**), revela que 30% (9/30) das amostras na primeira e 70% (21/30) na segunda campanha obtiveram valores iguais a zero.

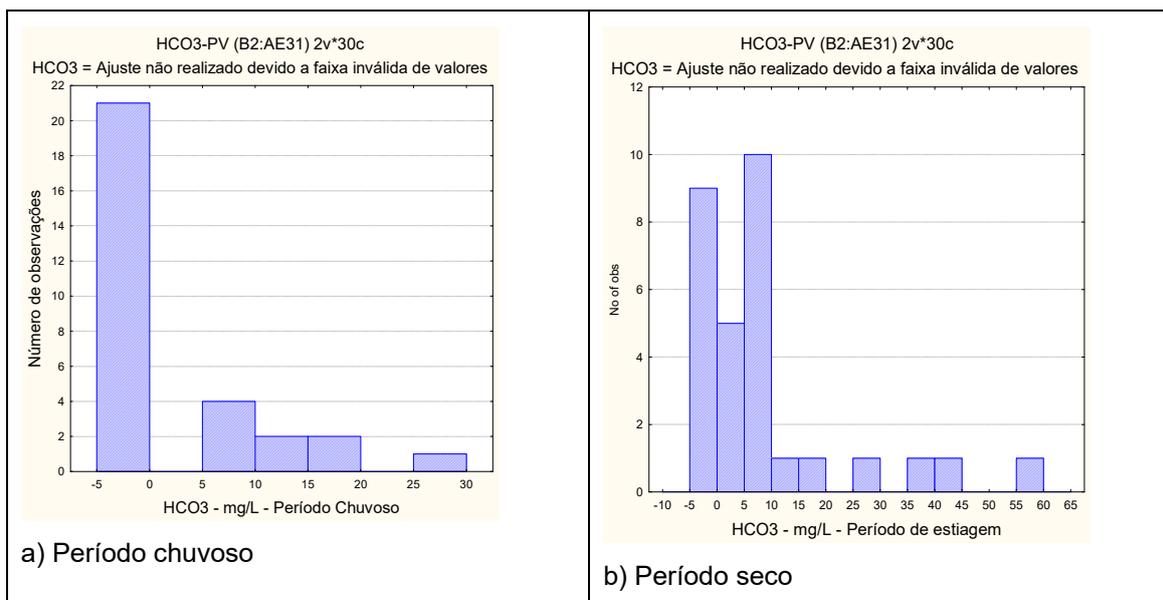
No período chuvoso, as concentrações de bicarbonato oscilaram entre 0,0 e 56 mg/L, com média de 9,81 mg/L e mediana de 6,5 mg/L. No período de estiagem, as concentrações ficaram compreendidas entre 0,0 e 26,0 mg/L, com média de 4,2 mg/L e mediana igual a zero.

**Tabela 5.46** – Estatística descritiva do Bicarbonato do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho 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	9,81	4,89	14,73	6,5	0	56	13,75	2,51	2,19
B-2	30	4,2	1,56	6,84	0	0	26	7,37	1,35	1,66

Devido à existência de amostras com teor de bicarbonato igual à zero na primeira campanha (9/30) e na segunda campanha (21/30), a modelagem geoestatística não pode ser realizada porque o ajuste dos histogramas lognormal não pode ser feita com a presença de zero (**figura 5.34**).

De acordo com as médias e medianas obtidas nas duas campanhas, é possível concluir que os teores de bicarbonato são maiores no período chuvoso, refletindo efeito da sazonalidade. Isso faz sentido, porque no período chuvoso as águas de chuvas são mais ricas em dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), que reagindo com a água do aquífero produz o ácido carbônico, que por sua vez se dissocia em bicarbonato, fazendo com esse íon tenda a ser mais abundante no período chuvoso.



**Figura 5.34** – Histogramas de frequência e curvas normais de distribuição de probabilidade do Bicarbonato do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, 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 nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, no período chuvoso (abril de 2012), revela que a existência de duas classes dominantes, 0 a 5 mg/L e 5 a 10 mg/L (**figura 5.35a**). No período seco (outubro de 2012), nota-se um predomínio de teores até 5 mg/L, em toda a área de estudo (**figura 5.35b**).

Em ambas as campanhas, os valores acima de 20 mg/L estão distribuídos em poços esparsos representados por manchas isoladas.

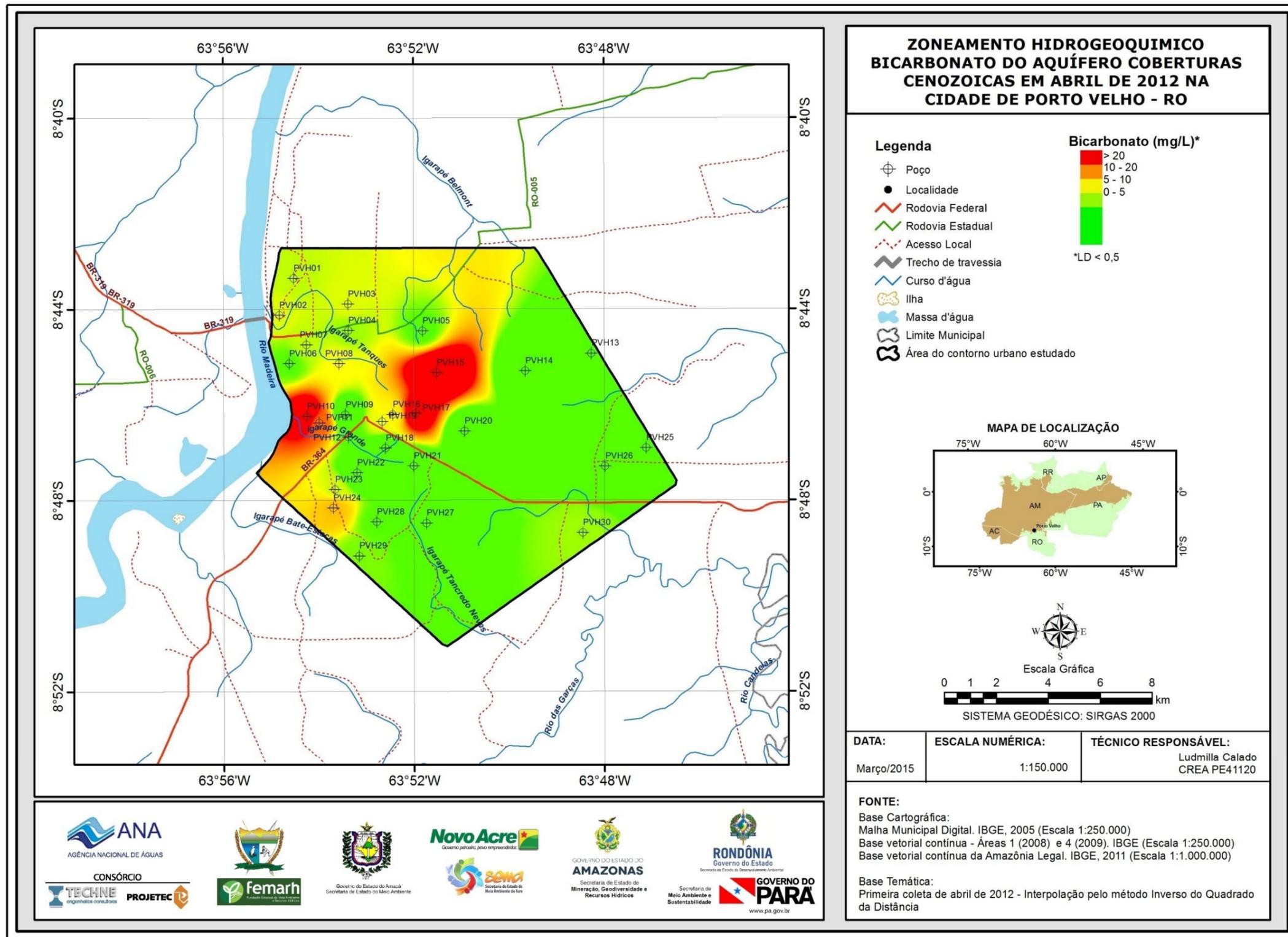


Figura 5.35a – Zoneamento de Bicarbonato (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho - RO.

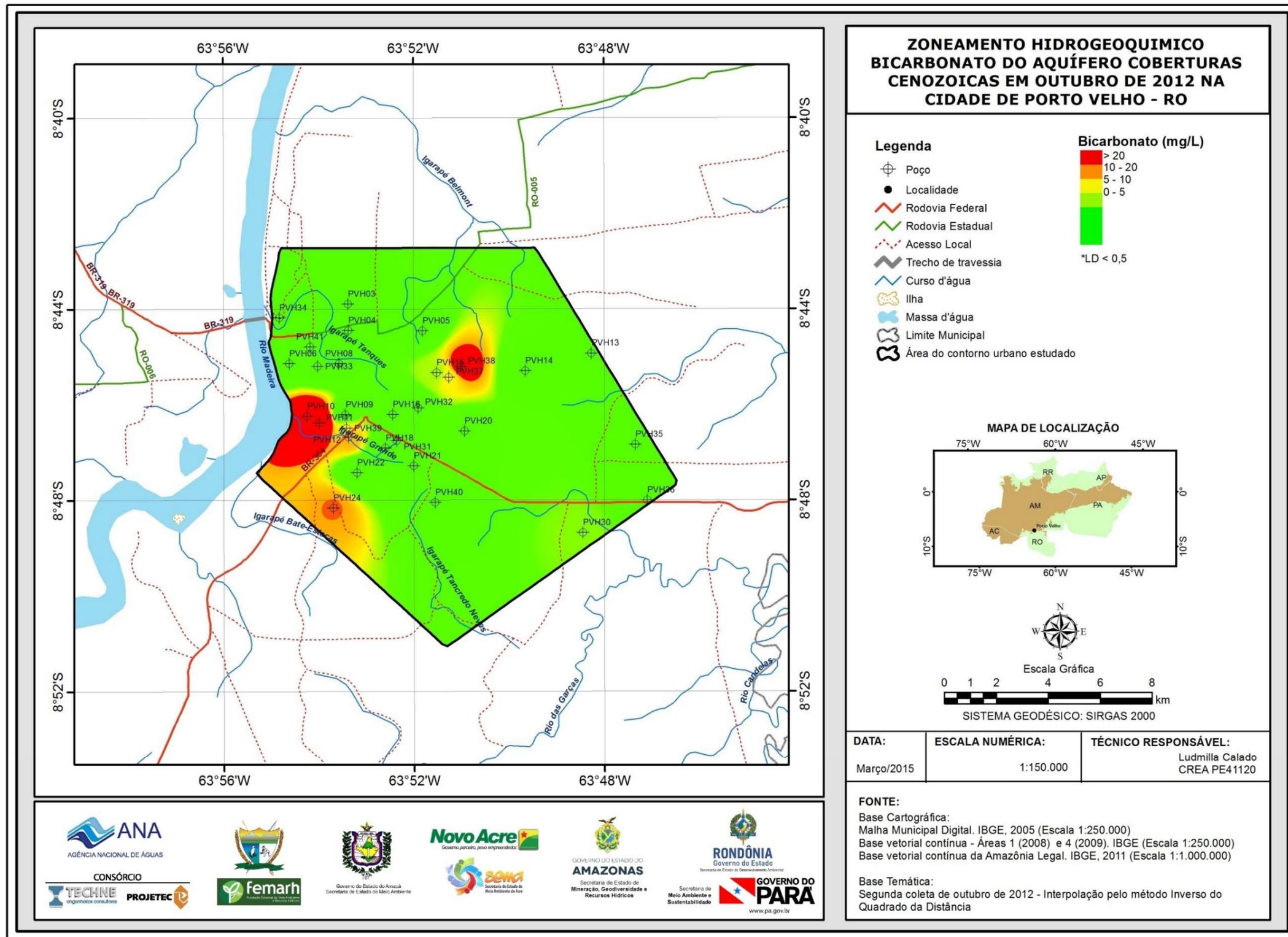


Figura 5.35b – Zoneamento de Bicarbonato (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho - RO.

### 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 ( $\text{CaCO}_3$ ) 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 5.47**.

**Tabela 5.47** – Classificação das águas segundo a sua faixa de valor de dureza (Von Sperling, 2005).

Dureza (mg/L de $\text{CaCO}_3$ )	Tipo de Água
< 50	Mole
50 - 150	Moderada
150 - 300	Dura
> 300	Muito Dura

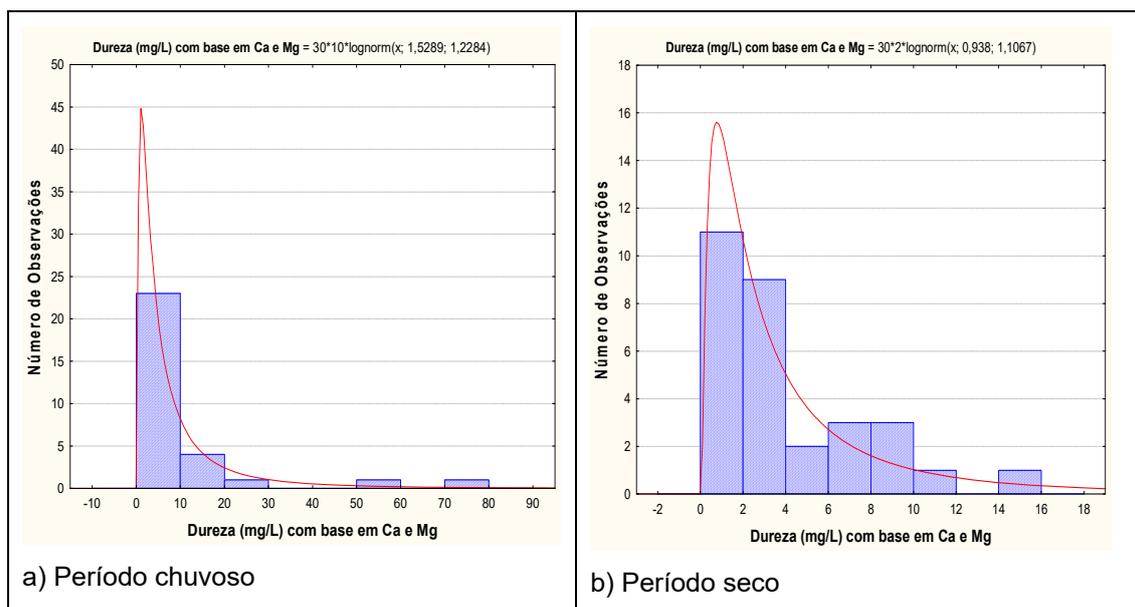
Segundo a classificação de Von Sperling (2005), as águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso são 93% (28/30) do tipo mole e 7% (2/30) do tipo moderada; enquanto que no período de estiagem as águas são 100% (30/30) do tipo mole. Isto provavelmente se deve ao clima da região amazônica, no qual as chuvas são muito frequentes, e há uma constante renovação das águas, o que favorece a baixa mineralização. Valores anômalos apresentados são atribuídos a contaminações oriundas de atividades antrópicas. Nas duas campanhas, nenhum dos poços amostrados ultrapassou o VMP recomendável pela Portaria MS 2914/2011, de 500 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .

A estatística descritiva da dureza das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho (**tabela 5.48**), mostra que no período chuvoso os valores oscilaram entre 0,519 e 78,9 mg/L, com média de 10,16 mg/L e mediana de 4,5 mg/L. No período de estiagem, a dureza variou de 0,099 a 15,59 mg/L, com média de 4,07 mg/L e mediana de 3,04 mg/L.

**Tabela 5.48** – Estatística descritiva da Dureza do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (D-1) - abril de 2012 e no período seco (D-2) – outubro de 2012.

D	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
D-1	30	10,16	3,80	16,54	4,50	0,519	78,90	17,09	3,12	3,22
D-2	30	4,07	2,68	5,46	3,04	0,099	15,59	3,72	0,68	1,43

Os histogramas de frequência de dureza das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho e as curvas de distribuição de probabilidade ajustadas para o período chuvoso (abril de 2012) e para o período de estiagem (outubro de 2012) podem ser visualizadas na **figura 5.36**.



**Figura 5.36** – Histograma de frequência e curvas ajustadas (lognormal e normal) de distribuição de probabilidade da Dureza do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

O modelo de fdp permite concluir com risco calculado (**tabela 5.49**) que os valores de dureza estimados no período chuvoso são superiores aos do período de estiagem, o que sugere influência da sazonalidade, haja vista que a razão entre as duas campanhas é superior a 1 (um).

De acordo com Leprun *et al.* (1989), os solos mais ricos provenientes das rochas cristalinas e os menos intemperizados vão dar a maior quantidade de sílica nas águas, assim como, a maior quantidade de cátions Ca<sup>+</sup>, Mg<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>. Isto justifica o fato das águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho apresentarem teores de dureza mais elevados no período chuvoso, no qual esses processos ocorrem mais fortemente.

**Tabela 5.49** – Distribuição de probabilidade da Dureza do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho 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	4,613	1,641	0,956	0,612	0,370	0,265
D-2	2,555	1,007	0,619	0,414	0,263	0,195
Razão	1,806	1,630	1,545	1,478	1,406	1,361

### **Zoneamento da Dureza**

A distribuição espacial da dureza das águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, no período chuvoso (abril de 2012) e no período seco (outubro de 2012), pode ser observada respectivamente na **figura 5.37a** e **figura 5.37b**. Nas duas campanhas é possível notar que os valores de dureza foram mais frequentes na classe que varia de 0 a 5 mg/L, seguido da faixa de 5 a 10 mg/L. Valores acima dessas classes são representados por manchas pontuais.

Vale ressaltar que a distribuição espacial dos teores de dureza na área de estudo apresentou comportamento semelhante ao zoneamento dos elementos cálcio e magnésio, como já era de se esperar, pois, segundo Celligoi (1999), a dureza constitui na soma das concentrações de cálcio e magnésio, ambos expressos como  $\text{CaCO}_3$  em mg/L.

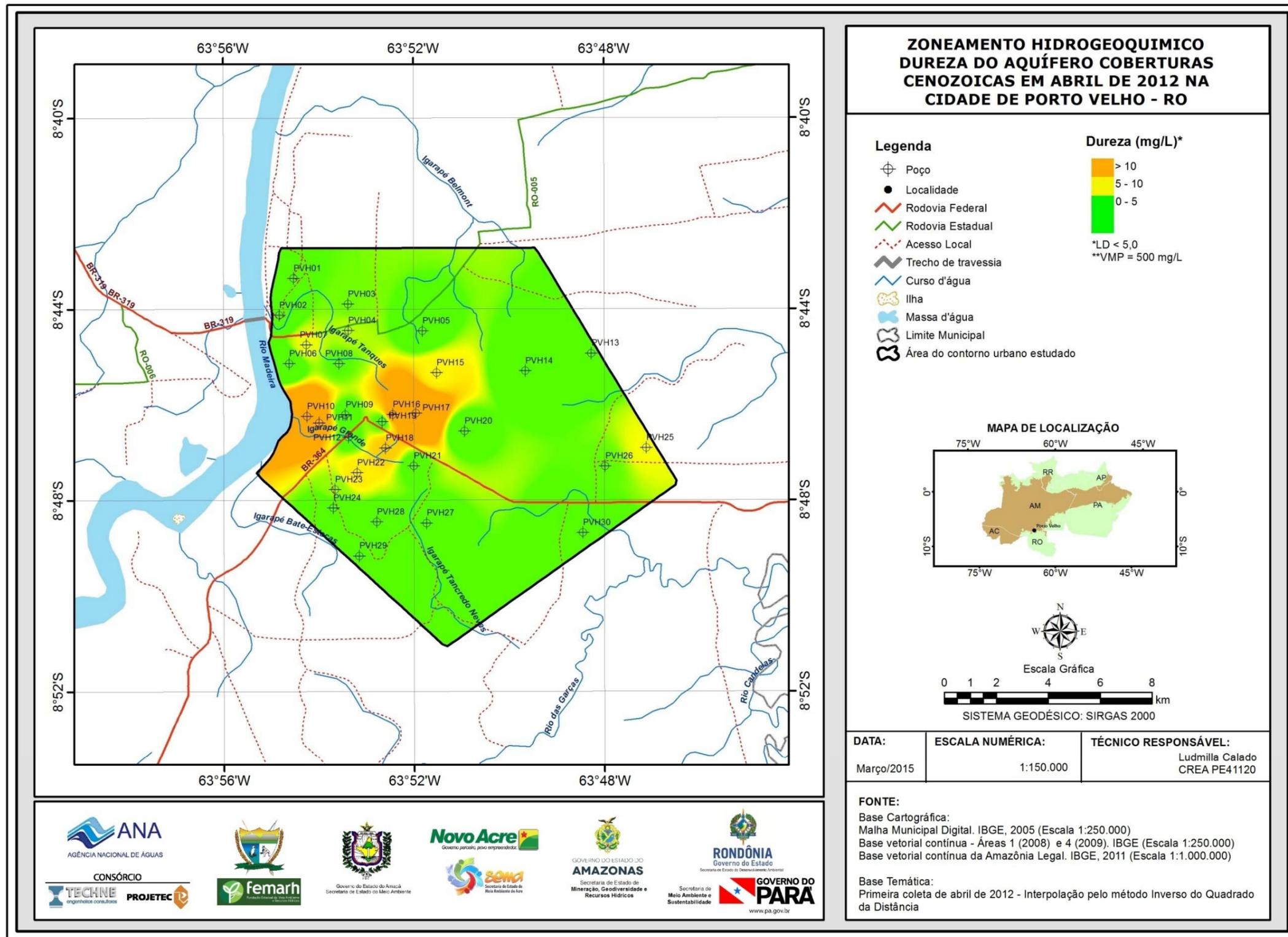


Figura 5.37a – Zoneamento da Dureza (mg/L CaCO<sub>3</sub>) das águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

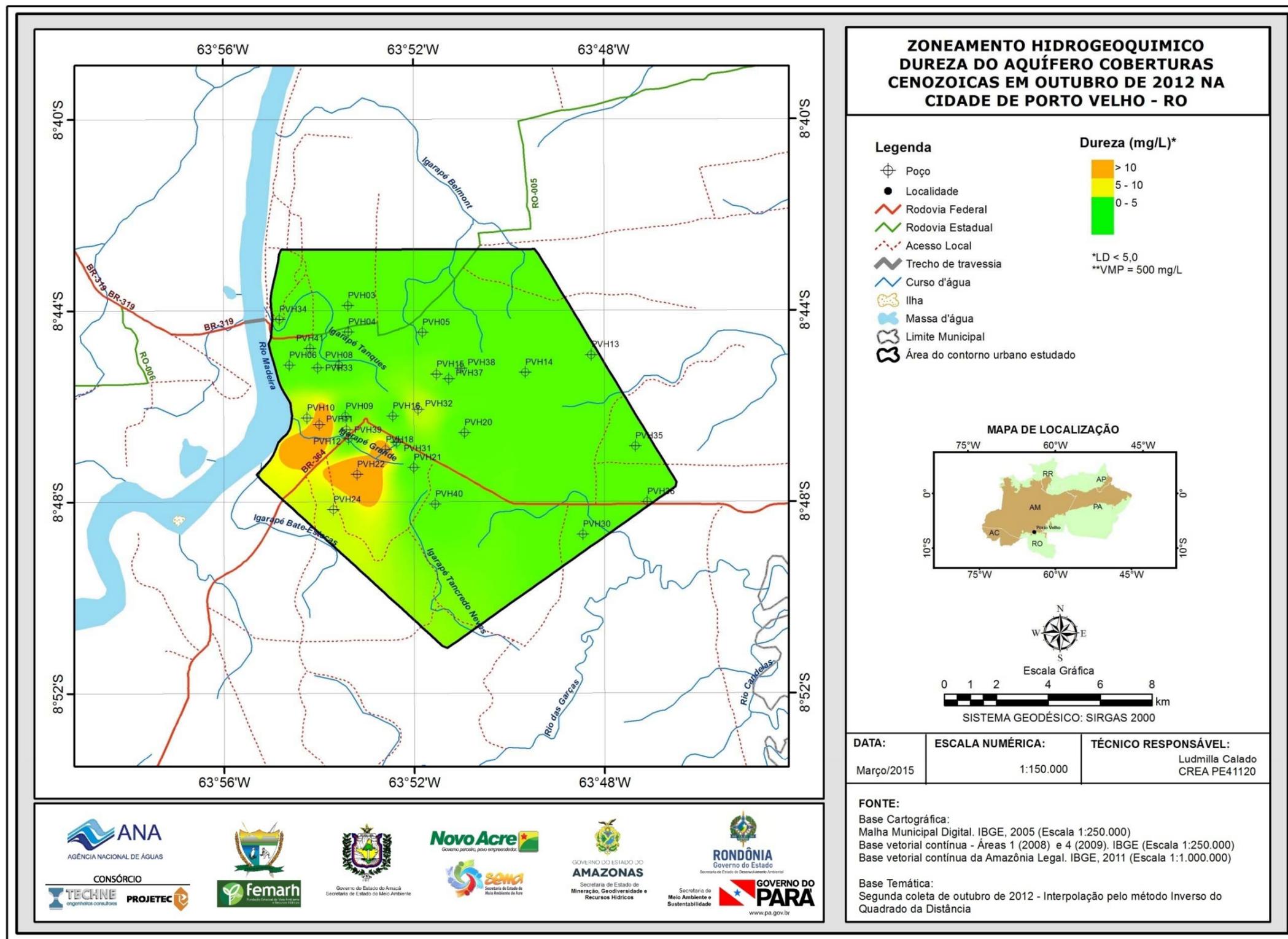


Figura 5.37b – Zoneamento da Dureza (mg/L CaCO<sub>3</sub>) das águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

### 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 ureia 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.

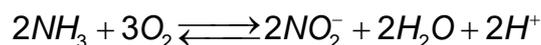
Assim, é possível avaliar o grau e a distância a uma fonte de poluição através das concentrações e das formas dos compostos nitrogenados presentes na água. Águas com predominância de nitrogênio orgânico e amoniacal são poluídas por descargas de esgotos próximos. Águas com concentrações de nitrato predominantes 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 5.50**.

**Tabela 5.50** - 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 5.51** mostra a estatística descritiva dos teores de nitrato presentes nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, nas duas campanhas de coleta de água realizadas. No período chuvoso, as concentrações de nitrato variam de 0,099 a 11,10 mg/L, com média de 2,29 mg/L e mediana igual a 1,238 mg/L. No período seco, os teores variam de 0,099 a 12,58 mg/L, com média de 1,28 mg/L e mediana de 0,621 mg/L.

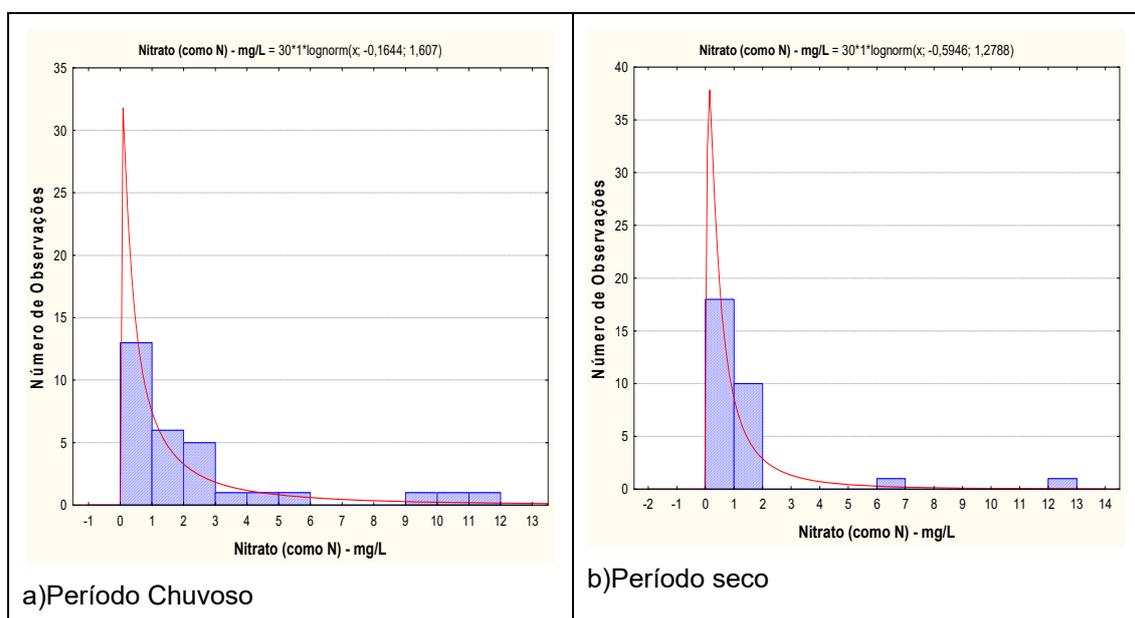
**Tabela 5.51** – Estatística descritiva do Nitrato do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) – outubro de 2012.

Nitrato	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
N-1	30	2,29	1,20	3,43	1,238	0,099	11,10	3,04	0,56	1,89
N-2	30	1,28	0,38	2,18	0,621	0,099	12,58	2,41	0,44	4,04

Em ambas as campanhas, 20% (6/30) 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, 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. Contudo, 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. A presença de nitrato em ambas as campanhas no poço PVH22, provavelmente se deve a contaminações locais oriundas de fossas situadas nas proximidades.

Os histogramas de frequência dos teores de nitrato ilustrados na **figura 5.38** nos dois períodos de amostragem foram modelados por funções de distribuição de probabilidade lognormal.



**Figura 5.38** – Histogramas de frequência e curvas lognormais ajustadas de distribuição de probabilidade do Nitrato do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

O modelo de fdp revela um viés estatístico para nitrato com diferentes riscos, não sendo possível avaliar de modo conclusivo a influência da sazonalidade por meio da modelagem geoestatística (**tabela 5.52**). Sendo assim, com base nos dados de média e mediana observa-se que os valores de nitrato no período chuvoso são superiores aos do período seco, o que sugere influência da sazonalidade.

**Tabela 5.52** – Distribuição de probabilidade do Nitrato do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho 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	0,848	0,219	0,108	0,060	0,031	0,020
N-2	0,552	0,188	0,107	0,067	0,040	0,028
Razão	1,538	1,166	1,009	0,896	0,784	0,716

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 e ali se depositando. 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.

Diante disso, fica evidente que os valores de nitrato encontrados nas águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, superiores aos limites permitidos para consumo humano se devem a contaminação oriunda principalmente da ausência de saneamento básico, cuja propagação é maior no período chuvoso.

### **Zoneamento do Nitrato**

A distribuição espacial dos teores de nitrato nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, tanto no período chuvoso (**figura 5.39a**) quanto no período de estiagem (**figura 5.39b**), é caracterizada por valores compreendidos entre 0,5 a 2,0 mg/L, seguida da faixa de 2,0 a 10,0 mg/L. Apesar da maioria das amostras apresentarem valores baixos de nitrato em ambas as campanhas, alguns poços ultrapassaram o limite de potabilidade estabelecido pela Portaria MS 2914/2011, como pode ser observado na última faixa de valores (>10 mg/L), representada por manchas pontuais.

Os valores de nitrato abaixo do limite de detecção, ou seja, <0,1 mg/L em ambas as campanhas podem ser observados em alguns pontos isolados.

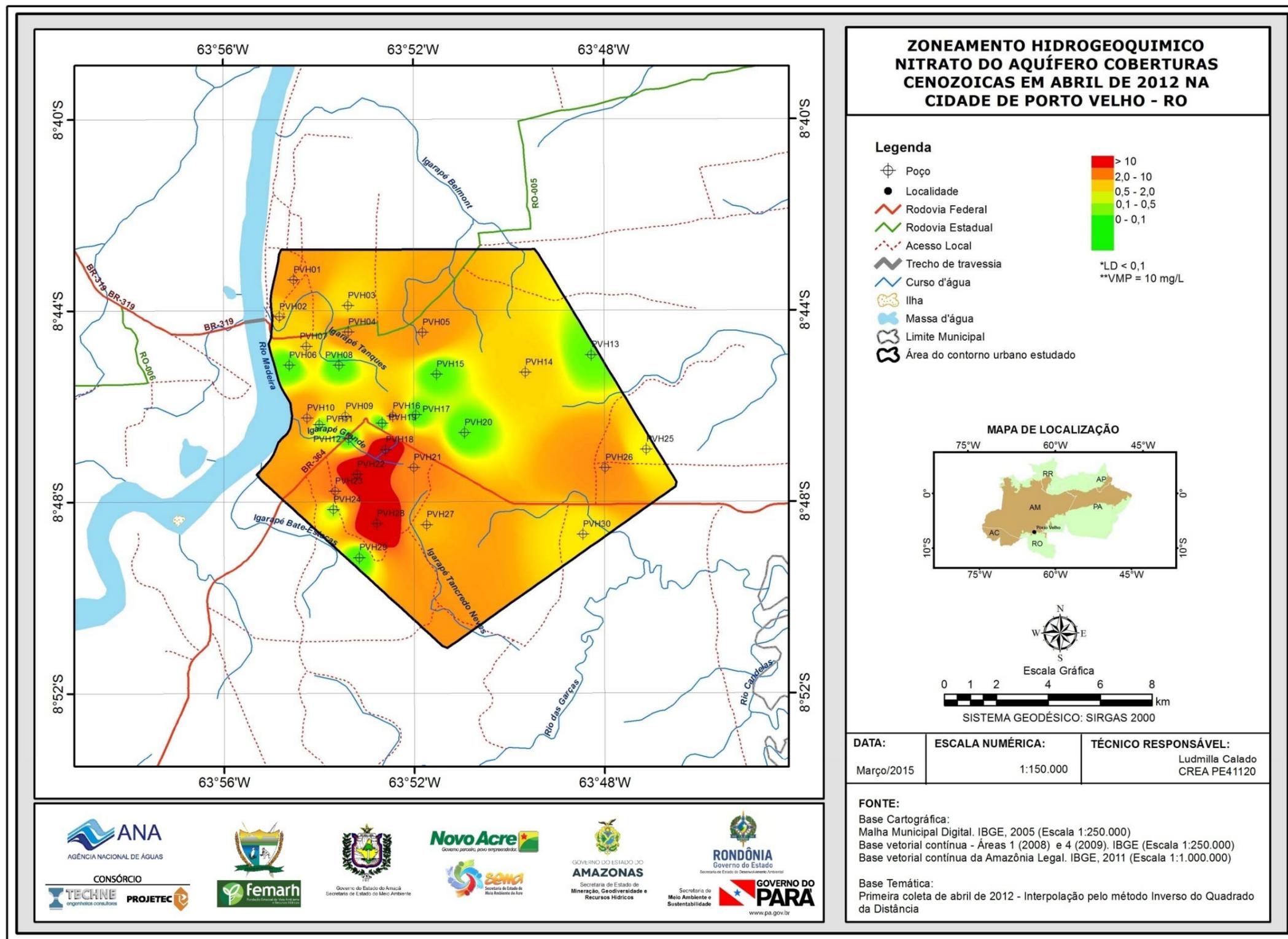


Figura 5.39a – Zoneamento de Nitrato (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.



### 5.2.11.2 - Nitrito

A **tabela 5.53** mostra a estatística descritiva dos teores de nitrito presentes nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, nas duas campanhas de amostragem realizadas. No período chuvoso (abril de 2012), todas as amostras apresentaram valores abaixo do limite de detecção, ou seja, 100% (30/30) com resultados inferiores a 0,02 mg/L. No período de estiagem (outubro de 2012), 87% (26/30) dos poços amostrados tiveram concentrações de nitrito abaixo do limite de quantificação de 0,02 mg/L. Portanto, de modo geral, a ocorrência de nitrogênio sob a forma de nitrito é praticamente desprezível, haja vista que o maior valor encontrado foi de 0,085 mg/L, na segunda campanha. 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.

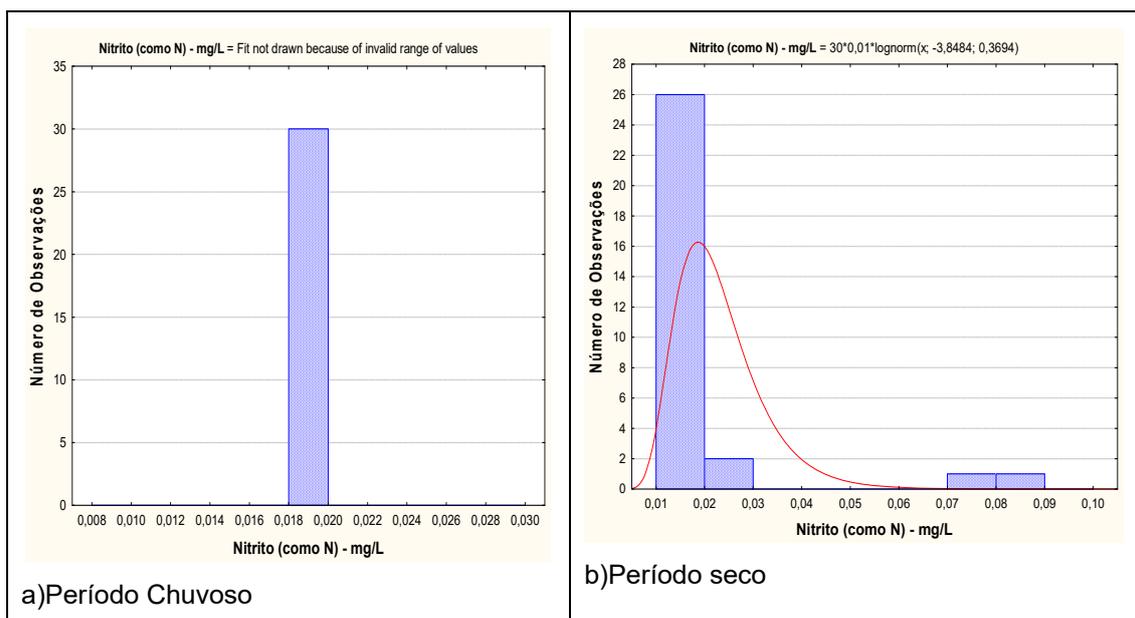
**Tabela 5.53** – Estatística descritiva do Nitrito do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) – outubro de 2012.

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	0,023	0,0179	0,029	0,019	0,019	0,085	0,0157	0,00287	3,63

Os baixos teores de nitrito encontrados nas águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho 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.

Os histogramas de frequência (**figura 5.40**), 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 nitrito, conforme apresentado na **tabela 5.54**. Essa função sugere com bias estatístico, nos níveis de risco de 20 a 1%, que os teores de nitrito do período chuvoso são superiores aos do período de estiagem. Contudo, entende-se que tal resultado não significa necessariamente influência da sazonalidade, pois 100% das amostras na primeira e 87% na segunda campanha apresentaram valores abaixo do limite de detecção.

Os 13% (4/30) das amostras que apresentaram teor de nitrito, se devem provavelmente a influência de atividade antrópica, principalmente ausência de esgotamento sanitário, haja vista que na área de estudo, os poços são locados próximos a fossas. Além disso, a presença de nitrito nas águas subterrâneas é indicativo de contaminação local, onde a reação de nitrificação, que converte nitrito em nitrato não foi completa, no momento da segunda campanha.



**Figura 5.40** – Histogramas de frequência e curvas lognormais ajustadas de distribuição de probabilidade do Nitrito do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

**Tabela 5.54** – Distribuição de probabilidade do Nitrito do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (N-1) - abril de 2012 e no período seco (N-2) – outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	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	0,0213	0,0156	0,0133	0,0116	0,0100	0,0090
Razão	0,89	1,22	1,43	1,64	1,90	2,11

### **Zoneamento do Nitrito**

A distribuição espacial dos teores de nitrito nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, tanto no período chuvoso (**figura 5.41a**) quanto no período de estiagem (**figura 5.41b**), é caracterizada predominantemente por valores de até 0,02 mg/L, ou seja, inferiores ao limite de detecção. Apenas quatro poços na segunda campanha apresentaram valor superior ao limite de detecção, representados pela faixa > 0,02 mg/L.

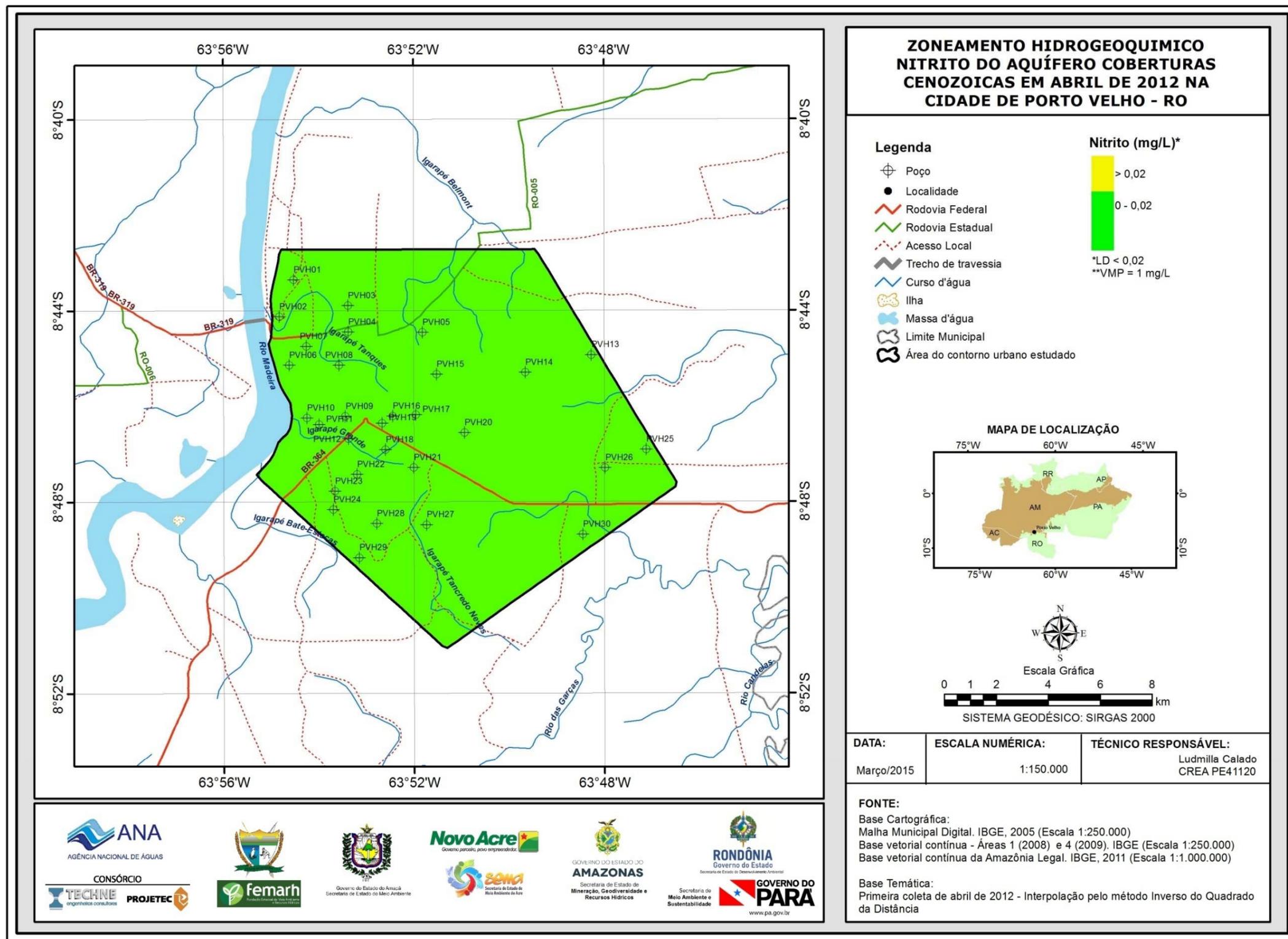


Figura 5.41a – Zoneamento de Nitrito (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

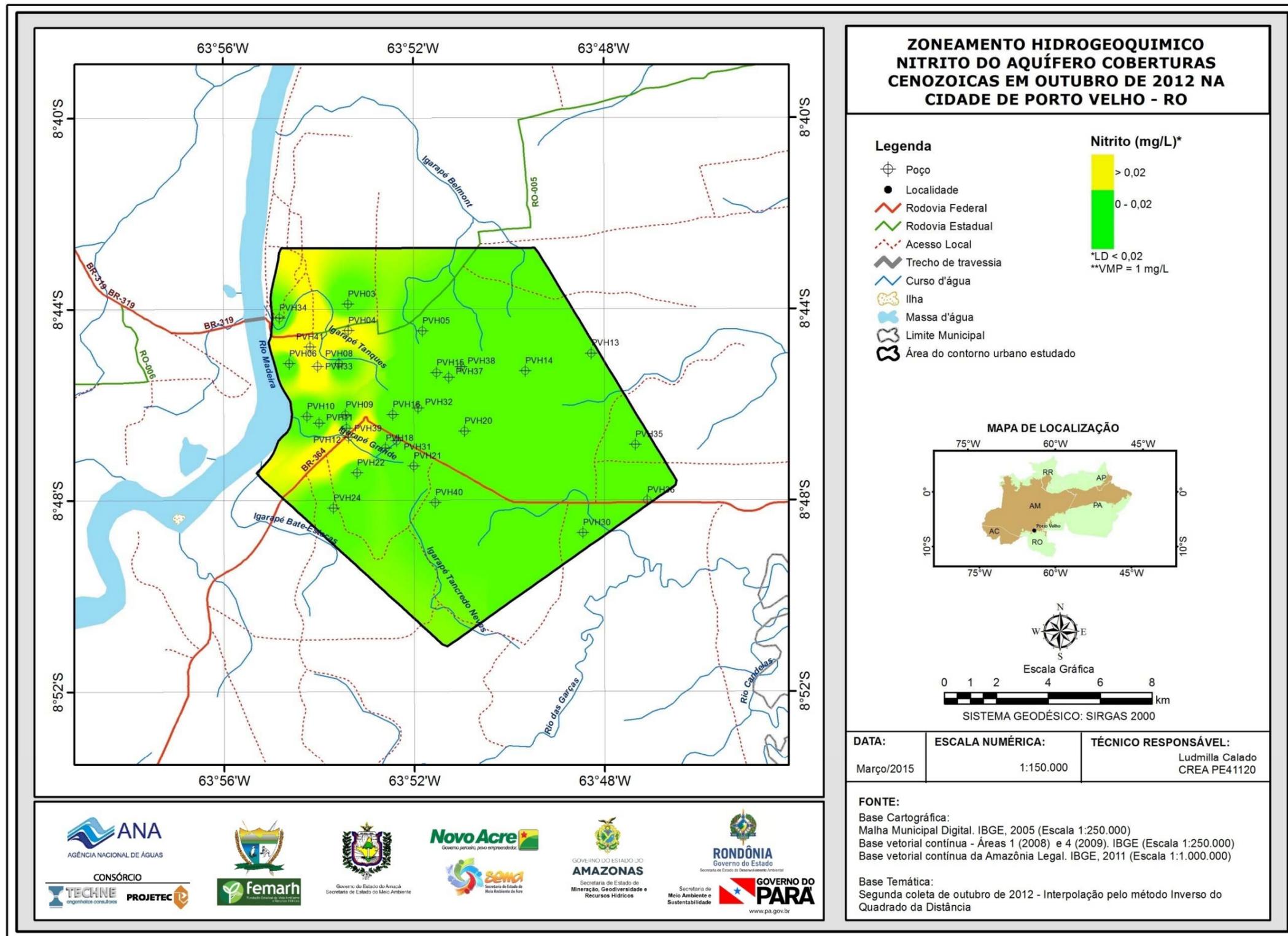


Figura 5.41b – Zoneamento de Nitrito (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

### 5.2.11.3 - Amônia

A **tabela 5.55** mostra a estatística descritiva dos teores de amônia presentes nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, nas duas campanhas de coleta de água realizadas. No período chuvoso, as concentrações de amônia variam de 0,09 a 1,5 mg/L, com média de 0,14 mg/L e mediana de 0,09 mg/L. No período seco, os teores ficaram compreendidos entre 0,09 a 2,0 mg/L, com média de 0,19 mg/L e mediana de 0,09 mg/L.

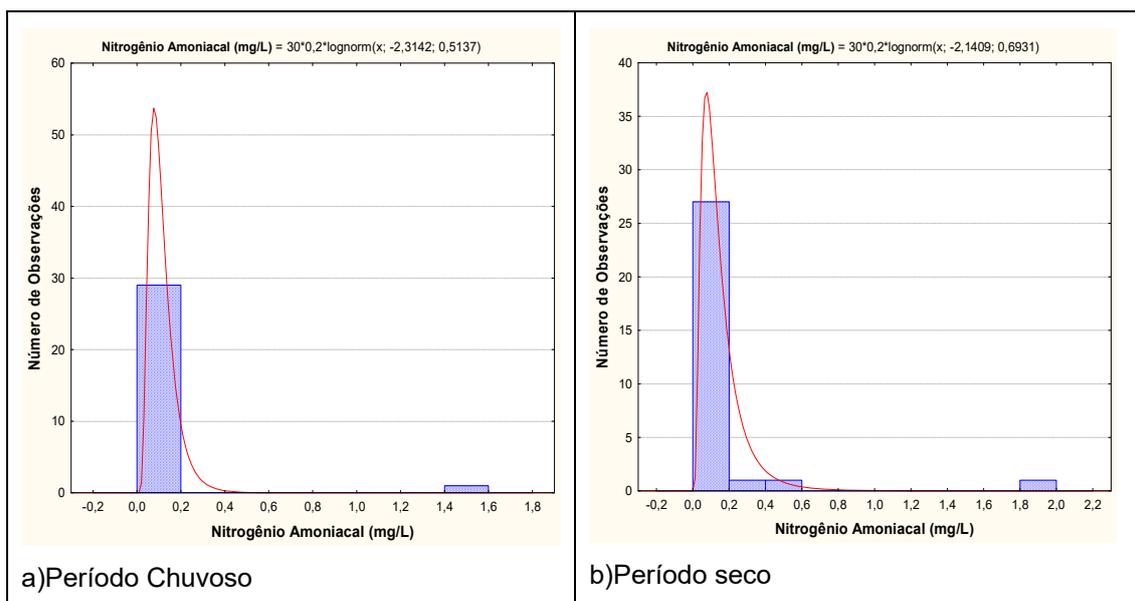
**Tabela 5.55** – Estatística descritiva da Amônia do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (A-1) - abril de 2012 e no período seco (A-2) – outubro de 2012.

Amônia	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
A-1	30	0,14	0,04	0,23	0,09	0,09	1,50	0,26	0,05	5,48
A-2	30	0,19	0,05	0,32	0,09	0,09	2,00	0,36	0,06	4,93

Na coleta de abril de 2012, 97% (29/30) das amostras apresentaram valores de amônia inferiores ao limite de detecção de 0,1 mg/L; enquanto que na coleta de outubro de 2012, 80% (24/30) dos poços tiveram resultados de amônia abaixo do limite de detecção. Em ambas as campanhas 3% (1/30) das amostras analisadas apresentaram valores de amônia que ultrapassaram o VMP recomendável pela Portaria MS 2914/2011 para consumo humano de 1,5 mg/L. Os poços que apresentaram tais teores, foram PVH17 e PVH38, respectivamente na primeira e segunda campanha.

Os histogramas de frequência de amônia (**figura 5.42**), 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 amônia nas duas campanhas, conforme apresentado na **tabela 5.56**.

Na referida tabela nota-se que os valores de amônia com os riscos de 50 e 20% são superiores no período de estiagem, enquanto que com riscos de 10, 5, 2 e 1% os maiores teores são encontrados no período chuvoso, indicando que há alguma influência de sazonalidade. Isto é justificável, pois no período chuvoso as fossas sépticas localizadas próximas aos poços transbordam e se misturam com as águas superficiais, contaminando os mananciais próximos.



**Figura 5.42** – Histogramas de frequência e curvas lognormais ajustadas de distribuição de probabilidade da Amônia do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

De acordo com Resende (2002), a amônia ( $\text{NH}_3$ ) originada no solo ou aplicada via fertilizantes tende a ser rapidamente convertida em amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e esse, por sua vez, é convertido em nitrato pelo processo microbiano da nitrificação.

Por esse motivo, os teores de amônia obtidos nas duas campanhas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, foram muito baixos, pois provavelmente a amônia existente proveniente dos dejetos das fossas sépticas está sendo convertida em nitrato, o que justifica alguns teores de nitrato superiores ao padrão de potabilidade permitido pela Portaria MS 2914/2011.

**Tabela 5.56** – Distribuição de probabilidade da Amônia do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (A-1) - abril de 2012 e no período seco (A-2) – outubro de 2012.

$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
A-1	0,098845	0,064149	0,051174	0,042461	0,034417	0,029919
A-2	0,117549	0,065597	0,048357	0,037593	0,028315	0,02344
Razão	0,84	0,98	1,06	1,13	1,22	1,28

### ***Zoneamento de Amônia***

A distribuição espacial dos teores de amônia nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, tanto no período chuvoso (**figura 5.43a**) quanto no período de estiagem (**figura 5.43b**), é caracterizada predominantemente pela faixa de valores de 0 a 0,1 mg/L, ou seja, valores abaixo do limite de detecção; seguida da faixa de 0,1 a 0,5 mg/L.

Os únicos poços que apresentaram teores de amônia superiores aos padrões da Portaria MS 2914/2011 estão distribuídos de modo disperso na área de estudo, representados pelo poço PVH17 na primeira campanha e PVH38 na segunda campanha, ambos com valores superiores a 1,5 mg/L.

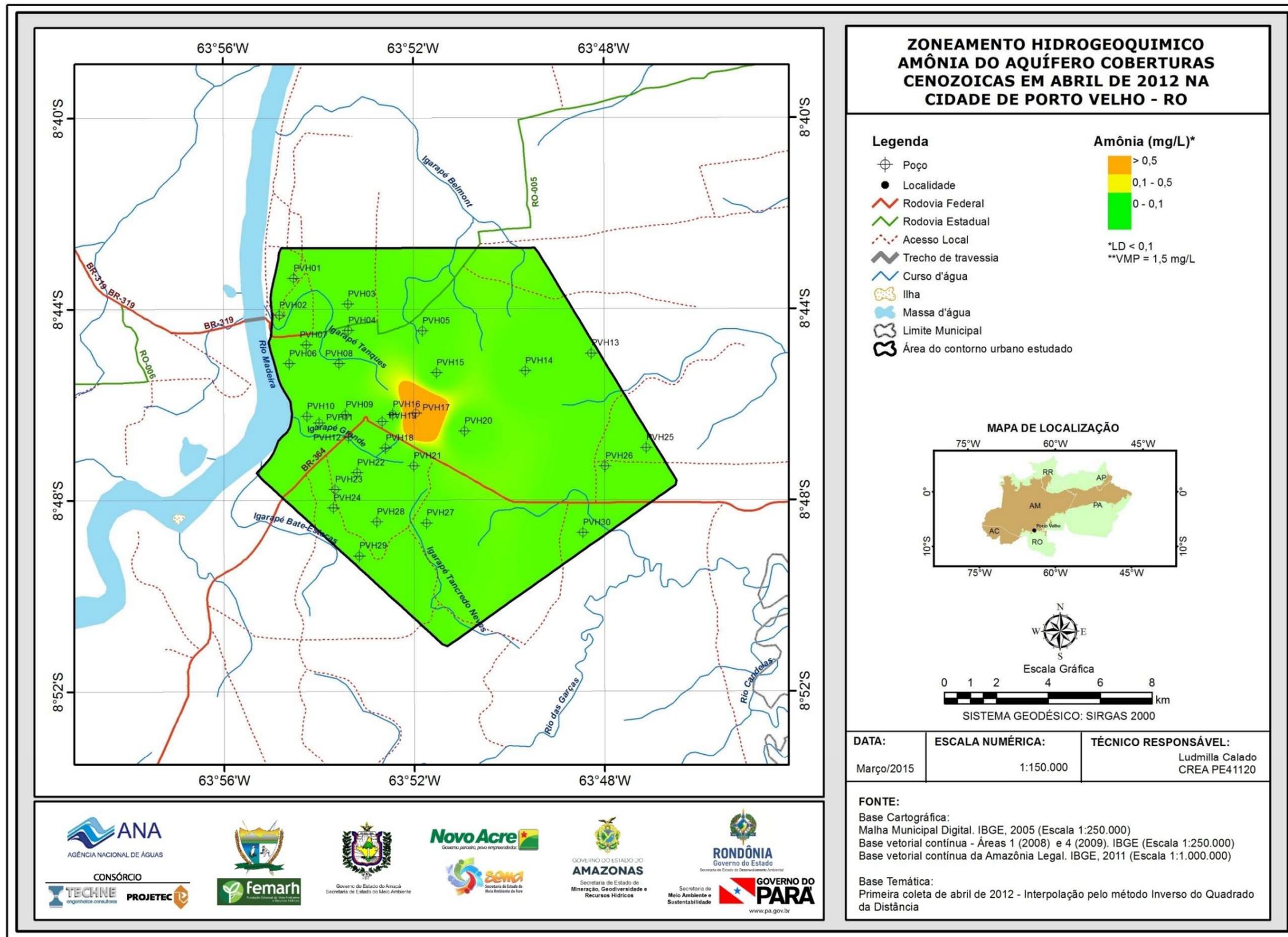


Figura 5.43a – Zoneamento da Amônia (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

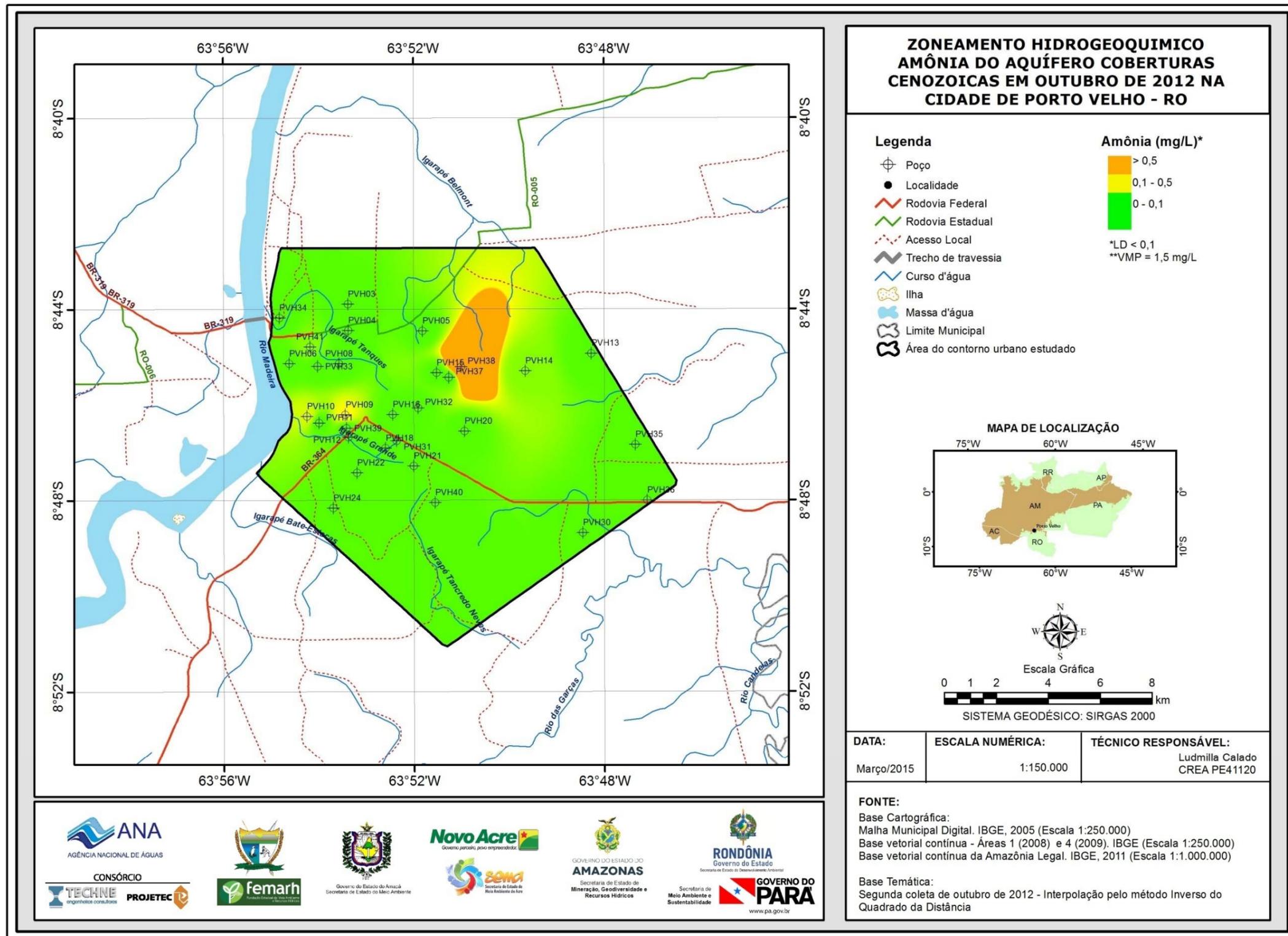


Figura 5.43b – Zoneamento da Amônia (mg/L) nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

### 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 ( $Fe^{2+}$ ) forma compostos solúveis, principalmente hidróxidos. Em ambientes oxidantes o  $Fe^{2+}$  passa a  $Fe^{3+}$  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 5.57**.

**Tabela 5.57** – Valores Máximos Permitidos (VMP) de ferro e manganês para os usos preponderantes (Resolução CONAMA 396/2008).

Parâmetro	Usos Preponderantes da Água			
	Consumo Humano ( $\mu g.L^{-1}$ )	Dessedentação Animal ( $\mu g.L^{-1}$ )	Irrigação ( $\mu g.L^{-1}$ )	Recreação ( $\mu g.L^{-1}$ )
Ferro	300	-	5.000	300
Manganês	100	50	200	100

Nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho na cidade de Porto Velho, foram encontrados, nas duas campanhas de amostragem realizadas no ano de 2012 no Projeto PHA, algumas amostras com teores elevados de ferro. A principal razão para as altas concentrações detectadas é o intemperismo químico regional resultante da alta pluviosidade e elevadas temperaturas, que ao longo do tempo geológico causaram a decomposição das rochas com remoção de muitos dos seus elementos químicos, lixiviando os solos e deixando outros elementos como o ferro e o

manganês, após dissolução inicial, presente em forma solúvel ou consolidado como óxido e hidróxido.

### 5.2.12.1 - Ferro

A estatística descritiva dos teores de ferro nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (**tabela 5.58**), mostra no período chuvoso, valores compreendidos entre 0,003 e 20,4 mg/L, com média de 0,81 mg/L. No período seco os valores oscilaram entre 0,001 a 2,99 mg/L, com média de 0,24 mg/L. Em ambos os períodos de coleta, a mediana é igual a 0,04 mg/L.

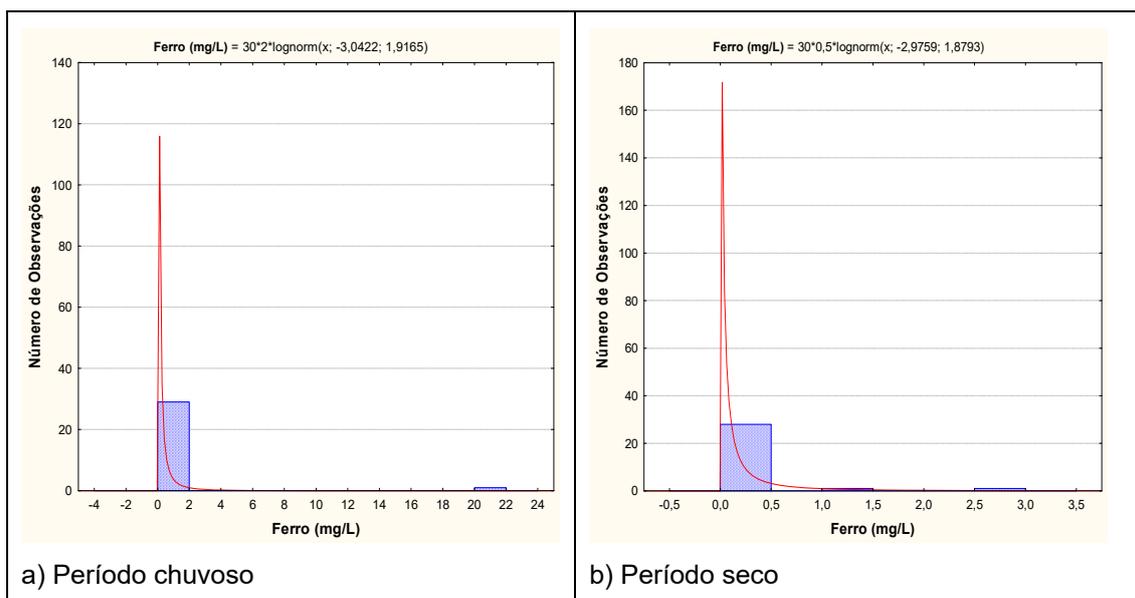
**Tabela 5.58** – Estatística descritiva do Ferro (mg/L) do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Fe-1) - abril de 2012 e no período seco (Fe-2) – outubro de 2012.

Fe	N	Média	Confiança 95%		Mediana	Min	Max	Desvio Padrão	Erro padrão	Assimetria
Fe-1	30	0,81	-0,6	2,19	0,04	0,003	20,4	3,72	0,68	5,42
Fe-2	30	0,24	0,02	0,46	0,04	0,001	2,99	0,58	0,11	4,16

Dentre o total de amostras analisadas nas duas campanhas, 13% (4/30) dos poços no período chuvoso e 17% (5/30) 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.

Além disso, 3% (1/30) dos poços amostrados na primeira campanha apresentaram teores de ferro que ultrapassaram os limites recomendados para irrigação, de acordo com a Resolução CONAMA 396/2008.

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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho (**tabela 5.59**), onde se verificou que os teores no período de estiagem são superiores aos do período chuvoso, o que indica influência de sazonalidade, pois a razão das duas campanhas é inferior a 1 (um).



**Figura 5.44** – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade do Ferro do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

No caso de Porto Velho 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.

**Tabela 5.59** – Distribuição de probabilidade do Ferro (mg/L) do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (Fe-1) - abril de 2012 e no período seco (Fe-2) – outubro de 2012.

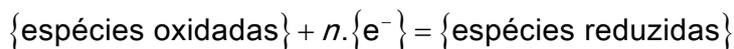
$P(x \geq a)$	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99
Fe-1	0,04773	0,00951	0,00409	0,00204	0,00093	0,00055
Fe-2	0,05100	0,01049	0,00459	0,00232	0,00108	0,00064
Razão	0,94	0,91	0,89	0,88	0,87	0,86

### **Os altos teores de ferro dissolvido na água subterrânea em Porto Velho**

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

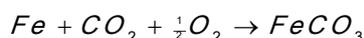
sistemas aquosos. Uma reação redox é considerada como uma transferência de elétrons e obedece à seguinte reação geral:



$n$  = 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:



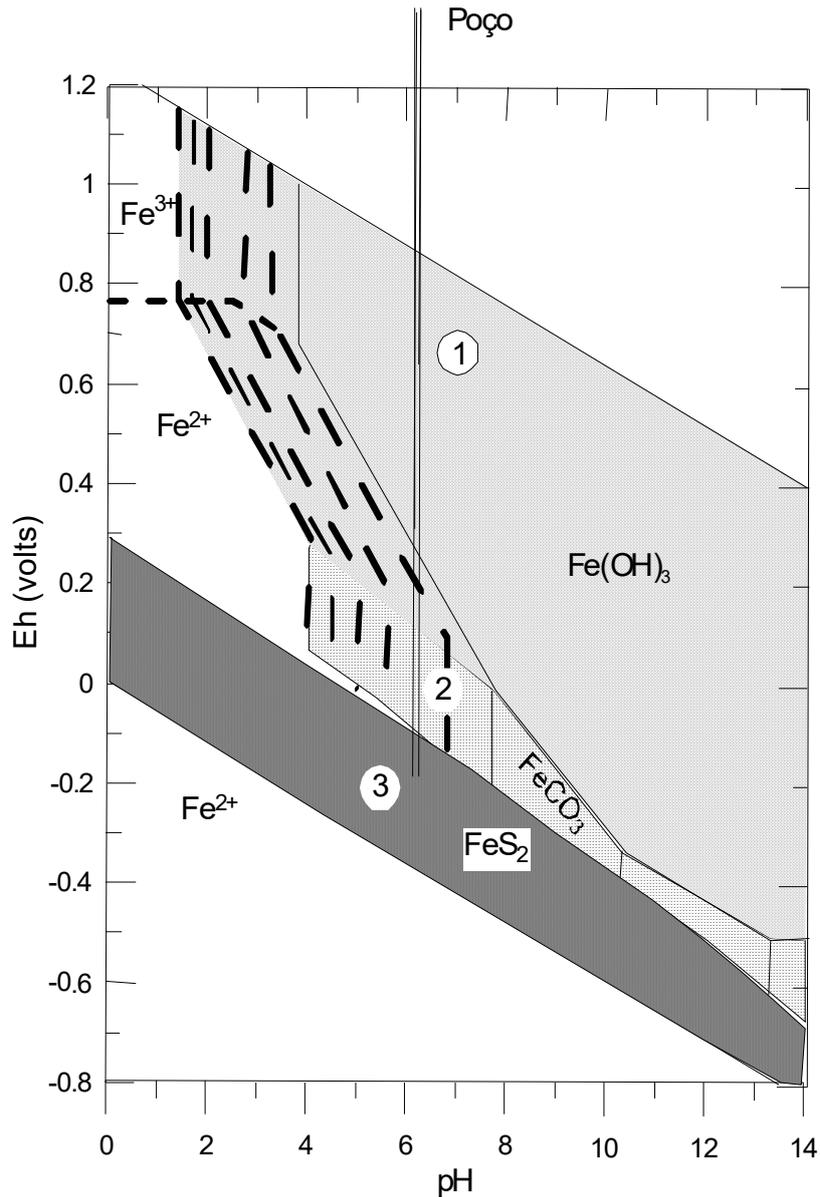
O carbonato ferroso é solúvel e frequentemente encontrado em águas de poços contendo elevados níveis de concentração (CETESB, 2009).

Portanto, a explicação para os elevados teores de ferro dissolvido nas águas subterrâneas em Porto Velho 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  $FeS_2$  (dissulfeto de ferro) e  $FeCO_3$  (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).

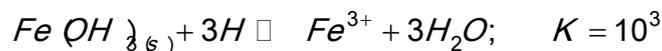
Esse diagrama e suas regiões pode ser visualizado, ao longo da vertical, como um “poço virtual” tendo 3 (três) entradas de água, indicadas como 1, 2 e 3 (**figura 5.45**).



**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:



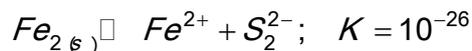
A equação para o teor de ferro (mol/L) em função do pH é dada por:

$$\log [Fe^{3+}] = 4 - 3pH$$

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**

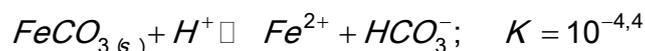
A terceira entrada seria para um poço profundo que capta água que está em equilíbrio com o mineral pirita  $FeS_{2(s)}$ . Nessa zona aquífera o ferro se encontra na forma de ferroso e o enxofre na forma de sulfeto, precipitando dissulfeto de ferro. O teor de ferro da água do poço seria controlado pela reação:



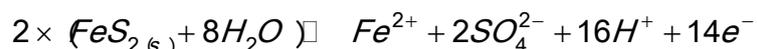
Essa reação, caso o  $S_2^{2-}$  seja a única espécie, produzirá um teor de ferro em solução inferior a 1  $\mu g$  de  $Fe^{2+}/L$ . Ou seja, águas desse tipo apresentam baixo teor de ferro e de sulfato.

### **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  $Fe(OH)_3$  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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, 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) classes, sendo predominante a faixa com valores de 0 a 0,1 mg/L; seguida da faixa de 0,1 a 0,3 mg/L.

Em ambas as campanhas, a última faixa com valores superiores a 0,3 mg/L, ou seja, que ultrapassam o VMP recomendado pela Portaria MS 2914/2011, estão representados por manchas pontuais distribuídas ao longo da área de estudo.



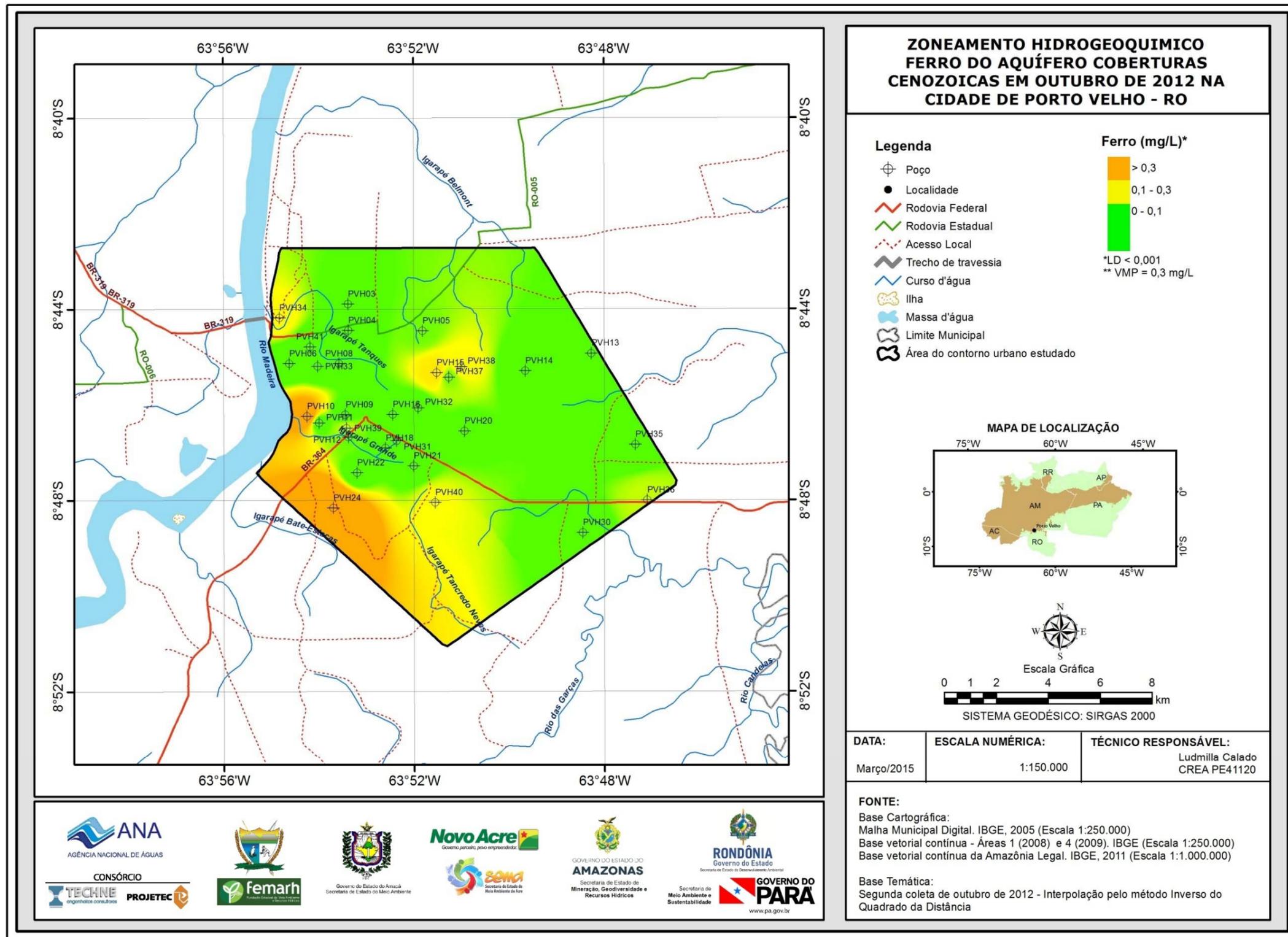


Figura 5.46b – Zoneamento de Ferro (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho - RO.

### 5.2.12.2 - Manganês

A estatística descritiva das concentrações de manganês nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho (**tabela 5.60**), revela que os teores de manganês no período chuvoso variam de 0,0001 a 0,480 mg/L, com média de 0,035 mg/L e mediana igual a 0,006 mg/L. No período seco, os valores ficam entre um mínimo de 0,0009 e um máximo de 0,075 mg/L, sendo a média igual a 0,018 mg/L e a mediana igual a 0,009 mg/L.

**Tabela 5.60** – Estatística descritiva do Manganês (mg/L) do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho 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	0,035	0,002	0,068	0,006	0,00009	0,480	0,090	0,016	4,576
Mn-2	30	0,018	0,010	0,025	0,009	0,0009	0,075	0,020	0,004	1,209

Na primeira campanha, 3% (1/30) das amostras apresentaram teores de manganês abaixo do limite de detecção de 0,0001 mg/L; enquanto que na segunda campanha, 30% (9/30) dos poços obtiveram valores abaixo do limite quantificável de 0,001 mg/L.

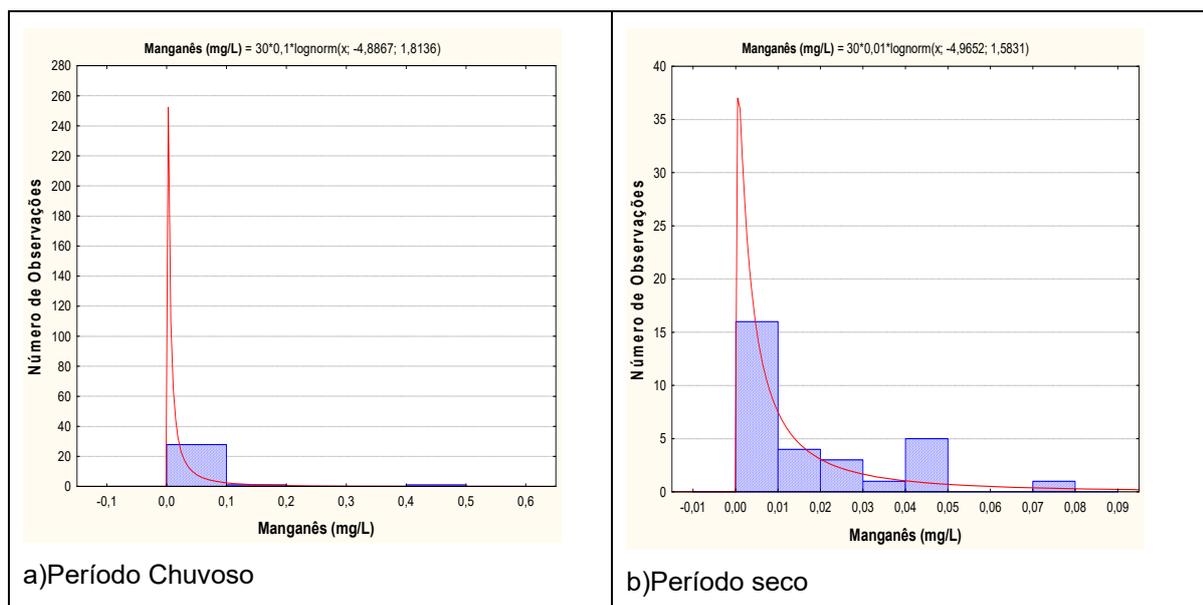
Observou-se que 7% (2/30) dos poços na primeira campanha apresentou teores de manganês acima do VMP de 0,1 mg/L estabelecido pela Portaria MS 2914/2011, bem como ultrapassaram os limites previstos na Resolução CONAMA 396/2008, no que se refere aos usos da água para consumo humano e recreação.

Além disso, 17% (5/30) dos poços amostrados no período chuvoso e 3% (1/30) dos poços no período de estiagem apresentaram teores de manganês que ultrapassaram os limites recomendados para dessedentação animal, de acordo com a Resolução CONAMA 396/2008.

Apenas 3% (1/30) dos poços no período chuvoso ultrapassaram o limite recomendado para irrigação, 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho (**tabela 5.61**), onde ocorreu bias estatístico, indicando com risco de 50% os maiores valores no período chuvoso, enquanto que, com riscos de 20, 10, 5, 2 e 1%, os maiores teores ocorrem no período seco, o que reflete alguma influência de sazonalidade.

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** – Histogramas de frequência e curvas lognormais de distribuição de probabilidade do Manganês do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período chuvoso – abril de 2012 e no período seco – outubro de 2012.

De acordo com Feitosa *et al.* (2008), o manganês frequentemente está presente com baixos teores, <0,2 mg/L em quase todas as águas naturais, sendo mais abundante nas águas ácidas. Isso corrobora com os dados do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, onde no período de estiagem, as águas são mais ácidas, com pH médio de 5,1, e conseqüentemente ocorrem teores mais elevados de manganês quando comparados ao período chuvoso.

**Tabela 5.61** – Distribuição de probabilidade do Manganês (mg/L) do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho 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	0,00755	0,00164	0,00074	0,00038	0,00018	0,00011
Mn-2	0,00698	0,00184	0,00092	0,00052	0,00027	0,00018
Razão	1,08	0,89	0,80	0,74	0,67	0,63

### Zoneamento do Manganês

A distribuição espacial do teor de manganês nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, no período chuvoso (abril de 2012) e no período seco (outubro de 2012), apresentada respectivamente na **figura 5.48a** e **figura 5.48b**, apresenta de forma predominante duas faixas de valores: a primeira de 0,0001 a 0,005 mg/L e secundariamente de 0,005 a 0,1 mg/L.

Os valores acima e/ou abaixo dessas classes estão distribuídos em alguns poços representados por manchas isoladas.

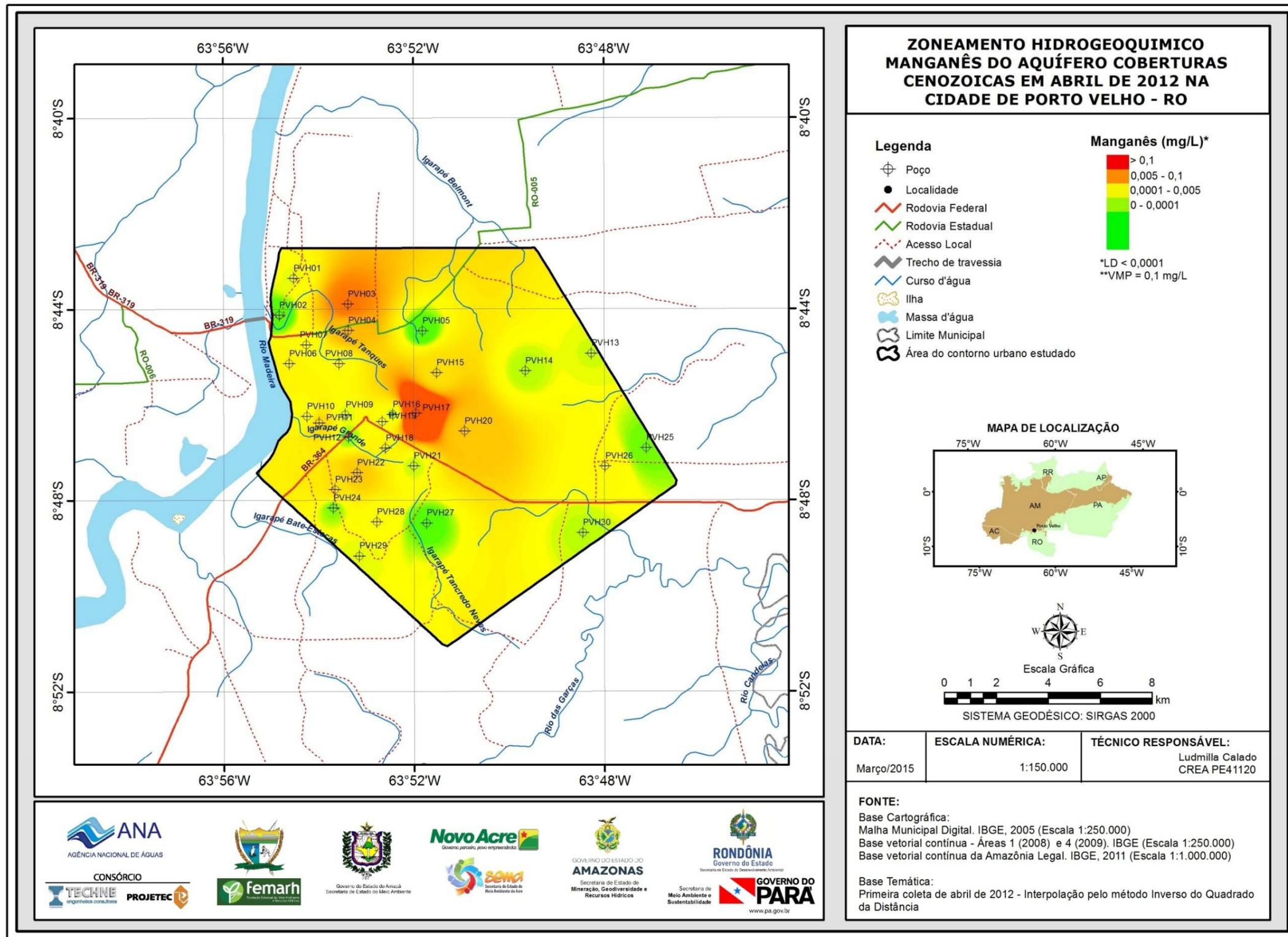


Figura 5.48a – Zoneamento de Manganês (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho - RO.

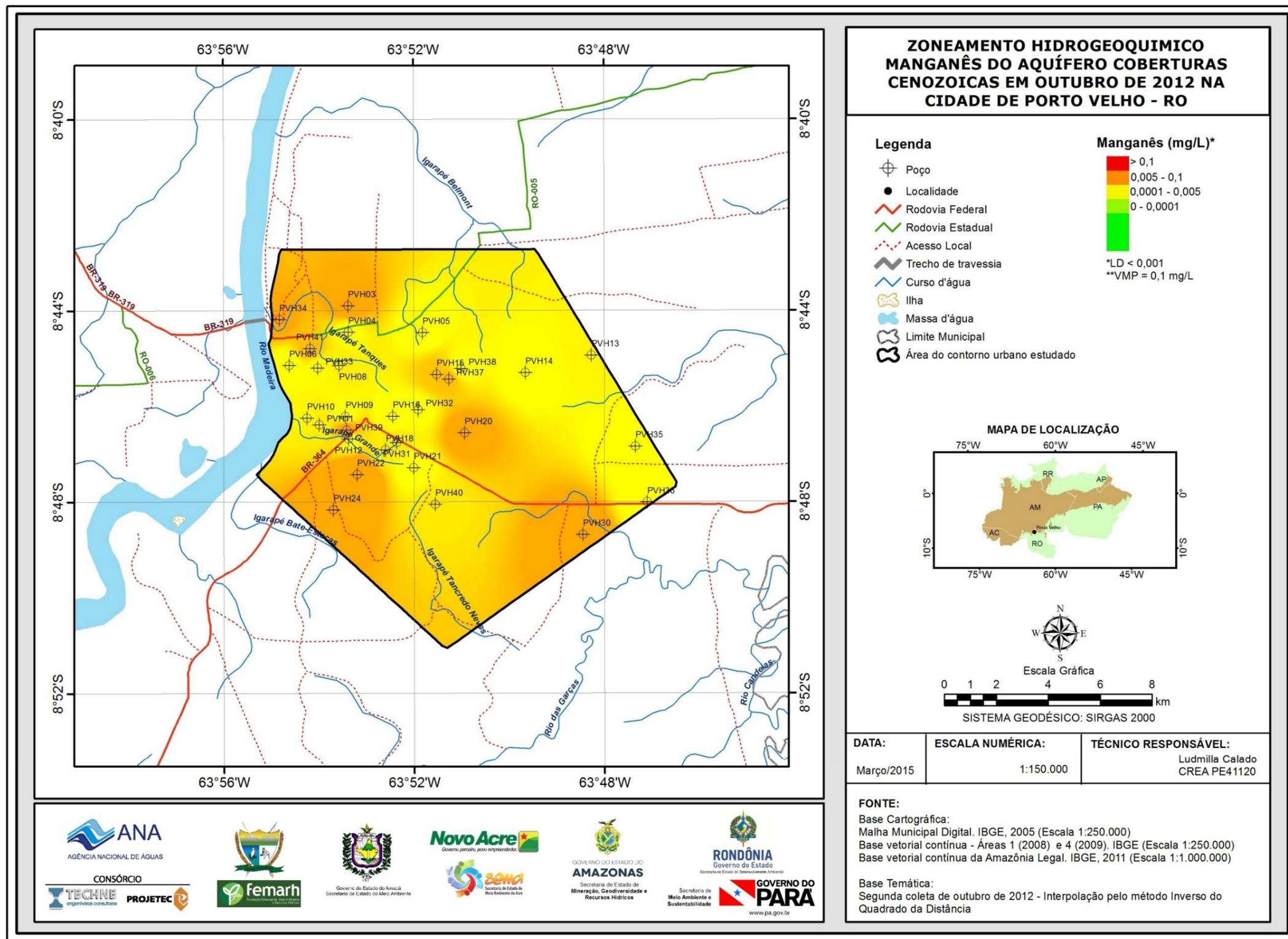


Figura 5.48b – Zoneamento de Manganês (mg/L) nas águas subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro 2012), na cidade de Porto Velho - RO.

### 5.2.13 – Metais Pesados

Os resultados analíticos de metais pesados, das amostras de água do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, 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 5.62**).

**Tabela 5.62** - 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 5.63**.

**Tabela 5.63** - 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 encontra-se ainda 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 11 (onze) poços amostrados no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, 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 11 (onze) análises de amostras de água do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho em Porto Velho, apenas 1 (uma) apresentou teor de bário abaixo do limite de detecção de 0,001mg/L. Tendo sido detectada a presença de bário em 90% (10/11) dos poços. Os teores encontrados variaram de 0,003 a 0,0667 mg/L. Nenhuma das amostras analisadas ultrapassou o limite organoléptico de potabilidade estabelecido pela Portaria MS 2914/2011 (**tabela 5.62**), bem como poderia ser indicada para consumo humano e recreação, segundo os padrões definidos na resolução CONAMA 396/2008 (**tabela 5.63**).

### **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 11 (onze) análises realizadas no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, 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). Todas as amostras analisadas na segunda campanha, 100% (11/11) apresentaram teores de chumbo inferiores ao limite de detecção de 0,001 mg/L.

## **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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, indicaram que 55% (6/11) das amostras apresentaram teores de cobre abaixo do limite de detecção de 0,001 mg/L, enquanto que os 45% (5/11) restantes obtiveram resultados de cobre que variaram de 0,00259 a 0,0286 mg/L. Os teores encontrados em todos os poços estão abaixo do VMP estabelecido pela Portaria MS 2914/2011 (**tabela 5.62**), assim como dentro dos padrões definidos pela Resolução CONAMA 396/2008 (**tabela 5.63**), 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 11 (onze) 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 ( $\text{HgS}$ ). Os estados de oxidação que o mercúrio pode assumir são  $\text{Hg}^{+1}$  e  $\text{Hg}^{+2}$ . Apesar da toxicidade dos sais de mercúrio, o cloreto mercurioso ( $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ), conhecido como calomelano, encontra aplicação na medicina como estimulante de órgãos de secreção (Feitosa *et al.*, 2008).

Todas as 11 (onze) amostras analisadas na segunda campanha, do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho apresentaram teores de mercúrio abaixo do limite de detecção de 0,0001 mg/L.

## **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).

As análises de metais pesados realizadas nas águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, indicaram que 100% (11/11) das amostras 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  $\mu g/L$ , na água do mar está entre 0,002 e 0,1  $\mu g/L$  e na água subterrânea de 10 a 40  $\mu g/L$  (CETESB, 2012).

No aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, verificou-se que 18% (2/11) das análises apresentaram teores de zinco abaixo do limite de detecção de 0,001 mg/L; enquanto que nos 82% (9/11) restantes foi detectada a presença de zinco, com teores que ficaram compreendidos entre 0,0045 e 0,0403 mg/L. Apesar de 9 (nove) amostras apresentarem presença de zinco, todas estavam com valores abaixo do VMP de potabilidade definido pela Portaria MS 2914/2011 (**tabela 5.62**), bem como, dentro dos limites da Resolução CONAMA 396/2008 (**tabela 5.63**), indicando que as águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho poderiam ser utilizadas para todos os usos nela prescritos sem restrições.

## 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 5.64**.

**Tabela 5.64** - 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 5.65**.

**Tabela 5.65** - Valores Máximos Permitidos (VMP) de **B**enzeno, **T**olueno, **E**tilbenzeno e **X**ilenos (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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, realizada em outubro de 2012, verificou-se que todas as 11 (onze) amostras de **B**enzeno, **T**olueno e **E**tilbenzeno apresentaram teores abaixo do limite de detecção de 0,001 mg/L. Todas as 11 (onze) 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho apresentaram teores de BTEX abaixo do VMP estabelecido pela Portaria

MS 2914/2011 (**tabela 5.64**), bem como, dentro dos limites da Resolução CONAMA 396/2008, indicando que as águas subterrâneas poderiam ser utilizadas para os usos nela prescritos (**tabela 5.65**).

#### 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 5.66**.

**Tabela 5.66** - 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, para avaliação dos teores de fenóis, onde se verificou que 55% (6/11) das amostras analisadas apresentaram resultados inferiores ao limite de detecção de 0,001 mg/L. Enquanto que os 45% (5/11) restantes dos poços apresentaram valores de fenóis que variaram de 0,0011 a 0,002 mg/L.

De acordo com a resolução CONAMA 396/2008, as águas dos poços amostrados podem ser aproveitadas para todos os usos nela prescritos (**tabela 5.64**), uma vez que não ultrapassaram o VMP de fenóis.

## 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 Porto Velho, o diagrama da **figura 5.49** (elaborado com os dados da **tabela 5.67**) mostra que a **Linha de Água Subterrânea (LAS)** ou **Reta de Água Subterrânea (RAS)** do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho se desvia muito pouco da **Linha de Água Meteórica Mundial (LAMM)** da região, também chamada de **Reta Meteórica Mundial (RMM)**, conforme se deduz da menor declividade 7,58 da RAS, contra 8,13 da RMM. Comparando as ordenadas na origem das duas equações, (fazendo  $\delta^{18}\text{O} = 0$ ) verifica-se que:

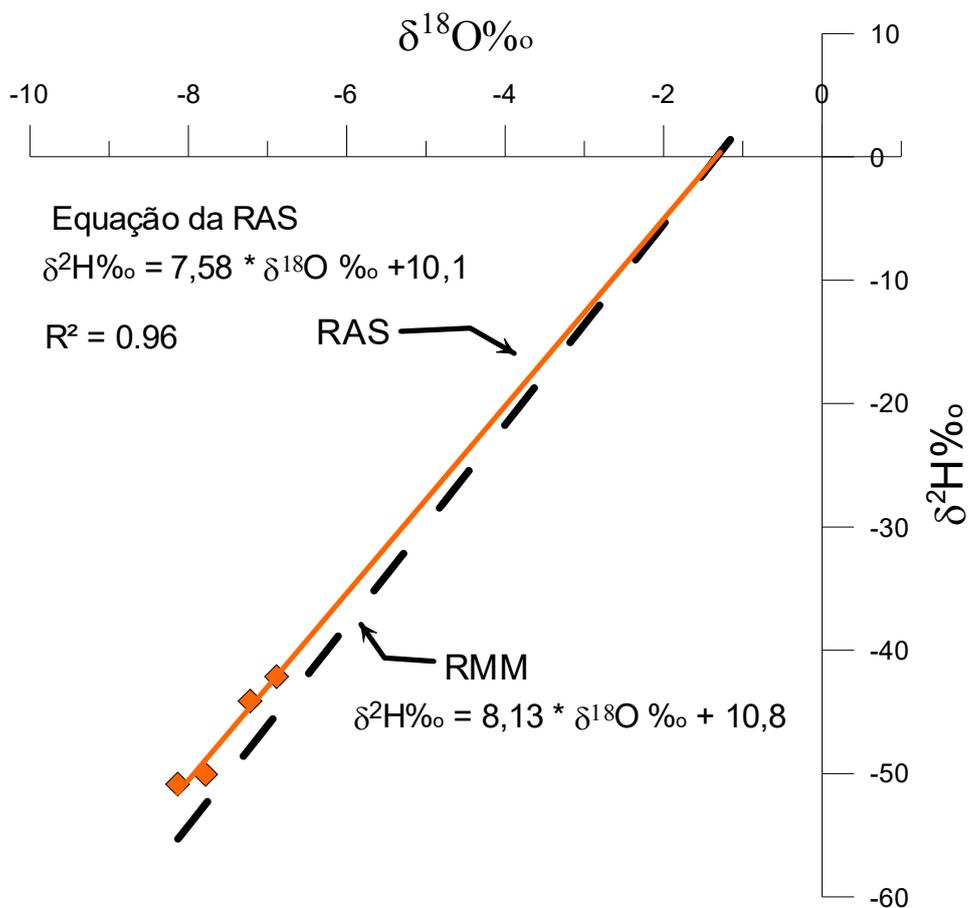
$$\text{Para a RAS: } \delta^{18}\text{O} = -\frac{10,1}{7,58} = -1,332 \text{ ‰}$$

$$\text{Para a RMM: } \delta^{18}\text{O} = \frac{10,8}{8,13} = -1,328 \text{ ‰}$$

Ocorre uma variação muito pequena de -0,004 na concentração isotópica de  $\delta^{18}\text{O} \text{ ‰}$  das precipitações, indicando que as águas subterrâneas são provenientes de chuvas, com uma perda muito pequena de apenas 0,3% de  $\delta^{18}\text{O} \text{ ‰}$  por evaporação (-0,004/-1,328). Ou seja, isto significa que a água de recarga do aquífero em Porto Velho possui 99,7% do conteúdo de  $\delta^{18}\text{O} \text{ ‰}$  das águas de chuva e isto confirma que a recarga provém das precipitações e sugere que praticamente não há sinais de recarga fluvial a partir do rio Madeira.

**Tabela 5.67** – Valores de oxigênio-18 e deutério dosados nas amostras coletadas em Porto Velho no período seco (outubro de 2012).

Poço	$\delta^{18}\text{O} \text{ ‰}$	$\delta\text{D} \text{ ‰}$
PVH13	-6,89	-42,1
PVH24	-8,13	-50,8
PVH35	-7,78	-50,1
PVH39	-7,22	-44,1



**Figura 5.49** – Diagrama mostrando que a água subterrânea do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho contém 99,7% da composição isotópica das águas de chuva, sugerindo que a recarga provém das precipitações, não havendo sinais de recarga fluvial proveniente do rio Madeira.

### 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).

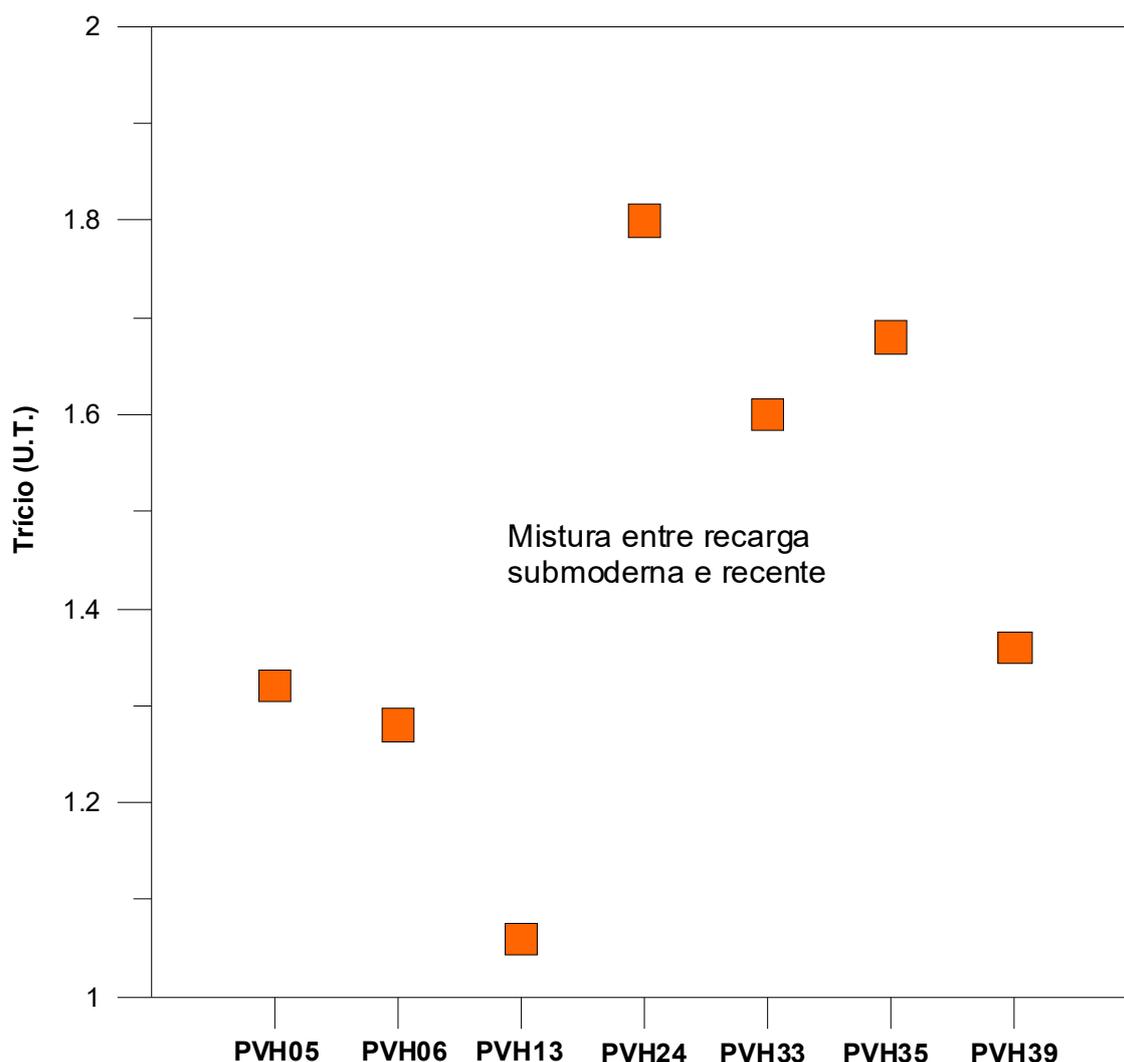
Kaufman & Libby (1954) foram os primeiros a reconhecer o potencial do  $^3\text{H}$  cosmogênico para a datação de águas subterrâneas e existem vários métodos *quantitativos* e *qualitativos* com uso desse isótopo. A atenuação dos níveis de trício na atmosfera associada com a presença de águas novas em alguns aquíferos (como é o caso do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho), afetam a confiabilidade das interpretações quantitativas. 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 costeiras e de baixa latitude, relaciona os valores de unidades de trício (U.T.) com a idade das águas subterrâneas (**tabela 5.68**).

**Tabela 5.68** – 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 Porto Velho (**figura 5.50**) revelam, de acordo com a interpretação qualitativa mostrada na **tabela 5.68**, que o aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho possui mistura de água submoderna com recarga recente.



**Figura 5.50** – Idade qualitativa da recarga do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho em Porto Velho, segundo os dados de trício de 7 (sete) amostras coletadas.

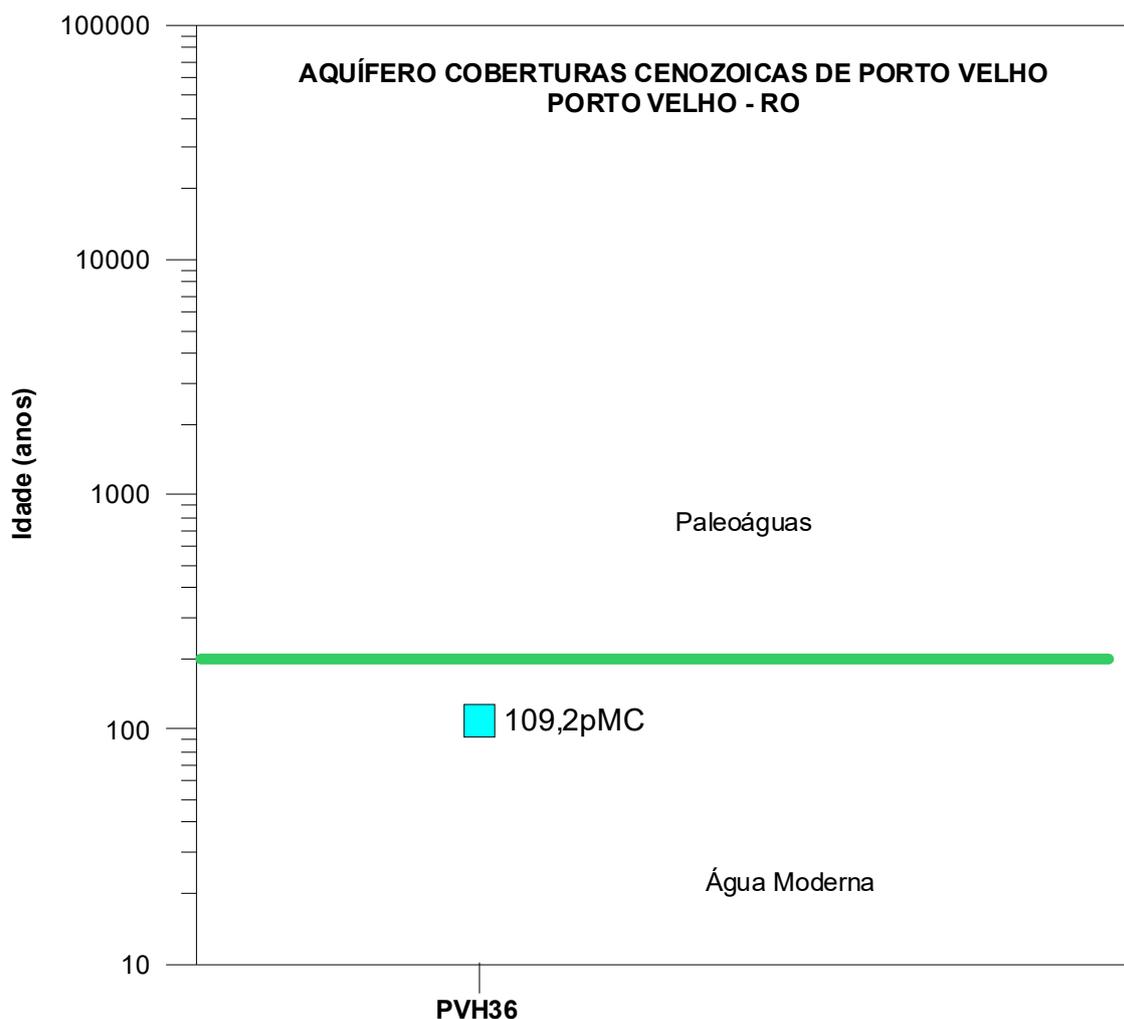
### 5.2.15.3 - Carbono-14

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).

De acordo com o diagrama da **figura 5.51**, elaborado a partir dos dados contidos na **tabela 5.69**, a medida de carbono-14 indica no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, presença de água moderna no poço PVH36 (109,2 pMC), ou seja, água com tempo de residência inferior a 200 anos, o que é coerente com a natureza aluvial dos sedimentos Pleistocênicos/Holocênicos indiferenciados da zona urbana de Porto Velho.

**Tabela 5.69** – Idade aparente ou convencional do radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ) em anos BP (*before present* – 1950) e, quando inferior a 200 anos, dita “Moderna” por convenção e expressa em %M ou pMC (*percent modern carbon*).

Resultado	PVH36
Idade Aparente C14 (Fração Moderna)	109,2+/-0,4 pMC
Fmdn- fração de carbono moderno	0,9876 +/-0,0042
Razão C13/C12 (‰)	-25



**Figura 5.51** – Idade medida com carbono-14 de amostra de água do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho – RO.

#### 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, provém de águas meteóricas, ou seja, águas de chuva com 0,3% 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho têm mistura de água submoderna com recarga recente;
- A datação radiométrica de Carbono-14 revelou a presença de água moderna (109,2 pMC), com menos de 200 anos BP.

#### 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, apresentaram em 43% (13/30) dos casos a presença de coliformes totais, enquanto que no período de estiagem (outubro de 2012), a presença ocorreu em 70% (21/30) das amostras.

Com base nos padrões microbiológicos definidos pela Portaria MS 2914/2011, 57% (17/30) dos poços na primeira campanha e 30% (9/30) 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, pode ser visualizada na **figura 5.52a** e **figura 5.52b**, respectivamente. Em ambas as campanhas, é possível notar o alto nível de contaminação por coliformes totais, 43% no período chuvoso e 70% no período de estiagem, o que é plausível pela urbanização da área associada à contaminação por fossas sépticas situadas próximas aos poços.

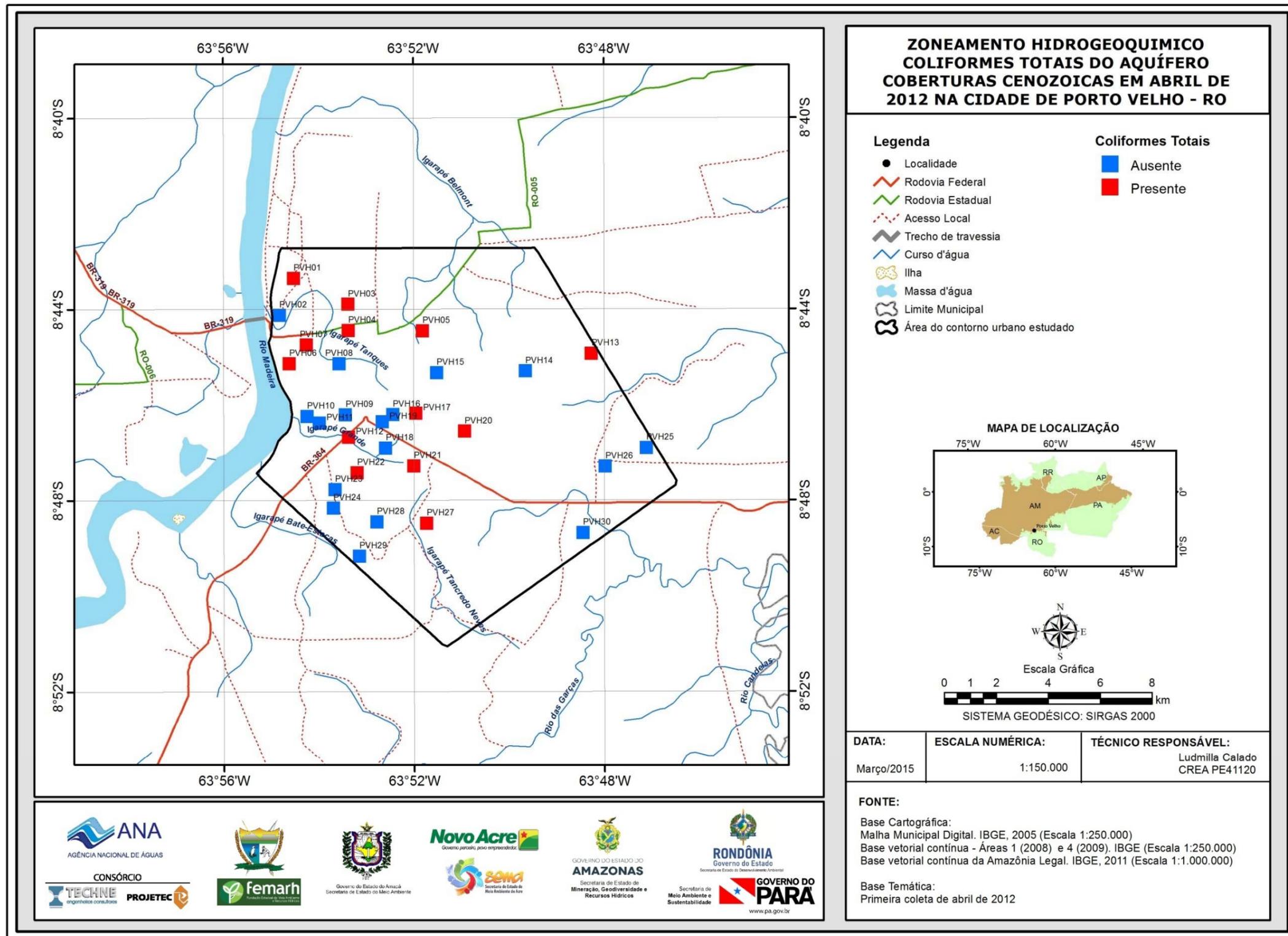


Figura 5.52a – Distribuição dos poços com presença /ausência de coliformes totais no Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho - RO.

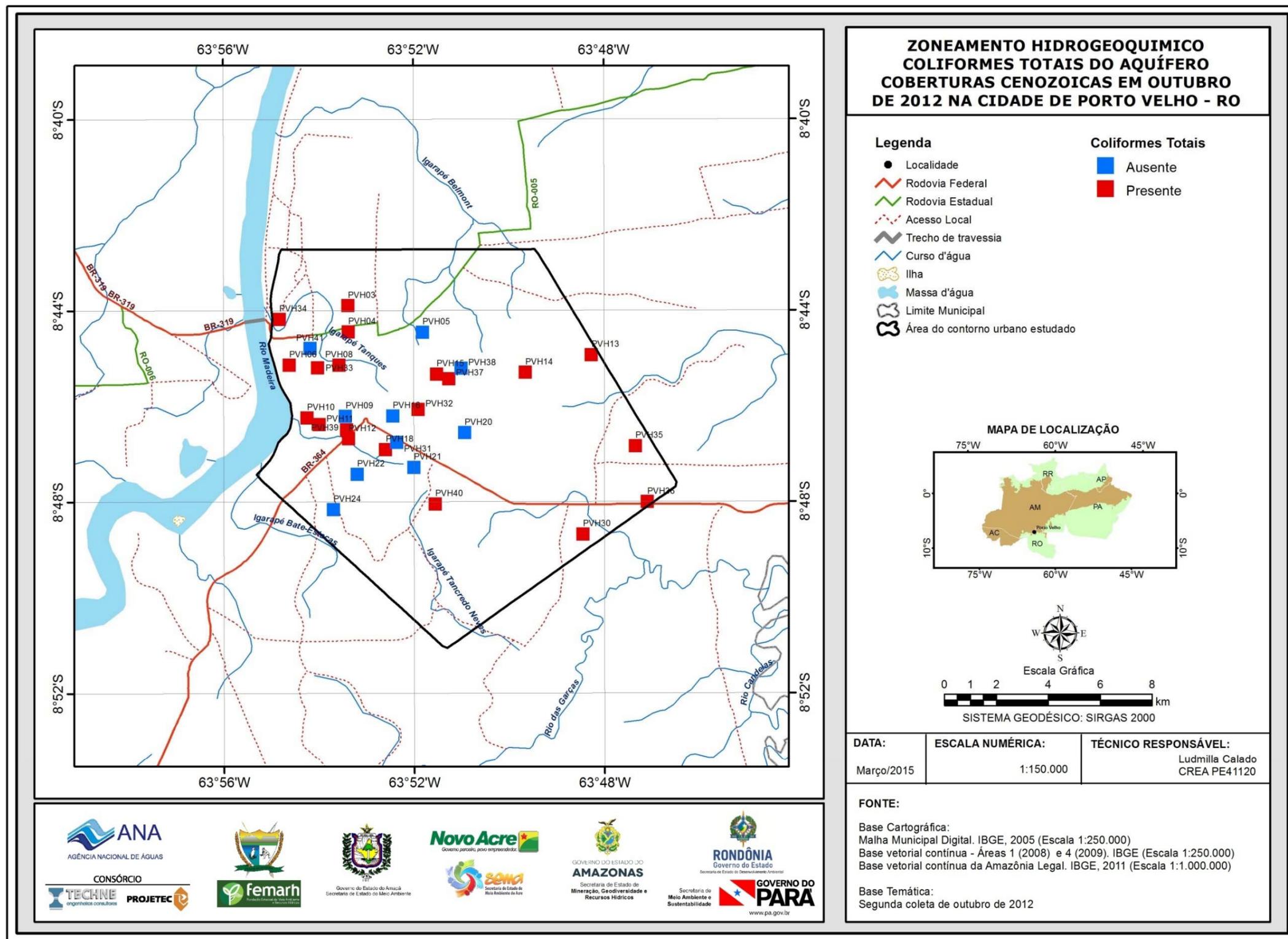


Figura 5.52b – Distribuição dos poços com presença /ausência de coliformes totais no Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho - RO.

## ***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 5.70**.

**Tabela 5.70** - 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, apresentaram em 10% (3/30) dos casos a presença de *E. coli*, enquanto que no período de estiagem (outubro de 2012), a presença ocorreu em 13% (4/30) das amostras.

Com base nos resultados das análises, verifica-se que 90% (27/30) dos poços na primeira campanha e 87% (26/30) 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 5.70**).

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 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho 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 ribeirinha

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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, 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 10% das amostras na primeira coleta e 13% 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 Porto Velho o sistema de esgotamento sanitário é ausente e a área é bastante urbanizada, o que contribui ainda mais para a contaminação dos mananciais próximos.

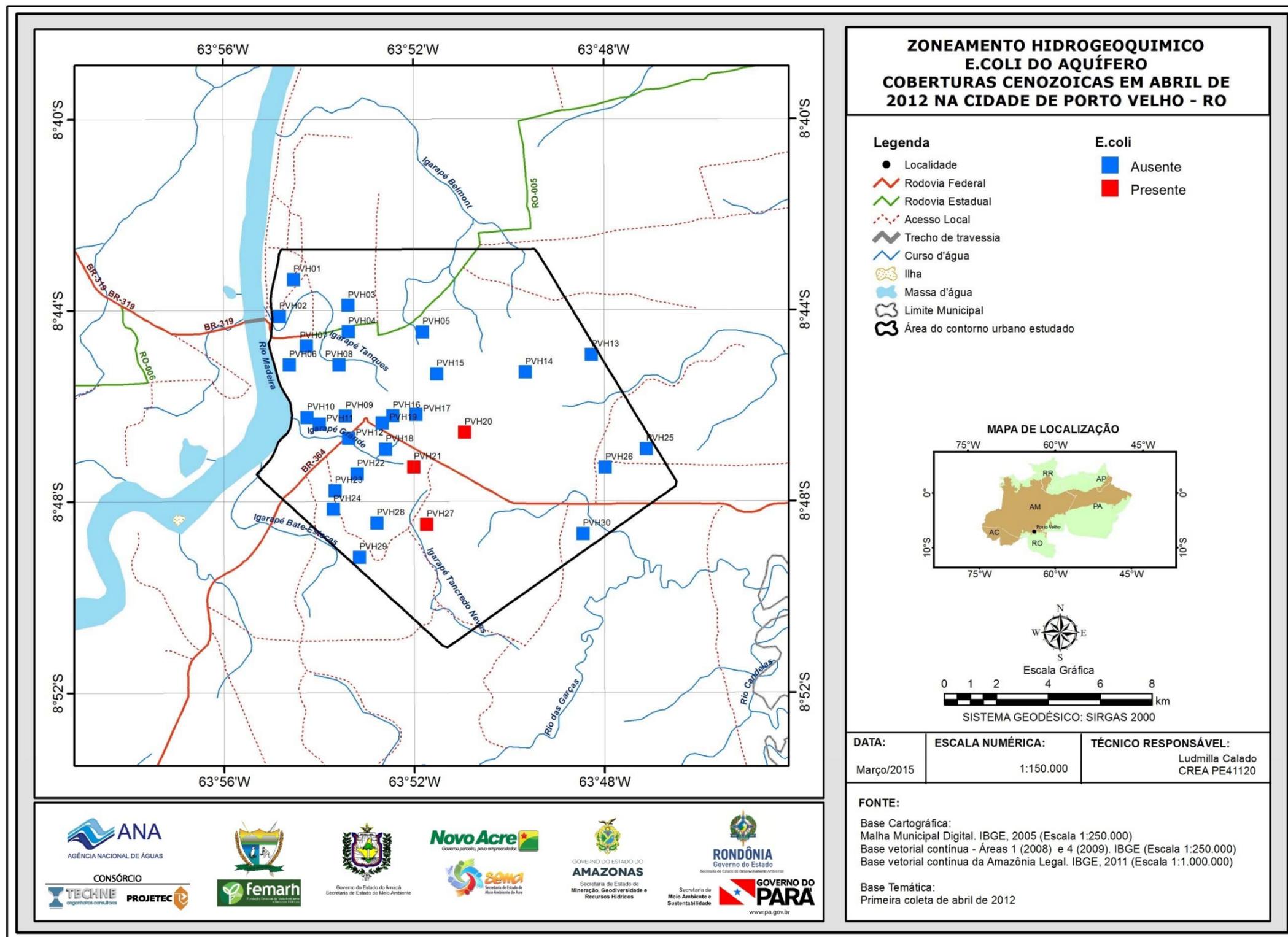


Figura 5.53a – Distribuição dos poços com presença /ausência de *E. coli* no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.

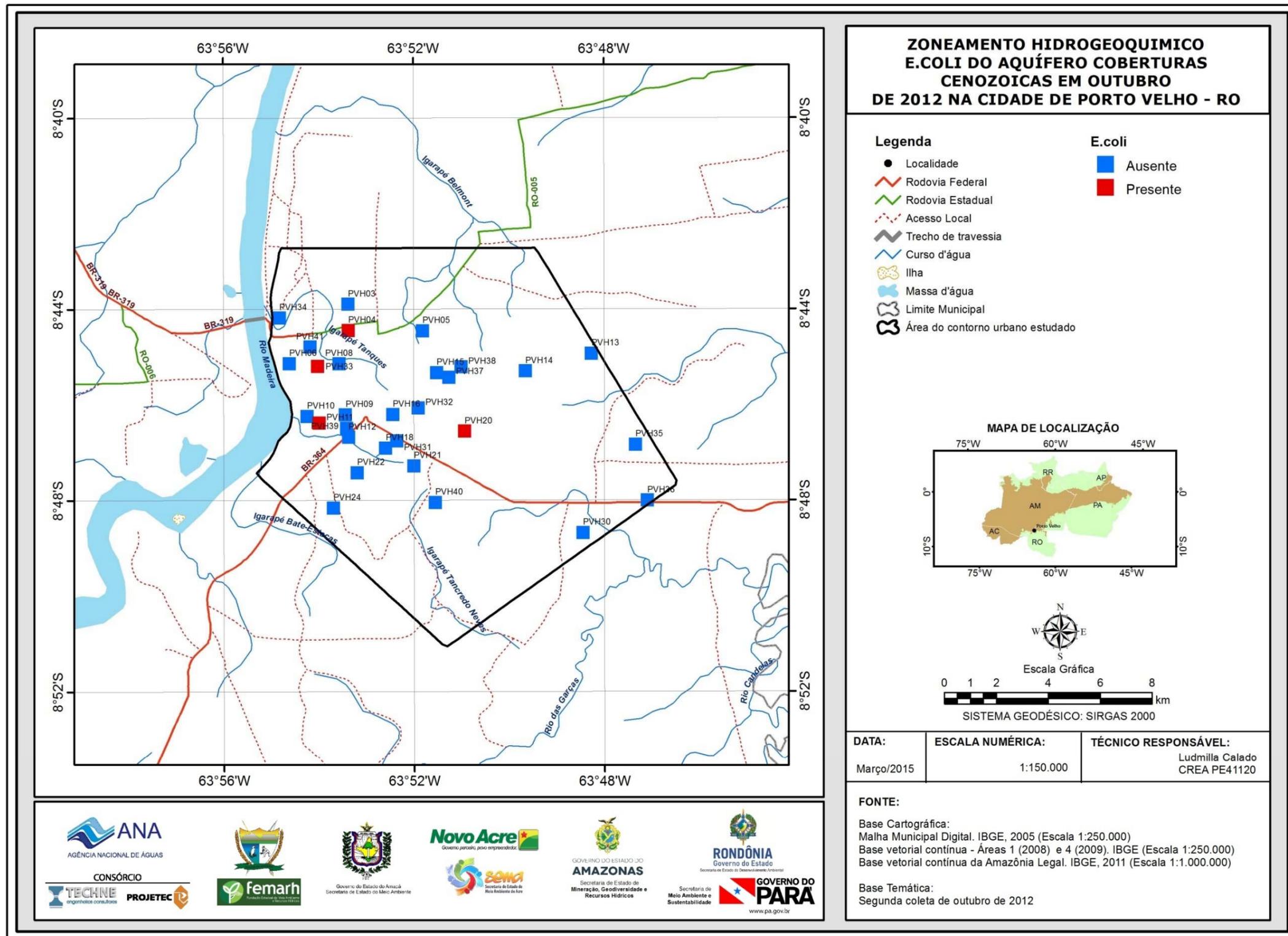


Figura 5.53b – Distribuição dos poços com presença /ausência de *E. coli* no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período seco (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.



**Tabela 5.71** - Classificação das Águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho segundo a composição química - Período Chuvoso (abril de 2012).

Cátions	Poços	%	Ânions	Poços	%	Geral	Poços	%
Águas Magnesianas	0	0	Águas Sulfetadas	1	3,3	Águas Cloretadas Cálcidas	2	6,7
Águas Cálcidas	4	13,3	Águas Bicarbonatadas	11	36,7	Águas Bicarbonatadas Cálcidas ou Magnesianas	6	20
Águas Sódicas	22	73,3	Águas Cloretadas	17	56,7	Águas Bicarbonatadas Sódicas	5	16,7
Águas Mistas	4	13,3	Águas Mistas	1	3,3	Águas Cloretadas Sódicas	17	56,7

Com base nos dados apresentados na **figura 5.54** e na **tabela 5.71**, é possível afirmar a existência de modo geral, de três classes de águas no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, *Cloretadas Sódicas* (56,7%), *Bicarbonatadas Cálcidas* (20%) e *Bicarbonatadas Sódicas* (16,7%) nas amostras coletadas no período chuvoso, em abril de 2012.

A distribuição espacial dos poços, apresentada na **figura 5.55**, permite verificar que os 6,7% restantes dos poços apresentam águas de composição química diversa, como cloretada cálcica (6,7%). A ocorrência de tipos fora do padrão é atribuída possivelmente a influências antrópicas, haja vista que a área de estudo está inserida em região urbana.

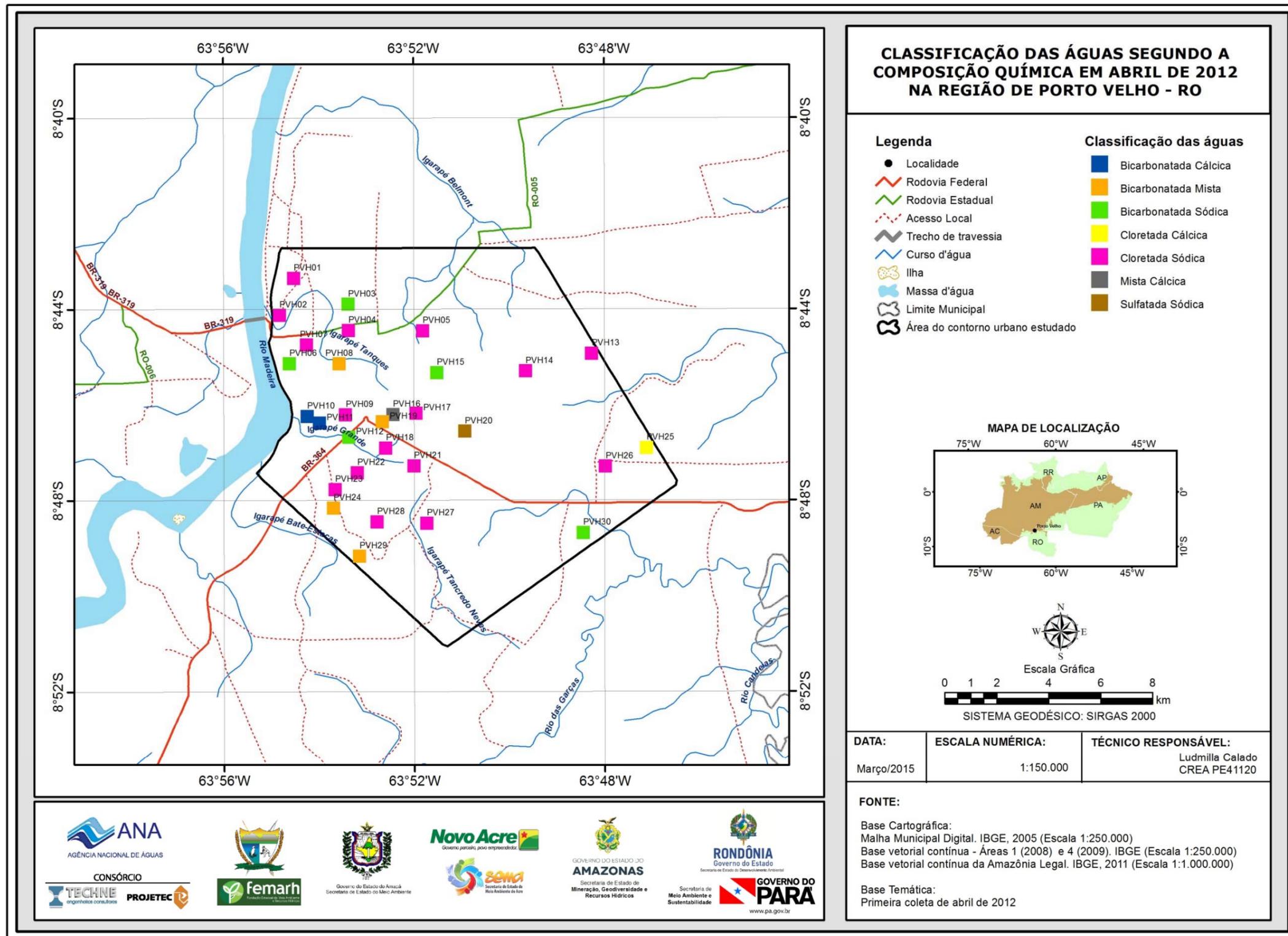
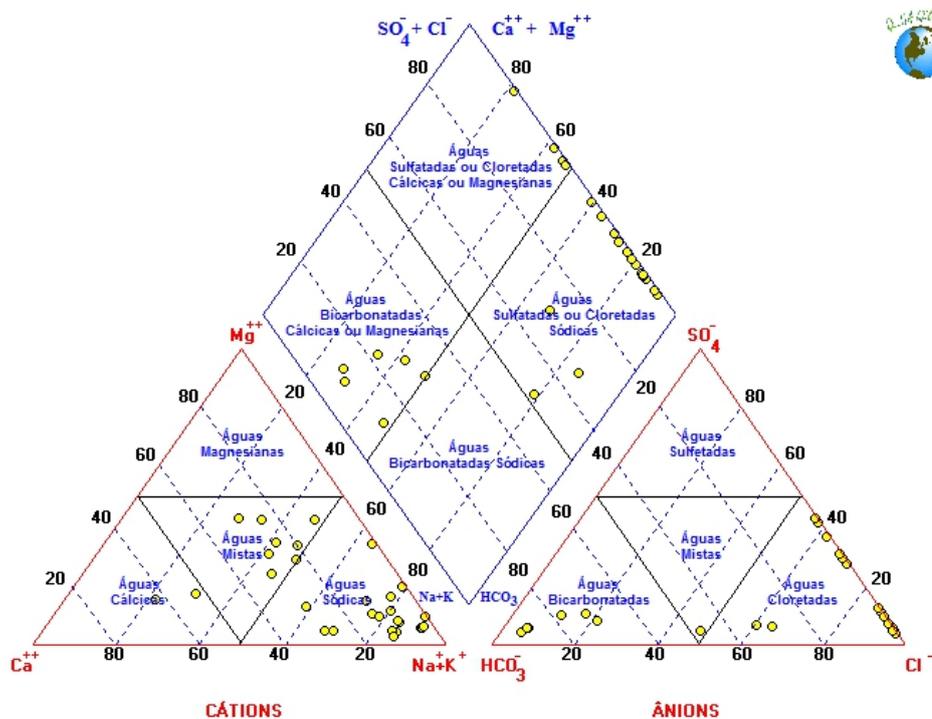


Figura 5.55 - Classificação das águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, segundo a composição química - Período chuvoso (abril de 2012).

### Período de estiagem

De acordo com a **figura 5.56** e **tabela 5.72** verifica-se que as águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, no período seco de outubro de 2012, quanto à presença de ânions, são 76,7% (23/30) cloretadas, 20% (6/30) bicarbonatadas e 3,3% (1/30) mistas. Com relação aos cátions é possível identificar que 66,7% (20/30) das águas são sódicas, 26,7% (8/30) são mistas e 6,7% (2/30) são cálcicas.



Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho - Período seco (outubro de 2012)

**Figura 5.56** – Classificação das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho em Porto Velho, através do Diagrama de Piper, com base em amostras de água coletadas em outubro de 2012.

Mediante análise dos dados da **tabela 5.72** e **figura 5.56** é possível afirmar que a maioria das águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, são *Cloretadas Sódicas*.

**Tabela 5.72** - Classificação das Águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, de acordo com a composição química - Período seco (outubro de 2012).

Cátions	Poços	%	Ânions	Poços	%	Geral	Poços	%
Águas Magnésianas	0	0	Águas Sulfatadas	0	0	Águas Cloretadas Cálcicas	4	13,3
Águas Cálcicas	2	6,7	Águas Bicarbonatadas	6	20	Águas Bicarbonatadas Cálcicas ou Magnésianas	6	20
Águas Sódicas	20	66,7	Águas Cloretadas	23	76,7	Águas Bicarbonatadas Sódicas	0	0
Águas Mistas	8	26,7	Águas Mistas	1	3,3	Águas Cloretadas Sódicas	20	66,7

A distribuição espacial dos poços, apresentada na **figura 5.57**, permite verificar a existência de modo geral, de três classes de águas no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, *Cloretadas Sódicas* (66,7%), *Bicarbonatadas Cálcicas* (20%) e *Cloretadas Cálcicas* (13,3%) 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, não se modifica, sendo em sua maioria, classificadas como *Cloretadas Sódicas*, o que sugere a não influência da sazonalidade.

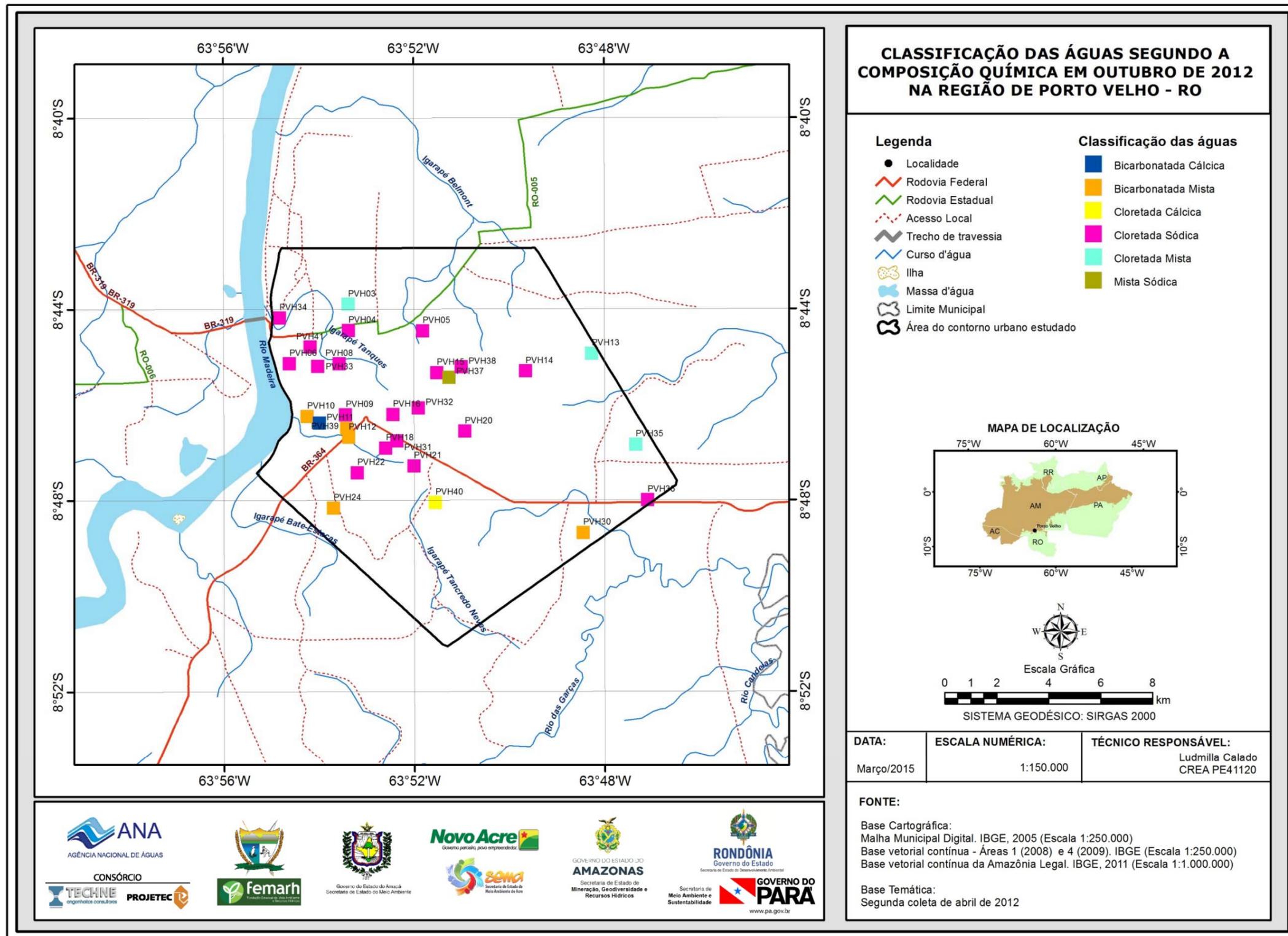


Figura 5.57 - Classificação das águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, segundo a composição química - Período seco (outubro de 2012).

### 5.2.17.2 – Diagramas de Stiff

Com base nos resultados das coletas realizadas nos meses de abril e outubro de 2012, em 30 poços situados na área urbana de Porto Velho, 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**

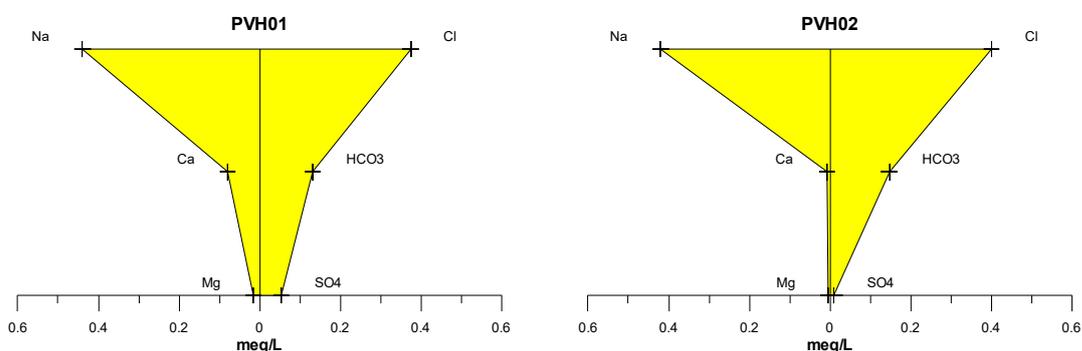
Os resultados da primeira campanha, assim como, a classificação das águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, segundo a predominância de íons estão apresentados na **tabela 5.73**.

**Tabela 5.73** - Classificação das Águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, de acordo com a predominância de íons - Período chuvoso (abril de 2012).

Classificação	Poços	%
Água Cloretada Sódica	16	53,3
Água Bicarbonatada Sódica	7	23,3
Água Bicarbonatada Magnesiana	1	3,3
Água Bicarbonatada Cálcica	4	13,3
Água Sulfetada Sódica	1	3,3
Água Cloretada Cálcica	1	3,3

Verificou-se que as amostras de Porto Velho coletadas no período chuvoso, em abril de 2012, são 53,3% (16/30) cloretadas sódicas (**figura 5.58a**); 23,3% (7/30) bicarbonatadas sódicas (**figura 5.58b**); 3,3% (1/30) bicarbonatada magnesiana (**figura 5.58c**); 13,3% (4/30) bicarbonatada cálcica (**figura 5.58d**); 3,3% (1/30) sulfetada sódica (**figura 5.58e**); 3,3% (1/30) cloretada cálcica (**figura 5.58f**). Tais dados permitem classificar as águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em abril de 2012, na sua maioria como *Cloretadas Sódicas*.

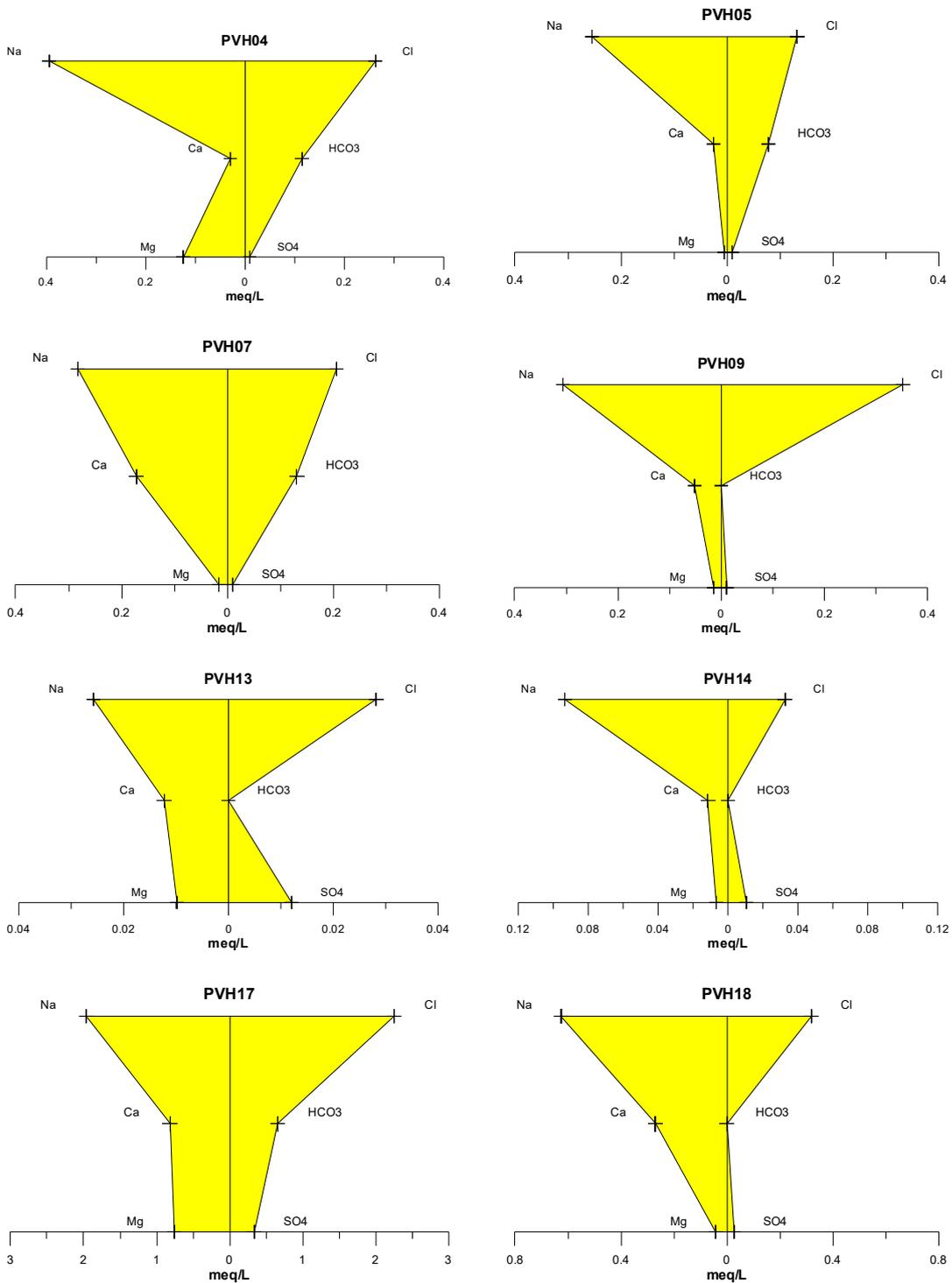
#### **Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (Águas Cloretadas Sódicas) – abril de 2012**



**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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO.

**Continuação**

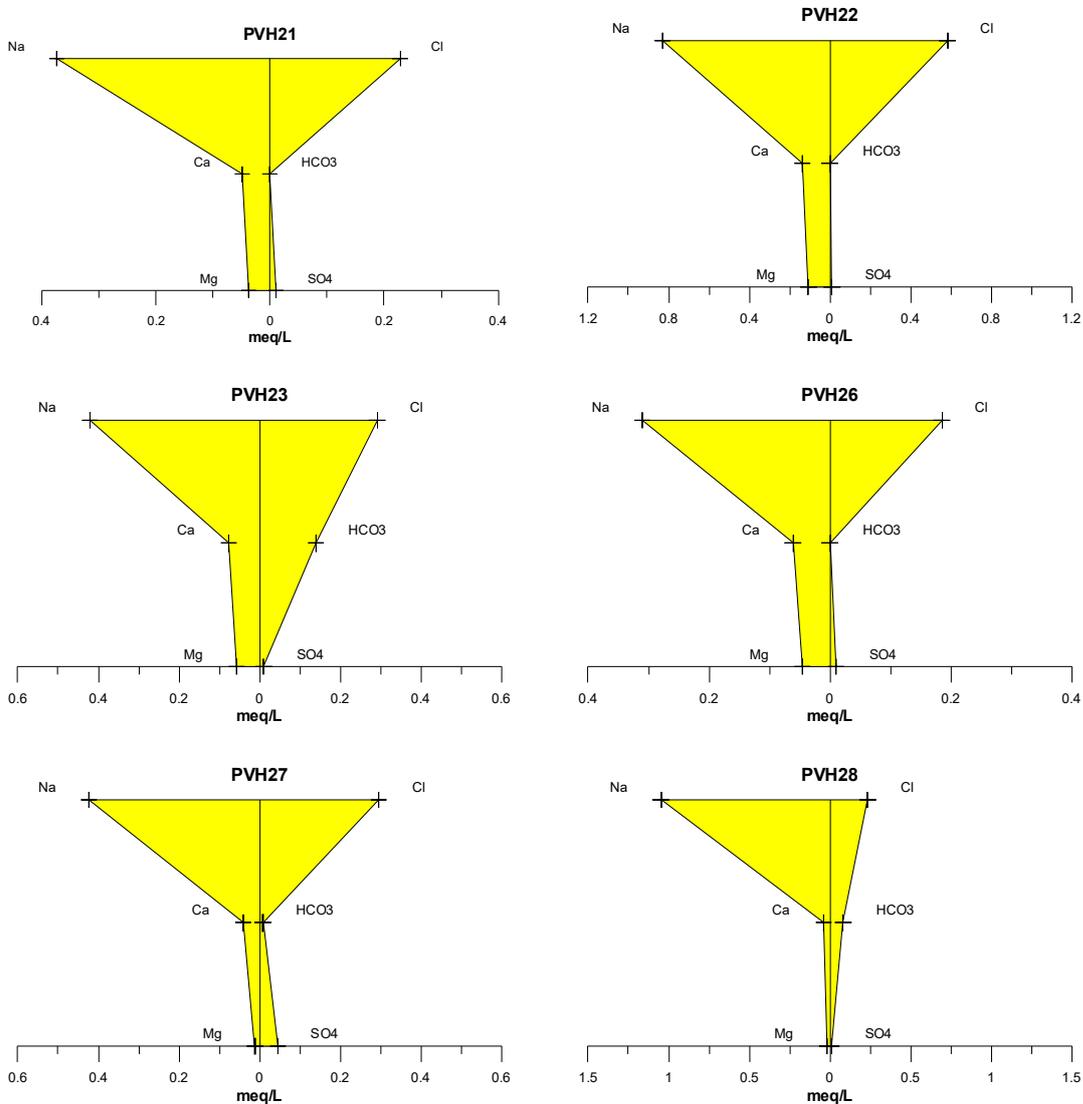
**Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (Águas Cloretadas Sódicas) – abril de 2012**



**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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO (continuação).

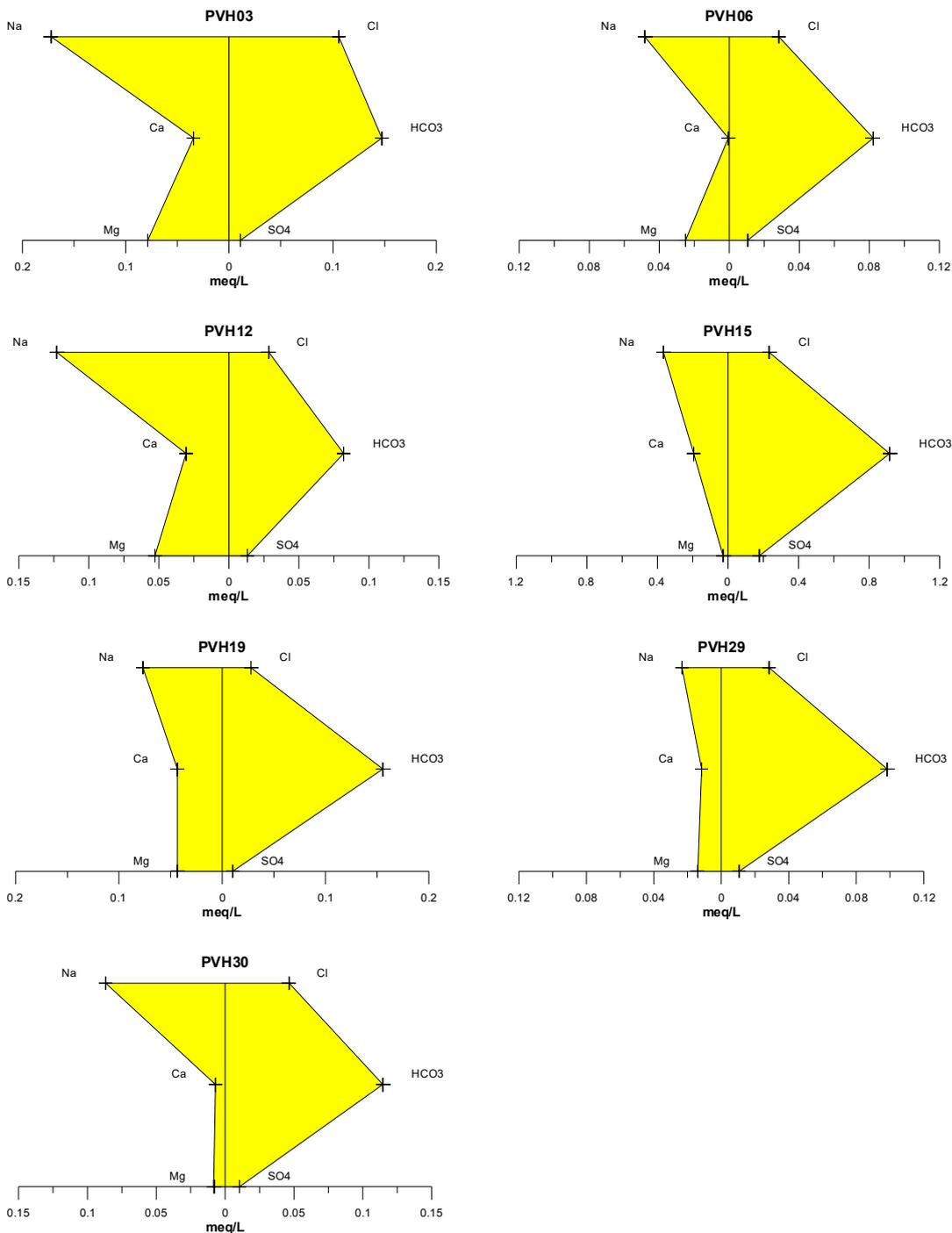
**Continuação**

**Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (Águas Cloretadas Sódicas) – abril de 2012**



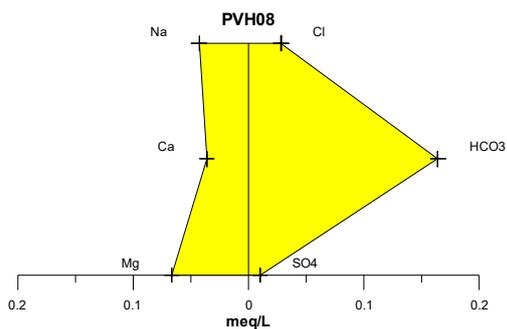
**Figura 5.58a** – Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO (continuação).

**Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (Águas Bicarbonatadas Sódicas) – abril de 2012**



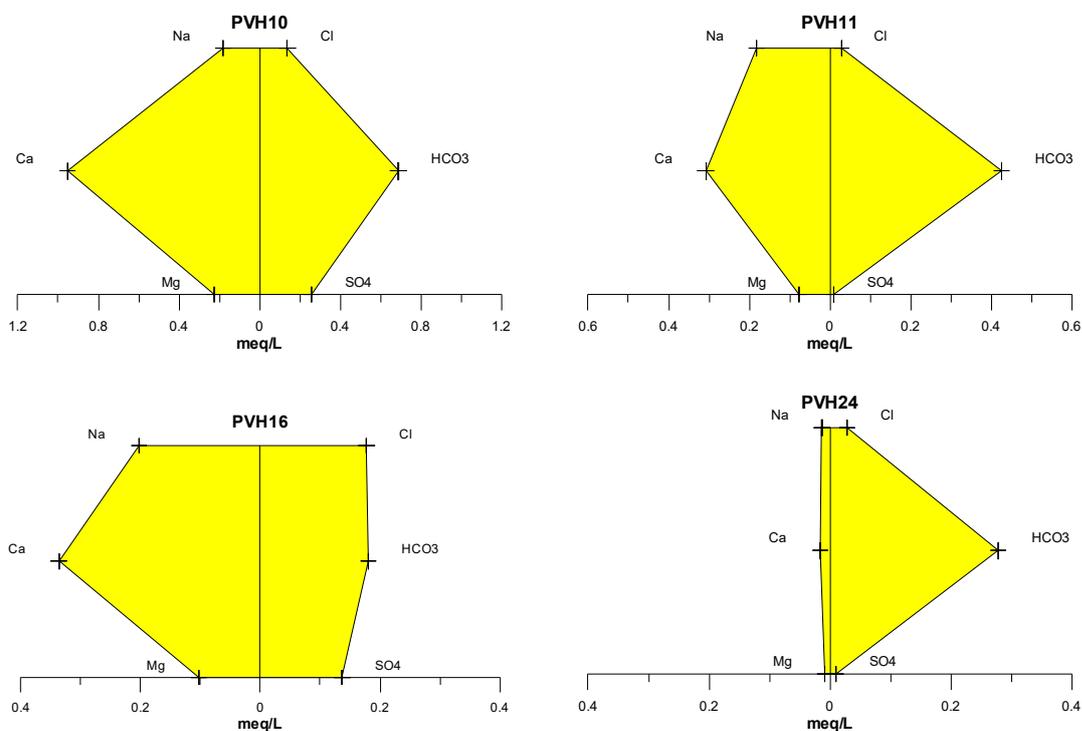
**Figura 5.58b** – Águas bicarbonatadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO.

**Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (Água Bicarbonatada Magnésiana) – abril de 2012**



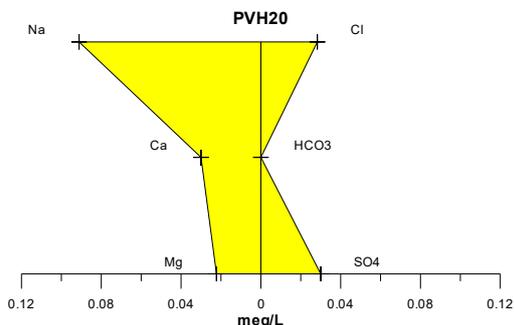
**Figura 5.58c** – Água bicarbonatada magnésiana classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostra de água coletada em abril de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO.

**Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (Águas Bicarbonatadas Cálcica) – abril de 2012**



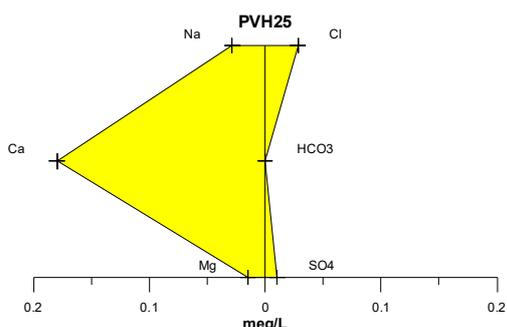
**Figura 5.58d** – Águas bicarbonatadas cálcica classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO.

**Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (Água Sulfetada Sódica) – abril de 2012**



**Figura 5.58e** – Água sulfetada sódica classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO.

**Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (Água Cloretada Cálctica) – abril de 2012**



**Figura 5.58f** – Água cloretada cálcica classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostras de água coletadas em abril de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO.

**Período de estiagem**

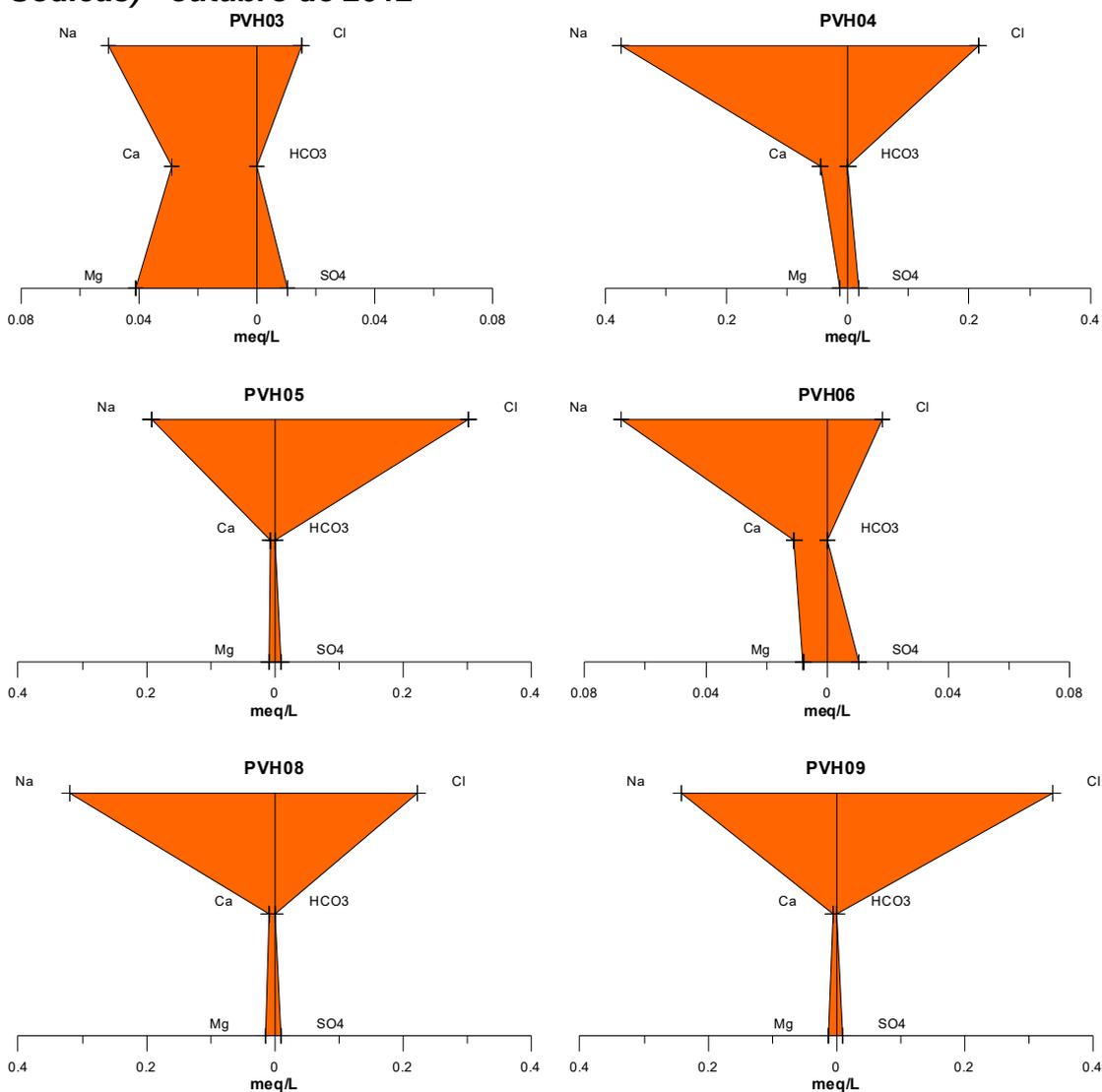
Os resultados da segunda campanha, assim como, a classificação das águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, segundo a predominância de íons estão apresentados na **tabela 5.74**.

**Tabela 5.74** - Classificação das Águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, de acordo com a predominância de íons - Período seco (outubro de 2012).

Classificação	Poços	%
Água Cloretada Sódica	22	73,3
Água Bicarbonatada Sódica	3	10
Água Bicarbonatada Cálctica	1	3,3
Água Bicarbonatada Magnesiana	2	6,7
Água Cloretada Mista	1	3,3
Água Cloretada Cálctica	1	3,3

Analisando os resultados das amostras de Porto Velho, coletadas no período seco, em outubro de 2012, verificou-se que 73,3% (22/30) das águas são classificadas como cloretadas sódicas (**figura 5.59a**); 10% (3/30) bicarbonatadas sódicas (**figura 5.59b**); 3,3% (1/30) bicarbonatada cálcica (**figura 5.59c**); 6,7% (2/30) bicarbonatadas magnesiana (**figura 5.59d**); 3,3% (1/30) cloretada mista (**figura 5.59e**) e 3,3% (1/30) cloretada cálcica (**figura 5.59f**). Sendo, portanto, classificadas as águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em outubro de 2012, na sua maioria, como *Cloretadas Sódicas*.

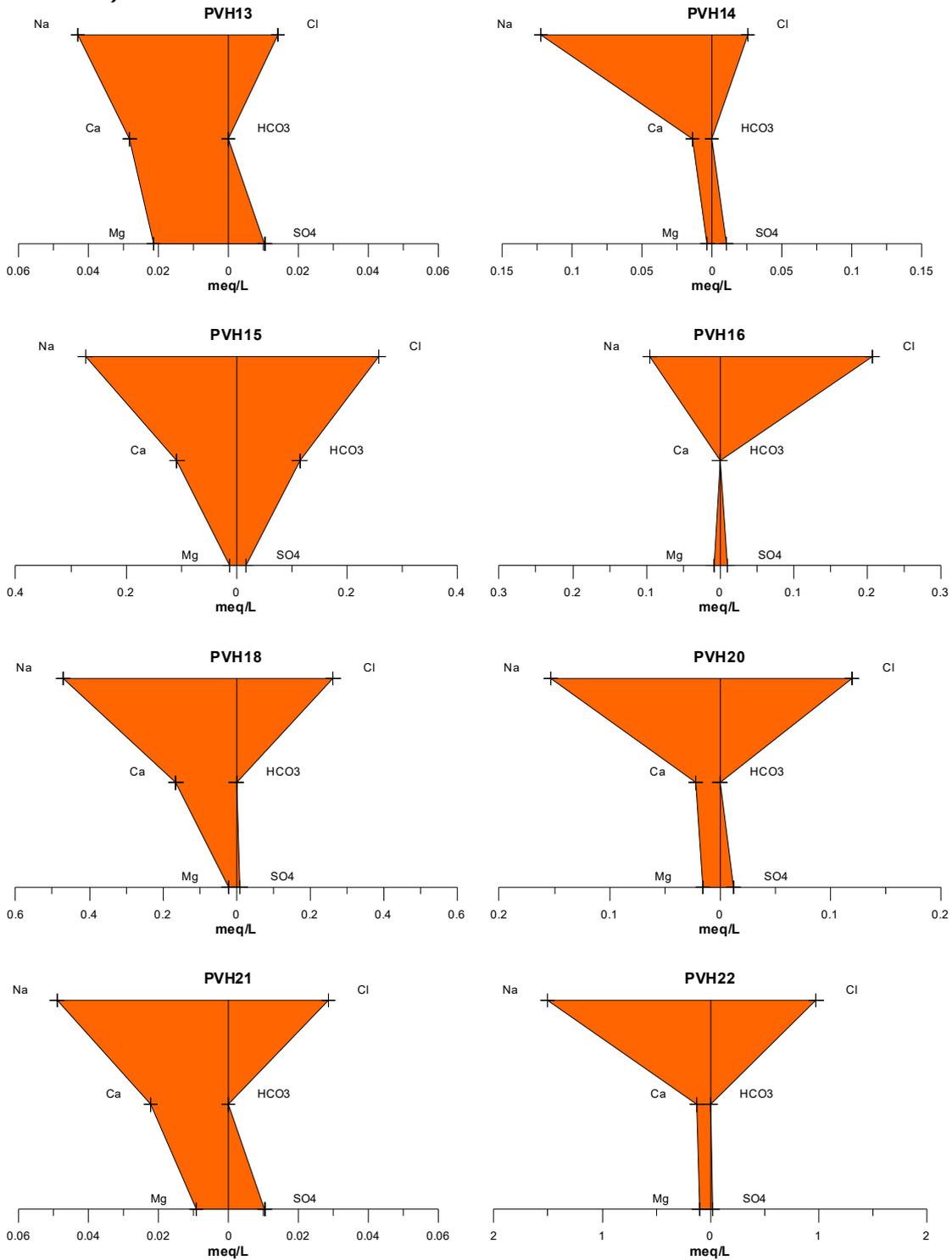
**Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (Águas Cloretadas Sódicas) - outubro de 2012**



**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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO.

Continuação

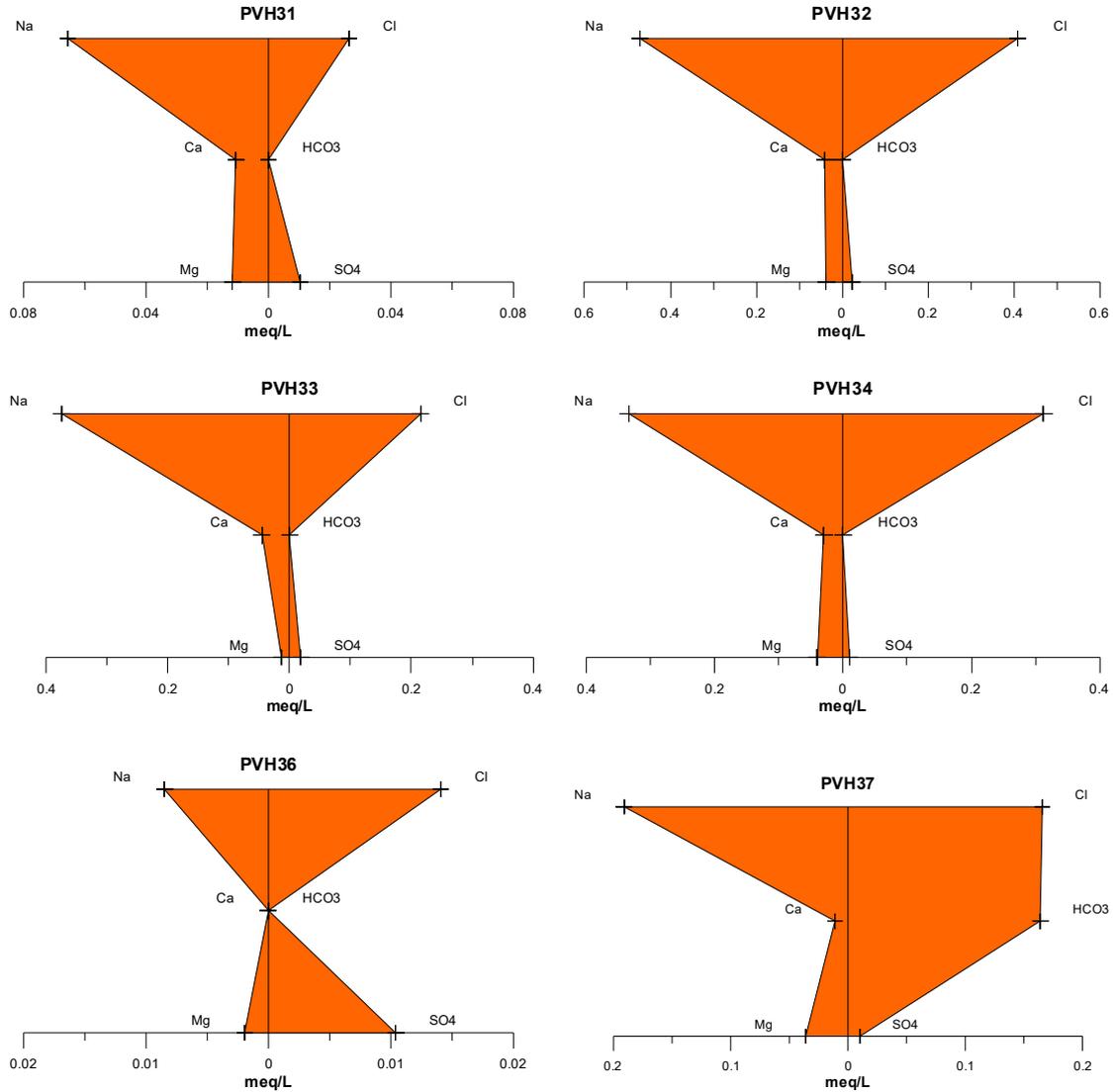
**Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (Águas Cloretadas Sódicas) - outubro de 2012**



**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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO (continuação).

**Continuação**

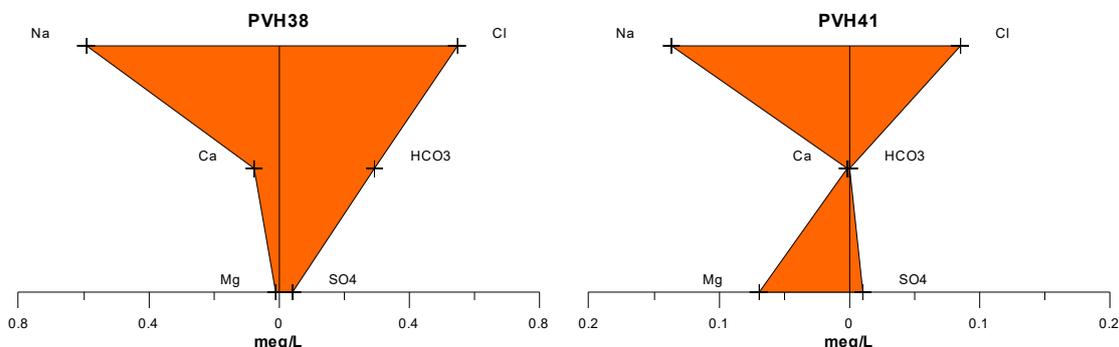
**Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (Águas Cloretadas Sódicas) - outubro de 2012**



**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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO (continuação).

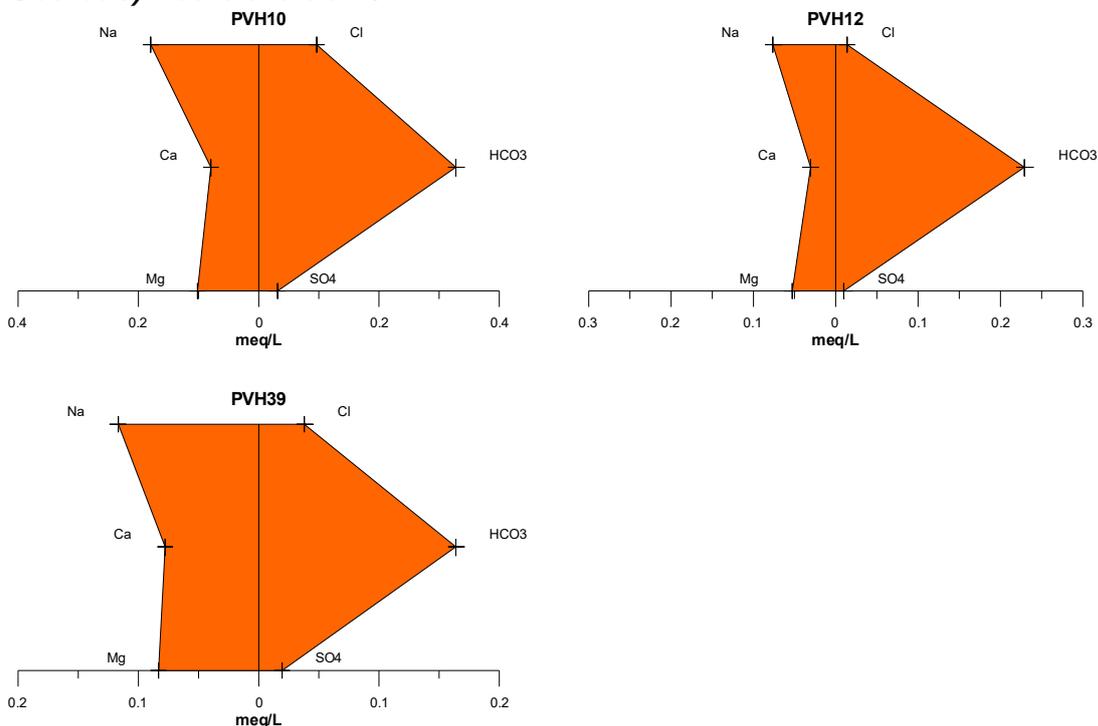
**Continuação**

**Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (Águas Cloretadas Sódicas) - outubro de 2012**



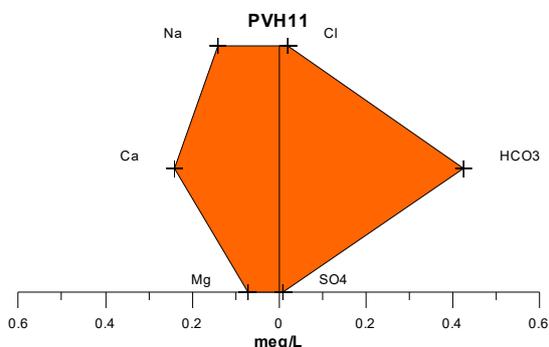
**Figura 5.59a** – Águas cloretadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO (continuação).

**Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (Águas Bicarbonatadas Sódicas) - outubro de 2012**



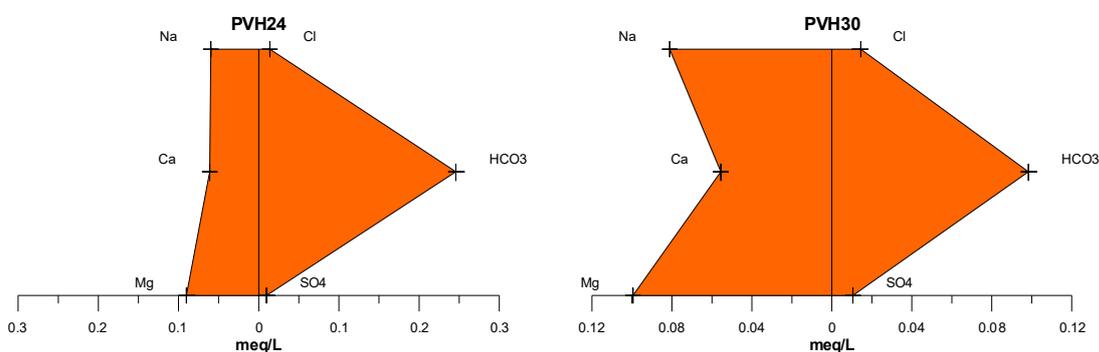
**Figura 5.59b** – Águas bicarbonatadas sódicas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO.

**Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (Água Bicarbonatada Cálcica) - outubro de 2012**



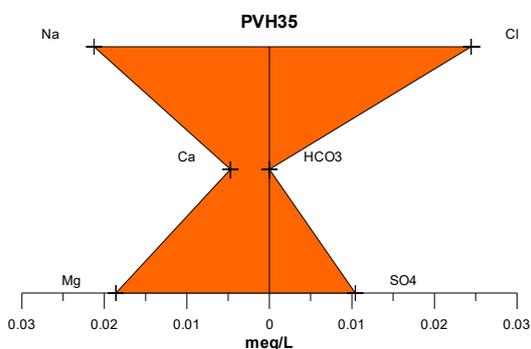
**Figura 5.59c** – Água bicarbonatada cálcica classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostra de água coletada no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO.

**Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (Águas Bicarbonatadas Magnesianas) - outubro de 2012**



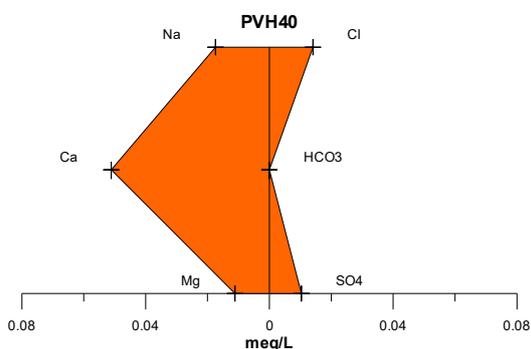
**Figura 5.59d** – Águas bicarbonatadas magnesianas classificadas segundo os Diagramas de Stiff, com base em amostras de água coletadas no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO.

**Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (Água Cloretada Mista) - outubro de 2012**



**Figura 5.59e** – Água cloretada mista classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostras de água coletadas no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO.

**Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho (Água Cloretada Cálcica) - outubro de 2012**

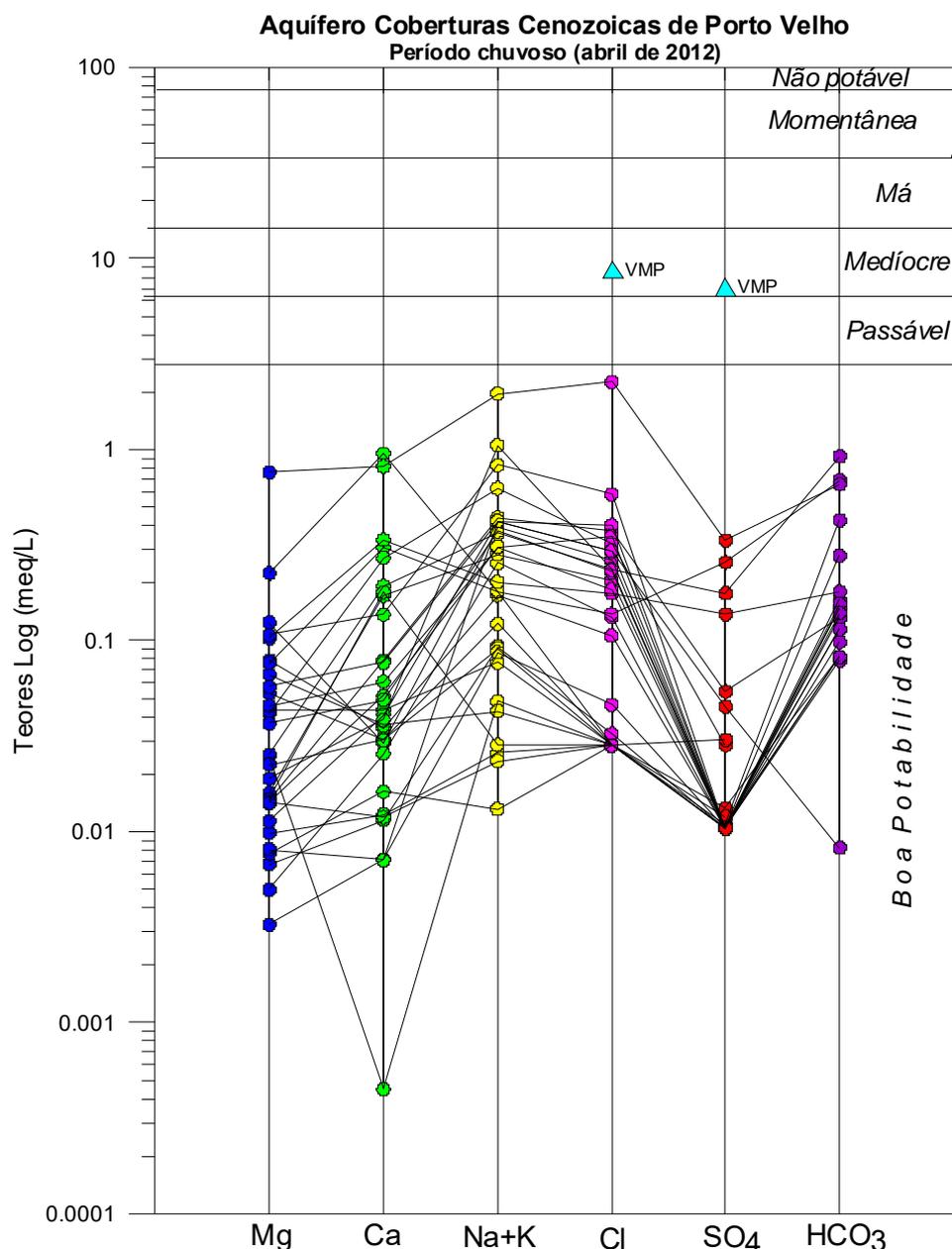


**Figura 5.59f** – Água cloretada cálcica classificada segundo o Diagrama de Stiff, com base em amostras de água coletadas no período de estiagem em outubro de 2012 no aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho - RO.

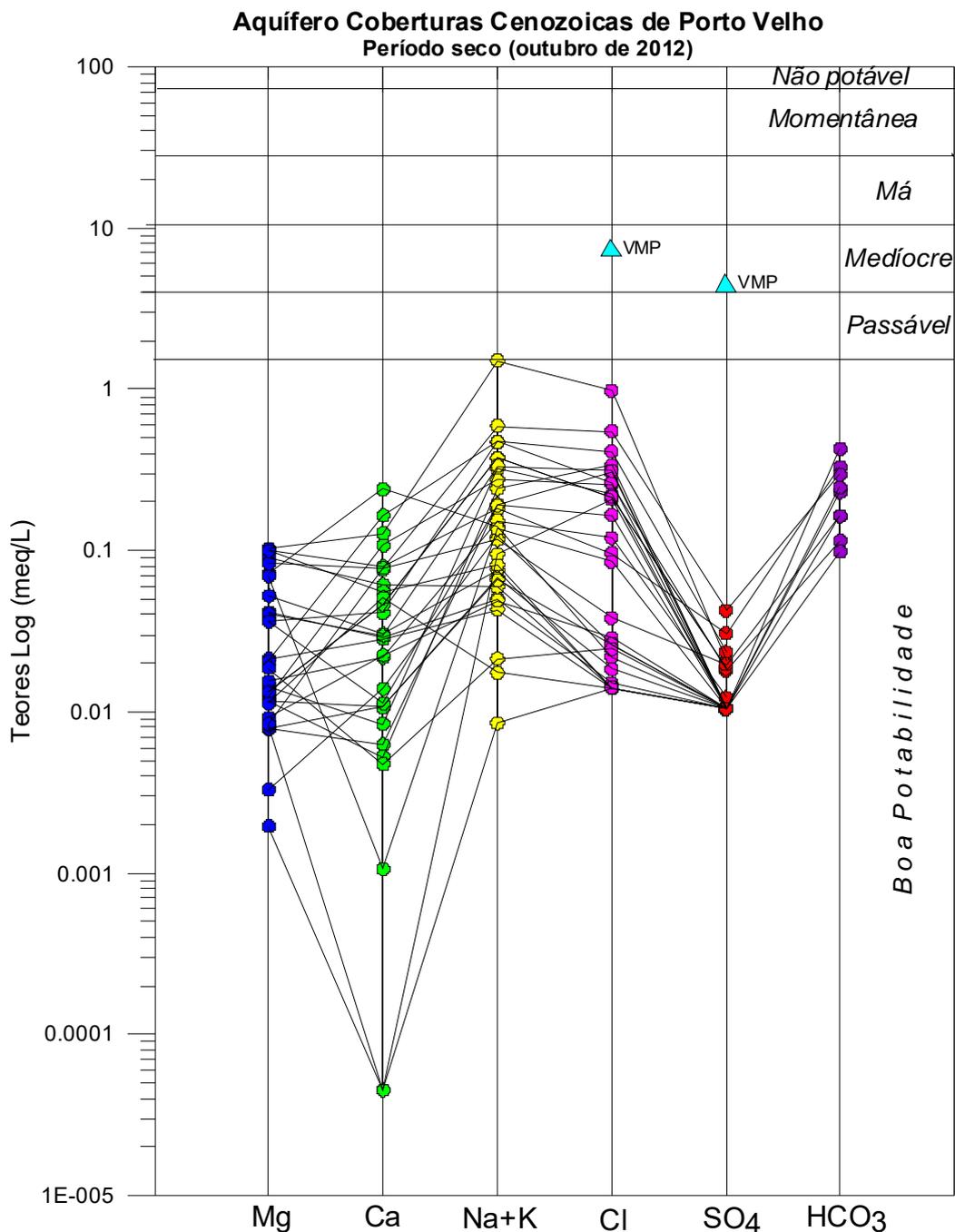
## 5.2.18 – Classificação das Águas Subterrâneas Segundo o Uso

### 5.2.18.1 – Diagramas de Schoeller-Berkaloff para Consumo Humano

A partir da análise da potabilidade das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, para consumo humano, por meio do Diagrama de Shoeller-Berkaloff, em abril (**figura 5.60**) e outubro de 2012 (**figura 5.61**), é possível verificar que águas são classificadas como de boa potabilidade em ambas as campanhas. Além disso, é possível notar que os parâmetros cloreto e sulfato estão abaixo do VMP recomendado pela Portaria MS 2914/2011.



**Figura 5.60** – Classificação da potabilidade das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, no período chuvoso, segundo o Diagrama de Schoeller-Berkaloff.



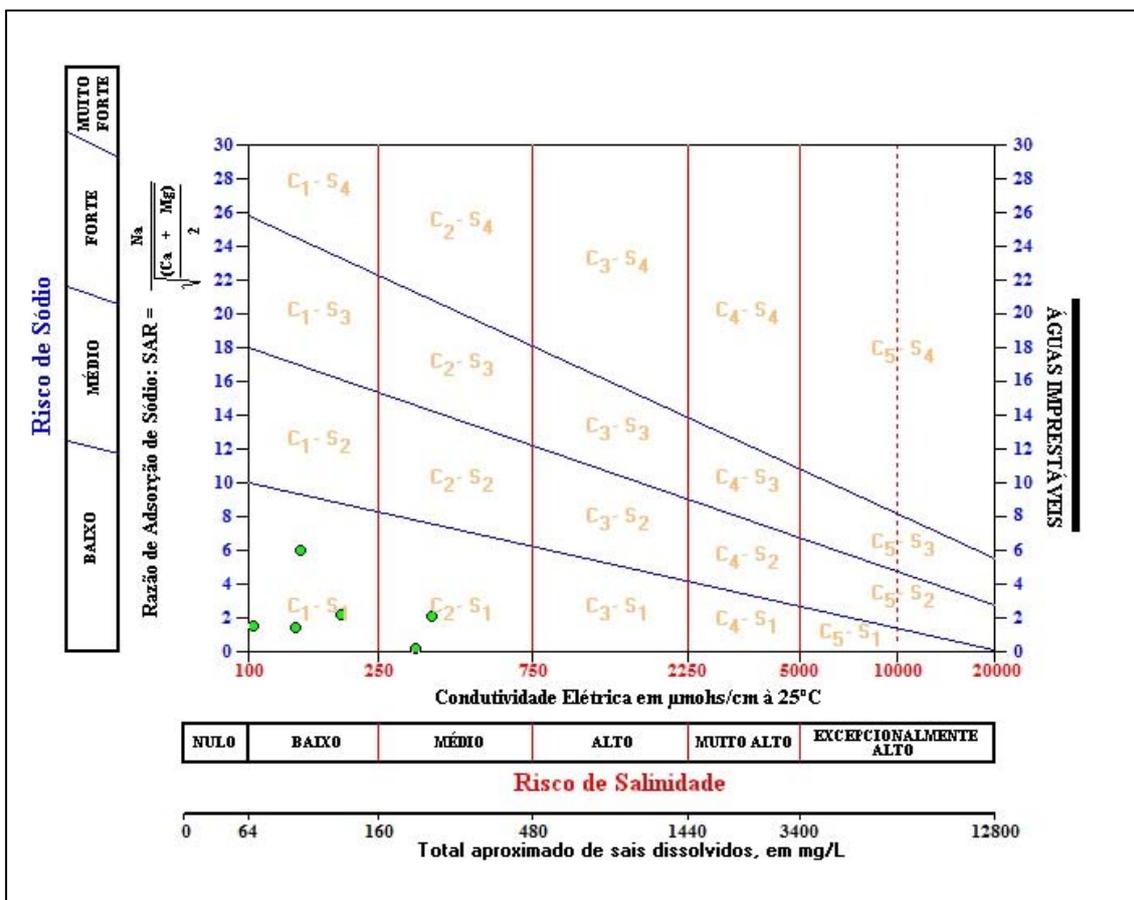
**Figura 5.61** – Classificação da potabilidade das águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, no período de estiagem, segundo o Diagrama de Schoeller-Berkaloff.

### 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, 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**.

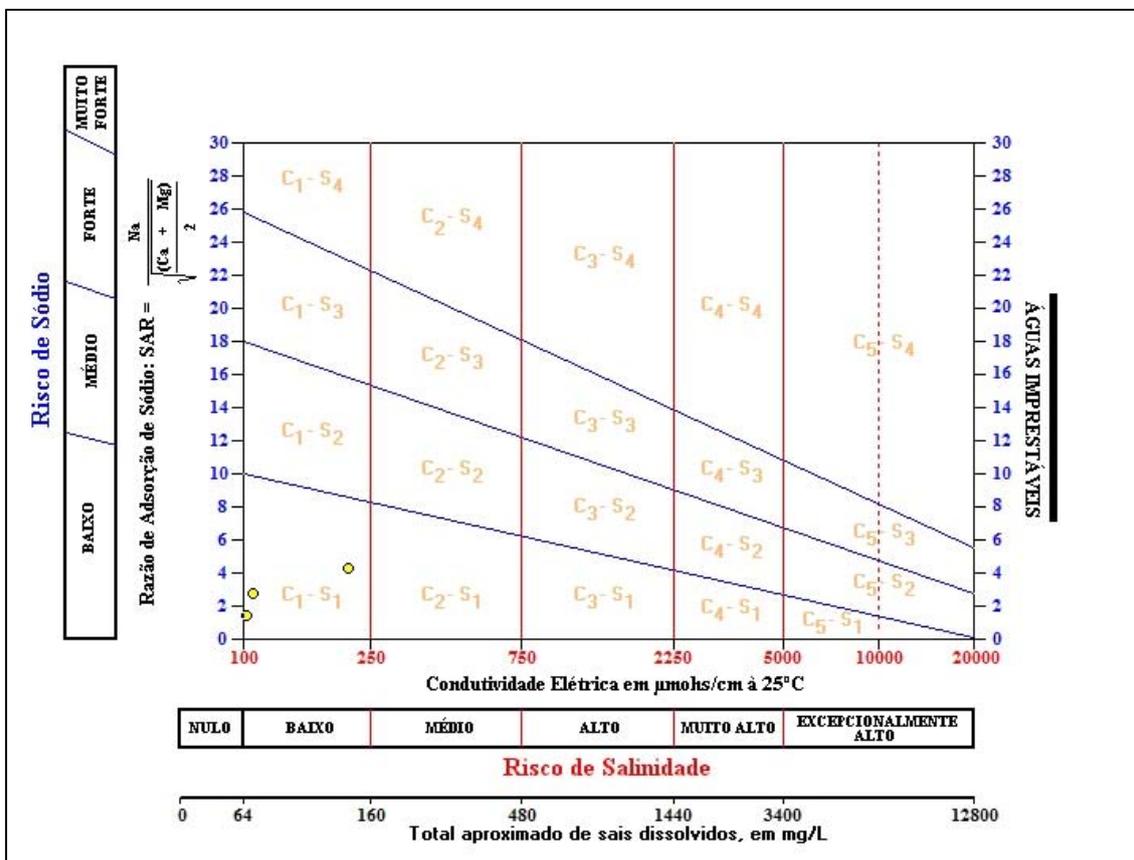


**Figura 5.62** – Classificação das águas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, para fins de irrigação – Abril de 2012.

Quanto à salinidade, as amostras de abril de 2012 apresentaram em 80% dos casos classificação C<sub>0</sub>, que corresponde a águas de salinidade fraquíssima, que podem ser utilizadas sem restrições para irrigação; enquanto que 13,3% 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 6,7% 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, para fins de irrigação – Outubro de 2012.

Com relação à salinidade, as amostras de outubro de 2012 apresentaram em 90% dos casos a classificação C<sub>0</sub>, que corresponde a águas de salinidade fraquíssima, que podem ser utilizadas sem restrições para irrigação; e em 10% dos casos a classificação C<sub>1</sub>, ou seja, águas de salinidade fraca, que podem ser utilizadas para irrigar a maioria das culturas (**figura 5.63**).

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 5.75**).

**Tabela 5.75** - 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
PVH01	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH03	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH02	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH04	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH03	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH05	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH04	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH06	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH05	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH08	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH06	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH09	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH07	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH10	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH08	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH11	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH09	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH12	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH10	C2-S1	Médio	Baixo	PVH13	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH11	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH14	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH12	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH15	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH13	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH16	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH14	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH18	C1-S1	Baixo	Baixo
PVH15	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH20	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH16	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH21	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH17	C2-S1	Médio	Baixo	PVH22	C1-S1	Baixo	Baixo
PVH18	C1-S1	Baixo	Baixo	PVH24	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH19	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH30	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH20	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH31	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH21	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH32	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH22	C1-S1	Baixo	Baixo	PVH33	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH23	C1-S1	Baixo	Baixo	PVH34	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH24	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH35	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH25	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH36	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH26	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH37	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH27	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH38	C1-S1	Baixo	Baixo
PVH28	C1-S1	Baixo	Baixo	PVH39	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH29	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH40	C0-S1	Nulo	Baixo
PVH30	C0-S1	Nulo	Baixo	PVH41	C0-S1	Nulo	Baixo

### 5.2.18.3 - Pecuária

A fim de avaliar se as águas coletadas nos trinta poços distribuídos pela área de estudo de Porto Velho 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 5.76**.

**Tabela 5.76** – 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 246 e 125 mg/L, respectivamente, para a 1ª e 2ª campanhas.

### **5.3 – Conclusões Gerais sobre a Qualidade das Águas Subterrâneas do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho**

O estudo hidrogeoquímico das águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade piloto de Porto Velho, 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.

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, CE, STD, sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloreto, sulfato, bicarbonato, dureza e nitrato, cujos teores foram mais elevados no período chuvoso em relação aos do 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 altos teores de ferro dissolvidos em alguns pontos isolados nas águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho se devem a reações de oxirredução, 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, se caracterizam como ácidas, mas com uma leve tendência de aumento da acidez 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, chumbo, cromo, mercúrio e níquel apresentaram teores abaixo do limite de detecção, ao passo que bário, cobre 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 revelaram que a Reta de Água Subterrânea [ $\delta^2H$  versus  $\delta^{18}O$ ] (RAS) do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho se desvia muito pouco da Reta Meteorica Mundial (RMM), registrando uma perda de apenas 0,3% de  $\delta^{18}O$  ‰ por evaporação. Isto significa que a água de recarga do aquífero em Porto Velho possui 99,7% do conteúdo de  $\delta^{18}O$  ‰ das águas de chuva, confirmando que a recarga provém das precipitações e sugerindo que praticamente não há sinais de recarga fluvial a partir do rio Madeira. No entanto, para realmente comprovar que não existe interação significativa do rio Madeira com o aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, é preciso realizar um monitoramento isotópico de Oxigênio-18 e Deutério incluindo amostragens de águas de chuvas locais, águas do rio Madeira e águas subterrâneas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, com frequência mensal, durante um ano, usando uma linha de 2 (dois) ou 3 (três) poços transversais ao rio, dedicados a essa finalidade.

Segundo as datações efetuadas com Trício as águas do aquífero estudado possuem mistura de água submoderna com recarga recente.

Quanto às idades convencionais de radiocarbono, há presença de água moderna, ou seja, água com tempo de residência inferior a 200 anos, o que é coerente com a natureza aluvial dos sedimentos Pleistocênicos/Holocênicos indiferenciados da zona urbana de Porto Velho.

No que se refere à classificação das águas subterrâneas de acordo com a composição química é possível verificar que as águas do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho**

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 5.77**).

**Tabela 5.77** – 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 5.78**, ou em tipos de solos e tipos de rochas (aplicáveis aos parâmetros A, S, I), como se vê na **tabela 5.79**.

**Tabela 5.78** – Parâmetros classificados por faixa de variação numérica (D,R,T,C).

D		R		T		C	
PROFUNDIDADE (m)		RECARGA (mm/ano)		TOPOGRAFIA (DECLIVIDADE m/km)		CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA (m/d)	
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:

$$\text{ÍNDICE DRASTIC} = D_p D_c + R_p R_c + A_p A_c + S_p S_c + T_p T_c + I_p I_c + C_p C_c$$

O subscrito *p* se refere ao “peso” da variável (**tabela 5.77**) enquanto que o subscrito *c* é indicativo da “classe” da variável (**tabelas 5.78 e 5.79**).

**Tabela 5.79** – 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	Carste	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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em ambas as campanhas de amostragem, assim como, todos os pesos e índices das classes utilizados podem ser verificados na **tabela 5.80**.

A vulnerabilidade do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho, no período chuvoso, se apresentou como **baixa** em 10% (3/30) dos poços; **moderada** em 87% dos poços (26/30) e **alta** em apenas 3% dos poços (1/30), como pode ser observado na **figura 5.64a**. No período de estiagem (**figura 5.64b**) verificou-se a ocorrência de vulnerabilidade **moderada** em 80% dos casos (24/30) e vulnerabilidade **baixa** em 20% dos casos (6/30).

### **Descrição do Cálculo do Índice DRASTIC**

O cálculo do índice DRASTIC é feito usando a **equação (5.3)**:

$$\text{ÍNDICE DRASTIC} = D_p D_c + R_p R_c + A_p A_c + S_p S_c + T_p T_c + I_p I_c + C_p C_c \quad (5.3)$$

Como se pode observar, a **equação 5.1** 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 5.77**) e um subscrito  $c$  (obtido da coluna **classe**, conforme mostrado nas **tabelas 5.78 e 5.79**).

No caso de Porto Velho, 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 5.77**. O valor de  $D_c$ , ou seja, da classe da profundidade da água é selecionado verificando, na respectiva coluna **intervalo** da **tabela 5.78**, 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 5.80**, 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 5.77**. O valor de  $R_c$ , ou seja, da classe da recarga é selecionado verificando na respectiva coluna **intervalo** da **tabela 5.78**, em qual dos intervalos se encontra a recarga estimada e daí anotando o valor da classe correspondente. Por exemplo, a recarga estimada foi de 417 mm/ano e, portanto, esse valor se encontra no intervalo de valores acima de 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 5.80**.
- A → independente de efeito pesticida, o valor de  $A_p$ , ou seja, do peso do meio aquífero, é igual a 3, conforme **tabela 5.77**. O valor de  $A_c$ , ou seja, da classe do meio aquífero é selecionado verificando na respectiva coluna **tipo de rocha** da **tabela 5.79**, em qual dos tipos se enquadra a litologia da região e daí anotando o valor da classe correspondente. Por exemplo, em Porto Velho a litologia é caracterizada por intercalações de materiais arenosos e argilosos, 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 5.80**.

- 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 Porto Velho não existe e por isso é igual a 2, conforme **tabela 5.77**. O valor de  $S_c$ , ou seja, da classe do solo é selecionado verificando na respectiva coluna **tipo de solo** da **tabela 5.79**, em qual dos tipos se enquadra o solo da região e daí anotando o valor da classe correspondente. Por exemplo, em Porto Velho o solo pode ser considerado franco argiloso que se enquadra na classe  $S_c = 3$ . Assim sendo o produto  $S_p S_c = 2 \times 3 = 6$ , como pode ser observado na **tabela 5.80**.
- T → 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 Porto Velho não existe e por isso é igual a 1, conforme **tabela 5.77**. O valor de  $T_c$ , ou seja, da classe da topografia (declividade em m/km) é selecionado verificando na respectiva coluna **intervalo** da **tabela 5.78**, em qual dos intervalos se encontra a declividade estimada e daí anotando o valor da classe correspondente. Por exemplo, a declividade geral em Porto Velho 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 5.80**.
- I → 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 Porto Velho não existe e por isso é igual a 5, conforme **tabela 5.77**. 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 5.79**, em qual dos tipos se enquadra a litologia da região e daí anotando o valor da classe correspondente. Por exemplo, em Porto Velho 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 5.80**.
- C → 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 Porto Velho não existe e por isso é igual a 3, conforme **tabela 5.77**. O valor de  $C_c$ , ou seja, da classe da condutividade hidráulica é selecionado verificando na respectiva coluna **intervalo** da **tabela 5.78**, em qual dos intervalos se encontra a condutividade hidráulica estimada e daí anotando o valor da classe correspondente. Por exemplo, a condutividade hidráulica estimada (0,26 m/dia) se encontra no intervalo de 0,04 a 4 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 5.80**.

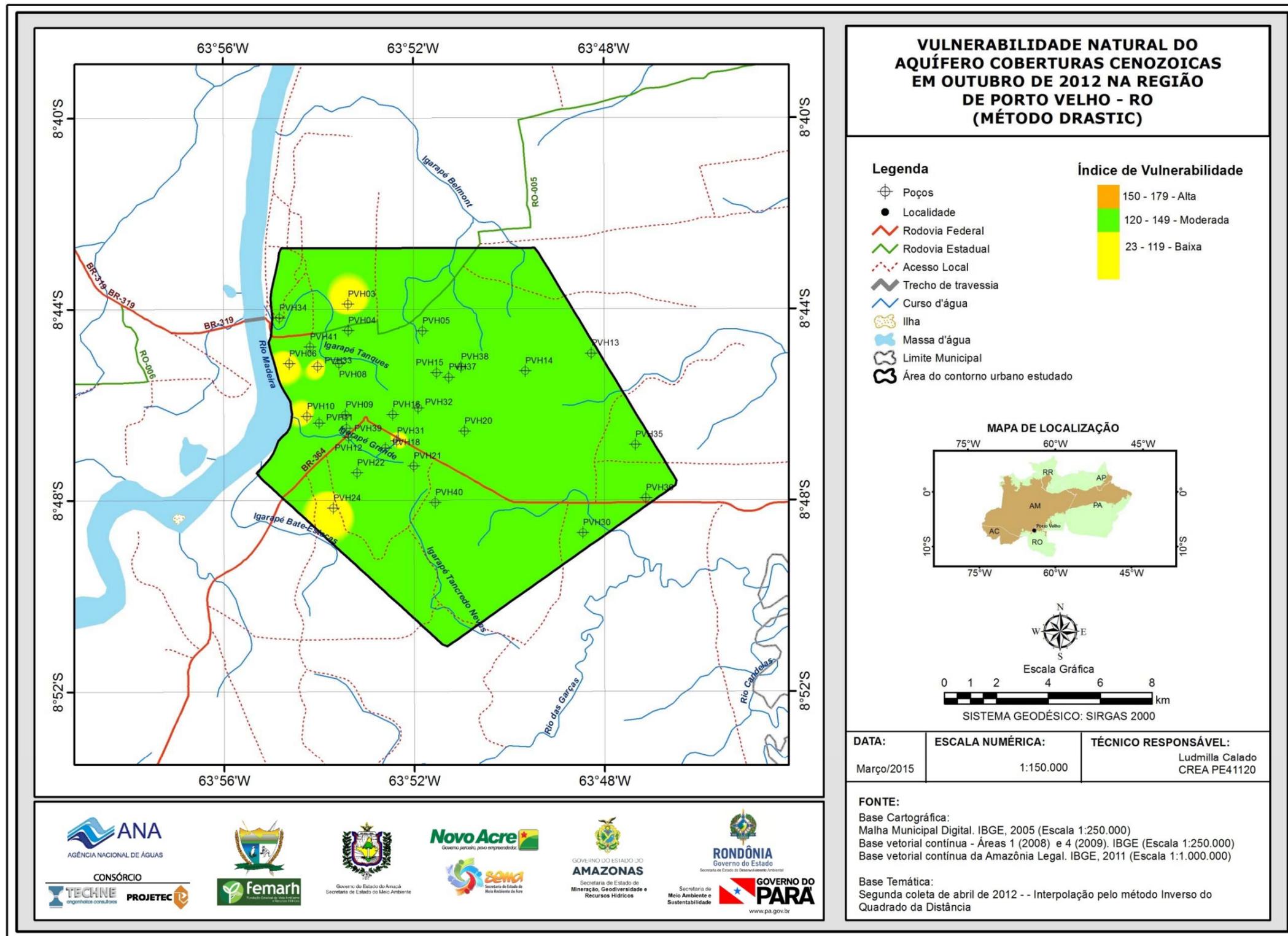
**Tabela 5.80 – Índice DRASTIC do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012) e de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO.**

Poço	Coordenadas		Cota Terreno (m)	Profundidade da Água (m)		Pesos x Índices de classe								Índice DRASTIC	
	X	Y		abr/12	out/12	5xD1	5xD2	4xR	3xA	2xS	1xT	5xI	3xC	Chuvoso	Estiagem
PVH01	-63,90864	-8,72257	78	16,7	-	15	-	36	18	6	10	30	3	118	-
PVH02	-63,91364	-8,73545	63	6,0	-	35	-	36	18	6	10	30	3	138	-
PVH03	-63,88961	-8,73165	88	10,7	15,5	25	15	36	18	6	10	30	3	128	118
PVH04	-63,88959	-8,74077	88	10,9	14,2	25	25	36	18	6	10	30	3	128	128
PVH05	-63,86357	-8,74097	85	4,9	6,9	45	35	36	18	6	10	30	3	148	138
PVH06	-63,91027	-8,75233	91	15,5	17,4	15	15	36	18	6	10	30	3	118	118
PVH07	-63,90416	-8,74581	86	15,9	-	15	-	36	18	6	10	30	3	118	-
PVH08	-63,89278	-8,75239	85	8,1	9,6	35	35	36	18	6	10	30	3	138	138
PVH09	-63,89059	-8,77020	87	9,1	13,8	35	25	36	18	6	10	30	3	138	128
PVH10	-63,90404	-8,77070	64	12,4	16,3	25	15	36	18	6	10	30	3	128	118
PVH11	-63,89976	-8,77307	70	11,1	12,0	25	25	36	18	6	10	30	3	128	128
PVH12	-63,88952	-8,77805	68	1,8	3,5	45	45	36	18	6	10	30	3	148	148
PVH13	-63,80440	-8,74886	86	4,6	7,8	45	35	36	18	6	10	30	3	148	138
PVH14	-63,82760	-8,75498	85	3,3	8,8	45	35	36	18	6	10	30	3	148	138
PVH15	-63,85861	-8,75560	84	1,3	3,0	50	45	36	18	6	10	30	3	153	148
PVH16	-63,87407	-8,77012	89	8,6	9,2	35	35	36	18	6	10	30	3	138	138
PVH17	-63,86597	-8,76970	88	8,1	-	35	-	36	18	6	10	30	3	138	-
PVH18	-63,87653	-8,78181	86	10,3	11,9	25	25	36	18	6	10	30	3	128	128
PVH19	-63,87774	-8,77262	87	10,8	-	25	-	36	18	6	10	30	3	128	-
PVH20	-63,84885	-8,77597	86	1,7	4,8	45	45	36	18	6	10	30	3	148	148
PVH21	-63,86667	-8,78806	85	3,3	7,7	45	35	36	18	6	10	30	3	148	138
PVH22	-63,88658	-8,79043	86	5,8	6,7	35	35	36	18	6	10	30	3	138	138
PVH23	-63,89428	-8,79623	86	8,6	-	35	-	36	18	6	10	30	3	138	-
PVH24	-63,89489	-8,80270	91	8,0	16,8	35	15	36	18	6	10	30	3	138	118
PVH25	-63,78527	-8,78182	87	5,7	-	35	-	36	18	6	10	30	3	138	-
PVH26	-63,79964	-8,78826	94	8,2	-	35	-	36	18	6	10	30	3	138	-
PVH27	-63,86222	-8,80802	89	8,0	-	35	-	36	18	6	10	30	3	138	-
PVH28	-63,87966	-8,80758	85	11,0	-	25	-	36	18	6	10	30	3	128	-
PVH29	-63,88583	-8,81944	75	6,6	-	35	-	36	18	6	10	30	3	138	-

**Tabela 5.80 – Índice DRASTIC do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012) e de estiagem (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho – RO (Continuação).**

Poço	Coordenadas		Cota Terreno (m)	Profundidade da Água (m)		Pesos x Índices de classe								Índice DRASTIC	
	X	Y		abr/12	out/12	5xD1	5xD2	4xR	3xA	2xS	1xT	5xl	3xC	Chuvoso	Estiagem
PVH30	-63,80750	-8,81139	84	8,2	10,4	35	25	36	18	6	10	30	3	138	128
PVH31	-63,87261	-8,77931	86	-	21,0	-	15	36	18	6	10	30	3	-	118
PVH32	-63,86511	-8,76781	88	-	9,0	-	35	36	18	6	10	30	3	-	138
PVH33	-63,90025	-8,75325	86	-	17,0	-	15	36	18	6	10	30	3	-	118
PVH34	-63,91369	-8,73636	66	-	11,0	-	25	36	18	6	10	30	3	-	128
PVH35	-63,78906	-8,78064	86	-	12,0	-	25	36	18	6	10	30	3	-	128
PVH36	-63,76192	-8,80028	86	-	12,0	-	25	36	18	6	10	30	3	-	128
PVH37	-63,85433	-8,75714	86	-	8,5	-	35	36	18	6	10	30	3	-	138
PVH38	-63,85011	-8,75350	85	-	10,0	-	35	36	18	6	10	30	3	-	138
PVH39	-63,89014	-8,77489	77	-	13,0	-	25	36	18	6	10	30	3	-	128
PVH40	-63,85919	-8,80083	87	-	13,0	-	25	36	18	6	10	30	3	-	128
PVH41	-63,90297	-8,74656	83	-	7,6	-	35	36	18	6	10	30	3	-	138

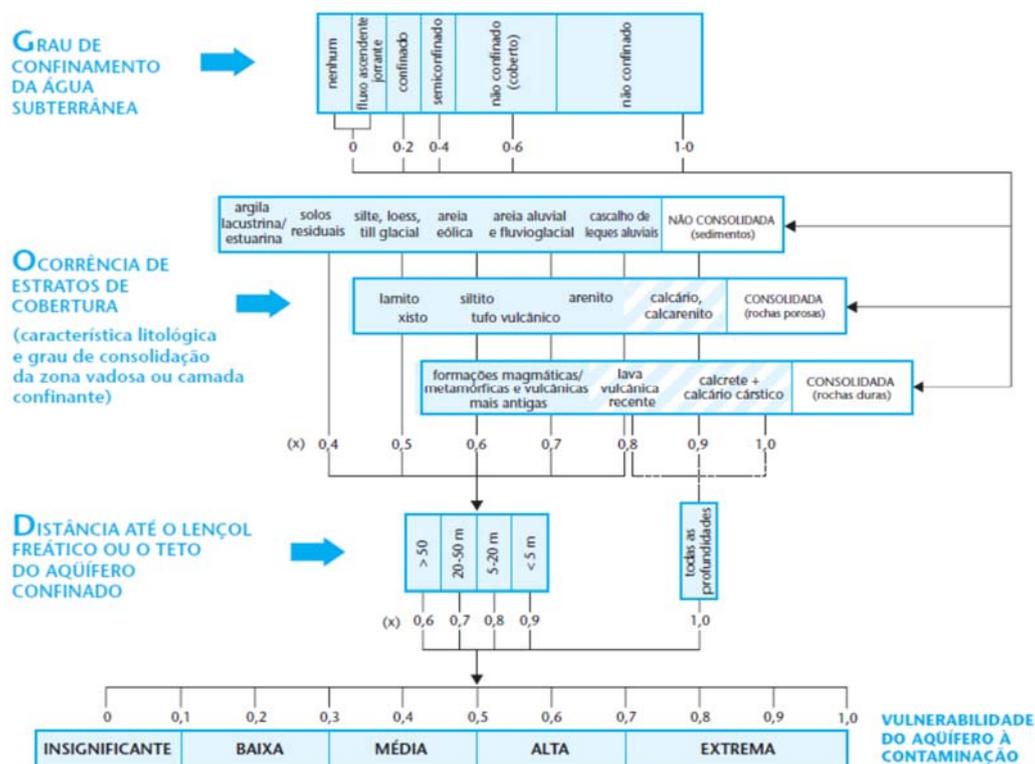




**Figura 5.64b** – Distribuição espacial da vulnerabilidade do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período seco (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho - RO, pelo método DRASTIC.

## 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 5.81**).
- 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 5.82**.
- Terceiro: estimar o parâmetro **D** considerando a profundidade até a superfície freática (**tabela 5.83**).

**Tabela 5.81** – Valores para o parâmetro **G** do índice GOD (Foster, 1987).

Parâmetro G (ocorrência de águas subterrâneas)	Valor
Nenhum	0,0
Confinado artesianosurgente (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 5.82** – 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 siltosos	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 5.83** – 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 Porto Velho, para as 3 (três) diferentes letras ou símbolos do acrônimo GOD, os valores a elas relacionados, foram:

- G → O aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho é do tipo livre (não confinado ou freático). Para essa condição o valor do parâmetro G é igual a 1,0 (**tabela 5.81**).
- O → A litologia do aquífero é representada pela ocorrência de aluviões siltosos, o que justifica a adoção do valor de 0,5 (**tabela 5.82**).
- D → Com o valor da profundidade do nível de água do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, medido nas campanhas de campo, se pode selecionar na **tabela 5.83**, 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 Porto Velho, o parâmetro D variou entre 0,9 (níveis estáticos < 5 m) e 0,8 (níveis estáticos ≥ 5 e níveis estáticos < 20 m).

O resultado do produto destes três parâmetros é colocado em termos qualitativos em índice de vulnerabilidade, segundo a **tabela 5.84**, 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 5.84** – 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 Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, o qual assumiu valores que variaram de 0,40 a 0,45 na primeira campanha (abril de 2012) e de 0,35 a 0,45 na segunda campanha (outubro de 2012), como pode ser observado na **tabela 5.85**.

**Tabela 5.85 - Parâmetros para avaliação do Índice de Vulnerabilidade GOD do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, em Porto Velho.**

Poço	X	Y	Z	Profundidade do nível d'água		Índices					
				NE1	NE2	G	O	D (IV1)*	D (IV2)**	IV1	IV2
PVH01	-63,90864	-8,72257	78	16,70	-	1	0,5	0,8	-	0,4	-
PVH02	-63,91364	-8,73545	63	6,00	-	1	0,5	0,8	-	0,4	-
PVH03	-63,88961	-8,73165	88	10,70	15,45	1	0,5	0,8	0,8	0,4	0,4
PVH04	-63,88959	-8,74077	88	10,90	14,18	1	0,5	0,8	0,8	0,4	0,4
PVH05	-63,86357	-8,74097	85	4,90	6,86	1	0,5	0,9	0,8	0,45	0,4
PVH06	-63,91027	-8,75233	91	15,48	17,37	1	0,5	0,8	0,8	0,4	0,4
PVH07	-63,90416	-8,74581	86	15,90	-	1	0,5	0,8	-	0,4	-
PVH08	-63,89278	-8,75239	85	8,07	9,63	1	0,5	0,8	0,8	0,4	0,4
PVH09	-63,89059	-8,77020	87	9,05	13,84	1	0,5	0,8	0,8	0,4	0,4
PVH10	-63,90404	-8,77070	64	12,40	16,32	1	0,5	0,8	0,8	0,4	0,4
PVH11	-63,89976	-8,77307	70	11,12	11,96	1	0,5	0,8	0,8	0,4	0,4
PVH12	-63,88952	-8,77805	68	1,77	3,53	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
PVH13	-63,80440	-8,74886	86	4,60	7,83	1	0,5	0,9	0,8	0,45	0,4
PVH14	-63,82760	-8,75498	85	3,30	8,77	1	0,5	0,9	0,8	0,45	0,4
PVH15	-63,85861	-8,75560	84	1,30	2,99	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
PVH16	-63,87407	-8,77012	89	8,61	9,16	1	0,5	0,8	0,8	0,4	0,4
PVH17	-63,86597	-8,76970	88	8,11	-	1	0,5	0,8	-	0,4	-
PVH18	-63,87653	-8,78181	86	10,26	11,94	1	0,5	0,8	0,8	0,4	0,4
PVH19	-63,87774	-8,77262	87	10,82	-	1	0,5	0,8	-	0,4	-
PVH20	-63,84885	-8,77597	86	1,73	4,77	1	0,5	0,9	0,9	0,45	0,45
PVH21	-63,86667	-8,78806	85	3,32	7,70	1	0,5	0,9	0,8	0,45	0,4
PVH22	-63,88658	-8,79043	86	5,80	6,72	1	0,5	0,8	0,8	0,4	0,4
PVH23	-63,89428	-8,79623	86	8,62	-	1	0,5	0,8	-	0,4	-
PVH24	-63,89489	-8,80270	91	8,00	16,77	1	0,5	0,8	0,8	0,4	0,4
PVH25	-63,78527	-8,78182	87	5,65	-	1	0,5	0,8	-	0,4	-
PVH26	-63,79964	-8,78826	94	8,20	-	1	0,5	0,8	-	0,4	-
PVH27	-63,86222	-8,80802	89	8,00	-	1	0,5	0,8	-	0,4	-
PVH28	-63,87966	-8,80758	85	11,00	-	1	0,5	0,8	-	0,4	-
PVH29	-63,88583	-8,81944	75	6,60	-	1	0,5	0,8	-	0,4	-
PVH30	-63,80750	-8,81139	84	8,20	10,43	1	0,5	0,8	0,8	0,4	0,4
PVH31	-63,87261	-8,77931	86	-	21,00	1	0,5	-	0,7	-	0,35
PVH32	-63,86511	-8,76781	88	-	9,00	1	0,5	-	0,8	-	0,4
PVH33	-63,90025	-8,75325	86	-	17,00	1	0,5	-	0,8	-	0,4
PVH34	-63,91369	-8,73636	66	-	11,00	1	0,5	-	0,8	-	0,4
PVH35	-63,78906	-8,78064	86	-	12,00	1	0,5	-	0,8	-	0,4
PVH36	-63,76192	-8,80028	86	-	12,00	1	0,5	-	0,8	-	0,4
PVH37	-63,85433	-8,75714	86	-	8,50	1	0,5	-	0,8	-	0,4
PVH38	-63,85011	-8,75350	85	-	10,00	1	0,5	-	0,8	-	0,4
PVH39	-63,89014	-8,77489	77	-	13,00	1	0,5	-	0,8	-	0,4
PVH40	-63,85919	-8,80083	87	-	13,00	1	0,5	-	0,8	-	0,4
PVH41	-63,90297	-8,74656	83	-	7,60	1	0,5	-	0,8	-	0,4

\*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)

Ambas as coletas apresentaram resultados que se enquadram na faixa de vulnerabilidade média, de acordo com os critérios estabelecidos no método GOD apresentado na **figura 5.65**.

***Zoneamento da Vulnerabilidade do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho – Método GOD***

A distribuição espacial da vulnerabilidade do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho, na cidade de Porto Velho, para o período chuvoso (abril de 2012) e período seco (outubro de 2012), podem ser observados respectivamente nas **figuras 5.66a e 5.66b**, as quais são representadas por uma única faixa de valores, uma vez que os índices encontrados compreendidos entre 0,35 a 0,45 estão situados dentro do intervalo de 0,3 a 0,5 definido no método GOD como de **vulnerabilidade média**.

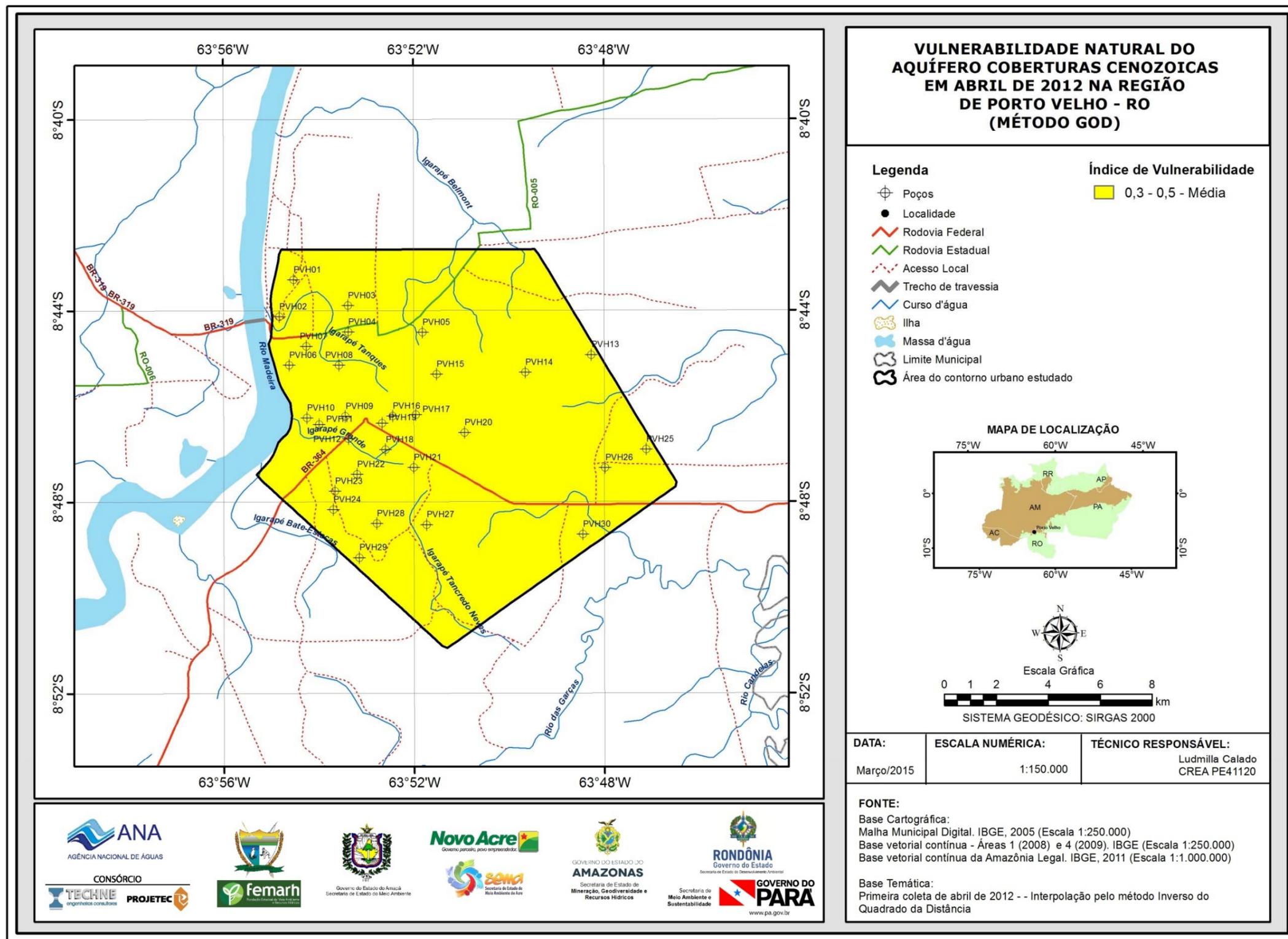


Figura 5.66a – Distribuição espacial da vulnerabilidade do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período chuvoso (abril de 2012), na cidade de Porto Velho - RO, pelo método GOD.

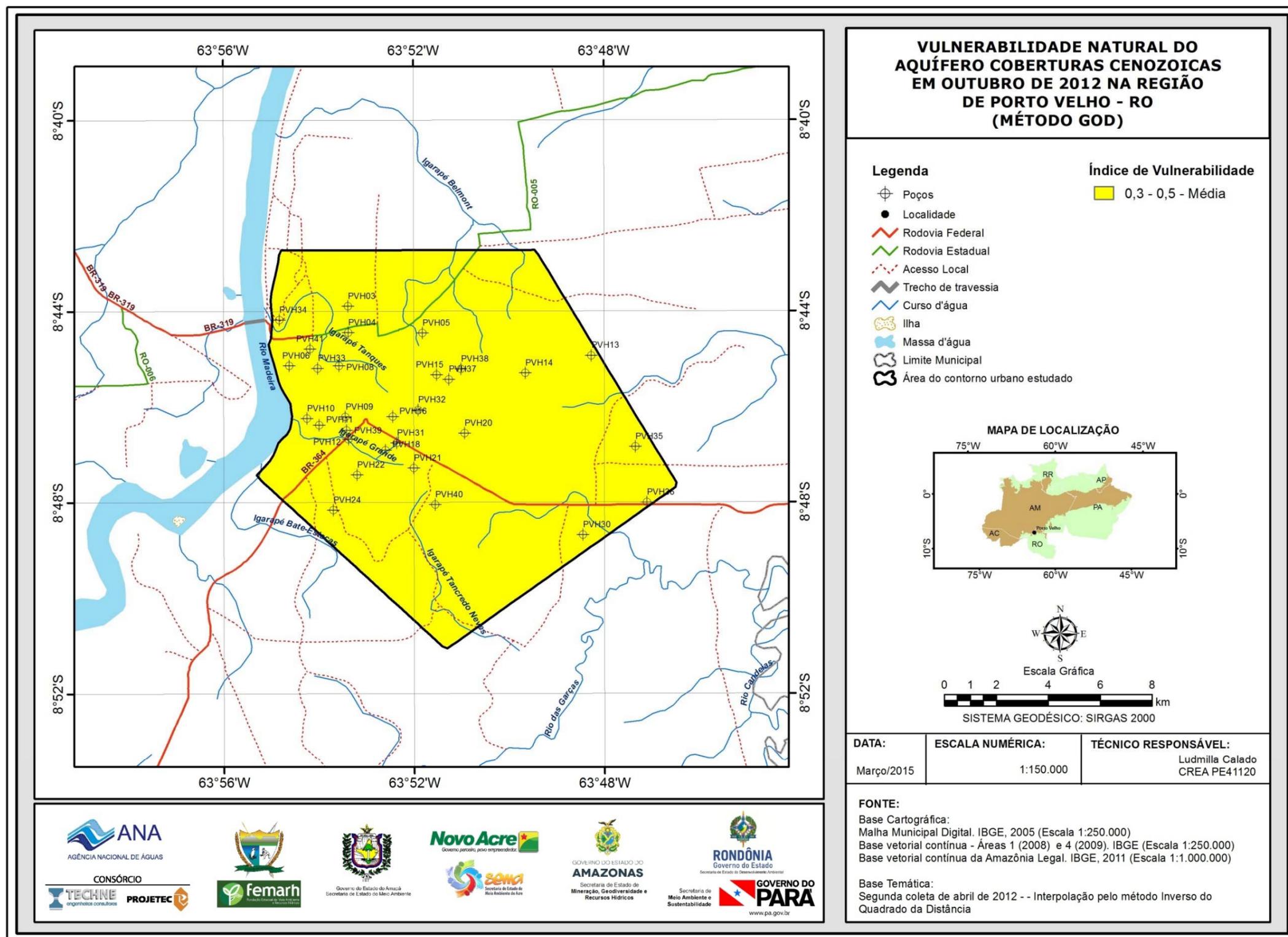


Figura 5.66b – Distribuição espacial da vulnerabilidade do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho no período seco (outubro de 2012), na cidade de Porto Velho - RO, pelo método GOD.

### 5.4.3 - Conclusão sobre a vulnerabilidade natural

No período chuvoso os índices de vulnerabilidade do método DRASTIC sugerem para o aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho uma vulnerabilidade **baixa** em 10% (3/30) dos poços; **moderada** em 87% dos poços (26/30) e **alta** em apenas 3% dos poços (1/30), como pode ser observado na **figura 5.64a**. No período de estiagem (**figura 5.64b**) verificou-se a ocorrência de vulnerabilidade **moderada** em 80% dos casos (24/30) e vulnerabilidade **baixa** em 20% dos casos (6/30).

Pelo método GOD, os índices de vulnerabilidade se mantiveram na faixa de 0,35 a 0,45 (**figuras 5.66a e 5.66b**), indicando que a vulnerabilidade do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho na área de estudo pode ser classificada como **média**.

## **6. Referências Bibliográficas**

ADAMY, A.; ROMANINI, S. J. (Org.). **Geologia da Região de Porto Velho - Abunã**. Folhas Porto Velho (SC.20-V-B-V), Mutumparaná (SC.20-V-C-VI), Jaciparaná (SC.20-V-D-I) e Abunã (SC.20-V-C-V). Estados de Rondônia e Amazonas. Brasília: DNPM/CPRM, 1990. 273p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil: 2013**. Brasília: ANA, 2013. 432p.

ALLER, L.; BENNET, T.; LEHER, J.; PETTY, R. **DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic setting**. USEPA: Report 600/02-85/018, 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. Illinois State Water Survey Champaign, Illinois - USA**, 1985.

BATU, V. **Aquifer Hydraulics: a Comprehensive Guide to Hydrogeologic Data Analysis**. USA: John Wiley & Sons, 1998.

BERNARDI, J. V. E.; LACERDA, L. D.; DÓREA, J. G.; LANDIM, P. M. D. B.; GOMES, J. P. O.; ALMEIDA, R.; MANZATTO, A. G.; BASTOS, W. R. Aplicação da análise das componentes principais na ordenação dos parâmetros físico-químicos no Alto Rio Madeira e afluentes, Amazônia Ocidental. **Geochimica Brasiliensis**, vol. 23, n. 1, p. 79-90, 2009.

BEZERRA, S. F.; JUSTINA, E. E. D.; SAMPAIO, S. F.; ARAUJO, M. S. Diagnóstico, avaliação e monitoramento das áreas de risco na bacia do Igarapé Grande - Porto Velho - RO. **Revista Geonorte**, Amazonas, vol. 1, n. 4, p. 599-611, 2012.

BOHN, H. L. Redox potentials. **Soil Science**, v. 112, nº 1, p.39-45, 1970.

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, J. C. V. A problemática dos recursos hídricos subterrâneos na Amazônia na visão do Serviço Geológico do Brasil - CPRM. In: Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste, I, 2003, Petrópolis - RJ. **Anais**. Rio de Janeiro: ABAS, 2003. p.133-141.

CAMPOS, J. C. V. Avaliação Preliminar do Potencial Hidrogeológico da Cidade de Porto Velho - RO. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, X, 1998, São Paulo - SP. **Anais**. São Paulo: ABAS, 1998.

CAMPOS, J. C. V.; MORAIS, P. R. C. Morfologia dos Aquíferos da Área Urbana de Porto Velho - RO. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte - MG. **Anais**. Belo Horizonte: ABRH, 1999. 13p.

CAMPOS, J. C. V.; SILVA FILHO, E. P.; OLIVEIRA, I. R. Contaminação do Aquífero Jaciparaná na cidade de Porto Velho (RO). In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, XIII, 2004, Cuiabá - MT. **Anais**. Cuiabá: ABAS, 2004.

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.

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. **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. **Transactions Am. Geophysical Union**, USA, 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.

ECOLOGY BRASIL. **UHE - Santo Antonio no rio Madeira: Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas - Fase de enchimento e estabilização**. Relatório 10, 2011.

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.

FAZZIO, A. L.; SILVA, F. V.; XAVIER, H. V. S.; FERREIRA, I. V. L.; FREIRE, C. C. Avaliação da Contaminação das Águas Subterrâneas na Cidade de Maceió. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009, Campo Grande - MS. **Anais**. Campo Grande: ABAS, 2009. p.1-18.

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.

FETTER, C. W. **Applied Hydrogeology**. New York: Prentice Hall, 1994. 691p.

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.

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.

GOVERNO DO ESTADO DE RONDÔNIA. **Atlas Geoambiental de Rondônia**. Porto Velho: SEDAM, 2002.

GOVERNO DO ESTADO DE RONDÔNIA. **Zoneamento Socioeconômico-Ecológico do Estado de Rondônia: Um Instrumento de Gestão Ambiental**

a **Serviço do Desenvolvimento Sustentável de Rondônia**. Porto Velho: SEDAM, 2007.

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. **Anuário Estatístico do Brasil - 2011**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 474p. Vol. 71.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo demográfico de 2010**. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 30 maio 2013.

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, nº 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.

LEPRUN, J. C.; SANTOS, R. D.; CERRI, C. C. Composição das Águas de Percolação de Solos no Estado de Rondônia. **Geochimica Brasiliensis**, vol.3, nº 1, p.23-31, 1989.

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, nº 3, p.317-330, 2005.

LIMA, M. L. A.; CHAVES, C. A. P.; MELO JÚNIOR, H. R.; SIMÃO, F. B. Aplicação de métodos geoestatísticos para mapeamento de área de risco em saúde pública no município de Porto Velho - RO. **Vita et Sanitas**, vol.2, nº 2, p.130-149, 2008b.

LIMA, M. L. A.; MELO JÚNIOR, H. R.; CHAVES, C. A. P.; SIMÃO, F. B. Krigagem indicativa aplicada à pesquisa de nitrato nas águas subterrâneas da área urbana de Porto Velho - RO. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, XV, 2008, Natal - RN. **Anais**. Natal: ABAS, 2008a.

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.

MELO JR, H. R.; MARMOS, J. L. **Avaliação Hidrogeológica do Município de Rio Branco - Acre: Relatório Final**. Porto Velho: Serviço Geológico do Brasil (CPRM) - Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial (DHT), 2006.

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.

MONTEIRO, I. L. G.; GIODA, A. Estudo da composição química de aerossóis e precipitação coletados na Região Amazônica e sua correlação com fontes locais e transporte de longa distância. In: PIBIC - Programa Institucional de Iniciação Científica do CNPq, XIX, 2011, Rio de Janeiro - RJ. **Anais**. Rio de Janeiro: PUC, 2011. 8p.

MÜNNICH, K. O. Messungs 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.

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.

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.

QUADROS, M. L. E. S.; RIZZOTTO, G. J.; OLIVEIRA, J. G. D.; CASTRO, J. M. Depósitos fluviais da Formação Rio Madeira, Pleistoceno Superior da Bacia do Abunã, Rondônia. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, IX, 2006, Belém - PA. **Anais**. Belém: SBG, 2006.

RESENDE, A. V. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2002. 29p.

RIZZOTTO, G. J. **Projeto Rio Madeira: Levantamento de informações para subsidiar o estudo da viabilidade do aproveitamento hidrelétrico (AHE) do Rio Madeira (AHE Jirau) - Relatório final**. CPRM: Porto Velho, 2005.

RIZZOTTO, G. J.; QUADROS, M. L. E. S.; BAHIA, R. B. C.; DALL'IGNA, L. G.; CORDEIRO, A. V. Folha SC.20-Porto Velho. In: SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J. H.; SANTOS, J. O. S.; ABRAM, M. B.; LEÃO NETO, R.; MATOS, G. M. M.; VIDOTTI, R. M.; RAMOS, M. A. B.; JESUS, J. D. A. (Eds.). Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil. CPRM: Brasília, 2004. CD-ROM.

SANTOS, J. P.; SOUZA, D. O.; MIRANDA, M. R.; BASTOS, W. R. Estudos de elementos-traço na cidade de Porto Velho/Rondônia, Amazônia Ocidental. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**, São Paulo, vol. 7, n. 2, p. 1-9, 2012.

SANTOS, S. L. M.; JUSTINA, E. E. D.; FERREIRA, M. M. Classificação geoambiental das unidades de relevo da bacia do Igarapé Belmont em Porto Velho - Rondônia. **Revista Geografia**, Londrina, vol. 22, n. 2, p. 25-41, 2013.

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.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **Mapa geológico e de recursos minerais do Estado de Rondônia: 1:1.000.000.** CPRM: Porto Velho, 2007.

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.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **Uso e ocupação do solo e levantamento preliminar dos aspectos ambientais na região de Porto Velho – RO.** CPRM: Porto Velho - Rondônia, 1997.

SILVA FILHO, E. P.; Campos, A. J. C. V. **Diagnóstico da Captação de Água Subterrânea em Porto Velho.** UFRO, Ano I, n° 29, Porto Velho. 2001.

SILVA, F. A. S. ASSISTAT: versão 7.7. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2012.

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, n° 5, p.1-166, 1993. Disponível em: <<http://ppegeo.igc.usp.br/pdf/bigsd/n5/01.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2014.

TASSINARI, C. C. G.; MACAMBIRA, M. J. B. A evolução tectônica do Cráton Amazônico. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO NEVES, B. B. (Org.). **Geologia do continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.** Beca: São Paulo, 2004. p. 471-485.

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 568p.

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.

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.

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**

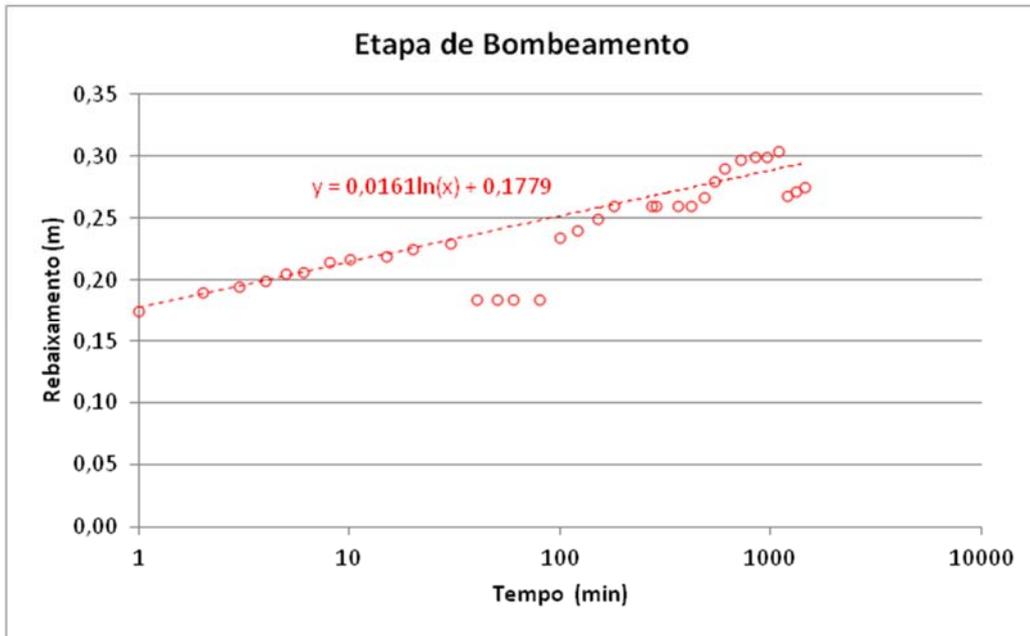
## **7.1 – Testes de Bombeamento – Planilhas, Gráficos e Valores Obtidos de T, K, S**

## 7.1.1 – Dados do Poço PVH18 – Porto Velho – RO.

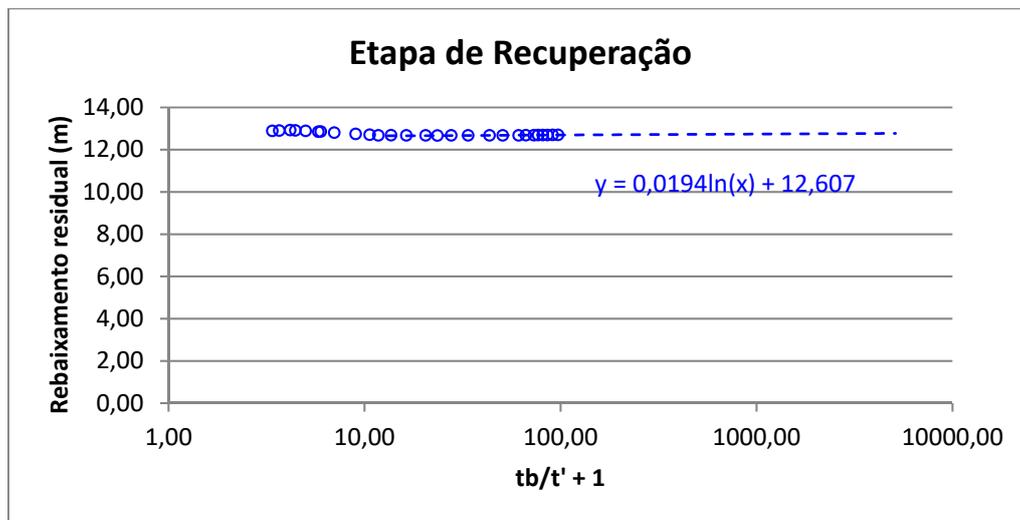
### 7.1.1.1 – Planilha

ENSAIO DE BOMBEAMENTO									
REFERÊNCIA DO POÇO: PVH18			PROF.: 80,00 m		EQUIPAMENTO:				
MUNICÍPIO: Porto Velho			N.E.: 12,66 m		AQUÍFERO: Aluviões indiferencia				
ESTADO: Rondonia			N.D.: 12,935 m		EMPRESA:				
LOCAL: Escola Pública Araújo Lima			Q: 1,82 m <sup>3</sup> /h		DATA INÍCIO: 03/08/2012				
PROPRIETÁRIO: Escola Pública Araújo Lima			Q/s: 6,62 m <sup>3</sup> /h/m		DATA TÉRMINO: 04/08/2012				
GPS:	Long. W	63°52'33,57"	Lat. S	8°45'27,1"	ALTITUDE:	94,00			
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
08:41	1	12,835	0,175			15	12,7	0,04	97,00
08:42	2	12,85	0,190			16	12,7	0,04	91,00
08:43	3	12,855	0,195			17	12,695	0,04	85,71
08:44	4	12,86	0,200			18	12,693	0,03	81,00
08:45	5	12,865	0,205			19	12,69	0,03	76,79
08:46	6	12,867	0,207			20	12,687	0,03	73,00
08:48	8	12,875	0,215			22	12,687	0,03	66,45
08:50	10	12,877	0,217			24	12,68	0,02	61,00
08:55	15	12,88	0,220			29	12,68	0,02	50,66
09:00	20	12,885	0,225	1,79	7,95	34	12,675	0,02	43,35
09:10	30	12,89	0,230	1,84	8,00	44	12,675	0,02	33,73
09:20	40	12,845	0,185			54	12,675	0,02	27,67
09:30	50	12,845	0,185			64	12,672	0,01	23,50
09:40	60	12,845	0,185			74	12,675	0,02	20,46
10:00	80	12,845	0,185	1,55	8,37	94	12,68	0,02	16,32
10:20	100	12,895	0,235	1,81	7,70	114	12,685	0,03	13,63
10:40	120	12,900	0,240	1,79	7,45	134	12,68	0,02	11,75
11:10	150	12,910	0,250			150	12,71	0,05	10,60
11:40	180	12,920	0,260	1,89	7,26	180	12,748	0,09	9,00
13:13	273	12,920	0,260	1,88	7,24	240	12,81	0,15	7,00
13:26	286	12,920	0,260			290	12,86	0,20	5,97
14:40	360	12,920	0,260			300	12,855	0,20	5,80
15:40	420	12,920	0,260	1,90	7,33	360	12,89	0,23	5,00
16:40	480	12,927	0,267	1,90	7,13	420	12,91	0,25	4,43
17:40	540	12,940	0,280			454	12,927	0,27	4,17
18:40	600	12,950	0,290	1,90	6,54	540	12,905	0,24	3,67
20:40	720	12,957	0,297			605	12,89	0,23	3,38
22:40	840	12,960	0,300			720			3,00
00:40	960	12,960	0,300						
02:40	1080	12,965	0,305						
04:40	1200	12,929	0,269						
06:40	1320	12,932	0,272						
08:40	1440	12,935	0,275						
TÉCNICO RESPONSÁVEL: Edilton Carneiro Feitosa									

**7.1.1.2 – Gráficos e Valores Obtidos de T, K, S do Poço PVH18 – Porto Velho – RO.**



7.1.1.2a - Curva de Rebaixamento do Poço PVH18 durante o bombeamento.



7.1.1.2b - Recuperação do Poço PVH18, após o bombeamento.

**7.1.1.2c** - Valores encontrados para T, K, S no Poço PVH18 – Porto Velho – RO pelo método de Cooper & Jacob (1946).

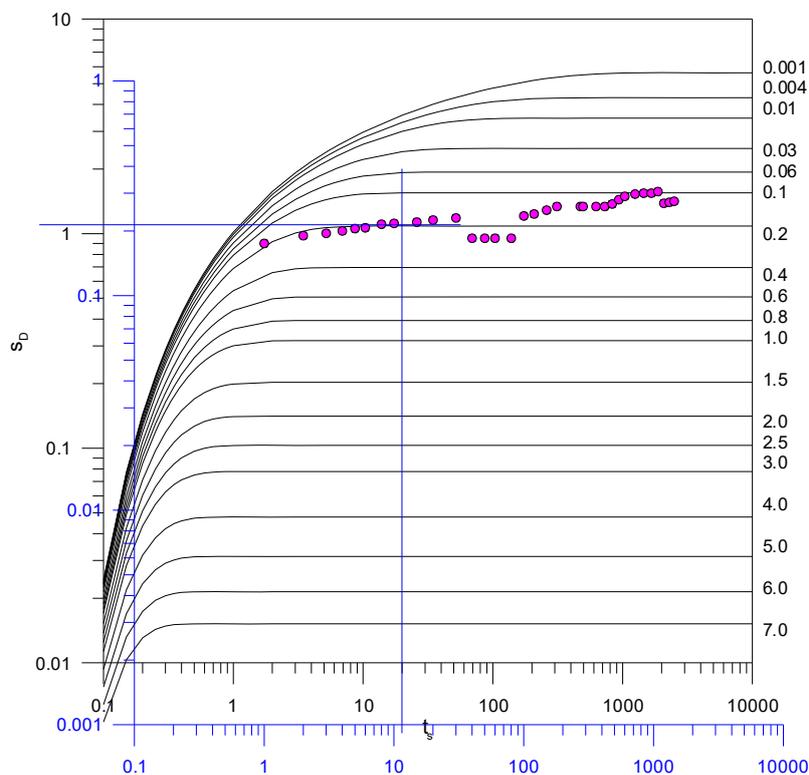
Etapas	b (m)	T			K			S
		m <sup>2</sup> /s	m <sup>2</sup> /h	m <sup>2</sup> /dia	m/s	m/h	m/dia	
Rebaixamento	67,34	2,49E-03	8,96	215,14	3,70E-05	0,13	3,19	5,35E-06
Recuperação	67,34	2,07E-03	7,45	178,85	3,07E-05	0,11	2,66	-
<b>Média</b>	<b>67,34</b>	<b>2,28E-03</b>	<b>8,21</b>	<b>196,99</b>	<b>3,39E-05</b>	<b>0,12</b>	<b>2,93</b>	<b>5,35E-06</b>

\*b = espessura do aquífero; T = transmissividade; K = condutividade hidráulica; S = coeficiente de armazenamento.

**7.1.1.3** - Cálculo dos parâmetros hidráulicos do Poço PVH18 supondo o aquífero do tipo livre, homogêneo e anisotrópico (modelo de Neuman, 1975).

Valores obtidos no ponto de superposição da curva de campo à curva  $\beta = 0,2$  da família de curvas Tipo A (gráfico 7.1.2.4):

Poço	Trecho Tipo	t min	s (m)	ts	ty	SD	$\beta$
PVH18	A	11	0,22	20	-	1,1	0,2



**7.1.1.3a** – Curva de rebaixamento do Poço PVH18 superposta à curva padrão Tipo A de Neuman para tempo curto

Por hipótese a razão de penetração  $\rho = \frac{h_s}{b} = 1 \rightarrow b = h_s = 20\text{ m}$

$$T = \frac{5,28 \times 10^{-4} \times 1,1}{4\pi \times 0,22} = 2,1 \times 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s} = 18,14 \text{ m}^2 / \text{dia} \rightarrow K_h = \frac{T}{b} = \frac{18,14}{20} = 0,91 \text{ m / dia}$$

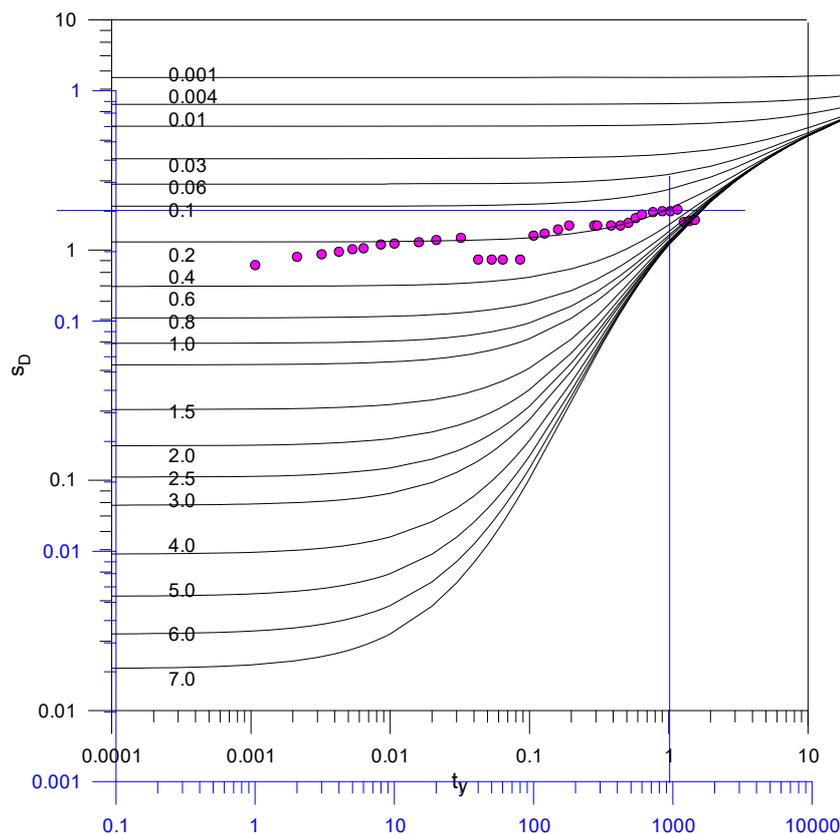
$$S = \frac{Tt}{t_s r^2} = \frac{2,1 \times 10^{-4} \times 11 \times 60}{20 \times 10^2} = 6,94 \times 10^{-5}$$

$$\text{Anisotropia: } K_D = \frac{K_v}{K_h} = \beta \left( \frac{b}{r} \right)^2 = 0,2 \times \left( \frac{20}{10} \right)^2 = 0,2 \times 4 = 0,8$$

$$K_v = 0,8 \times 0,91 = 0,73 \text{ m / dia}$$

Valores obtidos no ponto de superposição da curva de campo à curva  $\beta = 0,2$  da família de curvas Tipo B (gráfico 7.1.1.4b):

Poço	Trecho Tipo	t min	s (m)	ts	ty	SD	$\beta$
PVH18	B	950	0,3	-	1	1,6	0,2



7.1.1.3b – Curva de rebaixamento do Poço PVH18 superposta à curva padrão Tipo B de Neuman para tempo longo.

$$T = \frac{5,28 \times 10^{-4} \times 1,6}{4\pi \times 0,3} = 2,24 \times 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s} = 19,35 \text{ m}^2 / \text{dia} \rightarrow K_h = \frac{T}{b} = \frac{19,35}{20} = 0,97 \text{ m/dia}$$

$$S_y = \frac{Tt}{t_y b^2} = \frac{2,24 \times 10^{-4} \times 950 \times 60}{1 \times 10^2} = 0,13$$

$$\text{Anisotropia: } K_D = \frac{K_v}{K_h} = \beta \left( \frac{b}{r} \right)^2 = 0,2 \times \left( \frac{20}{10} \right)^2 = 0,2 \times 4 = 0,8$$

7.1.1.3c - Resultados encontrados no Poço PVH18 supondo o aquífero do tipo livre, anisotrópico com poços totalmente penetrantes e com drenagem retardada.

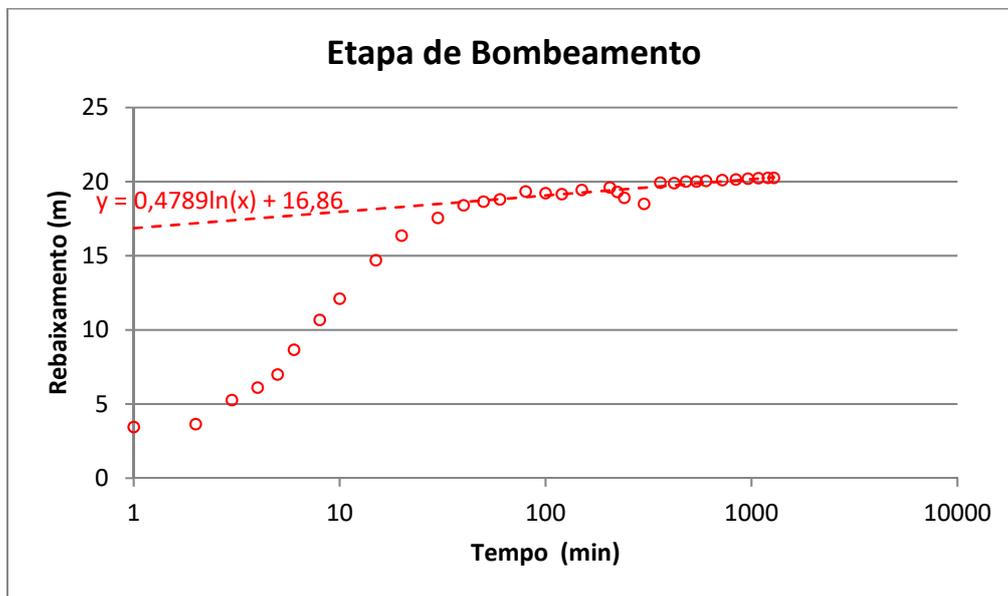
PARÂMETROS TESTE PVH18	Símbolo	Unidade	Curva Tipo	
			A	B
Vazão	Q	m <sup>3</sup> /dia	45	45
Rebaixamento	s	m	0,22	0,30
Tempo do rebaixamento	t	dia	0,008	0,660
Distância do poço bombeado*	r	m	10	10
Rebaixamento adimensional	SD	adim	1,1	1,6
Tempo adimensional antes da drenagem retardada ts	ts	adim	20	-
Tempo adimensional com drenagem retardada ty	ty	adim	-	1
Fator de drenagem retardada	$\beta$	adim	0,2	0,2
Coefficiente de transmissividade	T	m <sup>2</sup> /dia	18,1	19,3
Coefficiente de armazenamento	S	adim	6,9E-05	
Porosidade efetiva	Sy	adim		0,13
Espessura do aquífero	b	m	20	20
Condutividade hidráulica horizontal	Kh	m/dia	0,91	0,97
Grau de anisotropia do aquífero	KD	adim	1/1,25	1/1,25
Condutividade hidráulica vertical	Kv	m/dia	0,73	0,78

## 7.1.2 – Dados do Poço PVH15 – Porto Velho - RO.

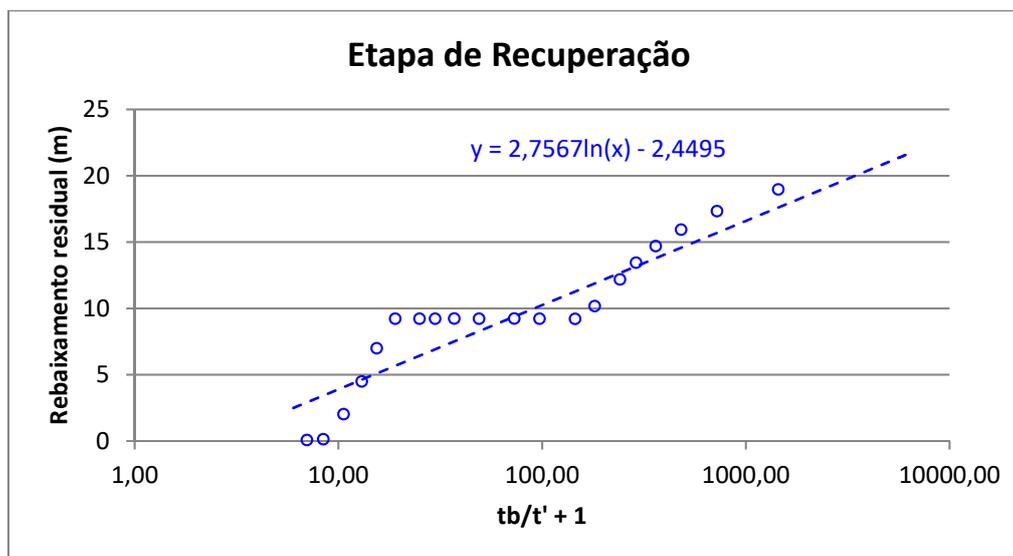
### 7.1.2.1 - Planilha

ENSAIO DE BOMBEAMENTO									
REFERÊNCIA DO POÇO: PVH15			PROF.: 80,00 m			EQUIPAMENTO:			
MUNICÍPIO: Porto Velho			N.E.: 2,86 m			AQUÍFERO: Aluviões indiferenciados			
ESTADO: Rondonia			N.D.: 23,09 m			EMPRESA:			
LOCAL: Bairro Cuniã			Q: 2,06 m <sup>3</sup> /h			DATA INÍCIO: 02/08/2012			
PROPRIETÁRIO: Lúcio Jorge Gusmão			Q/s: 0,1 m <sup>3</sup> /h/m			DATA TÉRMINO: 03/08/2012			
GPS:	Long. W	63° 51' 33,1"	Lat. S	8° 48' 03"	ALTITUDE:	86,00			
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
14:06	1	6,3	3,440			1	21,84	18,98	1442,00
14:07	2	6,5	3,640			2	20,2	17,34	721,50
14:08	3	8,12	5,260			3	18,81	15,95	481,33
14:09	4	8,22	5,300			4	17,57	14,71	361,25
14:10	5	9,85	6,990			5	16,31	13,45	289,20
14:11	6	11,52	8,660			6	15,05	12,19	241,17
14:13	8	13,53	10,670			8	13,04	10,18	181,13
14:15	10	14,96	12,100			10	12,08	9,22	145,10
14:20	15	17,56	14,700			15	12,09	9,23	97,07
14:25	20	19,22	16,360			20	12,10	9,24	73,05
14:35	30	20,41	17,550	2,23	0,13	30	12,09	9,23	49,03
14:45	40	21,26	18,400	2,18	0,12	40	12,10	9,24	37,03
14:55	50	21,51	18,650			50	12,095	9,24	29,82
15:05	60	21,66	18,800			60	12,095	9,24	25,02
15:25	80	22,2	19,340			80	12,095	9,24	19,01
15:45	100	22,08	19,220	2,06	0,11	100	9,86	7,00	15,41
16:05	120	22,01	19,150	2,03	0,11	120	7,36	4,50	13,01
16:35	150	22,29	19,430			150	4,90	2,04	10,61
17:30	205	22,47	19,610			194	3,00	0,14	8,43
17:48	223	22,16	19,300	2,09	0,11	240	2,95	0,09	7,00
18:06	241	21,77	18,910	2,09	0,11	300			5,80
19:06	301	21,36	18,500			360			5,00
20:06	361	22,795	19,935	2,01	0,10	420			4,43
21:06	421	22,76	19,900			480			4,00
22:06	481	22,86	20,000			540			3,67
23:06	541	22,86	20,000			600			3,40
00:06	601	22,91	20,050			214			7,73
02:06	721	22,96	20,100			605			3,38
04:06	841	23,01	20,150						
06:06	961	23,06	20,200						
08:06	1081	23,09	20,230	2,00	0,10				
10:06	1201	23,11	20,250						
11:30	1285	23,11	20,250						
12:06	1321	23,09	20,230						
14:06	1441	23,09	20,230	2,00	0,10				
TÉCNICO RESPONSÁVEL: Edilton Carneiro Feitosa									

7.1.2.2 – Gráficos e Valores Obtidos de T, K, S do Poço PVH15 – Porto Velho – RO pelo método de Cooper & Jacob (1946).



7.1.2.2a - Rebaixamento do Poço PVH15 , pelo bombeamento.



7.1.2.2b - Recuperação do Poço PVH15, após o bombeamento.

7.1.2.3 - Valores encontrados para T, K, S no Poço PVH15 – Porto Velho – RO, pelo método de Cooper & Jacob (1946).

Etapas	b (m)	T			K			S
		m <sup>2</sup> /s	m <sup>2</sup> /h	m <sup>2</sup> /dia	m/s	m/h	m/dia	
Rebaixamento	77,14	2,46E-05	0,09	2,13	3,19E-07	1,15E-03	0,028	2,71E-03
Recuperação	77,14	4,20E-06	0,02	0,36	5,44E-08	1,96E-04	0,005	
<b>Média</b>	<b>77,14</b>	<b>1,44E-05</b>	<b>0,05</b>	<b>1,24</b>	<b>1,867E-07</b>	<b>6,72E-04</b>	<b>0,016</b>	<b>2,71E-03</b>

\*b = espessura do aquífero; T = transmissividade; K = condutividade hidráulica; S = coeficiente de armazenamento.

**7.1.2.4** - Cálculo dos parâmetros hidráulicos do Poço PVH15 supondo o aquífero do tipo livre, homogêneo e anisotrópico (modelo de Neuman, 1975).

A comparação entre as capacidades específicas de 24 horas do poço PVH18 (6,909 m<sup>3</sup>/h.m) e do poço PVH15 (0,099 m<sup>3</sup>/h.m) revela que a capacidade deste último é cerca de 70 vezes menor, embora ambos os poços possuam a mesma profundidade (80 m) e estejam no mesmo aquífero, distantes 2 km um do outro. Essa grande diferença de capacidade de produção é interpretada como devida a perdas de carga não lineares do tipo  $CQ^2$  no poço PVH15, pois no poço PVH18 essas perdas são desprezíveis.

Para avaliar os parâmetros hidráulicos do aquífero no poço PVH15 há necessidade de corrigir o rebaixamento do poço das perdas não lineares.

#### **Correção das perdas não lineares no poço PVH15**

O rebaixamento no poço ( $s_p$ ), em função da vazão, consiste de perdas lineares ( $BQ$ ) e perdas não lineares ( $CQ^2$ ) e é dado pela equação:

$$s_p = BQ + CQ^2$$

Uma solução aproximada para avaliar a perda linear (também chamada de perda da formação aquífera) no poço PVH15 pode ser obtida supondo-a igual à do poço PVH18, já que se trata do mesmo aquífero. O coeficiente  $B$  de perda da formação aquífera é dado pela equação:

$$B = \frac{W(u)}{4\pi T}$$

Para o tempo de 24 horas de teste (86400 segundos), o valor da variável  $u$  e da respectiva função  $W(u)$  do poço PVH18 é dado por:

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt} = \frac{10^2 \times 6,95 \times 10^{-5}}{4 \times 2 \times 10^{-4} \times 86400} = 0,000101 \rightarrow W(u) = 8,6232$$

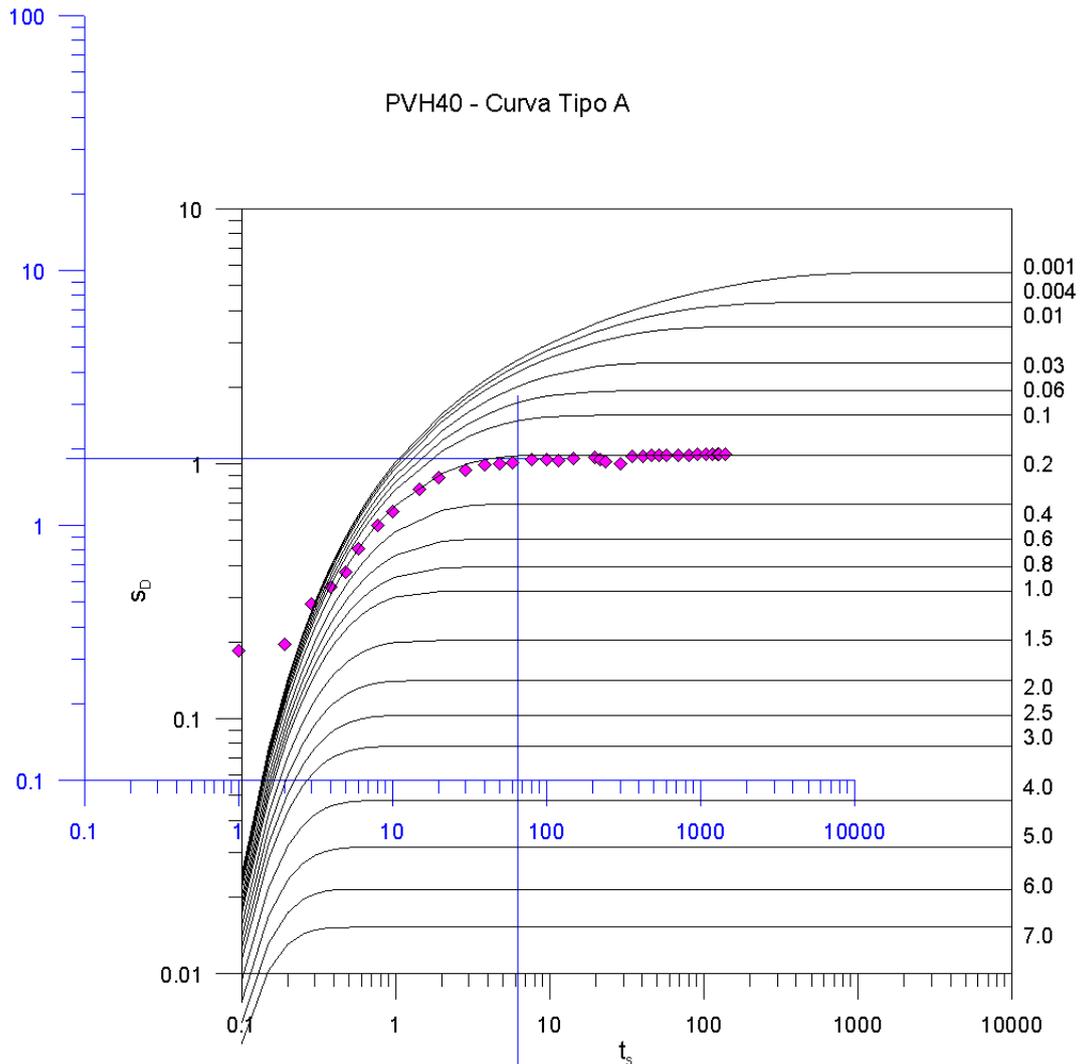
$$B = \frac{8,6232}{4\pi \times 2 \times 10^{-4}} = 3,43 \times 10^3 \left[ \frac{s}{m^2} \right]$$

$$BQ = 3,43 \times 10^3 \times 5,56 \times 10^{-4} = 1,91 \text{ m}$$

O rebaixamento de 24 horas devido à perda da formação foi de 1,91 m, enquanto que o rebaixamento total medido após esse tempo foi de 20,23 m. Foi então usado como fator de correção de perda de carga singular dos rebaixamentos obtidos no teste, a razão (1,91/20,23) igual a 0,0944.

Valores obtidos no ponto de superposição da curva de campo à curva  $\beta = 0,2$  da família de curvas Tipo A (gráfico 7.1.2.3a):

Poço	Trecho Tipo	t min	s (m)	ts	ty	SD	$\beta$
PVH15	A	65	1,8	6,2	-	1,1	0,2



7.1.2.4a – Curva de rebaixamento do Poço PVH18 superposta à curva padrão Tipo A de Neuman para tempo curto

Por hipótese a razão de penetração  $\rho = \frac{h_s}{b} = 1 \rightarrow b = h_s = 20\text{ m}$

$$T = \frac{5,56 \times 10^{-4} \times 1,1}{4\pi \times 1,8} = 2,71 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{s} = 2,34 \text{ m}^2 \text{ dia} \rightarrow K_h = \frac{T}{b} = \frac{2,34}{20} = 0,12 \text{ m / dia}$$

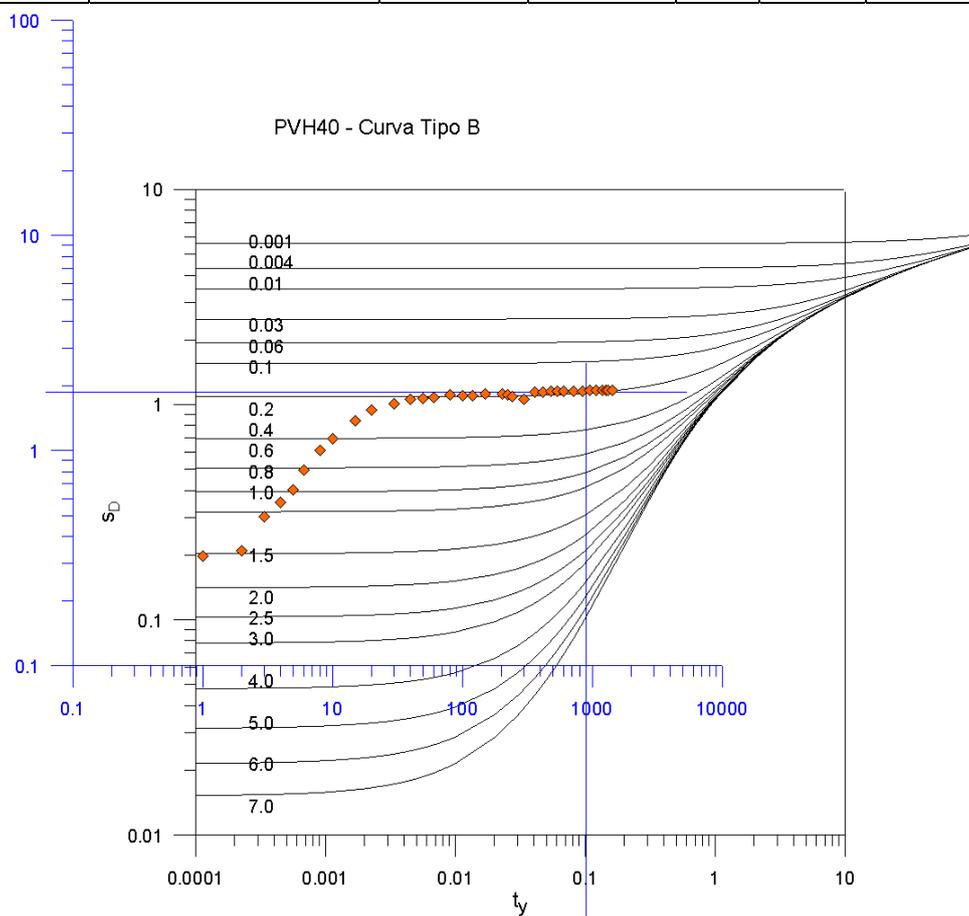
$$S = \frac{Tt}{t_s r^2} = \frac{2,71 \times 10^{-5} \times 65 \times 60}{6,2 \times 10^2} = 1,7 \times 10^{-4}$$

$$\text{Anisotropia: } K_D = \frac{K_v}{K_h} = \beta \left( \frac{b}{r} \right)^2 = 0,2 \times \left( \frac{20}{10} \right)^2 = 0,8$$

$$K_v = 0,12 \times 0,8 = 0,10 \text{ m / dia}$$

Valores obtidos no ponto de superposição da curva de campo à curva  $\beta = 0,2$  da família de curvas Tipo B (gráfico 7.1.2.3b):

Poço	Trecho Tipo	t (min)	s (m)	ts	ty	SD	$\beta$
PVH15	B	900	1,9	-	0,1	1,2	0,2



7.1.2.4b – Curva de rebaixamento do Poço PVH15 superposta à curva padrão Tipo B de Neuman para tempo longo.

$$T = \frac{5,56 \times 10^{-4} \times 1,2}{4\pi \times 1,9} = 2,8 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{s} = 2,4 \text{ m}^2 / \text{dia} \rightarrow K_h = \frac{T}{b} = \frac{2,4}{20} = 0,12 \text{ m/dia}$$

$$S_y = \frac{Tt}{t_y b^2} = \frac{2,8 \times 10^{-5} \times 900 \times 60}{0,1 \times 10^2} = 0,15$$

$$\text{Anisotropia: } K_D = \frac{K_v}{K_h} = \beta \left( \frac{b}{r} \right)^2 = 0,2 \times \left( \frac{20}{10} \right)^2 = 0,8$$

$$K_v = 0,12 \times 0,8 = 0,10 \text{ m/dia}$$

7.1.2.4c - Resultados encontrados no Poço PVH15 supondo o aquífero do tipo livre, anisotrópico com poços totalmente penetrantes e com drenagem retardada.

PARÂMETROS TESTE PVH15	Símbolo	Unidade	Curva Tipo	
			A	B
Vazão	Q	m <sup>3</sup> /dia	48	48
Rebaixamento	s	m	12	23
Tempo do rebaixamento	t	dia	0,05	0,63
Distância do poço bombeado*	r	m	10	10
Rebaixamento adimensional	SD	adim	1,1	1,2
Tempo adimensional antes da drenagem retardada	ts	adim	6,2	-
Tempo adimensional durante drenagem retardada	ty	adim	-	0,1
Fator de drenagem retardada	$\beta$	adim	0,2	0,2
Coefficiente de transmissividade	T	m <sup>2</sup> /dia	2,3	2,4
Coefficiente de armazenamento	S	adim	1,7E-04	-
Porosidade efetiva	Sy	adim	-	0,15
Espessura do aquífero	b	m	20	20
Condutividade hidráulica horizontal	Kh	m/dia	0,12	0,12
Grau de anisotropia do aquífero	KD	adim	1/1,25	1/1,25
Condutividade hidráulica vertical	Kv	m/dia	0,10	0,10

## **7.2 – Dados dos Poços Cadastrados pela ANA-PHA e Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 em Porto Velho**

**7.2.1 – Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho**

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho.

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
1	PVH 051	ANA	Joaquim Alves Dantas	Porto Velho	RO	63° 51' 41,131" W	8° 47' 30,008" S	34	0,2	-	-	-	0,6	-	3	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
2	PVH 015	ANA	Base Aérea de Porto Velho	Porto Velho	RO	63° 54' 29,969" W	8° 45' 21,395" S	50	0,15	-	-	-	1,2	-	6	-	Atendimto comunitário	Cisterna alvenaria
3	PVH 052	ANA	FIMCA	Porto Velho	RO	63° 51' 46,213" W	8° 47' 19,773" S	40	0,15	-	-	-	1,2	-	2	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
4	PVH 091	ANA	Arinete Avelino	Porto Velho	RO	63° 54' 32,494" W	8° 43' 21,638" S	36	0,3	-	-	-	1,4	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
5	PVH 001	ANA	Academia da Mulher	Porto Velho	RO	63° 54' 3,469" W	8° 44' 30,406" S	-	0,09	-	-	-	1,7	-	-	-	Comércio	Cisterna
6	PVH 084	ANA	Edvan Monteiro De Oliveira	Porto Velho	RO	63° 54' 31,679" W	8° 43' 22,942" S	37	0,3	-	-	-	1,8	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
7	PVH 025	ANA	Escola São Sebastião L	Porto Velho	RO	63° 54' 28,566" W	8° 44' 15,500" S	65	0,2	-	-	-	1,8	-	6	-	Atendimento comunitário	Cisterna alvenaria
8	PVH 081	ANA	Maria Ines de Castro	Porto Velho	RO	63° 54' 34,066" W	8° 44' 2,658" S	42	0,3	-	-	-	1,8	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
9	PVH 034	ANA	Tribunal de Justiça	Porto Velho	RO	63° 54' 37,526" W	8° 45' 6,400" S	94	0,05	-	-	-	1,8	-	8	-	Atendimento comunitário	Cisterna alvenaria
10	PVH 037	ANA	Walter Dias Lima	Porto Velho	RO	63° 52' 14,131" W	8° 47' 47,384" S	40	-	-	-	-	1,8	-	2	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
11	PVH 036	ANA	Carlos Ferreira	Porto Velho	RO	63° 52' 46,760" W	8° 48' 27,290" S	36	0,3	-	-	-	2	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
12	PVH 079	ANA	Maria de Fatima	Porto Velho	RO	63° 54' 49,034" W	8° 44' 7,767" S	40	0,2	-	-	-	2,1	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
13	PVH 089	ANA	Dario Jorge de Moraes	Porto Velho	RO	63° 54' 29,580" W	8° 43' 21,189" S	42	0,6	-	-	-	2,2	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
14	PVH 028	ANA	Portal do Madeira	Porto Velho	RO	63° 54' 11,154" W	8° 45' 36,222" S	65	0,2	-	-	-	2,2	-	6	-	Atendimento comunitário	Cisterna alvenaria
15	PVH 059	ANA	Zenilda Maia Tavares	Porto Velho	RO	63° 48' 33,610" W	8° 44' 56,157" S	40	0,1	-	-	-	2,2	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
16	PVH 087	ANA	José Orismar	Porto Velho	RO	63° 54' 29,448" W	8° 43' 20,799" S	42	0,03	-	-	-	2,3	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
17	PVH 085	ANA	Maria Eluiza Silva Dos Nascimento	Porto Velho	RO	63° 54' 30,268" W	8° 43' 21,578" S	45	0,3	-	-	-	2,3	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
18	PVH 042	ANA	Mercado Fortaleza	Porto Velho	RO	63° 53' 2,658" W	8° 47' 28,126" S	42	0,05	-	-	-	2,3	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
19	PVH 026	ANA	Maison Chamonix	Porto Velho	RO	63° 54' 23,203" W	8° 45' 24,732" S	72	0,4	-	-	-	2,4	-	1	-	Abastecimento doméstico	Cisterna alvenaria
20	PVH 080	ANA	José Gomes de Araujo	Porto Velho	RO	63° 54' 47,826" W	8° 44' 9,202" S	42	0,25	-	-	-	2,5	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
21	PVH 082	ANA	Umberto Pereira	Porto Velho	RO	63° 54' 35,245" W	8° 44' 2,981" S	42	0,4	-	-	-	2,7	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
22	PVH 031	ANA	Escola Estudo e Trabalho	Porto Velho	RO	63° 53' 59,616" W	8° 46' 22,939" S	42	0,4	-	-	-	2,8	-	6	-	Atendimento comunitário	Cisterna alvenaria
23	PVH 090	ANA	Francisco Araujo da Costa	Porto Velho	RO	63° 54' 4,223" W	8° 43' 22,682" S	36	0,5	-	-	-	2,8	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa d'água
24	PVH 027	ANA	Porto Madeira	Porto Velho	RO	63° 54' 14,891" W	8° 44' 44,510" S	53	0,07	-	-	-	2,8	-	1	-	Abastecimento doméstico	Taça de aço
25	PVH 054	ANA	Sinvaldo Barbosa	Porto Velho	RO	63° 52' 5,783" W	8° 47' 18,490" S	42	0,7	-	-	-	2,8	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
26	PVH 020	ANA	Abel Victor de Lima	Porto Velho	RO	63° 53' 24,498" W	8° 45' 14,258" S	50	0,03	-	-	-	2,9	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
27	PVH 065	ANA	Celino Costa	Porto Velho	RO	63° 48' 20,212" W	8° 44' 50,455" S	40	0,2	-	-	-	2,9	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
28	PVH 072	ANA	Judite Rocha De Castro	Porto Velho	RO	63° 48' 28,826" W	8° 44' 53,497" S	42	0,1	-	-	-	2,9	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
29	PVH 086	ANA	Nilza Paula da Silva	Porto Velho	RO	63° 54' 29,122" W	8° 43' 21,125" S	42	0,1	-	-	-	3	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
30	PVH 069	ANA	Altair de Amorim	Porto Velho	RO	63° 48' 39,944" W	8° 44' 49,501" S	42	0,3	-	-	-	3,1	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
31	PVH 062	ANA	Edivan dos Santos	Porto Velho	RO	63° 48' 16,231" W	8° 44' 55,868" S	36	0,1	-	-	-	3,1	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
32	PVH 078	ANA	Francisca Derbeli	Porto Velho	RO	63° 54' 48,674" W	8° 44' 8,093" S	40	0,15	-	-	-	3,1	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
33	PVH 077	ANA	Menezes da Silva	Porto Velho	RO	63° 52' 21,453" W	8° 44' 12,803" S	42	0,03	-	-	-	3,1	-	1	-	Abastecimento doméstico	Cisterna alvenaria
34	PVH 044	ANA	Escola Tancredo Neves	Porto Velho	RO	63° 52' 40,188" W	8° 48' 16,496" S	50	0,35	-	-	-	3,2	-	6	-	Atendimento comunitário	Cisterna alvenaria
35	PVH 076	ANA	João Martim Pena	Porto Velho	RO	63° 52' 25,113" W	8° 44' 24,451" S	36	0,05	-	-	-	3,2	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
36	PVH 040	ANA	Lucio Jorge Gusmã	Porto Velho	RO	63° 51' 30,073" W	8° 45' 24,160" S	44	0,1	-	-	-	3,2	-	1	-	Abastecimento doméstico	Cisterna alvenaria
37	PVH 053	ANA	-	Porto Velho	RO	63° 52' 0,510" W	8° 47' 16,875" S	40	0,5	-	-	-	3,2	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
38	PVH 011	ANA	Escola Araujo Lima	Porto Velho	RO	63° 52' 35,473" W	8° 45' 28,503" S	41,5	0,4	-	-	-	3,3	-	6	-	Atendimento comunitário	Caixa de fibra de vidro
39	PVH 014	ANA	Base Aérea de Porto Velho	Porto Velho	RO	63° 54' 31,213" W	8° 45' 21,262" S	50	0,15	-	-	-	3,6	-	1	-	Abastecimento doméstico	Cisterna alvenaria
40	PVH 043	ANA	Deuzedina	Porto Velho	RO	63° 53' 2,959" W	8° 47' 30,469" S	42	0,3	-	-	-	3,6	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
41	PVH 055	ANA	João Alberto Lopes	Porto Velho	RO	63° 51' 14,233" W	8° 45' 24,261" S	40	0,05	-	-	-	3,6	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
42	PVH 083	ANA	Joaquim Rodrigues	Porto Velho	RO	63° 54' 43,105" W	8° 43' 52,283" S	60	0,3	-	-	-	3,6	-	0,5	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
43	PVH 024	ANA	Portico Engenharia	Porto Velho	RO	63° 53' 41,609" W	8° 48' 9,709" S	50	0,5	-	-	-	3,6	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
44	PVH 047	ANA	Tulio De Souza	Porto Velho	RO	63° 50' 49,043" W	8° 46' 12,244" S	40	0,3	-	-	-	3,6	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa d'água
45	PVH 064	ANA	Dhonso	Porto Velho	RO	63° 48' 22,155" W	8° 44' 55,986" S	40	0,15	-	-	-	3,8	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
46	PVH 022	ANA	Escola Bom Jesus	Porto Velho	RO	63° 52' 30,170" W	8° 45' 56,060" S	42	0,2	-	-	-	3,8	-	1	-	Abastecimento doméstico	Cisterna alvenaria
47	PVH 041	ANA	Japura Peneus	Porto Velho	RO	63° 54' 24,770" W	8° 45' 23,036" S	40	0,2	-	-	-	3,8	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
48	PVH 046	ANA	H.B	Porto Velho	RO	63° 51' 31,482" W	8° 48' 1,221" S	40	0,1	-	-	-	4	-	0,5	-	Abastecimento doméstico	Caixa d'água
49	PVH 021	ANA	Herbert De Alencar	Porto Velho	RO	63° 52' 40,266" W	8° 45' 48,808" S	42	0,2	-	-	-	4,1	-	6	-	Atendimento comunitário	Cisterna alvenaria
50	PVH 035	ANA	Mini Motel	Porto Velho	RO	63° 53' 17,306" W	8° 45' 17,726" S	42	0,66	-	-	-	4,1	-	0,5	-	Abastecimento doméstico	Caixa d'água
51	PVH 010	ANA	Escola 4 de Janeiro	Porto Velho	RO	63° 51' 48,891" W	8° 44' 27,203" S	42	0,4	-	-	-	4,2	-	12	-	Atendimento comunitário	Taça de aço
52	PVH 058	ANA	Rosiane Farias Castro	Porto Velho	RO	63° 48' 35,377" W	8° 44' 56,218" S	36	0,2	-	-	-	4,2	-	0,5	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
53	PVH 088	ANA	Terezinha Emidio	Porto Velho	RO	63° 54' 29,678" W	8° 43' 21,059" S	42	0,2	-	-	-	4,2	-	0,5	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
54	PVH 057	ANA	Francisco Domingues Onorato	Porto Velho	RO	63° 48' 35,044" W	8° 44' 53,419" S	42	0,2	-	-	-	4,3	-	0,5	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
55	PVH 056	ANA	Marcolino Barbosa	Porto Velho	RO	63° 49' 39,832" W	8° 45' 17,698" S	30	0,3	-	-	-	4,8	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
56	PVH 008	ANA	Condominio Pinhais II	Porto Velho	RO	63° 54' 17,728" W	8° 43' 59,311" S	72	0,7	-	-	-	4,9	-	-	-	Abastecimento doméstico	Cisterna alvenaria
57	PVH 016	ANA	Ezequiel	Porto Velho	RO	63° 47' 58,698" W	8° 47' 17,735" S	40	0,05	-	-	-	4,9	-	1	-	Abastecimento doméstico	Taça de aço
58	PVH 049	ANA	Adinei Correia	Porto Velho	RO	63° 50' 55,833" W	8° 46' 33,197" S	40	0,5	-	-	-	5	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
59	1100001908	CPRM	-	Porto Velho	RO	64° 30' 42" W	09° 16' 45" S	70	-	368,5	18	49	5	Bombeando	-	-	Abastecimento urbano	
60	PVH 013	ANA	Maria Rodrigues	Porto Velho	RO	63° 52' 28,043" W	8° 45' 42,260" S	36	0,05	-	-	-	5,2	-	2	-	Abastecimento doméstico	Caixa d'água alvenaria
61	PVH 018	ANA	Porto Autos	Porto Velho	RO	63° 52' 45,562" W	8° 46' 27,737" S	50	0,5	-	-	-	5,2	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
62	PVH 012	ANA	Aquareli	Porto Velho	RO	63° 52' 35,571" W	8° 45' 28,502" S	40	1,5	-	-	-	5,5	-	2	-	Abastecimento doméstico	Cisterna alvenaria

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
63	PVH 030	ANA	Tribunal Regional Eleitoral de Rondônia	Porto Velho	RO	63° 54' 15,405" W	8° 46' 15,217" S	42	0,3	-	-	-	5,8	-	6	-	Atendimento comunitário	Cisterna alvenaria
64	PVH 009	ANA	Clube Ipiranga	Porto Velho	RO	63° 51' 49,649" W	8° 44' 1,089" S	60	0,2	-	-	-	6	-	3	-	Abastecimento doméstico	Taça de aço
65	PVH 075	ANA	Maria da Encarnação	Porto Velho	RO	63° 52' 28,945" W	8° 44' 26,005" S	42	0,05	-	-	-	6	-	0,5	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
66	PVH 005	ANA	Governo Federal	Porto Velho	RO	63° 54' 22,370" W	8° 41' 14,357" S	50	0,1	-	-	-	6,2	-	2	-	Abastecimento doméstico	
67	PVH 074	ANA	Pna Publicidade	Porto Velho	RO	63° 53' 49,117" W	8° 45' 17,586" S	42	0,05	-	-	-	6,2	-	0,5	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
68	PVH 002	ANA	M. Martins	Porto Velho	RO	63° 53' 50,726" W	8° 44' 25,357" S	50	0,3	-	-	-	6,3	-	2	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
69	PVH 007	ANA	Condominio Pinhais I	Porto Velho	RO	63° 52' 0,847" W	8° 44' 3,473" S	55	0,8	-	-	-	6,6	-	1,5	-	Abastecimento doméstico	Cisterna alvenaria
70	PVH 097	ANA	Tsc Engenharia	Porto Velho	RO	63° 51' 57,313" W	8° 46' 11,178" S	43	0,3	-	-	-	6,6	-	0,5	-	Abastecimento doméstico	Taça de aço
71	PVH 045	ANA	Aluizio	Porto Velho	RO	63° 51' 43,984" W	8° 48' 28,868" S	36	0,3	-	-	-	8	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa d'água
72	PVH 048	ANA	Rt Quatro	Porto Velho	RO	63° 52' 36,962" W	8° 46' 17,338" S	43	0,12	-	-	-	8	-	1	-	Abastecimento doméstico	Taça de aço
73	PVH 023	ANA	Hotel Plaza	Porto Velho	RO	63° 53' 4,179" W	8° 45' 43,739" S	50	0,4	-	-	-	9	-	6	-	Atendimento comunitário	Caixa d'água de concreto
74	PVH 033	ANA	Residence Service	Porto Velho	RO	63° 53' 25,448" W	8° 45' 42,321" S	82	0,6	-	-	-	9	-	1	-	Abastecimento doméstico	Cisterna alvenaria
75	PVH 004	ANA	Base Aérea de Porto Velho	Porto Velho	RO	63° 53' 22,900" W	8° 43' 54,036" S	50	0,15	-	-	-	10	-	12	-	Atendimento comunitário	Caixa d'água alvenaria
76	PVH 073	ANA	Seicho - No - Ye	Porto Velho	RO	63° 53' 48,261" W	8° 45' 15,374" S	36	0,1	-	-	-	10	-	0,5	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
77	PVH 003	ANA	Base Aérea de Porto Velho	Porto Velho	RO	63° 54' 25,501" W	8° 43' 53,042" S	50	0,25	-	-	-	10,2	-	-	-	Atendimento comunitário	Caixa d'água alvenaria
78	PVH 093	ANA	Henrique Tasso	Porto Velho	RO	63° 53' 32,988" W	8° 45' 47,383" S	42	0,44	-	-	-	10,2	-	0,5	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
79	PVH 038	ANA	Porto Madeira Shopping	Porto Velho	RO	63° 51' 11,492" W	8° 47' 7,870" S	94	0,3	-	-	-	12	-	2	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
80	PVH 019	ANA	COWAN TRIUNFO	Porto Velho	RO	63° 52' 39,688" W	8° 46' 21,238" S	60	0,5	-	-	-	18	-	0,5	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
81	PVH 063	ANA	Anacleto Santana	Porto Velho	RO	63° 48' 8,335" W	8° 45' 7,346" S	47	0,2	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	Caixa d'água
82	PVH 029	ANA	Escola Duque De Caxias	Porto Velho	RO	63° 54' 34,653" W	8° 45' 49,580" S	40	0,1	-	-	-	-	-	-	-	Atendimento comunitário	Cisterna alvenaria

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
83	PVH 060	ANA	Geova Lopes	Porto Velho	RO	63° 48' 21,986" W	8° 44' 38,404" S	40	0,2	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
84	PVH 068	ANA	Gilberto Mendes	Porto Velho	RO	63° 48' 40,709" W	8° 44' 55,100" S	42	0,2	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	Não possui
85	PVH 039	ANA	João Alberto Dias Lima	Porto Velho	RO	63° 51' 25,812" W	8° 45' 21,369" S	50	0,5	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	Não possui
86	PVH 067	ANA	Luiz Carlos de Souza	Porto Velho	RO	63° 48' 31,502" W	8° 44' 50,105" S	42	0,2	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	Não possui
87	PVH 061	ANA	Luiz Dionizio De Souza	Porto Velho	RO	63° 48' 12,866" W	8° 44' 28,265" S	42	0,2	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	Não possui
88	PVH 094	ANA	Marlo Abrão	Porto Velho	RO	63° 53' 38,619" W	8° 45' 48,020" S	52	0,4	-	-	-	-	-	-	-	Comércio	Caixa de fibra de vidro
89	PVH 099	ANA	Marlo Abrão	Porto Velho	RO	63° 53' 38,619" W	8° 45' 48,020" S	52	0,4	-	-	-	-	-	1	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
90	PVH 066	ANA	Sebastião Pereira de Oliveira	Porto Velho	RO	63° 48' 25,999" W	8° 44' 32,795" S	42	0,05	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	Não possui
91	PVH 071	ANA	Zelmar Barbosa	Porto Velho	RO	63° 48' 48,877" W	8° 44' 48,505" S	40	0,05	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	Não possui
92	PVH 070	ANA	Aselmo Alves da Silva	Porto Velho	RO	63° 48' 55,595" W	8° 44' 37,551" S	42	0,1	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	Não possui
93	PVH 050	ANA	Escola Jhon Kennedy	Porto Velho	RO	63° 53' 38,106" W	8° 45' 25,296" S	42	0,05	-	-	-	-	-	-	-	Atendimento comunitário	Não possui
94	PVH 100	ANA	-	Porto Velho	RO	63° 53' 11,391" W	8° 47' 25,631" S	40	0,88	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	Taça de aço
95	PVH 032	ANA	Escola Manaus	Porto Velho	RO	63° 53' 22,612" W	8° 46' 28,366" S	60	0,2	-	-	-	-	-	-	-	Atendimento comunitário	Não possui
96	PVH 006	ANA	João Alberto Dias Lima	Porto Velho	RO	63° 53' 52,144" W	8° 45' 10,676" S	40	-	-	-	-	-	-	2	-	Abastecimento doméstico	Não possui
97	PVH 095	ANA	Robiel Barros	Porto Velho	RO	63° 53' 24,350" W	8° 44' 28,340" S	40	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	Caixa d'água alvenaria
98	PVH 096	ANA	Samuel Bemergui	Porto Velho	RO	63° 53' 33,942" W	8° 45' 8,505" S	40	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	Caixa d'água alvenaria
99	110000289	CPRM	17 Brig. Infantaria de Selva	Porto Velho	RO	63° 53' 48" W	08° 46' 26" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
100	110000287	CPRM	5 Batalhao da Policia Militar	Porto Velho	RO	63° 51' 56" W	08° 46' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
101	110000442	CPRM	Academia Mahatma	Porto Velho	RO	63° 54' 11" W	08° 45' 45" S	60	-	-	-	-	-	-	-	-	Outros (lazer, etc.)	-
102	110000316	CPRM	Agencia dos Correios	Porto Velho	RO	63° 54' 04" W	08° 44' 28" S	45	-	-	-	-	-	-	-	Bomba injetora	Abastecimento doméstico	-

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
103	1100000433	CPRM	Alfredo Maia	Porto Velho	RO	63° 45' 53" W	08° 48' 06" S	35	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
104	1100000466	CPRM	Antonino Freitas	Porto Velho	RO	63° 54' 34" W	08° 44' 44" S	38	-	101,6	12	24	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
105	1100000500	CPRM	Antonio Ribeiro	Porto Velho	RO	63° 53' 51" W	08° 45' 51" S	42	-	101,6	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
106	1100001248	CPRM	Aroldo Franco - ME	Porto Velho	RO	63° 52' 29" W	08° 45' 01" S	80	-	-	10	28	10	Bombeando	-	-		-
107	1100000355	CPRM	Arquidiocese de Porto Velho	Porto Velho	RO	63° 54' 24" W	08° 46' 23" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
108	1100000173	CPRM	Associação de Emp. da CERON	Porto Velho	RO	63° 52' 43" W	08° 44' 25" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Bomba manual	Abastecimento doméstico	-
109	1100000356	CPRM	Associação Deseret	Porto Velho	RO	63° 54' 20" W	08° 47' 48" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
110	1100000279	CPRM	Associação Serv. Minist. Fazenda	Porto Velho	RO	63° 53' 18" W	08° 47' 25" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Bomba submersa	Outros (lazer, etc.)	-
111	1100000489	CPRM	Bar e Restaurante Good'S	Porto Velho	RO	63° 54' 00" W	08° 45' 00" S	42	-	101,6	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento múltiplo	-
112	1100000276	CPRM	Bom Sabor	Porto Velho	RO	64° 10' 42" W	08° 47' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento industrial	-
113	1100000218	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 53' 05" W	08° 47' 10" S	42	-	203,2	13,88	36	1,6	Equipado	-	Sarilho	Abastecimento urbano	-
114	1100000219	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 51' 03" W	08° 44' 12" S	42	-	203,2	12,37	35,9	2,74	Equipado	-	Bomba manual	Abastecimento urbano	-
115	1100000220	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 53' 15" W	08° 47' 15" S	40	-	203,2	9,1	28,22	11,31	Equipado	-	Sarilho	Abastecimento urbano	-

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
116	1100000221	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 53' 09" W	08° 49' 10" S	50	-	203,2	10,63	26,28	25,55	Equipado	-	Sarilho	Abastecimento urbano	-
117	1100000222	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 54' 12" W	08° 47' 23" S	40	-	203,2	9,85	32,69	16,66	Equipado	-	Sarilho	Abastecimento urbano	-
118	1100000223	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 50' 12" W	08° 45' 41" S	45	-	-	3	9	-	-	-	Bomba submersa	Abastecimento urbano	-
119	1100000224	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 50' 17" W	08° 45' 53" S	46	-	-	9	13	-	-	-	Bomba submersa	Abastecimento urbano	-
120	1100000225	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 50' 17" W	08° 45' 53" S	45	-	-	9	14	-	-	-	Bomba submersa	Abastecimento urbano	-
121	1100000226	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 54' 27" W	08° 45' 01" S	56	-	-	8,7	12,7	-	-	-	Bomba submersa	Abastecimento urbano	-
122	1100000227	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 51' 23" W	08° 44' 07" S	45	-	-	8,1	11,3	-	-	-	Bomba submersa	Abastecimento urbano	-
123	1100000228	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 51' 24" W	08° 44' 53" S	62	-	-	2,8	15,2	-	-	-	Sarilho	Abastecimento urbano	-

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
124	1100000229	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 48' 08" W	08° 47' 04" S	52	-	-	10,4	17,4	-	-	-	Sarilho	Abastecimento urbano	-
125	1100000230	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 52' 28" W	08° 47' 19" S	24	-	-	3,2	6,2	-	-	-	Bomba submersa	Abastecimento urbano	-
126	1100000231	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 51' 32" W	08° 44' 08" S	60	-	-	9,4	14	-	-	-	Sarilho	Abastecimento urbano	-
127	1100000281	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 54' 10" W	08° 48' 12" S	-	-	-	-	-	-	Abandonado	-	Bomba submersa	Abastecimento urbano	-
128	1100000282	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 54' 03" W	08° 48' 16" S	-	-	-	-	-	-	Abandonado	-	Bomba submersa	Abastecimento urbano	-
129	1100000396	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 46' 51" W	08° 49' 25" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento urbano	-
130	1100000397	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 46' 54" W	08° 49' 28" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento urbano	-
131	1100000398	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 46' 58" W	08° 49' 30" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento urbano	-

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
132	1100000399	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 46' 54" W	08° 49' 34" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento urbano	-
133	1100000400	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 46' 48" W	08° 49' 26" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento urbano	-
134	1100000404	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 51' 52" W	08° 46' 09" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento urbano	-
135	1100000452	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	66° 21' 28" W	09° 46' 21" S	132	-	-	-	-	-	Abandonado	-	-	Abastecimento urbano	-
136	1100000472	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 45' 00" W	08° 45' 00" S	66	-	203,2	9,03	16,99	25,74	-	-	-	Abastecimento urbano	-
137	1100000473	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 54' 00" W	08° 46' 00" S	60	-	203,2	11,9	21,3	15	Equipado	-	-	Abastecimento urbano	-
138	1100000474	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 53' 00" W	08° 46' 00" S	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
139	1100000475	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 53' 00" W	08° 46' 00" S	92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
140	1100000476	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 54' 00" W	08° 45' 00" S	72	-	203,2	13,55	15,23	31,3	Equipado	-	-	Abastecimento urbano	-
141	1100000477	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 54' 00" W	08° 44' 00" S	60	-	203,2	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento urbano	-
142	1100000478	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 54' 00" W	08° 44' 00" S	60	-	152,4	7,88	10,94	-	Equipado	-	-	Abastecimento urbano	-
143	1100000479	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 54' 00" W	08° 45' 00" S	60	-	203,2	5,5	7,48	-	Equipado	-	-	Abastecimento urbano	-
144	1100000480	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 54' 00" W	08° 45' 00" S	60	-	203,2	8,92	9,66	25,71	Equipado	-	-	Abastecimento urbano	-
145	1100000481	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 54' 00" W	08° 45' 00" S	60	-	203,2	6,38	18,43	-	Equipado	-	-	Abastecimento urbano	-
146	1100000482	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 54' 00" W	08° 45' 00" S	60	-	203,2	11,93	19,76	20	Equipado	-	-	Abastecimento urbano	-
147	1100000483	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 54' 00" W	08° 45' 00" S	56	-	203,2	7,7	10,56	24	Equipado	-	-	Abastecimento urbano	-
148	1100000484	CPRM	CAERD - Companhia de Águas e Esgotos de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 54' 00" W	08° 45' 00" S	60	-	203,2	7,76	10,48	20,43	Equipado	-	-	Abastecimento urbano	-

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
149	1100000295	CPRM	Casa das Juntas	Porto Velho	RO	63° 54' 28" W	08° 46' 17" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento industrial	-
150	1100000288	CPRM	Centro Comunitario J. Eldorado	Porto Velho	RO	63° 53' 20" W	08° 47' 10" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
151	1100000465	CPRM	Centro Industrial Peq. Empresa	Porto Velho	RO	63° 53' 20" W	08° 45' 35" S	52	-	152,4	-	-	60	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
152	1100000403	CPRM	Cezar Pizano	Porto Velho	RO	63° 52' 22" W	08° 45' 37" S	40	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
153	1100000353	CPRM	Clinica Dr. Enoque	Porto Velho	RO	63° 54' 10" W	08° 45' 35" S	48	-	-	-	-	-	-	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	-
154	1100000283	CPRM	Colegio Dom Bosco	Porto Velho	RO	63° 53' 55" W	08° 46' 03" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
155	1100000430	CPRM	Colegio Dom Bosco	Porto Velho	RO	63° 53' 54" W	08° 45' 55" S	74	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
156	1100000329	CPRM	Colegio Padrao	Porto Velho	RO	63° 54' 47" W	08° 48' 39" S	40	-	-	-	-	-	-	-	Bomba submersa	Outros (lazer, etc.)	-
157	1100000361	CPRM	Colegio Pitagoras	Porto Velho	RO	63° 54' 03" W	08° 45' 03" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
158	1100000172	CPRM	Colegio Tiradentes	Porto Velho	RO	63° 53' 40" W	08° 44' 17" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
159	1100000432	CPRM	Com.Prod. Agrop. Mana Fruti	Porto Velho	RO	63° 53' 57" W	08° 47' 10" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento industrial	-
160	1100000357	CPRM	Comercial de Produtos Agropecuarios	Porto Velho	RO	63° 53' 44" W	08° 47' 15" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento industrial	-
161	1100000292	CPRM	Condominio Edificio Fenix	Porto Velho	RO	63° 54' 27" W	08° 45' 16" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
162	1100000492	CPRM	Condominio Sao Raphael	Porto Velho	RO	63° 54' 10" W	08° 44' 30" S	42	-	203,2	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
163	1100000358	CPRM	Condominio Solar	Porto Velho	RO	63° 50' 32" W	08° 46' 31" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
164	1100000446	CPRM	Conjunto Habit. Floresta li Etapa	Porto Velho	RO	63° 54' 45" W	08° 45' 54" S	50	-	-	3,4	29,3	3,2	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
165	1100000450	CPRM	Conjunto Residencial Mamore	Porto Velho	RO	63° 53' 32" W	08° 42' 32" S	45	-	-	11,5	25	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
166	1100000495	CPRM	Construtiva	Porto Velho	RO	63° 50' 00" W	08° 48' 00" S	42	-	101,6	-	-	-	Equipado	-	-	Outros (lazer, etc.)	-
167	1100000363	CPRM	Cupu. Com. Ind. de Rondonia	Porto Velho	RO	63° 51' 47" W	08° 47' 13" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento industrial	-
168	1100000290	CPRM	Delegacia Fed. de Agricultura	Porto Velho	RO	63° 50' 23" W	08° 47' 53" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Compressor	Abastecimento doméstico	-

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
169	1100000293	CPRM	Distrito de Nova Califórnia	Porto Velho	RO	66° 36' 54" W	09° 45' 41" S	100	-	-	-	-	-	Seco	-	Bomba submersa	Sem uso	-
170	1100000424	CPRM	Dr. Nava	Porto Velho	RO	63° 53' 25" W	08° 45' 45" S	47	-	101,6	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
171	1100000429	CPRM	Edifício Ana Castro	Porto Velho	RO	63° 54' 35" W	08° 44' 52" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
172	1100000373	CPRM	Edifício Bela Itália	Porto Velho	RO	63° 51' 12" W	08° 48' 34" S	42	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
173	1100000374	CPRM	Edifício Bela Itália	Porto Velho	RO	63° 54' 38" W	08° 44' 36" S	42	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
174	1100000471	CPRM	Edifício Porto Ferrara	Porto Velho	RO	63° 55' 00" W	08° 45' 00" S	60	-	152,4	8	28	5	Equipado	-	-	Abastecimento múltiplo	-
175	1100000437	CPRM	Edilson da Costa Silva	Porto Velho	RO	63° 53' 54" W	08° 45' 24" S	54	-	-	-	-	6	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
176	1100000286	CPRM	Educandário. Evangelico Paul Aenis	Porto Velho	RO	63° 47' 18" W	08° 48' 17" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Sarilho	Abastecimento doméstico	-
177	1100000207	CPRM	EGO-Empresa Geral de Obras	Porto Velho	RO	63° 52' 49" W	08° 44' 13" S	50	-	-	-	-	1,2	-	-	Compressor	-	-
178	1100000368	CPRM	Elena M. Brondani	Porto Velho	RO	63° 53' 56" W	08° 45' 57" S	40	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
179	1100000459	CPRM	Emilia Rodrigues	Porto Velho	RO	63° 54' 45" W	08° 44' 51" S	42	-	100	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
180	1100000360	CPRM	Empresa Aguas Kaiary	Porto Velho	RO	63° 52' 18" W	08° 46' 34" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Outros (lazer, etc.)	-
181	1100000362	CPRM	Empresa Aguas Kaiary	Porto Velho	RO	63° 52' 18" W	08° 46' 33" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Outros (lazer, etc.)	-
182	1100000273	CPRM	Escola Cora Coralina	Porto Velho	RO	64° 24' 19" W	09° 15' 12" S	25	-	-	-	-	-	-	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
183	1100000274	CPRM	Escola Gov. Joaquim V. Rondon	Porto Velho	RO	64° 20' 13" W	09° 14' 07" S	28	-	-	-	-	-	-	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
184	1100000278	CPRM	Escola Maria Carmozina Pinheiro	Porto Velho	RO	63° 52' 10" W	08° 46' 17" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Sarilho	Abastecimento doméstico	-
185	1100000463	CPRM	Ezequiel Fernandes Nunes	Porto Velho	RO	63° 54' 00" W	08° 45' 30" S	42	-	101,6	18	20	6	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
186	1100000372	CPRM	Francisco Assis P.	Porto Velho	RO	63° 54' 29" W	08° 45' 27" S	40	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
187	1100000370	CPRM	Francisco de Assis	Porto Velho	RO	63° 54' 22" W	08° 46' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
188	1100000375	CPRM	Frank Osmano Alves	Porto Velho	RO	63° 53' 31" W	08° 42' 25" S	40	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
189	PVH 017	ANA	FUNASA - Fundação Nacional de Saúde	Porto Velho	RO	63° 47' 6,967" W	8° 46' 54,531" S	42	0,4	-	-	-	-	-	-	-	Atendimento comunitário	Caixa d'água de ferro
190	1100000216	CPRM	Fundação Boas Novas	Porto Velho	RO	63° 28' 48" W	08° 24' 53" S	51	-	-	4	8	-	-	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento urbano	-
191	1100000467	CPRM	Fundação Bradesco	Porto Velho	RO	66° 21' 19" W	09° 46' 24" S	150	-	-	-	-	-	Fechado	-	-	-	-
192	1100000369	CPRM	Geralda de Carvalho	Porto Velho	RO	63° 54' 23" W	08° 43' 21" S	42	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
193	1100000215	CPRM	Governo do Estado de Rondônia	Porto Velho	RO	63° 29' 43" W	08° 28' 35" S	52	-	-	6	14	-	-	-	Sarilho	Abastecimento urbano	-
194	1100000328	CPRM	Helio Ribeiro Lara	Porto Velho	RO	63° 52' 04" W	08° 45' 36" S	48	-	-	-	-	-	-	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
195	1100000493	CPRM	Indústria de Bebidas e Refrigerante	Porto Velho	RO	63° 51' 00" W	08° 45' 35" S	58	-	152,4	-	-	-	-	-	-	Abastecimento industrial	-
196	1100000284	CPRM	Indústria de Polpas Cleopatra	Porto Velho	RO	63° 52' 39" W	08° 47' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento industrial	-
197	1100000291	CPRM	Indústria e Com. Moreira & Moreira Ltda	Porto Velho	RO	63° 53' 52" W	08° 44' 12" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Bomba submersa	Abastecimento industrial	-
198	1100000407	CPRM	INFRAERO	Porto Velho	RO	63° 53' 40" W	08° 43' 50" S	29	-	152,4	6,74	10,43	8	-	-	-	Outros (lazer, etc.)	-
199	1100000364	CPRM	Itarselusa Petroleo	Porto Velho	RO	63° 53' 11" W	08° 47' 29" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Outros (lazer, etc.)	-
200	1100000367	CPRM	José Roberto da Silva	Porto Velho	RO	63° 53' 33" W	08° 44' 44" S	40	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
201	1100000436	CPRM	José Rocha de Albuquerque	Porto Velho	RO	63° 54' 21" W	08° 45' 55" S	40	-	-	8	12	4,5	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
202	PVH 098	ANA	Lucio Moreira	Porto Velho	RO	63° 53' 42,822" W	8° 47' 29,399" S	42	0,15	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	Caixa de fibra de vidro
203	1100000371	CPRM	Luiz Volpi	Porto Velho	RO	63° 53' 28" W	08° 43' 52" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
204	1100000462	CPRM	Marcelo Freitas	Porto Velho	RO	63° 53' 46" W	08° 44' 32" S	48	-	101,6	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
205	1100000501	CPRM	Metropolis	Porto Velho	RO	63° 54' 00" W	08° 46' 00" S	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
206	1100000401	CPRM	Nely Granjeiro	Porto Velho	RO	63° 52' 30" W	08° 44' 07" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
207	1100000376	CPRM	Nilton Silveira	Porto Velho	RO	63° 54' 15" W	08° 44' 47" S	42	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
208	1100000435	CPRM	Ordem Advogados do Brasil	Porto Velho	RO	63° 54' 26" W	08° 44' 56" S	42	-	-	6	7	3,5	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
209	1100000494	CPRM	Oswaldo Pianna	Porto Velho	RO	63° 51' 40" W	08° 48' 20" S	46	-	101,6	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
210	1100000445	CPRM	Parque dos Piquias	Porto Velho	RO	63° 54' 25" W	08° 44' 46" S	33,5	-	-	-	-	4	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
211	1100000485	CPRM	Paulo Roberto Morais	Porto Velho	RO	63° 54' 00" W	08° 45' 00" S	42	-	101,6	12	20	5	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
212	1100000491	CPRM	Pedro Feliciano da Silva	Porto Velho	RO	63° 50' 00" W	08° 45' 00" S	42	-	101,6	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
213	1100000499	CPRM	Pedro Feliciano da Silva	Porto Velho	RO	63° 54' 00" W	08° 45' 57" S	76	-	101,6	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
214	1100000502	CPRM	Pedro Feliciano da Silva	Porto Velho	RO	63° 54' 00" W	08° 45' 00" S	42	-	101,6	-	-	-	Equipado	-	-	Abastecimento doméstico	-
215	1100000354	CPRM	Pia Soc. Filhas de Sao Paulo	Porto Velho	RO	63° 53' 26" W	08° 44' 45" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	-
216	1100000438	CPRM	Plinio de Almeida	Porto Velho	RO	63° 54' 25" W	08° 45' 21" S	33	-	-	9,5	11	2,5	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
217	1100000496	CPRM	Portobras/Soph	Porto Velho	RO	63° 54' 55" W	08° 44' 38" S	50	-	152,4	21	40	1,85	Equipado	-	-	Abastecimento industrial	-
218	1100000423	CPRM	Prefeitura Municipal de Porto Velho	Porto Velho	RO	65° 15' 14" W	09° 45' 45" S	28	-	101,6	8	22	-	-	-	-	Abastecimento doméstico/irrig,	-
219	1100000451	CPRM	Reca	Porto Velho	RO	66° 36' 30" W	09° 45' 25" S	150	-	152,4	-	-	-	-	-	-	Abastecimento industrial	-
220	1100000359	CPRM	Residencial Porto	Porto Velho	RO	63° 54' 53" W	08° 46' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
221	1100000296	CPRM	S. E. Com. Irmaos Goncalves	Porto Velho	RO	63° 54' 10" W	08° 46' 26" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Bomba submersa	Abastecimento industrial	-
222	1100000422	CPRM	S.B.S. Empreendimentos Ltda.	Porto Velho	RO	63° 53' 33" W	08° 45' 40" S	61	-	152,4	9,5	22	9	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
223	1100000488	CPRM	Schahim Eng e Comercio Ltda	Porto Velho	RO	63° 52' 00" W	08° 40' 00" S	91	-	152,4	11,08	52,82	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
224	1100000487	CPRM	Schaim Eng. e Comercio Ltda	Porto Velho	RO	63° 52' 00" W	08° 40' 00" S	87,14	-	152,4	11,3	16,07	-	-	-	-	Abastecimento múltiplo	-
225	1100000275	CPRM	Serviço Social do Comércio	Porto Velho	RO	63° 54' 36" W	08° 45' 06" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Bomba submersa	Outros (lazer, etc.)	-
226	1100000426	CPRM	SEST - SENAT	Porto Velho	RO	63° 53' 27" W	08° 48' 18" S	45	-	-	-	-	-	-	-	-	Outros (lazer, etc.)	-

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
227	1100000434	CPRM	SEST - SENAT	Porto Velho	RO	63° 52' 29" W	08° 46' 44" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Outros (lazer, etc.)	-
228	1100000448	CPRM	Simão Salim	Porto Velho	RO	63° 23' 35" W	08° 23' 35" S	41	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
229	1100000427	CPRM	Sindicato dos Delegados (Civil)	Porto Velho	RO	63° 52' 13" W	08° 45' 26" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Outros (lazer, etc.)	-
230	1100000277	CPRM	Sorvetes Pinguim	Porto Velho	RO	63° 53' 35" W	08° 46' 30" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Sarilho	Abastecimento industrial	-
231	1100000431	CPRM	Supermercado Trento	Porto Velho	RO	63° 54' 38" W	08° 44' 36" S	48	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
232	1100000177	CPRM	Takeda	Porto Velho	RO	63° 54' 08" W	08° 45' 15" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Sarilho	Abastecimento industrial	-
233	1100000352	CPRM	Tenis Clube de Porto Velho	Porto Velho	RO	63° 48' 27" W	08° 48' 41" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Bomba submersa	Outros (lazer, etc.)	-
234	PVH 092	ANA	Tiago Beltrão	Porto Velho	RO	63° 53' 51,825" W	8° 45' 41,542" S	40	0,14	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	Taça de aço
235	1100000460	CPRM	Tribunal de Justiça de Rondônia	Porto Velho	RO	63° 54' 13" W	08° 46' 38" S	56	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-
236	1100000461	CPRM	Tribunal de Justiça de Rondônia	Porto Velho	RO	63° 54' 13" W	08° 46' 38" S	52	-	150	-	-	2,5	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
237	1100000170	CPRM	Tribunal. Reg. do Trab. 14 Região	Porto Velho	RO	63° 52' 42" W	08° 44' 27" S	52	-	152,4	-	-	-	-	-	Sarilho	Abastecimento doméstico	-
238	1100000171	CPRM	Usina da Ceron	Porto Velho	RO	63° 52' 46" W	08° 44' 28" S	60	-	152,4	11	30	5	Fechado	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento industrial	-
239	1100000174	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 22" W	08° 46' 36" S	50	-	-	-	-	-	-	-	Sarilho	Abastecimento doméstico	-
240	1100000181	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 39" W	08° 46' 11" S	42	-	-	-	-	-	-	-	Bomba submersa	-	-
241	1100000206	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 28" W	08° 46' 15" S	40	-	-	-	-	7	Equipado	-	Bomba injetora	Abastecimento doméstico	-
242	1100000208	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 37" W	08° 44' 05" S	42	-	-	4,2	14	-	-	-	Bomba submersa	-	-
243	1100000209	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 55" W	08° 47' 51" S	38	-	-	9	9,8	6	Equipado	-	Sarilho	Abastecimento doméstico	-
244	1100000210	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 43" W	08° 47' 48" S	48	-	-	-	-	8	-	-	Sarilho	Abastecimento urbano	-
245	1100000211	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 59" W	08° 48' 39" S	15	-	-	-	-	-	-	-	Bomba submersa	-	-
246	1100000212	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 28" W	08° 44' 14" S	54	-	-	11,8	23	26	-	-	Sarilho	Abastecimento urbano	-

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
247	1100000213	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 28" W	08° 44' 14" S	50	-	-	10	35	6	-	-	Sarilho	Abastecimento urbano	-
248	1100000214	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 52" W	08° 44' 45" S	45	-	-	7	16	2,9	Equipado	-	Bomba injetora	Abastecimento urbano	-
249	1100000312	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 12" W	08° 45' 40" S	42	-	-	-	-	-	-	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
250	1100000317	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 17" W	08° 45' 37" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Bomba injetora	-	-
251	1100000318	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 16" W	08° 45' 43" S	42	-	101,6	-	-	-	-	-	Bomba injetora	Abastecimento múltiplo	-
252	1100000405	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 56" W	08° 46' 17" S	-	-	-	-	-	-	Abandonado	-	-	Abastecimento urbano	-
253	1100000428	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 31" W	08° 44' 49" S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
254	1100000444	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 54' 25" W	08° 44' 55" S	42	-	-	-	-	5,3	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
255	1100000449	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 55" W	08° 45' 35" S	66	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento doméstico	-
256	1100001368	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 54' 15" W	08° 44' 45" S	90	-	152,4	25	45	8	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
257	1100001369	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 24" W	08° 44' 53" S	65	-	152,4	6	36	4	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
258	1100001370	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 25" W	08° 44' 48" S	76	-	152,4	-	-	-	-	-	-	Abastecimento múltiplo	-
259	1100001373	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 56' 21" W	08° 48' 37" S	91	-	152,4	17	64	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
260	1100001375	CPRM	-	Porto Velho	RO	64° 37' 09" W	09° 14' 39" S	78	-	152,4	12	41	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
261	1100001376	CPRM	-	Porto Velho	RO	64° 37' 47" W	09° 17' 14" S	50	-	152,4	21	35	-	Bombeando	-	-	-	-
262	1100001377	CPRM	-	Porto Velho	RO	64° 38' 29" W	09° 16' 52" S	73	-	152,4	12	63	-	Bombeando	-	-	-	-
263	1100001378	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 55' 52" W	08° 46' 20" S	78	-	152,4	18	45	-	Bombeando	-	-	-	-
264	1100001379	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 55' 34" W	08° 46' 26" S	85	-	152,4	22	65	-	Bombeando	-	-	-	-
265	1100001380	CPRM	-	Porto Velho	RO	64° 33' 26" W	09° 17' 34" S	82	-	152,4	10	40	-	Bombeando	-	-	-	-
266	1100001381	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 55' 35" W	08° 46' 26" S	90	-	152,4	10	60	-	Bombeando	-	-	-	-
267	1100001382	CPRM	-	Porto Velho	RO	64° 33' 15" W	09° 17' 29" S	65	-	152,4	8	40	-	Bombeando	-	-	-	-
268	1100001389	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 49' 58" W	08° 44' 39" S	56	-	152,4	24	35	15	-	-	-	-	-
269	1100001390	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 50" W	08° 45' 23" S	91	-	101,6	24	30	11,44	-	-	-	-	-
270	1100001391	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 54' 01" W	08° 48' 37" S	103	-	152,4	14	22	8,5	-	-	-	-	-
271	1100001392	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 47" W	08° 48' 20" S	64	-	152,4	23	31	3,28	-	-	-	-	-
272	1100001393	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 47" W	08° 48' 01" S	135	-	152,4	14	40	0,6	-	-	-	-	-
273	1100001394	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 47" W	08° 47' 58" S	114,5	-	152,4	35	45	10,8	-	-	-	-	-
274	1100001395	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 50' 22" W	08° 45' 12" S	48	-	203,2	12	14	55	Bombeando	-	-	-	-
275	1100001396	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 50' 21" W	08° 45' 13" S	50	-	203,2	12	14	56	Bombeando	-	-	-	-
276	1100001397	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 50' 21" W	08° 45' 14" S	50	-	203,2	12	14	54	-	-	-	-	-
277	1100001398	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 50' 20" W	08° 45' 15" S	50	-	203,2	12,5	15	53,5	Bombeando	-	-	-	-

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
278	1100001399	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 50' 20" W	08° 45' 16" S	49	-	203,2	12	15	52	Bombeando	-	-	-	-
279	1100001400	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 50' 16" W	08° 45' 16" S	48	-	203,2	12	16	35	-	-	-	-	-
280	1100001401	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 50' 16" W	08° 45' 13" S	48	-	203,2	12	15	37	Bombeando	-	-	-	-
281	1100001402	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 50' 17" W	08° 45' 10" S	50	-	203,2	12	14	36	-	-	-	-	-
282	1100001403	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 50' 18" W	08° 45' 05" S	50	-	203,2	12	14	35	-	-	-	-	-
283	1100001404	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 52" W	08° 44' 22" S	52	-	152,4	20	32	3	-	-	-	-	-
284	1100001405	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 47" W	08° 48' 01" S	80	-	152,4	6,5	52	14,5	-	-	-	-	-
285	1100001406	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 48" W	08° 48' 00" S	98	-	152,4	15	49	5,5	-	-	-	-	-
286	1100001407	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 44" W	08° 48' 07" S	110	-	152,4	32	83	1,26	-	-	-	-	-
287	1100001408	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 32" W	08° 43' 16" S	90	-	152,4	18	48	2	-	-	-	-	-
288	1100001409	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 29" W	08° 43' 16" S	85,5	-	152,4	12	26	9	-	-	-	-	-
289	1100001442	CPRM	-	Porto Velho	RO	64° 23' 58" W	09° 15' 32" S	65	-	152,4	10	44	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
290	1100001445	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 16" W	08° 45' 01" S	-	-	101,6	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
291	1100001446	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 11" W	08° 45' 26" S	-	-	152,4	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
292	1100001447	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 08" W	08° 44' 44" S	-	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
293	1100001448	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 02" W	08° 46' 13" S	-	-	152,4	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
294	1100001449	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 09" W	08° 45' 15" S	-	-	101,6	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
295	1100001450	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 15" W	08° 44' 50" S	-	-	101,6	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
296	1100001451	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 16" W	08° 44' 41" S	-	-	101,6	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
297	1100001452	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 23" W	08° 44' 27" S	-	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
298	1100001453	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 52" W	08° 44' 39" S	-	-	101,6	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
299	1100001454	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 40" W	08° 45' 32" S	-	-	101,6	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
300	1100001455	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 35" W	08° 45' 57" S	-	-	203,2	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
301	1100001456	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 37" W	08° 45' 36" S	-	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
302	1100001457	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 21" W	08° 47' 09" S	-	-	101,6	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
303	1100001458	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 21" W	08° 46' 09" S	-	-	101,6	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
304	1100001459	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 24" W	08° 45' 43" S	-	-	203,2	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
305	1100001460	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 31" W	08° 45' 18" S	-	-	101,6	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
306	1100001461	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 42" W	08° 44' 34" S	-	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
307	1100001462	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 06" W	08° 44' 52" S	44	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
308	1100001463	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 54' 09" W	08° 44' 46" S	-	-	203,2	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
309	1100001464	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 49" W	08° 45' 40" S	-	-	101,6	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
310	1100001465	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 50' 41" W	08° 45' 32" S	-	-	304,8	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
311	1100001466	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 19" W	08° 45' 31" S	-	-	152,4	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
312	1100001467	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 34" W	08° 45' 57" S	-	-	101,6	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
313	1100001468	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 41" W	08° 45' 53" S	-	-	101,6	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
314	1100001469	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 42" W	08° 45' 52" S	-	-	101,6	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
315	1100001470	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 37" W	08° 45' 55" S	-	-	101,6	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
316	1100001471	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 28" W	08° 45' 55" S	38	-	152,4	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
317	1100001472	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 58" W	08° 45' 51" S	-	-	101,6	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
318	1100001473	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 47" W	08° 45' 51" S	-	-	203,2	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
319	1100001474	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 21" W	08° 45' 44" S	-	-	152,4	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
320	1100001475	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 54' 17" W	08° 46' 06" S	-	-	152,4	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
321	1100001478	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 44' 17" W	08° 47' 25" S	-	-	152,4	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
322	1100001479	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 44' 20" W	08° 47' 24" S	-	-	152,4	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
323	1100001480	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 44' 01" W	08° 47' 19" S	-	-	152,4	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
324	1100001481	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 44' 18" W	08° 47' 54" S	-	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento múltiplo	-
325	1100001482	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 44' 03" W	08° 48' 06" S	36	-	101,6	10,75	16,55	-	Bombeando	-	-	Abastecimento industrial	-
326	1100001483	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 44' 04" W	08° 48' 39" S	36	-	152,4	11,7	13,7	-	Bombeando	-	-	Abastecimento industrial	-
327	1100001574	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 54' 34" W	08° 45' 28" S	107	-	152,4	21	35	0,45	Seco	-	-	-	-
328	1100001575	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 39" W	08° 43' 20" S	85,5	-	152,4	12	26	9	Bombeando	-	-	Sem uso	-

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
329	1100001579	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 54' 38" W	08° 45' 30" S	65	-	-	-	-	-	Seco	-	-	-	-
330	1100001584	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 50' 19" W	08° 45' 14" S	49	-	203,2	12	14	54	Bombeando	-	-	-	-
331	1100001592	CPRM	-	Porto Velho	RO	64° 25' 42" W	09° 07' 10" S	36	-	203,2	5	12	-	Bombeando	-	Bomba Centrífuga	-	-
332	1100001593	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 50' 22" W	08° 47' 08" S	60	-	177,8	-	-	-	-	-	Bomba Centrífuga	-	-
333	1100001620	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 54' 12" W	08° 44' 32" S	86	-	152,4	17,25	23	25	Bombeando	-	Bomba Centrífuga	-	-
334	1100001621	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 47' 58" W	08° 46' 21" S	56	-	152,4	7,9	24,05	-	Bombeando	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	-
335	1100001622	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 48' 00" W	08° 46' 21" S	54	-	152,4	8,2	28,05	26,54	Bombeando	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	-
336	1100001623	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 47' 59" W	08° 46' 22" S	54	0,2	152,4	8	24	27,3	Bombeando	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	-
337	1100001624	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 48' 00" W	08° 46' 24" S	68	-	152,4	8,05	28,5	-	Bombeando	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	-
338	1100001625	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 47' 58" W	08° 46' 24" S	-	-	-	-	-	-	Parado	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	-
339	1100001626	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 47' 57" W	08° 46' 47" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	-
340	1100001627	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 47' 57" W	08° 46' 45" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	-
341	1100001628	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 48' 16" W	08° 46' 50" S	-	-	-	-	-	-	Parado	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	-
342	1100001629	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 48' 18" W	08° 46' 49" S	-	0,48	-	10,5	16,05	-	-	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	-
343	1100001630	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 48' 18" W	08° 46' 51" S	-	-	-	-	-	-	-	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	-
344	1100001631	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 48' 26" W	08° 46' 34" S	-	-	-	-	-	-	Parado	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	-
345	1100001764	CPRM	-	Porto Velho	RO	64° 03' 06" W	08° 52' 23" S	150	-	152,4	10	35	-	Bombeando	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	-
346	1100001765	CPRM	-	Porto Velho	RO	64° 01' 06" W	08° 48' 03" S	100	-	355,6	10	60	-	Bombeando	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento múltiplo	-
347	1100001766	CPRM	-	Porto Velho	RO	64° 24' 35" W	09° 15' 46" S	72	-	152,4	12	46	-	Bombeando	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento múltiplo	-
348	1100001767	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 25" W	08° 44' 47" S	76	-	152,4	14	48	5	Bombeando	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento industrial	-
349	1100001769	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 57' 47" W	08° 46' 25" S	100	-	-	14	40	-	Bombeando	-	Bomba Centrífuga	-	-
350	1100001770	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 57' 19" W	08° 46' 31" S	50	-	-	6	30	-	Bombeando	-	Bomba Centrífuga	-	-

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
351	1100001771	CPRM	-	Porto Velho	RO	64° 00' 13" W	09° 17' 44" S	100	-	-	12	30	-	Bombeando	-	Bomba Centrífuga	-	-
352	1100001773	CPRM	-	Porto Velho	RO	64° 37' 16" W	09° 14' 38" S	77	-	-	12,09	30,15	-	Bombeando	-	Bomba Centrífuga	-	-
353	1100001774	CPRM	-	Porto Velho	RO	64° 37' 22" W	09° 14' 33" S	50	-	-	15,5	17,2	-	Bombeando	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento múltiplo	-
354	1100001775	CPRM	-	Porto Velho	RO	64° 38' 06" W	09° 13' 58" S	103	-	-	15	75	-	Bombeando	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento industrial	-
355	1100001882	CPRM	-	Porto Velho	RO	64° 33' 25" W	09° 17' 32" S	82	-	152,4	-	-	-	-	-	Bomba submersa	Abastecimento industrial	-
356	1100001883	CPRM	-	Porto Velho	RO	64° 38' 27" W	09° 16' 52" S	73	-	152,4	12	63	-	Bombeando	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento múltiplo	-
357	1100001884	CPRM	-	Porto Velho	RO	65° 33' 22" W	09° 38' 09" S	85	-	304,8	5	10	-	Bombeando	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento industrial	-
358	1100001885	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 48' 55" W	08° 46' 17" S	-	-	2032	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
359	1100001886	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 49' 04" W	08° 45' 26" S	-	-	2032	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
360	1100001887	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 48' 49" W	08° 46' 42" S	-	-	2159	-	-	-	Bombeando	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
361	1100001888	CPRM	-	Porto Velho	RO	64° 56' 19" W	09° 37' 15" S	10	-	1000	-	-	-	Equipado	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento urbano	-
362	1100001889	CPRM	-	Porto Velho	RO	66° 21' 20" W	09° 46' 25" S	10	-	1000	-	-	-	Equipado	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento urbano	-
363	1100001890	CPRM	-	Porto Velho	RO	64° 56' 19" W	09° 46' 25" S	15	-	1000	-	-	-	Equipado	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	-
364	1100001891	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 48' 50" W	08° 47' 44" S	100	-	203,2	13,8	16,6	46,59	Bombeando	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento urbano	-
365	1100001892	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 48' 50" W	08° 47' 46" S	100	-	152,4	12,7	80,5	18,42	-	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento múltiplo	-
366	1100001893	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 49' 33" W	08° 45' 32" S	-	-	101,6	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
367	1100001894	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 49' 38" W	08° 45' 12" S	-	-	250	-	-	-	Bombeando	-	Bomba submersa	-	-
368	1100001895	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 49' 12" W	08° 45' 00" S	-	-	1000	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
369	1100001896	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 48' 59" W	08° 45' 52" S	-	-	930	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
370	1100001897	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 49' 06" W	08° 45' 53" S	-	-	950	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
371	1100001903	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 49' 43" W	08° 46' 51" S	9,4	-	1000	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
372	1100001904	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 49' 17" W	08° 46' 50" S	-	-	1000	-	-	-	Bombeando	-	Bomba submersa	-	-
373	1100001905	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 49' 21" W	08° 46' 23" S	-	-	800	8,5	-	-	Bombeando	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
374	1100001906	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 49' 24" W	08° 46' 01" S	10,5	-	-	5	19	-	Bombeando	-	Bomba submersa	-	-

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
375	1100001907	CPRM	-	Porto Velho	RO	62° 46' 42" W	08° 10' 22" S	-	-	-	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
376	1100001909	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 49' 46" W	08° 46' 29" S	9	-	900	-	-	-	Bombeando	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
377	1100001910	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 49' 52" W	08° 46' 03" S	-	-	800	5,64	-	-	Bombeando	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
378	1100001911	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 49' 58" W	08° 45' 39" S	10	-	-	-	-	-	Bombeando	-	Bomba Centrífuga	Abastecimento doméstico	-
379	1100001912	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 50' 05" W	08° 45' 13" S	-	-	900	-	-	-	Parado	-	-	Abastecimento doméstico	-
380	1100000694	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 48' 04" W	08° 46' 27" S	48	-	-	13	18	-	-	-	Bomba submersa	-	-
381	1100000696	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 19" W	08° 46' 33" S	60	-	-	8	30	-	-	-	Bomba submersa	-	-
382	1100000697	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 50' 50" W	08° 47' 30" S	72	-	-	29	43	-	-	-	Bomba submersa	-	-
383	1100000698	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 17" W	08° 47' 26" S	60	-	-	17	32	-	-	-	-	-	-
384	1100000882	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 54' 48" W	08° 43' 17" S	48	-	-	6,3	11,2	34,5	Bombeando	-	Bomba submersa	-	-
385	1100001121	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 50" W	08° 47' 09" S	40	-	-	2,21	-	-	-	-	-	-	-
386	1100001211	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 43" W	08° 48' 04" S	84	-	-	-	-	-	-	-	-	Abastecimento industrial	-
387	1100001219	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 54' 36" W	08° 45' 21" S	65	-	-	20	32	-	-	-	Bomba submersa	Abastecimento industrial	-
388	1100001248	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 29" W	08° 45' 01" S	80	-	-	10	28	-	Bombeando	-	Bomba submersa	-	-
389	1100001913	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 48' 53" W	08° 47' 49" S	100	-	152,40	10,9	59	-	Bombeando	-	Bomba submersa	Abastecimento industrial	-
390	1100001914	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 48' 49" W	08° 47' 41" S	102	-	152,40	18,1	78	-	Bombeando	-	Bomba submersa	Abastecimento industrial	-
391	1100001915	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 48' 52" W	08° 47' 44" S	108	-	152,40	20,5	65,4	-	Bombeando	-	Bomba submersa	Abastecimento industrial	-
392	1100001916	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 48' 54" W	08° 47' 47" S	102	-	152,40	20,5	78,6	-	Bombeando	-	Bomba submersa	Abastecimento industrial	-
393	1100002020	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 54' 48" W	08° 43' 13" S	48	-	279,40	-	-	-	-	-	-	Abastecimento industrial	-
394	1100002021	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 51" W	08° 42' 44" S	48	-	120,00	-	-	-	-	-	-	Abastecimento industrial	-
395	1100002023	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 12" W	08° 47' 19" S	60	-	150,00	40	48	-	-	-	-	Abastecimento industrial	-
396	1100002024	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 55' 02" W	08° 44' 33" S	100	-	-	12	48	-	-	-	-	Outros (lazer, etc.)	-
397	1100002025	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 58" W	08° 43' 55" S	12	-	101,60	4,5	6	-	-	-	-	Abastecimento industrial	-
398	1100002068	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 10" W	08° 46' 38" S	50	-	152,40	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento urbano	-

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
399	1100002073	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 50' 12" W	08° 45' 36" S	58	-	152,40	8,92	9,66	-	Bombeando	-	-	Abastecimento urbano	-
400	1100002076	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 50' 11" W	08° 45' 40" S	58	-	152,40	6,38	11,52	-	Bombeando	-	-	Abastecimento urbano	-
401	1100002078	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 50' 15" W	08° 45' 41" S	60	-	152,40	7,76	10,48	-	Bombeando	-	-	Abastecimento urbano	-
402	1100002079	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 50' 13" W	08° 45' 42" S	56	-	203,20	7,7	10,56	-	-	-	-	Abastecimento urbano	-
403	1100002080	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 15" W	08° 48' 01" S	95	-	304,80	-	-	-	Bombeando	-	-	Abastecimento urbano	-
404	1100002093	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 15" W	08° 47' 50" S	40	-	152,40	14	27	-	Abandonado	-	-	-	-
405	1100002096	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 24" W	08° 47' 13" S	60	-	152,40	9,76	13,05	-	Parado	-	-	Abastecimento urbano	-
406	1100002101	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 19" W	08° 47' 12" S	53	-	203,20	11	14,6	-	Bombeando	-	-	Abastecimento urbano	-
407	1100002116	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 04" W	08° 48' 27" S	58	-	152,40	-	-	-	-	-	-	-	-
408	1100002119	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 29" W	08° 44' 01" S	56	-	152,40	9,7	23,6	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
409	1100002121	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 36" W	08° 47' 38" S	80	-	152,40	-	-	-	Bombeando	-	-	-	-
410	1100002126	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 05" W	08° 47' 49" S	88	-	152,40	-	-	-	Parado	-	-	-	-
411	1100002138	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 04" W	08° 45' 22" S	48	-	152,40	6	6,4	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
412	1100002140	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 50' 34" W	08° 45' 30" S	63	-	101,60	6,64	15,5	-	Equipado	-	-	-	-
413	1100002141	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 49' 03" W	08° 46' 15" S	59	-	101,60	5,33	12,44	-	Equipado	-	-	-	-
414	1100002142	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 54' 07" W	08° 44' 30" S	61	-	101,60	13	-	-	Equipado	-	-	-	-
415	1100002143	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 28" W	08° 47' 35" S	49,5	-	101,60	-	-	-	Não instalado	-	-	-	-
416	1100002156	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 48' 08" W	08° 48' 08" S	78	-	203,20	14	42	-	-	-	Bomba submersa	-	-
417	1100002157	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 48" W	08° 42' 48" S	48	-	101,60	-	-	-	Bombeando	-	Bomba submersa	Abastecimento industrial	-
418	1100002158	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 50' 56" W	08° 48' 12" S	60	-	-	10	22	-	Bombeando	-	-	Abastecimento doméstico	-
419	1100002278	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 41" W	08° 48' 21" S	64	-	152,40	-	-	-	Bombeando	-	Bomba submersa	Abastecimento doméstico	-
420	1100002351	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 57' 09" W	08° 44' 34" S	140	-	-	18	68	-	-	-	Bomba submersa	-	-
421	1100002389	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 52" W	08° 42' 46" S	40	-	-	10,6	26,6	-	-	-	-	-	-
422	1100002391	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 36" W	08° 42' 49" S	40,3	-	-	9,01	25,63	-	-	-	-	-	-
423	1100002394	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 03" W	08° 45' 43" S	52	-	152,40	7	15	-	Bombeando	-	Bomba submersa	Abastecimento múltiplo	-
424	1100002400	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 54" W	08° 44' 03" S	36	-	152,40	9	17	-	-	-	-	-	-
425	1100002401	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 47" W	08° 49' 13" S	28	-	101,60	6	9	-	-	-	-	-	-
426	1100002410	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 54" W	08° 44' 08" S	61	-	152,40	12	26	-	-	-	-	-	-
427	1100002411	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 58" W	08° 44' 00" S	60	-	-	10,9	19,1	-	-	-	-	-	-

7.2.1 - Identificação, localização e parâmetros selecionados para a estatística dos 446 poços constantes do SIG-ANA-PHA em Porto Velho (Continuação).

Item	Ponto	Órgão	Proprietário	Município	UF	Longitude	Latitude	Profundidade (m)	Altura da boca (m)	Diâmetro da boca (mm)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Operação (horas/dia)	Tipo de Bomba	Uso da Água	Tipo de Reservatório
428	1100002420	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 48' 50" W	08° 46' 00" S	75	-	152,40	10	32	-	Bombeando	-	-	-	-
429	1100002489	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 51" W	08° 44' 28" S	57,8	-	-	7,5	11	-	-	-	-	-	-
430	1100002490	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 55" W	08° 46' 04" S	41	-	-	5	9	-	-	-	-	-	-
431	1100002491	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 13" W	08° 47' 09" S	94	-	-	2,8	6	-	-	-	-	-	-
432	1100002492	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 54' 10" W	08° 44' 40" S	50	-	-	14	14,9	-	-	-	-	-	-
433	1100002494	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 35" W	08° 44' 51" S	52,3	-	-	7	8	-	-	-	-	-	-
434	1100002495	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 54" W	08° 48' 19" S	80	-	-	14	19,4	-	-	-	-	-	-
435	1100002496	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 59" W	08° 48' 28" S	47,1	-	-	15,5	22	-	-	-	-	-	-
436	1100002497	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 54' 25" W	08° 45' 26" S	98	-	-	7	14	-	-	-	-	-	-
437	1100002500	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 48' 05" W	08° 48' 08" S	68	-	-	6	32	-	-	-	-	-	-
438	1100002552	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 17" W	08° 46' 26" S	40	-	-	12	26	-	-	-	-	-	-
439	1100002555	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 53" W	08° 45' 08" S	80	-	-	15	25	-	-	-	-	-	-
440	1100002559	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 48' 08" W	08° 48' 06" S	72	-	-	12	40	-	-	-	-	-	-
441	1100002563	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 48' 09" W	08° 48' 12" S	72	-	203,20	10	25	-	Bombeando	-	-	-	-
442	1100002567	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 52' 39" W	08° 47' 06" S	84	-	-	5,78	32	-	-	-	-	-	-
443	1100002570	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 50' 18" W	08° 45' 00" S	49	-	-	12	14	-	-	-	-	-	-
444	1100002571	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 51' 59" W	08° 46' 14" S	45	-	-	5	16	-	-	-	-	-	-
445	1100002572	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 50" W	08° 45' 19" S	91	-	-	24	30	-	-	-	-	-	-
446	1100002575	CPRM	-	Porto Velho	RO	63° 53' 42" W	08° 44' 57" S	44	-	-	6	18	-	-	-	-	-	-

**7.2.2 – Resumo das Características Técnicas de 158 Poços Catalogados de SIAGAS/CPRM 2010 em Porto Velho, com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade**

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO.

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
										De	Até	Material	De	Até	Material					
1100000170	403387	9033654	TRIB. REG. DO TRAB. 14 REGIAO	52	-	-	52,0	-	304,8	24,0	32,0	Plastico geomecanico 6"	0	8	Argila			-		
										40,0	48,0	Plastico geomecanico 6"	8	12	Cascalho					
													12	52	Argila					
1100000171	403265	9033653	USINA DA CERON	60	-	-	56,0	-	304,8	20,0	44,0	Não especificado	0	12	Cascalho	11	30	5	Após estabilização	30
										48,0	52,0	Não especificado								
										56,0	60,0	Não especificado	12	60	Argila					
1100000206	403823	9030368	-	40	-	-	40,0	-		22,0	34,0	Plastico p.v.c. 57/8"	0	18	Argila	0	0	7	Após estabilização	40
													18	22	Areia fina					
													22	28	Argila arenosa					
													28	37	Areia grossa					
													37	40	Argila					
1100000207	403172	9034114	EGO-EMPRESA GERAL DE OBRAS	50	-	-	50,0	-		15,0	24,0	Plastico p.v.c. 57/8"	0	15	Argila	0	0	1,2	Após estabilização	50
										30,0	42,0	Plastico p.v.c. 57/8"	15	24	Laterita					
													24	30	Argila					
													30	42	Argila					
													42	50	Argila					
1100000209	401172	9027414	-	38	-	-	30,0	-		12,0	15,0	Não especificado 3 15/16"	0	12	Argila	9	9,8	6	Após estabilização	28,2
										30,0	31,0	Não especificado 3 15/16"	12	16,5	Areia média					
													16,5	31	Argila					
1100000210	401538	9027507		48	-	-	48,0	-		24,0	34,0	Plastico p.v.c. 57/8"	0	12	Argila	0	0	8	Após estabilização	48
													12	24	Areia fina					
													24	30	Areia fina					
													30	34	Areia grossa					
													34	45	Argila					
													45	48	Argila					

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1100000211	401053	9025939		15	-	-		-					0	2	Argila			-		15
													2	4	Areia grossa					
													4	8	Argila					
													8	12	Argila					
													12	15	Argila					
1100000212	405647	9034091	TERMO NORTE ENERGIA LTDA	54	28,00	33,00	50,0	-	304,8	12,0	16,0	Plastico geomecanico 6"	0	3	Argila	11,8	23	26	Após estabilização	31
										29,0	33,0	Plastico geomecanico 6"	3	6	Argila					
													6	14	Areia grossa					
													14	18	Argila					
													18	26	Argila					
													26	33	Areia argilosa					
													33	42	Areia arenosa					
													42	45	Argila					
													45	54	Areia arenosa					
1100000213	405647	9034089	TERMO NORTE ENERGIA LTDA	50	12,00	16,00	50,0	-	304,8	12,0	16,0	Plastico geomecanico 6"	0	12	Argila	10	35	6	Após estabilização	15
										24,0	28,0	Plastico geomecanico 57/8"	12	16	Areia grossa					
													16	42	Argila					
													24	28	Argila					
													28	50	Argila					
1100000214	403083	9033131	-	45	-	-	36,0	-		8,0	12,0	Não especificado 57/8"	0	8	Laterita	7	16	2,9	Após estabilização	29
										16,0	20,0	Não especificado 57/8"	8	40	Argila					
										24,0	28,0	Não especificado 57/8"								
										36,0	40,0	Não especificado 57/8"								

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)		
1100000218	402696	9028677	CAERD	42	12,00	16,00	42,0	-	457,2	10,0	18,0	Plastico geomecanico 8"	0	12	Argila	13,88	36	1,6	Após estabilização	6		
										30,0	34,0	Plastico geomecanico 8"	12	16	Areia grossa							
													16	28	Argila							
													28	32	Rocha Cristalina não indentificada							
													32	42	Argila							
1100000219	406411	9034152	CAERD-PVH	42	10,00	16,00	42,0	-	457,2	12,0	24,0	Plastico geomecanico 8"	0	10	Argila	12,37	35,9	2,74	Após estabilização	6,1		
													10	12	Areia fina							
													12	16	Areia fina							
													16	20	Argila							
													20	42	Argila							
1100000220	402391	9028522	CAERD-PVH	40	12,00	16,00	40,0	-	381,0	12,0	30,0	Plastico geomecanico 8"	0	10	Argila	9,1	28,22	11,31	Após estabilização	11,78		
													10	12	Argila							
													12	16	Areia fina							
													16	18	Argila							
													18	34	Argila							
													34	40	Argila							
1100000221	402583	9024991	CAERD-PVH	50	12,00	22,00	40,0	-	381,0	12,0	28,0	Plastico geomecanico 8"	0	12	Argila	10,63	26,28	25,55	Após estabilização	23,72		
													12	22	Areia fina							
													22	24	Argila							
													24	40	Argila							
													40	50	Argila							
1100000222	400650	9028272	CAERD-PVH	40	10,00	18,00	40,0	-	381,0	12,0	28,0	Plastico geomecanico 8"	0	10	Argila	9,85	32,69	16,16	Após estabilização	7,31		
													10	16	Areia fina							
													16	18	Areia grossa							
													18	40	Argila							

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1100000407	401612	9034817	INFRAERO-EMP.BRAS.INFRA-ESTRUT	29	10,00	22,00	24,0	-	254,0	13,6	22,0	Não especificado 6"	0	10	Argila	6,74	10,43	8	Após estabilização	18,57
													10	15	Areia média					
													15	16,15	Argila					
													16,15	22	Areia média					
													22	28.6	Argila					
													28.6	29	Areia média					
1100000422	401834	9031439	S.B.S. EMPREENDEIMENTOS LTDA.	61	-	-	58,0	-	304,8	16,0	20,0	Plastico geomecanico 6"	0	9	Argila	9,5	22	9	Após estabilização	39
										28,0	36,0	Plastico geomecanico 6"	9	19	Areia grossa					
										42,0	54,0	Plastico geomecanico 6"	18	27	Argila					
													27	32	Areia fina					
													32	36	Areia grossa					
													36	42	Argila arenosa					
													42	54	Areia grossa					
													54	61	Rocha Cristalina não indentificada					
1100000424	402079	9031286	DR. NAVA	47	-	-	47,0	-	254,0	18,0	24,0	Plastico geomecanico 4"	0	8	Solo			-		47
										30,0	42,0	Plastico geomecanico 4"	8	12	Laterita					
													12	46	Argila					
													46	47	Rocha Cristalina não indentificada					
1100000426	402029	9026586	SEST/SENAT	45	-	-	36,0	-	304,8	24,0	30,0	Plastico geomecanico	0	2	Solo			-		45
										36,0	42,0	Plastico geomecanico	2	10	Argila					
													10	16	Areia fina					
													16	24	Argila					
													24	30	Areia grossa					
													30	36	Argila					
													36	42	Areia grossa					
													42	45	Solo Argiloso					

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro			Litologia		NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1100000435	400211	9032786	Construções e Comércio Camargo Corrêa S.A	42	-	-	39,0	-	254,0	18,0	36,0	Plástico p.v.c. 4"	0	0,5	Areia conglomerática	6	7	3,5	Após estabilização	35
													0,5	1	Argila					
													1	12	Argila					
													12	15	Argila					
													15	18	Areia argilosa					
													18	36	Areia grossa					
													36	39	Argila					
													39	42	Quartzito decomposto					
1100000436	400369	9030975	JOSE ROCHA DE ALBUQUERQUE	40	-	-	40,0	-	254,0	30,0	36,0	Plástico p.v.c. 4"	0	3	Argila	8	12	4,5	Após estabilização	28
													3	9	Argila					
													9	12	Areia argilosa					
													12	21	Areia grossa					
													21	27	Argila					
													27	35	Areia grossa					
													35	40	Argila					
1100000437	401161	9031898	EDILSON DA COSTA SILVA	54	-	-	54,0	-	304,8	14,0	18,0	Plástico geomecânico 6"	0	3	Argila			6	Após estabilização	54
										18,0	38,0	Plástico geomecânico 6"	3	6	Cascalho					
													6	9	Areia média					
													9	15	Argila					
													15	18	Areia média					
													18	27	Argila					
													27	39	Areia média					
													39	45	Argila					
													45	54	Areia fina					
1100000438	400244	9032019	PLINIO	33	-	-	26,0	-	254,0	26,0	32,0	Plástico p.v.c. 4"	0	6	Argila	9,5	11	2,5	Após estabilização	22
													6	9	Argila					
													9	15	Areia média					
													15	21	Areia média					
													21	27	Argila					
													27	33	Areia grossa					

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1100000444	400242	9032817		42	-	-	40,0	-	254,0	20,0	28,0	Plástico geomecânico 6"	0	9	Argila			5,3	Após estabilização	42
										32,0	36,0	Plástico geomecânico 6"	9	12	Areia fina					
													12	18	Argila					
													18	21	Argila					
													21	24	Areia grossa					
													24	30	Solo Laterático					
													30	42	Solo Laterático					
1100000445	400241	9033093	PARQUE DOS PIQUIAS	33,5	-	-		-	304,8				0	1	Solo Argiloso			4	Após estabilização	33,5
													1	8	Laterita					
													8	12	Cascalho					
													12	20	Argila					
													20	28	Argila					
													28	33	Argila arenosa					
													33	33,5	Rocha Cristalina não identificada					
1100000446	399635	9031003	CONJ. HABIT. FLORESTA II ETAPA	50	-	-	48,0	-		3,0	16,0	Não especificado	0	3	Argila	3,4	29,3	3,2	Após estabilização	20,7
										23,0	27,5	Não especificado	3	6	Areia fina					
										41,0	45,5	Não especificado	6	12	Laterita					
													12	48	Argila					
													48	50	Rocha Cristalina não identificada					
1100000449	401162	9031591		66	28,00	36,00	60,0	-		28,0	36,0	Plástico p.v.c	0	28	Argila			-		66
										36,0	66,0	Plástico p.v.c	28	36	Areia grossa					
													36	60	Argila arenosa					
													60	66	Areia Fina					
													66	67	Rocha Cristalina não identificada					
1100000459	399630	9032938	EMILIA RODRIGUES	42	-	-		-	203,2				0	7	Laterita			-		42
													7	8	Argila					
													8	10	Cascalho					
													10	42	Argila					

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1100000460	400616	9029654	TRIBUNAL DE JUSTICA DE RO	56	-	-		-	203,2				0	7	Laterita			-		56
1100000461	400616	9029654	TRIBUNAL JUSTICA RO	52	50,00	52,00	52,0	0,5		50,0	52,0	Plastico p.v.c 6"	0	50	Argila			2,5	Após estabilização	52
													50	52	Areia fina					
1100000462	401432	9033526	MARCELO FREITAS	48	-	48,00	48,0	0,2	203,2	36,0	42,0	Plastico p.v.c. 4"	0	36	Argila			-		48
													36	42	Areia fina					
													42	48	Argila					
1100000463	401008	9031744	EZEQUIEL FERNANDES NUNES	42	-	42,00	42,0	0,5	203,2	18,0	24,0	Plastico p.v.c. 4"	0	8	Argila arenosa	18	20	6	Após estabilização	22
										28,0	36,0	Plastico p.v.c. 4"	8	13	Areia grossa					
													13	18	Argila					
													18	24	Areia grossa					
													24	28	Argila					
													28	36	Areia grossa					
													36	42	Argila					
1100000465	402231	9031593	CENTRO INDUSTRIAL PEQ. EMPRESA	52	16,00	28,00	52,0	0,5	203,2	16,0	28,0	Plastico p.v.c 6"	0	12	Argila			60	Após estabilização	52
													12	16	Areia fina					
													16	28	Areia média					
													28	41	Argila					
													41	48	Argila					
													48	52	Argila					
1100000466	399966	9033154	ANTONINO FREITAS	38	18,00	37,00	38,0	0,2	254,0	28,0	36,0	Plastico p.v.c. 4"	0	14	Argila	12	24	-		14
													14	16	Areia fina					
													16	18	Argila					
													18	37	Areia fina					
													37	38	Argila					
1100000471	399173	9032661	ECOLOG INDUSTRIA E COMERCIO	60	-	21,50	48,0	-	254,0	20,0	28,0	Plastico geomecanico 6"	0	8	Argila	8	28	5	Após estabilização	32
										32,0	40,0	Plastico geomecanico 6"	8	21	Argila					
													21	27	Areia média					
													27	33	Argila					
													33	38	Laterita					
													38	60	Argila					

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1100000472	412010	9030847	CAERD	66	34,00	62,00	66,0	0,3	381,0	34,0	38,0	Plástico geomecânico 8"	0	6	Argila	9,03	16,99	25,74	Após estabilização	49,01
										42,0	46,0	Plástico geomecânico 8"	6	12	Argila media					
										50,0	62,0	Plástico geomecânico 8"	12	14	Argila					
													14	16	Laterita					
													16	34	Argila					
													34	48	Areia argilosa					
													48	62	Argila media					
1100000473	401011	9030823	CAERD	60	14,00	56,00	60,0	0,3	381,0	28,0	36,0	Plástico geomecânico 8"	0	6	Areia argilosa	11,9	21,3	15	Após estabilização	38,7
										36,0	56,0	Plástico geomecânico 8"	6	14	Areia argilosa					
													14	22	Argila media					
													22	30	Argila					
													30	36	Areia grossa					
													36	40	Argila					
													40	56	Areia argilosa					
													56	60	Argila arenosa					
1100000474	402844	9030828	CAERD	48	-	-		-					0	6	Argila siltosa			-		48
													6	20	Argila					
													20	30	Argila					
													30	48	Argila					
1100000475	402844	9030827	CAERD	92	-	-		-	304,8				0	6	Argila siltosa			-		92
													6	10	Argila arenosa					
													10	14	Areia grossa					
													14	20	Argila					
													20	30	Argila					
													30	40	Argila					
													40	44	Argila siltosa					
													44	50	Areia Siltosa					
													50	60	Argila siltosa					
													60	74	Argila siltosa					
													74	92	Argila					

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1100000476	402239	9028000	CAERD CENTRAL	72	24,00	72,00	72,0	0,3	381,0	24,0	36,0	Plastico geomecanico 8"	0	12	Argila siltosa	13,55	15,23	31,3	Após estabilização	56,77
										56,0	68,0	Plastico geomecanico 8"	12	18	Argila					
													18	24	Argila					
													24	36	Areia fina					
													36	56	Argila					
													56	72	Areia grossa					
1100000480	401006	9032667	CAERD	60	30,00	40,00	60,0	0,3	381,0	24,0	40,0	Plastico geomecanico 8"	0	6	Argila	8,92	9,66	25,71	Após estabilização	50,34
													6	10	Argila					
													10	12	Argila arenosa					
													12	18	Areia grossa					
													18	30	Argila					
													30	40	Areia grossa					
													40	44	Argila					
													44	58	Argila					
													58	60	Rocha Cristalina não indentificada					
1100000482	401006	9032669	CAERD	60	18,00	38,00	60,0	0,3	381,0	20,0	30,0	Plastico geomecanico 8"	0	18	Argila arenosa	11,93	19,76	20	Após estabilização	40,24
													18	38	Areia grossa					
													38	60	Argila					
1100000483	401007	9032665	CAERD	56	30,00	44,00	56,0	0,3	381,0	28,0	40,0	Plastico geomecanico 8"	0	20	Argila	7,7	10,56	24	Após estabilização	45,44
													20	24	Areia média					
													24	30	Argila					
													30	44	Areia grossa					
													44	52	Argila					
													5	56	Rocha Cristalina não indentificada					

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1100000484	401008	9032665	CAERD	60	10,00	18,00	60,0	0,3	381,0	28,0	40,0	Plastico geomecanico 8"	0	6	Argila	7,76	10,48	20,43	Após estabilização	49,52
										52,0	56,0	Plastico geomecanico 8"	6	10	Argila					
													10	12	Areia fina					
													12	18	Areia grossa					
													18	20	Argila					
													20	30	Argila Siltosa					
													30	36	Areia grossa					
													36	44	Areia grossa					
													44	50	Argila					
													52	52	Areia muito fina					
													52	60	Areia conglomerática					
1100000485	401006	9032665	PAULO ROBERTO MORAIS	42	15,00	22,00	40,0	0,4	254,0	22,0	25,0	Plastico p.v.c. 4"	0	10	Argila	12	20	5	Após estabilização	22
										28,0	34,0	Plastico p.v.c. 4"	10	15	Argila					
													15	22	Areia grossa					
													22	25	Argila					
													25	28	Areia grossa					
													28	30	Areia conglomerática					
													30	35	Areia grossa					
													35	39	Argila					
													39	42	Argila					
1100000489	401006	9032665	BAR E RESTAURANTE GOOD'S	42	38,00	40,00	24,0	-	152,4	24,0	42,0	Plastico p.v.c. 4"	0	38	Argila			-		42
													38	40	Areia fina					
													40	42	Argila					
1100000491	408340	9032682	PARTICULAR	42	12,00	18,00	40,0	-	304,8	28,0	34,0	Plastico p.v.c. 4"	0	12	Argila			-		42
													12	18	Areia grossa					
													18	24	Argila					
													24	33	Areia media					
													33	42	Argila					

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)		
1100000492	400698	9033586	CONDOMINIO SAO RAPHAEL	42	12,00	15,50	38,0	-	304,8	10,0	30,0	Plastico geomecanico 8"	0	12	Argila			-		42	
													12	15.5	Areia grossa						
													15.5	22	Laterita						
													22	23.5	Cascalho						
													23.5	42	Argila						
1100000493	406509	9031603	IND. DE BEBIDAS E REFRIGERANTE	58	14,00	26,00	52,0	-	304,8	14,0	26,0	Plastico geomecanico 6"	0	14				-		58	
													14	26	Argila						
													26	30	Areia media						
													30	33	Argila						
													33	45	Argila						
													45	50	Argila						
													50	58	Argila						
1100000494	405298	9026533	SR. OSWALDO PIANNA	46	-	-	46,0	-	355,6	18,0	26,0	Plastico geomecanico 4"	0	7	Laterita			-		46	
													7	46	Argila						
1100000495	408352	9027154	CONSTRUTIVA	42	-	-	42,0	-	355,6	18,0	26,0	Plastico geomecanico 4"	0	7	Laterita			-		42	
1100000496	399296	9033320	PORTOBRAS/SOPH	50	-	-	50,0	-	311,2	24,0	48,0	Plastico geomecanico 6"					21	40	1,85	Após estabilização	10
1100000499	401003	9030912	PARTICULAR	76	16,00	18,00	48,0	-	254,0	24,0	32,0	Plastico geomecanico 4"	0	16	Argila			-		76	
										48,0	76,0	Plastico geomecanico 4"	16	18	Areia media						
													18	22	Laterita						
													22	75	Argila						
													75	76	Rocha Cristalina não indentificada						

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
110000500	401261	9031097	SR. ANTONIO RIBEIRO	42	14,00	28,00		-	254,0	24,0	32,0	Plastico geomecanico 4"	0	16	Argila			-		42	
													14	16	Areia fina						
													16	18	Areia fina						
													18	20	Areia grossa						
													20	22	Areia grossa						
													22	24	Areia argilosa						
													24	26	Areia media						
													26	28	Areia argilosa						
													28	32	Argila						
													32	42	Argila						
110000501	401011	9030823	METROPOLIS	54	-	-		-					0	54	Argila			-		54	
110000502	401006	9032665	PARTICULAR	42	12,00	15,00	42,0	-	254,0	24,0	32,0	Plastico geomecanico 4"	0	16	Argila			-		42	
													12	15	Areia grossa						
													15	23	Argila						
													23	27	Areia grossa						
													27	30	Argila						
													30	36	Areia grossa						
													36	42	Argila						
110000694	411890	9030028		48	-	-	48,0	-	355,6								13	18	20	Após estabilização	30
110000696	402271	9029809		60	-	-	28,0	-	355,6	16,0	28,0	Plastico p.v.c. 6"					8	30	15	Após estabilização	30
110000697	406807	9028065		72	-	-	72,0	-	304,8	52,0	70,0	Plastico geomecanico 4"					29	43	13	Após estabilização	29
110000698	402322	9028185		60	-	-	60,0	-	254,0								17	32	20	Após estabilização	28
110000882	399532	9035825	ELETRONORTE	48	9,00	48,00	48,0	-	279,4	9,0	39,0	Plastico p.v.c. 6"	0	11,5	Argila arenosa	6,3	11,2	34,5	Após estabilização	36,8	
													11,5	43	Areia conglomerática						
													43	48	Silte						
1100001121	404957	9028713		40	-	-	40,0	-	254,0	24,0	40,0	Plastico p.v.c. 8"	0	9	Argila arenosa			-		40	
													9	12	Laterita						
													12	27	Argila Siltosa						
													27	30	Laterita						
													30	40	Argila arenosa						

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1100001211	401539	9027015	Escala Engenharia Ltda.	84	-	-	84,0	-	406,0	28,0	40,0	Plástico geomecânico reforçado 16"	0	9	Argila			-		84
										48,0	52,0	Plástico geomecânico reforçado 16"	9	13.5	Areia fina					
										60,0	64,0	Plástico geomecânico reforçado 16"	13.5	18	Areia fina					
										72,0	76,0	Plástico geomecânico reforçado 16"	18	22.5	Areia média					
													22.5	27	Areia grossa					
													27	31.5	Argila					
													31.5	36	Areia fina					
													36	40.5	Argila arenosa					
													40.5	45	Argila					
													45	45.9	Argila arenosa					
													45.9	54	Areia argilosa					
													54	67.5	Areia grossa					
													67.5	73.5	Cascalho					
			73.5	78	Argila arenosa															
			78	84	Rocha Cristalina não indentificada															
1100001219	399919	9032008	RONDONMOTOS LTDA	65	-	-	40,0	-	152,4	26,0	38,0	Plástico geomecânico 6"	0	28	Argila arenosa	20	32	2,5	Após estabilização	33
													28	39	Argila arenosa					
													39	50	Rochas Intemperizadas e Decompostas					
													50	65	Granito					

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1100001248	403787	9032641	PORTO VELHO SHOPPING S.A.	80	-	-	62,0	-	152,4	38,0	42,0	Plastico geomecanico 6"	0	13	Argila	10	28	10	Após estabilização	52
										50,0	58,0	Plastico geomecanico 6"	13	22	Argila arenosa					
													22	48	Argila arenosa					
													48	62	Argila arenosa					
													62	80	Rocha Cristalina não indentificada					
1100001368	400546	9033125	Condomínio Porto Madeira	90	-	-	54,0	-	152,4	42,0	50,0	Plastico geomecanico 6"	0	5	Argila arenosa	25	45	8	Após estabilização	45
													5	20	Argila					
													20	54	Argila arenosa					
													54	90	Granito					
1100001369	403939	9032887	PORTO VELHO SHOPPING S.A.	65	-	-	36,0	-	152,4	22,0	34,0	Plastico geomecanico 6"	0	21	Argila arenosa	6	36	4	Após estabilização	29
													21	36	Argila arenosa					
													36	65	Rochas Intemperizadas e Decompostas					
1100001370	403908	9033041	PORTO VELHO SHOPPING S.A.	76	-	-	76,0	-	152,4	44,0	56,0	Plastico geomecanico 6"	0	18	Argila			-		76
										56,0	74,0	Plastico geomecanico 4"	18	60	Argila arenosa					
													60	70	Rochas Intemperizadas e Decompostas					
													70	76	Rochas Intemperizadas e Decompostas					
1100001389	408399	9033327	M. J. D. Construções Ltda.	56			56,0	-	304,8	46,0	54,0	Plastico geomecanico 6"	0	4	Argila sitosa	24	35	15	Após estabilização	21
													4	10	Argila arenosa					
													10	14	Areia grossa					
													14	46	Areia media					
													46	55	Areia grossa					
													55	56	Argila sitosa					

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1100001390	401301	9031960	FUNAI	91	-	-	91,0	-	355,6	18,0	38,0	Plástico geomecânico 4"	0	12	Argila	24	30	11,44	Após estabilização	61
													12	26	Areia fina					
													26	91	Areia argilosa					
1100001391	400991	9026000	RONDÔNIA REFRIGERANTES S.A	103	-	-	103,0	-	152,4	30,0	36,0	Plástico geomecânico 6"	0	4,5	Argila	14	22	8,5	Após estabilização	81
										42,0	48,0	Plástico geomecânico 6"	4,5	18	Argila arenosa					
										54,0	60,0	Plástico geomecânico 6"	18	31,5	Argila					
										66,0	72,0	Plástico geomecânico 6"	31,5	67,5	Areia grossa					
													67,5	81	Solo					
													81	103	Granito					
1100001392	401432	9026536	ENERGIA SUSTENTÁVEL DO BRASIL S/A	64	-	-	64,0	-	152,4	13,0	22,5	Plástico geomecânico 6"	0	9	Argila	23	31	3,28	Após estabilização	33
										27,0	30,5	Plástico geomecânico 6"	9	35	Argila sítosa					
										35,0	39,5	Plástico geomecânico 6"	35	49,5	Argila arenosa					
										45,0	49,5	Plástico geomecânico 6"	49,5	54	Granito					
													54	64	Argila arenosa					
1100001393	401417	9027107	ESCALA ENGENHARIA LTDA	135	-	-	135,0	-	381,0	64,0	68,0	Plástico geomecânico 6"	0	4	Argila sítosa	14	40	0,6	Após estabilização	95
										102,0	126,0	Plástico geomecânico 6"	4	9	Argila					
													9	15	Silte					
													15	20	Areia grossa					
													20	24	Argila sítosa					
													24	30	Areia grossa					
													30	60	Argila arenosa					
													60	65	Argila					
													65	69	Areia grossa					
													69	72	Argila sítosa					
													72	135	Anfibolitos					

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1100001394	401418	9027206	ESCALA ENGENHARIA LTDA	114,5	-	-	94,0	-	152,4	70,0	88,0	Plastico geomecanico 6"	0	3	Argila sitosa	35	45	10,8	Após estabilização	69,5
													3	6	Silte					
													6	18	Areia grossa					
													18	33	Argila					
													33	40	Argila					
													40	55	Argila arenosa					
													55	68	Areia conglomerática					
													68	70	Argila sitosa					
													70	78	Argila sitosa					
													78	86	Areia grossa					
													86	94	Areia media					
													94	114,5	Argila					
1100001395	407669	9032312	CONSTRUTORA RICARDO NEVES LTDA	48	-	-	48,0	-	431,8	24,0	44,0	Plastico geomecanico 8"	0	12	Argila	12	14	55	Após estabilização	34
													12	26	Areia fina					
													26	48	Areia grossa					
1100001396	407692	9032285	CONSTRUTORA RICARDO NEVES LTDA	50	-	-		-	431,8	24,0	44,0	Plastico geomecanico 8"	0	12	Argila	12	14	56	Após estabilização	36
													12	26	Areia fina					
													26	50	Areia grossa					
1100001397	407710	9032241	CONSTRUTORA RICARDO NEVES LTDA	50	-	-	50,0	-	431,8	24,0	44,0	Plastico geomecanico 8"	0	12	Argila	12	14	54	Após estabilização	36
													12	26	Areia fina					
													26	50	Areia grossa					
1100001398	407716	9032216	CONSTRUTORA RICARDO NEVES LTDA	50	-	-	50,0	-	431,8	24,0	44,0	Plastico geomecanico 8"	0	12	Argila	12,5	15	53,5	Após estabilização	35
													12	26	Areia fina					
													26	50	Areia grossa					
1100001399	407727	9032179	CONSTRUTORA RICARDO NEVES LTDA	49	-	-	49,0	-	431,8	24,0	44,0	Plastico geomecanico 8"	0	12	Argila	12	15	52	Após estabilização	34
													12	26	Areia fina					
													26	49	Areia grossa					

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1100001400	407840	9032177	CONSTRUTORA RICARDO NEVES LTDA	48	-	-	48,0	-	431,8	24,0	44,0	Plastico geomecanico 8"	0	12	Argila	12	16	35	Após estabilização	32
													12	26	Areia fina					
													26	48	Areia grossa					
1100001401	407842	9032275	CONSTRUTORA RICARDO NEVES LTDA	48	-	-	48,0	-	431,8	24,0	44,0	Plastico geomecanico 8"	0	12	Argila	12	15	37	Após estabilização	33
													12	26	Areia fina					
													26	48	Areia grossa					
1100001402	407817	9032379	CONSTRUTORA RICARDO NEVES LTDA	50	-	-	50,0	-	431,8	24,0	44,0	Plastico geomecanico 8"	0	12	Argila	12	14	36	Após estabilização	36
													12	26	Areia fina					
													26	50	Areia grossa					
1100001403	407789	9032521	CONSTRUTORA RICARDO NEVES LTDA	50	-	-	50,0	-	431,8	24,0	44,0	Plastico geomecanico 8"	0	12	Argila	12	14	35	Após estabilização	36
													12	26	Areia fina					
													26	50	Areia grossa					
1100001404	403083	9033832	CONSTRUTORA RICARDO NEVES LTDA	52	-	-	52,0	-	304,8	44,0	50,0	Plastico geomecanico 6"	0	2	Silte	20	32	3	Após estabilização	20
													2	9	Argila sitosa					
													9	18	Laterita					
													18	32	Argila					
													32	52	Argila sitosa					
1100001405	401419	9027107	Escala Engenharia Ltda.	80	-	-	64,0	-	381,0	16,0	28,0	Plastico geomecanico 6"	0	4	Argila sitosa	6,5	52	14,5	Após estabilização	28
										32,0	36,0	Plastico geomecanico 6"	4	16	Areia media					
										64,0	68,0	Plastico geomecanico 6"	16	18	Argila					
													18	22	Areia grossa					
													22	64	Argila					
													64	68	Conglomerado					
													68	80	Anfibolitos					

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1100001406	401386	9027125	ESCALA ENGENHARIA LTDA	98	-	-	98,0	-	355,6	20,0	24,0	Plastico geomecanico 6"	0	4.5	Argila	15	49	5,5	Após estabilização	49
										28,0	32,0	Plastico geomecanico 6"	4.5	13.5	Areia grossa					
										36,0	40,0	Plastico geomecanico 6"	13.5	18	Argila arenosa					
										44,0	48,0	Plastico geomecanico 6"	18	20	Areia media					
										52,0	56,0	Plastico geomecanico 6"	20	27	Argila arenosa					
										84,0	88,0	Plastico geomecanico 6"	27	36	Areia grossa					
													36	40	Areia grossa					
													40	58	Areia media					
													58	60	Argila					
													60	74	Areia media					
			74	94	Areia grossa															
			94	98	Argila															
1100001407	401516	9026936	ESCALA ENGENHARIA LTDA	110	-	-	85,0	-	152,4	34,0	38,0	Plastico geomecanico 6"	0	13.8	Argila	32	83	1,26	Após estabilização	27
										42,0	48,0	Plastico geomecanico 6"	13.8	55.2	Areia media					
													55.2	68	Argila					
													68	82.8	Solo					
			82.8	110	Granito															

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1100001408	403689	9035872	Maria do Socorro da Silva Confeccões - ME	90	-	-	90,0	-	355,6	36,0	40,0	Plastico geomecanico 6"	0	22.5	Argila	18	48	2		42
										44,0	48,0	Plastico geomecanico 6"	22.5	27	Areia media					
										52,0	56,0	Plastico geomecanico 6"	27	67.5	Areia grossa					
										60,0	64,0	Plastico geomecanico 6"	67.5	90	Conglomerado com matriz argilosa					
										76,0	80,0	Plastico geomecanico 6"								
1100001409	403810	9035866	Maria do Socorro da Silva Confeccões - ME	85,5	-	-	58,0	-	152,4	12,0	16,0	Plastico geomecanico 6"	0	18	Argila	12	26	9	Após estabilização	59,5
										20,0	24,0	Plastico geomecanico 6"	18	22.5	Areia grossa					
										28,0	32,0	Plastico geomecanico 6"	22.5	58.5	Argila arenosa					
										36,0	40,0	Plastico geomecanico 6"	58.5	81	Areia media					
										48,0	52,0	Plastico geomecanico 6"	81	85.5	Anfibolitos					
1100001574	399877	9031833	Departamento de Viação e Obras Públicas	107	-	-	49,5	-	152,4	26,0	34,0	Plastico geomecanico 6"	0	4.5	Laterita	21	35	0,45	Após estabilização	72
													4.5	9	Argila					
													9	13.5	Laterita					
													13.5	26	Argila					
													26	34	Argila arenosa					
													34	40.5	Argila					
													40.5	49.5	Rochas Intemperizadas e Decompostas					
													49.5	107	Granito					

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1100001575	403473	9035738	Maria do Socorro da Silva Confeções	85,5	-	-	58,0	-	152,4	12,0	16,0	Plastico geomecanico 6"	0	18	Argila	12	26	9	Após estabilização	59,5
										20,0	24,0	Plastico geomecanico 6"	18	22,5	Areia grossa					
										28,0	32,0	Plastico geomecanico 6"	22,5	58,5	Argila arenosa					
										36,0	40,0	Plastico geomecanico 6"	58,5	81	Arenito medio					
										48,0	52,0	Plastico geomecanico 6"	81	85,5	Anfibolitos					
1100001579	399854	9031754	Departamento de Viação e Obras Públicas	65	-	-	65,0	-	152,4	28,0	36,0	Plastico geomecanico 6"	0	4	Laterita			-		65
													4	9,5	Argila					
													9,5	13,5	Laterita					
													13,5	29	Argila					
													29	33	Argila arenosa					
													33	41	Argila					
													41	52,5	Rochas Intemperizadas e Decompostas					
													52,5	65	Granito					
1100001584	407760	9032251	Construtora Ricardo Neves Ltda.	49	-	-	49,0	-	431,8	24,0	44,0	Plastico geomecanico 8"	0	12	Argila	12	14	54	Após estabilização	35
													12	26	Areia fina					
													26	49	Areia grossa					

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1100001593	407677	9028749		60	-	-	44,0	-	228,6	44,0	60,0	Plastico geomecanico 7"	0	3	Argila			-		60
													3	6	Argila					
													6	9	Argila					
													9	12	Argila					
													12	15	Argila					
													15	18	Argila					
													18	21	Cascalho					
													21	24	Cascalho					
													24	27	Argila					
													27	30	Argila					
													30	33	Argila					
													33	36	Argila arenosa					
													36	39	Argila arenosa					
													39	42	Argila arenosa					
													42	45	Argila arenosa					
													45	48	Argila arenosa					
													48	51	Argila media					
51	54	Argila media																		
54	57	Argila media																		
57	60	Argila media																		
1100001620	400638	9033524	Sede da REPO	86	-	-	61,5	-	304,8	28,0	36,0	Plastico geomecanico 6"	0	13	Argila	17,25	23	25	Após estabilização	63
													13	17	Argila					
													17	23	Argila					
													23	29	Argila					
													29	34	Areia grossa					
													34	37	Areia grossa					
													37	39	Argila					
													39	41	Areia grossa					
													41	47	Argila					
													47	50	Cascalho					
													50	58	Argila					
													58	59	Cascalho					
59	76	Argila																		
76	86	Argila																		

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1100001622	412012	9030202	CAERD	54	-	-	50,0	-	152,4	12,0	16,0	Plastico geomecanico 6"	0	6	Argila	8,2	28,05	26,54	Após estabilização	25,95
										24,0	28,0	Plastico geomecanico 6"	6	10	Areia fina					
										32,0	36,0	Plastico geomecanico 6"	10	12	Areia argilosa					
										40,0	44,0	Plastico geomecanico 6"	12	12.5	Areia grossa					
													12.5	14	Argila					
													14	16	Areia argilosa					
													16	24	Areia media					
													24	28	Areia argilosa					
													28	32	Areia fina					
													32	36	Areia argilosa					
			36	54	Argila															
1100001623	412042	9030172	CAERD	54	-	-	44,0	0,2	152,4	12,0	16,0	Plastico geomecanico 6"	0	6	Argila	8	24	27,3	Após estabilização	30
										24,0	28,0	Plastico geomecanico 6"	6	11	Areia media					
										32,0	36,0	Plastico geomecanico 6"	11	12	Areia argilosa					
										40,0	44,0	Plastico geomecanico 6"	12	12.5	Areia grossa					
													12.5	16	Argila					
													16	22	Argila arenosa					
													22	29	Areia fina					
													29	32	Argila					
													32	36	Areia grossa					
													36	38	Argila					
			38	48	Areia media															
			48	54	Argila															

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1100001629	411525	9029249	CAERD CENTRAL	46	-	-		0,48					0	7	Argila	10,5	16,05	-		29,95
													7	9	Areia fina					
													9	12	Areia media					
													12	16	Areia grossa					
													16	19	Cascalho					
													19	31.5	Argila					
													31.5	37.5	Areia grossa					
													37.5	39	Areia fina					
													39	42	Areia grossa					
													42	46	Areia fina					
1100001767	403908	9033072	PORTO VELHO SHOPPING S.A.	76	-	-	76,0	-	152,4	44,0	52,0	Plastico geomecanico 6"	0	18	Argila	14	48	5	Após estabilização	28
										56,0	74,0	Plastico geomecanico 4"	18	60	Argila arenosa					
													60	70	Rochas Intemperizadas e Decompostas					
													70	76	Rochas Intemperizadas e Decompostas					
1100001891	410489	9027650	TERMO NORTE ENERGIA LTDA	100	-	-	100,0	-	203,2	40,0	48,0	Plastico p.v.c. 6"				13,8	16,6	46,59	Após estabilização	83,4
										64,0	76,0	Plastico p.v.c. 6"								
										88,0	96,0	Plastico p.v.c. 6"								

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1100001892	410489	9027589	TERMO NORTE ENERGIA LTDA	100	-	-	100,0	-	203,2	40,0	48,0	Plástico p.v.c. 6"	0	8	Argila	12,7	80,5	18,42	Após estabilização	19,5
										64,0	76,0	Plástico p.v.c. 6"	8	12	Argila arenosa					
										88,0	96,0	Plástico p.v.c. 6"	12	18	Areia argilosa					
										88,0	96,0	Plástico p.v.c. 6"	18	30	Areia fina					
													30	36	Argila arenosiltosa					
													36	42	Argila arenosiltosa					
													42	60	Areia muito fina					
													60	65	Arenito fino					
													65	95	Arenito muito fino					
			95	100	Arenito fino															
1100001913	410398	9027496	TERMO NORTE ENERGIA LTDA	100	-	-	75,0	-	152,4	30,0	35,0	Aço galvanizado com rosca e luva 6"	0	16	Argila	10,9	59	37,71	Após estabilização	41
										45,0	55,0	Aço galvanizado com rosca e luva 6"	16	24	Arenito argiloso					
										65,0	70,0	Aço galvanizado com rosca e luva 6"	24	36	Arenito argiloso					
													36	53	Argila Siltosa					
													53	78	Argila Siltosa					
													78	99	Argila					
			99	100	Anfibolitos															

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1100001914	410520	9027742	TERMO NORTE ENERGIA LTDA	102	-	-	102,0	-	152,4	50,0	60,0	Aço galvanizado com rosca e luva 6"	0	6	Argila	18,1	78	8,61	Após estabilização	24
										70,0	80,0	Aço galvanizado com rosca e luva 6"	6	18	Arenito argiloso					
										90,0	95,0	Aço galvanizado com rosca e luva 6"	18	24	Arenito fino					
													24	42	Argila arenosiltosa					
													42	72	Arenito argiloso					
													72	84	Argila arenosiltosa					
													84	100	Arenito argiloso					
													100	102	Argila					
1100001915	410428	9027650	TERMO NORTE ENERGIA LTDA	108	-	-	100,0	-	152,4	48,0	58,0	Aço galvanizado com rosca e luva 3"	0	6	Areia argilosa	20,5	65,4	36	Após estabilização	42,6
										68,0	75,0	Aço galvanizado com rosca e luva 3"	6	18	Argila					
										82,0	90,0	Aço galvanizado com rosca e luva 3"	18	30	Arenito fino					
													30	48	Arenito grosso					
													48	102	Arenito argiloso					

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1100001916	410367	9027558	TERMO NORTE ENERGIA LTDA	102	-	-	102,0	-	152,4	50,0	60,0	Aço galvanizado com rosca e luva 3"	0	6	Areia argilosa	20,5	78,6	18,42	Após estabilização	23,4
										63,0	70,0	Aço galvanizado com rosca e luva 3"	6	12	Arenito fino					
										76,0	80,0	Aço galvanizado com rosca e luva 3"	12	30	Arenito fino					
													30	78	Arenito argiloso					
													78	102	Arenito argiloso					
1100002020	399532	9035948	ELETRONORTE	48	-	-	48,0	-	254,0	9,0	39,0	Plastico p.v.c. 6"	0	11.5	Argila arenosa			-		48
													11.5	43	Areia media					
													43	48	Silte					
1100002021	403105	9036847	CLEBER SORATTO CESCA	48	-	-	48,0	-	101,6	35,0	40,0	Plastico p.v.c. 4"	0	24	Argila arenosa			-		48
													24	48	Granito					
1100002023	406150	9028408	GERDAU COMERCIAL DE AÇOS S/A	60	-	-	40,0	-	152,4	30,0	50,0	Plastico p.v.c. 6"				40	48	-		12
1100002024	399110	9033490	CALGILL AGRÍCOLA S/A	100	-	-	68,0	-	203,2				0	68	Argila	12	48	3	Após estabilização	52
													68	85	Rocha Cristalina não indentificada					
													85	100	Anfibolitos					
1100002025	404730	9034670	CERÂMICA SANTA CATARINA LTDA	12			12,0	-	990,6				0	8	Argila arenosa	4,5	6	2,78	Após estabilização	6
													8	12	Argila					

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1100002068	406207	9029667	CAERD CENTRAL	50	-	-		0,04				0	4	Laterita			-		50	
												4	19	Argila						
												19	21	Arenito fino						
												21	22	Arenito medio						
												22	40	Argila						
												40	45	Areia media						
												45	50	Argila						
1100002073	407975	9031576	CAERD CENTRAL	58	-	-		0,16				0	4	Laterita			-		58	
												6	10	Argila						
												10	12	Argila arenosa						
												12	18	Areia media						
												18	30	Argila						
												30	40	Areia grossa						
												40	44	Argila						
1100002076	408006	9031453	CAERD CENTRAL	58	-	-		0,08				0	4	Laterita	6,38	11,52	-		46,48	
												0	4	Argila						
												4	12	Argila						
												12	22	Areia media						
												22	30	Argila						
												30	44	Areia media						
												44	52	Argila						
												52	58	Areia media						
1100002078	407884	9031422	CAERD CENTRAL	60	-	-		0,17				0	4	Laterita			-		60	
												6	10	Argila						
												10	12	Areia fina						
												12	18	Areia media						
												18	20	Argila						
												20	30	Areia Siltosa						
												30	36	Areia media						
												36	44	Areia grossa						
												44	50	Areia fina						
												50	52	Areia fina						
												52	60	Areia conglomerática						

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1100002079	407946	9031391	CAERD CENTRAL	56	-	-		0,3				0	20	Argila	7,7	10,56	-		45,44	
												20	24	Areia media						
												24	30	Argila						
												30	44	Areia fina						
												44	52	Argila						
												52	56	Argila						
1100002080	402394	9027109	CAERD CENTRAL	95	-	-		-				0	17	Argila			-		95	
												17	26	Laterita						
												26	64	Argila						
												64	69	Argila						
												69	73	Argila						
												73	75	Areia media						
												75	77	Argila						
												77	86	Argila						
												86	93	Argila						
												93	95	Anfibolitos						
1100002093	404227	9027452	CAERD CENTRAL	40	-	-		-				0	11	Laterita	14	27	-		13	
												11	15	Laterita						
												15	22	Argila						
												22	30	Argila						
												30	36	Argila						
												36	40	Argila						
1100002096	403949	9028587	CAERD CENTRAL	60	-	-		0,3				0	11	Laterita	14	27	-		33	
												10	20	Areia fina						
												20	60	Argila						
1100002101	404102	9028618	CAERD CENTRAL	53	-	-		0,4				0	10	Argila	11	14,6	-		38,4	
												10	19	Areia fina						
												19	23	Laterita						
												23	48	Argila						
												48	53	Rochas Intemperizadas e Decompostas						

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1100002116	402732	9026312	CAERD CENTRAL	58	-	-		0,3				0	14	Argila			-		58	
												14	17	Cascalho						
												17	50	Argila						
												50	58	Rochas Intemperizadas e Decompostas						
1100002119	405615	9034488	CAERD CENTRAL	56	-	-		0,2				0	7	Argila	9,7	23,6	-		32,4	
												7	15	Areia media						
												15	28	Argila						
												28	39	Argila arenosa						
												39	56	Argila						
1100002121	403584	9027819	CAERD CENTRAL	80	-	-		-				0	7	Argila	9,7	23,6	-		56,4	
												10	11	Areia grossa						
												11	29	Argila						
												29	31	Areia media						
												31	71	Argila						
												71	72	Areia media						
												72	80	Anfibolitos						
1100002126	402699	9027479	CAERD CENTRAL	88	-	-		0,26				0	7	Argila	9,7	23,6	-		64,4	
												1	9	Argila						
												9	12	Areia media						
												12	87	Argila						
												87	88	Anfibolitos						
1100002138	406386	9032002	CAERD CENTRAL	48	-	-		0,38				0	7	Argila	9,7	23,6	-		24,4	
												8	18	Areia fina						
												18	26	Argila arenosa						
												26	34	Areia grossa						
												34	48	Argila						

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1100002140	407302	9031759	CPRM-REPO	63	12,00	43,00	63,0	0,3	203,2	16,0	20,0	Plastico geomecanico 4"	0	4	Solo Argiloso	6,64	15,5	9,25	Após estabilização	47,5
										28,0	34,0	Plastico geomecanico 4"	4	7	Solo Argiloso					
													7	11	Solo Argiloso					
													11	12	Solo areno-argiloso					
													12	13	Solo arenoso					
													13	18	Solo arenoso					
													18	24	Solo arenoso					
													24	28	Solo areno-argiloso					
													28	34	Solo arenoso					
													34	43	Solo arenoso					
			43	63	Solo Argiloso															
1100002141	410086	9030383	CPRM-REPO	59	15,00	26,00	59,0	0,3	203,2	16,0	20,0	Plastico geomecanico 4"	0	7	Solo Argiloso	5,33	12,44	4,24	Após estabilização	46,56
										28,0	34,0	Plastico geomecanico 4"	7	11	Solo Argiloso					
													11	15	Solo Argiloso					
													15	20	Solo Argiloso					
													20	22.5	Solo Argiloso					
													22.5	26	Solo Argiloso					
													26	34	Solo areno-argiloso					
													34	58.5	Solo Argiloso					
			58.5	59	Solo Argiloso															

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1100002142	400791	9033586	CPRM-REPO	61	15,00	19,00	61,0	0,3	203,2	16,0	20,0	Plástico geomecânico 4"	0	3	Solo Laterático	13		-		61
										28,0	34,0	Plástico geomecânico 4"	3	6.5	Solo Laterático					
													6.5	7.5	Solo arenoso					
													7.5	15	Solo Argiloso					
													15	16	Solo arenoso					
													16	19	Solo arenoso					
													19	26	Solo Laterático					
													26	30	Solo areno-argiloso					
													30	35	Solo areno-argiloso					
													35	40	Solo Argiloso					
			40	44	Solo areno-argiloso															
			44	61	Solo Argiloso															
1100002143	403829	9027911		49,5	-	-	49,5	0,3	203,2	16,0	20,0	Plástico geomecânico 4"	0	3	Solo Laterático	13		-		49,5
										32,0	36,0	Plástico geomecânico 4"	3	16	Argila					
													16	18	Argila					
			18	49.5	Argila															
1100002156	411774	9026916	Bairro Novo PVH Empreendimentos Imobiliários S/A	78	-	-		-					0	6	Argila	14	42	-		36
													6	18	Areia grossa					
													18	36	Areia fina					
													36	78	Areia grossa					
1100002157	403197	9036725	José Claudinor CESCA-ME (CERÂMICA JK)	48	-	-	48,0	-	152,4	35,0	40,0	Plástico p.v.c. 4"	0	24	Argila arenosa			-		48
										35,0	40,0	Plástico p.v.c. 4"	24	42	Argila					
													42	48	Granito					

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1100002158	406642	9026781	EMBRAPA	60	-	-	60,0	-	304,8			0	1,5	Argila arenosa	10	22	-		38
												1,5	3	Areia fina					
												3	6	Argila					
												6	8	Argila					
												8	10	Argila					
												10	15	Areia media					
												15	26	Areia media					
												26	42	Areia media					
												42	50	Areia media					
												50	56	Argila					
												56	60	Argila arenosa					
1100002278	401602	9026493	N.B Empreendimentos-SPE	64	-	-		0,14				0	9	Argila			-		64
												9	35	Areia Siltosa					
												35	49.5	Argila arenosa					
												49.5	54	Argila					
												54	64	Argila arenosa					
1100002351	395229	9033450	Santo Antônio Energia S/A	140	-	-	101,0	-	152,4	65,0	77,0	0	12	Argila	18	68	3,5	Após estabilização	72
										83,0	95,0	12	62	Argila					
												62	101	Argila arenosa					
												101	140	Granito					
1100002389	401241	9036782	INFRAERO DE PORTO VELHO	40	-	-	40,0	0,5	254,0	18,7	22,0	0	5	Argila	10,6	26,6	19,8	Após estabilização	13,4
										29,3	33,5	5	9	Argila					
												9	13	Argila					
												13	16	Arenito grosso					
												16	18	Argila					
												18	22	Arenito grosso					
												22	28	Argila arenosa					
												28	34	Arenito grosso					
												34	39	Argila					
												39	40	Rocha Cristalina não indentificada					



7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1100002411	404730	9034517	S.B.S. EMPREENDIMENTOS LTDA.	60	-	-	60,0	-	304,8	24,0	28,0	Plastico geomecanico 6"	0	6	Solo areno-argiloso	10,9	19,1	-		40,9
										32,0	40,0	Plastico geomecanico 6"	6	13	Argila Siltosa					
										48,0	56,0	Plastico geomecanico 6"	13	19	Silte					
													19	30	Silte					
													30	41	Areia argilosa					
													41	43	Areia fina					
													43	50	Argila arenosa					
													50	57	Areia media					
													57	60	Argila					
1100002420	410482	9030844	VOTORANTIM CIMENTOS S.A	75	-	-	56,0	-	304,8	12,0	20,0	Plastico geomecanico 6"	0	10	Argila	10	32	-		43
										36,0	44,0	Plastico geomecanico 6"	10	20	Argila arenosa					
										56,0	64,0	Plastico geomecanico 6"	20	35	Argila					
													35	45	Areia conglomerática argilosa					
													45	55	Areia media					
													55	75	Areia conglomerática argilosa					
1100002489	401281	9033656	CONSORC. M. MARTIN	57,8	-	-	57,8	-	304,8	16,0	36,0	Plastico geomecanico 6"	0	16.5	Argila	7,5	11	-		46,8
													16.5	20.3	Areia grossa					
													20.3	26.3	Argila					
													26.3	33.5	Areia grossa					
													33.5	54	Argila					
													54	55	Areia fina					
													55	57	Argila					
													57	57.8	Rocha Cristalina não indentificada					

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro		Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1100002490	404844	9030708	SUPER MERCADO DB	41	-	-	37,0	-	304,8	9,0	13,0	Plastico geomecanico 6"	0	8	Argila	5	9	-		32
										37,0	41,0	Plastico geomecanico 6"	8	13	Areia media					
													13	18	Laterita					
													18	30	Cascalho					
													30	38	Argila					
			38	41	Rocha Cristalina não indentificada															
1100002491	406110	9028707	MBM EMPREENDIMENTOS IMOBILIARIOS	94	-	-	76,0	-	304,8	12,0	24,0	Plastico geomecanico 6"	0	14	Argila	2,8	6	-		88
										28,0	36,0	Plastico geomecanico 6"	14	24	Areia media					
										52,0	56,0	Plastico geomecanico 6"	24	27	Argila					
										76,0	86,0	Plastico geomecanico 6"	27	36	Areia grossa					
													36	44	Argila					
													44	51	Argila					
													51	54	Argila					
													54	59	Argila					
													59	67	Argila					
													67	70	Rocha Cristalina não indentificada					
													70	76	Argila					
			76	82	Areia grossa															
			82	86	Argila															
			86	94	Rocha Cristalina não indentificada															

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro		Litologia		NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)	
1100002492	400699	9033269	GAFISA SPE 85 EMPREENDEIMENTOS IMOBILIARIOS LTDA	50	-	-	50,0	-	304,8	22,0	34,0	Plastico geomecanico 6"	0	10	Argila	14	14,9	-	35,1
													10	15.6	Argila				
													15.6	24	Argila				
													24	30	Areia grossa				
													30	31	Argila				
													31	34	Areia grossa				
													34	50	Argila				
1100002494	401774	9032952	SBS	52,3	-	-	36,0	-	152,4	16,0	32,0	Plastico geomecanico 6"	0	14	Argila	7	8	-	44,3
										36,0	52,3	Plastico geomecanico 6"	14	28	Areia media				
													28	41.4	Argila				
													41.4	52.3	Granito				
1100002495	401217	9026556	CONSTRUTORA JOAO DE BARRO LTDA	80	-	-	50,0	-	304,8	22,0	34,0	Plastico geomecanico 6"	0	1.5	Cascalho	14	19,4	-	60,6
													1.5	8.5	Laterita				
													8.5	12.5	Argila				
													12.5	24	Argila				
													24	30	Areia grossa				
													30	31	Argila				
													31	34	Areia grossa				
													34	50	Argila				
1100002496	401052	9026278	CONSTRUTORA JOAO DE BARRO LTDA	47,1	-	-	47,1	-	304,8	12,0	32,0	Plastico geomecanico 6"	0	0.5	Solo	15,5	22	-	25,1
										36,0	45,0	Plastico geomecanico 6"	0.5	1.5	Cascalho				
													1.5	8.5	Laterita				
													8.5	11.5	Solo				
													11.5	29.7	Argila				
													29.7	47.1	Argila				

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1100002497	400256	9031867	MAISON CHAMOUNIX	98	-	-	98,0	-	304,8	16,0	24,0	Plastico geomecanico 6"	0	8.2	Argila	7	14	-		84
										28,0	36,0	Plastico geomecanico 6"	8.2	13.2	Areia media					
										59,0	61,0	Plastico geomecanico 6"	13.2	15.2	Argila					
													15.2	24	Areia media					
													24	28.2	Argila					
													28.2	37.5	Areia media					
													37.5	59	Argila					
													59	61.2	Areia fina					
													61.2	98	Argila					
1100002500	411866	9026916	Bairro Novo PVH Empreendimentos Imobiliários S/A	68	-	-	60,0	-	355,6	16,0	20,0	Plastico geomecanico 8"	0	4	Argila	6	32	30	Após estabilização	36
										203,2	24,0	Plastico geomecanico 8"	4	8	Argila					
										36,0	40,0	Plastico geomecanico 8"	8	20	Areia fina					
										48,0	56,0	Plastico geomecanico 8"	20	36	Areia fina					
													36	52	Areia fina					
													52	68	Areia argilosa					
1100002552	404159	9030031	SBS	40	-	-	40,0	-	152,4	20,0	36,0	Plastico geomecanico 6"	0	16	Argila	12	26	12	Após estabilização	14
													16	36	Areia grossa					
													36	40	Argila					
1100002555	403054	9032424	CONSTRUTORA ARIPUANA	80	-	-	80,0	-	304,8	30,0	50,0	Plastico geomecanico 6"	0	5	Argila	15	25	-		55
													4	42	Argila					
													42	80	Gnaisses					

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)		
1100002559	411774	9026977	Bairro Novo PVH Empreendimentos Imobiliários S/A	72	-	-	72,0	-	254,0	12,0	20,0	Plastico geomecanico 8"	0	12	Argila	12	40	30	Após estabilização	32		
										28,0	32,0	Plastico geomecanico 8"	12	28	Areia grossa							
										40,0	44,0	Plastico geomecanico 8"	28	68	Areia fina							
										52,0	56,0	Plastico geomecanico 8"	68	72	Argila							
										64,0	68,0	Plastico geomecanico 8"										
1100002563	411744	9026793	Bairro Novo PVH Empreendimentos Imobiliários S/A	72	-	-	72,0	-	406,4	28,0	44,0	Plastico geomecanico 8"	0	4	Argila	10	25	43	Após estabilização	47		
										52,0	56,0	Plastico geomecanico 8"	4	8	Areia media							
													8	18	Areia grossa							
													18	23	Argila arenosa							
													23	28	Areia media							
													28	33	Areia grossa							
													33	38	Areia media							
													38	45	Areia grossa							
													45	60	Areia media							
													60	72	Areia media							
1100002567	403490	9028801	CONDOMINIO RIO VERDE E RIO BONITO	84	-	-	30,0	-	203,2	30,0	51,0	Plastico geomecanico 8"	0	15	Argila	5,78	32	30	Após estabilização	52		
													15	35	Argila arenosa							
													35	68	Argila							
													68	81	Argila							
1100002570	407790	9032681	CONSTRUTORA RICARDO NEVES LTDA	49	-	-	49,0	-	431,8	24,0	44,0	Plastico geomecanico 8"	0	12	Argila	12	14	27	Após estabilização	35		
													12	26	Areia fina							
													26	49	Areia grossa							

7.2.2 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, Perfis Construtivos e Produtividade em Porto Velho – RO (Continuação).

SIAGAS	UTM_E	UTM_N	Proprietário	Profundidade (m)	Topo (m)	Base (m)	Revestimento (m)	Altura da Boca (m)	Diâmetro (m)	Filtro			Litologia			NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Observação	Altura saturada (m)
1100002571	404709	9030401	RAILDA NERI E SILVA	45	-	-	42,0	-	254,0	16,0	21,0	Plastico geomecanico 4"	0	2	Solo	5	16	-		29
										36,0	39,0	Plastico geomecanico 4"	2	7	Argila					
													7	17	Areia argilosa					
													17	21	Areia fina					
													21	24	Argila					
													24	26	Laterita					
													26	42	Argila					
1100002572	401313	9032082	F. SCOLARO CERVEJARIA GASTRONOMICA	91	-	-	91,0	-	355,6	18,0	38,0	Plastico geomecanico 4"	0	12	Argila	24	30	-	Após estabilização	61
													12	26	Areia fina					
													26	91	Areia argilosa					
1100002575	401556	9032759	HIRAM BATISTA CABRAL	44	-	-	39,0	-	254,0	33,0	36,0	Plastico geomecanico 6"	0	1	Solo	6	18	15	Após estabilização	26
										39,0	42,0	Plastico geomecanico 6"	1	11	Argila					
													11	15	Areia media					
													15	28	Argila					
													28	31	Areia fina					
													31	32	Argila					
													32	36	Argila					
													36	39	Argila					
													39	42	Areia argilosa					

**7.2.3 – Poços Catalogados de SIAGAS/CPRM 2010 em Porto Velho, com Perfis Litológicos, usados na elaboração do Diagrama de Cerca e Bloco 3D do Aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho**

**7.2.3 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, usados na elaboração do diagrama de cerca e do Bloco 3D do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho – RO.**

Siagas	X	Y	Z	De	Até	Material
1100000212	407160,6	9035339	86	0	3	Argila
			83	3	9	Areia argilosa
			77	9	17	Areia grossa
			69	17	24	Argila
			62	24	29	Laterita
			57	29	38	Areia argilosa
			48	38	45	Argila arenosa
			41	45	50	Argila
			36	50	54	Rocha Decomposta
32						
1100000213	407286,9	9034130	84	0	4	Argila
			80	4	12	Areia argilosa
			72	12	22	Areia grossa
			62	22	30	Argila
			54	30	37	Laterita
			47	37	41	Areia argilosa
			43	41	48	Argila arenosa
			36	48	50	Rocha Decomposta
34						
1100000219	406944	9036314	93	0	5	Argila
			88	5	12	Areia argilosa
			81	12	27	Areia fina
			66	27	34	Argila
			59	34	39	Argila arenosa
			54	39	42	Rocha Decomposta
51						
1100000422	402088,3	9032225	85	0	9	Argila
			76	9	19	Areia argilosa
			66	19	27	Areia
			58	27	32	Argila
			53	32	36	Laterita
			49	36	42	Areia argilosa
			43	42	54	Argila
			31	54	61	Rocha Decomposta
24						
1100000424	402374	9030906	85	0	8	Argila
			77	8	15	Areia argilosa
			70	15	30	Areia
			55	30	44	Argila
			41	44	47	Rocha Decomposta
38						

**7.2.3 – Poços Catalogados do SIAGAS/CPRM 2010 com Perfis Litológicos, usados na elaboração do diagrama de cerca e do Bloco 3D do aquífero Coberturas Cenozoicas de Porto Velho – RO (continuação).**

Siagas	X	Y	Z	De	Até	Material
1100000461	400616	9029654	62	0	6	Argila
			56	6	14	Areia argilosa
			48	14	36	Areia
			26	36	40	Argila
			22	40	52	Areia argilosa
			10			
1100000462	401810,8	9033800	88	0	6	Argila
			82	6	23	Areia fina
			65	23	42	Areia
			46	42	48	Argila
			40			
1100000472	411330,3	9031115	86	0	6	Argila
			80	6	12	Argila media
			74	12	14	Argila
			72	14	19	Laterita
			67	19	34	Areia argilo
			52	34	48	Argila arenosa
			38	48	58	Argila
			28			
1100000475	405572,1	9022433	94	0	6	Argila
			88	6	10	Areia grossa
			84	10	14	Argila
			80	14	20	Laterita
			74	20	45	Areia argilo
			49	45	84	Argila arenosa
			10	84	92	Rocha Decomposta
			2			
1100000476	404581	9028409	88	0	6	Argila
			82	6	18	Areia
			70	18	24	Argila
			64	24	36	Laterita
			52	36	65	Areia argilosa
			23	65	72	Argila arenosa
			16			
1100000494	404922,3	9026603	86	0	7	Argila
			79	7	20	Areia argilosa
			66	20	27	Areia
			59	27	43	Laterita
			43	43	46	Areia argilosa
			40			

### **7.3 – Resultados Hidrogeoquímicos das coletas de abril e outubro de 2012**

7.3.1 – Análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas em Porto Velho 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)
PVH01	-63,9086	-8,7226	30,9	<5	0,62	75	128,90	5,3	5,22	49	8	4,68	9,5	0,95	1,58	0,18	0,12	0,00	13,29	2,60	0	1	2,761	<0,02	<0,1	0,21	0,21	3,0	0	8
PVH02	-63,9136	-8,7355	30,9	<5	0,56	62	127,20	5,1	5,24	45	9	0,52	9,4	0,36	0,14	0,04	0,11	<0,0001	14,23	<0,5	0	0	1,259	<0,02	<0,1	0,52	0,52	1,8	0	9
PVH03	-63,8896	-8,7317	31,4	<5	18,00	35	134,80	5,8	5,29	26	9	5,67	3,5	0,82	0,70	0,96	1,58	0,14	3,77	<0,5	0	1	1,049	<0,02	<0,1	0,77	0,77	1,8	0	9
PVH04	-63,8896	-8,7408	32,0	<5	5,80	68	211,20	5,2	5,43	49	7	7,65	7,8	2,11	0,58	1,51	0,06	0,08	9,32	<0,5	0	1	2,85	<0,02	<0,1	0,58	0,58	3,4	0	7
PVH05	-63,8636	-8,7410	33,0	<5	0,52	45	30,50	6	5,00	32	5	1,53	5,6	0,50	0,51	0,06	0,01	0,00	4,71	<0,5	0	1	2,903	<0,02	<0,1	0,30	0,30	3,2	0	4,8
PVH06	-63,9103	-8,7523	30,5	<5	0,33	13	160,00	5	6,00	10	11	1,26	0,5	1,11	<0,01	0,30	0,01	0,02	<1	<0,5	0	1	<0,1	<0,02	<0,1	0,17	0,17	<0,5	0	5
PVH07	-63,9042	-8,7458	29,5	<5	0,51	59	-87,20	7,2	6,02	41	8	9,42	5,5	1,68	3,45	0,19	0,00	0,01	7,32	<0,5	0	1	1,217	<0,02	<0,1	0,14	0,14	1,4	0	8
PVH08	-63,8928	-8,7524	28,3	<5	1,50	17	162,70	6	5,62	12	10	5,13	0,7	0,53	0,72	0,81	0,02	0,01	<1	<0,5	0	0	<0,1	<0,02	<0,1	0,14	0,14	<0,5	0	10
PVH09	-63,8906	-8,7702	29,7	<5	<0,1	57	294,30	4,2	5,1	44	<5	3,28	6,469	1,00	1,03	0,17	0,03	0,00	12,49	<0,5	0	0	1,354	<0,02	<0,1	0,2	0,2	1,6	0	0
PVH10	-63,9040	-8,7707	28,4	<5	1,50	326	252,30	4,5	7,22	225	52	58,98	3,3	1,50	19,10	2,74	0,19	0,01	4,89	12,34	0	0	2,93	<0,02	<0,1	0,12	0,12	3,1	0	42
PVH11	-63,8998	-8,7731	27,3	<5	1,30	66	66,30	5,5	6,59	48	25	19,23	1,5	4,60	6,17	0,93	0,02	0,04	<1	0,52	0	0	0,249	<0,02	<0,1	0,12	0,12	<0,5	0	26
PVH12	-63,8895	-8,7780	30,7	<5	4,00	21	196,70	5,8	5,86	16	5	4,16	0,7	3,58	0,61	0,64	0,10	0,00	<1	0,63	0	1	<0,1	<0,02	<0,1	0,15	0,15	<0,5	0	5
PVH13	-63,8044	-8,7489	24,9	<5	<0,1	9,2	198,00	5,2	5,12	7	<5	1,11	0,1	0,76	0,25	0,12	0,01	0,00	<1	0,58	0	1	0,169	<0,02	<0,1	0,11	0,11	<0,5	0	0
PVH14	-63,8276	-8,7550	27,0	<5	<0,1	21	-52,50	6,5	5,26	16	<5	0,91	2,0	0,17	0,23	0,08	0,01	0,00	1,15	<0,5	0	0	1,259	<0,02	<0,1	0,21	0,21	1,5	0	0
PVH15	-63,8586	-8,7556	27,8	<5	1,00	77	186,50	5,7	5,98	54	66	10,94	7,7	1,06	3,87	0,31	0,32	0,04	8,37	8,48	0	0	0,124	<0,02	<0,1	3,0	2,97	3,1	0	56
PVH16	-63,8741	-8,7701	29,1	<5	2,70	78	148,40	5,3	5,03	53	13	21,98	4,2	0,79	6,74	1,25	0,03	0,00	6,29	6,58	0	0	2,036	<0,02	<0,1	0,20	0,20	2,2	0	11
PVH17	-63,8660	-8,7697	26,6	<5	124,00	369	160,90	5,5	6,32	246	42	78,93	42,4	4,45	16,40	9,25	20,42	0,48	79,97	16,06	0	1	0,13	<0,02	1,5	0,21	1,71	1,8	0	40
PVH18	-63,8765	-8,7818	29,9	<5	<0,1	140	58,60	5,5	5,06	105	<5	15,62	13,3	1,89	5,42	0,50	0,01	0,01	11,35	1,36	0	0	9,55	<0,02	<0,1	0,16	0,16	9,7	0	0
PVH19	-63,8777	-8,7726	29,2	<5	0,57	21	6,10	6,1	5,98	17	8	4,32	1,0	1,24	0,87	0,52	0,46	0,01	<1	<0,5	0	0	<0,1	<0,02	<0,1	0,12	0,12	<0,5	0	9,5
PVH20	-63,8489	-8,7760	30,5	<5	6,10	21	80,90	5,4	5,56	16	<5	2,63	1,9	0,39	0,60	0,27	0,10	0,07	<1	1,45	1	1	<0,1	<0,02	<0,1	0,18	0,18	<0,5	0	0
PVH21	-63,8667	-8,7881	32,4	<5	<0,1	98	31,90	6,4	4,29	68	<5	4,28	8,0	0,96	0,98	0,45	0,01	0,00	8,08	<0,5	1	1	4,66	<0,02	<0,1	0,23	0,23	4,9	0	0
PVH22	-63,8866	-8,7904	31,1	<5	<0,1	193	-15,30	6,3	4,07	127	<5	12,21	17,8	2,11	2,75	1,30	0,07	0,06	20,69	<0,5	0	1	10,02	<0,02	<0,1	0,12	0,12	10,5	0	0
PVH23	-63,8943	-8,7962	29,6	<5	7,50	103,5	177,50	4,5	4,365	69	8,5	6,70	9,0	1,12	1,54	0,70	0,08	0,03	10,35	<0,5	0	0	5,1705	<0,02	<0,1	0,145	0,145	5,25	0	8,5
PVH24	-63,8949	-8,8027	30,7	<5	15,00	14	228,30	4,5	4,66	11	17	1,19	0,2	0,13	0,32	0,09	0,09	0,00	<1	<0,5	0	0	0,321	<0,02	<0,1	0,17	0,17	<0,5	0	17
PVH25	-63,7853	-8,7818	28,1	<5	<0,1	23	108,20	5,5	5,59	14	<5	9,74	0,6	0,15	3,60	0,18	0,04	0,00	<1	<0,5	0	0	0,648	<0,02	<0,1	0,21	0,21	0,9	0	0
PVH26	-63,7996	-8,7883	29,5	<5	<0,1	80	80,10	5,6	4,38	57	<5	5,32	6,5	1,05	1,22	0,55	0,00	0,01	6,56	<0,5	0	0	3,79	<0,02	<0,1	0,26	0,26	4,1	0	0
PVH27	-63,8622	-8,8080	28,8	<5	8,40	70	132,30	5,1	5,37	49	<5	2,61	9,2	0,91	0,82	0,14	0,27	0,00	10,49	2,16	1	1	1,739	<0,02	<0,1	0,17	0,17	1,9	0	0,5
PVH28	-63,8797	-8,8076	29,8	<5	<0,1	144	68,50	6	5,10	106	5	2,88	23,4	1,18	0,77	0,23	0,01	0,01	8,33	0,51	0	0	11,08	<0,02	<0,1	0,21	0,21	11,3	0	5
PVH29	-63,8858	-8,8194	28,7	<5	<0,1	8,9	141,00	5,2	5,11	6	6	1,31	0,2	0,56	0,24	0,17	0,02	0,00	<1	<0,5	0	0	<0,1	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	0	6
PVH30	-63,8075	-8,8114	30,1	<5	0,24	21	180,60	5,1	4,86	16	7	0,76	1,6	0,68	0,14	0,10	0,05	0,00	1,64	<0,5	0	0	0,863	<0,02	<0,1	0,17	0,17	1,0	0	7

7.3.2 - Análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas em Porto Velho 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)	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)
PVH03	-63,8896	-8,7317	33,1	<5	<0,1	16	251	5,2	5,19	12	<5	3,50	0,5	1,2	0,6	0,50	0,07	0,05	0,53	<0,5	0	1	<0,1	<0,02	<0,1	0,15	0,15	<0,5	0	0
PVH04	-63,8896	-8,7408	32,6	<5	<0,1	58	274	5,0	6,90	47	<5	2,96	8,2	0,8	0,9	0,16	0,04	0,01	7,62	0,89	1	1	1,70	0,025	<0,1	0,10	0,10	1,8	0	0
PVH05	-63,8636	-8,7410	32,4	<5	<0,1	55	287	4,8	4,90	41	<5	0,70	4,1	0,5	0,1	0,09	0,13	<0,001	10,73	<0,5	0	0	0,80	<0,02	<0,1	0,14	0,14	0,9	0	0
PVH06	-63,9103	-8,7523	32,5	<5	<0,1	25	318	4,9	4,98	22	<5	0,94	1,5	0,2	0,2	0,10	0,00	<0,001	0,65	<0,5	0	1	1,32	<0,02	<0,1	0,15	0,15	1,5	0	0
PVH08	-63,8928	-8,7524	31,7	<5	<0,1	43	332	5,0	6,91	34	<5	1,13	6,6	1,3	0,2	0,17	<0,001	0,01	7,88	<0,5	0	1	1,19	<0,02	<0,1	0,22	0,22	1,4	0	0
PVH09	-63,8906	-8,7702	32,2	<5	<0,1	66	320	4,8	4,85	53	<5	0,84	4,8	1,2	0,1	0,14	0,03	<0,001	11,94	<0,5	0	0	1,04	<0,02	0,5	<0,1	0,54	1,6	0	0
PVH10	-63,9040	-8,7707	32,7	<5	<0,1	59	146	5,6	5,70	50	18	9,03	2,4	2,9	1,6	1,23	1,35	0,01	3,41	1,47	0	1	0,55	<0,02	0,4	<0,1	0,42	1	0	20
PVH11	-63,8998	-8,7731	33,1	6	<0,1	56	157	6,3	6,24	51	26	15,59	1,9	2,2	4,8	0,87	0,04	0,01	0,77	<0,5	1	1	0,55	<0,02	<0,1	0,19	0,19	0,7	0	26
PVH12	-63,8895	-8,7780	30,6	<5	<0,1	21	240	5,9	5,94	17	14	4,13	0,6	1,9	0,6	0,63	0,11	<0,001	<0,5	0,50	0	1	<0,1	0,077	<0,1	0,14	0,14	<0,5	0	14
PVH13	-63,8044	-8,7489	34,8	<5	<0,1	20	317	5,0	5,0	15	<5	2,48	0,3	1,2	0,6	0,26	0,01	0,01	<0,5	<0,5	0	1	1,10	<0,02	<0,1	0,17	0,17	1,3	0	0
PVH14	-63,8276	-8,7550	31,0	<5	<0,1	24	268	5,1	6,98	19	<5	0,86	2,8	0,1	0,3	0,04	<0,001	0,00	0,91	<0,5	0	1	1,40	<0,02	0,2	<0,1	0,22	1,6	0	0
PVH15	-63,8586	-8,7556	31,7	<5	<0,1	53	188	5,4	5,61	42	7	6,01	6,0	0,5	2,2	0,15	0,48	0,03	9,15	0,86	0	1	<0,1	<0,02	<0,1	0,16	0,16	<0,5	0	7
PVH16	-63,8741	-8,7701	31,6	<5	<0,1	38	281	4,9	4,90	34	<5	0,42	2,0	0,4	<0,001	0,10	0,07	<0,001	7,36	<0,5	0	0	0,19	<0,02	<0,1	0,14	0,14	<0,5	0	0
PVH18	-63,8765	-8,7818	34,4	<5	<0,1	102	319	4,9	5,05	77	<5	9,26	10,2	1,1	3,3	0,25	0,01	0,01	9,34	<0,5	0	1	6,11	<0,02	<0,1	0,43	0,43	6,5	0	0
PVH20	-63,8489	-8,7760	30,8	<5	<0,1	28	276	5,1	7,00	23	<5	1,85	3,4	0,2	0,4	0,19	0,07	0,04	4,25	0,59	1	1	<0,1	<0,02	<0,1	0,14	0,14	<0,5	0	0
PVH21	-63,8667	-8,7881	33,8	<5	0,11	18	321	4,9	4,78	15	<5	1,57	1,0	0,3	0,4	0,11	0,02	<0,001	1,02	<0,5	0	0	0,60	<0,02	<0,1	0,11	0,11	0,7	0	0
PVH22	-63,8866	-8,7904	35,3	<5	0,12	214	357	4,3	4,35	125	<5	11,49	33,5	1,7	2,6	1,24	0,02	0,08	34,70	<1	0	0	12,58	<0,02	<0,1	0,45	0,45	13	0	0
PVH24	-63,8949	-8,8027	31,1	24	4,3	24	226	5,4	5,40	21	16	7,53	0,8	1,0	1,2	1,09	2,99	0,05	<0,5	<0,5	0	0	0,32	<0,02	0,1	<0,1	0,13	<0,5	0	15
PVH30	-63,8075	-8,8114	32,1	<5	0,14	28	195	6,1	6,03	20	6	7,75	1,3	0,9	1,1	1,21	0,03	0,05	<0,5	<0,5	0	1	0,13	<0,02	<0,1	0,22	0,22	<0,5	0	6
PVH31	-63,8726	-8,7793	36,3	<5	0,29	14	278	5,6	5,26	14	<5	1,12	1,1	0,8	0,2	0,14	0,05	0,01	0,93	0,50	0	0	0,28	<0,02	<0,1	0,10	0,10	<0,5	0	0
PVH32	-63,8651	-8,7678	32,6	<5	7,6	86	256	5,6	7,11	44	<5	3,88	10,6	0,3	0,8	0,45	0,03	0,00	14,54	1,13	0	1	1,24	<0,02	<0,1	0,17	0,17	1,4	0	0
PVH33	-63,9003	-8,7533	34,0	<5	<0,1	58	199	5,5	6,90	47	<5	2,96	8,2	0,8	0,9	0,16	0,04	0,01	7,62	0,89	1	1	1,70	0,025	<0,1	0,10	0,10	1,8	0	0
PVH34	-63,9137	-8,7364	33,7	<5	1,1	67	312	4,7	4,77	47	<5	3,50	7,4	0,4	0,6	0,49	0,33	0,04	11,08	<0,5	0	1	1,73	<0,02	<0,1	0,41	0,41	2,1	0	0
PVH35	-63,7891	-8,7806	32,2	7	<0,1	18	40	4,3	4,56	13	<5	1,17	0,4	0,1	0,1	0,23	0,01	<0,001	0,87	<0,5	0	1	0,64	<0,02	<0,1	0,11	0,11	0,8	0	0
PVH36	-63,7619	-8,8003	31,6	<5	<0,1	15	301	3,1	4,72	8	<5	0,10	0,1	0,1	<0,001	0,02	0,22	<0,001	<0,5	<0,5	0	1	0,17	<0,02	<0,1	0,14	0,14	<0,5	0	0
PVH37	-63,8543	-8,7571	33,0	<5	<0,1	45	286	4,8	4,99	36	10	2,37	3,7	1,2	0,2	0,44	0,15	0,03	5,87	<0,5	0	1	<0,1	<0,02	<0,1	0,14	0,14	<0,5	0	10
PVH38	-63,8501	-8,7535	33,1	<5	<0,1	107	190	5,7	5,46	65	19	4,25	13,3	0,6	1,5	0,10	0,33	<0,001	19,42	2,03	0	0	0,40	<0,02	2,0	0,26	2,26	2,7	0	18
PVH39	-63,8901	-8,7749	31,1	<5	5	54	189	6,0	6,11	40	10	8,02	2,3	0,7	1,6	1,01	0,24	0,05	1,35	0,94	0	1	1,21	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1	1,2	0	10
PVH40	-63,8592	-8,8008	31,0	<5	1,8	11	229	5,7	6,93	7	<5	3,12	0,3	0,2	1,0	0,14	0,30	0,01	<0,5	<0,5	0	1	<0,1	<0,02	<0,1	0,12	0,12	<0,5	0	0
PVH41	-63,9030	-8,7466	32,8	<5	<0,1	38	228	5,5	5,27	27	<5	3,52	2,3	1,4	0,0	0,84	0,01	0,03	3,02	<0,5	0	0	0,96	0,085	0,2	<0,1	0,22	1,3	0	0

**7.3.3 - Análises de metais pesados, BTEX, fenóis e de isótopos ambientais realizadas em Porto Velho 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
PVH03	-63,8896	-8,7317	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PVH04	-63,8896	-8,7408	<0,001	0,00651	<0,001	0,0403	<0,001	<0,001	0,00259	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-	-	-	-
PVH05	-63,8636	-8,7410	0,0016	0,00912	<0,001	0,0045	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	1,32± 0,16	-	-	-	-	-
PVH06	-63,9103	-8,7523	0,0017	0,00335	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	1,28± 0,14	-	-	-	-	-
PVH08	-63,8928	-8,7524																					
PVH09	-63,8906	-8,7702	0,0016	0,0309	<0,001	0,0140	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-	-	-	-
PVH10	-63,9040	-8,7707																					
PVH11	-63,8998	-8,7731	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PVH12	-63,8895	-8,7780	0,002	0,0313	<0,001	0,0057	<0,001	<0,001	0,00637	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-	-	-	-
PVH13	-63,8044	-8,7489	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,06± 0,14	-42,1	-6,89	-	-	-
PVH14	-63,8276	-8,7550																					
PVH15	-63,8586	-8,7556																					
PVH16	-63,8741	-8,7701	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PVH18	-63,8765	-8,7818	<0,001	0,003	<0,001	0,0312	<0,001	<0,001	0,0286	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-	-	-	-
PVH20	-63,8489	-8,7760	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PVH21	-63,8667	-8,7881	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PVH22	-63,8866	-8,7904																					
PVH24	-63,8949	-8,8027	0,0011	0,0351	<0,001	0,0058	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	1,80± 0,12	-50,8	-8,13	-	-	-
PVH30	-63,8075	-8,8114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PVH31	-63,8726	-8,7793	<0,001	0,0145	<0,001	0,0083	<0,001	<0,001	0,00658	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-	-	-	-
PVH32	-63,8651	-8,7678	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PVH33	-63,9003	-8,7533	<0,001	0,00651	<0,001	0,0403	<0,001	<0,001	0,00259	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	1,60± 0,13	-	-	-	-	-
PVH34	-63,9137	-8,7364	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PVH35	-63,7891	-8,7806	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,68± 0,15	-50,1	-7,78	-	-	-
PVH36	-63,7619	-8,8003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-	109,2+/-0,4 pMC	0,9876+/-0,0042	-25
PVH37	-63,8543	-8,7571	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PVH38	-63,8501	-8,7535	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PVH39	-63,8901	-8,7749	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,36± 0,14	-44,1	-7,22	-	-	-
PVH40	-63,8592	-8,8008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PVH41	-63,9030	-8,7466	<0,001	0,0667	<0,001	0,0285	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	-	-	-	-	-	-

## **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 7.4.1** 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 7.4.2** 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 7.4.3** constam preservação, prazo e frascos para análises biológicas e microbiológicas. Na **tabela 7.4.4** constam preservação, prazo e frascos para testes de toxicidade. Na **tabela 7.4.5** 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 7.4.1 - Frascos de Coleta, Volume Mínimo Necessário, Preservação e Prazo para Análise - Amostras de Águas e Efluentes.**

Espécie de Interesse	Frasco de Coleta	Volume de Amostra	Preservação/ Estocagem da Amostra	Prazo para Análise
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 7.4.1 - 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 7.4.1 - 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 7.4.2 - 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 7.4.3 - 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 7.4.4 - 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<sup>o</sup> 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 7.4.5 - 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 7.4.5** - 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>	

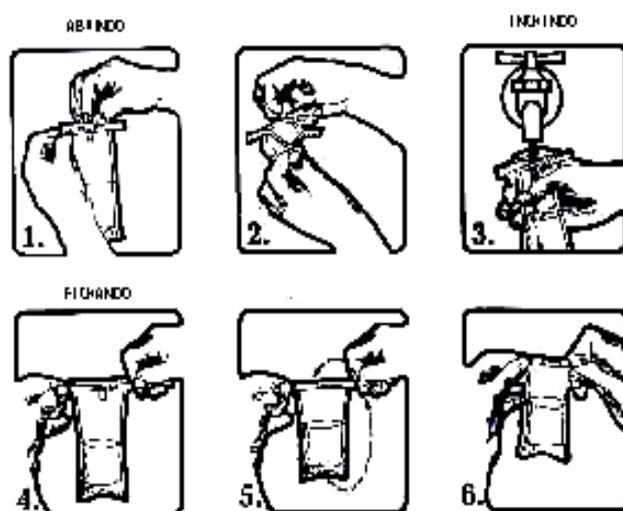
(\*) deverá ser garantido pelo menos 500g de amostra na base seca.

## Anexo A1 - Sequência para utilização das bolsas nasco

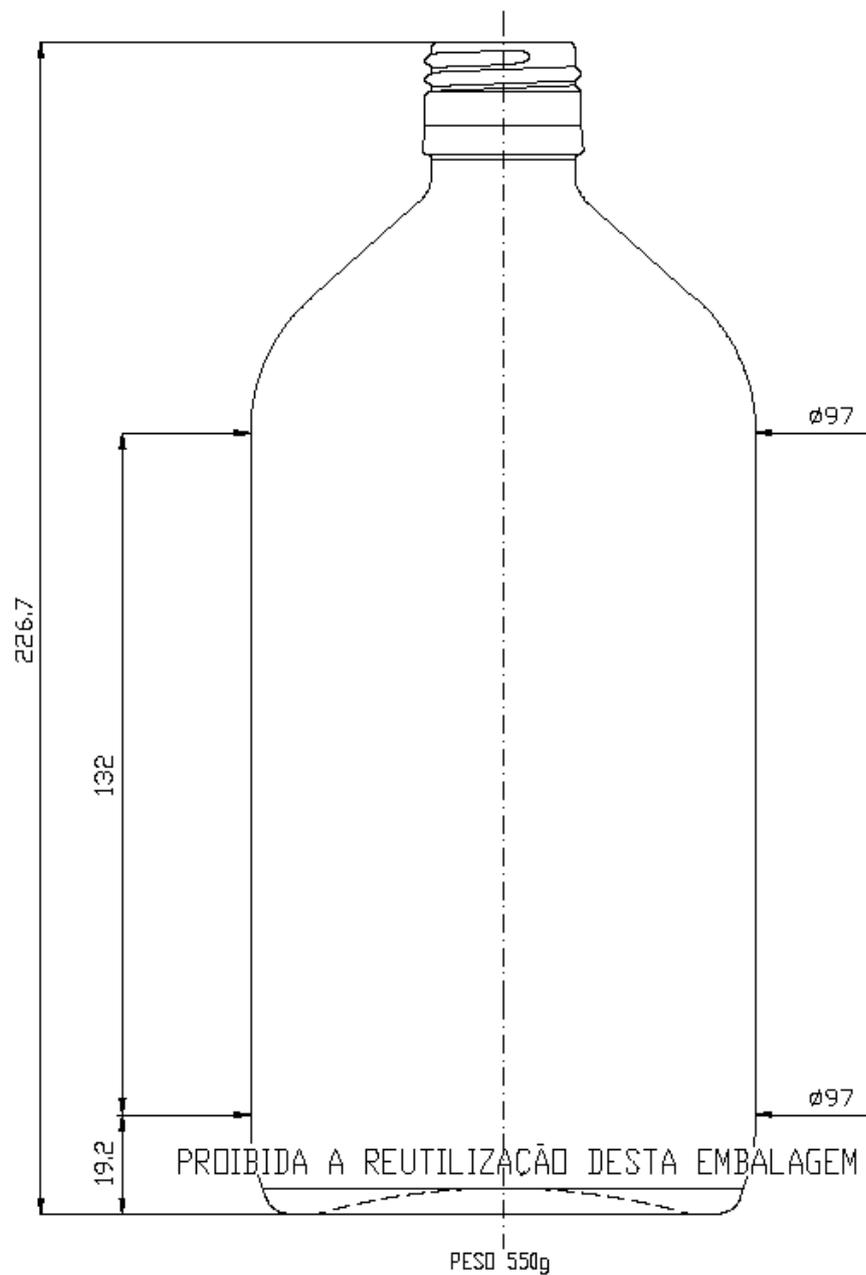
Procedimento para coletar amostras de águas utilizando a bolsa descartável THIO-bag Nasco:

- 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

