UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ISÓTOPOS DE O E H NA ANÁLISE DE ANOMALIAS DE BÁRIO NA REGIÃO DE MARÍLIA - SP

Ana Paula de Jesus Rios

Orientadora: Prof. Dra. Veridiana Teixeira de Souza Martins

Co-Orientadora: Geol. Dra. Tatiana Luiz dos Santos Tavares

Dissertação de Mestrado

Versão Corrigida

Programa de Pós-Graduação Recursos Minerais e Hidrogeologia

São Paulo

2016

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica preparada pelo Serviço de Biblioteca e Documentação do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

Rios, Ana Paula de Jesus

Isótopos de O e H na análise de anomalias de bário na região de Marília – SP / Ana Paula de Jesus Rios. – São Paulo, 2016.

130 p.: il. + anexos + mapas + cd

Dissertação (Mestrado) : IGc/USP

Orient.: Martins, Veridiana Teixeira de Souza

Co-orient: Tavares, Tatiana Luiz dos Santos

1. Hidrogeoquímica do bário 2. Sistema aquífero Bauru 3. Isótopos ambientais I. Título

“I am not but my shadow, though my shadow

be not shadow, but myself.

I’ve come here at the end of my journeys,

rich in scars and rich of mind.

I am dragon-forged..”

Ao Higor, meu eterno companheiro desta e muitas outras aventuras

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a todo mundo que olha pra mim lá de cima.

Depois para as minhas orientadoras de paciência infinita Veri e Tati. Sério vocês vão pro céu nessa e em mais umas 3 encarnações.

Agradecer a minha família, a nova que é de sempre (higor), a que já veio (Mamãe, Papai, Mila), a que eu ganhei uns 10 anos atrás (Vilma, Cidinho, Felipe, André). E a meus filhotes peludos que aguentam uma mãe ausente sem reclamar... Agradeço também a toda minha família, enorme, que sem vocês não teria muito do tenho hoje.

Tem uma família mais recente, mais bagunçada, minha irmãzinha só um pouquinho mais velha a Mari, a irmã desde o começo, a Paty, a nova Ruth... e os irmãos que a vida levo, mas depois ela traz, Bleider e Cowboy. E muito mais amigos, Nádia, Silvia, Claudinha, Bruna, Lucas,

Agradecer o pessoal do IGc pela paciência, por emprestar a orelha, por ajudar mesmo, principalmente a Eli e a Lúcia Helena, por fazerem o melhor possível para análises rápidas, todo o pessoal da biblioteca que escutou meu chororo, da gráfica, do Lamo, da cantina, os guardas, enfim, todo mundo que me ajudou nesses momentos corridos.

Agradeço aos professores do IGc, por toda ajuda e paciência: Reginaldo, Ricardo, Alexandra, Christine, Luiz e muitos outros. Agradeço também a todo o pessoal do LAMO: Rafa, Paulinho, Dani, Marcos, Glaucia, e muitos outros...

A todo pessoal do IPT, pelo aprendizado, pela paciência em ensinar, agradeço ao Zé Luiz pela oportunidade única de estar em dois lugares ao mesmo tempo e aprender tanto em pouco tempo, obrigado Rô (as duas!), Toca, Catib, Josué, Larissa, Ana, Guilherme, Gustavo, Caio...

As pessoas que de alguma forma me ajudaram neste projeto, seja estágio, seja iniciação ou TF, seja emprestando uma orelha... Valeu Sérgio (sim! Há!), Débora, Marcela, Lucas, Vitor, Renato, Cauê... e desculpem se esqueci de alguém...

Agradeço aos profissionais que me ajudaram a manter a sanidade durante esse período, especialmente ao Daniel e a Dra. Simonetta

Agradeço muito ao pessoal da Área de estudo, que nos acolheu durante as campanhas, permitindo duas visitas bem longas, e alguns abrindo suas casas/estabelecimentos por 24h seguidas para nós, sempre nos ajudando a tornar o trabalho mais fácil.

Agradeço ao pessoal do DAEE de Marília, pela disponibilidade e enorme ajuda, principalmente ao Emílio e ao Paulo, que cuidou do meu coletor de chuva por um ano, salvando-o diversas vezes.

Agradeço a tudo e a todos que porventura não mencionei, e garanto que não foi na maldade.

Agradeço a tudo que me aconteceu, pois sem isso não chegaria aqui, assim, tão forte.

RESUMO

Na última década foram encontradas concentrações anômalas de bário em poços de abastecimento do Sistema Aquífero Bauru (SAB), com casos de ocorrências de teores acima do limite de potabilidade (0,7 mg/L). Estas concentrações foram encontradas pelo monitoramento da CETESB e por estudos anteriores. Tavares (2013) e Crespi (2013) indicam que a contaminação nesta área tem origem natural, advinda da lixiviação da cimentação carbonática da Formação Marília. Utilizando dados bibliográficos e expandindo o estudo para toda a região do Espigão de Marília, este trabalho visou aprofundar o conhecimento sobre esta anomalia e tentar compreender o seu comportamento com auxílio de dados isotópicos (O e H) de chuva e água subterrânea.

Para o entendimento da anomalia foi construído um banco de dados com os Autos de Outorga de poços do DAAEE, CETESB e CPRM. Após o cadastro destes dados, foram confeccionadas as seções geológicas, o modelo conceitual de fluxo da área, e um modelo hidrogeológico. Após esta etapa foram selecionados 21 poços para as duas primeiras campanhas de amostragem ao longo do ano hidrológico e 8 poços para uma terceira campanha de amostragens ao longo do ano hidrológico. Simultaneamente foi instalado no DAAEE de Marília um coletor de chuva para coletar amostras desde junho de 2014 até dezembro de 2015 para a confecção da reta meteórica local. Os resultados analíticos dos poços foram tratados agrupando-os de acordo com sua geologia, observando-se padrões de distribuição dos parâmetros químicos analisados, bem como dos isótopos.

Foi possível notar que há contaminação por cloreto e nitrato em alguns poços. A contaminação de bário ocorre em diferentes pontos, não estando restrita a apenas uma formação. Sem nenhuma relação com os demais componentes antrópicos, esta anomalia se confirma natural. Os altos teores de bário também aparecem em locais com uma maior variedade geológica. A análise dos isótopos de hidrogênio e oxigênio das amostras mostrou que as águas amostradas são mais empobrecidas que as de chuva, até mesmo as mais rasas. Em teste de bombeamento foi possível acompanhar a evolução da assinatura com a profundidade.

O que pode ser concluído é que a anomalia de bário ocorre em todo o Espigão, em geral em poços com filtros nas Formações Marília e Adamantina, que possuam um teor mais elevado de magnésio, não necessariamente tendo uma influência antrópica.

PALAVRAS CHAVE: Hidrogeoquímica do Bário, Sistema Aquífero Bauru, Isótopos Ambientais

ABSTRACT

In the last decade, anomalous concentrations of barium were found in supply wells of Bauru Aquifer System (BAS), with occurrences of levels above the drinking limit (0.7 mg/L). These concentrations were found by CETESB monitoring and some previous studies. Tavares (2013) and Crespi (2013) indicate that contamination in this area has natural origin, from the leaching of carbonate cementation of Marília Formation.

Using bibliographic data and expanding the study to the entire region of the Espigão de Marília this study aimed to increase knowledge about this anomaly and try to understand their behavior with aid of isotopic data (O and H) of rain and groundwater.

For the understanding of the anomaly, a database was built with information from DAAEE, CETESB and CPRM wells. After the register of this database, some geological sections were made, the groundwater flow conceptual model for the area, and a geological model. After this step, 22 wells were selected for the three sampling campaigns. At the same time was installed in DAAEE of Marília a rain collector that operated from middle of 2014 by the end of 2015, to construct a Local Meteoric Water Line. The wells have been grouped according to the geology, and some patterns were discovered.

It was possible to notice that there is a problem about chloride and nitrate contamination. Barium contamination appeared at various points, not being restricted to just one Formation. Without any relation with man-made components, according to the bibliography, this anomaly confirms natural. High levels of barium also appear in places with greater geological variety.

The analysis of the isotopes of hydrogen and oxygen of the samples showed that the waters sampled are isotopic depleted compared to the rain. In pumping test was possible to monitor the evolution of the signature with the depth.

It is possible to conclude that the barium anomaly is spread all over the Espigão de Marília, in general in wells with filters in Marília and Adamantina Formations, which have a higher content of magnesium, not necessarily having a human influence.

KEY WORDS: Barium Hydrogeochemistry, Bauru Aquifer System, Environmental Isotopes

Índice

1. Introdução 6
2. Objetivos 8
3. Área de Estudo 9
   3.1. Geologia da área de Estudo 9
   3.2. Geomorfologia da área de estudo 13
   3.3. Hidrogeologia da Área de estudo 13
   3.4. Hidrogeoquímica e Estudos isotópicos na Área de estudo 15
4. Embasamento Teórico 17
   4.1. Hidrogeoquímica do Bário 17
      4.1.1. Características Físico-Químicas do elemento bário 17
      4.1.2. Ocorrências naturais do bário 18
      4.1.3. Usos e contaminações de bário 19
      4.1.4. Efeitos nocivos do bário 21
      4.1.5. Estudos de ocorrências de bário 21
   4.2. *Isótopos* 24
      4.2.1. Definição 24
      4.2.2. Fracionamento isotópico 25
      4.2.3. Isótopos Ambientais 26
      4.2.4. Padrões de medida 27
      4.2.5. Isótopos estáveis de O e H 27
      4.2.6. Reta Meteórica Global (GMWL) 28
5. Metodologia 30
   5.1. Catálogo e Seleção de Poços 30
   5.2. Seleção dos Locais de Amostragem 31
   5.3. Embasamento Hidroestratigráfico 31
   5.4. Coleta de Amostras 31
   5.5. Análises Químicas 35
      5.5.1. Espectrometria de Chama 35
      5.5.2. Cromatografia iônica 35
      5.5.3. Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma (ICP-OES) 36
   5.6. Análises Isotópicas 36
      5.6.1. PICARRO 36
   5.7. Tratamento dos dados 36
6. Resultados 37
   6.1. Catálogo e Seleção dos Poços 37

6.2. Modelo Hidrogeológico da área de estudo 37
6.2.1. Descrição da Litologia da Área de Estudo 39
6.2.2. Modelo Conceitual de Fluxo e Mapa Potenciométrico 40
6.3. Hidroquímica 44
6.3.1. Amostras de Chuva e Água de Nascente 44
6.3.2. Amostras de Água Subterrânea (Primeira e Segunda Campanha) 48
6.3.3. Amostras de Água Subterrânea (Terceira Campanha – Teste Bombeamento) 67
6.4. Análises Isotópicas 99
6.4.1. Local Meteoric Water Line (LMWL) 99
6.4.2. Amostras de Água Subterrânea (Primeira e Segunda Campanha 102
6.4.3. Terceira Campanha 105
7. Discussão dos Resultados 108
7.1. Amostras de Chuva e Água da Nascente 108
7.2. Amostras de Água Subterrânea (Primeira e Segunda Campanha) 109
7.3. Amostras de Água Subterrânea (Terceira Campanha) 117
7.4. Análise Isotópica e Reta Meteórica Local 118
8. Conclusão 120
9. Referências Bibliográficas 122
10. ANEXOS 130

Índice de Figuras

Figura 3.1: Área de Estudo (Fonte: IPT, 2016)..... 9
Figura 3.2: Mapa geológico das entidades tectono-estratigráficas do Estado de São Paulo (CPRM, 2006)..... 10
Figura 4.1: Diagramas Eh-pH para os sistemas Ba-O-H e Ba-S-OH-C (BROOKINS, 1987, TAKENO, 2005, extraído de Tavares, 2013)..... 19
Figura 4.2: Fontes antrópicas associadas com a presença de bário em aquíferos do Estado de São Paulo. (Extraído de Tavares, 2013) 20
Figura 4.3: Mudança nos valores de δ^{18} O, de acordo com a Destilação de Rayleigh (Clark & Fritz, 1997, extraído de Martins, 2008)..... 30
Figura 5.1: Coletor de Chuva (extraído e traduzido de IAEA, 2002)..... 34
Figura 6.1: Geologia da área de estudo (Fonte: IPT (2016) modificado de DAEE/UNESP (1980)). 38
Figura 6.2: Modelo Conceitual de Fluxo da área de estudo 41
Figura 6.3: Mapa Potenciométrico do aquífero superior do SAB (Fonte: IPT (2016)). . 43
Figura 6.4: Concentrações dos íons versus amostras representativas de cada período 46
Figura 6.5: Piper das amostras de chuva e amostras de água da nascente. 48
Figura 6.6: Diagrama de Piper de todas as amostras das duas campanhas. O círculo em vermelho engloba amostras mais rasas e o em azul as mais profundas. 49
Figura 6.7: Stiff dos poços IPT41 e IPT63..... 52
Figura 6.8: Diagrama Stiff para o poço IPT316 54
Figura 6.9: Diagrama tipo Piper das amostras do grupo Aquíferos Marília e Adamantina 55
Figura 6.10: Gráfico tipo Box&Whiskers para as concentrações de NO_3 encontradas nos grupos Aquífero Marília, Aquífero Adamantina, Aquíferos Marília e Adamantina_1 e Aquíferos Marília e Adamantina_2. 56
Figura 6.11: Stiffs Representativos dos poços do grupo Aquíferos Marília e Adamantina_1..... 58
Figura 6.12: Stiffs do grupo Aquífero Marília e Adamantina_2 61
Figura 6.13: Diagramas tipo Stiff do grupo Aquíferos Adamantina e Araçatuba 63
Figura 6.14: Stiffs do grupo Aquíferos Marília, Adamantina e Araçatuba 65
Figura 6.15: Stiff Representativo do Grupo Aquíferos Marília, Adamantina e Serra Geral..... 67
Figura 6.16: Piper de todas as amostras do poço IPT44..... 68
Figura 6.17: Stiffs das amostras do bombeamento do poço IPT44 70
Figura 6.18: Diagrama tipo Piper das amostras do IPT49..... 72
Figura 6.19: Stiffs das amostras do bombeamento do poço IPT49 74
Figura 6.20: Piper das amostras do Poço IPT63..... 76
Figura 6.21: Stiffs das amostras de bombeamento do poço IPT63 78
Figura 6.22: Piper das amostras do poço IPT72 80
Figura 6.23: Stiffs do poço IPT72 82
Figura 6.24: Piper das amostras do poço IPT130 84
Figura 6.25: Stiffs das amostras do Bombeamento do poço IPT130..... 86
Figura 6.26: Diagrama tipo Piper das amostras do poço IPT245 88
Figura 6.27: Stiffs das amostras do teste de bombeamento..... 90
Figura 6.28: Piper das amostras do poço IPT261 92
Figura 6.29: Stiffs das amostras do poço IPT261..... 94
Figura 6.30: Piper das amostras do poço IPT347 96
Figura 6.31: Stiff das amostras do teste de bombeamento do poço IPT347 98

Figura 6.32: Reta meteórica local construída no estudo versus reta meteórica local da IAEA 101
Figura 6.33: Reta meteórica local com os dados das amostras das duas primeiras campanhas. O circulo verde representa o primeiro grupo e o criculo roxo representa o segundo grupo 103
Figura 6.34: Dados isotópicos das amostras do primeiro grupo na LMWL 104
Figura 6.35: Dados isotópicos das amostras do terceiro grupo na LMWL 105
Figura 6.36: Reta meteórica local com as amostras do teste de bombeamento 106
Figura 6.37: Reta meteórica local com os dados das amostras do poço IPT130 107
Figura 7.1: Piper com as amostras de 15 e 30 minutos do bombeamento mais as de chuva e de água da nascente 109
Figura 7.2: Concentrações Ba x Concentrações de NO3, com os limites de potabilidade 110
Figura 7.3: Teores de K^+ nos grupos. 111
Figura *7.4: Teores de Na^+ nos grupos* 112
Figura 7.5: Teores de PO_4^{-2} nos grupos 113
Figura 7.6: Distribuição dos tipos hidroquímicos das amostras dos poços amostrados no Espigão de Marília (preparado no LABGEO/CTGeo/IPT) 114
Figura 7.7: Teores de Ba^{+2} nos grupos. 115
Figura 7.8: Figura 5 - Distribuição das anomalias de bário no SAB no Espigão de Marília (Retirada de Rios et al., 2016) 116
Figura 7.9: Gráfico de dispersão Ba^{2+} x Mg^{2+} 117
Figura 7.10: Gráfico de concentrações dos elementos analisados por amostras do poço IPT130 118
Figura 7.11: Gráfico de concentrações dos elementos analisados por amostras do poço IPT44 118
Figura 7.12: Gráfico com os dados dos bombeamentos de 15 e 30 min e amostras de chuva e da nascente. 119

Índice de Tabelas

Tabela 3.1: Caracterização clássica das unidades litoestratigráficas do grupo Bauru (extraída de Paula e Silva, 2003). 10
Tabela 3.2: Unidades litoestratigráficas definidas na porção oriental da Bacia Bauru e suas principais características, sem conotação estratigráfica (Fernandes, 1998). 12
Tabela 4.1: Casos Mundiais de Anomalias de bário em Aquíferos 23
Tabela 4.2 Isótopos ambientais mais utilizados (Extraído de Aravena & Clark, 2005) 26
Tabela 5.1 Poços Amostrados por Município 32
Tabela 6.1: Descrição das formações segundo os dados obtidos. 39
Tabela 6.2: Cota, topo e espessura das Formações (extraído de Martiliano, 2014). 40
Tabela 6.3: Dados das amostras de chuva. 45
Tabela 6.4: Análises químicas da Nascente Beraldin 47
Tabela 6.5: Análises químicas do grupo Aquífero Marília 51
Tabela 6.6: Análises químicas do grupo Aq. Adamantina 53
Tabela 6.7 - Resultado das análises químicas do grupo Aquíferos Marília e Adamantina_1 57
Tabela 6.8: Análises química do Grupo Aquíferos Marília e Adamantina_2 60
Tabela 6.9: Análises Químicas do grupo Aquíferos Adamantina e Araçatuba 62

Tabela 6.10: Análises químicas do grupo Aquíferos Marília, Adamantina e Araçatuba. 64
Tabela 6.11: Análises químicas do grupo Aquíferos Adamantina, Araçatuba e Serra Geral..... 66
Tabela 6.12: Análises químicas do poço IPT44 69
Tabela 6.13: Análises químicas do poço IPT49 73
Tabela 6.14: Análises Químicas das amostras do poço IPT63 77
Tabela 6.15: Análises químicas das amostras do poço IPT72 81
Tabela 6.16: Dados das Análises Químicas do poço IPT130..... 85
Tabela 6.17: Análises químicas das amostras do poço IPT245 89
Tabela 6.18: Análises químicas das amostras do poço IPT261 93
Tabela 6.19: Análises químicas do poço IPT347 97
Tabela 6.20: Diferenças entre as estações de coleta..... 100
Tabela 6.21: Dados das análises isotópicas das amostras de chuva e da nascente. 102
Tabela 6.22: Estatística do excesso de Deutério nas amostras de chuva, da nascente e da primeira e da segunda campanha..... 102
Tabela 6.23: Estatística do excesso de Deutério nas amostras de chuva, da nascente e da terceira campanha 105
Tabela 7.1: Análises Físico-Químicas de Águas de Chuvas (Amostras coletadas no período de janeiro a março de 1983) (extraído de Campos, 1987) 108

Índice de Equações

Equação 3.1: Reta Meteórica local do SAB (Barison, 2003) 16
Equação 4.1: Equação Hidrólise do bário 17
Equação 4.2: Reação natural do bário..... 18
Equação 4.3 Razão Isotópica 24
Equação 4.4 Valor de δ com o erro de equipamento. 24
Equação 4.5 Valor de δ 25
Equação 4.6 Fator de fracionamento isotópico em uma Reação (Urey, 1947)..... 25
Equação 4.7 Fracionamento Isotópico (IAEA, 2001)..... 25
Equação 4.8 Fracionamento e delta 26
Equação 4.9 GMWL (Craig, 1961)..... 28
Equação 4.10 Equação GMWL (Rosanski et al. 1993) 29
Equação 4.11: Coeficiente Angular da GMWL..... 29
Equação 4.12: Excesso de Deutério..... 29

1. Introdução

Segundo os relatórios de qualidade de águas subterrâneas da CETESB, a porcentagem de municípios no Estado de São Paulo abastecidos total ou parcialmente por água subterrânea, subiu de 72% para 80% nos últimos doze anos (CETESB, 2012), indicando que há um aumento na demanda desse recurso.

Conhecer a qualidade da água subterrânea, bem como compreender seus mecanismos de recarga e possíveis impactos ambientais associados a eles, é de suma importância para o gerenciamento e o uso sustentável desse recurso.

Dessa forma, a CETESB, através do programa de monitoramento da qualidade, vem detectando, ao longo dos anos (2001 a 2012), concentrações anômalas de bário em poços de abastecimento do Sistema Aquífero Bauru (SAB), com casos de ocorrências de teores acima do limite de potabilidade (0,7 mg/L. Nos relatórios trienais de qualidade de águas subterrâneas, a concentração de bário no SAB tem mantido uma mediana de 0,16 mg/L (CETESB, 2004, 2007 e 2010), com valores máximos de 1,35 mg/L (2004), 0,85 mg/L (2007), 0,988 mg/L (2010) e 0,972 mg/L (2012).

Com o intuito de estabelecer um valor base para os aquíferos não contaminados, a CETESB utiliza o parâmetro Valor de Referência de Qualidade (VRQ), que representa o *background* do aquífero. De todos os sistemas aquíferos do Estado de São Paulo, o SAB é o que possui maior VRQ para o parâmetro bário (0,25 mg/L), enquanto os demais sistemas possuem VRQ em torno de 0,08 e 0,1 mg/L (CETESB, 2012). Esses dados mostram que o SAB apresenta maiores concentrações de Bário em relação aos demais aquíferos.

O SAB aflora em regiões que ocupam pouco mais de 40% do Estado de São Paulo e ocorre numa área onde os municípios se abastecem quase que exclusivamente por água subterrânea (CETESB, 2012).

Diante desse quadro, esse estudo vem aplicar o uso de ferramentas científicas como os isótopos, ainda não incorporadas no sistema de monitoramento da CETESB, a fim de contribuir com uma melhor compreensão sobre a origem desse contaminante.

Esta pesquisa está vinculada ao projeto do IPT 330416A - Estudos de Restrições em Aquíferos no Alto Aguapeí e Alto Peixe (Bauru e Guarani), coordenado pela pesquisadora Tatiana Tavares. Esse projeto é uma ampliação de escopo e área de um projeto de auxílio à pesquisa financiado pelo CNPq (Processo 577561/2008-1) coordenado pelo professor Reginaldo Bertolo, no qual a pesquisadora desenvolveu o seu doutorado (TAVARES, 2013) e a mestranda, autora desse projeto de mestrado, realizou seu trabalho de formatura (TF) (RIOS, 2013). O projeto CNPq contou também com um mestrado (CRESPI, 2013) e um TF (FIUME, 2010). E atualmente, além desse mestrado, um TF foi desenvolvido (MARTILIANO, 2014), um doutorado e um trabalho de formatura estão em desenvolvimento.

Com a necessidade de se ampliar a investigação das anomalias de bário no SAB, foram adicionados poços análises isotópicas na atual pesquisa. Essa dissertação de mestrado tem como objetivo o uso de isótopos de H e O para caracterizar o comportamento do bário nos poços de abastecimento do Espigão de Marília.

As ferramentas isotópicas têm sido utilizadas na investigação de contaminações, auxiliando na quantificação de misturas de águas com diferentes origens e no reconhecimento das origens dos contaminantes. Nesse sentindo é importante obter dados isotópicos de todo o sistema hídrico da área de estudo, incluindo a chuva, as águas superficiais e as águas subterrâneas.

Trabalhos anteriores (Tavares et al., 2015, Tavares, 2013; Crespi, 2013) mostram que as anomalias de bário no SAB, onde aflora a Formação Marília, são de origem natural. O bário encontra-se disperso na cimentação carbonática do arenito, associado a óxidos de manganês e a k-feldspatos. Sua concentração na água subterrânea é controlada pelos minerais calcita e barita, bem como pela adsorção e troca iônica em argilominerais como a montmorilonita e ilita nas porções mais profundas do aquífero. Com o aumento da exploração desse recurso e variação na recarga, essas anomalias podem se intensificar. As ferramentas isotópicas e químicas utilizadas nesse trabalho podem ajudar a avaliar essas hipóteses.

Estudos de casos similares foram feitos no exterior e no Brasil. No Brasil temos um caso similar na Baía de Guanabara (RJ) (Gomes *et al.*, 2011) atribuído a variação de recarga, e no exterior, casos atribuídos a mudança do índice de saturação de minerais de bário devido a remoção de sulfato do aquífero. No exterior há um caso no nordeste da Estônia, onde foram utilizados isótopos estáveis, associados a hidroquímica e hidrogeologia, para determinar qual a fonte da anomalia de bário (Mokrik *et al*.,2009; Karro et al, 2009). Neste caso havia um aumento da salinidade e dos índices de bário em alguns poços; através da assinatura isotópica, bem mais empobrecida que a recarga, descobriu-se que este aquífero estava em contato hidráulico com o aquífero cristalino, mais antigo, com salinidade elevada e rico em bário. Há ainda casos em Illinois (EUA) (Gilkerson, 1978), Nova York (EUA) (Moore *et al*, 1984), Kentucky (EUA) (Reedy *et al*, 2011; Wunsch, 1991), Manitoba (Canadá) (Underwood et al., 2009).

2. Objetivos

O objetivo principal do presente projeto é avaliar o comportamento da anomalia de bário a partir da aplicação de isótopos de H e O, no aquífero Bauru, região do Espigão de Marília. Isso inclui verificar o comportamento dos isótopos estáveis e quais as prováveis relações entre a fonte de recarga natural (Chuva) e a mistura de água nos poços estudados. Com os isótopos será possível verificar a assinatura da recarga e estratificar o aquífero, permitindo uma melhor compreensão da dinâmica do bário.

Como objetivos específicos há também a confecção do modelo hidrogeológico conceitual da região com o auxílio de levantamento de dados básicos. Esse levantamento envolve o cadastramento de poços existentes na região de estudo, a confecção de perfis para o estudo hidrogeológico, e refinamento destes perfis a partir das análises das amostras de água coletadas durante o teste de bombeamento e levantamento de dados químicos existentes.

Relacionado à aplicação de isótopos as questões orientadoras são:

- Toda a contaminação de Ba está relacionada ao mesmo aquífero ou a águas de profundidades diferentes?
- Qual a relação entre a trajetória da água subterrânea, a litologia e a contaminação de bário?
- Qual a relação entre os isótopos de H e O com as diferentes composições químicas da água, conforme se aprofunda nos aquíferos?
- Como se comporta a reta meteórica local? Qual a sua relação com o fluxo local?
- Os isótopos de H e O podem auxiliar na investigação da contaminação de Ba? Como?

Outras perguntas que também podem ser respondidas com o estudo:

- O comportamento da anomalia de bário é semelhante em toda a área de estudo?
- Quais as áreas mais afetadas? Qual a característica dos poços com as anomalias?

3. Área de Estudo

A área de estudo está localizada na região do Espigão de Marília (Figura 3.1), no oeste do estado de São Paulo, com uma área total de 1700 km^2. Os municípios que foram estudados são: Marília, Quintana, Pompéia, Oriente, Álvaro de Carvalho, Garça, Gália, Vera Cruz, Lupércio, Alvinlândia e Ocaçu.

A escolha da área de estudo foi feita com base nos estudos anteriores (Tavares, 2013, Tavares et al., 2015) que concluíram que o bário estava presente na cimentação carbonática da Formação Marília que sustenta o relevo tabular limitado por escarpa abrupta do Espigão de Marília. Sendo assim, todos os municípios que continham o Espigão foram estudados. Estas cidades apresentaram teores de bário elevados sendo que em alguns casos foram encontrados valores muito próximos ou acima do valor de potabilidade (0,7 mg/L). Como exemplo foram encontrados os valores de 0,66 mg/L em Gália, 0,97 mg/L em Pompéia e 0,79 mg/L em Oriente (CETESB 2012).

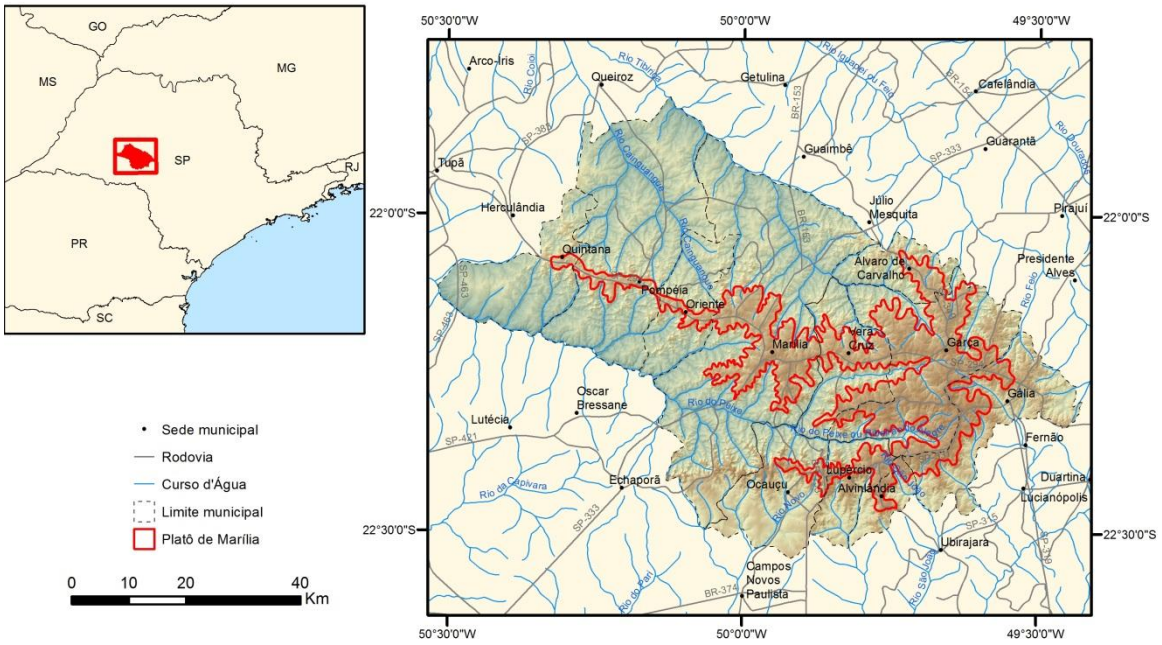


Figura 3.1: Área de Estudo (Fonte: IPT, 2016).

3.1. Geologia da área de Estudo

A região de estudo se encontra dentro do contexto geológico da Bacia Sedimentar do Paraná (BSP), que possui uma área com aproximadamente 1.050.000 km² apenas em território nacional (CPRM, 2003). A BSP pode ser subdividida em três áreas de sedimentação ou bacias independentes, separadas por discordâncias (CPRM, 2003): i) Bacia do Paraná, correspondente a uma área de sedimentação primitiva, aberta para o oceano Panthalassa

(paleo-oceano Pacífico) a oeste, que correspondem às supersequências Rio Ivaí, Paraná, Gondwana I e II de Milani (2004); ii) Bacia Serra Geral, composta pelos arenitos eólicos da Formação Botucatu e derrames basálticos da formação Serra Geral, que correspondem à Supersequência Gondwana II de Milani (2004); e iii) a Bacia Bauru, intracratônica que corresponde à Supersequência Bauru de Milani (2004).

A Bacia Bauru (Figura 3.2) é uma sequência supra basáltica neocretácea, associada ao último episódio de subsidência e sedimentação da Bacia do Paraná (Zalán et al., 1990), com idades entre 115 e 65 Ma (Milani, 2004). Essa Bacia tem como substrato as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e apresenta espessura máxima de 300m. São atribuídas duas fases de deposição: uma associada a um ambiente desértico e ao Pantanal Araçatuba, um sistema eólico-flúvio. Inicialmente foi descrita como composta pelas formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília, (Soares et al, 1980). A tabela 3.1 apresenta um resumo das características das unidades do Grupo Bauru de acordo com essa divisão inicial.

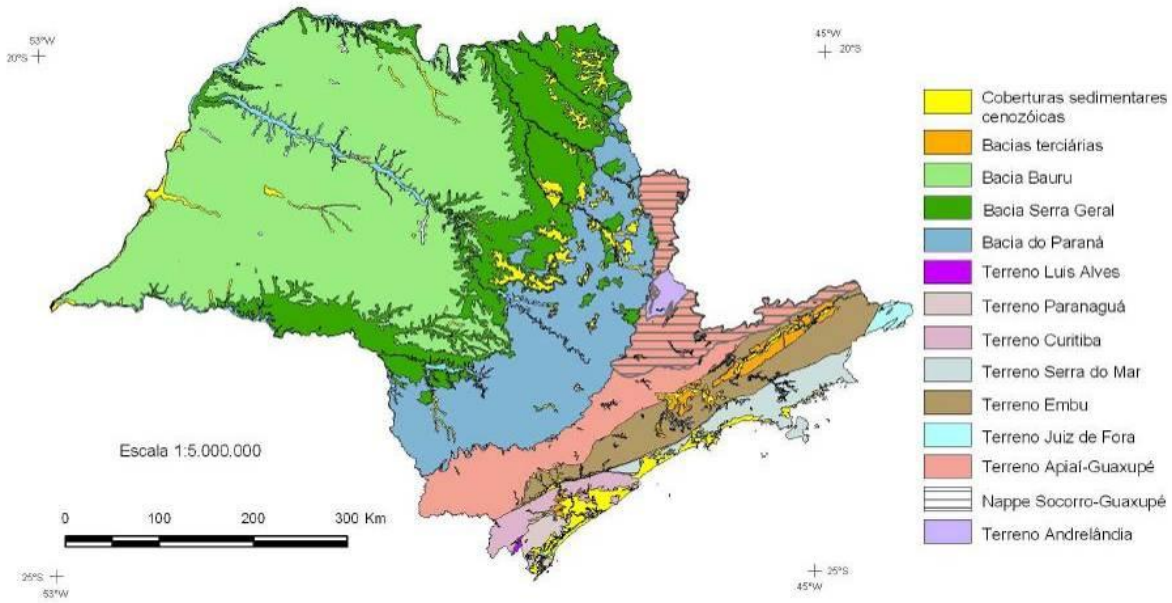


Figura 3.2: Mapa geológico das entidades tectono-estratigráficas do Estado de São Paulo (CPRM, 2006).

Fernandes (1992) elevou a Formação Caiuá à condição de Grupo, com a Bacia Bauru sendo então composta pelos grupos Caiuá (formações Goio Erê, Rio Paraná e Santo Anastácio) e Bauru (formações Adamantina, Marília e Uberaba e analcimitos Taiúva). Posteriormente, Fernandes (1998) redefiniu as unidades do Grupo Bauru, substituindo a Formação Adamantina pela Formação Vale do Rio do Peixe, sendo assim, o grupo Bauru é composto pelas Formações Vale do Rio do Peixe, São José do Rio Preto, Presidente Prudente, Marília, Araçatuba e Uberaba. A tabela 3.1 sintetiza as descrições clássicas dessas unidades, enquanto a tabela 3.2 demonstra a nova classificação. Nota-se que houve um aumento nas compartições sedimentares e maior detalhamento das observações.

Tabela 3.1: Caracterização clássica das unidades litoestratigráficas do grupo Bauru (extraída de Paula e Silva, 2003).

Unidade	Características Litológicas
Marília	Foi formalmente caracterizada por Soares *et al.* (1980) como uma unidade composta por arenitos grossos a conglomeráticos, teor de matriz variável, ricos em feldspatos, minerais pesados e minerais instáveis, maciços ou com acamamento incipiente subpararalelo e descontínuo, raras estratificações cruzadas de médio porte e raras camadas descontínuas de lamitos vermelhos e calcários. Sua espessura máxima foi estimada em 160 metros, na região de Marília-SP.
Adamantina	Foi formalmente caracterizada por Soares *et al.* (1980) como um conjunto de fácies compostas por bancos de arenito róseo a castanho, de espessura variando entre 2 e 20 metros, de granulação fina a muito fina, portando estratificação cruzada, intercalados com bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos, de cor castanho avermelhada a cinza castanho, maciços ou com acamamento plano-paralelo, com marcas de onda e microestratificação cruzada. Sua espessura máxima foi estimada em 182 metros, no sudoeste paulista (Mezzalira, 1974).
Araçatuba	Proposta por Suguio (1981) e redefinida por Batezelli *et al.* (1999), foi descrita como constituída por siltitos arenosos cinza esverdeados, ora maciços, ora com estratificações plano-paralelas e cruzadas, com variações laterais para siltitos argilosos ou arenitos lamíticos, intercalados a bancos de arenitos muito finos, com ocorrências de moldes romboédricos de cristais salinos e espessura média estimada em 30 metros.
Santo Anastácio	Foi formalmente caracterizada por Soares *et al.* (1980) como constituída predominantemente por arenitos de cor marrom avermelhada, de granulação muito fina a média, com grãos recobertos por película limonítica, teor de matriz inferior a 15%, elevada percentagem (até 15%) de grãos de opala e feldspato, cimentação e nódulos calcíferos localizados, com incipiente estratificação plano-paralela e cruzada tangencial de baixo ângulo (5° a 10°) e lentes descontínuas de lamito marrom avermelhado. Sua espessura foi estimada em 80 metros.
Caiuá	Foi formalmente descrita por Soares *et al.* (1980) como uma unidade caracterizada por sua notável uniformidade litológica, representada por arenitos avermelhados a arroxeados, muito finos a médios, com grãos envoltos por película limonítica, com estratificação cruzada tangencial de grande porte, teor de matriz lamítica inferior a 5%, de ocorrência restrita à região sudoeste do Estado de São Paulo. Sua espessura máxima conhecida é de 200 metros no Morro dos Três Irmãos, no noroeste do Paraná.

Tabela 3.2: Unidades litoestratigráficas definidas na porção oriental da Bacia Bauru e suas principais características, sem conotação estratigráfica (Fernandes, 1998).

Unidade Litoestratigráfica			Principais Características	Contexto Deposicional
Grupo	Formação	Membro		
Bauru	Analcimitos Taiúva (Klu)		Rocha ígnea de natureza alcalina, marrom-clara a avermelhada, textura afanítica. Algumas vezes apresentam amígdalas e fraturas preenchidas por calcita.	Vulcânica extrusiva
	Marília	Echaporã	Arenitos finos a médios imaturos, com fração grossa a grânulos, de cores bege a rosa (pálidos), em unidades de aspecto maciço com intensa cimentação e nodulação carbonática, de espessura média de 1m; podem ocorrer discreta concentração de clastos e intercalações de lentes de lamitos arenosos	Zonas distais de leques aluviais
		Ponte Alta	Arenitos imaturos, lentes de conglomerados (casco-de-burro) e de lamitos, todos intensamente cimentados por carbonato (calcários impuros); acinzentados; de aspecto geral homogêneo (maciço). Podem ser separados três litotipos básicos: 1) calcário arenoso de aspecto maciço, 2) calcário conglomerático de matriz arenosa, e 3) calcário fino fragmentado (pseudobrecha).	Sistema fluvial entrelaçado, partes medianas de leques aluviais
		Serra Galga	Arenitos e arenitos conglomeráticos imaturos, de cor amarelo-pálido a avermelhados; em estratos lenticulares com frequente estratificação cruzada tabular a acanalada de médio a pequeno porte; de lentes de conglomerados e lamitos	Sistema fluvial entrelaçado, partes medianas de leques aluviais
	Uberaba		Arenitos muito finos/lamitos siltosos (c/ grãos de perovskita), matriz argilosa verde; intercalações secundárias de siltitos e argilitos; em estratos tabulares a lenticulares. Inclui materiais derivados de retrabalhamento de rochas ígneas efusivas e intrusivas (básicas, ultrabásicas, intermediárias e alcalinas).	Rios entrelaçados de baixa a média sinuosidade
	Presidente Prudente		Arenitos muito finos a finos de seleção moderada a má, matriz lamítica, de cores marrom-avermelhado claro a bege e lamitos argilosos marrom escuro (chocolate); feições de preenchimento de canais rasos com estratificação cruzada acanalada; corpos tabulares com estratificação sigmoidal interna, e com estratificação plano-paralela e estruturas de fluxo aquoso de regime inferior dominante e maciços.	Sistema fluvial meandrante arenoso fino, de canais rasos
	São José do Rio Preto		Arenitos muito finos a finos, com frações de areia média e grossa, frequentemente conglomerático, de seleção moderada a má, cor marrom-claro a bege, com estratificação cruzada acanalada a tabular tangencial na base (padrão festonado). Podem ocorrer intercalações subordinadas arenitos a siltitos com estratificação plano-paralela e estruturas de fluxo aquoso de regime inferior.	Sistema fluvial entrelaçado arenosa
	Vale do Rio do Peixe		Arenitos muito finos a finos, seleção moderada a boas, de cores marrom-claro, rosado a alaranjado; em estratos tabulares maciços ou com estratificação grosseira, intercalados com unidades de espessura submétrica, com estratificação cruzada e de lamitos arenosos maciços.	Lençóis de areia com campos de dunas baixas, com depósitos de loesse e de waals
	Araçatuba		Siltitos e arenitos muito finos, de cor cinza esverdeado, em estratos tabulares de aspecto maciço, em geral de espessura decimétrica.	Pantanal inferior
Caiuá	Rio Paraná		Arenitos finos a muito finos, de cor marrom-avermelhada a arroxeado, bem selecionados, com notável estratificação cruzada de média a grande porte.	Complexos de dunas eólicas de grande porte (draas), parte central de *sand sea* inferior
	Goio Erê		Arenitos sinos a muito finos, submaturos, de cores marrom-avermelhada a cinza-arroxeado, em estratos tabulares de espessura decimétrica, intercalados, maciços ou com estratificação cruzada acanalada de médio a pequeno porte.	Zonas periféricas de *sand sea*, dunas eólicas médias e interdunas
	Santo Anastácio		Arenitos finos a muito finos, de cor marrom-claro, em estratos tabulares de aspecto maciço de espessura em geral decimétrica.	Lençóis de areia

3.2. Geomorfologia da área de estudo

A área de estudo está localizada na Província Geomorfológica determinada Planalto Ocidental. O Planalto ocidental é a continuidade física reversa das Cuestas Basálticas, tendo seus limites definidos convencionalmente. A densidade da drenagem apresenta variações de acordo com o relevo, sendo que a densidade nos relevos sobre rochas sedimentares é maior do que as sobre os basaltos (CBH-AP, 1997).

O Planalto ocidental é composto por colinas e morrotes, sendo que há um destaque em uma região mais acidentada, chamada, por Poçano *et al.* (1979), como Planalto de Marília – onde se localiza a área de estudo.

O Planalto de Marília possui um relevo de colinas amplas e médias, que se tornam escarpas festonadas, espigões irregulares e encostas sulcadas por vales paralelos, e na região de Marília há a presença de morrotes alongados e espigões decorrentes da formação Marília (CBH-AP,1997).

Segundo a estação Meteorológica do INMET em Bauru, a precipitação anual média nos últimos 10 anos é de 1200 mm, enquanto a média anual de temperatura é de 22,5 ºC, com médias anuais máximas de 32,7 ºC e médias anuais mínimas de 12,5 ºC. Desse valor de precipitação, considerando as perdas por evapotranspiração, apenas 29%, em média, se torna escoamento e recarrega os aquíferos, sendo então a recarga de 348 mm/ano (DAEE, 2000).

3.3. Hidrogeologia da Área de estudo

A região de estudo se encontra na Região Hidrográfica do Paraná, que possui uma área de 879.860 km^2 e engloba os estados de São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina e Distrito Federal (CETESB, 2002). A área de estudo está inserida no Sistema Aquífero Bauru, que é uma extensa unidade hidrogeológica. Essa unidade ocupa 40% do Estado de São Paulo, é contínua, livre a semi-confinada, composta por rochas predominantemente siliciclásticas, e possui uma espessura média de 100 metros, podendo alcançar 300 m. Apresenta uma porosidade efetiva de 15% nas camadas arenosas e 5% nos arenitos siltosos e calcíferos. Devido a sua heterogeneidade, o aquífero possui uma condutividade hidráulica bem variada, com uma média de 0,5 m/dia, possuindo assim valores de transmissividade da ordem de 10 m^2/dia a 100m^2/dia (CETESB, 2003). Sua principal fonte de recarga é a chuva (DAEE, 1976) e sua principal área de descarga são os rios Turvo, São José dos

Dourados, Aguapeí-Peixe, Santo Anastácio, Paranapanema, Tietê, Grande e Paraná (DAEE, 2000).

Este sistema pode ser dividido em diversas unidades hidroestratigráficas, que são basicamente as unidades estratigráficas, definidas e distinguidas pelas suas propriedades condutoras (ou não) de água. As unidades hidroestratigráficas encontradas na área de estudo estão descritas a seguir e levam em consideração a divisão de unidade hidroestratigráfica proposta por Paula e Silva (2003).

- Aquífero Serra Geral: Aquífero de extensão regional, é fraturado, livre a semiconfinado, heterogêneo e anisotrópico. É composto majoritariamente por basaltos de composição toleítica decorrentes de um derrame, porém também apresenta diversos corpos tabulares intrusivos e um grande número de diques basálticos (IPT, 1981). Possui uma área de 32000 km^2, em áreas menos fraturadas aparece como aquitarde confinando o aquífero bauru, mas onde sem comporta como aquífero apresenta uma vazão média de 37,5 m^3/h, porosidade efetiva média de 0,08 e recarga 150 mm/ano (Maciel *et al*., 2012)
- Aquífero Birigui: Aquífero confinado, contínuo, anisotrópico e heterogêneo, composto pela Formação Birigui. É confinado embaixo pelos basaltos da Formação Serra Geral e em cima pelos lamitos da Formação Araçatuba. Sua Heterogeneidade e anisotropia ocorrem devido à variedade da granulometria da formação Birigui (Paula E Silva, 2003).
- Aquitarde Araçatuba: Composto pela Formação Araçatuba, age como barreira de permeabilidade negativa dos demais aquíferos do grupo. Possui uma espessura máxima de 30m e provoca o confinamento parcial dos aquíferos Caiuá, Santo Anastácio e Birigui (Paula e Silva, 2003).
- Aquífero Adamantina: Aquífero livre a semiconfinado, heterogêneo e anisotrópico, composto pelas Formações Vale do Rio do Peixe e Presidente Prudente (Fernandes, 2004) ou pela Formação Adamantina (Soares *et al.*, 1980). Seu semiconfinamento ocorre devido a heterogeneidade da formação, que apresenta camadas de maior cimentação e intercalações pelíticas. Esta variação na litologia é o que determina a anistropia e heterogeneidade, que ocorre mesmo em porções próximas do aquífero (Paula e Silva, 2003). Possui uma vazão média de 19 m^3/h, uma porosidade média de 0,15, condutividade hidráulica média de 1,5 m/dia, gradiente hidráulico de 0,02, porosidade efetiva de 0,12 e recarga anual de 250 mm/ano (Maciel *et al.*, 2012). A transmissividade varia de 30 a 50 m^2/dia (DAEE, 2000).

- Aquífero Marília: Aquífero livre a semiconfinado, contínuo, possui características hidrodinâmicas desfavoráveis devido à forte cimentação carbonática, composto pela Formação Marília. A variação na cimentação das rochas da formação Marília causa uma variação na porosidade, que gera a anisotropia e heterogeneidade, podendo ocasionar o confinamento hidráulico em algumas porções do aquífero (Paula e Silva, 2003). Possui uma vazão média de 7,5 m^3/h, porosidade média de 0,13, condutividade hidráulica média de 1 m/dia, gradiente hidráulico de 0,04, porosidade efetiva média de 0,1 e recarga anual de 250 mm/ano (Maciel *et al.*, 2012).

A classificação das águas encontradas, segundo o diagrama de Piper, varia entre bicabornatadas cálcicas e bicabornatadas sódicas, sendo encontradas também águas clorossulfetadas cálcicas e calco-magnesianas

3.4. Hidrogeoquímica e Estudos isotópicos na Área de estudo

Em 1976 (DAEE, 1976) separou as águas do Bauru superior como sendo de dois tipos principais:

- Um tipo superior, correspondente a formação Marília com a composição rCa>rMg>rNa e $rHCO_3$>>Cl
- Um tipo inferior, correspondente a Formação Adamantina, com composição rNa>rCa>rMg e $rHCO_3$>> Cl

Quanto a classificação das águas da área de estudo foi definida em 1979 (DAEE,1979) e confirmada por diversos autores (Campos, 1987; Coelho, 1996; Kimmelmann, 1991; Barison, 2003; Stradiotto, 2007; Tavares, 2013; CETESB, 2009, 2012) como sendo dois tipos predominantes:

- As águas bicarbonatadas cálcicas / calco magnesianas
- Águas bicarbonatadas sódicas.

As águas presentes na Formação Marília seriam do primeiro tipo e na Formação Adamantina ocorreriam os dois tipos de águas. Ambas são fracamente mineralizadas e apresentam uma condutividade elétrica inferior a 360μS/cm (Coelho, 1996), contudo a Formação Marília devido a maior quantidade de carbonatos, apresenta maiores valores de Alcalinidade e a Formação Adamantina maior pH, por ser mais profunda (Campos, 1987).

As águas encontradas têm uma composição marcante de cálcio, magnésio e bicarbonato, sendo que os demais elementos aparecem em quantidades bem menores, quase traço, uma vez que a fonte de íons é basicamente os argilominerais e o cimento das formações, e o sódio ocorreria em locais que apresentariam uma composição mais arcosiana (Campos, 1987).

As concentrações dos íons maiores variam, segundo Coelho (1996), para o sódio 16 a 73,3 mg/L; para o cloro valores inferiores a 1,5 mg/L; para o cálcio 10,4 a 36,3 mg/L; para o potássio 0,3 a 3,1mg/L e nitrato 0,72 a 20,05 mg/L. Segundo Varnier *et al*. (2010) o nitrato presente na região de Marília se apresenta na porção mais rasa do aquífero, no Aquífero Marília e preferencialmente em regiões com o impacto urbano, sendo, portanto, uma contaminação antrópica.

As águas da chuva da área de estudo são águas bicarbonatadas cálcicas, com baixos teores de cálcio, magnésio, potássio e sódio (Barison, 2003), concordante com ser chuvas longe da costa; apresentam uma composição HCO_3>SO_4=F=0 e Ca>Na=Mg>K (Barison, 2003). A composição da chuva do ano hidrológico de 1983 (Campos, 1987), contudo, apresenta uma composição bicarbonatadas calco magnesiana, com a química variando: condutividade elétrica: 0,49 a 3,1 μS/cm, cálcio: 0,16 a 3,52 mg/L, magnésio: 1,65 a 3,60 mg/L, potássio: 0,1 a 0,4 mg/L, e sódio: ~0,1 mg/L.

A composição isotópica do aquífero é condizente com a água de chuva, confirmando que a recarga deste aquífero é meteórica, pois as amostras analisadas por Coelho (1996) e Barison (2003), se encaixam na reta meteórica global definida por Craig (1961). Stradiotto *et al* (2015) verificou que a recarga ocorre mais intensa no período do verão.

Os intervalos de valores de δ18O e δ2H (Stradiotto et al, 2015) encontrado para a Formação Marília é de -7,5 a -6 ‰δ^{18} O e -48 a -40 ‰δ^{2}H e para a Formação Adamantina -8 a -6‰δ^{18} O e -52 a -40‰δ^{2}H, sendo as médias para a Formação Marília -6,8‰δ^{18} O e -44‰δ^{2}H e para a Formação Adamantina -7‰δ^{18}O e -46,5‰δ^{2}H. Isto mostra que apesar de similar, as águas da Formação Adamantina apresentam uma composição isotópica ligeiramente mais empobrecida que a Formação Marília.

Outros valores similares foram encontrados em Barison (2003), que montou uma reta meteórica local com os valores obtidos, sendo a reta:

$$\delta^{2}H = 8{,}1696\delta^{18}O + 8{,}4941$$

Equação 3.1: Reta Meteórica local do SAB (Barison, 2003)

Para a água da chuva, Kimmelmann (1991) apresentou valores de -9,8 a -6,3‰δ^{18} O e -43 a -67‰δ^{2}H, similares aos que foram encontrados na Formação Marília e na Formação Adamantina.

Os valores de bário no SAB possuem uma média de 0,15 mg/L, sendo o valor máximo encontrado de 0,972 (CETESB, 2012). O comportamento do bário no SAB foi definido por Tavares (2013), que através de análises químicas, extração sequencial e por microscópio eletrônico de varredura (MEV), verificou que o elemento se encontra em maiores concentrações nas estruturas de silicatos e óxidos. Contudo o elemento também aparece nas frações carbonática e trocável, que fornecem o elemento para o aquífero.

O bário adsorvido nas superfícies dos argilominerais pode ser dessorvido e o bário presente no cimento carbonático pode ser disponibilizado com a sua dissolução. A barita encontrada nas rochas onde as maiores concentrações do elemento foram encontradas mostra que certas partes do cimento são ricas o suficiente em bário para precipitar a barita, que por possuir baixa solubilidade, controla as concentrações de bário na solução.

Em Gália, Crespi (2013) relata que assinaturas isotópicas de H e O mais enriquecidas estão relacionadas às porções do aquífero com contaminação de bário.

4. Embasamento Teórico

4.1. Hidrogeoquímica do Bário

4.1.1. Características Físico-Químicas do elemento bário

O bário é um metal alcalino-terroso, representado pelo símbolo Ba, número atômico 56, e massa atômica de 137 u.m.a. À temperatura ambiente, o bário encontra-se no estado sólido; possui uma estrutura cúbica, com uma dureza de aproximadamente 1,25. Devido a sua alta reatividade, não é encontrado livre na natureza, sendo as formas mais comuns de ocorrência a Barita ($BaSO_4$) e a Witherita ($BaCO_3$) (Patnaik, 2003).

O bário puro pode ser obtido pela hidrólise do cloreto de bário ou pela redução do óxido de bário com o alumínio a temperaturas de 1000º C a 1200ºC, segundo a equação 4.1 (Kresse et al, 2007):

$$4BaO + 2Al \rightarrow BaO \cdot Al_2O_3 + 3Ba_{gás}$$ *Equação 4.1: Equação Hidrólise do bário*

O gás de bário é resfriado com água e condensado na forma de metal.

O elemento bário é quimicamente similar ao magnésio, cálcio e estrôncio, mas mais reativo. Em condições naturais apresenta sempre um estado de oxidação +2. Em geral forma reações exotérmicas, principalmente com calcógenos, oxigênio (Ar atmosférico), água, carbono, nitrogênio, fósforo, sílica e hidrogênio; poder reagir com amônia, formando complexos como $Ba(NH_3)_6$ (Kresse et al, 2007). Suas reações com a água e alguns álcoois geram gás hidrogênio e podem ser sintetizados pela reação da equação 4.2:

$$Ba + 2ROH \rightarrow Ba(OR)_2 + H_2 \uparrow$$ *Equação 4.2: Reação natural do bário*

Onde R é um alcano ou átomo de hidrogênio.

O bário pode reagir com a maioria dos elementos não metálicos. É uma mistura de seis isótopos estáveis e um radioativo com longo tempo de meia vida, de aproximadamente 70 trilhões de anos. Os isótopos estáveis são: ^{138}Ba (71,70%), ^{137}Ba (11,23%), ^{136}Ba (7,85%), ^{135}Ba (6,59%), ^{134}Ba (2,42%), ^{132}Ba (0,101%). O isótopo radioativo ^{130}Ba (0,106%) tem meia-vida muito longa. Há cerca de mais 22 isótopos radioativos de bário, com meias-vidas muito curtas (milissegundos a alguns minutos) que dificilmente são encontrados na natureza; a única exceção é o ^{133}Ba, com uma meia vida de aproximadamente 10,51 anos (Patnaik, 2003).

4.1.2. Ocorrências naturais do bário

O bário é um elemento relativamente abundante na crosta terrestre, em torno de 0,0425% ou é encontrado também nas águas oceânicas como elemento traço, em uma concentração de 13 µg/L (Patnaik, 2003). Na natureza, é estável no estado bivalente, principalmente em complexos inorgânicos. As principais formas de ocorrência são a barita e a witherita, podendo ser encontrado também em micas, feldspatos, apatita e calcita; seu raio iônico e sua valência permitem substituições isomórficas com Sr e K (Kabata-Pendias & Pendias 2011). Substitui o K^+ em feldspatos e biotitas, e o Ca^{+2} nos plagioclásios, inossilicatos, calcita e apatita. Sua ocorrência natural é decorrente do intemperismo e erosão de depósitos naturais, como veios de barita. Também é encontrado em quantidades-traço em rochas ígneas e sedimentares (Patnaik, 2003). No solo, as concentrações naturais de bário variam entre 10 e 1500mg/kg, sendo a média mundial de 362-500mg/kg (Kabata-Pendias & Pendias 2011).

Nas águas superficiais ocorre naturalmente e sua concentração depende do teor de bário lixiviado das rochas; sendo que a água potável contém de 10-100 µg/L (WHO,1996). Em condições naturais, o bário não ocorre em teores maiores que 1mg/L, devido a sua dissolução ser limitada pela solubilidade dos produtos da

dissolução da barita e da whiterita (Ball & Nordstom, 1991; Gilkeson et al., 1981); portanto é apenas nas águas subterrâneas que se encontram altas concentrações naturais, e somente as que contenham baixas concentrações de sulfato e ferro (Gilkeson et al. 1978; Marandu et al. 2004). Isto ocorre em ambientes redutores, onde há produção de sulfeto e um aumento da alcalinidade. É nestas condições extremamente redutoras que ocorrem elevadas concentrações de bário (Gilkeson et al. 1981); na presença de SO_4^{-2} irá precipitar barita (Figura 4.1), na ausência, o bário se acumula na solução (Kelly, 2008).

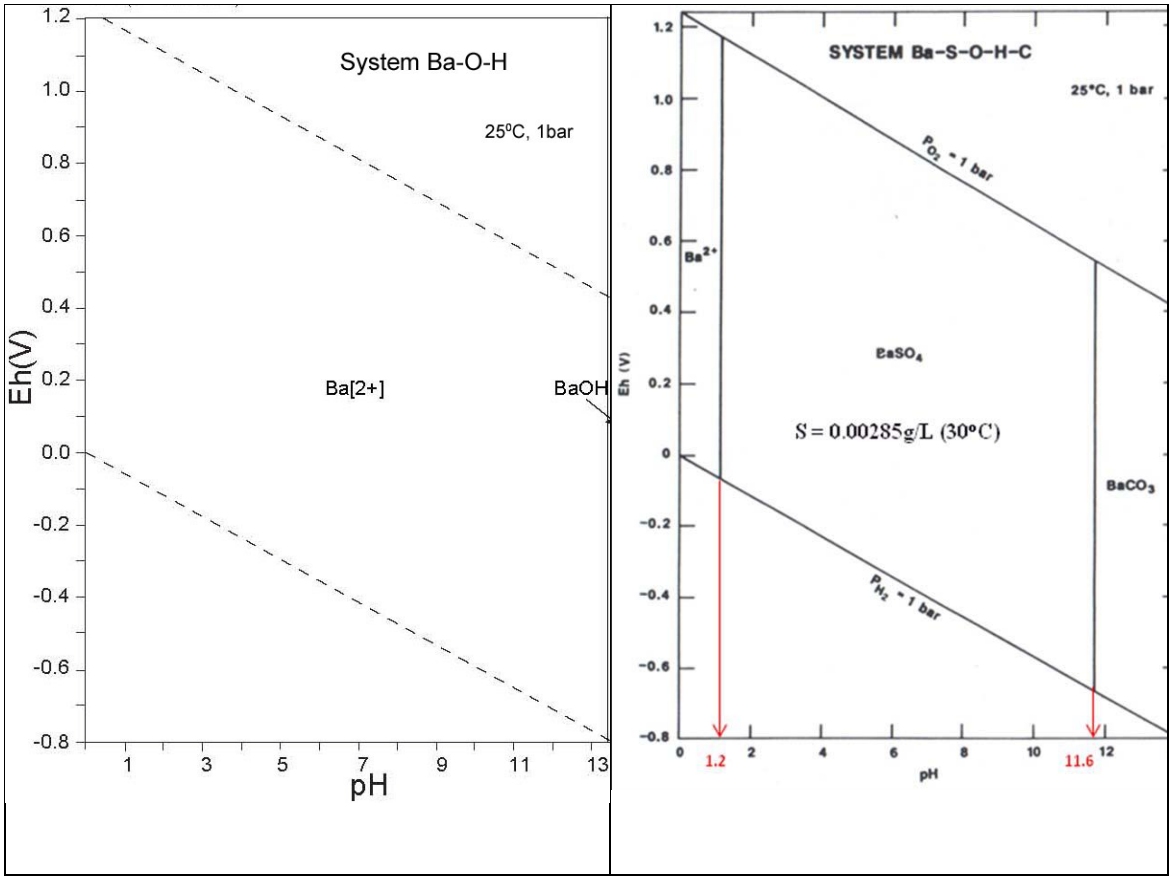


Figura 4.1: Diagramas Eh-pH para os sistemas Ba-O-H e Ba-S-OH-C (BROOKINS, 1987, TAKENO, 2005, extraído de Tavares, 2013)

4.1.3. Usos e contaminações de bário

A principal fonte de bário metálico é a barita. Suas principais aplicações incluem produtos industriais como plásticos, vidros, cerâmicas, eletrônicos, têxteis, lubrificantes, ligas metálicas, sabão, borracha, defensivos agrícolas, siderurgia e alimentícia (Tavares, 2013). O sulfato de bário é usado na medicina como contraste, este composto é menos tóxico e não apresenta risco a saúde, quando usado para este

fim, pois permanece pouco tempo no organismo, não sendo tempo suficiente para se dissolver ou causar algum mal (Who,1996).

Outro uso para o bário é em lâmpadas fosforescentes, como pigmento branco em tintas, tubos a vácuo, fogos de artifício e velas de ignição. O Carbonato de bário é usado também como veneno para ratos (Kesser *et al,* 2007).

O bário pode contaminar o solo, o ar, águas e até mesmo alimentos. Sua emissão na atmosfera se dá através da queima de combustíveis fósseis, carvão e resíduos sólidos; durante o processo de extração e beneficiamento do minério, bem como durante a produção dos compostos de bário. Em geral, sua concentração no ar é menor que 0,05 µg/m^3, com relato de valores entre 0,00015 e 0,95 µg/m^3 (CETESB, 2012), e o tempo de suspensão destas partículas varia, mas invariavelmente acabam se depositando no solo.

A contaminação do solo pode levar à contaminação da água subterrânea e superficial por bário. Esse cenário pode ser agravado pelo uso/vazamento de defensivos agrícolas, além dos efluentes líquidos e sólidos das indústrias que utilizam bário em seus processos industriais (WHO,1990).

Pode ser encontrado também em alimentos, de forma natural, na maioria dos alimentos, apresentando concentrações de bário de 3mg/100g, a exceção de castanhas do Pará, que possuem concentrações mais elevadas (150-300 mg/100g). (WHO,1990). A figura 4.2 apresenta as principais fontes antrópicas de bário em aquíferos do Estado de São Paulo.

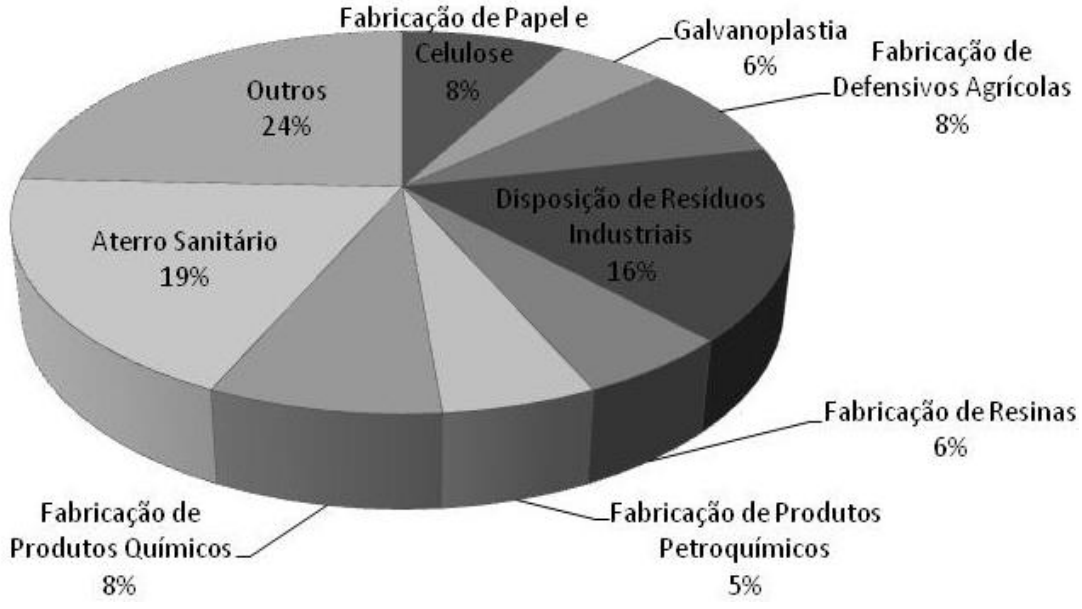


Figura 4.2: Fontes antrópicas associadas com a presença de bário em aquíferos do Estado de São Paulo. (Extraído de Tavares, 2013)

4.1.4. Efeitos nocivos do bário

Qualquer composto de bário que seja solúvel em água ou ácido é tóxico. A ingestão de bário se dá, principalmente, em alimentos e água contaminada, entretanto a quantidade de bário normalmente encontrada na água e alimentos não é alta suficiente para causar danos. Os casos de maior preocupação são as pessoas que trabalham na indústria de bário, especialmente porque respiram ar com sulfato de bário ou carbonato de bário.

Em baixas concentrações, o bário funciona como um estimulante muscular, mas a ingestão de poucas quantidades em curtos períodos de tempo pode causar náuseas, diarreia, dor abdominal, ansiedade, tremores, alteração da pressão sanguínea, adormecimento da face e debilidade muscular. Já a ingestão de altas quantidades pode levar a alterações no ritmo cardíaco, convulsões, paralisia, coma, cegueira e até óbito, se não tratado (USEPA,2004). Isto pode ocorrer devido à habilidade do Ba^{+2} de bloquear os canais de potássio que são vitais para o funcionamento do sistema nervoso. A inalação de bário insolúvel pode acabar acumulando nos pulmões causando uma doença chamada baritose (USEPA,2004).

Contudo, não há indícios de que o bário cause câncer, infertilidade ou deformações em fetos, e não é bioacumulador (USEPA,2004). A única exceção é o cromato de bário, confirmado pela USEPA como carcinogênico em humanos, devido a presença do Cromo (Patnaik, 2003).

Um estudo aprofundado sobre os efeitos do bário em humanos mostrou que nenhum risco significativo é causado pela ingestão de águas com até 7,3 mg/L (Brenniman et al. 1979). Com isso a OMS publicou em 1996 o limite de potabilidade para o bário igual a 0,7mg/L (WHO, 1996), uma ordem de grandeza menor, que é adotado também pela CETESB. Este valor pode mudar de acordo com as análises de cada país. Polônia, Austrália e Israel consideram o limite de potabilidade inferior a 1mg/L, já a Rússia adota o limite de 0,1 mg/L (WHO, 1996).

4.1.5. Estudos de ocorrências de bário

Desde que foi estabelecido o limite de potabilidade para concentrações do elemento bário pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 1996), foram registradas diversas ocorrências de concentrações acima do limite em diferentes regiões do mundo, especialmente após o final da década de 70. Em todos os casos mundiais estudados, apenas um (Lima et al., 2010) tinha origem antrópica, associada a fenômenos geoquímicos e a características litológicas dos aquíferos estudados.

O primeiro caso histórico de anomalia de bário em águas subterrâneas naturais é relatado em Illinois (Estados Unidos) em 1978, com ocorrência máxima de 18 mg/L (Gilkerson et al., 1978).

A investigação de Illinois mostrou que o íon sulfato funciona como controle nas altas concentrações de bário, a partir da reação de equilíbrio de solubilidade do mineral barita ($BaSO_4$). Gilkerson et al. (1978) mostraram, através dos isótopos de oxigênio, que a recarga glacial deste aquífero muda as características geoquímicas, o que causa a precipitação secundária da barita, cuja dissolução resultou na fonte primária do íon sulfato. Com a constante redução do sulfato pela ação de bactérias, a barita secundária teria se dissolvido, resultando no término da redução do sulfato (fato que é comprovado pela ocorrência pontual de metano neste aquífero). Outras ocorrências de anomalias de bário estão resumidas na tabela 4.1.

Dos estudos realizados destacam-se dois casos no Brasil, o primeiro na Bahia (Lima et al, 2010), sendo o único estudado de origem antrópica, e outro na Baía de Guanabara (RJ) (Gomes et al, 2011) de origem natural. A maior parte dos casos analisados a origem da anomalia é devido a alteração do índice de solubilidade de minerais de bário devido a remoção de sulfato devido a bactérias (Reedy *et al*, 2011; Moore *et al*, 1984; Wunsch, 1991) ou a fatores externos, como contato hidráulico com outros aquíferos (Mokrik *et al*.,2009; Underwood et al., 2009) , alterações no pH (Juned *et al*, 2012), contato com Salmouras ricas em bário (Wunsch, 1991, Reedy *et al*, 2011) ou mesmo original da formação (Yuce *et al*, 2009).

Tabela 4.1: Casos Mundiais de Anomalias de bário em Aquíferos

País	Região	Aquífero/ Geologia	[Ba] (mg/L) (max)	Hipóteses/Conclusões	Referência
Estados Unidos	Illinois	Aquífero Cambriano-Ordoviciano – Arenitos e calcários intercalados com folhelho	18	A constante diluição do sulfato pela recarga de um aquífero glacial, associada a bactérias redutoras de sulfato, ocorre a diluição da barita da formação, liberando bário para a água.	Gilkerson et al., 1978; Calabrese, 1977; Kelly, 2008
Estados Unidos	Kentucky	Appalachian Plateau Province – Arenitos, siltitos e argilitos, alguns pontos ricos em carvão e minerais carbonáticos	639	A concentração excessiva de bário ocorre devido a mistura de água do aquífero decorrente de contato hidráulico com algumas salmouras ricas em bário/ A existência de bactérias descontrolaria os valores sulfato, alterando a solubilidade da barita, e enriquecendo a solução em bário.	Reedy *et al,* 2011; Davidson *et al*, 2006
Estados Unidos	Nova York	Formações Canadaway e Java – Arenitos, siltitos e tilitos de origem glacial com porções carbonáticas	23	A existência de bactérias descontrolaria os valores sulfato, alterando a solubilidade da barita, e enriquecendo a solução em bário.	Moore *et al*, 1984
Turquia	Eskisehir	Aquíferos carbonáticos rodeados por rochas vulcânicas e metamórficas, com 23oltzman23ra de Hidrotermalismo	22.95	A concentração excessiva de bário vem das formações próximas ao aquífero, ígneas e metamórficas que apresentam bário como elemento traço, bem como da barita existente no calcário do Aquífero, que teria seu IS alterado pela redução da pirita existente na formação	Yuce *et al*, 2009
Brasil	Feira de Santana – Bahia	Grupo Barreiras – Arenitos finos a grossos com níveis argilosos e conglomeráticos	20	Descarte de Indústrias de Fertilizantes e Metalurgia na região dos poços	Lima *et al., 2010*
Estônia	Norte da Estônia	Aquífero Cambrian-Vendian: Arenitos, siltitos e argilitos carbonáticos cambrianos	9	A remoção do sulfato desestabilizaria o IS da barita/ whiterita e liberaria o Ba para o aquífero. / Isótopos mostram que existe um contato hidráulico com um aquífero mais antigo rico em bário.	Mokrik *et al.,*2009; Karro *et al.*,2009; Marandi *et al.,*2004
Canadá	Manitoba	Formação Winnipeg – Arenitos e Siltitos depositados em cima de um calcário.	6	A concentração de bário apresenta uma correlação inversa com a concentração de sulfato, mostrando que o provável regulador de bário no aquífero. A remoção do sulfato desestabilizaria o IS da barita e liberaria o Ba para o aquífero.	Underwood *et al.,* 2009
Brasil	Baía de Guanabara – Rio de Janeiro	Sistema Aquífero Macacu – sedimentos aluvionares-lacustrinose flúvio marinhos	2.62	A variação do nível de água/ recarga causa a oxidação dos sulfetos, disponibilizando sulfato para a água, mudando o IS da mackinawita liberando Ba e F para a água	Gomes *et al,* 2011)
Estados Unidos	Leste de Kentucky	Appalachian Plateau Province – Arenitos, siltitos e argilitos, alguns pontos ricos em carvão e minerais carbonáticos	~ 1	A concentração excessiva de bário ocorre devido a mistura de água do aquífero decorrente de contato hidráulico com algumas salmouras ricas em bário/ A existência de bactérias descontrolaria os valores sulfato, alterando a solubilidade da barita, e enriquecendo a solução em bário.	Wunsch, 1991
Índia	Bhoker	Bacia do rio Mackenzie – Arenitos, siltitos e argilitos	0.26	A variação da causada pelas monções varia o pH da área, que faz com que mude o IS de vários minerais, que poderiam ser a fonte de Ba.	Juned *et al*, 2012
Brasil	Quadrilátero Ferrífero – Minas Gerais	Formação Cauê – Quartzitos dolomíticos	1970	A atividade de mineração na área altera as características físico-químicas do solo, como o pH, com isso, aumenta o intemperismo de rochas rejeito da mineração, que dissolveria os óxidos de manganês da formação Cauê, liberando diversos metais, como o bário.	Costa *et al,* 2003

4.2. *Isótopos*

4.2.1. Definição

Isótopos de um mesmo elemento são átomos que possuem o mesmo número atômico (Z) e diferente número de nêutrons (N). A massa medida de um elemento pode ser aproximada da soma do seu número de prótons e nêutrons, contudo, a verdadeira massa é um pouco menor. Essa “falta” pode ser explicada pela energia de ligação, que representa a quantidade de energia necessária para quebrar o núcleo (Clark & Aravena, 2005).

Esta diferença de nêutrons nos isótopos faz com que tenham massas atômicas distintas, e consequentemente energias de ligação distintas, apesar de possuírem mesmo número atômico (Clark & Aravena, 2005). As diferenças de massa fazem com que os isótopos tenham propriedades físico-químicas distintas, que embora muito pequenas, permitem que eles sejam medidos pelos aparelhos de alta-precisão existentes.

A diferente quantidade de massa em um isótopo pode influenciar também na sua estabilidade, devido às forças exercidas no núcleo. Como regra geral, os isótopos leves têm a proporção Z: N próxima a 1 e os isótopos pesados próximo a 1,5 (Clark & Fritz, 1997). Isótopos instáveis decaem para outros elementos, em uma taxa de decaimento que pode variar de segundos a milhares de anos; já os isótopos estáveis não decaem de maneira espontânea (Russel, 1994).

Como a diferença de massa entre os isótopos é muito pequena, chegando a aparecer apenas na 5ª ou 6ª casa decimal. Por isso em geral é utilizado para medir os isótopos a razão isotópica entre eles (Equação 4.3) (IAEA,2001). A Razão é sempre medida entre o isótopo mais raro e o isótopo abundante.

$$R = \frac{Concentração\ do\ Isótopo\ Raro}{Concentração\ do\ Isótopo\ Abundante}$$ *Equação 4.3 Razão Isotópica*

Quando aplicados a estudos, para se tornar um número mais fácil de trabalhar é utilizada a medida de uma razão aparente (δ) entre o valor da amostra e um padrão pré-estabelecido (IAEA, 2001). Desta forma é possível diminuir o erro (m) da medida do equipamento, que pode ser matematicamente cancelado (Craig, 1961):

$$\delta_{amostra} = \frac{mR_{Amostra} - mR_{padrão}}{mR_{padrão}}$$ *Equação 4.4 Valor de δ com o erro de equipamento.*

Dessa forma os valores utilizados em estudos são expressos e calculados da seguinte forma (Craig, 1961):

$$\delta_{amostra} = \left[\frac{R_{amostra} - R_{padrão}}{R_{padrão}} - 1\right] x\ 1000‰$$ *Equação 4.5 Valor de δ*

O valor é expresso em partes per mil devido ao seu tamanho diminuto e para facilitar o uso e comparação desse valor. Um valor positivo indica que a amostra está enriquecida no isótopo mais pesado em relação ao padrão, e um negativo, que ela está empobrecida.

4.2.2. Fracionamento isotópico

Moléculas com diferentes isótopos, devido a diferença de massa dos isótopos, apresentam pequenas variações quando sofrem reações (Craig, 1961). Estas reações podem ser tanto uma reação química entre dois ou mais compostos, como também alterações de estado físico. O fenômeno causado por estas diferenças é chamado de Fracionamento Isotópico.

Esta diferença de massa traz duas consequências principais (IAEA, 2001): Moléculas mais pesadas possuem menor mobilidade e em geral possuem uma maior energia de ligação. Isto explica porque em uma reação em equilíbrio uma das partes se torna enriquecida em um determinado isótopo. Esta diferença também causa diferença na velocidade das reações e em sua taxa de ocorrência (Craig, 1961).

O fracionamento isotópico pode ser descrito como a diferença entre as razões dos isótopos de um elemento em uma reação. Como exemplo, em uma reação (A→B) é possível calcular o fator de fracionamento (α). Este fator de fracionamento também é válido para (A↔B) e pode ser calculado como:

$$\alpha_{A(B)} = \frac{Razão\ Isotópica\ B}{Razão\ Isotópica\ A}$$ *Equação 4.6 Fator de fracionamento isotópico em uma Reação (Urey, 1947)*

Em geral, o efeito do fracionamento isotópico é muito pequeno, por isso α≈1. Com isso é utilizada também a medida do fracionamento (ε) (IAEA,2001)

$$\varepsilon_{B/A} = \alpha_{B/A} - 1 = \frac{R_B}{R_a} - 1\ (x\ 10^3‰)$$ *Equação 4.7 Fracionamento Isotópico (IAEA, 2001)*

Esta medida também indica, se ocorreu um enriquecimento (ε>0) ou empobrecimento (ε<0). No caso de uma reação A→B, representa a razão entre a composição isotópica antiga e a atual (IAEA, 2001). Muitas vezes é possível simplificar esta equação para:

$$\varepsilon_{B-A} \approx \delta_A - \delta_B$$ *Equação 4.8 Fracionamento e delta*

O Fracionamento isotópico é fortemente relacionado à temperatura. Com o aumento da temperatura, aumenta a vibração dos átomos/moléculas, diminuindo a quantidade de energia necessária para a quebra da molécula e assim da reação. O aumento da vibração também causa um maior número de colisões favorecendo a quantidade e velocidade das reações (Russel, 1994).

4.2.3. Isótopos Ambientais

Os chamados isótopos ambientais são isótopos de elementos que são abundantes e tem intensa participação nos ciclos hidrológico, geológico e biológico. Estes isótopos podem apresentar assinaturas distintas permitindo identificar a fonte de recarga, a idade, qualidade, evolução geoquímica, processos que podem ocorrer durante a recarga, a interação rocha-água, bem como a origem de salinidade, ou de um contaminante (IAEA,2001).

Os isótopos comumente usados em estudos ambientais são os isótopos de H, C, N, O e S por serem os principais elementos dos ciclos hidrológicos, geológico e biológico (Clark & Fritz, 1997). Estes elementos são leves e sua diferença relativa de massa é distinguível nas reações químicas e físicas. Estes são uma rotina nos estudos hidrogeológicos, complementando os dados físico e químicos obtidos.

Tabela 4.2 Isótopos ambientais mais utilizados (Extraído de Aravena & Clark, 2005)

Isótopo	Razão	% Abundância	Padrão	Amostras comumente analisadas
^{2}H	$^{2}H/^{1}H$	0,015	VSMOW ($1{,}5575\cdot10^{-4}$)	H_2O, minerais de Argila
^{13}C	$^{13}C/^{12}C$	1,11	VPDB ($1{,}1237\cdot10^{-2}$)	DIC, calcita, Orgânicos, CO_2
^{15}N	$^{15}N/^{14}N$	0,366	N_2 Ar ($3{,}677\cdot10^{-3}$)	N_2, NO_3^-, orgânicos
^{18}O	$^{18}O/^{16}O$	0,204	VSMOW ($2{,}0052\cdot10^{-3}$)	H_2O, calcita, SO_4^{2-}, NO_3^-
^{34}S	$^{34}S/^{32}S$	4,21	CDT ($4{,}5005\cdot10^{-2}$)	Sulfatos, Sulfetos, H_2S, orgânicos com enxofre

O início do estudo dos isótopos ambientais foi com água da chuva e do mar. Friedman (1953), fez o primeiro estudo de razões de $^{18}O/^{16}O$ e $^{2}H/^{1}H$ em águas naturais e em 1964, Dansgaard observou que as razões de isótopos de O e H na água da chuva estavam relacionados.

Com o aperfeiçoamento e popularização dos espectrômetros de massa, ocorreu um aumento do uso de isótopos em estudos ambientais, até mesmo daqueles pouco abundantes.

Os isótopos na hidrogeologia possuem três aplicações principais (IAEA,2001): i) o uso de isótopos estáveis e radioativos como traçadores de uma fonte de água, ou uma massa de água; ii) as diferenças de razões de isótopos estáveis em diferentes reservatórios podem indicar os processos hidrogeoquímicos que ocorreram; iii) Isótopos radioativos podem indicar a idade de um reservatório através de suas meia-vidas.

4.2.4. Padrões de medida

A diferença e o erro de cada equipamento ao medir a quantidade de massa de cada isótopo em uma amostra pode variar muito. Por isso, para facilitar a interpretação foram criados padrões internacionais e é usada como medida uma razão relativa.

O padrão utilizado para a medida da razão aparente dos isótopos de H e O foi criada em 1961 por Craig, o Standard Mean Ocean Water (SMOW), calibrada a partir de uma água hipotética baseada na amostra NBS-1. Essa amostra hipotética NBS-1 era uma amostra do rio Potomac, disponível no Instituto Americano de Padrões (NBS). Em 1976, em uma convenção em Vienna, a IAEA (IAEA, 2001) apresentou uma amostra de água destilada que seria utilizada como o novo padrão para razão aparente de H e O. Este novo padrão foi chamado de Vienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW) e possui uma composição similar a SMOW, porém com algumas diferenças em relação aos isótopos de O e nenhuma diferença significativa com os isótopos de H.

Com este padrão a medida de todos os laboratórios ao redor do mundo podem ser calibrados, permitindo a comparação de dados de laboratórios e lugares distintos com baixa margem de erro.

4.2.5. Isótopos estáveis de O e H

Os isótopos a serem utilizados neste estudo são relacionados aos elementos H e O. O Oxigênio é um elemento do grupo dos calcógenos, não metálico e altamente reativo. Possui três isótopos estáveis ^{16}O, ^{17}O e ^{18}O, sendo que os dois mais

abundantes são o ^{16}O (99,76%) e ^{18}O (0,201%) (Clark & Fritz, 1997). A razão entre estes dois isótopos tem uma medida aproximada de 0,002.

O Hidrogênio é um elemento não metálico, que possui dois isótopos estáveis ^{1}H (99,98%) e ^{2}H (deutério, 0,015%). A razão entre estes dois isótopos é de aproximadamente 0,00015 (IAEA, 2001). A variação da razão entre estes dois isótopos pode chegar a 250% devido a grande diferença de massa entre eles.

4.2.6. Reta Meteórica Global (GMWL)

Em 1961 através da análise de 400 amostras provenientes de águas superficiais, chuva e subterrâneas, Craig notou uma relação entre $\delta^{18}O$ e $\delta^{2}H$ de precipitações no mundo todo, que pode ser definida pela equação 4.9.

$$\delta^2 H = 8\delta^{18} O + 10‰$$

Equação 4.9 GMWL (Craig, 1961)

Com esta equação é possível construir uma reta relacionando a composição isotópica das chuvas do mundo todo, em seus diferentes climas. Esta relação é conhecida como Global Meteoric Water Line (GMWL). A existência desta relação pode ser explicada pois o fracionamento destes isótopos trata de uma destilação de *Rayleigh*. Ao evaporar a massa de vapor tende a ficar mais rica em isótopos leves, empobrecendo o reservatório residual; ao se movimentar, em condições de expansão adiabática ocorre a precipitação, onde um novo fracionamento ocorre, e os isótopos mais pesados tendem a ficar na porção líquida, e a massa de ar assim segue, se tornando cada vez mais empobrecida.

Esta relação é mais complexa que a aproximação, pois a massa de ar também recebe vapores das regiões onde passa, mudando a composição – Também há o fracionamento que ocorre durante a queda da chuva, onde diferentes porções da nuvem podem apresentar diferentes temperaturas de base e diferentes coeficientes de fracionamento (IAEA, 2001). Contudo, para o estudo de chuvas estas alterações são mínimas e não interferem no valor final.

A GMWL, apesar de ser uma boa aproximação, não é ideal para o estudo aprofundado de qualquer região. Em 1993, Rosanski *et al.* fez uma melhoria dos cálculos desta reta, utilizando cerca das 149 estações de coleta de águas de chuva da

IAEA, o GNIP (Global Network of Isotopes in Precipitation). A equação resultante teve pouca alteração em relação à de Craig (1961), sendo escrita como a equação 4.10.

$$\delta^2 H = 8.17\ (\pm 0{,}07)\delta^{18}O + 11.27(\pm 0{,}65)‰$$

Equação 4.10 Equação GMWL (Rosanski et al. 1993)

Esta reta da GMWL apresenta propriedades matemáticas, sendo que o coeficiente angular da reta está relacionado com a temperatura de base da nuvem e com o fracionamento que ocorre durante a evaporação da água, e pode ser descrito como a equação 4.11 (Aravena & Clark, 2005)

$$s \approx \frac{\varepsilon^2 H_{L-v}}{\varepsilon^{18} O_{L-v}} = 8.2\ a\ 25℃$$

Equação 4.11: Coeficiente Angular da GMWL

O Termo independente desta reta também é chamado de excesso de Deutério, que pode ser explicado pois quando a evaporação ocorre em circunstâncias de grande umidade e temperatura o fracionamento não é totalmente em equilíbrio, sendo a maior parte cinético (Clark& Fritz, 1997). Este valor também pode ser calculado matematicamente através da equação 4.12 (Aravena & Clark, 2005).

$$d = \delta^2 H - 8\delta^{18} O$$

Equação 4.12: Excesso de Deutério

Com isso a água tende a se tornar mais enriquecida em isótopos pesados conforme maior a umidade e temperatura. Conforme estas condições ambientais variam e tendem a diminuir a água fica mais empobrecida. Nas regiões de umidade 100% a reta tende a ser próxima a GMWL, e deslocada 10‰ das médias oceânicas. Este excesso então, no caso da reta global e em coeficientes próximos a 8, é aonde a GMWL intercepta o eixo de δ^2H, e uma variação neste valor pode ser explicada por um processo de fracionamento que tenha ocorrido em condições distintas de umidade 100% (Clark & Fritz, 1997). Outro fator que muda este valor é a acresção de vapores durante a movimentação da nuvem (Dansgaard, 1964).

Esta variação de umidade também influencia no coeficiente angular da reta, que acaba sendo menor em regiões mais secas (Gofiantini, 1986).

Devido a estes fatores, para estudos mais aprofundados, devem ser utilizadas retas meteóricas locais (LMWL – Local Meteoric Water Lines), que podem ser construídas a partir de dados coletados na região, com monitoramento mínimo de 12 meses (Clark & Fritz, 1997). Na ausência destes dados, é possível fazer ajustes

matemáticos para LWML próximas ou até mesmo para a GMWL. Com isso é possível estimar o caminho da nuvem e a composição da água (Figura 4.3).

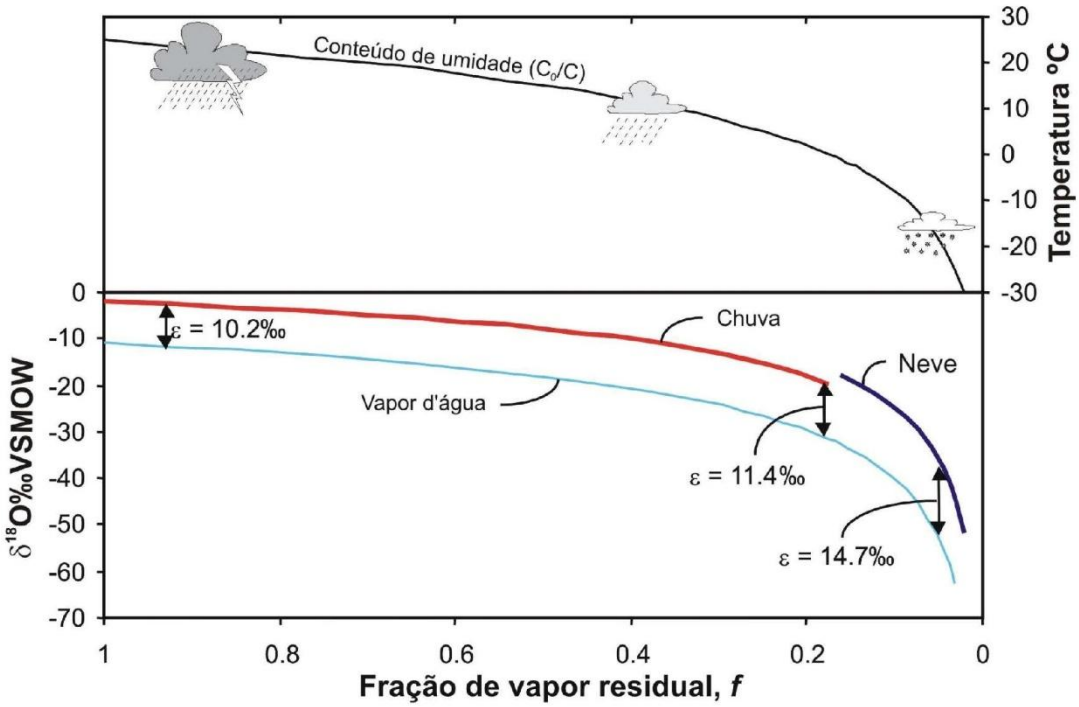


Figura 4.3: Mudança nos valores de $\delta^{18}O$, de acordo com a Destilação de Rayleigh (Clark & Fritz, 1997, extraído de Martins, 2008)

5. Metodologia

5.1. Catálogo e Seleção de Poços

Primeiramente foi realizado um banco de dados dos poços da região. Foram pesquisados os Autos de Outorga catalogados na CETESB, CPRM e DAEE da região do espigão de Marília (Álvaro de Carvalho, Alvinlândia, Gália, Garça, Lupércio, Marilia, Ocauçu, Oriente, Pompéia, Quintana e Vera Cruz). Os poços do banco de dados foram selecionados pelos seguintes critérios: localização, finalidade, teores de bário, teores de nitrato e pela qualidade dos dados disponíveis, principalmente das descrições geológicas.

As fichas de outorga foram digitalizadas e arquivadas em um banco de dados digital com dados como: coordenadas e cota dos terrenos; proprietários ou responsáveis pelo poço; aspectos construtivos dos poços; localização dos filtros; descrição da geologia e análises físico-químicas para cada poço.

Ao final foi computado um total de 350 poços de abastecimento público e privados. A localização pode ser vista no mapa no anexo 2.

5.2. Seleção dos Locais de Amostragem

Os critérios de seleção dos 22 poços amostrados foram os teores de bário, de nitrato, a qualidade dos dados geológicos e hidráulico dos poços, sua finalidade, localização e disponibilidade para amostragem, sendo que foram priorizados poços que eram utilizados para o consumo humano, tanto residencial quanto comercial (exemplo: indústria alimentícia). Alguns poços que não apresentavam anomalias também foram amostrados com a finalidade de representarem o *background* hidrogeoquímico da área.

5.3. Embasamento Hidroestratigráfico

A partir dos dados catalogados, perfis foram construídos para a compreensão da geologia do local, assim como mapa potenciométrico para compreensão do fluxo e do modelo hidrogeológico conceitual da região. Toda a parte cartográfica do trabalho foi executada pelo LABGEO / CTGeo / IPT (IPT, 2016).

5.4. Coleta de Amostras

5.4.1. Coleta de Amostras de águas subterrâneas

Os poços selecionados para amostragem ao longo de um ano hidrológico estão distribuídos nos municípios localizados no Espigão de Marília, conforme tabela 5.1.

Foram realizadas três campanhas de amostragem, a primeira em setembro de 2014, a segunda em março de 2015 e a terceira em outubro de 2015. As duas primeiras amostragens foram dos poços em produção selecionados do banco de dados.

Na primeira etapa de campo foram coletadas 23 amostras de 20 poços, sendo duas duplicatas e um branco de campo. Na Segunda, foram coletadas 23 amostras de 21 poços com duas duplicatas. Os dados físico-químicos das coletas se encontram no anexo 4.

Na terceira etapa de campo foram realizados testes de bombeamento com amostragem. Foram realizados 8 testes de bombeamento bem-sucedidos, dos poços selecionados, e apenas um não foi amostrado na primeira e segunda campanha, devido a não autorização dos proprietários para coleta. Foram coletadas 75 amostras, sendo três duplicatas e um branco. Nesta última campanha foram amostrados os

poços IPT44, IPT49, IPT63, IPT72, IPT130, IPT245, IPT261 e IPT347. O poço IPT261 foi amostrado apenas na terceira campanha devido a indisponibilidade nas outras campanhas.

Tabela 5.1 Poços Amostrados por Município

MUNICÍPIO	NÚMERO DE POÇOS	ID DOS POÇOS
Álvaro de Carvalho	01	IPT 3
Alvinlândia	02	IPT 13; IPT 14
Gália	02	IPT 41; IPT 44
Garça	03	IPT 49; IPT 63; IPT 72
Lupércio	02	IPT 94; IPT 96
Marília	03	IPT 130; IPT 132; IPT 173
Oriente	02	IPT 243; IPT 245
Pompéia	03	IPT 273; IPT 347; IPT261
Quintana	02	IPT 316; IPT 350
Vera Cruz	02	IPT 328; IPT 331

As amostragens dos testes de bombeamento tiveram como padrão intervalos de 15min, 30min, 60min (1h), 180min (3h), 360min (6h), 540min (9h), 720min (12h), 1080min (18h), 1320min (22h), salvo nas amostras 347, 245, 130 que possuem intervalos diferentes devido a imprevistos no campo.

De acordo com os resultados obtidos, é possível ver que a maioria das amostras apresenta um balanço iônico (B.I.) representável, com valores entre -20% e +20% (DEUTSCH, 1997). Há apenas algumas exceções, que ocorrem em poços com indicativos de contaminação externa, como níveis elevados de nitrato e cloreto. As duplicatas das amostras forneceram resultados semelhantes e os brancos não indicaram a ocorrência de contaminação durante a coleta e análise das amostras.

As amostras de água subterrânea foram coletadas em poços de produção públicas e privadas, e seguiram os padrões de coleta necessários para garantir a qualidade das amostras coletadas (Norma 6410 da CETESB e outros requisitos específicos dos laboratórios).

Os parâmetros físico-químicos, tais como temperatura, pH, Eh e condutividade elétrica foram medidos em campo durante a coleta, bem como a alcalinidade, expressa em mg/L de bicarbonato (HCO_3^-) meio de titulação com ácido sulfúrico (H_2SO_4) padronizado e indicador misto. As amostras foram coletadas para análises químicas (cátions, ânions, Ba, Al, Fe, Mn, Sr e Si) e alcalinidade, para fins comparativos.

As amostras para análises de cátions foram filtradas com filtros de acetato celulose de 0,45 µm, e preservadas quimicamente com HNO_3 (pH < 2).

Assim que coletadas, todas as amostras foram acondicionadas e refrigeradas em temperaturas de 4°C até o momento de suas entradas no laboratório. Em todas as amostras coletadas, os frascos utilizados foram previamente ambientados por três vezes com a água de amostragem.

Para as análises de cátions (Al^{3+}, Ca^{2+}, Fe^{2+}, Mg^{2+}), com exceção do Na^+ e K^+, analisados por Espectrometria de Chama, Cromatografia Iônica para análise dos ânions (Cl^-, SO_4^{2-}, F^-, Br^-, HPO_4^{2-}, NO_2^- e NO_3^-) no Laboratório de Análises Químicas – CEPAS (LAQUA). Os elementos químicos Ba, Mn, Sr e Si foram analisados por Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma (ICP-OES) no Centro de Estudos Ambientais – UNESP (CEA).

5.4.2. Coleta de Amostras de Chuva

As amostras de chuva foram coletadas mês a mês de junho de 2014 a dezembro de 2015 em coletor de chuva instalado na sede do DAEE de Marília. O coletor foi construído de acordo com as normas da IAEA (IAEA, 2002), para um mínimo contato com o ar atmosférico, e proteção para garantir a qualidade das amostras, evitando o fracionamento isotópico.

Na figura 5.1, é possível ver um modelo do coletor de chuva, que possui um funil de 20 cm de diâmetro, aproximadamente, e um respiro com um tubo plástico de seis metros de comprimento, para minimizar a troca de ar com a atmosfera do local. Dessa forma procura-se evitar o fracionamento da amostra no galão de 20 litros. Em março de 2015, foi instalado no funil do coletor uma malha inerte, com baixa tensão superficial, para evitar a entrada de mosquitos transmissores da Dengue, uma exigência da Vigilância Sanitária de Marília

As amostras coletadas tiveram seus parâmetros físico-químicos medidos, assim como a alcalinidade e foram analisadas para cátions maiores, ânions e isótopos de H e O.

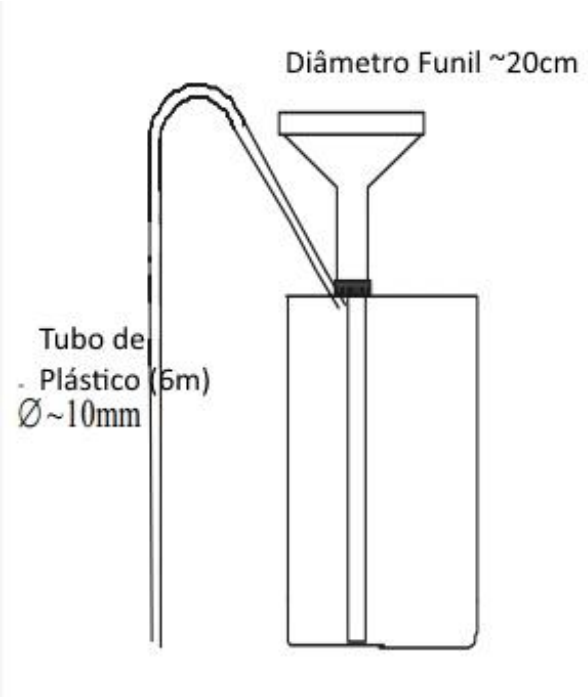


Figura 5.1: Coletor de Chuva (extraído e traduzido de IAEA, 2002)

O coletor de Chuva foi instalado em 30/05/14, no telhado da sede do DAEE de Marília, longe de árvores. Contudo, em algumas amostras foram encontrados pedaços de insetos, algas e musgo, por vezes influenciando na cor da amostra. A Partir de Março de 2015, foi instalado na boca do coletor uma malha inerte, para evitar a entrada de mosquitos transmissores da Dengue, uma exigência da Vigilância Sanitária de Marília. Esta malha, apesar de não estar presente no coletor indicado pela IAEA, não atrapalhou a coleta, apenas impediu a entrada de insetos no coletor.

Durante o período de 30/05/14 a 28/12/15 foram coletadas 13 amostras, quase mensalmente. Algumas coletas representam mais de um mês devido à falta de chuva, não existindo assim água suficiente para ser coletada. A única exceção é a amostra Jun/Jul/Ago_14, que é a primeira amostra coletada, que devido a fatores externos não foi possível à coleta separada dos meses acumulados.

As amostras de chuva para análise de cátions, ânions, metais e sílica foram coletadas em frascos de Polietileno de 100 ml e em frascos de Polietileno de 1L para análise de alcalinidade.

As análises de pH, ORP, Condutividade Elétrica e Temperatura das amostras de chuva foram feitos no LAMO (IGc) na USP, com sondas manuais e a alcalinidade foi medida com o método descrito na literatura, utilizando fenolftaleína, indicador misto e H_2SO_4. O Cálculo do TDS foi feito a partir da fórmula mais comumente usada para isso, TDS = Condutividade*0,68, utilizando-se o valor índice 0,68, que é o recomendado para águas de baixa salinidade de acordo com a literatura (HYPOLITO, 2011).

Foram coletadas amostras de água de uma nascente próxima ao ponto IPT44, cerca de 150-200m do poço, na cidade de Gália, uma em período seco (out/2015) e outra em período chuvoso (mar/2016), o nome do ponto sendo N_Beraldin; à estas duas amostras foi dado tratamento idêntico ao das amostras de chuva. Essa amostra foi coletada apenas nestes pontos dada a oportunidade de coleta que apareceu nestas duas ocasiões, tanto que foi coletada durante a terceira campanha e em outro período após a finalização das campanhas de água subterrânea.

Algumas amostras também apresenta um balanço iônico (B.I.) representável, com valores entre -20% e +20% (DEUTSCH, 1997), contudo outras amostras se apresentam fora do padrão, e novas análises nestas amostras serão feitas posteriormente.

5.5. Análises Químicas

5.5.1. Espectrometria de Chama

Este método é utilizado para descobrir a quantidade de um metal em solução usando o princípio de absorção de radiação ultravioleta pelos elétrons. Este princípio diz que quando os elétrons são agitados por uma fonte de energia estes sofrem um salto quântico e ao voltarem para seu orbital de origem devolvem a energia recebida para o meio, na forma de luz; esta reação é registrada apenas pelos elétrons que fazem parte do elemento analisado (Voguel, 2002). Foi realizado no LAQUA – CEPAS.

5.5.2. Cromatografia iônica

A cromatografia iônica é um processo de análise onde os íons são separados da amostra por resinas de troca iônica. Estas resinas separam os íons da amostra líquida por critérios como tamanho, carga iônica, hidrofobia e afinidade. Após separados os íons passam por um detector que geram os cromatogramas, que são interpretados e

podem gerar resultados de unidades em até ppb, dependo do elemento analisado (GE,2010). Este método foi utilizado no LAQUA – CEPAS.

5.5.3. Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma (ICP-OES).

A Espectometria de Emissão Óptica com Plasma é uma análise de quantificação de elementos pela detecção de radiação eletromagnética de íons excitados, num processo similar ao de espectometria de chama, porém com a energia fornecida pelo plasma, que chega a temperaturas bem mais altas, em torno de 7000 a 10000K, sendo energia suficiente para poder analisar grande parte dos elementos (Thomas, 2007). Foi realizado no CEA – UNESP.

5.6. Análises Isotópicas

5.6.1. PICARRO

Os isótopos estáveis de H e O das moléculas da água são medidos na água bruta, sem tratamento, usando um Espectrômetro por absorção à Laser da marca *Picarro*, instalado no CEPAS-USP (Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas da USP). Os resultados são reportados na escala δ em ‰ relativo ao padrão internacional V-SMOW, de acordo com a equação $\delta_{amostra}$ (‰) = ($R_{amostra}/R_{padrão}$)*1000, onde R são as razões atômicas $^{2}H/^{1}H$ e $^{18}O/^{16}O$. A incerteza dos resultados reportados pelo laboratório é ±0.1‰ para o $\delta^{18}O$ e ±0.9‰ para $\delta^{2}H$. Todas as medidas obtidas são processadas de acordo com procedimentos da IAEA (IAEA e USGS, 2013).

O PICARRO é um equipamento de análise de isótopos estáveis de H e O pelo método de CRDS (Cavity Ring-Down Spectroscopy). Este é um método de leitura do espectro das moléculas da amostra a partir de um raio laser, que é refletido por uma câmara com 3 espelhos, que incide na amostra vaporizada e registra os espectros de cada amostra, analisando simultaneamente os isótopos de H e O e reportando os valores de $\delta^{18}O$ e $\delta^{2}H$.

5.7. Tratamento dos dados

Os dados obtidos no banco de dados foram tabelados no Excel, onde foram classificados de acordo com sua geologia, localização e análises químicas pré-existentes. Deste banco de dados foram geradas seções geológicas da área, bem como perfis construtivos dos poços selecionados para amostragem.

O tratamento dos dados químicos obtidos durante as campanhas de amostragem foi feito preliminarmente com o software estatístico Excel, e após análise dos dados e gráficos gerados, os dados foram submetidos a softwares estatísticos mais específicos, como o AquaChem.

Os dois tipos de dados gerados foram comparados com a bibliografia para fins comparativos e confirmação de hipóteses geradas durante o projeto.

6. Resultados

6.1. Catálogo e Seleção dos Poços

O cadastramento dos poços existentes na área de estudo foi realizado em conjunto com um trabalho de formatura (MARTILIANO, 2014).

Foram registrados 350 poços, dos municípios de Álvaro de Carvalho, Alvinlândia, Duartina, Echaporã, Gália, Garça, Lupércio, Marília, Ocauçu, Oriente, Oscar Bressane, Pompéia, Presidente Alves, Quintana e Vera Cruz (Anexo 1).

O maior número de poços e informações disponíveis se encontra nos arredores da cidade de Marília, por ser a maior cidade do Espigão.

Durante a confecção dos mapas potenciométricos e de topos do aquíferos de interesse da região, foram cadastrados também 40 novos poços auxiliares das cidades de Queiroz, Herculândia, Tupã, Guaimbé, Getulina, Borá, Lutécia Ubirajara e Júlio Mesquita no banco de dados da CPRM (SIAGAS). Destes poços auxiliares foram cadastrados apenas os dados geológicos.

6.2. Modelo Hidrogeológico da área de estudo

Os perfis hidrogeológicos e os mapas confeccionados se encontram no Anexo 2. A confecção dos mapas através do programa ArcGis foi executada pela equipe de ArcGis do LabGeo/CTGeo, do IPT (IPT, 2016). A base cartográfica utilizada foi o mapa geológico do convênio DAEE/UNESP, na escala 1:750.000, modificado de acordo com a delimitação do Espigão de Marília.

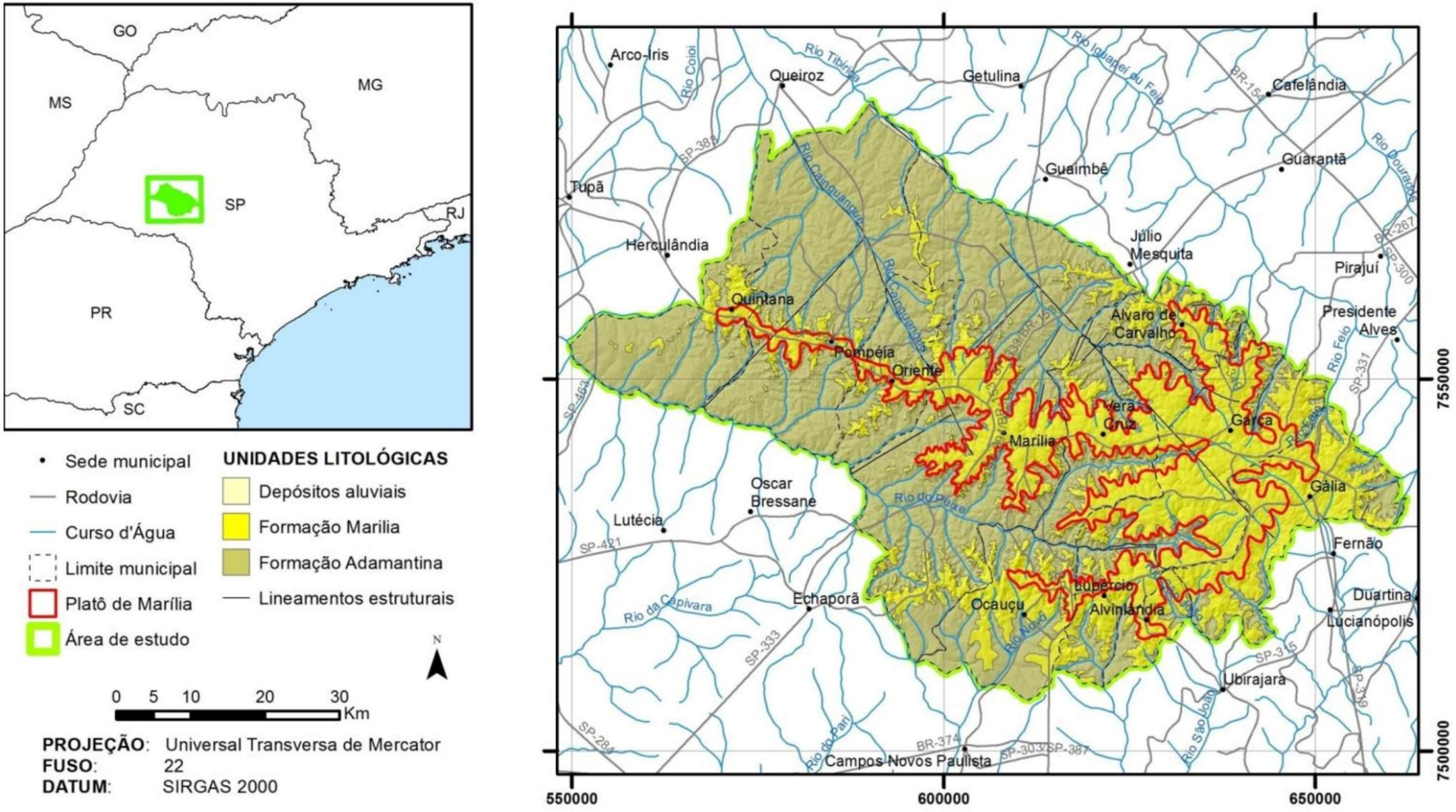


Figura 6.1: Geologia da área de estudo (Fonte: IPT (2016) modificado de DAEE/UNESP (1980)).

6.2.1. Descrição da Litologia da Área de Estudo

Com os dados resultantes do cadastramento dos poços, foi possível montar uma descrição geológica de como as formações se apresentam na área de estudo. Conforme visto na bibliografia, as formações apresentam uma grande variedade litológica, e a descrição encontrada pode ser vista na tabela 6.1.

Tabela 6.1: Descrição das formações segundo os dados obtidos.

FORMAÇÃO	DESCRIÇÃO
MARÍLIA	Arenitos mal selecionados, finos a grossos, compactos, com cor variando entre cinza-esbranquiçado, bege, marrom-claro, rosado, avermelhado, com concreções e nódulos carbonáticos. Podem ocorrer níveis conglomeráticos e intercalações de siltitos e argilitos.
ADAMANTINA	Arenitos finos a muito finos, em alguns casos médios, friáveis, com cor variando entre avermelhado, marrom e ocre amarronzado. Ocorrem níveis de argilitos e siltitos e podem apresentar cimentação carbonática.
ARAÇATUBA	Siltitos arenosos e argilitos, cinza-esverdeados a amarronzados, podendo, em menor frequência, apresentar cimentação carbonática. Ocorrem alguns níveis de arenitos e arenitos argilosos amarronzados com granulação fina.
BIRIGUI	A Formação Birigui aparece apenas em alguns poços, e é caracterizada por arenitos médios a grossos, de coloração amarronzada, bem selecionados, com boa porosidade aparente.
SERRA GERAL (GRUPO SÃO BENTO)	Formação Serra Geral é caracterizada por basalto marrom a cinza escuro, por vezes maciço, compacto e afanítica, outras vezes brechado, fraturado, alterado ou apresentando microfraturas, com texturas amigdaloidal e/ou vesicular preenchidas por calcita e zeólitas esverdeadas. Algumas camadas de arenitos finos brancos intercalados no basalto (intertrapes) foram descritas em um dos poços que atravessa o basalto

O modelo da área mostrou que, conforme visto na bibliografia, há uma predominância da Formação Marília na área de estudo, não apenas por ser a camada superior, como pela sua espessura, que pode atingir altos valores (média 101m). As espessuras e os topos das formações encontradas estão resumidos na tabela 6.2.

Tabela 6.2: Cota, topo e espessura das Formações (extraído de Martiliano, 2014).

	Cota do topo Fm. Marília (manm)	**Espessura Marília (m)**
Nº de poços	**135**	**97**
Mínimo	468	16
Máximo	684	218
Média	610	101
Mediana	620	105
	Cota do topo Fm. Adamantina (manm)	**Espessura Adamantina (m)**
Nº de poços	**103**	**52**
Mínimo	410	25
Máximo	560	172
Média	494	90
Mediana	499	106
	Cota do topo Fm. Araçatuba (manm)	**Espessura Araçatuba (m)**
Nº de poços	**49**	**24**
Mínimo	340	14
Máximo	522	82
Média	392	37,5
Mediana	387,5	40
	Cota do topo Fm. Serra Geral (manm)	**Espessura Basalto (m)**
Nº de poços	**25**	**01**
Mínimo	312	-x-
Máximo	505	-x-
Média	359	647
Mediana	345	-x-

Através dos perfis e mapas confeccionados (Anexo 2) foi possível perceber que a maioria dos poços extrai uma mistura de águas dos aquíferos Adamantina e Marília, sendo que nos poços onde ocorre a extração de apenas um aquífero, há uma predominância de poços da formação Adamantina.

Os mapas de isoespessura da Formação Marília, do Topo da Formação Adamantina, da localização dos poços amostrados e os perfis construídos se encontram no Anexo 2.

6.2.2. Modelo Conceitual de Fluxo e Mapa Potenciométrico

O seguinte modelo conceitual de fluxo foi montado para a área de estudo, onde as setas não apresentam proporcionalidade em relação à velocidade de fluxo (Figura 6.2).

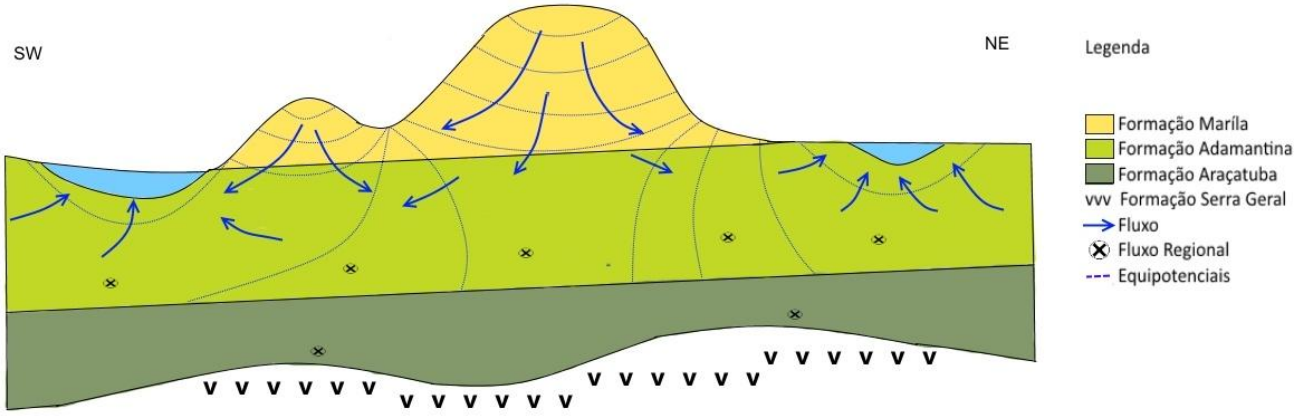


Figura 6.2: Modelo Conceitual de Fluxo da área de estudo

É possível ver que o fluxo ocorre das cotas mais altas para as mais baixas, abastecendo as drenagens e bacias onde aflora. O fluxo entre os aquíferos Marília e Adamantina deve ocorrer pontualmente, já que o aquífero Marília, devido a sua forte cimentação carbonática, é livre a semiconfinado.

O Aquífero Adamantina devido a sua litologia é o que apresenta a melhor permeabilidade e porosidade efetiva do Sistema Aquífero Bauru. Apresentam uma convergência para os rios em cotas mais baixas, onde ocorre o afloramento de sua unidade geológica.

A Formação Araçatuba, devido a sua litologia, apresenta uma baixa porosidade efetiva e permeabilidade, sendo caracterizada por Paula e Silva (2003) como um aquitarde. Por isso, seu fluxo deve ocorrer de forma lenta, apresentando baixa ou nenhuma influência pontual no Aquífero Adamantina.

O fluxo regional ocorre nas unidades inferiores do Sistema Aquífero Bauru e tem uma direção aproximadamente SE-NW com sentido para noroeste. Este sentido foi definido com base no ponto de descarga dos aquíferos que fazem parte da Bacia do Paraná, o Rio Paraná, que possui direção NE-SW.

A tabela com as cargas hidráulicas encontradas para os poços abastecidos apenas por uma formação e para os poços mistos se encontra no Anexo 3.

Foi construído o mapa potenciométrico do aquífero raso do Sistema aquífero Bauru, onde se localizam as formações de interesse (Adamantina e Marília) e de onde a grande maioria dos poços cadastrados extraem água. No Mapa (Figura 6.3) as linhas equipotenciais indicam fluxo das porções com maiores altitudes (Aflorante a

Formação Marília) para as com valores menores de altitude (Aflorante a Formação Adamantina).

Onde ocorre a transição entre o Espigão Marília e as cotas mais baixas, há um aumento do gradiente hidráulico devido a topografia da região, onde ocorre uma brusca mudança de altitude.

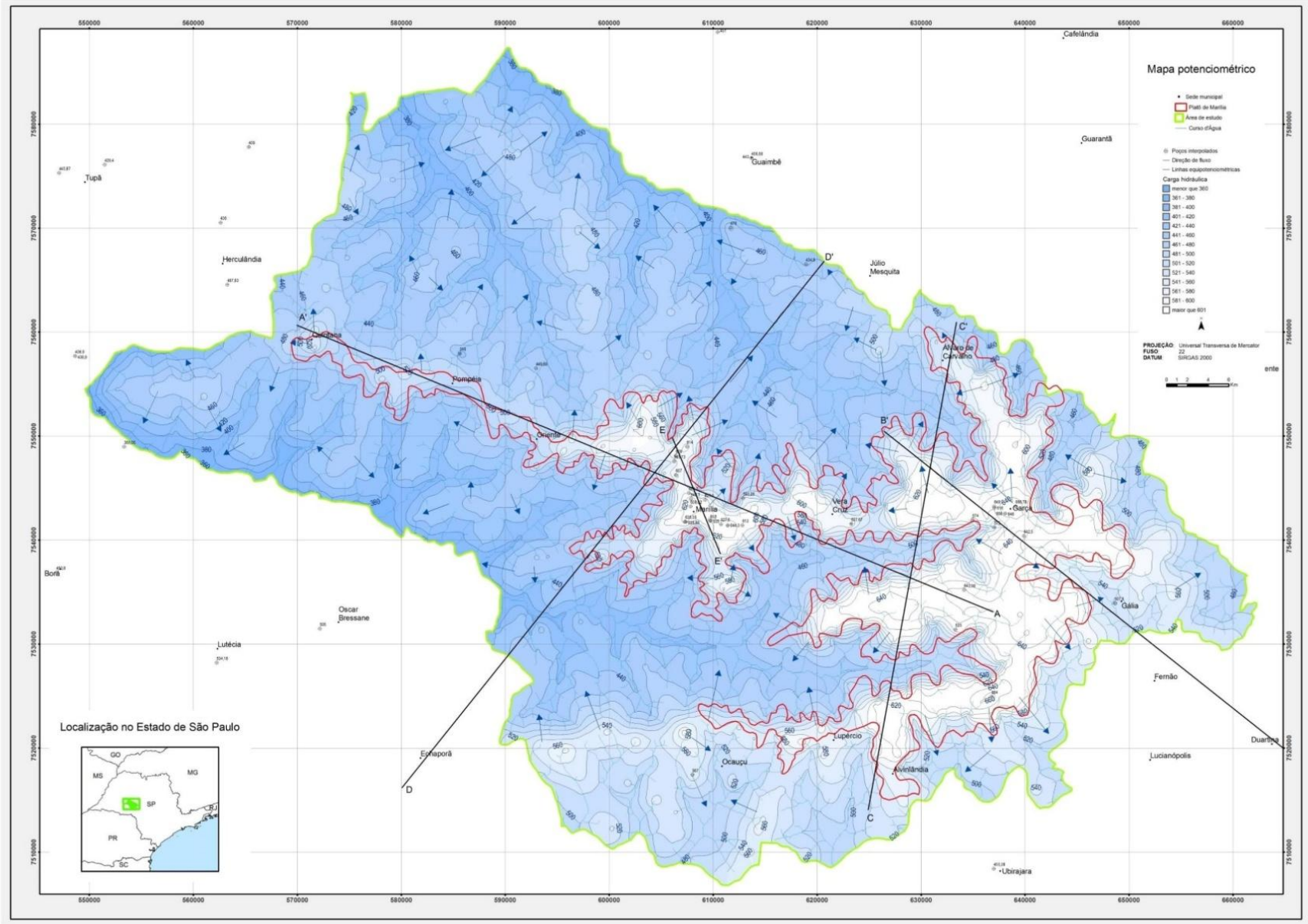


Figura 6.3: Mapa Potenciométrico do aquífero superior do SAB (Fonte: IPT (2016)).

6.3. Hidroquímica

6.3.1. Amostras de Chuva e Água de Nascente

As amostras de chuva obtidas em geral possuíam uma tonalidade transparente, com exceção de alguns meses, em geral mais secos, que apresentaram uma tonalidade esverdeada, provavelmente devido ao crescimento de algas no coletor. Após a instalação da redinha inerte, contudo, esse problema não ocorreu mais e não foram encontrados insetos nas amostras. Os dados físico-químicos, bem como a quantidade de água encontrada no coletor e o resultado das análises químicas, estão na tabela 6.3.

Tabela 6.3: Dados das amostras de chuva.

Amostra	Jun/Jul/ Ago_14	Set_14	Out_14	Nov_14	Dez_14	Jan_15	Fev_15	Mar_15	Abr_15	Mai_15	Jun_15	Set/Out _15	Nov/Dez _15
Início da Coleta	30/05/14	05/09/14	07/10/14	06/11/14	10/12/14	06/01/15	06/02/15	13/03/15	10/04/15	16/05/15	11/06/15	21/07/15	15/10/15
Fim da Coleta	05/09/14	06/10/14	05/11/14	09/12/14	05/01/15	05/02/15	12/03/15	09/04/15	15/05/15	10/06/15	20/07/15	14/10/15	28/12/15
Litros no Coletor	3.5	3.5	1.2	6.00	9.00	5	10	3.5	3	3.75	4.2	6	12
Cor	Transp.	Transp.	Verde	Transp.	Transp.	Transp.	Transp.	Verde Claro	Transp.	Verde Claro	Verde Claro	Transp.	Transp.
pH	6.11	5.98	7.80	7.70	7.10	7.60	8.76	6.51	6.56	9.18	8.42	9.30	8.70
T (°C)	16.98	23.00	26.30	23.00	22.00	25.30	20.70	25.10	23.44	19.00	23.00	19.40	20.00
Cond. (µs/cm)	96.00	231.00	991.00	270.00	32.00	22.30	52.50	15.70	126.00	64.30	23.70	11.000	7.10
TDS (ppm)	48.00	157.08	673.88	183.60	21.76	15.16	35.70	10.68	85.68	43.72	16.12	7.48	4.83
Alcalinidade ([CaCO3]mg/L)	0.00	0.000	179.69	48.52	9.06	6.40	20.79	6.00	29.86	30.36	5.06	1.690	1.41
HCO_3^- (mg/L)	8.55	9.87	258.37	62.22	16.44	16.39	21.78	9.87	19.43	22.50	9.47	1.72	1.64
CO_3^{2-} (mg/L)	0.001	0.000	0.804	0.15	0.01	0.03	0.62	0.00	0.003	1.68	0.123	0.169	0.040
Li^+ (mg/L)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<0,001	<0,001	<0,001
Ca^{2+}(mg/L)	2.66	2.92	6.56	1.35	0.71	0.50	0.86	1.05	2.01	0.48	0.43	0.69	0.44
Na^+ (mg/L)	0.94	0.45	1.20	0.35	0.31	0.27	0.24	0.24	1.71	0.21	0.40	0.18	0.10
NH_4^+ (mg/L)	5.48	5.09	62.39	19.41	2.56	2.07	8.89	1.41	11.64	9.82	1.43	0.006	0.095
K^+ (mg/L)	3.93	2.39	15.73	2.90	1.44	1.54	1.51	0.491	5.50	1.46	0.45	0.24	0.63
Mg^{2+} (mg/L)	0.55	0.84	2.83	0.61	0.12	0.05	0.04	0.02	0.22	0.10	0.08	0.14	0.11
F^- (mg/L)	0.04	0.018	0.05	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	8.44	1.22	0.004	0.45
Cl^- (mg/L)	3.21	0.59	2.20	0.50	0.38	0.36	0.51	0.82	4.27	0.56	0.71	0.33	0.18
NO_2^- (mg/L)	0.004	0.003	0.003	5.37	0.04	0.03	0.02	0.04	0.003	0.07	0.002	<0,001	0.008
Br^- (mg/L)	0.004	0.002	0.004	0.003	0.002	0.003	0.011	0.002	0.002	0.003	0.001	0.002	0.003
NO_3^- (mg/L)	28.18	29.70	1.80	0.45	0.23	0.79	0.44	0.38	0.12	0.20	0.29	0.15	0.15
HPO_4^- (mg/L)	3.84	1.96	11.04	5.00	0.86	0.03	2.01	0.46	3.50	0.36	0.02	0.006	0.005
SO_4^{2-} (mg/L)	3.58	1.53	4.79	3.14	0.38	0.58	0.75	0.025	2.54	0.96	0.95	0.47	0.91
Balanço Iônico (%)	-5.92	0.73	5.42	0.38	6.11	8.39	7.80	-1.86	7.20	-2.46	-3.58	3.07	1.68

Nas análises químicas é possível perceber uma queda na concentração de íons nos meses mais chuvosos, e uma relativa diferença entre os anos de 2015 e 2014, uma vez que 2014 foi mais seco que 2015. Os valores dos dados físico-químicos (pH, condutividade, e totais sólidos dissolvidos) aumentam no período seco, bem como apresentam maiores valores em 2014. Há também três amostras com altas concentrações de íons: Out_14, Abr_15 e Mai_15. Estas amostras são de meses com baixa pluviosidade, sendo o comportamento esperado. As evoluções das concentrações dos íons das amostras estão na figura 6.4.

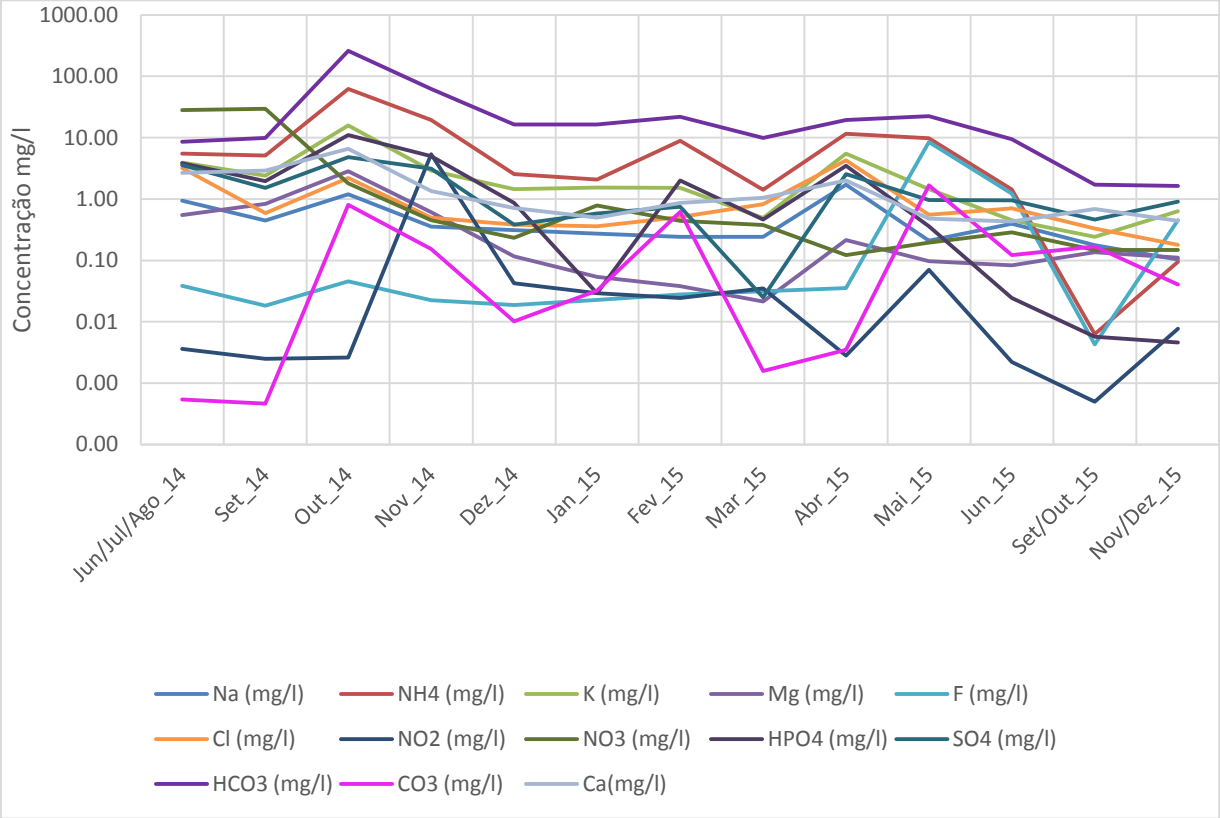


Figura 6.4: Concentrações dos íons versus amostras representativas de cada período

Os valores de Na^{+}, K^{+}, Ca^{2+}, Mg^{+2} e SO_4^{-2} seguem o padrão encontrado nos parâmetros físico-químicos, sendo que em Out_14 e Mai_15 há picos de Na^{+}, K^{+}, Ca^{2+} e Mg^{+2}; e em Abr_15 o pico encontrado é o de SO_4^{-2}.

Os valores de NH_4^{+} flutuam sem um padrão específico, porém aparece ligeiramente mais alto em 2014, de maneira não uniforme. Os valores de F^{-}, Cl^{-}, Br^{-} e NO_2^{-} aparentam ser estáveis, com o F^{-} apresentando um pico (8,4 mg/L) em Mai_15, NO_2^{-} pico em Nov_14, e o Cl^{-} um pouco mais presente em 2014.

As concentrações de NO_3^- têm seu pico na primeira amostra coletada em 2014, depois vai diminuindo lentamente de maneira relativamente uniforme. O HPO_4^- tem um comportamento parecido, mas com um valor mais elevado em Out_14.

Os resultados das amostras coletadas em uma nascente próximo ao poço IPT44 apresentaram um comportamento distinto das amostras de chuva. Naturalmente, possuem uma maior condutividade e quantidade de íons. Os resultados podem ser vistos na tabela 6.4.

Tabela 6.4: Análises químicas da Nascente Beraldin

Amostra	**N_Beraldin_Out_15**	**N_Beraldin_Mar_16**
pH	8.6	7.42
T (^{0}C)	20.1	28
Cond. Elétrica (µs/cm)	239.9	296
ORP (mV)	37	188
TDS (ppm)	163.132	201.28
Alcalinidade Total ([$CaCO_3$]mg/L)	69.71	47.78
HCO_3^- (mg/L)	81.78	58.14
CO_3^{-2} (mg/L)	1.605	0.075
Li^+ (mg/L)	0.001	0.005
Ca^{2+}(mg/L)	14.06	11.2
Na^+ (mg/L)	25.40	23.48
$NH4^+$ (mg/L)	**0.008**	**0.63**
K^+ (mg/L)	21.42	8.36
Mg^{2+} (mg/L)	5.60	3.18
F^- (mg/L)	0.20	0.85
Cl^- (mg/L)	41.22	29.81
NO_2^- (mg/L)	0.003	0.004
Br^- (mg/L)	0.003	0.003
NO_3^- (mg/L)	10.81	13.54
HPO_4^- (mg/L)	1.43	1.11
SO_4^{2-} (mg/L)	4.79	2.35
Balanço Iônico (%)	-0.82	0.057

Os valores de condutividade e sólidos totais dissolvidos aumentou do período seco para o chuvoso e os de pH e alcalinidade seguiram o caminho inverso. Os valores de Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^- e SO_4^{-2} diminuíram do seco para o chuvoso, e particularmente os valores de K^+ e SO_4^{-2} apresentaram quase a metade do valor. Os níveis de F^- e NO_3^- tiveram um leve aumento. No caso do NO_3^-, por se tratar de água de nascente não protegida, pode indicar uma leve contaminação antrópica.

A análise do diagrama tipo Piper destas amostras pode ser visto na figura 6.5.

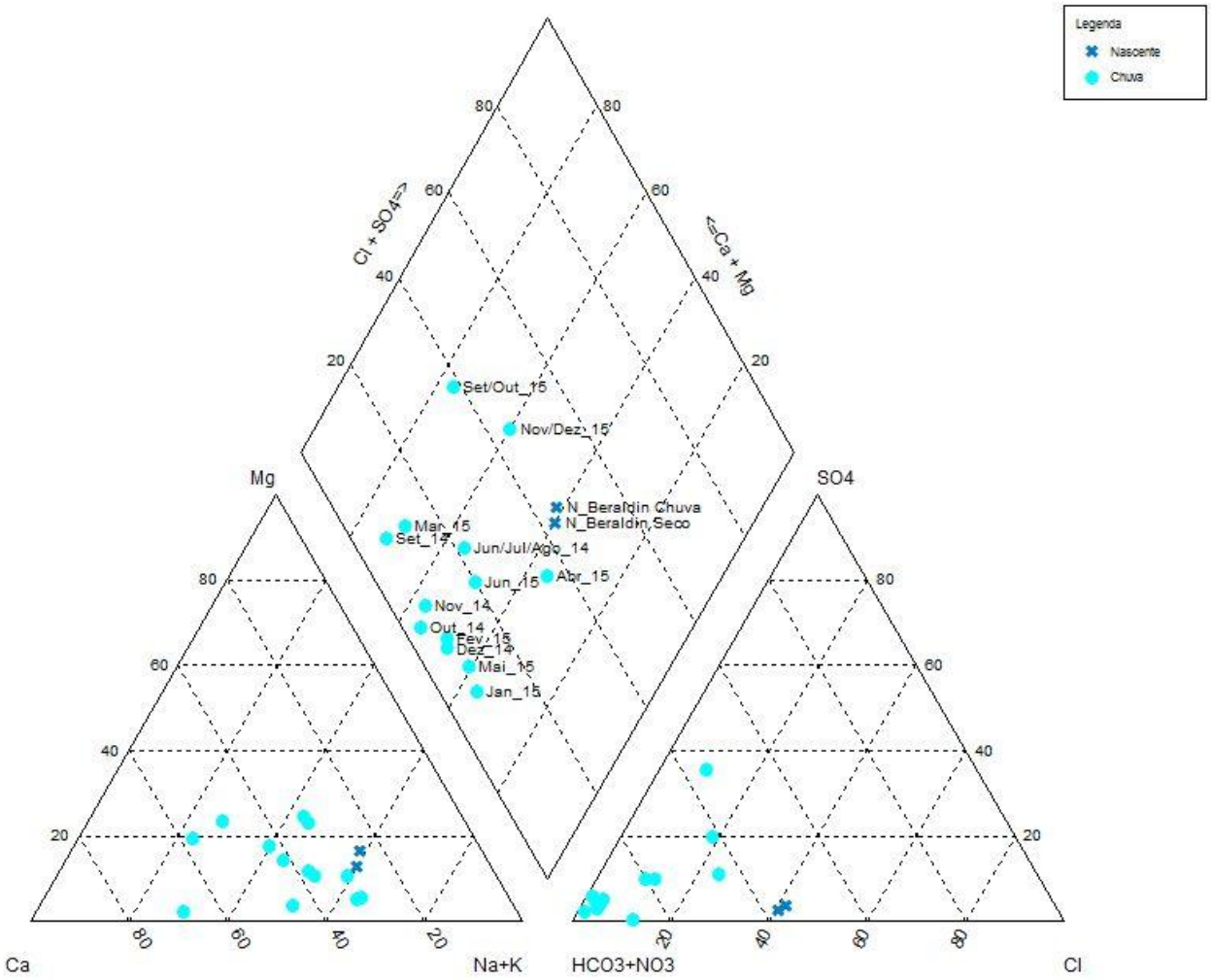


Figura 6.5: Piper das amostras de chuva e amostras de água da nascente.

Neste diagrama é possível ver que a composição dos íons maiores das duas amostras da nascente não é muito diferente. É possível ver também que as amostras de chuva apresentam uma composição variada, mas com uma leve distinção entre os meses secos e chuvosos. Os meses secos possuem uma composição mais $Cl+NO_3/SO_4$ e os meses chuvosos uma composição mais $Na+K/HCO_3$. As amostras da nascente indicam, por sua posição no diagrama, que recebem influências das chuvas tanto do período seco quanto chuvoso.

6.3.2. Amostras de Água Subterrânea (Primeira e Segunda Campanha)

Para estas campanhas foram selecionados 21 poços entre os 350 cadastrados no banco de dados. Existe uma variação entre a primeira campanha (período seco, 2014) e a segunda (período chuvoso, 2015). Em geral há muito mais íons dissolvidos na

água na primeira campanha que na segunda. Conforme visto nos dados das amostras de chuva, o período de seca (menor quantidade de precipitação) foi mais intenso em 2014, o que poderia explicar essa maior concentração de sais na primeira campanha. Em alguns poços foi identificado o comportamento contrário de íons normalmente relacionados a contaminações antrópicas, indicando provável fonte de contaminação primária ativa.

Os poços analisados foram separados em grupos com geologia e comportamento hidrogeoquímico similar, para uma melhor compreensão do ambiente geoquímico da área de estudo. A geologia considerada para cada poço é a geologia atravessada pelas seções filtrantes de cada poço, tornando-a assim, mais representativa de cada amostra. Os grupos são: Aquífero (Aq.) Marília, Aq. Adamantina, Aq. Marília e Adamantina_1, Aq. Marília e Adamantina_2, Aq. Adamantina e Araçatuba, Aq. Marília, Adamantina e Araçatuba, e Aq. Adamantina, Araçatuba e Serra Geral. Os Perfis construtivos de todos os poços estão disponíveis no Anexo 2. Essa separação pode ser percebida como efetiva no diagrama do tipo Piper (Figura 6.6) que engloba todas as amostras de todos os grupos.

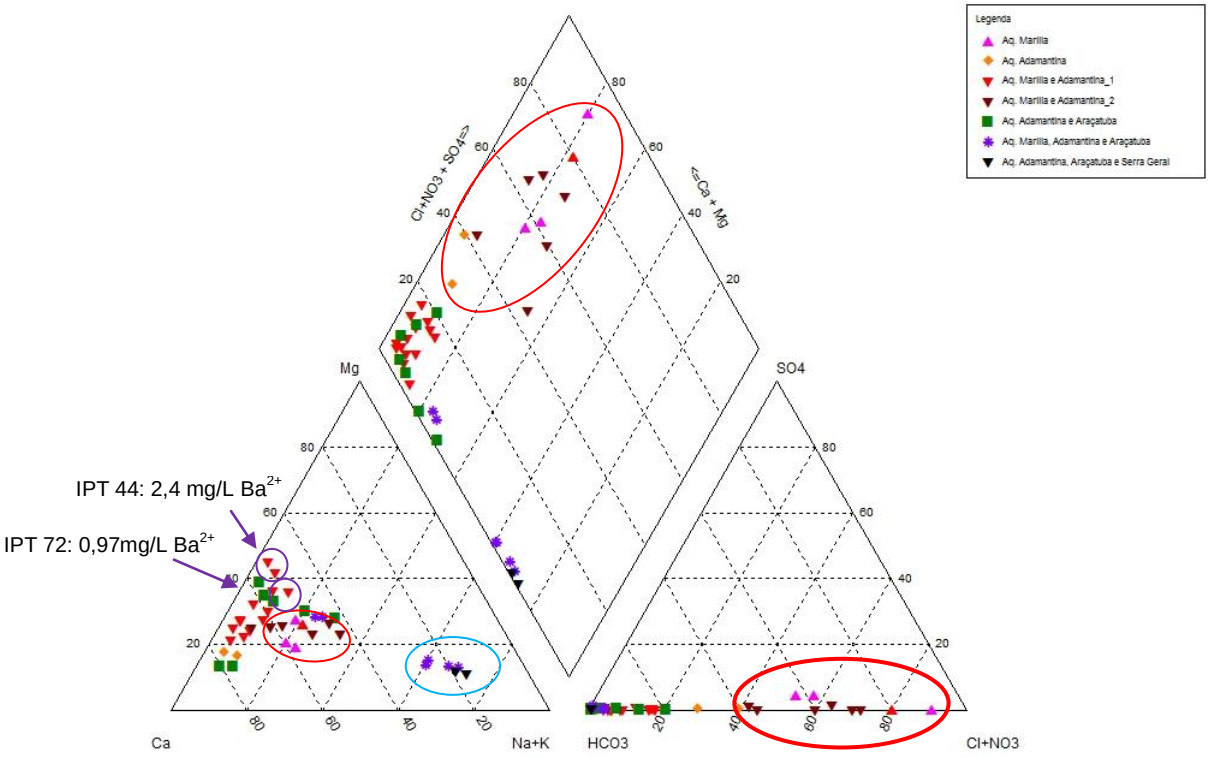


Figura 6.6: Diagrama de Piper de todas as amostras das duas campanhas. O círculo em vermelho engloba amostras mais rasas e o em azul as mais profundas.

Em geral, pode-se ver que as amostras mais profundas (Círculo Azul) apresentam uma composição mais sódica de origem natural. Já as amostras pertencentes aos

grupos mais rasos aparecem em duas aglomerações distintas: As com baixo NO_3+Cl e as com alto NO_3+Cl.

As amostras com altos teores de NO_3+Cl (Círculo Vermelho), que também apresentam valores um pouco mais alto de N+K, pertencem a poços rasos, e provavelmente foram misturadas com águas servidas. Estas amostras são as dos grupos Aq. Marília, Aq. Adamantina e Aq. Marília e Adamantina_2.

Já as amostras do grupo Aq. Marília e Adamantina_1 apresentam baixos teores de NO_3+Cl, e menores teores de N+K, são cálcicas, porém algumas apresentam um teor uma pouco maior de Mg, e nestas são encontrados os maiores valores de Ba^{2+} (Círculos Roxos). As características específicas de cada grupo serão melhor descritas a seguir.

6.3.2.1. Aquífero Marília

Neste grupo aparecem os poços IPT41 e IPT63, possuem filtros exclusivamente na Formação Marília e são rasos. A água destes poços é cálcica e levemente magnesiana. Os resultados das análises destes dois poços estão na tabela 6.5.

Tabela 6.5: Análises químicas do grupo Aquífero Marília

Poço	41	41	63	63					
Amostra	**41_1**	**41_2**	**63_1**	**63_2**					
Data	02/09/14	10/03/15	02/09/14	10/03/15	**Média**	**Mediana**	**Máximo**	**Mínimo**	**Desvio Padrão**
Temp (°C)	24.54	24.53	24.38	24.47	24.48	24.50	24.54	24.38	0.07
pH	6.18	5.95	5.79	5.74	5.92	5.87	6.18	5.74	0.20
Eh (mV)	439.10	404.8	419.90	435.9	424.93	427.90	439.10	404.80	15.83
Cond (µS/cm)	359.0	340.00	172.0	173.00	261.00	256.50	359.00	172.00	102.49
TDS	179.0	170.00	86.00	87.00	130.50	128.50	179.00	86.00	50.94
Alcalinidade ([$CaCO_3$]mg/L)	62.06	74.07	14.01	6.01	39.04	38.03	74.07	6.01	34.03
HCO_3^- (mg/L)	75.70	90.35	17.09	7.33	47.62	46.39	90.35	7.33	41.51
CO_3^- (mg/L)	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Ba^{2+} (mg/L)	0.17	0.19	0.42	0.47	0.31	0.30	0.47	0.17	0.15
SO_4^{2-} (mg/L)	7.05	7.54	0.07	0.02	3.67	3.56	7.54	0.02	4.19
Cl^- (mg/L)	23.95	23.78	4.96	4.76	14.36	14.37	23.95	4.76	10.97
F^- (mg/L)	0.06	0.03	0.04	0.02	0.04	0.04	0.06	0.02	0.02
NO_3^- (mg/L)	74.76	70.89	62.69	65.72	68.52	68.31	74.76	62.69	5.37
NO_2^- (mg/L)	0.005	0.003	0.006	0.001	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
HPO_4(mg/L)	0.080	0.012	0.21	0.0211	0.08	0.05	0.21	0.01	0.09
PO_4^{2-} (mg/L)	0.079	0.012	0.2078	0.021	0.08	0.05	0.21	0.01	0.09
Sr^+ (mg/L)	0.14	0.15	0.09	0.09	0.12	0.11	0.15	0.09	0.03
K^+ (mg/L)	2.53	2.89	5.62	6.37	4.35	4.26	6.37	2.53	1.93
Na^+ (mg/L)	15.88	14.341	4.09	2.24	9.14	9.22	15.88	2.24	6.97
Ca^{2+} (mg/L)	37.06	40.6615	15.16	14.42	26.83	26.11	40.66	14.42	13.98
Mg^{2+} (mg/L)	7.39	8.55	4.62	4.52	6.27	6.01	8.55	4.52	2.02
Fe (mg/L)	0.0105	0.0105	0.0105	0.0105	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Mn (mg/L)	<0,003	0.00	<0,003	0.010	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
Al (mg/L)	<0,015	0.01	<0,015	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Si (mg/L)	10.90	9.62	10.6	9.2	10.08	10.11	10.90	9.20	0.80
Balanço Iônico (%)	-0.85	-0.24	0.90	1.72					

Nestes dois poços há grandes indicações de contaminação antrópica, apresentando valores de 74,76 mg/L NO_3^- no IPT41 e 65,72 mg/L NO_3^- no IPT63. No caso do IPT63, há um aumento do teor de NO_3^- da primeira para a segunda campanha. Os teores de Cl^- também são elevados em relação aos poços com menor influência antrópica.

Devido a esta contaminação, não há muita semelhança hidroquímica entre os íons dos dois poços. O pH é mais baixo em relação a outros grupos (média 5,8), que é o esperado de poços rasos. A alcalinidade é variada, o que é confirmado pelas

variações nos valores de HCO_3^- e CO_3^-. As concentrações de K^+, Na^+, Ca^{2+} e Mg^{2+} são bem variados, mostrando que poço IPT 41 é bem mais mineralizado. Isso pode ser facilmente visto na figura 6.7.

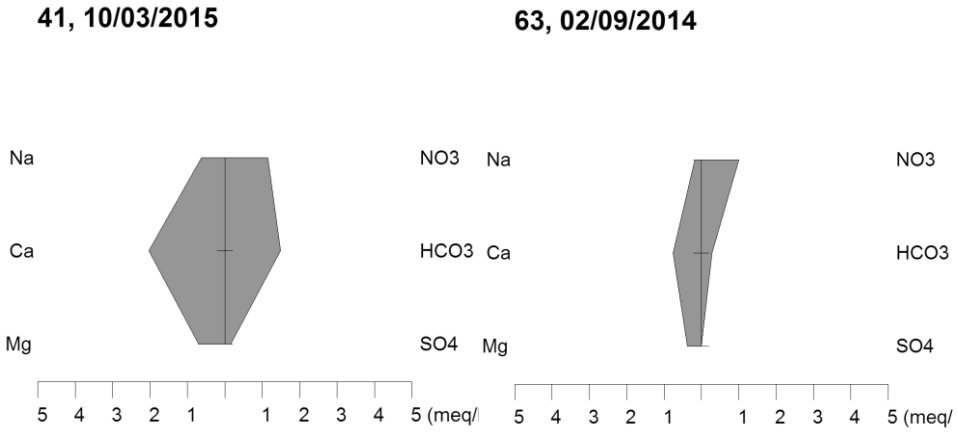


Figura 6.7: Stiff dos poços IPT41 e IPT63

Os valores de F^-, NO_2^-, PO_4^{2-} e Sr^+ aparecem em valores baixos, relativamente constantes, e o SO_4^{2-} apresenta valores baixos, mas diferentes. Os metais Fe, Mn e Al não aparecem em quantidades detectáveis, e os teores de Si são similares.

Possuem concentrações de Ba^{2+} distintas, sendo a mais alta do poço IPT63, localizado em Garça, com um valor de 0,45 mg/L, e no IPT41 um valor de 0,19mg/L em Vera Cruz. É possível ver também que nestes poços há uma maior concentração de SO_4^{-2} no poço mais pobre em bário.

6.3.2.2. Aquífero Adamantina

Este grupo engloba apenas um poço, sendo raso e com filtros exclusivamente na Formação Adamantina. O poço representante é o IPT316, que apresenta uma composição Cálcica-Bicarbonatada. A composição química deste poço está na tabela 6.6.

Tabela 6.6: Análises químicas do grupo Aq. Adamantina

Poço	316	316
Amostra	**316_1**	**316_2**
Data	09/09/14	05/03/15
Temp (°C)	23.89	23.61
pH	6.68	6.51
Eh (mV)	392.40	316.2
Cond (µS/cm)	254.0	258.00
TDS	127.0	129.00
Alcalinidade ([$CaCO_3$]mg/L)	100.09	70.07
HCO_3^- (mg/L)	122.05	85.45
CO_3^- (mg/L)	0.03	0.01
Ba^{2+} (mg/L)	0.30	0.31
SO_4^{2-} (mg/L)	0.26	0.28
Cl^- (mg/L)	6.69	8.05
F^- (mg/L)	0.08	0.07
NO_3^- (mg/L)	39.11	43.27
NO_2^- (mg/L)	0.004	0.006
HPO_4(mg/L)	0.420	0.0229
PO_4^{2-} (mg/L)	0.416	0.023
Sr^+ (mg/L)	0.17	0.16
K^+ (mg/L)	2.74	3.05
Na^+ (mg/L)	3.84	1.31
Ca^{2+} (mg/L)	37.17	40.08
Mg^{2+} (mg/L)	4.98	5.51
Fe (mg/L)	0.0105	0.0105
Mn (mg/L)	<0,003	0.00
Al (mg/L)	<0,015	0.01
Si (mg/L)	12.40	12.6
Balanço Iônico (%)	-6.20	5.32

Esse poço apresenta leves diferenças entre a estação seca e chuvosa. O pH é baixo/neutro com uma alcalinidade que variou um pouco entre as campanhas. Tem valores consideráveis de Ca^{2+} e de Mg^{2+} e baixo teor de SO_4^{2-} e Na^+, visível na figura 6.8.

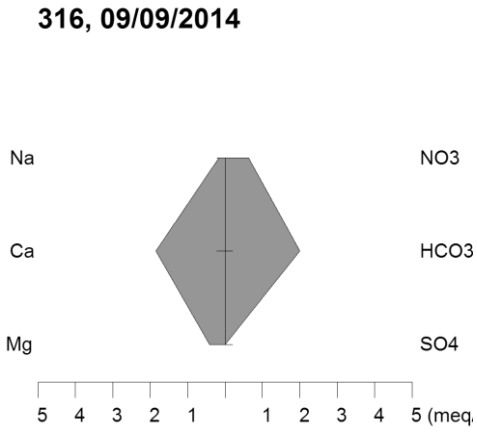


Figura 6.8: Diagrama Stiff para o poço IPT316

Como é um poço raso, os níveis encontrados de NO_3^- não são inesperados, porém é em valor alto (43,27mg/L), próximo ao limite de potabilidade, e com um aumento da primeira para a segunda campanha. Este último comportamento também é visto no Cl^-, que também aparece alto em relação a outros grupos.

Apresenta um teor de Ba baixo em relação a outros poços (0,3mg/L) mas superior ao VRQ (0,25mg/L).

6.3.2.3. Aquíferos Marília e Adamantina

Este é o maior grupo, pois existem 10 poços com filtros na Formação Marília e na Formação Adamantina. São poços com profundidades de rasas a medianas, encontrados em toda a área de estudo.

Analisando este grupo, foi possível subdividi-lo em dois grupos, baseando-se na hidrogeoquímica destes poços. Os grupos foram divididos em Aquíferos Marília e Adamantina_1 e Aquíferos Marília e Adamantina_2, e esta divisão fica muito clara no diagrama Piper (Figura 6.9).

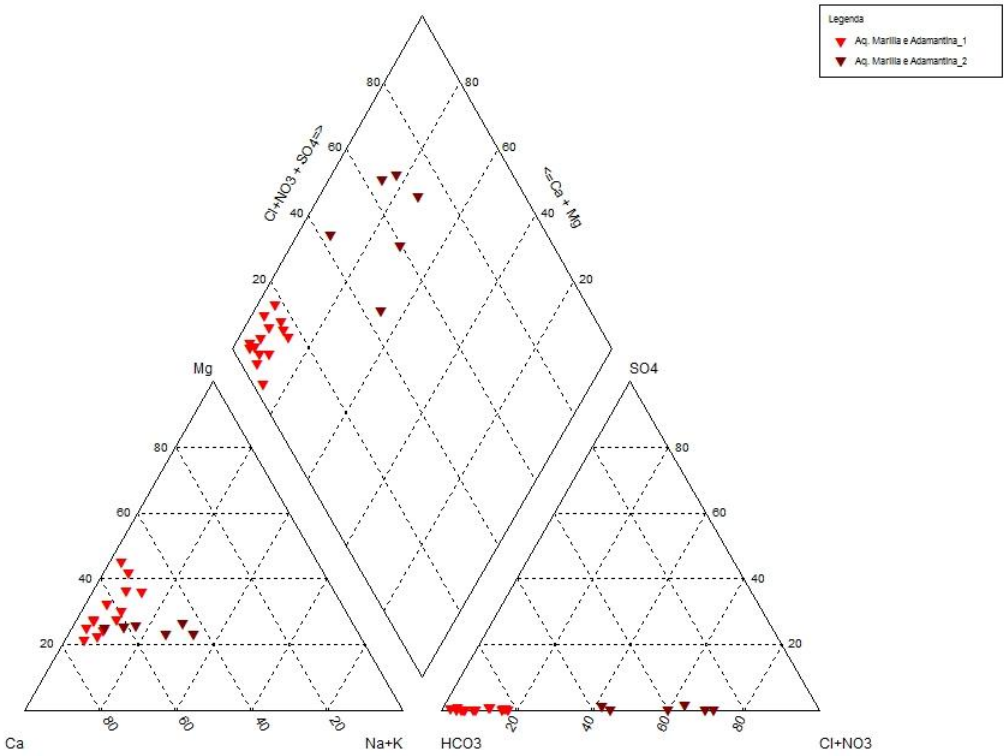


Figura 6.9: Diagrama tipo Piper das amostras do grupo Aquíferos Marília e Adamantina

É possível ver que as amostras do primeiro grupo apresentam uma composição mais Ca/Mg-HCO_3 e o segundo grupo composição uma pouco mais Na+K-Cl+HNO_3. O primeiro grupo apresenta valores menores de íons indicativos de contaminação antrópica. Estes valores destes elementos significativos do segundo grupo são mais similares aos dos grupos Aq. Marília e Aq. Adamantina, como pode ser visto na figura 6.10.

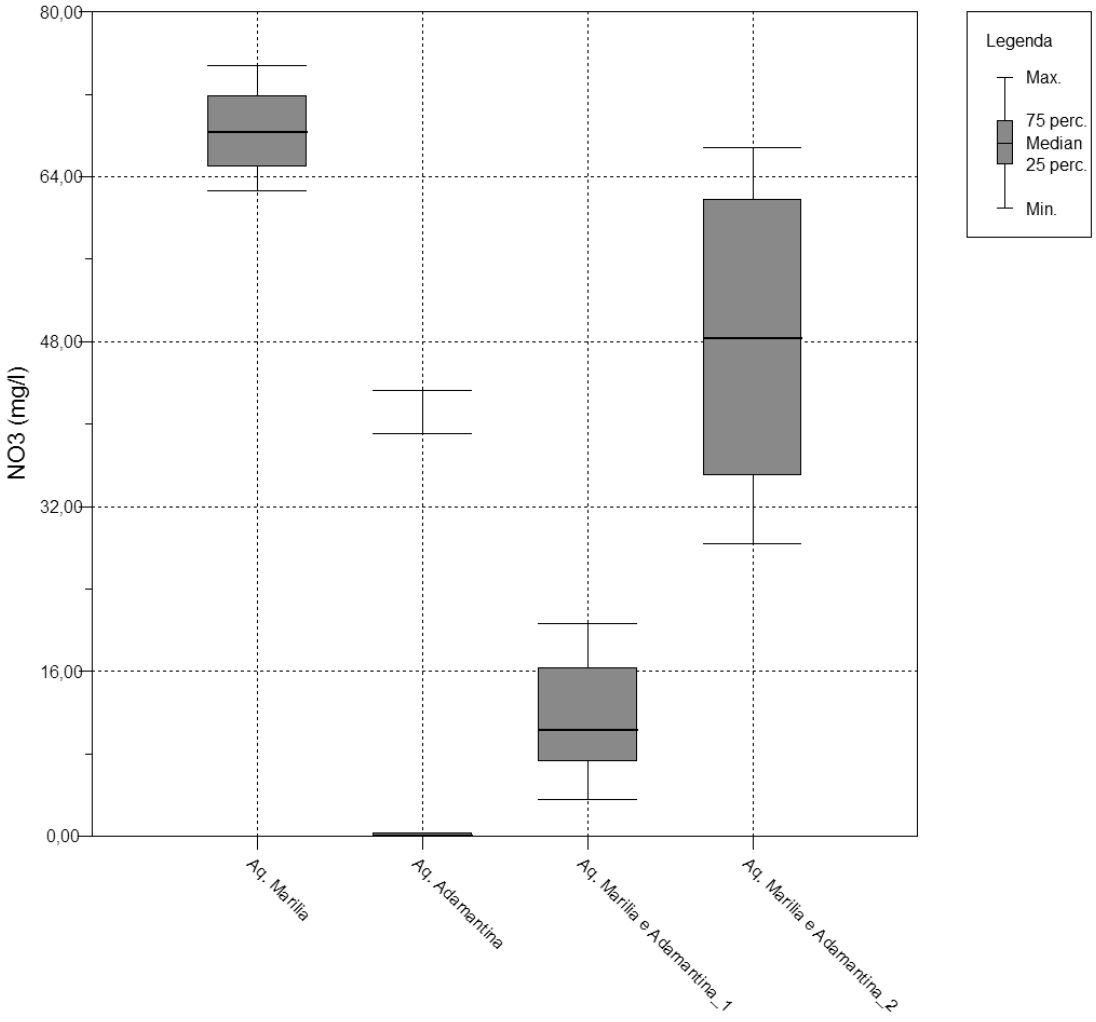


Figura 6.10: Gráfico tipo Box&Whiskers para as concentrações de NO_3 encontradas nos grupos Aquífero Marília, Aquífero Adamantina, Aquíferos Marília e Adamantina_1 e Aquíferos Marília e Adamantina_2.

Aquíferos Marília e Adamantina_1

Este grupo é composto pelos poços IPT44, IPT72, ITP96, IPT132, IPT245, IPT328 e IPT347. As águas são predominantemente Ca-HCO_3, com alguns poços apresentando um pouco mais de Mg. As análises químicas destas amostras estão na tabela 6.7.

Tabela 6.7 - Resultado das análises químicas do grupo Aquíferos Marília e Adamantina_1

Poço	44	44	72	72	96	96	132	132	245	245	328	328	347	347	Média	Mediana	Máx.	Mín.	Desv. Padr.
Amostra	**44_1**	**44_2**	**72_1**	**72_2**	**96_1**	**96_2**	**132_1**	**132_2**	**245_1**	**245_2**	**328_1**	**328_2**	**347_1**	**347_2**					
Data	2/9/14	10/3/15	2/9/14	10/3/15	4/9/14	18/3/15	10/9/14	17/3/15	9/9/14	17/3/15	3/9/14	12/3/15	10/9/14	19/3/15					
Temp (°C)	22,89	23,05	23,41	23,27	22,28	22,44	24,13	24,38	23,98	25,59	24,09	23,88	23,88	23,73	23,64	23,81	25,59	22,28	0,85
pH	7,40	7,22	6,65	6,29	6,67	6,73	6,93	6,95	7,03	7,12	6,91	6,91	7,16	7,24	6,94	6,94	7,40	6,29	0,29
Eh (mV)	360,20	348,5	370,90	403,4	309,40	257,3	357,90	296,7	382,90	306,7	389,00	322,5	360,70	233,1	335,66	353,20	403,40	233,10	50,13
Cond (µS/cm)	383,0	368,00	190,0	174,00	245,0	239,00	224,0	232,00	276,0	299,00	192,0	196,00	354,0	402,00	269,57	242,00	402,00	174,00	78,47
TDS	192,0	184,00	95,0	87,00	123,0	120,00	112,0	116,00	138,0	149,00	96,0	98,00	177,0	201,00	134,86	121,50	201,00	87,00	39,25
Alcalinidade ([$CaCO_3$]mg/L)	179,17	189,18	77,07	78,07	138,13	114,11	100,09	104,10	156,14	165,15	97,09	84,08	191,18	211,20	134,63	126,12	211,20	77,07	46,78
HCO_3^- (mg/L)	218,03	230,41	93,99	95,23	168,44	139,13	122,01	126,88	190,29	200,89	118,35	102,49	232,90	257,21	164,02	153,79	257,21	93,99	56,90
CO_3^- (mg/L)	0,27	0,19	0,02	0,01	0,04	0,04	0,05	0,06	0,10	0,29	0,05	0,04	0,17	0,22	0,11	0,05	0,29	0,01	0,10
Ba^{2+} (mg/L)	2,38	2,46	0,97	0,96	0,20	0,22	0,25	0,26	0,56	0,68	0,50	0,36	0,96	1,12	0,85	0,62	2,46	0,20	0,74
SO_4^{2-} (mg/L)	1,54	1,66	0,15	0,17	0,16	0,12	0,07	0,07	0,24	0,17	0,15	0,11	0,54	1,15	0,45	0,16	1,66	0,07	0,56
Cl^- (mg/L)	7,24	7,83	1,03	1,20	2,29	2,43	7,51	8,13	2,56	3,10	0,43	0,45	1,58	2,56	3,45	2,50	8,13	0,43	2,89
F^- (mg/L)	0,07	0,06	0,08	0,05	0,11	0,06	0,05	0,05	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,11	0,05	0,02
NO_3^- (mg/L)	18,89	20,60	17,14	17,80	3,54	3,95	10,88	14,01	8,75	7,77	10,80	9,71	3,59	7,11	11,04	10,25	20,60	3,54	5,82
NO_2^- (mg/L)	0,005	0,001	0,003	0,001	0,006	0,001	0,003	0,0019	0,003	0,006	0,004	0,0029	0,002	0,0035	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
HPO_4(mg/L)	0,120	0,015	0,140	0,01	0,680	0,0385	0,210	0,0155	0,320	0,0197	0,060	0,0287	0,070	0,0054	0,12	0,05	0,68	0,01	0,18
PO_4^{2-} (mg/L)	0,119	0,015	0,139	0,011	0,673	0,038	0,208	0,015	0,317	0,019	0,059	0,028	0,069	0,005	0,12	0,05	0,67	0,01	0,18
Sr^+ (mg/L)	0,73	0,78	0,29	0,29	0,26	0,28	0,24	0,249	0,34	0,37	0,26	0,30	0,90	1,01	0,45	0,29	1,01	0,24	0,28
K^+ (mg/L)	2,30	2,50	3,87	4,28	1,64	1,85	2,54	2,7262	1,79	2,45	2,52	2,68	2,30	2,55	2,57	2,51	4,28	1,64	0,72
Na^+ (mg/L)	4,35	1,89	3,51	1,35	4,45	1,49	4,44	1,1202	4,46	2,80	3,65	1,48	10,68	3,60	3,52	3,56	10,68	1,12	2,43
Ca^{2+} (mg/L)	38,19	45,95	19,18	20,55	35,48	39,4915	29,83	33,9967	40,48	49,09	24,65	26,91	46,24	65,12	36,80	36,84	65,12	19,18	12,49
Mg^{2+} (mg/L)	18,76	24,10	8,23	8,18	7,73	8,45	8,04	8,2435	7,96	8,56	7,56	8,47	11,64	16,06	10,86	8,35	24,10	7,56	5,12
Fe (mg/L)	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,037	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01
Mn (mg/L)	<0,003	0,00	<0,003	0,00	<0,003	0,00	0,0055	0,00	<0,003	0,00	<0,003	0,00	<0,003	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Al (mg/L)	<0,015	0,01	<0,015	0,01	<0,015	0,01	<0,015	0,01	<0,015	0,01	<0,015	0,01	<0,015	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Si (mg/L)	11,20	10,78	9,86	9,62	10,45	10,05	11,50	10,5	13,90	14,25	10,40	9,83	15,50	15,96	11,70	10,64	15,96	9,62	2,21
B. I. (%)	-4.72	1.24	1.34	-0.02	-4.67	7.09	0.44	-0.70	-6.68	-2.24	-1.07	8.25	-1.44	4.37					

Neste subgrupo há um valor de pH quase neutro, os valores de condutividade, totais sólidos dissolvidos e alcalinidade são bem variados. Os valores de Ca^{2+} e Na^{+} variam de poço para poço, mas em geral seguem a tendência de terem concentrações inversamente proporcionais, onde tem mais Ca^{2+} o valor de Na^{+} é menor e vice-versa. Os valores de SO_4^{2-} são bem baixos e relativamente constantes, com alguns valores mais altos nos poços IPT44, IPT72 e IPT347. Alguns poços apresentam um valor maior de NO_3^{-} e Cl^{-}, não sendo próximo ao valor de intervenção, mas um pouco alto no poço IPT44 (20,60 mg/L).

Os valores de Sr^{+} são um pouco mais altos nos poços IPT44 e IPT347 (0,78 mg/L e 1,01 mg/L) e nos demais tem um valor próximo a 0,3 mg/L. O teor de Mg^{2+} é similar e relativamente alto em comparação aos outros grupos, na faixa de 8mg/L, com exceção do IPT44 (24,10 mg/L). Estes poços com valores altos de Sr^{+} e Mg^{2+} também apresentam os maiores valores de Ba^{2+}. Os teores de Fe, Mn e Al são muito baixos e o PO_4^{2-} é baixo também, tendo apenas um pico (0,673) na amostra do período seco do IPT96, e os teores de Si constantes. Os gráficos do tipo Stiff representantes destes poços estão na figura 6.11.

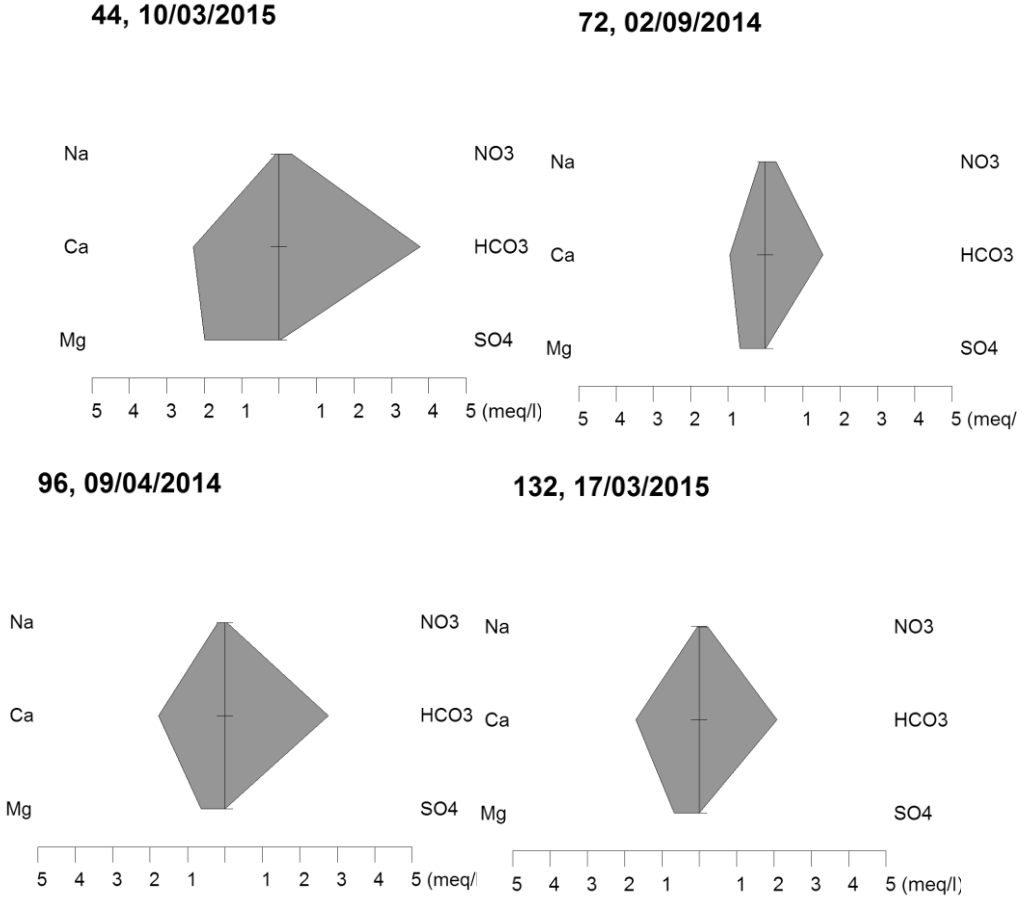


Figura 6.11: Stiffs Representativos dos poços do grupo Aquíferos Marília e Adamantina_1

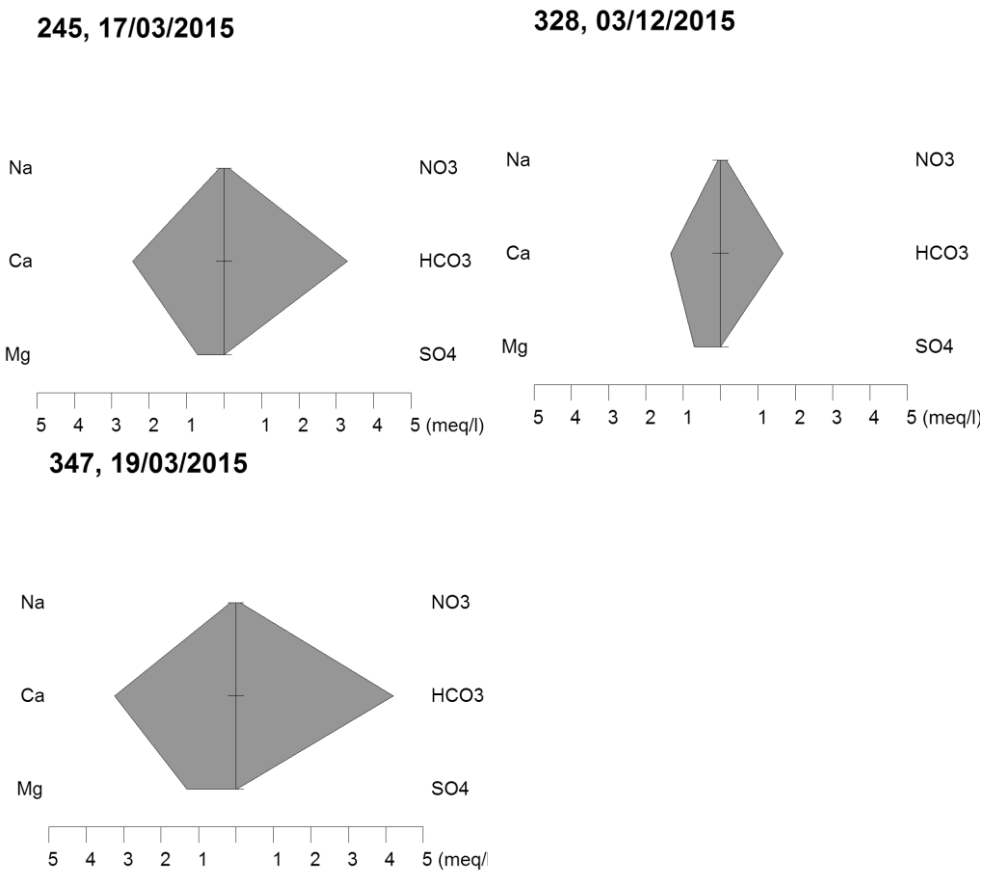


Figura 6.11 (Cont.): Stiffs Representativos dos poços do grupo Aquíferos Marília e Adamantina_1

Pertencem a este grupo os poços com os valores mais altos de Ba^{+}, sendo o IPT44 (2,46 mg/L), IPT347 (1,12 mg/L), IPT72 (0,97 mg/L) e IPT245 (0,68 mg/L). Os demais possuem valores menores, mas em geral acima do VRQ.

Aquíferos Marília e Adamantina_2

Neste subgrupo estão os poços IPT49, IPT 173 e IPT331, as amostras apresentam uma composição Ca-Cl+NO_3, contudo, são mais Na+K que as amostras do grupo anterior. Possuem uma profundidade similar, em torno dos 200m. As análises químicas destes poços podem ser checadas na tabela 6.8.

Tabela 6.8: Análises química do Grupo Aquíferos Marília e Adamantina_2

Amostra	49_1	49_2	173_1	173_2	331_1	331_2	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão
Data	01/09/14	16/03/15	11/9/14	11/03/15	020/9/14	12/03/15					
Temp (°C)	23,00	23,04	24,83	25,91	23,96	23,83	24,10	23,90	25,91	23,00	1,12
pH	5,75	5,76	5,76	5,31	5,83	5,71	5,69	5,76	5,83	5,31	0,19
Eh (mV)	413,20	358,7	971,80	907,4	460,40	387,1	583,10	436,80	971,80	358,70	278,91
Cond (µS/cm)	159,0	158,00	121,0	137,00	163,0	151,00	148,17	154,50	163,00	121,00	16,15
TDS	80,0	79,00	60,0	69,00	81,0	76,00	74,17	77,50	81,00	60,00	8,18
Alcalinidade ([$CaCO_3$] mg/L)	25,02	59,05	39,04	28,03	22,02	25,02	33,03	26,52	59,05	22,02	14,06
HCO_3^- (mg/L)	30,53	72,04	47,62	34,19	26,86	30,53	40,30	32,36	72,04	26,86	17,15
CO_3^- (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba^{2+} (mg/L)	0,24	0,25	0,32	0,26	0,65	0,41	0,35	0,29	0,65	0,24	0,16
SO_4^{2-} (mg/L)	1,10	1,14	0,03	0,02	0,03	0,04	0,39	0,03	1,14	0,02	0,56
Cl^- (mg/L)	4,16	3,86	6,32	12,19	2,60	2,90	5,34	4,01	12,19	2,60	3,60
F^- (mg/L)	0,05	0,04	0,05	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,05	0,03	0,01
NO_3^- (mg/L)	49,29	47,37	28,38	30,93	65,96	66,81	48,12	48,33	66,81	28,38	16,46
NO_2^- (mg/L)	0,005	0,002	0,004	0,006	0,004	0,003	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
HPO_4(mg/L)	0,160	0,028	0,360	0,0056	0,060	0,0301	0,11	0,05	0,36	0,01	0,14
PO_4^{2-} (mg/L)	0,158	0,028	0,356	0,006	0,059	0,030	0,11	0,04	0,36	0,01	0,13
Sr^+ (mg/L)	0,10	0,10	0,07	0,09	0,13	0,123	0,10	0,10	0,13	0,07	0,02
K^+ (mg/L)	2,16	2,42	3,21	4,3596	5,57	5,5795	3,88	3,78	5,58	2,16	1,52
Na^+ (mg/L)	3,02	1,51	7,17	5,25	5,37	1,7601	4,01	4,14	7,17	1,51	2,27
Ca^{2+} (mg/L)	16,40	19,37	10,36	10,612	14,91	14,897	14,43	14,90	19,37	10,36	3,46
Mg^{2+} (mg/L)	4,09	4,43	3,31	3,81	4,11	3,99	3,96	4,04	4,43	3,31	0,38
Fe (mg/L)	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Mn (mg/L)	<0,003	0,00	0,0117	0,03	0,0350	0,04	0,02	0,03	0,04	0,00	0,02
Al (mg/L)	<0,015	0,01	<0,015	0,0075	<0,015	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Si (mg/L)	9,90	8,69	11,50	10,01	9,00	8,44	9,59	9,45	11,50	8,44	1,13
B. I. (%)	-3.40	-17.33	-9.15	-8.17	-3.57	-12.03					

O pH deste grupo é levemente ácido, com uma média de 5,7. Os valores de condutividade, sólidos totais dissolvidos e alcalinidade possuem pouca variação. Os valores de Ca^{2+} e Na^+ são menores que os do outro subgrupo e aqui não é vista a relação entre Ca^{2+} e Na^+. Mg^{2+} apresenta teores baixos e constantes. Os valores de K^+

são maiores na segunda campanha, assim como os NO_3^- e Cl^- (exceto para o poço IPT49). Os valores de NO_3^- são muito elevados e apenas o IPT173 está dentro do limite de potabilidade (30,93 mg/L). Os gráficos em Stiff deste grupo estão na figura 6.12.

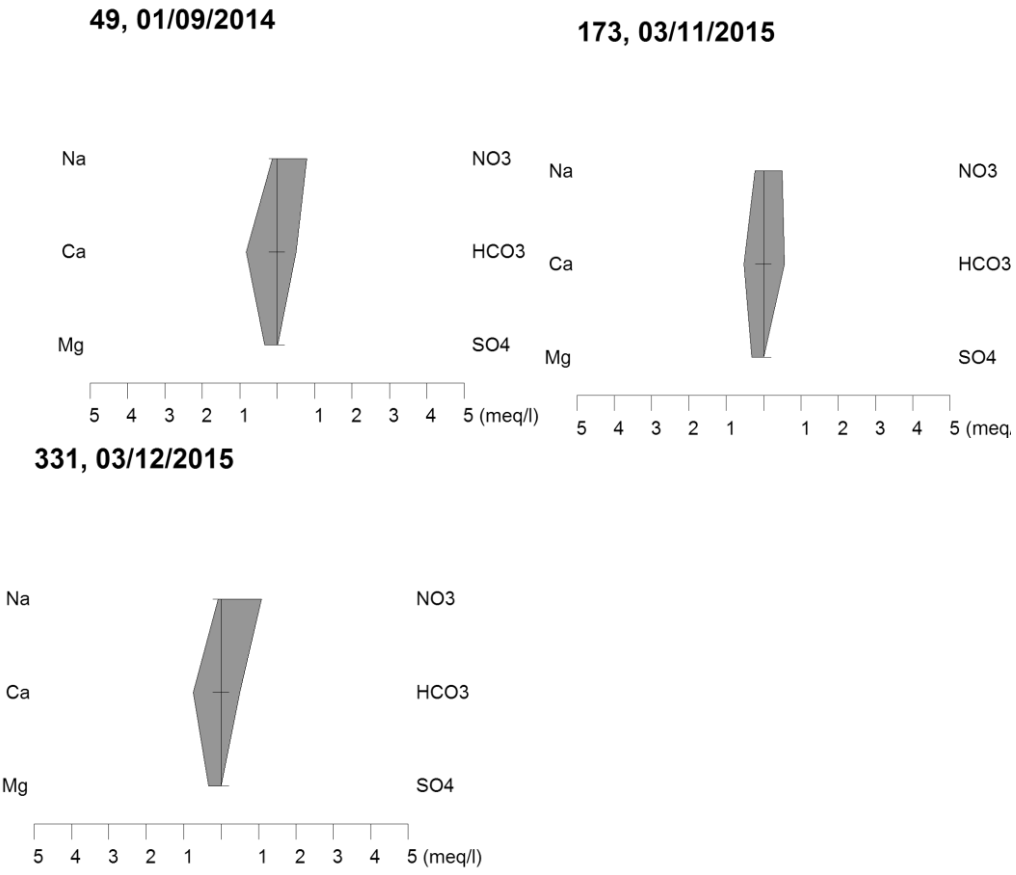


Figura 6.12: Stiffs do grupo Aquífero Marília e Adamantina_2

Os teores de Mn, Fe, Al, Sr^+ e PO_4^{2-} são muito baixos e os de Si similares entre os poços. Em comparação com os demais grupos, estes poços tem um valor inferior de Ba, próximo ao VRQ, aparecendo como mais alto apenas o valor do poço IPT331 na primeira campanha (0,65 mg/L).

6.3.2.4. Aquíferos Adamantina e Araçatuba

Este grupo é composto por 4 poços, com filtros apenas nas formações Adamantina e Araçatuba, são eles IPT3, IPT243, IPT273 e IPT350. Todos os poços deste grupo atravessam a Formação Marília, mas possuem filtros apenas nestas formações e são razoavelmente profundos. No caso do poço IPT273 foi possível a amostragem apenas na segunda campanha.

As amostras deste grupo são Ca-HCO_3, mas um pouco mais sódicas que a dos outros grupos. Através dos íons indicativos é possível ver que este grupo sofre menos influência antrópica que os anteriores, apenas o poço IPT350 apresenta indícios. O pH é neutro e razoavelmente estável, porém a condutividade e os sólidos totais dissolvidos variam bastante. As análises químicas deste grupo podem ser vistas na tabela 6.9.

Tabela 6.9: Análises Químicas do grupo Aquíferos Adamantina e Araçatuba

Amostra	3_1	3_2	243_1	243_2	273_2	350_1	350_2	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão
Data	04/9/14	11/3/15	09/9/14	17/3/15	19/3/15	10/9/14	17/3/15					
Temp (°C)	24,19	23,89	24,50	24,36	23,83	23,76	23,98	24,07	23,98	24,50	23,76	0,28
pH	7,93	7,79	7,43	7,47	7,42	7,02	7,07	7,45	7,43	7,93	7,02	0,34
Eh (mV)	337,90	340,9	377,50	272,2	251,2	372,60	295,3	321,1	337,9	377,5	251,2	49,1
Cond (µS/cm)	193,0	190,00	316,0	317,0	409,0	305,0	287,0	288,1	305,0	409,0	190,0	76,6
TDS	96,0	95,00	158,0	158,00	204,00	152,0	143,00	143,7	152,0	204,0	95,0	38,2
Alcalinidade ([$CaCO_3$]mg/L)	112,10	107,10	169,16	165,15	232,22	124,12	144,13	150,6	144,1	232,2	107,1	43,5
HCO_3^- (mg/L)	135,61	129,86	205,82	200,89	282,47	151,26	175,64	183,1	175,6	282,5	129,9	53,0
CO_3^- (mg/L)	0,57	0,39	0,27	0,29	0,41	0,08	0,10	0,30	0,29	0,57	0,08	0,17
Ba^{2+} (mg/L)	0,54	0,56	0,71	0,75	0,69	0,28	0,28	0,54	0,56	0,75	0,28	0,20
SO_4^{2-} (mg/L)	0,17	0,19	0,34	0,30	0,98	0,21	0,18	0,34	0,21	0,98	0,17	0,29
Cl^- (mg/L)	0,23	0,13	1,91	2,08	6,50	5,50	3,88	2,89	2,08	6,50	0,13	2,49
F^- (mg/L)	0,10	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09	0,06	0,08	0,06	0,10	0,06	0,02
NO_3^- (mg/L)	0,97	0,87	3,46	3,69	11,59	29,77	20,84	10,17	3,69	29,77	0,87	11,2
NO_2^- (mg/L)	0,003	0,001	0,040	0,002	0,003	0,005	0,0034	0,01	0,00	0,04	0,00	0,01
HPO_4(mg/L)	0,352	0,0063	0,120	0,0055	0,0147	0,540	0,1144	0,16	0,11	0,54	0,01	0,21
PO_4^{2-} (mg/L)	0,348	0,006	0,119	0,005	0,015	0,534	0,113	0,16	0,11	0,53	0,01	0,20
Sr^+ (mg/L)	0,77	0,79	0,94	1,01	0,99	0,23	0,25	0,71	0,79	1,01	0,23	0,33
K^+ (mg/L)	2,13	2,16	2,21	2,18	2,14	2,77	2,84	2,35	2,18	2,84	2,13	0,31
Na^+ (mg/L)	13,17	8,81	7,67	4,93	3,56	5,76	2,92	6,69	5,76	13,17	2,92	3,55
Ca^{2+} (mg/L)	18,36	21,31	40,30	43,89	57,81	49,92	49,96	40,22	43,88	57,81	18,36	14,9
Mg^{2+} (mg/L)	7,27	7,84	14,31	15,99	23,89	5,19	4,96	11,35	7,84	23,89	4,96	7,02
Fe (mg/L)	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Mn (mg/L)	<0,003	0,00	<0,003	0,00	0,00	<0,003	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al (mg/L)	<0,015	0,01	<0,015	0,01	0,01	<0,015	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Si (mg/L)	14,61	13,85	15,47	15,62	20,17	13,30	12,19	15,03	14,61	20,17	12,19	2,57
B. I.(%)	-2.17	0.48	1.60	5.40	0.67	1.71	-3.46					

Os teores de Na^+ foram maiores na primeira campanha e os de Ca^{2+} na segunda, os dois apresentam valores variados entre os poços, e apenas no Ca^{2+} pode se notar que o IPT3 tem uma quantidade mais baixa que os demais. Já o Mg^{2+} aparece em valores similares exceto no IPT273, mais alto, com um valor de 23,89 mg/L, sendo que

a mediana é de 7,84 mg/L. Os valores de K^+ são relativamente constantes e possuem uma média de 2,35 mg/L. O NO_3^- aparece em valore baixos, sendo um pouco mais alto apenas no IPT350 (29,77 mg/L). O Cl^- aparece em valores distintos, e o SO_4^{2-} aparece num valor de 0,98 mg/L. Os diagramas tipo Stiff destes poços aparecem na figura 6.13.

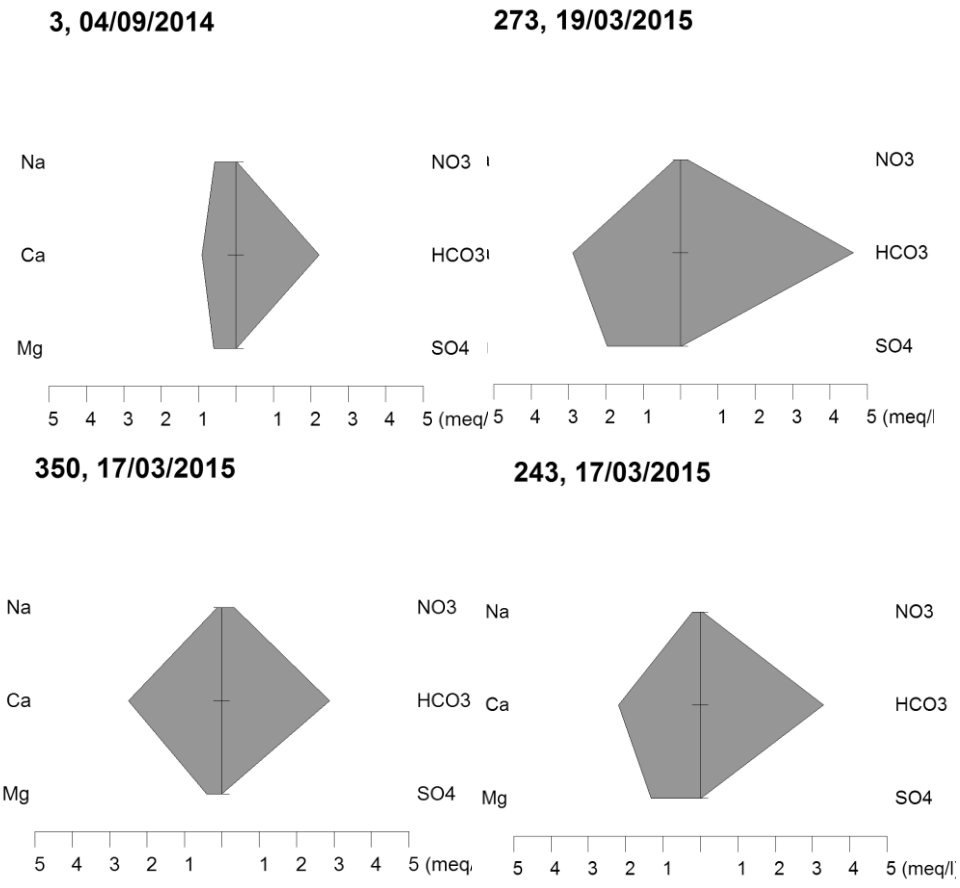


Figura 6.13: Diagramas tipo Stiff do grupo Aquíferos Adamantina e Araçatuba

Os teores de F^-, NO_2^-, Fe, Mn, Al e Sr^+ são constantes e em baixas concentrações, e no caso do Sr^+ apenas o IPT350 apresenta um valor abaixo do restante. Os valores de PO_4^{2-} mudaram da primeira para segunda campanha, tendo uma redução significativa para os baixos valores que apresentava.

Este grupo apresenta valores menores de Ba^{2+}, mas dois poços apresentaram valores bem próximos ou um pouco acima do limite de potabilidade, o IPT243 e o IPT273.

6.3.2.5. Aquíferos Marília, Adamantina e Araçatuba

Este grupo é composto por poços que apresentam filtros nas três formações, e é composto pelos poços IPT13, IPT94 e IPT130. Como no grupo anterior, estes poços

apresentam uma maior profundidade e aparentam não ter influência antrópica e caso ela ocorra, é mínima.

As águas deste grupo apresentam uma pequena diferença quanto ao teor de Na e Ca; o poço IPT130 apresenta uma composição mais cálcica, e o IPT13 e o IPT94 apresentam uma composição Na+K-HCO_3. O pH destes poços é de neutro a alcalino, com valores entre 7,5 e 8,5, e há um leve aumento de pH da primeira para a segunda campanha. A condutividade, os sólidos totais dissolvidos e a Alcalinidade são variadas, mas possuem valores altos. As análises químicas deste grupo estão na tabela 6.10.

Tabela 6.10: Análises químicas do grupo Aquíferos Marília, Adamantina e Araçatuba.

Amostra	13_1	13_2	94_1	94_2	130_1	130_2	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão
Data	03/09/14	18/03/15	09/04/14	03/18/15	03/09/14	11/03/15					
Temp (°C)	24.29	23.87	25.14	25.21	24.87	25.13	24.75	25.00	25.21	23.87	0.55
pH	7.93	8.29	8.33	8.49	7.65	7.48	8.03	8.11	8.49	7.48	0.41
Eh (mV)	314.90	241.3	335.60	228.2	386.20	339.3	307.6	325.2	386.2	228.2	61.19
Cond (µS/cm)	265.0	246.00	178.0	176.00	220.0	214.00	216.5	217.0	265.0	176.0	35.67
TDS	132.0	123.00	89.0	88.00	110.0	107.00	108.2	108.5	132.0	88.00	17.70
Alcalinidade ([$CaCO_3$]mg/L)	155.14	140.13	93.09	94.09	138.13	107.10	121.3	122.6	155.1	93.09	26.54
HCO_3^- (mg/L)	187.67	167.68	111.18	111.34	167.77	130.27	145.9	148.9	187.7	111.2	32.69
CO_3^- (mg/L)	0.79	1.61	1.17	1.70	0.37	0.19	0.97	0.98	1.70	0.19	0.63
Ba^{2+} (mg/L)	0.29	0.34	0.18	0.19	0.69	0.58	0.38	0.31	0.69	0.18	0.21
SO_4^{2-} (mg/L)	0.59	0.63	0.86	0.90	0.21	0.21	0.57	0.61	0.90	0.21	0.30
Cl^- (mg/L)	0.35	0.32	0.11	0.08	0.94	0.80	0.43	0.34	0.94	0.08	0.36
F^- (mg/L)	0.10	0.11	0.09	0.09	0.06	0.06	0.09	0.09	0.11	0.06	0.02
NO_3^- (mg/L)	0.99	0.94	0.88	0.96	5.71	4.83	2.38	0.97	5.71	0.88	2.25
NO_2^- (mg/L)	0.003	0.00	0.080	0.002	0.003	0.002	0.02	0.00	0.08	0.00	0.03
HPO_4(mg/L)	0.180	0.0161	0.700	0.0265	0.620	0.0165	0.26	0.10	0.70	0.02	0.32
PO_4^{2-} (mg/L)	0.178	0.016	0.693	0.026	0.614	0.016	0.26	0.10	0.69	0.02	0.31
Sr^+ (mg/L)	0.29	0.26	0.62	0.64	0.81	0.83	0.57	0.63	0.83	0.26	0.25
K^+ (mg/L)	0.43	0.32	1.38	1.4278	2.58	2.52	1.44	1.40	2.58	0.32	0.97
Na^+ (mg/L)	37.09	41.01	28.82	29.92	13.44	11.88	27.04	29.37	41.10	11.88	12.04
Ca^{2+} (mg/L)	13.33	15.54	6.55	8.02	22.89	23.21	14.92	14.43	23.21	6.55	7.11
Mg^{2+} (mg/L)	4.87	4.81	2.84	3.15	8.47	8.31	5.41	4.84	8.47	2.84	2.46
Fe (mg/L)	0.0105	0.0105	0.0105	0.0105	0.0105	0.0105	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Mn (mg/L)	<0,003	0.00	<0,003	0.002	<0,003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al (mg/L)	0.016	0.01	<0,015	0.0075	<0,015	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00
Si (mg/L)	7.90	6.4	7.34	6.33	9.97	8.67	7.77	7.62	9.97	6.33	1.40
B. I. (%)	-7.23	3.22	-0.48	3.83	-6.94	4.49					

É possível ver que os teores de Ca^{2+} são mais altos na segunda campanha. Os valores de Na^{+} são similares, mas mais baixo no IPT130, e os de Ca^{2+} são mais similares, um pouco mais alto no IPT130. Essa tendência foi encontrada nos grupos anteriores também. Os teores de Mg^{2+} são similares nos poços IPT13 e IPT94, mas é o dobro no IPT130.

Os valores de NO_3^- nos três poços é baixíssimo, sendo que a concentração mais alta é no IPT130 (5,71 mg/L) e os demais não chegam ao teor de 1 mg/L. Os valores de Cl^- e SO_4^{2-} também aparecem em valores muito baixos. Os diagramas tipo Stiff deste grupo pode ser visto na figura 6.14.

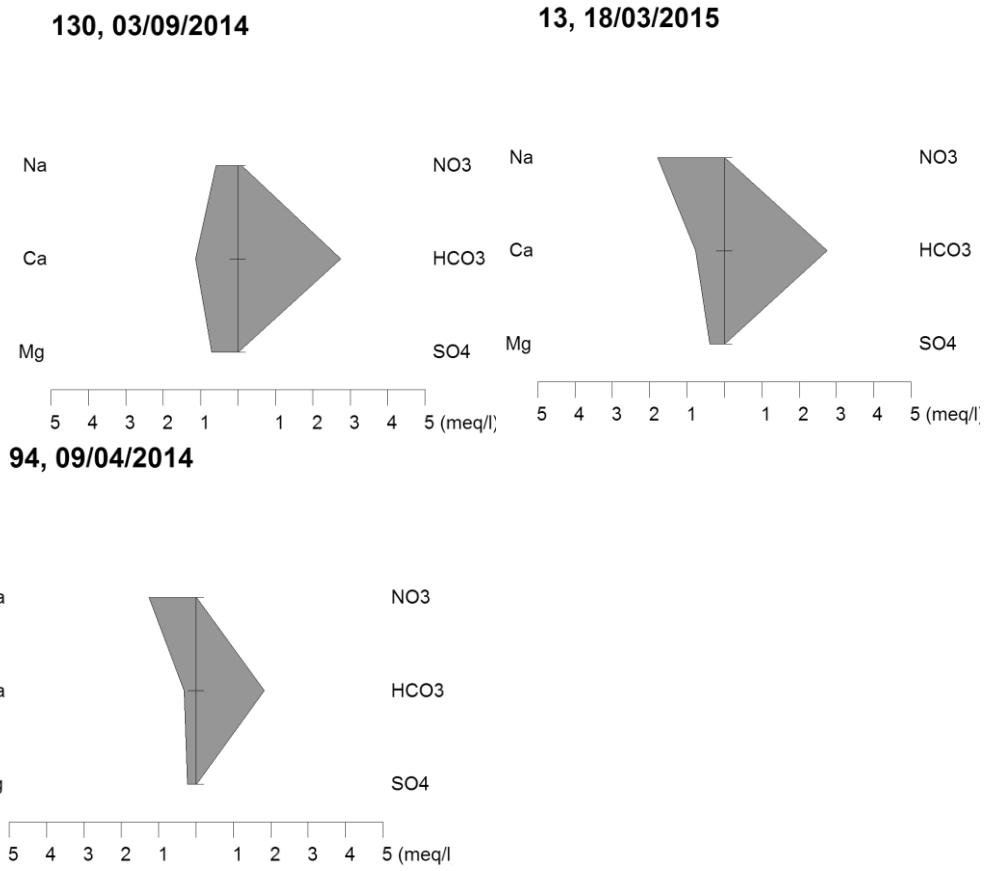


Figura 6.14: Stiffs do grupo Aquíferos Marília, Adamantina e Araçatuba

Neste grupo, o Poço IPT94 apresenta um valor de PO_4^{2-} mais elevado que os demais poços, inclusive dos demais grupos, e ocorre uma mudança drástica na concentração da primeira para a segunda campanha. Os teores de F^-, NO_2^-, Fe, Mn e Al são constantes e muito baixos. Já os teores de Sr^{+} são baixos, mas um pouco menores no poço IPT13.

Os teores de Ba^{2+} são bem baixos no IPT13 e IPT94, sendo que este último é abaixo do VRQ. Já no poço IPT130 os valores são bem altos, sendo que na primeira

campanha estava perto do limite de potabilidade e na segunda mais baixo, mas ainda bem acima do VRQ.

6.3.2.6. Adamantina, Araçatuba e Serra Geral

Com essa geologia nos poços amostrados existe apenas um poço, IPT14. Este é um poço profundo, que não atravessa a Formação Marília. Este poço apresenta uma composição Na+K-HCO_3. O pH é alcalino e a condutividade, os sólidos totais dissolvidos e a alcalinidade não variaram muito entre as campanhas. As análises químicas deste poço se encontram na tabela 6.11.

Tabela 6.11: Análises químicas do grupo Aquíferos Adamantina, Araçatuba e Serra Geral

Amostra	**14_1**	**14_2**
Data	05/09/14	12/03/15
Temp (°C)	23.87	23.91
pH	8.92	9.06
Eh (mV)	380.90	285.8
Cond (µS/cm)	211.0	208.0
TDS	106.0	104.0
Alcalinidade ([$CaCO_3$]mg/L)	109.10	110.10
HCO_3^- (mg/L)	122.86	120.46
CO_3^- (mg/L)	5.04	6.82
Ba^{2+} (mg/L)	0.15	0.16
SO_4^{2-} (mg/L)	0.36	0.48
Cl^- (mg/L)	0.28	0.23
F^- (mg/L)	0.11	0.10
NO_3^- (mg/L)	0.44	0.44
NO_2^- (mg/L)	0.002	0.002
HPO_4(mg/L)	0.180	0.0063
PO_4^{2-} (mg/L)	0.178	0.006
Sr^+ (mg/L)	0.21	0.24
K^+ (mg/L)	0.56	0.58
Na^+ (mg/L)	38.92	39.09
Ca^{2+} (mg/L)	7.85	9.34
Mg^{2+} (mg/L)	3.08	3.53
Fe (mg/L)	0.0105	0.0105
Mn (mg/L)	<0,003	0.00
Al (mg/L)	0.0162	0.016
Si (mg/L)	6.90	6.02
B. I. (%)	7.13	10.67

Os teores de Ca^{2+} são menores comparando com outros grupos e os teores de Na+K maiores. Os teores de Mg^{2+} e Sr^{+} não estão muito distantes dos outros grupos. Os teores de NO_3^- e Cl^- são bem menores que os dos grupos mais rasos, e também possui um valor baixo de SO_4^{2-}. O diagrama tipo Stiff deste grupo está na figura 6.15.

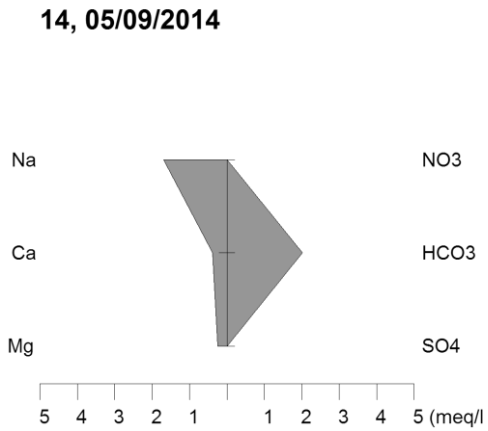


Figura 6.15: Stiff Representativo do Grupo Aquíferos Marília, Adamantina e Serra Geral

O teor de Al deste grupo é baixo, mas um pouco maior que dos outros grupos e o de Si um pouco maior. As quantidades de Fe, Mn, F^-, NO_2^- são muito baixas. A única grande mudança da primeira para a segunda campanha é no teor de PO_4^{2-}.

O teor de Ba^{2+} desse grupo é um dos mais baixos, e é bem abaixo do VRQ.

6.3.3. Amostras de Água Subterrânea (Terceira Campanha – Teste Bombeamento)

Os Testes de Bombeamento com amostragem foram realizados em outubro de 2015, num período de seca. Foram realizados em 8 poços, dos grupos: Aquífero Marília, Aquíferos Marília e Adamantina (1 e 2). O poço IPT261 pertence ao grupo Aquíferos Marília e Adamantina, porém não foi citado anteriormente pois não foi amostrado nas duas primeiras campanhas.

6.3.3.1. IPT 44

Este teste de bombeamento com amostragem foi realizado nos dias 28-29/10/15. Foram coletadas 9 amostras, e o nível do poço foi medido durante a realização do teste. Este poço apresenta filtros nas Formações Marília e Adamantina, pertencendo ao grupo Aquíferos Marília e Adamantina_1.

As amostras deste bombeamento possuem composição Ca/Mg-HCO3, e não há muita variação entre as amostras, como pode ser visto na figura 6.16.

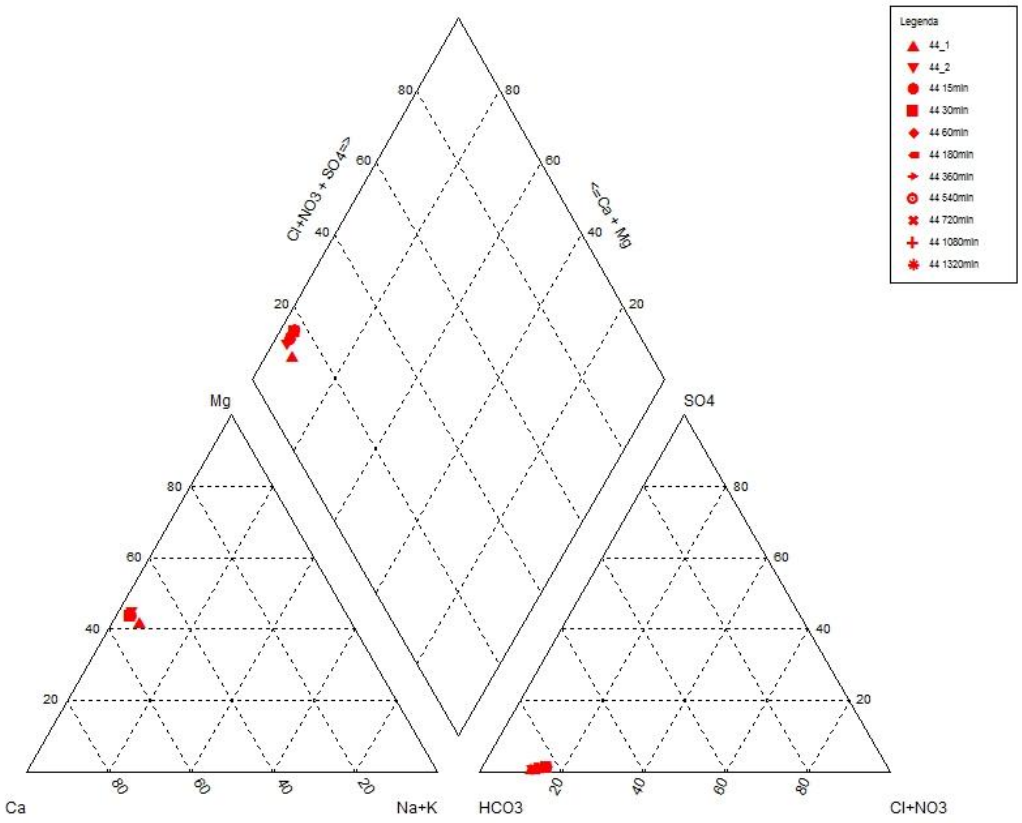


Figura 6.16: Piper de todas as amostras do poço IPT44

Durante o bombeamento foi notado que há um aumento nos valores de Eh e pH, e pouca variação nos valores de condutividade elétrica. O valor da alcalinidade varia um pouco, mas é relativamente constante. Os valores das análises podem ser checados na tabela 6.12.

Tabela 6.12: Análises químicas do poço IPT44

Amostra	**44_1**	**44_2**	**44_15**	**44_30**	**44_60**	**44_180**	**44_360**	**44_540**	**44_720**	**44_1080**	**44_1320**
Data	02/09/14	10/03/15	28/10/15	28/10/15	28/10/15	28/10/15	28/10/15	28/10/15	28/10/15	29/10/15	29/10/15
Tempo (minutos)	1ª	2ª	15	30	60	180	360	540	720	1080	1320
ND	49,07	49,07	40,48	41,50	42,44	44,06	45,08	45,44	45,98	45,10	45,01
Temp. (°C)	22,89	23,05	22,80	22,80	22,80	22,90	23,00	23,04	22,86	22,75	22,69
pH	7,40	7,22	7,58	7,48	7,50	7,61	7,62	7,34	7,58	7,55	7,60
Eh (mV)	360,20	348,5	225,90	227,60	226,00	224,50	228,30	249,20	246,10	261,30	264,90
ORP (mV)	160,2	204,8	25,90	27,60	26,00	24,50	28,30	49,20	46,10	61,30	64,90
OD	4,62	4,70	2,61	2,79	2,67	2,47	2,51	2,72	2,71	2,67	2,46
CE (µS/cm)	383,0	368,00	383,0	384,0	382,0	383,0	384,0	385,0	385,0	385,0	385,0
TDS (mg/L)	192,0	184,00	192,0	192,0	191,0	191,0	192,0	192,0	193,0	193,0	193,0
Alcalinidade ([CaCO3]mg/L)	179,17	189,18	138,13	140,13	142,13	150,14	146,14	165,15	157,15	173,16	163,15
Ca^{2+} (mg/L)	38,19	45,95	41,63	41,56	41,70	41,37	41,35	41,32	41,46	41,24	41,17
Mg^{2+} (mg/L)	18,76	24,10	20,87	20,81	20,82	20,69	20,68	20,62	20,64	20,61	20,61
K^{+} (mg/L)	2,30	2,50	2,29	2,34	2,37	2,34	2,35	2,37	2,36	2,33	2,33
Na^{+} (mg/L)	4,35	1,89	1,81	1,80	1,83	1,83	1,81	1,80	1,80	1,80	1,80
Al (mg/L)	0,0075	0,01	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075
Fe (mg/L)	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105
Mn (mg/L)	0,0015	0,00	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
Li $^{+}$(mg/L)	0,002	0,002	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
NH_4^{+} (mg/L)	0,0050	0,0056	0,0005	0,001	0,001	0,001	0,0005	0,0005	0,001	0,001	0,001
Ba^{2+} (mg/L)	2,38	2,46	2,757	2,4042	2,0792	2,7148	2,7201	2,6546	2,3385	2,3356	2,748
Sr^{+} (mg/L)	0,73	0,78	0,79	0,79	0,75	0,8	0,8	0,812	0,78	0,723	0,74
HCO_3^{-} (mg/L)	218,03	230,41	167,88	170,44	172,85	182,43	177,54	201,05	190,99	210,51	198,25
CO_3^{-} (mg/L)	0,27	0,19	0,31	0,25	0,27	0,37	0,36	0,22	0,36	0,37	0,39
NO_3^{-} (mg/L)	18,89	20,60	20,18	20,16	20,33	20,37	19,52	20,33	20,28	20,34	20,31
NO_2^{-} (mg/L)	0,005	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
SO_4^{2-} (mg/L)	1,54	1,66	1,47	1,51	1,47	1,52	1,60	1,47	1,53	1,47	1,53
Cl^{-} (mg/L)	7,24	7,83	7,43	7,52	7,74	7,51	7,39	7,58	7,63	7,56	7,48
F^{-} (mg/L)	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Br^{-} (mg/L)	0,018	0,022	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,003	0,004	0,004	0,003
HPO_4^{-} (mg/L)	0,120	0,015	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003
B. I. (%)	-4.72	1.24	9.16	8.34	7.70	5.30	6.63	1.09	3.28	-1.03	1.58

Os valores de Ca^{2+} diminuem um pouco com o tempo (a profundidade), mas possui um pico em 44_60 (60 minutos) e a variação é bem sutil. O mesmo comportamento, com pico no tempo 60 minutos pode ser verificado no Mg^{+2} e K^{+}. O Na^{+}, SO_4^{2-} e o NO_3^{-} possuem uma concentração relativamente estável durante todo o teste. O HCO_3^{-} tem um leve aumento em profundidade. Isto pode ser visto na figura 6.17.

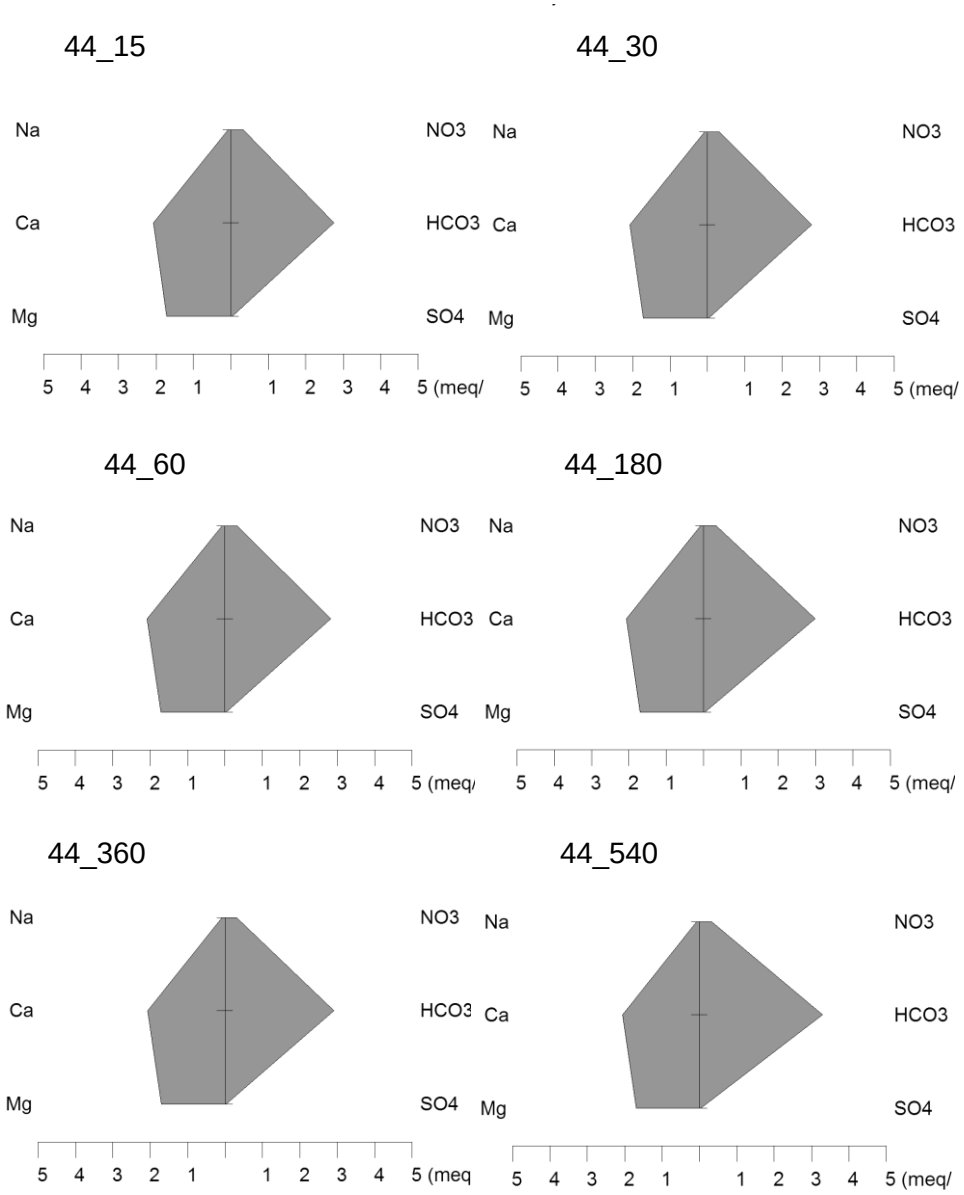


Figura 6.17: Stiffs das amostras do bombeamento do poço IPT44

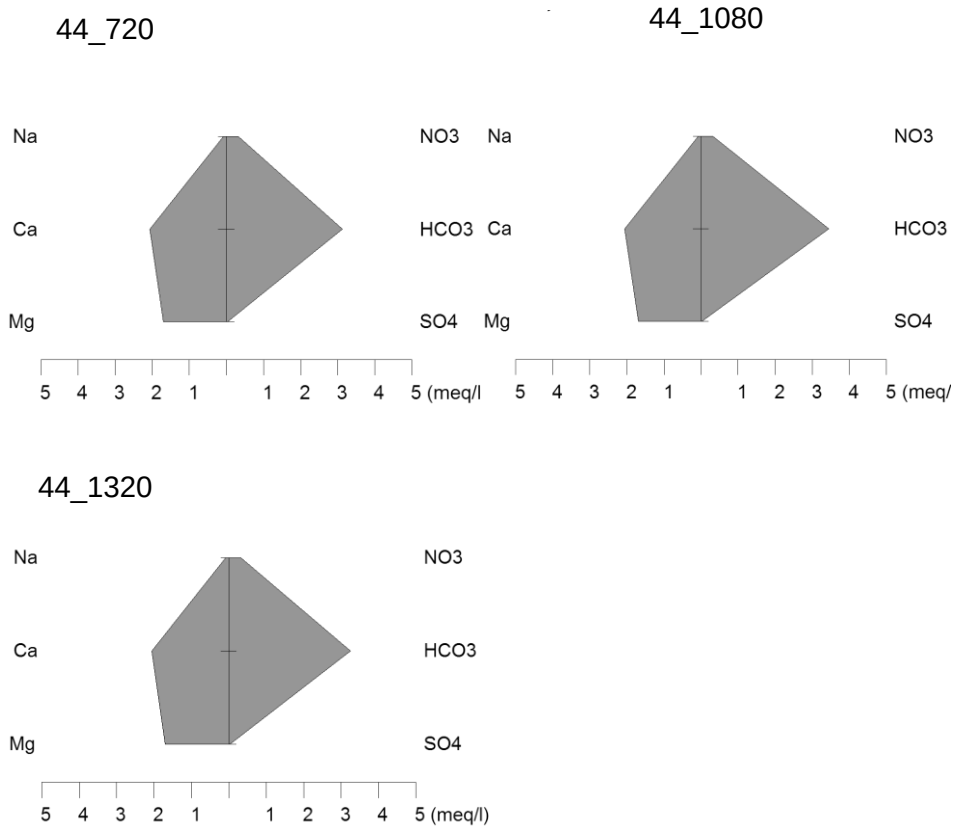


Figura 6.17 (cont.): Stiffs das amostras do bombeamento do poço IPT44

Os teores de Al, Fe, Mn, NO_2^- e F^- são muito baixos e estáveis, e o HPO_4^{2-} é baixo mas há uma leve diminuição com a profundidade. Os valores de Sr^+ e Cl^-, são mais altos, mas também aparentam estar estáveis.

Os teores encontrados de Ba^{2+} tem uma leve diminuição no tempo médio do bombeamento, contudo os valores finais e iniciais são parecidos.

6.3.3.2. IPT49

O teste de bombeamento foi realizado nos dias 23-24/10/15, antes do início do bombeamento era possível ouvir um “barulho de cachoeira” no poço desligado, indicando um possível problema estrutural na construção do poço. Neste poço foi descoberto também, após o início do bombeamento que o tubo guia era falso, era curto e não acompanhava todo o poço.

Este poço possui filtros nas Formações Marília e Adamantina, pertencendo ao grupo Aquíferos Marília e Adamantina_2. Foram coletadas 9 amostras e é possível ver suas classificações na figura 6.18.

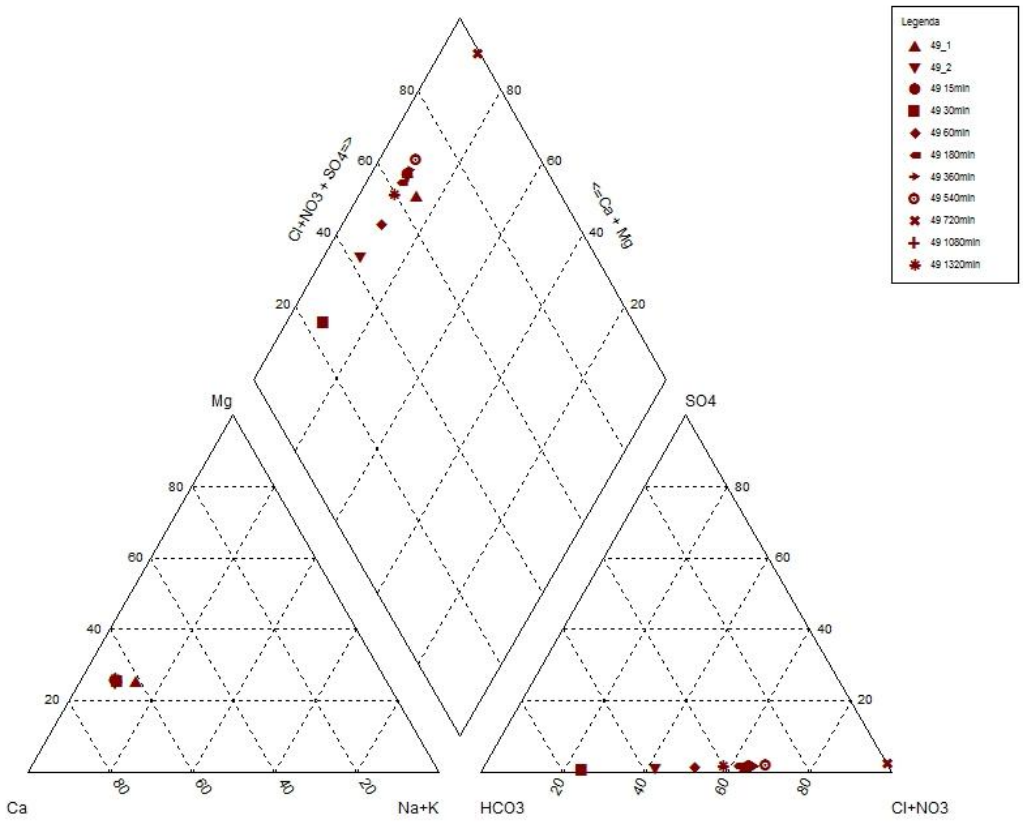


Figura 6.18: Diagrama tipo Piper das amostras do IPT49

É possível ver neste diagrama que as amostras se comportam de maneira distinta, são todas cálcicas, sendo que apenas a coletada na primeira campanha é mais Na+K. A contaminação de NO_3+Cl aparece em todas as amostras, sendo mais bicarbonatadas apenas a amostra da segunda campanha e a dos 30 minutos de bombeamento.

Apesar disso é possível perceber que o pH, o Eh e a condutividade elétrica aumentam com a profundidade. Os dados das análises deste poço estão na tabela 6.13.

Tabela 6.13: Análises químicas do poço IPT49

Amostra	**49_1**	**49_2**	**49_15**	**49_30**	**49_60**	**49_180**	**49_360**	**49_540**	**49_720**	**49_1080**	**49_1320**
Data	01/09/14	16/03/15	23/10/15	23/10/15	23/10/15	23/10/15	23/10/15	23/10/15	23/10/15	24/10/15	24/10/15
Tempo (minutos)	1ª	2ª	15	30	60	180	360	540	720	1080	1320
ND	139	139	53,21	-	-	-	-	-	-	-	-
Temp. (°C)	23,00	23,04	22,90	23,00	23,00	23,10	23,00	23,10	23,08	23,00	22,99
pH	5,75	5,76	5,88	5,82	5,76	5,73	5,76	5,78	5,85	5,86	6,03
Eh (mV)	413,20	358,7	395,60	413,70	425,20	428,70	426,90	420,20	414,30	414,60	401,90
ORP (mV)	239,1	158,7	195,60	213,70	225,20	228,70	226,90	220,20	214,30	214,60	201,90
OD	4,99	4,25	3,58	3,28	3,54	3,12	3,55	3,74	3,98	3,45	3,34
CE (µS/cm)	159,0	158,00	164,0	163,0	161,0	162,0	163,0	164,0	165,0	168,0	171,0
TDS (mg/L)	80,0	79,00	82,0	81,0	81,0	81,0	81,0	82,0	83,0	84,0	86,0
Alcalinidade ([CaCO3]mg/L)	25,02	59,05	23,02	136,13	41,04	26,02	22,02	19,02	25,02	24,02	32,03
Ca^{2+} (mg/L)	16,40	19,37	19,11	18,91	19,14	18,90	19,39	19,56	19,96	19,47	20,73
Mg^{2+} (mg/L)	4,09	4,43	4,48	4,44	4,43	4,46	4,59	4,64	4,70	4,54	4,93
K^{+} (mg/L)	2,16	2,42	2,25	2,24	2,28	2,27	2,21	2,33	2,33	2,49	2,34
Na^{+} (mg/L)	3,02	1,51	1,51	1,67	1,72	1,50	1,51	1,58	1,64	1,62	1,63
Al (mg/L)	0,0075	0,01	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075
Fe (mg/L)	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105
Mn (mg/L)	0,0015	0,00	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
Li^{+} (mg/L)	0,001	0,001	0,0005	0,0005	0,001	0,001	0,001	0,0005	0,001	0,001	0,001
NH_4^{+} (mg/L)	0,0070	0,0047	0,001	0,003	0,0005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,004
Ba^{2+} (mg/L)	0,24	0,25	0,2888	0,2569	0,2348	0,2607	0,2742	0,2806	0,2656	0,2633	0,27
Sr^{+} (mg/L)	0,10	0,10	0,107	0,1	0,089	0,105	0,104	0,107	0,106	0,106	0,11
HCO_3^{-} (mg/L)	30,53	72,04	28,08	166,06	50,06	31,75	26,86	23,20	0,00	29,31	39,07
CO_3^{-} (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NO_3^{-} (mg/L)	49,29	47,37	47,83	47,74	48,16	48,34	48,15	47,94	48,55	49,35	50,74
NO_2^{-} (mg/L)	0,005	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002
SO_4^{2-} (mg/L)	1,10	1,14	0,97	0,88	0,98	0,99	0,99	1,00	0,99	0,99	1,12
Cl^{-} (mg/L)	4,16	3,86	3,75	3,97	3,98	3,80	3,73	3,79	3,88	4,18	4,09
F^{-} (mg/L)	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Br^{-} (mg/L)	0,020	0,014	0,004	0,004	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006
HPO_4^{-} (mg/L)	0,160	0,028	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006
B. I. (%)	-3.40	-17.33	3.32	-42.97	-8.54	0.37	4.62	7.58	24.85	2.40	-0.68

Os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} sofrem um discreto aumento com a profundidade, enquanto os teores de K^{+} e Na^{+} seguem praticamente estáveis. Os valores de HCO_3^{-} tem dois picos distintos em 30 e 60 minutos, nos demais possuem valores entre 15-30 mg/L. SO_4^{2-} também apresenta uma variação nos 60 minutos, mas é um valor menor.

Os valores de NO_3^{-} são bem altos e relativamente estáveis com um leve aumento com a profundidade, e os valores de NO_2^{-} são constantes. Os teores de Cl^{-} apresentaram comportamento semelhante ao NO_3^{-}. Os diagramas Stiff das amostras de bombeamento podem ser vistos na figura 6.19.

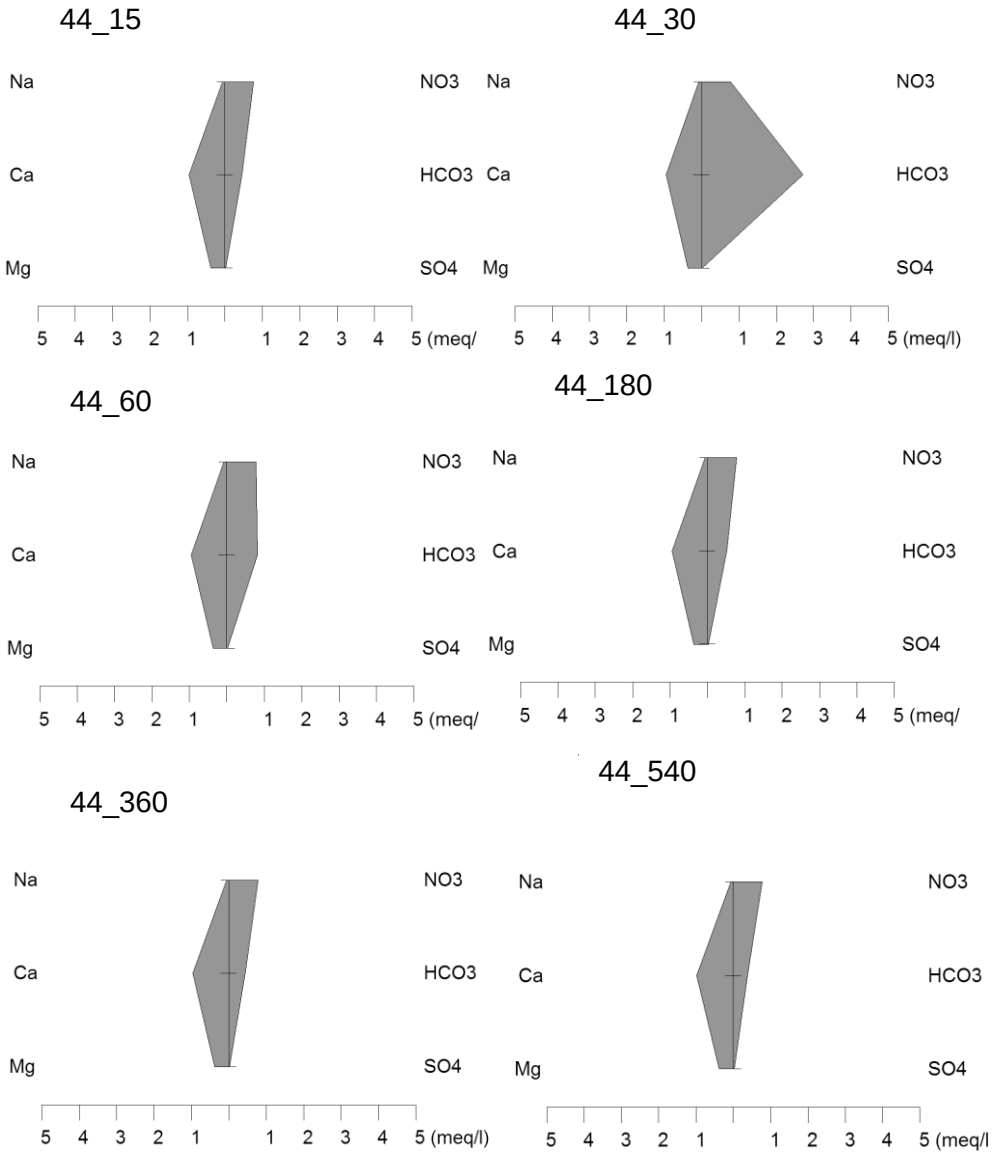


Figura 6.19: Stiffs das amostras do bombeamento do poço IPT49

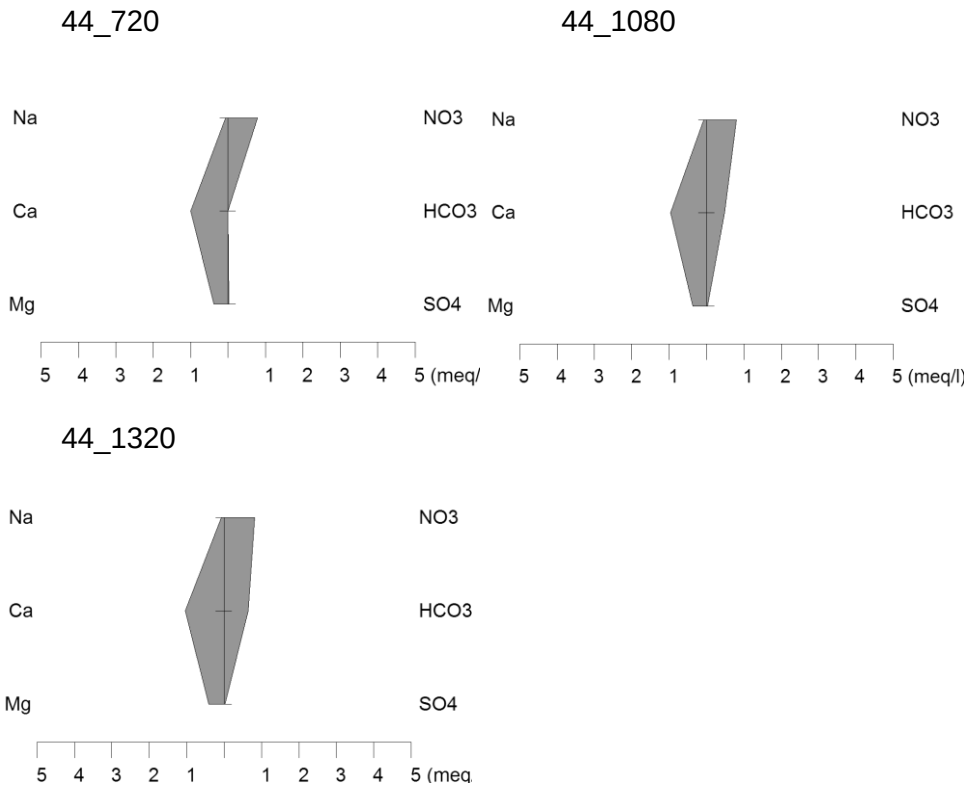


Figura 6.19 (cont.): Stiffs das amostras do bombeamento do poço IPT49

Os teores de Sr^{+} não apresentaram grandes mudanças, assim como o de F^{-}, Al, Fe e Mn. Os teores de HPO_4^{-} apresentaram um leve aumento com a profundidade, e para Ba^{+2}, os valores são baixos e relativamente constantes, ficando em um valor próximo ao VRQ.

6.3.3.3. IPT63

O teste de bombeamento foi realizado nos dias 26-27/10/15, e acompanhamento do nível d'água foi feito apenas no poço. Foram coletadas 9 amostras, e este poço possui filtros apenas na Formação Marília, pertencendo ao grupo Aquífero Marília. A classificação das amostras coletadas pode ser vista na figura 6.20.

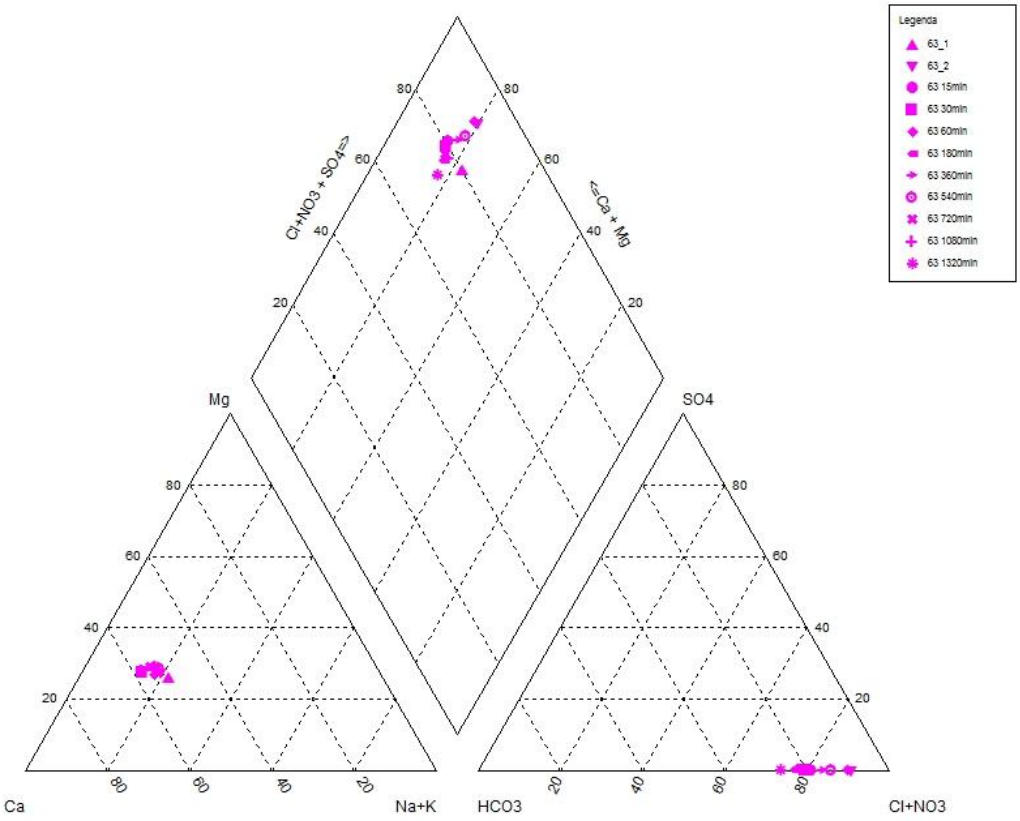


Figura 6.20: Piper das amostras do Poço IPT63

As amostras possuem uma composição Ca-Cl+NO_3, indicando que provavelmente que todas as amostras coletadas possuem contaminação antrópica, incluindo as mais profundas. Estas amostras também possuem um valor de Na+K maior que as demais amostras dos outros poços onde foi realizado o teste de bombeamento com amostragem. A amostra mais profunda (1320min) é um pouco mais HCO_3 que as demais.

Nas amostras é possível ver um pH relativamente estável, uma leve queda (0,5) no tempo 180min, mas já na amostra tempo 540min o pH retorna ao patamar anterior. Há um aumento do Eh e da condutividade elétrica com o aumento da profundidade, e o inverso ocorre com o oxigênio dissolvido. Na tabela 6.14 estão as análises químicas das amostras do poço IPT63.

Tabela 6.14: Análises Químicas das amostras do poço IPT63

Amostra	**63_1**	**63_2**	**63_15**	**63_30**	**63_60**	**63_180**	**63_360**	**63_540**	**63_720**	**63_1080**	**63_1320**
Data	02/09/14	10/03/15	26/10/15	26/10/15	26/10/15	26/10/15	26/10/15	26/10/15	26/10/15	27/10/15	27/10/15
Tempo (minutos)	1ª	2ª	15	30	60	180	360	540	720	1080	1320
ND	55	55	69,28	72,51	74,02	76,21	76,57	77,36	77,29	77,78	77,86
Temp. (°C)	24,38	24,47	24	24,9	24,5	25	24,9	24,84	24,85	24,85	24,81
pH	5,79	5,74	5,85	5,75	5,51	5,02	5,35	5,42	5,4	5,46	5,42
Eh (mV)	419,90	435,9	258,20	255,10	256,00	277,10	262,90	265,40	273,80	296,60	312,00
ORP (mV)	219,9	235,9	58,2	55,1	56	77,1	62,9	65,4	73,8	96,6	112
OD	6,08	7,03	5,18	4,12	4,32	4,16	4,41	3,52	2,85	2,15	1,93
CE (µS/cm)	172,0	173,00	148,0	175,0	170,0	165,0	165	164	163	157	160
TDS (mg/L)	86,00	87,00	87,00	87,00	85,00	83,00	82	82	82	79	80
Alcalinidade ([CaCO3]mg/L)	14,01	6,01	15,01	16,01	7,01	18,02	12,01	10,01	11,01	16,01	21,02
Ca^{2+} (mg/L)	15,16	14,42	18,47	17,97	17,34	16,55	16,14	15,79	10,98	15,56	15,41
Mg^{2+} (mg/L)	4,62	4,52	5,35	5,19	5,07	5,14	5,13	5,12	3,52	5,09	5,03
K^{+} (mg/L)	5,62	6,37	5,80	5,84	5,87	6,05	6,05	6,11	3,81	6,06	6,03
Na^{+} (mg/L)	4,09	2,24	1,83	1,87	3,03	2,03	2,20	2,64	1,43	2,11	2,03
Al (mg/L)	0,01	0,01	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075
Fe (mg/L)	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105
Mn (mg/L)	0,002	0,010	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
Li^{+} (mg/L)	0,002	0,003	0,003	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
NH_4^{+} (mg/L)	5,6200	0,0033	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,0005	0,0005	0,0005
Ba^{2+} (mg/L)	0,42	0,47	0,4623	0,4746	0,4634	0,3772	0,4676	0,4557	0,4296	0,4847	0,4812
Sr^{+} (mg/L)	0,09	0,09	0,094	0,098	0,09	0,0741	0,091	0,092	0,084	0,089	0,087
HCO_3^{-} (mg/L)	17,09	7,33	18,32	19,54	8,55	21,98	14,65	12,21	13,43	19,53	25,64
CO_3^{-} (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NO_3^{-} (mg/L)	62,69	65,72	67,52	67,54	66,42	66,26	66,03	65,93	44,00	64,99	64,26
NO_2^{-} (mg/L)	0,006	0,001	0,002	0,002	0,04	0,01	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
SO_4^{2-} (mg/L)	0,07	0,02	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09
Cl^{-} (mg/L)	4,96	4,76	5,99	5,88	6,70	5,33	5,59	5,83	3,43	5,15	5,03
F^{-} (mg/L)	0,04	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03
Br^{-} (mg/L)	0,020	0,023	0,006	0,006	0,006	0,005	0,006	0,005	0,005	0,005	0,005
HPO_4^{-} (mg/L)	0,21	0,0211	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,005	0,006	0,006	0,005
B. I. (%)	0.90	1.72	1.18	-0.47	5.70	-2.70	0.69	2.00	-1.18	-2.18	-5.49

Os níveis de HCO_3^-, Ca^{2+} e Mg^{2+} diminuem levemente com a profundidade e o K^+ e Na^+ tem um leve aumento. Os teores de SO_4^{2-} são estáveis, e os teores de NO_3^- e Cl^- diminuem quase linearmente com a profundidade, indicando que estes últimos realmente tem uma relação com contaminação antrópica. Na figura 6.21 é possível ver os diagramas tipo Stiff destas amostras.

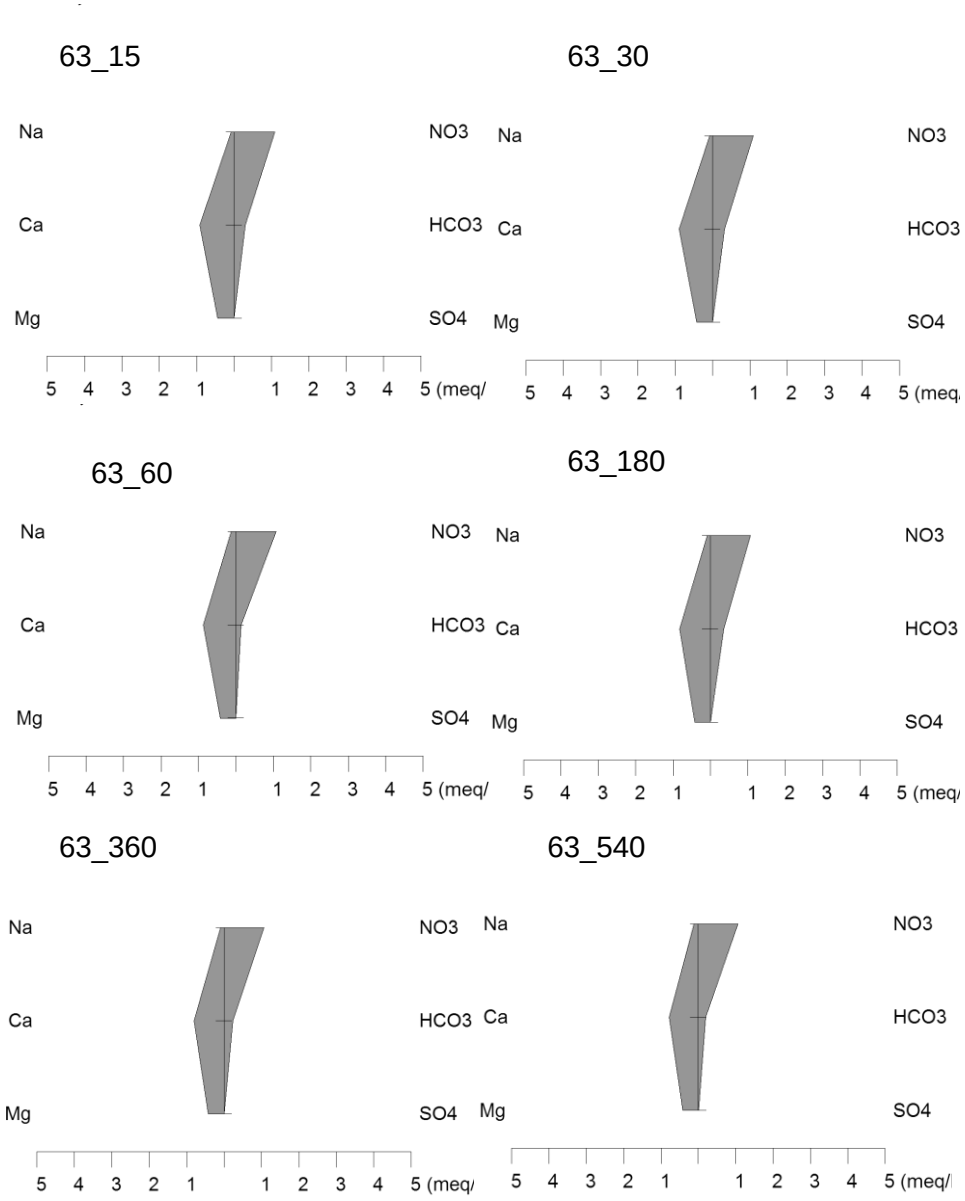
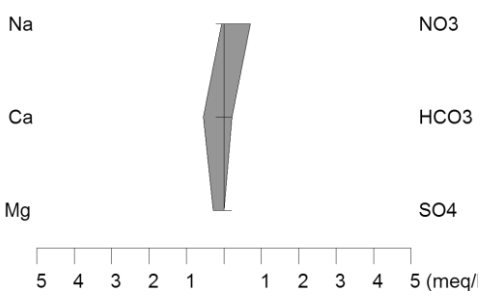
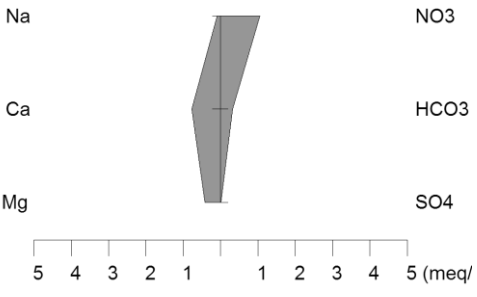


Figura 6.21: Stiffs das amostras de bombeamento do poço IPT63

63_720



63_1080



63_1080

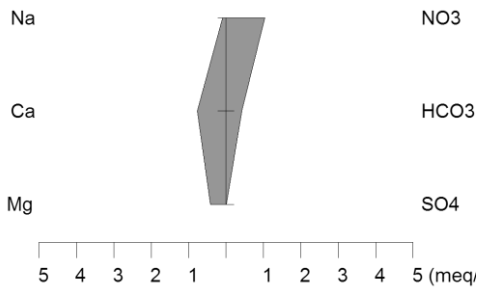


Figura 6.21 (cont.): Stiffs das amostras de bombeamento do poço IPT63

Os níveis de Al, Fe, Mn, F^- e HPO_4^- são estáveis e em baixas concentrações. O teor de Sr também é estável, com uma leve queda na amostra do tempo 180 minutos. A concentração de Ba^+ também não varia muito, nem com um padrão definido, mas todas as amostras possuem valores acima do VRQ.

6.3.3.4. IPT72

O teste de bombeamento com amostragem foi realizado neste poço nos dias 21-22/10/15, e o acompanhamento do nível foi realizado apenas no poço amostrado. Este poço apresenta filtros nas Formações Marília e Adamantina, com um maior número de filtros na Formação Marília. Este poço pertence ao grupo Aquíferos Marília e Adamantina_1. Foram coletadas 9 amostras.

Este poço apresenta águas Ca-HNO_3, com um leve teor de Mg. É possível ver que as amostras mais rasas apresentam um maior teor de NO_3+Cl e as profundas mais HCO_3. Aparenta ter um nível de contaminação menor que a IPT49, e as amostras das primeiras campanhas se assemelham mais as amostras mais rasas, que também possuem maior quantidade de Ca/Mg. Isto pode ser visto na figura 6.22.

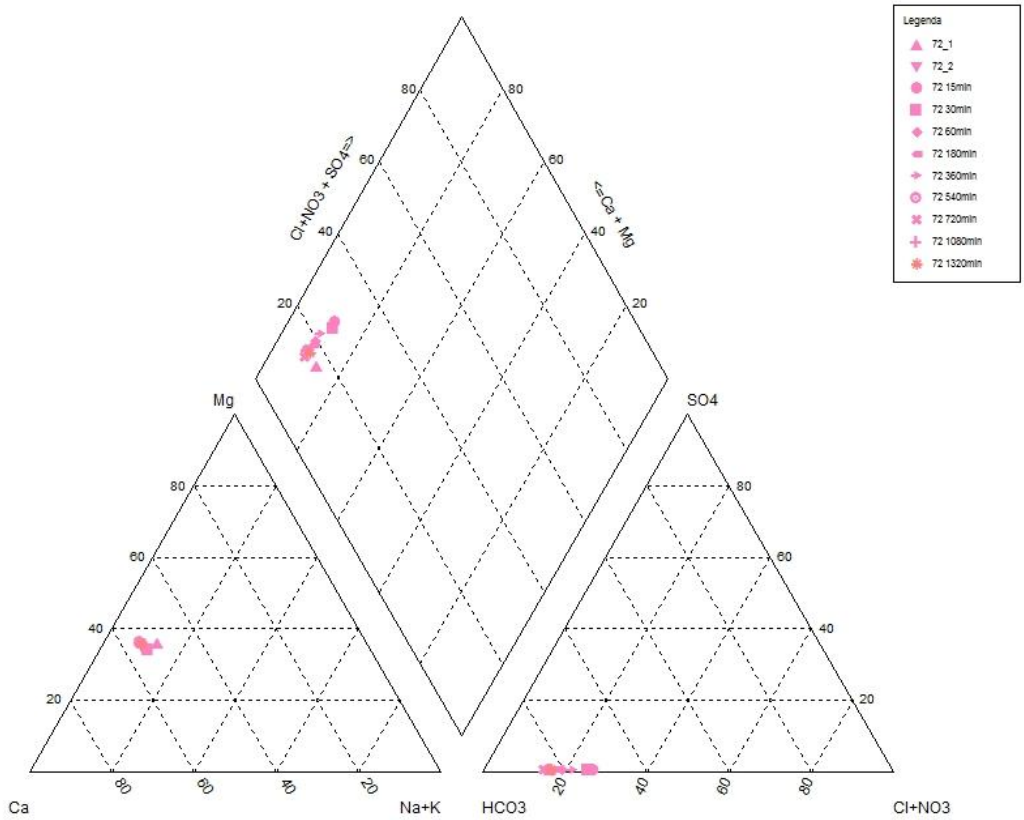


Figura 6.22: Piper das amostras do poço IPT72

Analisando as amostras, nota-se que os valores de pH e condutividade elétrica aumentam com a profundidade e o inverso ocorre com os valores de Eh e oxigênio dissolvido. Na tabela 6.15 é possível ver as análises químicas deste poço.

Tabela 6.15: Análises químicas das amostras do poço IPT72

Amostra	**72_1**	**72_2**	**72_15**	**72_30**	**72_60**	**72_180**	**72_360**	**72_540**	**72_720**	**72_1080**	**72_1320**
Data	02/09/14	10/03/15	21/10/15	21/10/15	21/10/15	21/10/15	21/10/15	21/10/15	21/10/15	22/10/15	22/10/15
Tempo (minutos)	1ª	2ª	15	30	60	180	360	540	720	1080	1320
ND	122,7	122,7	103,65	105,15	104,96	105,78	106,31	106,62	106,90	107,20	107,32
Temp. (°C)	23,41	23,27	22,90	23,80	24,10	24,70	25,00	24,80	24,80	24,47	24,67
pH	6,65	6,29	5,99	6,22	6,32	6,33	6,29	5,98	6,18	7,26	7,49
Eh (mV)	370,90	403,4	402,70	402,90	410,00	400,90	407,20	440,00	431,70	325,70	316,90
ORP (mV)	170,9	203,4	202,70	202,90	210,00	200,90	207,20	240,00	231,70	125,70	116,90
OD	5,37	6,03	4,20	4,04	3,64	3,50	3,56	3,79	4,05	3,63	3,66
CE (µS/cm)	190,0	174,00	161,0	156,0	173,0	173,0	178,0	184,0	184,0	181,0	182,0
TDS (mg/L)	95,0	87,00	80,0	78,0	86,0	86,0	89,0	92,0	92,0	90,0	91,0
Alcalinidade ([CaCO3]mg/L)	77,07	78,07	56,05	63,06	66,06	77,07	61,06	81,08	84,08	77,07	78,07
Ca^{2+} (mg/L)	19,18	20,55	17,36	16,79	20,15	19,76	20,36	21,14	21,41	21,29	21,42
Mg^{2+} (mg/L)	8,23	8,18	6,65	6,38	7,89	7,79	8,05	8,37	8,51	8,48	8,41
K^{+} (mg/L)	3,87	4,28	4,47	4,58	4,17	4,20	4,24	4,19	4,29	4,16	4,29
Na^{+} (mg/L)	3,51	1,35	1,44	1,45	1,47	1,45	1,46	1,42	1,41	1,39	1,86
Al (mg/L)	0,0075	0,01	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075
Fe (mg/L)	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105
Mn (mg/L)	0,0015	0,00	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
Li^{+} (mg/L)	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002
NH_4^{+} (mg/L)	0,0040	0,0022	0,0005	0,002	0,001	0,001	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Ba^{2+} (mg/L)	0,97	0,96	0,8144	0,7266	0,962	1,043	0,8455	0,7603	0,9688	0,8193	0,8218
Sr^{+} (mg/L)	0,29	0,29	0,22	0,19	0,275	0,284	0,24	0,229	0,24	0,229	0,233
HCO_3^{-} (mg/L)	93,99	95,23	68,38	76,92	80,58	94,01	74,47	98,90	102,56	93,86	94,95
CO_3^{-} (mg/L)	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,08	0,14
NO_3^{-} (mg/L)	17,14	17,80	22,54	23,74	17,42	19,17	18,70	16,56	16,07	15,53	16,30
NO_2^{-} (mg/L)	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
SO_4^{2-} (mg/L)	0,15	0,17	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,25	0,26	0,25
Cl^{-} (mg/L)	1,03	1,20	1,73	1,73	1,28	1,48	1,30	1,43	1,14	1,70	1,83
F^{-} (mg/L)	0,08	0,05	0,044	0,048	0,055	0,048	0,057	0,056	0,056	0,055	0,058
Br^{-} (mg/L)	0,006	0,009	0,005	0,004	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005
HPO_4^{-} (mg/L)	0,140	0,01	0,005	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,006	0,006	0,006
B. I. (%)	1.34	-0.02	2.17	-4.30	5.78	-2.11	8.81	-0.16	-0.52	2.64	2.37

O comportamento do Ca^{2+}, HCO_3^- e Mg^{2+} é similar, aumentando de forma leve e não linear com a profundidade, já o Na^+ e K^+ estão relativamente estáveis. Os valores de Cl^- e SO_4^{2-} são relativamente constantes e os de NO_3^- diminuem com a profundidade. Os gráficos tipo Stiff deste poço podem ser vistos na figura 6.23.

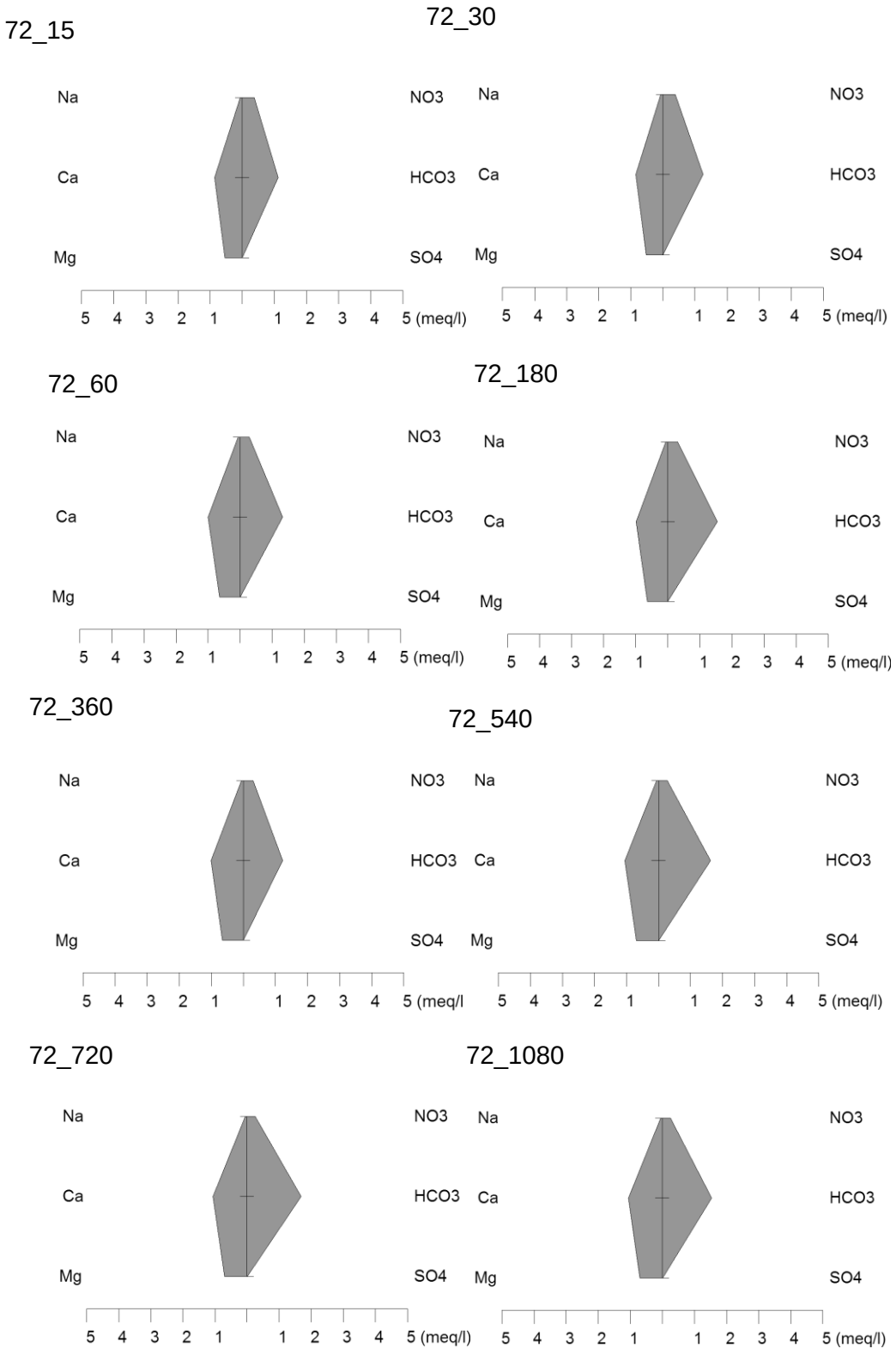


Figura 6.23: Stiffs do poço IPT72

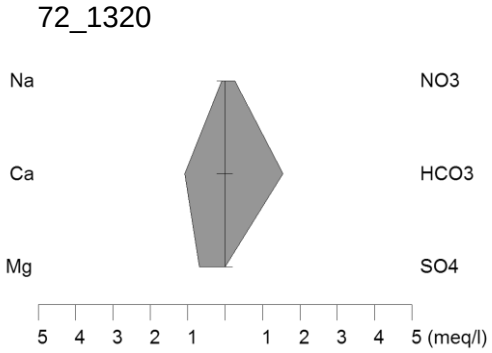


Figura 6.23 (cont.): Stiffs do poço IPT72

Os teores de Al, Fe, Mn, F^- e HPO_4^- são baixos e constantes durante todo bombeamento. Os teores de Ba^{2+} são relativamente constantes, com pico alto na amostra do tempo 180 minutos e baixo na amostra de tempo 30 minutos. O Sr^+ apresenta quantidades menores, mas com o comportamento idêntico ao Ba^{2+}.

6.3.3.5. IPT130

O teste de bombeamento com amostragem foi realizado neste poço nos dias 27-28/10/15, e foi realizado por apenas 18h devido a uma norma interna da empresa proprietária, portanto foram coletadas 8 amostras, uma a menos que nos outros poços. O nível de água foi monitorado em um poço próximo, que não foi desligado, devido a inexistência de tubo guia neste poço.

Este poço possui filtros nas Formações Marília, Adamantina e Araçatuba, com mais filtros na Formação Adamantina e número igual de filtros nas Formações Marília e Araçatuba. Pertence ao grupo Aquíferos Marília, Adamantina e Araçatuba.

Neste ensaio é possível notar uma diferença entre as amostras coletadas no diagrama tipo Piper (Figura 6.24). As amostras são Ca-HCO_3, porém as mais rasas são mais ricas em Ca e NO_3+Cl, e as mais profundas possuem um pouco mais de Mg. No eixo HCO_3-NO_3+Cl é possível notar um grande salto entre as amostras dos tempos 180 e 540, indicando provavelmente que a influência antrópica diminui ou termina ali.

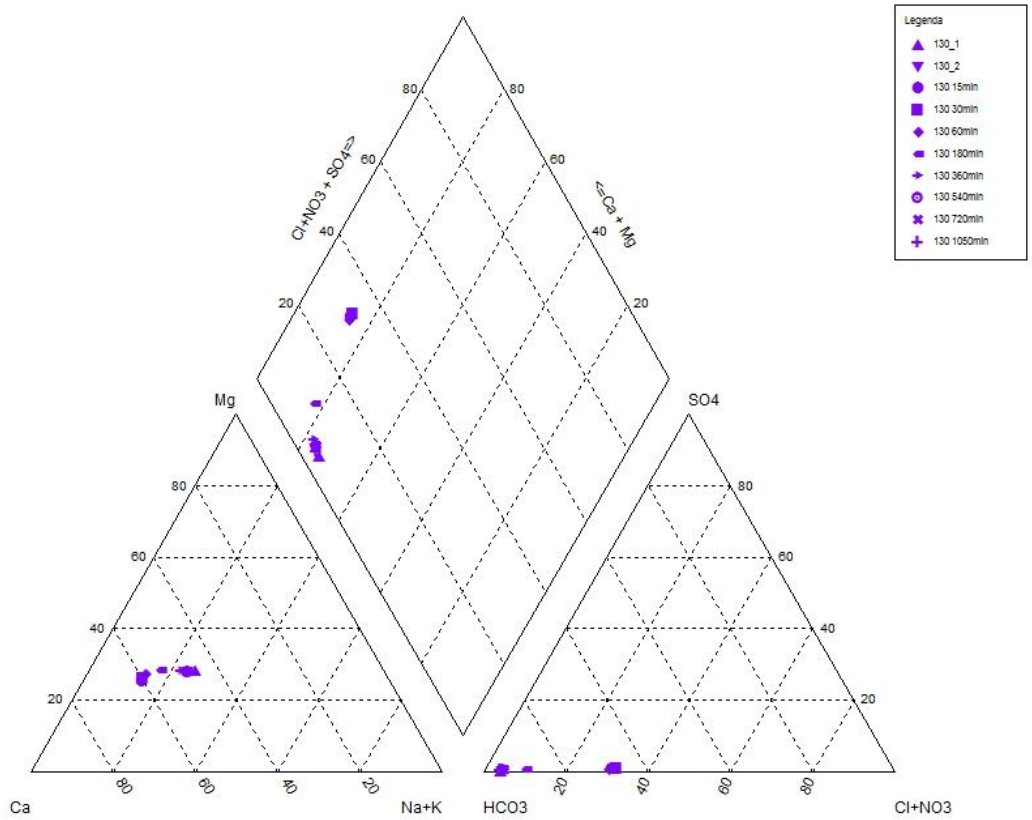


Figura 6.24: Piper das amostras do poço IPT130

Nas análises químicas (Tabela 6.16) é possível notar que o pH e o Eh sobem com a profundidade e a condutividade elétrica diminui de forma irregular.

Tabela 6.16: Dados das Análises Químicas do poço IPT130

Amostra	**130_1**	**130_2**	**130_15**	**130_30**	**130_60**	**130_180**	**130_360**	**130_540**	**130_720**	**130_1050**
Data	03/09/14	11/03/15	27/10/15	27/10/15	27/10/15	27/10/15	27/10/15	27/10/15	28/10/15	28/10/15
Tempo (minutos)	1ª	2ª	15	30	60	180	360	540	720	1050
ND	198,9	198,9	204,80	204,50	203,93	204,27	205,09	199,60	178,91	177,29
Temp. (°C)	24,87	25,13	24,86	25,02	25,10	25,36	25,07	25,09	25,11	25,09
pH	7,65	7,48	6,98	7,13	7,04	7,63	7,92	7,70	7,57	7,60
Eh (mV)	386,20	339,3	236,10	244,10	241,50	236,30	238,90	262,20	272,00	279,40
ORP (mV)	186,2	139,3	36,10	44,10	41,50	36,30	38,90	62,20	72,00	79,40
OD	6,02	6,30	2,23	2,20	2,13	2,51	0,32	0,39	0,42	2,93
CE (µS/cm)	220,0	214,00	278,0	286,0	288,0	233,0	194,0	205,0	214,0	213,0
TDS (mg/L)	110,0	107,00	139,0	143,0	144,0	116,0	97,0	103,0	107,0	106,0
Alcalinidade ([CaCO3]mg/L)	138,13	107,10	97,09	93,09	98,09	108,10	117,11	112,10	110,10	131,12
Ca^{2+} (mg/L)	22,89	23,2144	34,45	34,76	34,13	26,75	22,86	22,25	22,07	21,75
Mg^{2+} (mg/L)	8,47	8,31	8,74	9,14	9,61	8,50	7,90	7,77	7,78	7,67
K^{+} (mg/L)	2,58	2,52	3,35	3,35	3,27	2,67	2,41	2,37	2,39	2,38
Na^{+} (mg/L)	13,44	11,8828	7,24	7,56	7,72	8,53	10,52	11,29	11,34	11,38
Al (mg/L)	0,0075	0,01	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075
Fe (mg/L)	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105
Mn (mg/L)	0,0015	0,00	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
Li^{+} (mg/L)	0,004	0,006	0,003	0,003	0,002	0,004	0,005	0,004	0,005	0,004
NH_4^{+} (mg/L)	0,0004	0,0056	0,0005	0,0005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003
Ba^{2+} (mg/L)	0,69	0,58	0,7588	0,9532	0,9491	0,7514	0,7376	0,6888	0,703	0,6852
Sr^{+} (mg/L)	0,81	0,83	0,47	0,63	0,797	0,829	0,84	0,82	0,81	0,833
HCO_3^{-} (mg/L)	167,77	130,27	118,34	113,41	119,54	131,32	141,69	136,08	133,83	159,33
CO_3^{-} (mg/L)	0,37	0,19	0,06	0,08	0,06	0,28	0,58	0,34	0,25	0,31
NO_3^{-} (mg/L)	5,71	4,83	42,09	42,88	41,94	11,95	5,87	5,36	5,50	4,99
NO_2^{-} (mg/L)	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
SO_4^{2-} (mg/L)	0,21	0,21	0,94	0,94	0,39	0,41	0,32	0,22	0,27	0,24
Cl^{-} (mg/L)	0,94	0,80	6,59	6,53	6,49	1,97	1,03	0,89	0,90	0,88
F^{-} (mg/L)	0,06	0,06	0,048	0,035	0,038	0,047	0,056	0,057	0,057	0,057
Br^{-} (mg/L)	0,004	0,004	0,005	0,005	0,006	0,006	0,005	0,004	0,005	0,006
HPO_4^{-} (mg/L)	0,620	0,0165	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,006	0,006	0,006
B. I. (%)	-6.94	4.49	0.62	3.07	2.03	1.89	-2.39	-0.40	0.21	-8.39

Os teores de Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+} e SO_4^{2-} diminuem com a profundidade, sendo que Ca e Mg apresentam picos de valor nas amostras dos tempos 30 e 60 minutos. Na^{+} e HCO_3^{-} aumentam com a profundidade e NO_3^{-} e Cl^{-} tem o comportamento inverso, de maneira linear. Os gráficos do tipo Stiff das amostras do bombeamento deste poço estão na figura 6.25.

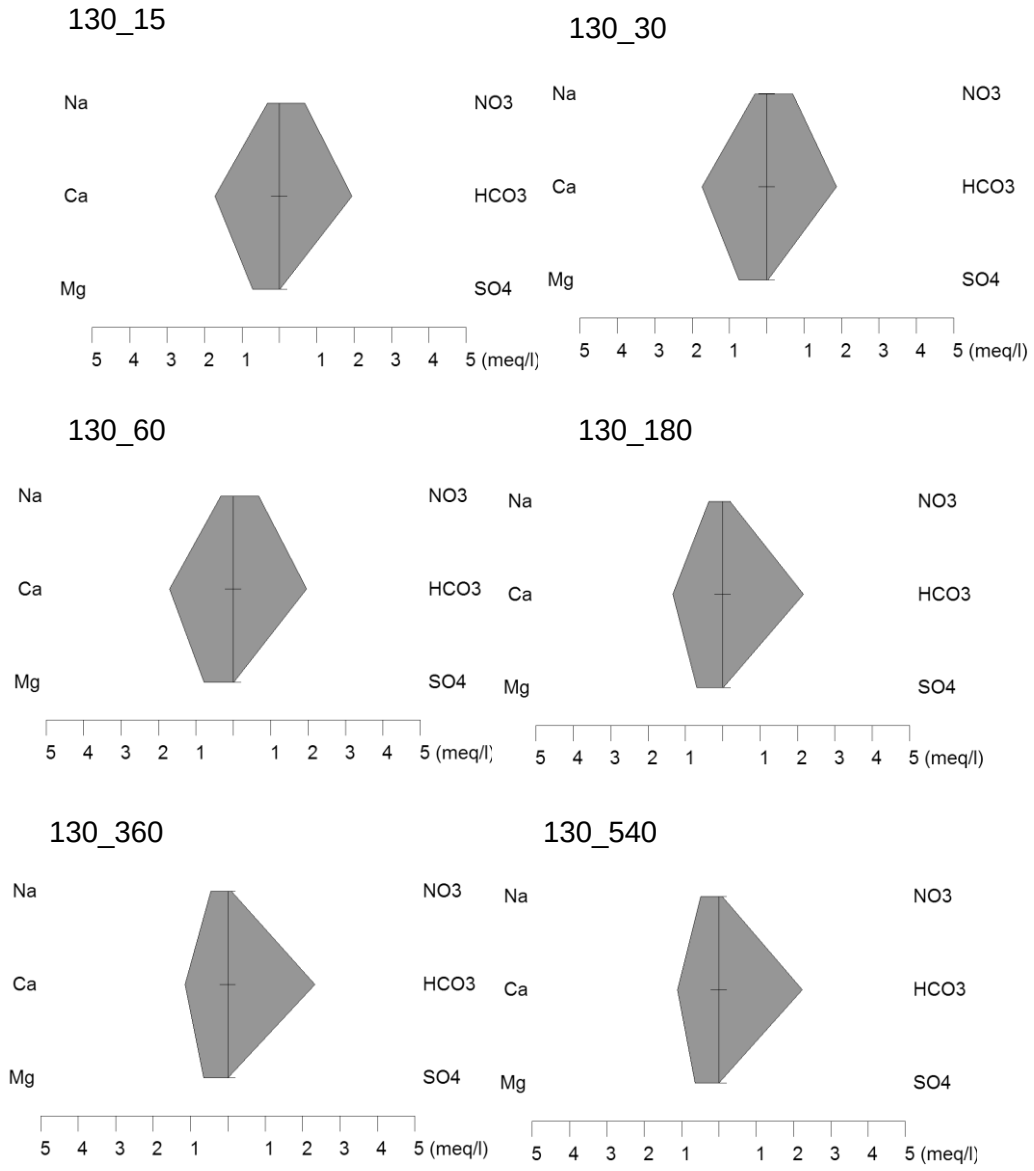


Figura 6.25: Stiffs das amostras do Bombeamento do poço IPT130

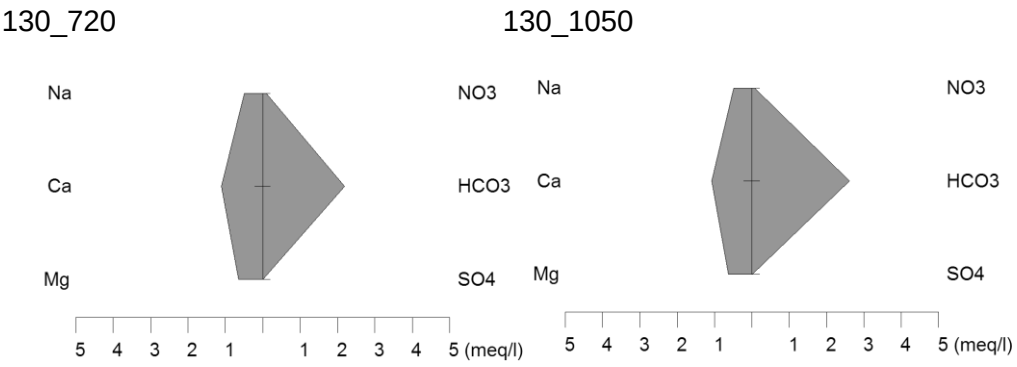


Figura 6.25 (cont.): Stiffs das amostras do Bombeamento do poço IPT130

Os valores de Sr^{+}, Fe, HPO_4^{-}, Al, Fe e Mn aparecem constantes e em valores diminutos. O Ba^{2+} aparece com valores similares, com dois valores um pouco mais altos nas amostras dos tempos 30 e 60 minutos, e depois diminui levemente com a profundidade.

6.3.3.6. IPT245

Este teste de bombeamento com amostragem foi realizado nos dias 19-20/10/15. Neste bombeamento não foi possível acompanhar o nível do poço pois o tubo guia era falso, e no poço para acompanhamento o tubo guia possuía um diâmetro menor que o do medidor de nível. Este poço possui filtros nas Formações Marília e Adamantina, com um maior número de filtros na formação Marília. Este poço pertence ao grupo Aquíferos Marília e Adamantina_1. Foram coletadas 9 amostras.

No início do bombeamento foi verificado que a coleta de água estaria sendo feita de um local que poderia entrar em contato com a água do abastecimento público, e logo a coleta foi transferida para a boca do poço desrosqueada. Apenas a amostra de tempo 15 minutos foi coletada no local onde ocorreu a mistura, e isto é visível na figura 6.26, no diagrama Piper, devido a isto, ela não será considerada na análise do bombeamento.

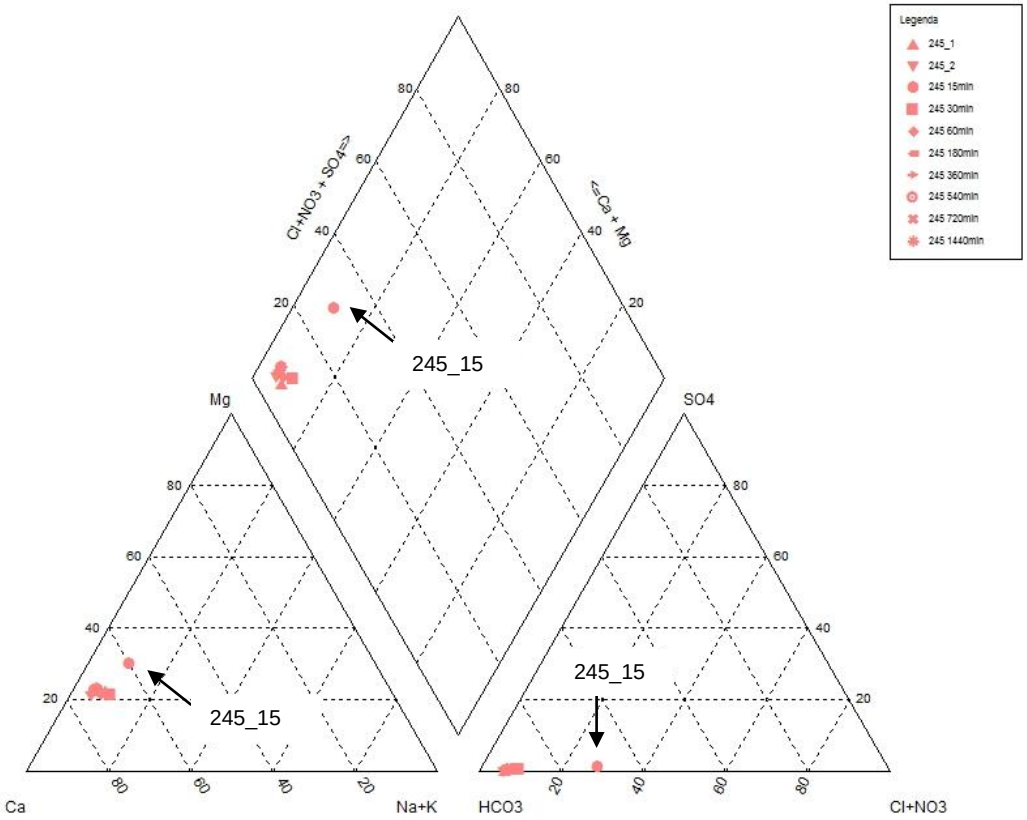


Figura 6.26: Diagrama tipo Piper das amostras do poço IPT245

No Piper é possível ver que todas as amostras apresentam uma composição similar, Ca-HCO_3, e os níveis de NO_3+Cl são baixos e similares, não indicando uma contaminação antrópica.

Nos resultados das análises químicas (Tabela 6.17) é possível notar que há um aumento do pH com a profundidade, e uma diminuição do Eh e condutividade elétrica.

Tabela 6.17: Análises químicas das amostras do poço IPT245

Amostra	**245_1**	**245_2**	**245_15**	**245_30**	**245_60**	**245_180**	**245_360**	**245_540**	**245_720**	**245_1080**	**245_1440**
Data	09/09/14	17/03/15	19/10/15	19/10/15	19/10/15	19/10/15	19/10/15	19/10/15	19/10/15	20/10/15	20/10/15
Tempo (minutos)	1ª	2ª	15	30	60	180	360	540	720	1080	1440
ND	102	102	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temp. (°C)	23,98	25,59	28,3	24,5	24,4	23,6	23,6	23,57	23,47	23,45	23,41
pH	7,03	7,12	7,08	6,63	6,79	6,57	6,64	6,52	6,59	6,76	6,95
Eh (mV)	382,90	306,7	939,5	953,4	938,1	571,2	573,6	586,5	590,2	575,5	558,3
ORP (mV)	182,9	106,7	739,5	753,4	738,1	371,2	373,6	386,5	390,2	375,5	358,3
OD	5,75	5,72	4,87	4,21	4,13	3,75	3,96	4,06	4,11	4,07	4,18
CE (µS/cm)	276,0	299,00	392,00	328,00	320,00	290,00	284,00	283,00	282,00	278,00	281,00
TDS (mg/L)	138,0	149,00	196,00	164,00	160,00	145,00	142,00	142,00	141,00	139,00	141,00
Alcalinidade ([CaCO3]mg/L)	156,14	165,15	50,05	150,14	166,15	152,14	154,14	136,13	184,17	174,16	130,12
Ca^{2+} (mg/L)	40,48	49,09	50,70	47,11	47,97	45,82	43,49	42,78	42,21	41,87	41,79
Mg^{2+} (mg/L)	7,96	8,56	15,32	8,85	8,76	8,20	8,17	8,18	8,18	8,11	8,12
K^{+} (mg/L)	1,79	2,45	2,19	2,68	2,85	2,35	2,15	2,09	2,11	2,05	2,13
Na^{+} (mg/L)	4,46	2,80	8,50	6,36	4,25	2,90	2,58	2,49	2,98	2,74	2,61
Al (mg/L)	0,0075	0,01	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075
Fe (mg/L)	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105
Mn (mg/L)	0,0015	0,00	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
Li^{+} (mg/L)	0,001	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
NH_4^{+} (mg/L)	0,0012	0,0015	0,002	0,001	0,0005	0,001	0,002	0,012	0,001	0,0005	0,001
Ba^{2+} (mg/L)	0,56	0,68	0,6206	0,7359	0,7993	0,7184	0,643	0,5983	0,6041	0,5709	0,4628
Sr^{+} (mg/L)	0,34	0,37	0,851	0,485	0,456	0,35	0,34	0,34	0,33	0,351	0,25
HCO_3^{-} (mg/L)	190,29	200,89	60,98	183,09	202,58	185,54	187,97	166,02	224,60	212,35	158,61
CO_3^{-} (mg/L)	0,10	0,29	0,04	0,04	0,06	0,03	0,04	0,03	0,04	0,06	0,07
NO_3^{-} (mg/L)	8,75	7,77	12,51	9,07	8,81	9,17	9,85	10,16	10,07	10,05	10,18
NO_2^{-} (mg/L)	0,003	0,006	0,26	0,24	0,18	0,002	0,002	0,002	0,010	0,002	0,002
SO_4^{2-} (mg/L)	0,24	0,17	0,85	0,31	0,29	0,30	0,26	0,37	0,51	0,31	0,26
Cl^{-} (mg/L)	2,56	3,10	7,08	6,43	4,72	3,43	2,99	2,86	3,59	3,23	2,96
F^{-} (mg/L)	0,08	0,07	0,89	0,24	0,19	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07
Br^{-} (mg/L)	0,007	0,009	0,006	0,006	0,005	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
HPO_4^{-} (mg/L)	0,320	0,0197	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,006
B. I. (%)	-6.68	-2.24	48.53	1.40	-3.14	-1.98	-4.78	0.18	-14.10	-11.93	1.36

Os níveis de Ca^{+2}, Mg^{+2}, K^{+} e Na^{+} diminuem levemente com a profundidade e o os teores de HCO_3^{-} aparentam serem estáveis, bem como os de SO_4^{2-} e NO_3^{-}. Os níveis de Cl^{-} diminuem com a profundidade. Os gráficos tipo Stiff destas amostras estão na figura 6.27.

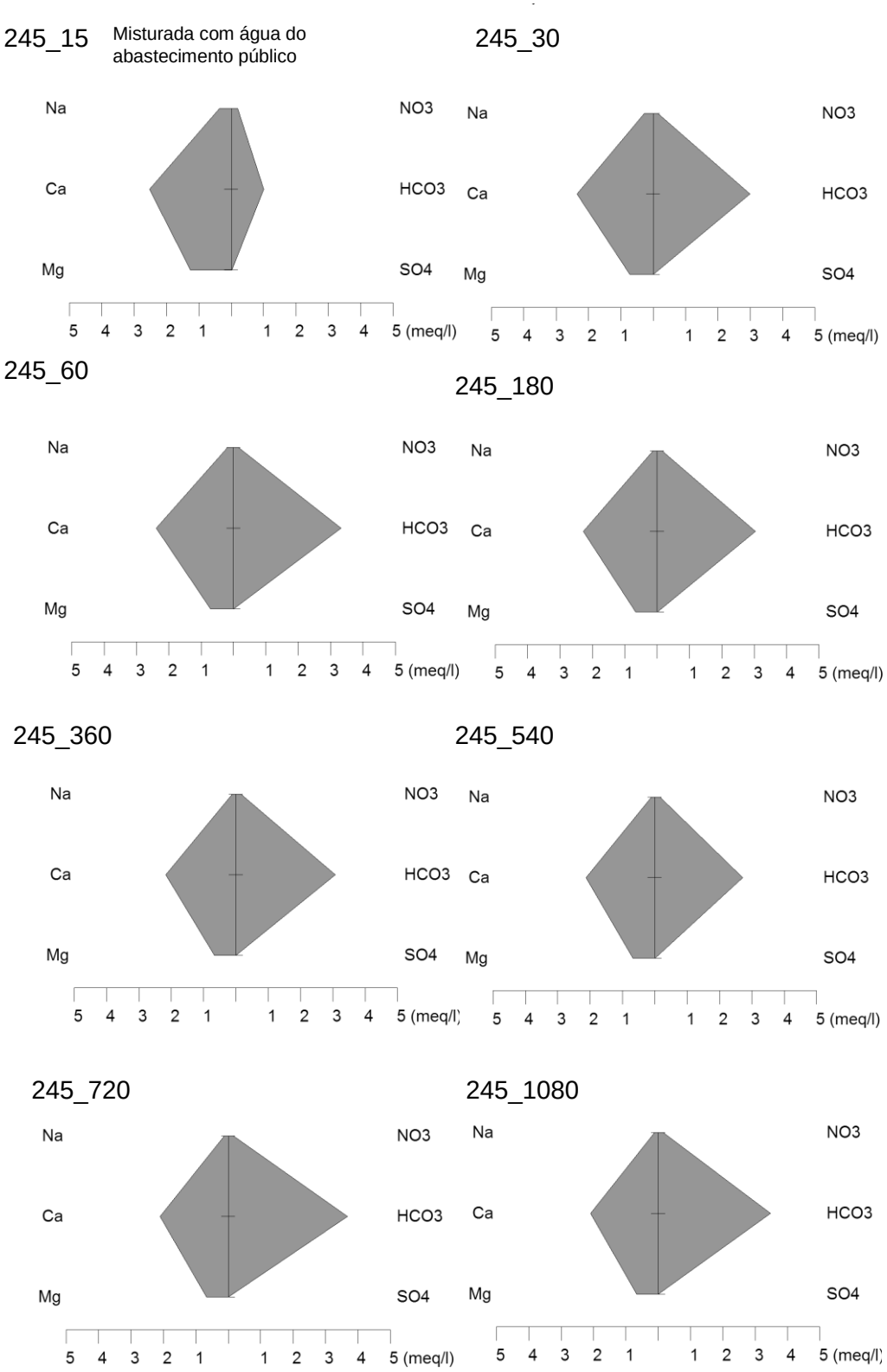


Figura 6.27: Stiffs das amostras do teste de bombeamento

245_1440

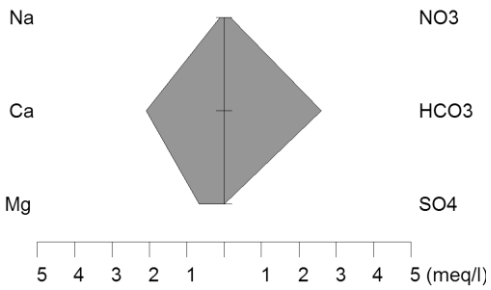


Figura 6.27 (cont.): Stiffs das amostras do teste de bombeamento

As concentrações de Al, Fe, Mn e HPO_4^- são baixas e estáveis e os valores de F^- diminuem até a amostra de tempo 180 e depois estabilizam. O comportamento dos teores de Ba^{2+} e Sr^+ são similares e diminuem levemente com o aumento da profundidade.

6.3.3.7. IPT261

O teste de bombeamento com amostragem foi realizado neste poço nos dias 24-25/10/15. Neste poço apenas o teste foi realizado pois nas campanhas anteriores a coleta não foi autorizada. O nível d'água foi observado no poço amostrado e em um poço próximo, que não foi desligado. Este poço possui filtros nas Formações Marília e Adamantina, com a maioria dos filtros na Formação Marília. Pertence ao grupo Aquíferos Marília e Adamantina_1; foram coletadas 9 amostras.

As amostras coletadas possuem uma composição muito parecida e não variada, Ca-HCO_3, como pode ser visto na figura 6.28.

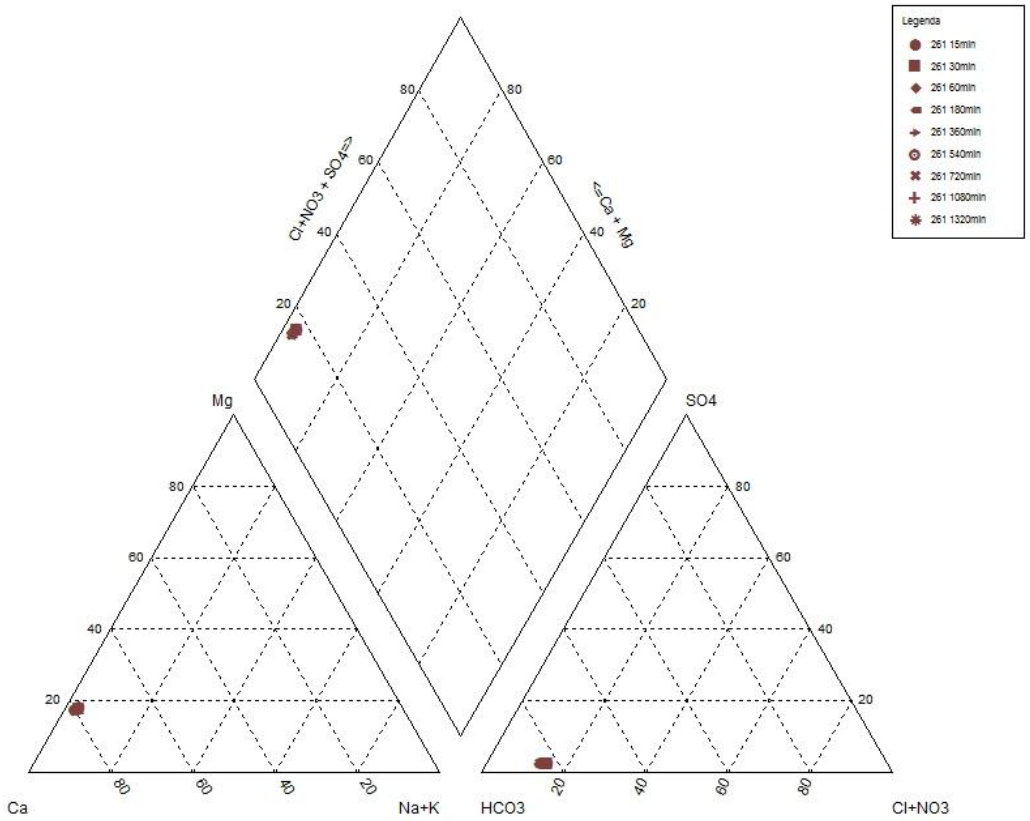


Figura 6.28: Piper das amostras do poço IPT261

Não há grandes variações nos valores de pH, mas os valores de condutividade elétrica e Eh diminuem levemente com a profundidade. As análises destas amostras estão na tabela 6.18.

Tabela 6.18: Análises químicas das amostras do poço IPT261

Amostra	**261_15**	**261_30**	**261_60**	**261_180**	**261_360**	**261_540**	**261_720**	**261_1080**	**261_1320**
Data	24/10/15	24/10/15	24/10/15	24/10/15	24/10/15	24/10/15	24/10/15	25/10/15	25/10/15
Tempo (minutos)	15	30	60	180	360	540	720	1080	1320
ND	119,16	119,24	119,39	119,56	119,61	119,67	119,76	119,79	119,84
Temp. (°C)	23,26	23,29	23,54	23,72	23,56	23,17	23,16	23,09	23,12
pH	6,57	6,46	6,84	6,64	6,28	6,56	6,48	6,54	6,54
Eh (mV)	341	351,2	315,8	323,3	345,4	339,2	321,5	314,4	310,6
ORP (mV)	141	151,2	115,8	123,3	145,4	139,2	121,5	114,4	110,6
OD	2,77	2,36	2,13	2,21	2,35	2,43	2,42	2,02	1,82
CE (µS/cm)	413,00	421,00	431,00	440,00	451,00	453,00	434,00	456,00	457,00
TDS (mg/L)	206,00	211,00	216,00	220,00	225,00	227,00	227,00	228,00	228,00
Alcalinidade ([CaCO3]mg/L)	187,17	185,17	184,17	196,18	205,19	194,18	205,19	198,18	198,18
Ca^{2+} (mg/L)	66,52	67,08	70,84	73,18	73,36	75,69	76,31	76,62	76,44
Mg^{2+} (mg/L)	9,11	9,09	9,19	9,57	9,45	9,79	9,83	9,95	9,93
K^{+} (mg/L)	2,57	2,55	2,54	2,40	2,40	2,37	2,37	2,37	2,37
Na^{+} (mg/L)	1,85	1,89	1,85	1,86	1,83	1,82	1,93	1,81	1,96
Al (mg/L)	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075
Fe (mg/L)	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105
Mn (mg/L)	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
Li $^{+}$(mg/L)	0,001	0,001	0,0005	0,0005	0,0005	0,001	0,001	0,0005	0,0005
NH_4^{+} (mg/L)	0,001	0,001	0,0005	0,0005	0,0005	0,001	0,0005	0,0005	0,001
Ba^{2+} (mg/L)	0,3605	0,3584	0,3858	0,3736	0,4096	0,3145	0,3221	0,3115	0,3512
Sr^{+} (mg/L)	0,271	0,251	0,28	0,29	0,28	0,23	0,23	0,234	0,27
HCO_3^{-} (mg/L)	228,27	225,84	224,53	239,24	250,28	236,81	250,26	241,70	241,70
CO_3^{-} (mg/L)	0,04	0,03	0,08	0,05	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04
NO_3^{-} (mg/L)	23,28	22,87	22,74	21,03	20,94	20,78	20,60	20,81	20,38
NO_2^{-} (mg/L)	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002
SO_4^{2-} (mg/L)	4,85	4,85	4,92	5,01	5,01	4,99	5,01	5,08	5,06
Cl^{-} (mg/L)	10,66	10,66	10,53	10,52	10,63	10,68	10,79	10,60	10,70
F^{-} (mg/L)	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06
Br^{-} (mg/L)	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
HPO_4^{-} (mg/L)	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005
B. I. (%)	-3.36	-2.52	0.00	-0.75	-2.69	1.16	-0.76	0.92	0.94

Os teores de Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+} e SO_4^{-} aumentam suavemente com a profundidade, sendo o último não muito linear. Já os teores de HCO_3^{-}, similar ao Na^{+}, aumenta de maneira linear até o tempo 1080 minutos, onde estabiliza.

As concentrações de K^{+} e NO_3^{-} caem levemente com a profundidade, aparentando estabilidade por vezes, e o teor de Cl^{-} é constante. Os diagramas tipo Stiff para essas amostras podem ser vistos na figura 6.29.

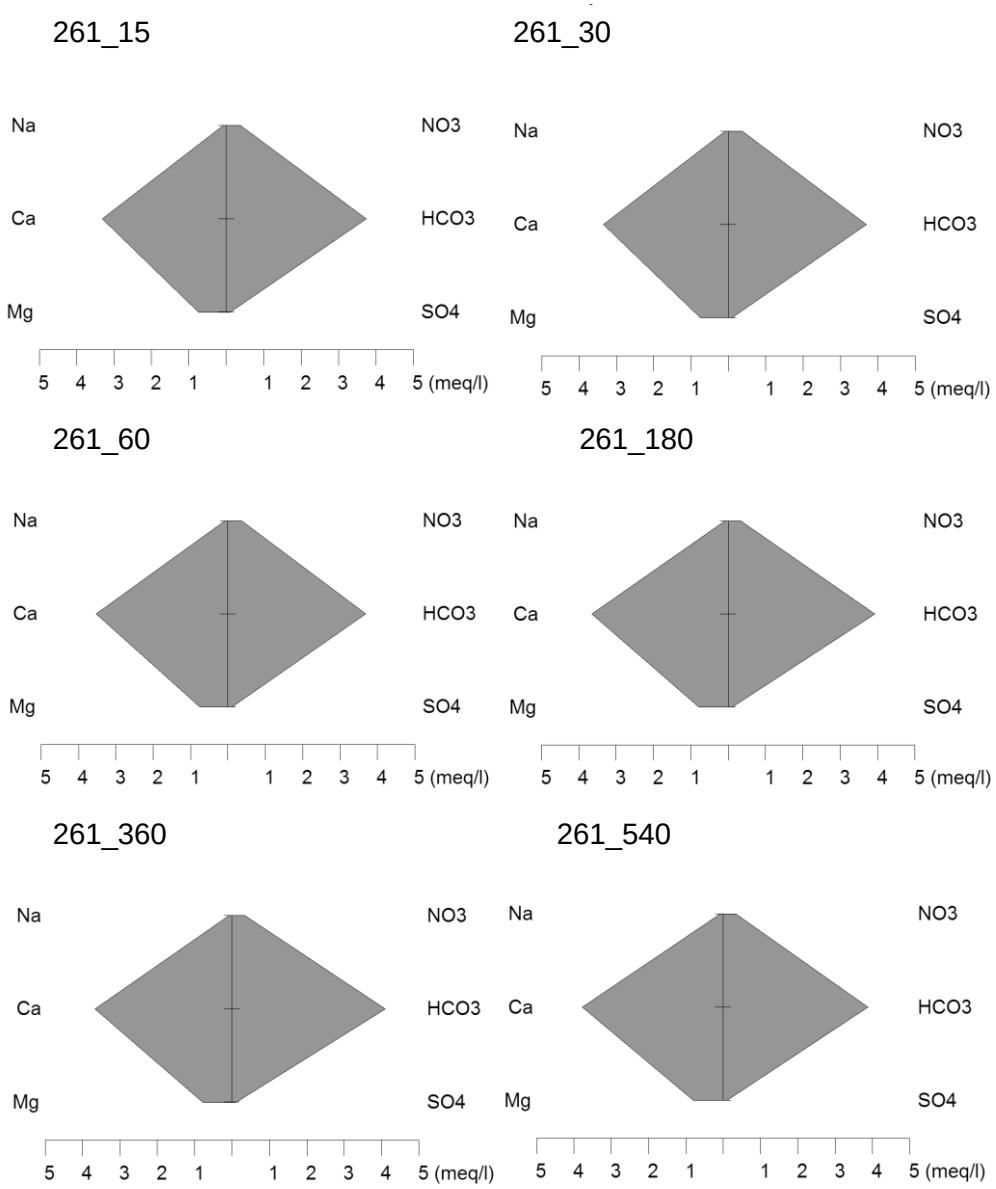
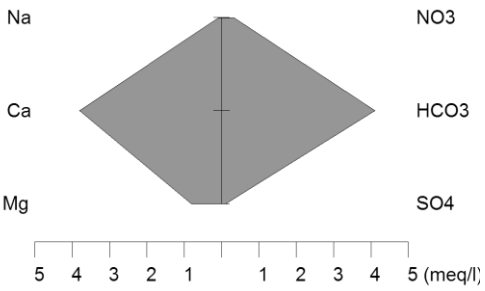
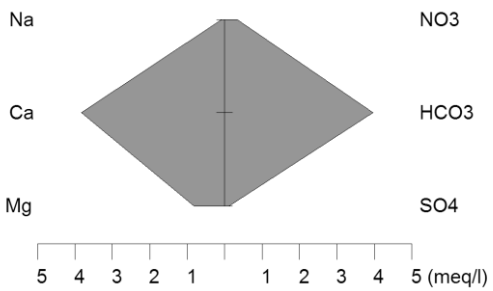


Figura 6.29: Stiffs das amostras do poço IPT261

261_720



261_1080



261_1320

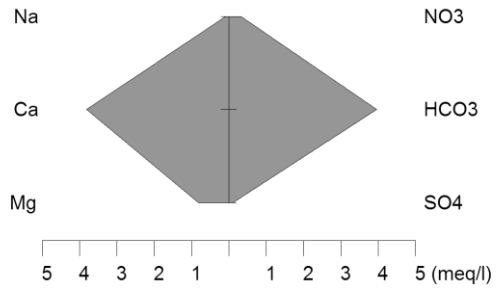


Figura 6.29 (cont.): Stiffs das amostras do poço IPT261

6.3.3.8. IPT347

Este teste de bombeamento com amostragem foi realizado nos dias 25-26/10/15. O monitoramento do nível d'água foi realizado no poço amostrado e em um poço próximo, que não foi desligado. Este teste teve uma duração um pouco menor de tempo, pois perto do fim do teste a bomba do poço começou a emitir ruídos estranhos, e teve de ser desligada para que não danificasse o equipamento, contudo foram coletadas 9 amostras.

Este poço possui filtros nas Formações Marília e Adamantina, e o número de filtros é similar nas duas formações, pertence ao grupo Aquíferos Marília e Adamantina_1. O diagrama tipo Piper das amostras está na figura 6.30.

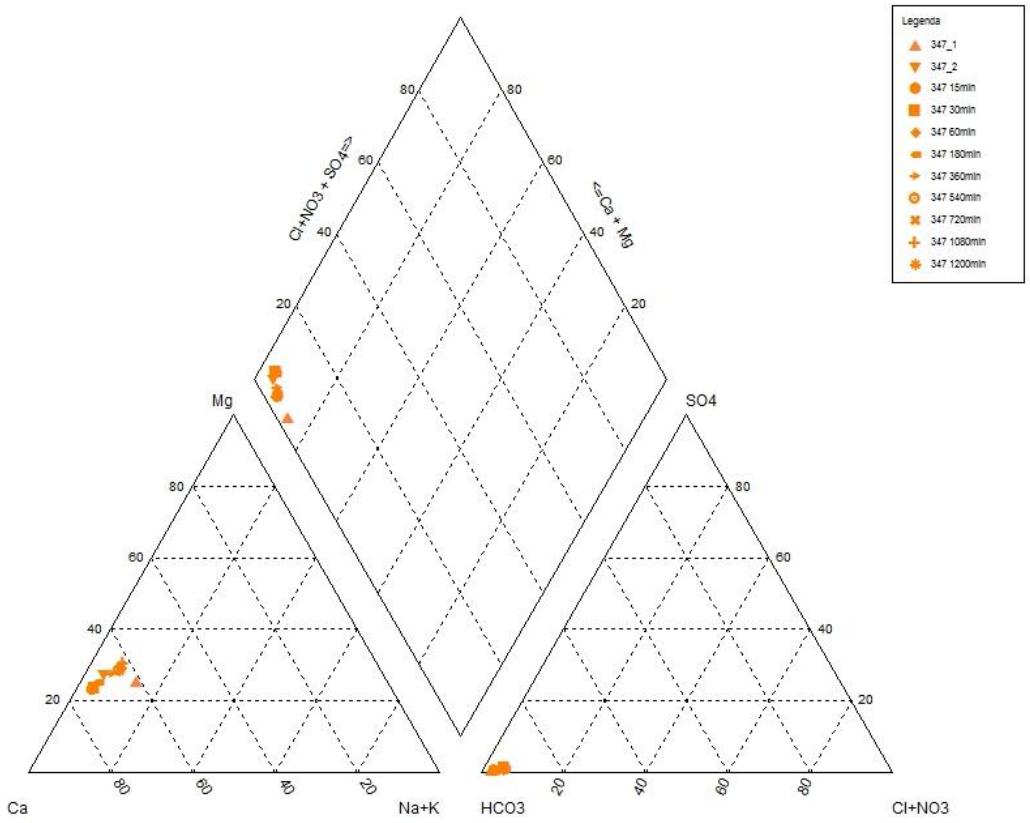


Figura 6.30: Piper das amostras do poço IPT347

As águas encontradas neste poço são ricas em HCO_3; é possível notar que as amostras mais rasas e a da segunda campanha são mais Ca e as mais profundas e a da primeira campanha mais Na+K. As amostras mais profundas também apresentam um pouco mais de Mg.

Os parâmetros físico químicos se comportam de maneira distinta, o pH aumenta relativamente com a profundidade, mas apresenta um valor mais baixo no tempo igual a 540 minutos; o Eh aumenta leve e linearmente com a profundidade; a condutividade elétrica aumenta até o tempo 30 minutos e depois cai com a profundidade e o oxigênio dissolvido aumenta bruscamente perto do fim do teste, quando a bomba começou a emitir ruídos. As análises químicas podem ser vistas na tabela 6.19.

Tabela 6.19: Análises químicas do poço IPT347

Amostra	**347_1**	**347_2**	**347_15**	**347_30**	**347_60**	**347_180**	**347_360**	**347_540**	**347_720**	**347_1080**	**347_1200**
Data	10/9/2014	19/3/2015	25/10/15	25/10/15	25/10/15	25/10/15	25/10/15	25/10/15	25/10/15	26/10/15	26/10/15
Tempo (minutos)	1ª	2ª	15	30	60	180	360	540	720	1080	1200
ND	160	160	159,80	166,90	175,00	187,99	188,02	188,63	188,04	188,12	188,13
Temp. (°C)	23,88	23,73	23,63	23,64	23,7	23,93	24,18	24,02	23,71	23,62	23,56
pH	7,16	7,24	7,16	7,04	7	7,06	7,09	6,96	7,11	7,16	7,35
Eh (mV)	360,70	233,1	224	230,3	230,9	231	237,3	260,6	256,5	267,2	251,9
ORP (mV)	160,7	33,1	24	30,3	30,9	31	37,3	60,6	56,5	67,2	51,9
OD	1,93	0,78	1,91	1,83	1,55	1,09	3,59	4,12	4,54	40,4	39,8
CE (µS/cm)	354,0	402,00	179	421	421	425	377	331	332	330	335
TDS (mg/L)	177,0	201,00	209	210	211	213	188	169	166	165	166
Alcalinidade ([CaCO3]mg/L)	191,18	211,20	198,18	200,19	205,19	208,19	184,17	176,16	166,15	174,16	169,16
Ca^{2+} (mg/L)	46,24	65,12	64,48	63,65	62,68	65,89	53,21	47,15	45,69	45,51	45,58
Mg^{2+} (mg/L)	11,64	16,06	12,29	12,55	12,47	14,21	13,44	12,95	13,14	13,57	12,14
K^{+} (mg/L)	2,30	2,55	2,46	2,53	2,51	2,59	2,40	2,28	2,38	2,28	2,30
Na^{+} (mg/L)	10,68	3,60	2,82	2,83	2,83	3,48	4,75	5,43	5,53	5,54	5,47
Al (mg/L)	0,0075	0,01	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075
Fe (mg/L)	0,0105	0,0105	0,0105	0,062	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105
Mn (mg/L)	0,0015	0,00	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
Li^{+} (mg/L)	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,003	0,002	0,003	0,004	0,004
NH_4^{+} (mg/L)	0,0040	0,0005	0,001	0,03	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,003
Ba^{2+} (mg/L)	0,96	1,12	0,8325	0,9398	0,8386	0,9161	0,8158	0,8162	0,8114	0,9207	0,7518
Sr^{+} (mg/L)	0,90	1,01	0,53	0,64	0,59	0,7	0,84	0,91	1,05	1,02	0,9
HCO_3^{-} (mg/L)	232,90	257,21	241,43	243,96	250,08	253,70	224,41	214,72	202,45	212,17	205,91
CO_3^{-} (mg/L)	0,17	0,22	0,17	0,13	0,12	0,14	0,14	0,10	0,13	0,15	0,23
NO_3^{-} (mg/L)	3,59	7,11	9,46	8,94	9,13	8,96	5,54	3,58	3,40	3,35	3,23
NO_2^{-} (mg/L)	0,002	0,0035	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
SO_4^{2-} (mg/L)	0,54	1,15	1,07	1,91	1,06	1,11	0,77	0,59	0,57	0,55	0,56
Cl^{-} (mg/L)	1,58	2,56	3,16	2,85	2,83	3,12	2,16	2,09	1,68	1,75	1,68
F^{-} (mg/L)	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06
Br^{-} (mg/L)	0,016	0,012	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
HPO_4^{-} (mg/L)	0,070	0,0054	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,006
B. I. (%)	-1.44	4.37	2.50	1.86	0.20	3.16	2.70	1.28	3.70	1.77	1.61

As concentrações de Ca^{2+}, HCO_3^- e SO_4^{2-} diminuem levemente com a profundidade. O teor de Na^+ aumenta com a profundidade e o Mg^{2+} aumenta até o tempo 180 minutos, fica estável até o tempo 1080 minutos e depois cai um pouco. Os valores para K^+ permanecem estáveis.

Os níveis de Cl^- e NO_3^- diminuem linearmente com a profundidade, indicando que a provável causa da presença destes íons é a contaminação antrópica, mais comum em porções superficiais. Os gráficos tipo Stiff destas amostras podem ser vistos na figura 6.31.

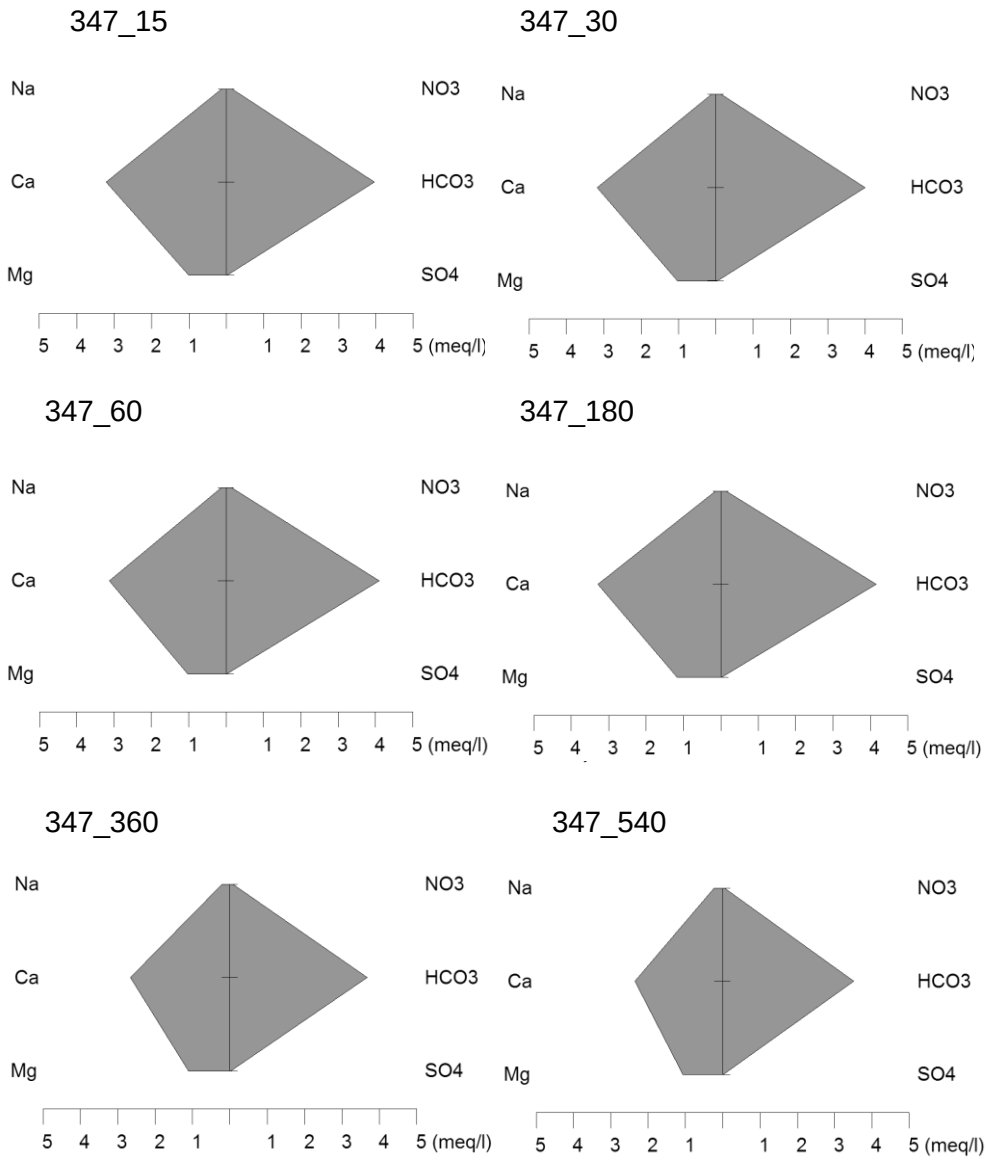


Figura 6.31: Stiff das amostras do teste de bombeamento do poço IPT347

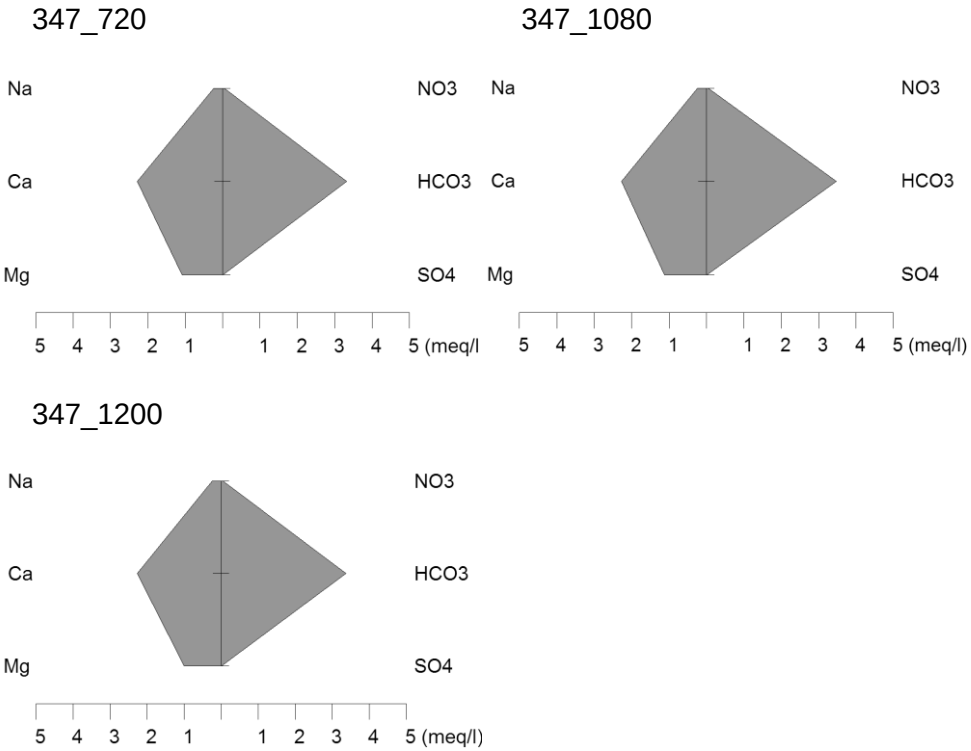


Figura 6.31 (cont.): Stiff das amostras do teste de bombeamento do poço IPT347

Os teores de Al, Fe, Mn, F^-, HPO_4^- apresentam concentrações baixas e estáveis. Os valores de Sr^+ aumentam levemente com a profundidade e perto do fim aparenta estabilizar. Já os de Ba^+ aumentam levemente até o tempo de bombeamento 180 minutos, aparenta estabilizar e apresenta uma pequena queda no tempo 1200 minutos.

6.4. Análises Isotópicas

6.4.1. Local Meteoric Water Line (LMWL)

Através da coleta de amostras de chuva da área em um coletor instalado na sede do DAAEE da cidade de Marília – SP foi possível montar uma reta de chuva local para a área. O monitoramento durou mais tempo que o tempo mínimo para a construção de uma reta, que é de 12 meses (Clark & Fritz, 1997). Os resultados das análises de isótopos estáveis de todas as amostras se encontra no anexo 5.

A reta obtida foi comparada com uma reta do banco de dados internacional de chuvas (GNIP – Global Network of Isotopes in Precipitation) da IAEA (International Atomic Energy Agency), pois próximo à área de estudo existe uma estação de monitoramento. A estação da agência está localizada em Santa Maria da Serra, no

estado de São Paulo, a 233km de distância do coletor instalado em Marília. As diferenças da localização estão resumidas na tabela 6.20.

Tabela 6.20: Diferenças entre as estações de coleta

Local	Latitude	Longitude	Temperatura Média Anual	Altitude
Marília (DAEE)	22º 12’ 50”	48º 3’ 45”	20ºC	675m
Santa Maria da Serra (GNIP)	22º 39’ 36”	49º 56’ 45”	20,8ºC	488m
Diferença	0º 26’ 46”	1º 53’ 9”	0.8ºC	187m

Estas diferenças podem fazer com que a reta de Santa Maria da Serra precise de alguns ajustes, segundo a bibliografia (Dansgaard, 1964), para poder ser aplicada para a área de estudo. O maior efeito talvez seja o da altitude, pois há uma diferença maior de 100m entre as duas cidades. A coleta de amostras nessa estação ocorreu nos períodos de junho de 97 a novembro de 98, e foi registrada em eventos pontuais.

O resultado obtido comparando as duas retas é satisfatório, sendo a diferença encontrada resultado de diversas variáveis, como a localização, por serem anos hidrológicos distintos, e o tipo de coleta (pontual e mensal). A comparação das duas retas meteóricas pode ser vista na figura 6.32

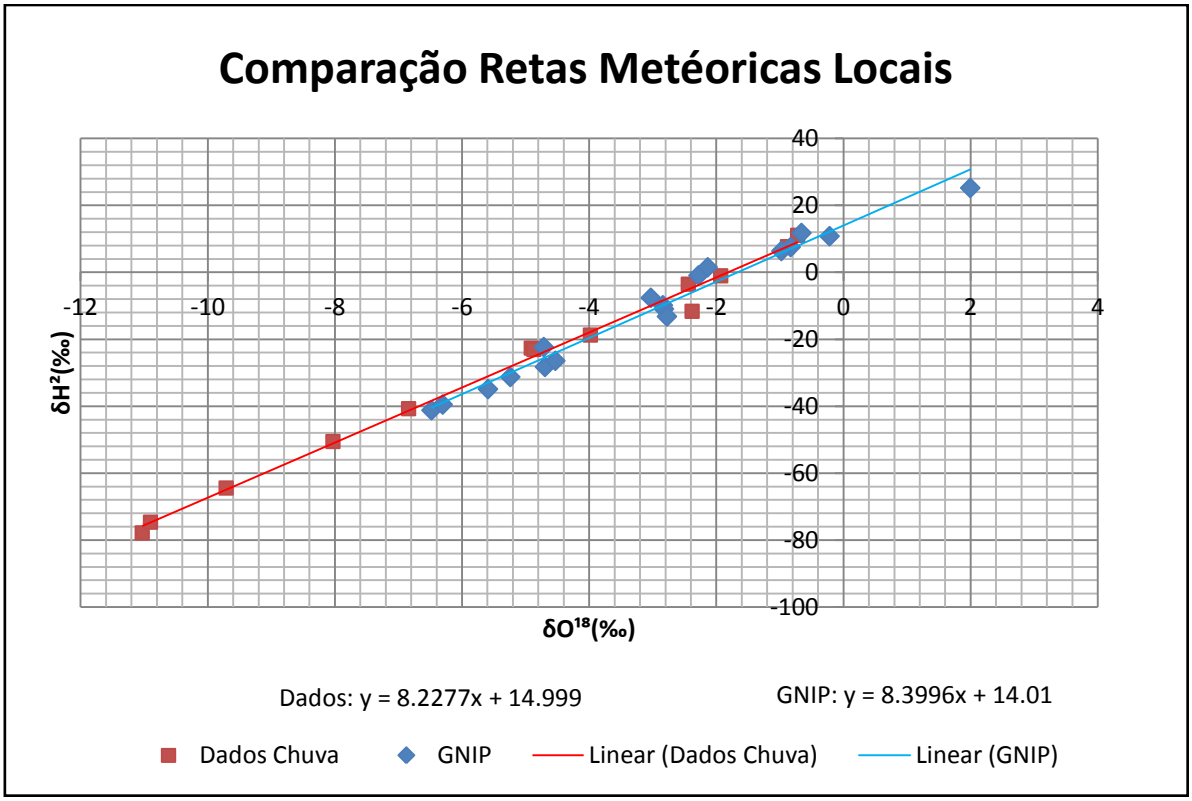


Figura 6.32: Reta meteórica local construída no estudo versus reta meteórica local da IAEA

Foram encontradas assinaturas médias diferentes para as amostras. As amostras da estação da IAEA possuem assinaturas médias de $\delta^{18}O$= -3,58‰ e $\delta^{2}H$= -16,87‰ e as assinaturas médias dos dados obtidos neste trabalho são $\delta^{18}O$= -5,41‰ e $\delta^{2}H$= -29,41‰. O método utilizado para calcular estes valores foi o de médias ponderadas recomendado por Dansgaard (1964).

Para o cálculo da assinatura isotópica foi levada em conta também o volume de precipitação medida no coletor, pois os dados das estações meteorológicas na cidade de Marília eram conflitantes. Ou seja, as médias se referem a médias ponderadas pela chuva.

As amostras de água da nascente apresentaram assinatura isotópica similar à chuva do mês de fevereiro, o que mostra a influência dos meses de maior precipitação na composição isotópica das águas superficiais. Os dados das análises de chuva se encontram na tabela 6.21.

Tabela 6.21: Dados das análises isotópicas das amostras de chuva e da nascente.

Amostra	δO^{18} (‰)	δH^{2}(‰)
Jun/Jul/Ago_14	-1.93	-1
Set_14	-0.88	7.7
Out_14	-3.98	-18.7
Nov_14	-8.03	-50.5
Dez_14	-11.03	-77.8
Jan_15	-2.38	-11.6
Fev_15	-6.84	-40.7
Mar_15	-10.9	-74.6
Abr_15	-9.71	-64.4
Mai_15	-4.91	-22.6
Jun/Jul/Ago_15	-4.87	-23
Set/Out_15	-0.72	11.1
Nov/Dez_15	-2.44	-3.5
N_Beraldin Out_15	-6.09	-37.1
N_Beraldin Mar_16	-6.67	-42.3

6.4.2. Amostras de Água Subterrânea (Primeira e Segunda Campanha

Os resultados isotópicos da primeira e segunda campanha ficaram bem próximos a LMWL construída, mais similares aos meses de fevereiro de 2015 e novembro de 2014. Isto pode ser visto na figura 6.33.

A análise do nível do excesso de deutério das amostras dos poços e das amostras de chuva mostra claramente uma diferença de valores, pode ser vista na tabela 6.22.

Tabela 6.22: Estatística do excesso de Deutério nas amostras de chuva, da nascente e da primeira e da segunda campanha

	MÉDIA	MEDIANA	DESVIO PADRÃO
Amostras de Chuva	13.67	13.74	2.43
Primeira Campanha	11.64	11.78	0.64
Segunda Campanha	11.73	11.68	0.46
Amostras Nascente	11.34	11.34	0.40

São águas distintas, mostrando que a chuva atual não é a mesma que recarregou o aquífero, e por esta razão os valores aparecem abaixo da reta meteórica local construída.

É possível verificar que algumas as amostras de água dos poços (os que captam águas mais profundas) são relativamente mais empobrecidas (recarregadas em outras condições climáticas, mais antigas) que as amostras de chuva. Em geral a primeira campanha apresenta valores menos empobrecidos (mais enriquecidos) que a segunda campanha. Olhando a reta é possível agrupar as amostras em 2 grupos.

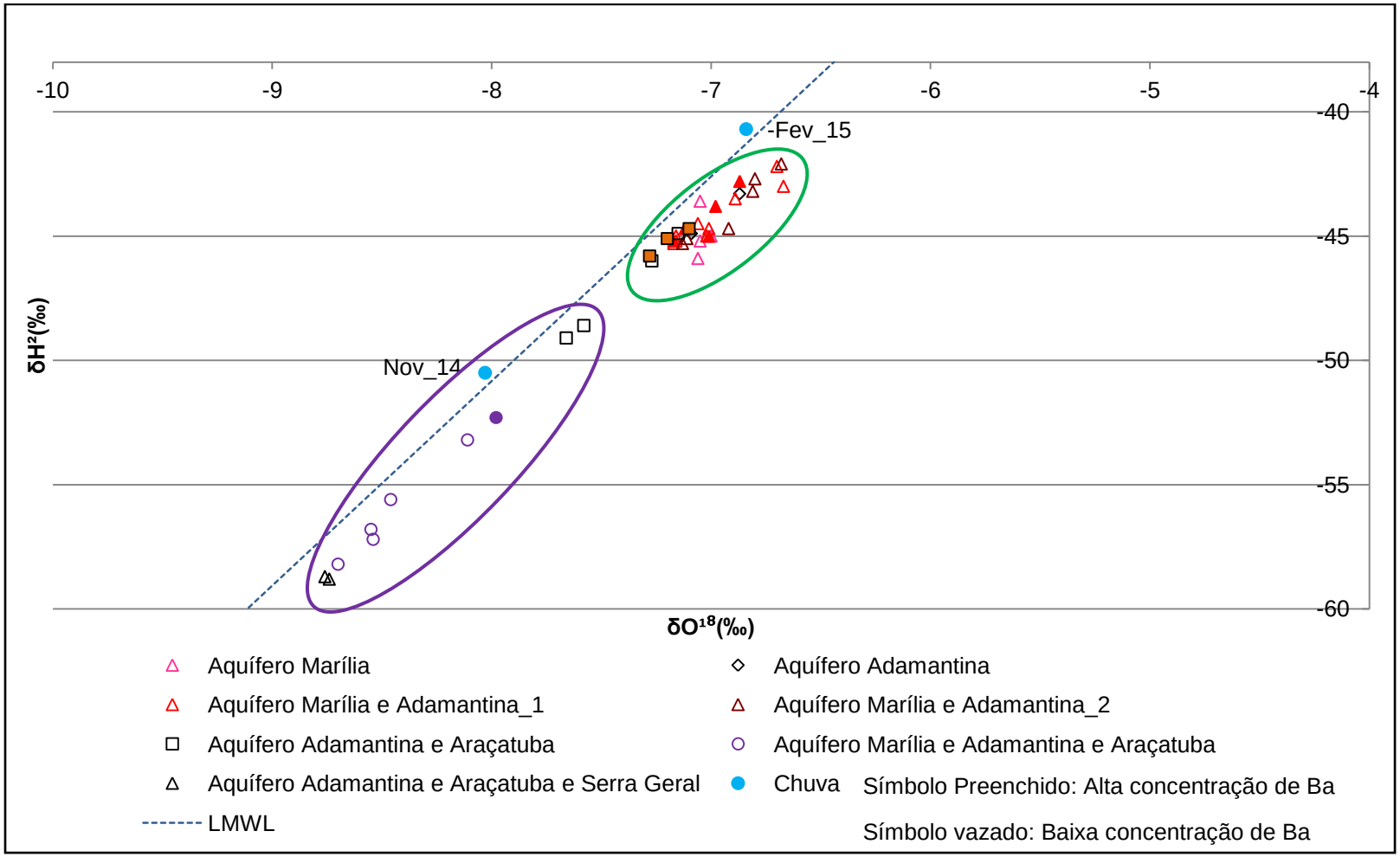


Figura 6.33: Reta meteórica local com os dados das amostras das duas primeiras campanhas. O circulo verde representa o primeiro grupo e o criculo roxo representa o segundo grupo

6.4.2.1. Primeiro Grupo

O primeiro grupo é composto por amostras menos empobrecidas, pertencem a poços rasos/medianos dos grupos Aquífero Marília, Aquífero Adamantina, Aquíferos Marília e Adamantina 1 e 2 e Aquíferos Adamantina e Araçatuba. Em geral são mais ricos em Cl^-, NO_3^- e em menor escala, K^+, contudo alguns mais profundos apresentam menores valores nos indicadores de contaminação. Tem menor pH e alguns apresentam clara influência antrópica. É neste grupo também que estão os poços com os maiores valores de Ba^{2+}. A distribuição destas amostras pode ser vista na figura 6.34.

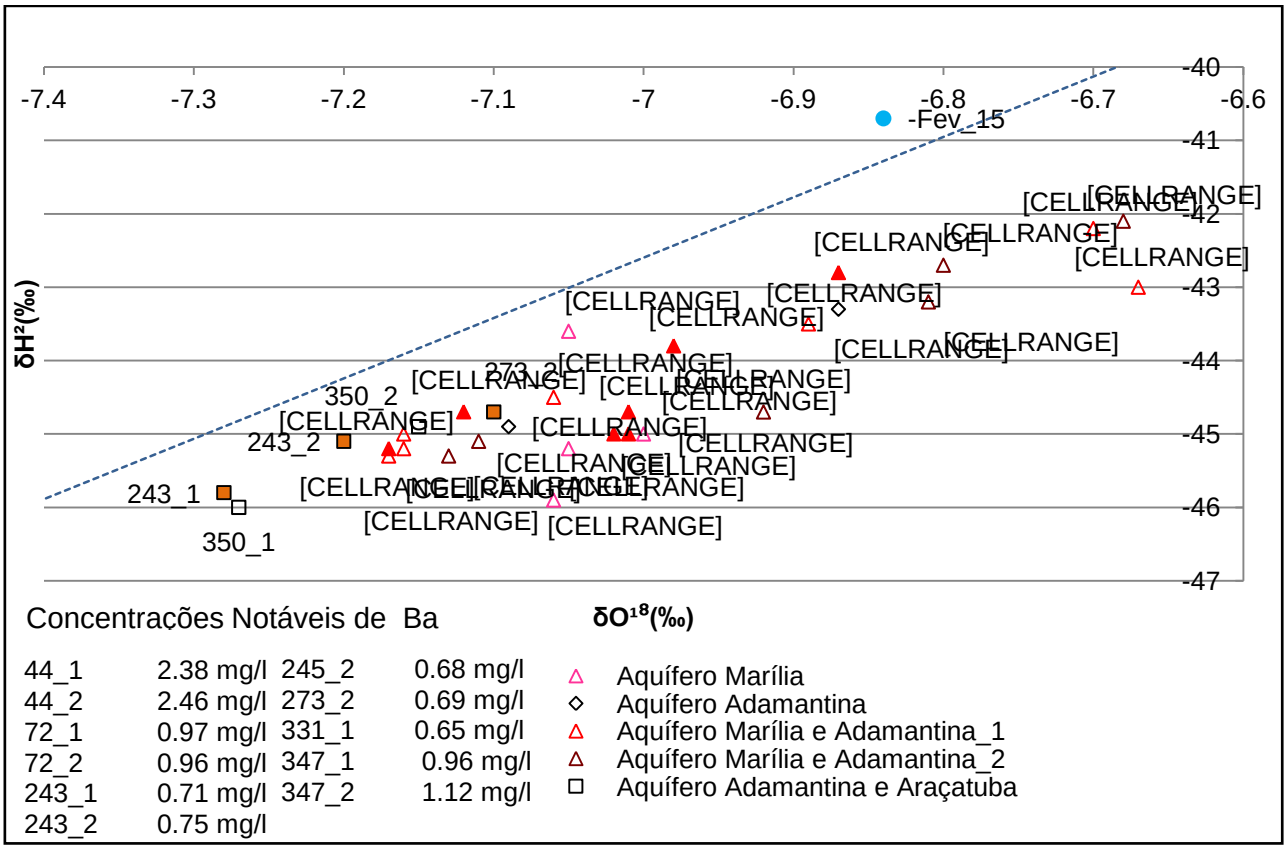


Figura 6.34: Dados isotópicos das amostras do primeiro grupo na LMWL

6.4.2.2. Segundo Grupo

O Segundo é o que apresenta uma maior variedade de valores de empobrecimento para as amostras. As amostras pertencem aos grupos Aquíferos Adamantina e Araçatuba, Aquíferos Marília, Adamantina e Araçatuba e Aquíferos Adamantina Araçatuba e Serra Geral.

São poços bem mais profundos, com maior pH, maior teor de Na^+ e menor valor na proporção Ca^{2+}/Na^+. Apresenta valores mínimos de Cl^- e NO_3^-, não apresentando indícios de contaminação antrópica. A distribuição destas amostras pode ser vista na figura 6.35.

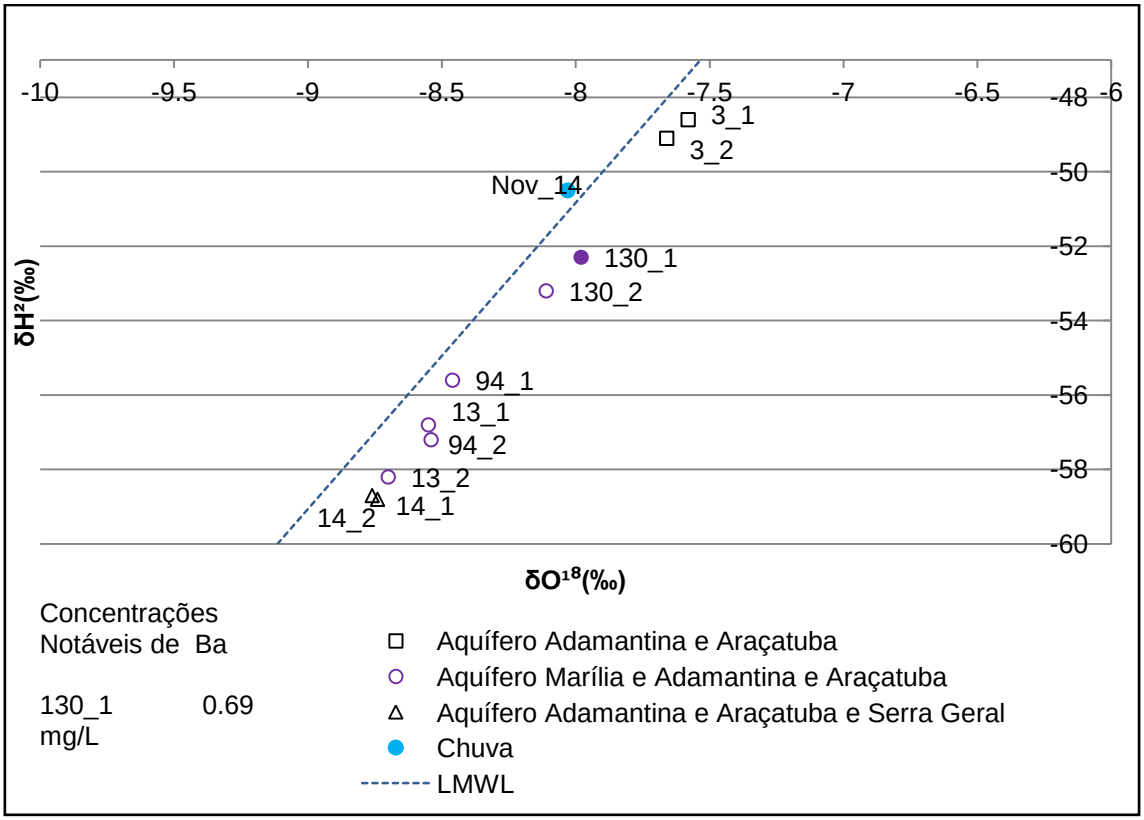


Figura 6.35: Dados isotópicos das amostras do terceiro grupo na LMWL

6.4.3. Terceira Campanha

As amostras coletadas durante a terceira campanha em geral apresentaram valores similares. Com apenas duas exceções, ao se comparar as amostras apenas do teste de bombeamento, não há um padrão de distribuição definido (figura 6.36). As duas exceções são: Amostra de 15 minutos do poço IPT245 e o teste no poço 130. O comportamento do excesso de deutério foi similar ao encontrado nas duas primeiras campanhas e pode ser visto na tabela 6.23.

Tabela 6.23: Estatística do excesso de Deutério nas amostras de chuva, da nascente e da terceira campanha

	MÉDIA	MEDIANA	DESVIO PADRÃO
Amostras de Chuva	13.67	13.74	2.43
Amostras da Nascente	11.34	11.34	0.40
Amostras 15 Min	11.7	11.6	0.23
Amostras 30 Min	11.8	11.6	0.36
Amostras 60min	11.8	11.7	0.38
Amostras 180min	11.7	11.7	0.33
Amostras 360min	11.8	11.7	0.30
Amostras 540min	11.8	11.8	0.34
Amostras 720min	11.8	11.8	0.25
Amostras 1080min	11.7	11.5	0.30
Amostras 1320min	11.8	11.8	0.30

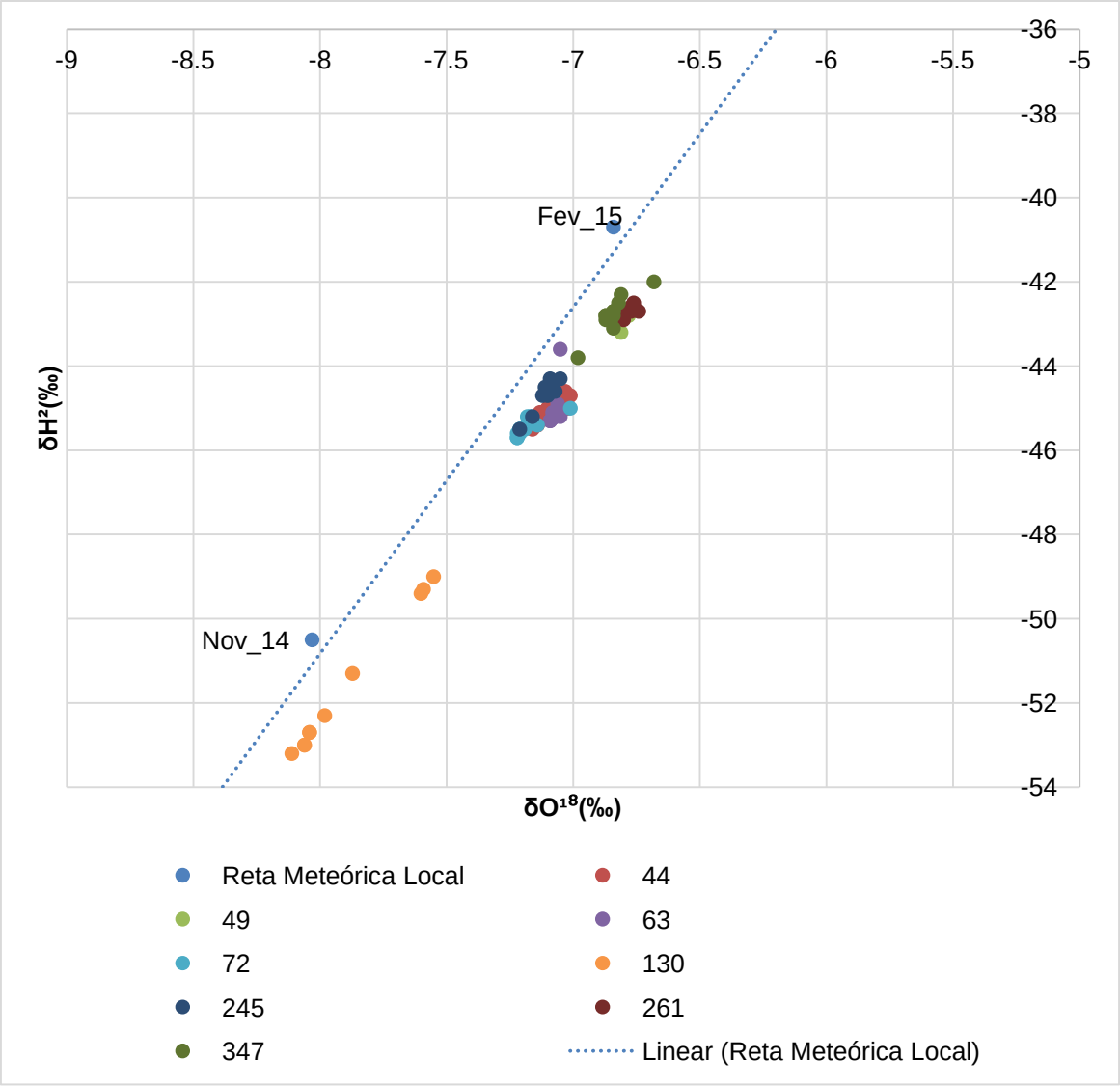


Figura 6.36: Reta meteórica local com as amostras do teste de bombeamento

A amostra de tempo 15 minutos do poço IPT245, como mencionado anteriormente, foi comprometida através de uma mistura acidental com água do abastecimento público, e apresenta um valor mais empobrecido que as demais.

O poço IPT130 apresentou um padrão claro, no qual as amostras mais rasas são relativamente menos empobrecidas que as profundas, como pode ser visto na figura 6.37.

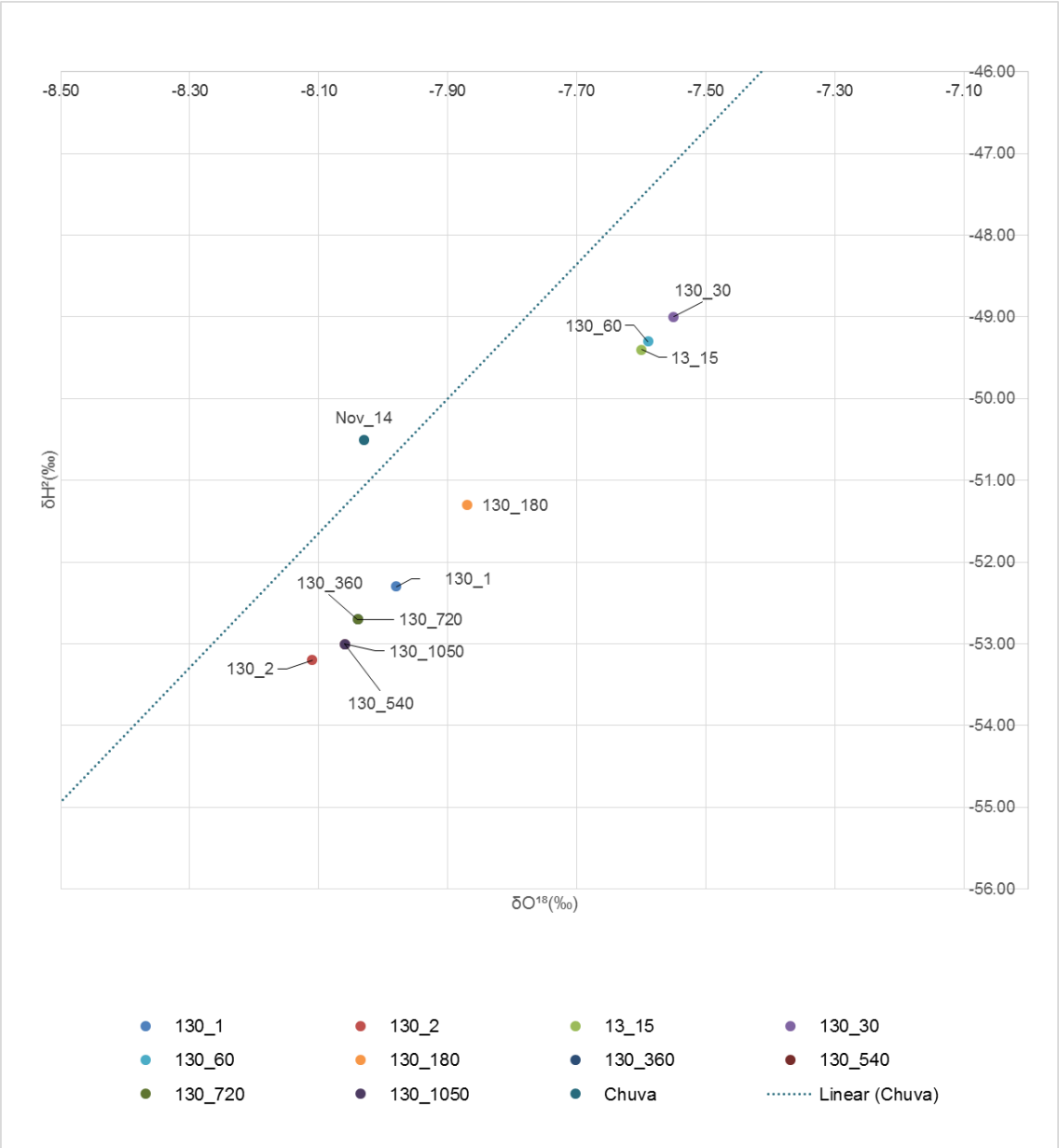


Figura 6.37: Reta meteórica local com os dados das amostras do poço IPT130

7. Discussão dos Resultados

7.1. Amostras de Chuva e Água da Nascente

Com relação a composição química, conforme visto nos resultados, as amostras de chuva se diferem bastante das amostras de água da nascente. Comparando com a água de chuva encontrada na literatura para a mesma região, em Campos (1987), para o ano hidrológico de 1983, é possível ver que as amostras atuais possuem níveis menores de Mg, um pouco mais alto de Ca^{2+} e bem mais alto de Na^{+}, K^{+} e condutividade elétrica. Os níveis medidos na tese de Campos estão na tabela 7.1.

Tabela 7.1: Análises Físico-Químicas de Águas de Chuvas (Amostras coletadas no período de janeiro a março de 1983) (extraído de Campos, 1987)

Nº de Ordem	***Mg^{2+} mg/L***	***Ca^{2+} mg/L***	***Na^{+} mg/L***	***K^{+} mg/L***	***Condutividade elétrica em µS/cm***
442	*1.84*	*0.32*	*0.1*	*0.1*	*1.2*
443	*1.65*	*0.32*	*0.1*	*0.25*	*0.9*
444	*2.14*	*1.44*	*0.1*	*0.1*	*1.7*
445	*1.75*	*0.16*	*0.1*	*0.1*	*1.8*
446	*1.85*	*0.32*	*0.1*	*0.1*	*1.0*
447	*2.14*	*0.32*	*0.1*	*0.1*	*1.1*
448	*2.04*	*0.32*	*0.1*	*0.1*	*1.1*
449	*2.24*	*1.28*	*0.1*	*0.25*	*2.7*
450	*2.24*	*0.32*	*0.1*	*0.40*	*1.8*
451	*1.65*	*0.16*	*0.1*	*0.1*	*0.49*
452	*2.53*	*3.52*	*0.1*	*0.1*	*3.1*
453	*2.04*	*0.16*	*0.1*	*0.1*	*1.7*
454	*3.60*	*1.76*	*0.1*	*0.25*	*2.4*
455	*2.04*	*0.32*	*0.1*	*0.1*	*1.3*
456	*2.33*	*1.28*	*0.1*	*0.1*	*2.6*
Médias	*2.13*	*0.8*	*0.1*	*0.15*	*1.47*

A diferença encontrada pode ser justificada não apenas pela distância de tempo entre as amostras, e sim também pelo desenvolvimento urbano e industrial da região.

Um maior desenvolvimento pode levar a maior dispersão de poluentes na atmosfera, interferindo na composição e na qualidade da água da chuva.

Ao comparar as amostras de chuva e da água da nascente com as amostras mais rasas do teste de bombeamento, também são encontradas diferenças na composição, como pode ser visto na figura 7.1. As amostras de chuva e nascente são mais Na+K, e algumas mais SO_4 que as do bombeamento.

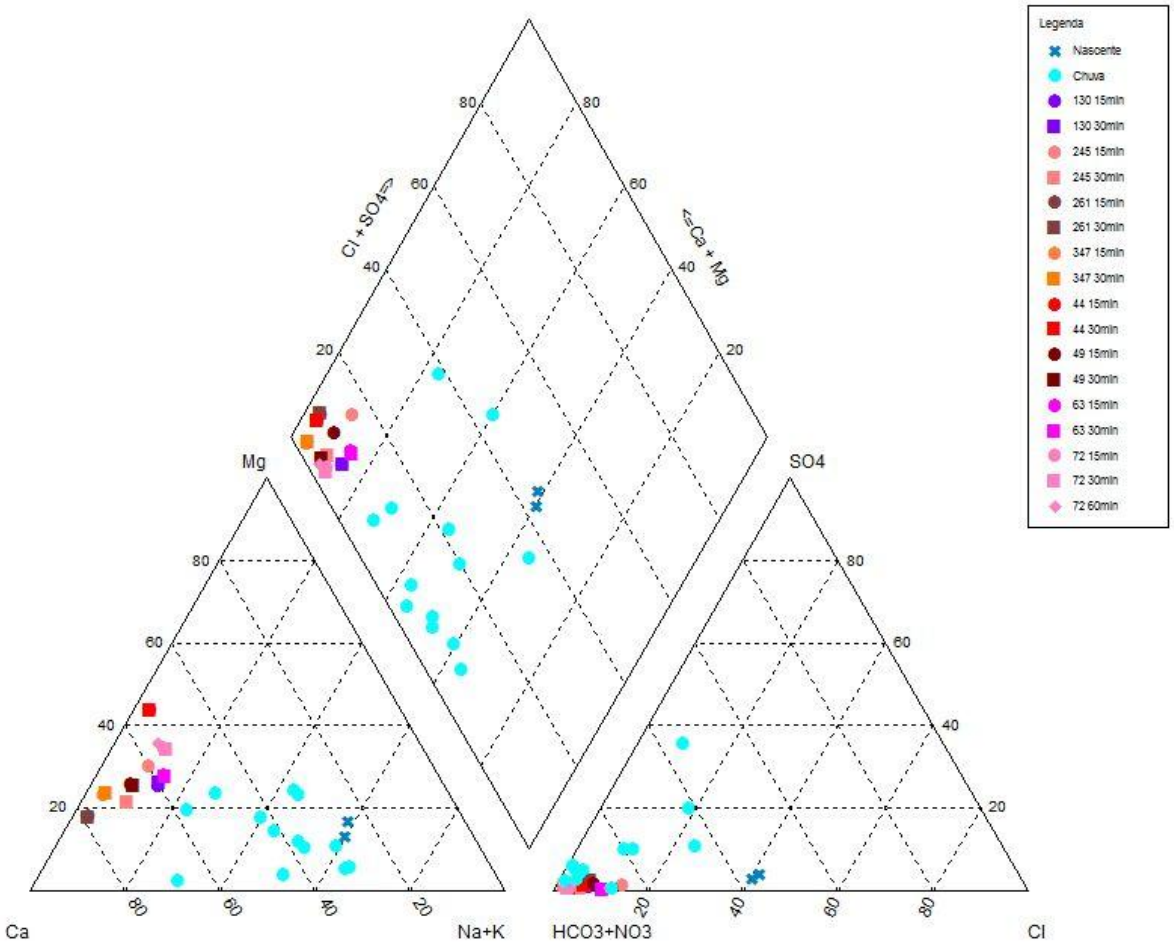


Figura 7.1: Piper com as amostras de 15 e 30 minutos do bombeamento mais as de chuva e de água da nascente

As amostras de água subterrânea rasas são mais mineralizadas e em geral com a composição mais próxima da citada na revisão bibliográfica que das amostras coletadas. Isso se deve ao fato que, além da provável mistura de águas nas amostras, há uma grande influência da geologia na composição das amostras de água subterrânea.

7.2. Amostras de Água Subterrânea (Primeira e Segunda Campanha)

Analisando os dados obtidos é possível perceber a grande quantidade de poços com valores muito altos a moderados (acima ou bem próximo do limite de potabilidade de 45 mg/L) de NO_3^-, normalmente associado ao Cl^-. Especialmente nos poços rasos, os três grupos de aquíferos mais rasos apresentaram valores muito altos de NO_3^-, em diversos casos ultrapassando o limite de potabilidade (grupos Aquífero Marília, Aquífero Adamantina e Aquífero Marília e Adamantina). Estes poços contaminados apareceram tanto em área rural, como urbana, sendo a grande maioria em área urbana, em propriedade privada com finalidade comercial. Em alguns casos foi possível identificar a provável causa, como poços sem uma construção sanitária intacta (IPT49) e outros nos quais já foi registrado o vazamento de águas servidas próximo ao poço (IPT63).

Apesar de pertencer a um grupo influenciado, a figura 7.2 mostra que, mesmo ocorrendo nas mesmas amostras, o Ba^{2+} não está diretamente relacionado ao NO_3^-. Não há correlação entre eles.

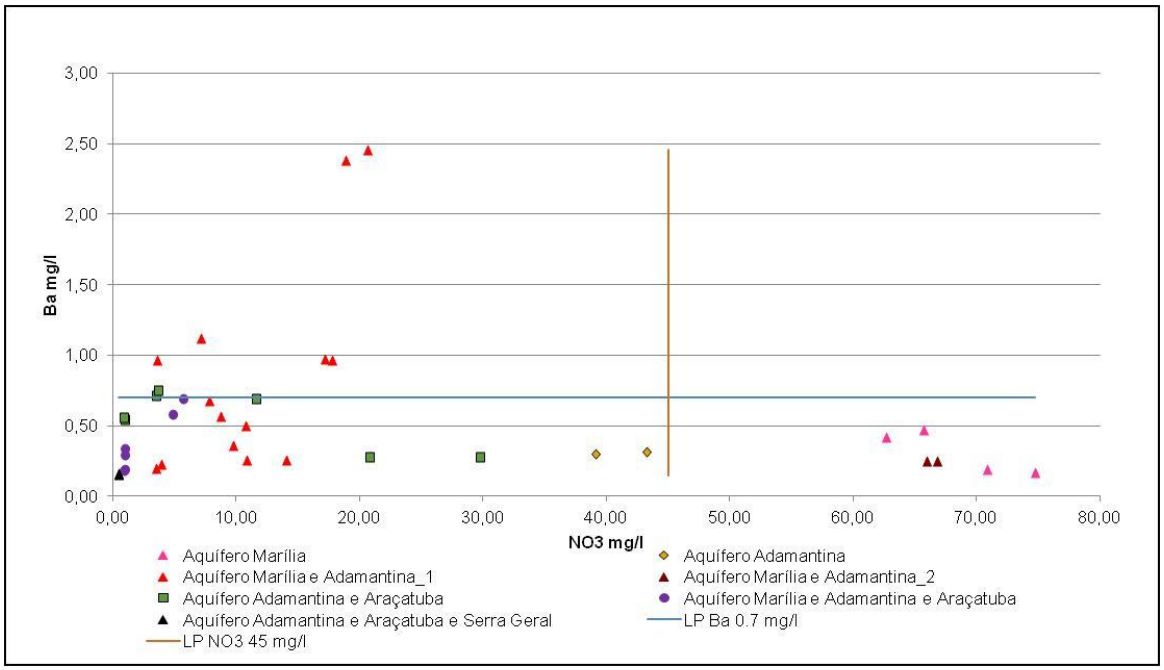


Figura 7.2: Concentrações Ba x Concentrações de NO3, com os limites de potabilidade

Nestes poços mais rasos foi encontrado um valor mais alto de Na^+ e K^+, mas é de uma fonte distinta do Na^+ encontrado nas águas mais profundas, resultado do maior tempo de residência nas águas nas Formações Araçatuba e Serra Geral (Figura 7.3 (K^+) e 7.4 (Na^+)).

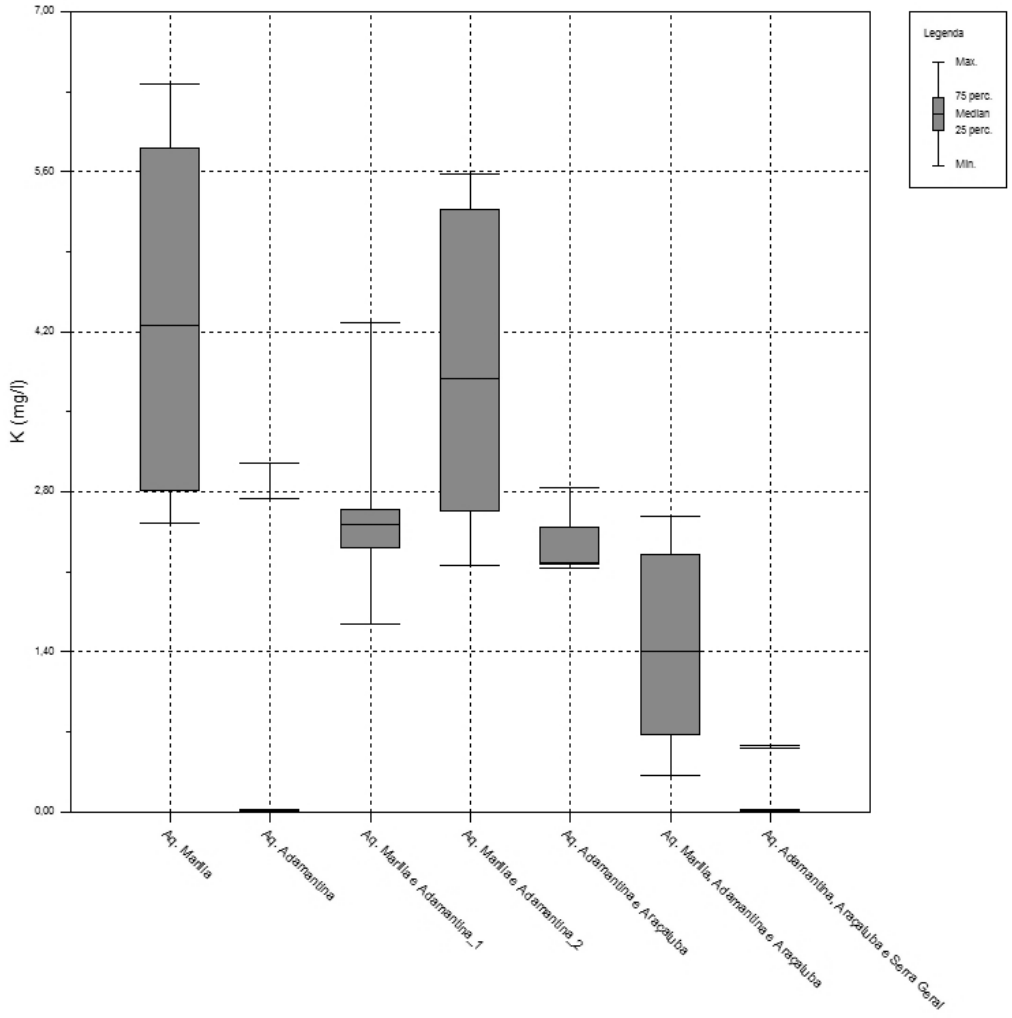


Figura 7.3: Teores de K^+ nos grupos.

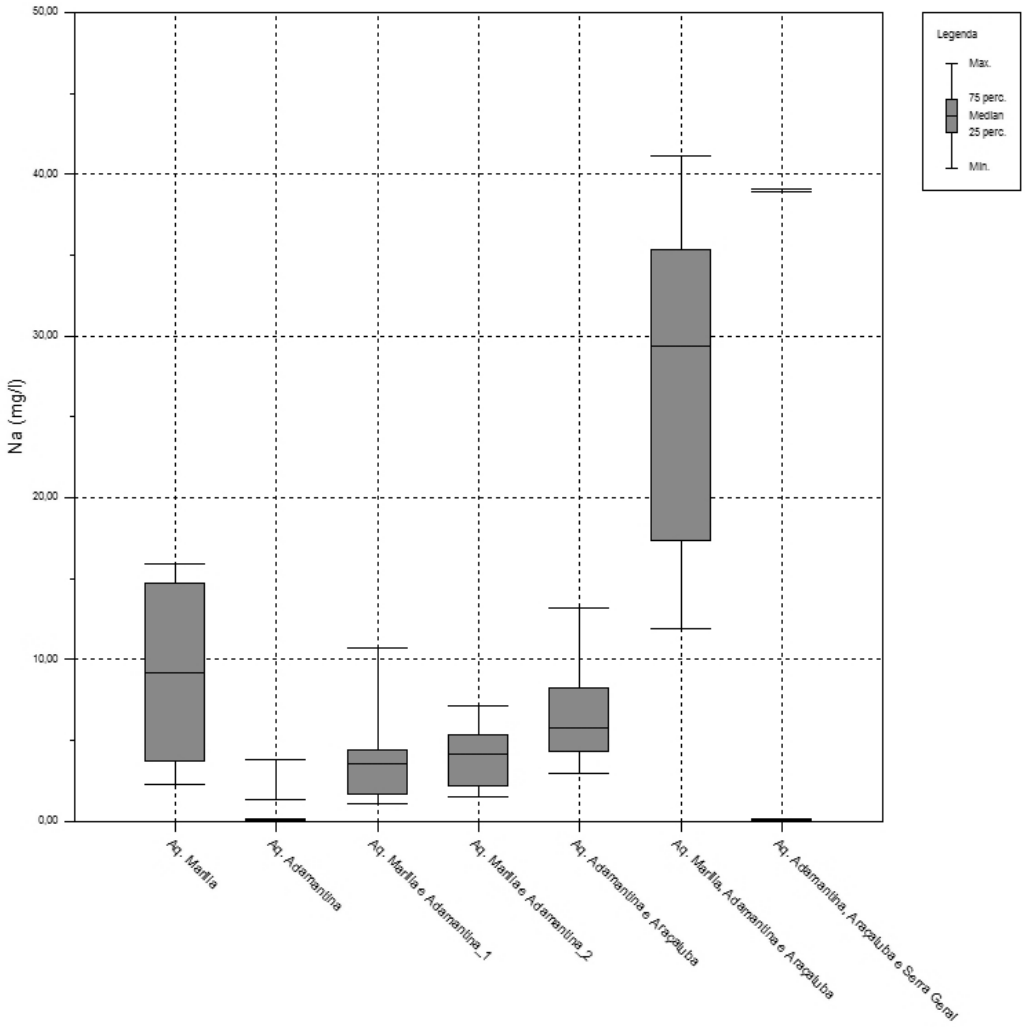


Figura *7.4: Teores de Na^+ nos grupos*

Na cidade de Lupércio dois poços apresentaram valores maiores de PO_4^{2-} (Figura 7.5), que indica uma possível contaminação por fertilizantes, uma vez que os dois poços são próximos a fazendas. Os Poços são o IPT96 e IPT94, e pertencem a dois grupos distintos. Estas variações podem ser vistas no mapa do espigão com as variações hidroquímicas (Figura 7.6).

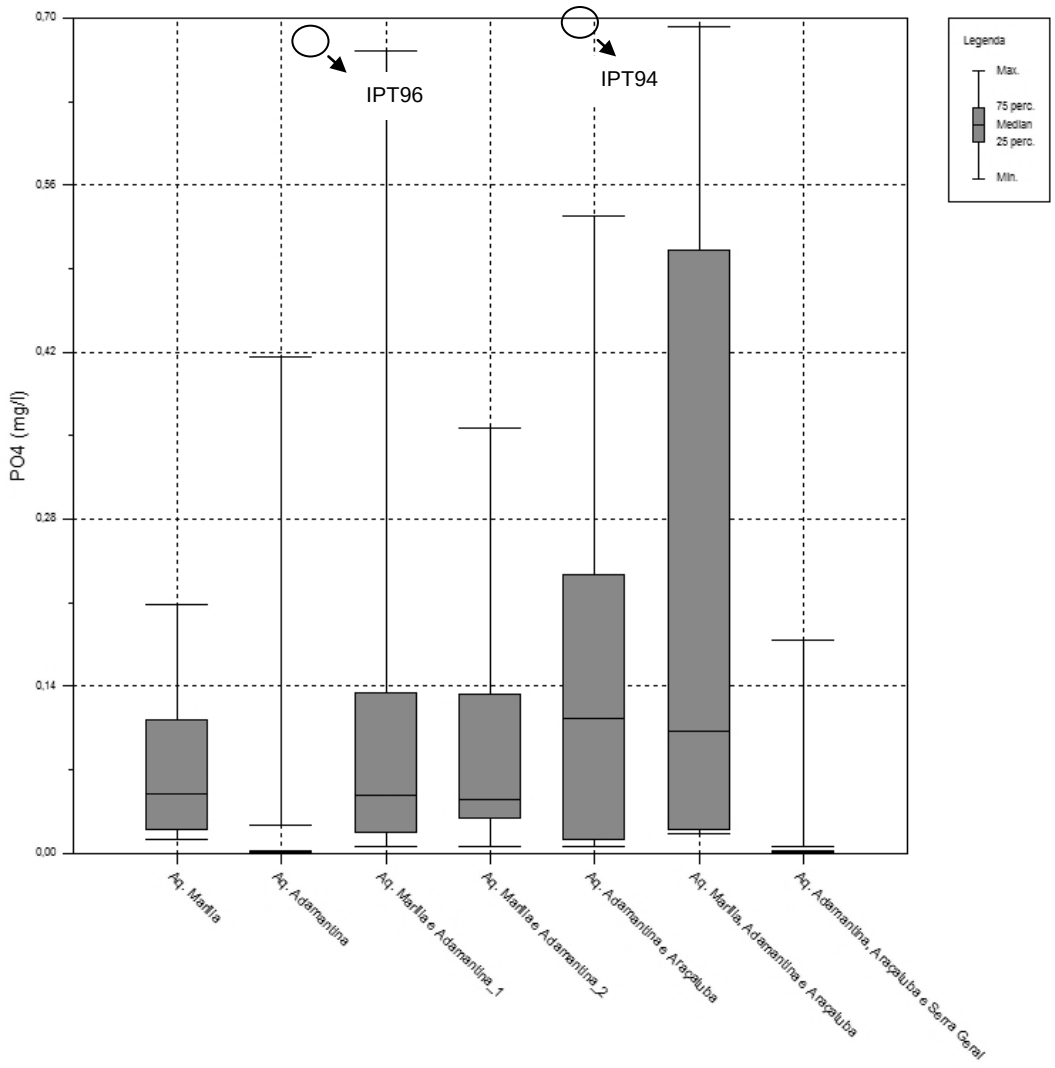


Figura 7.5: Teores de PO_4^{-2} nos grupos

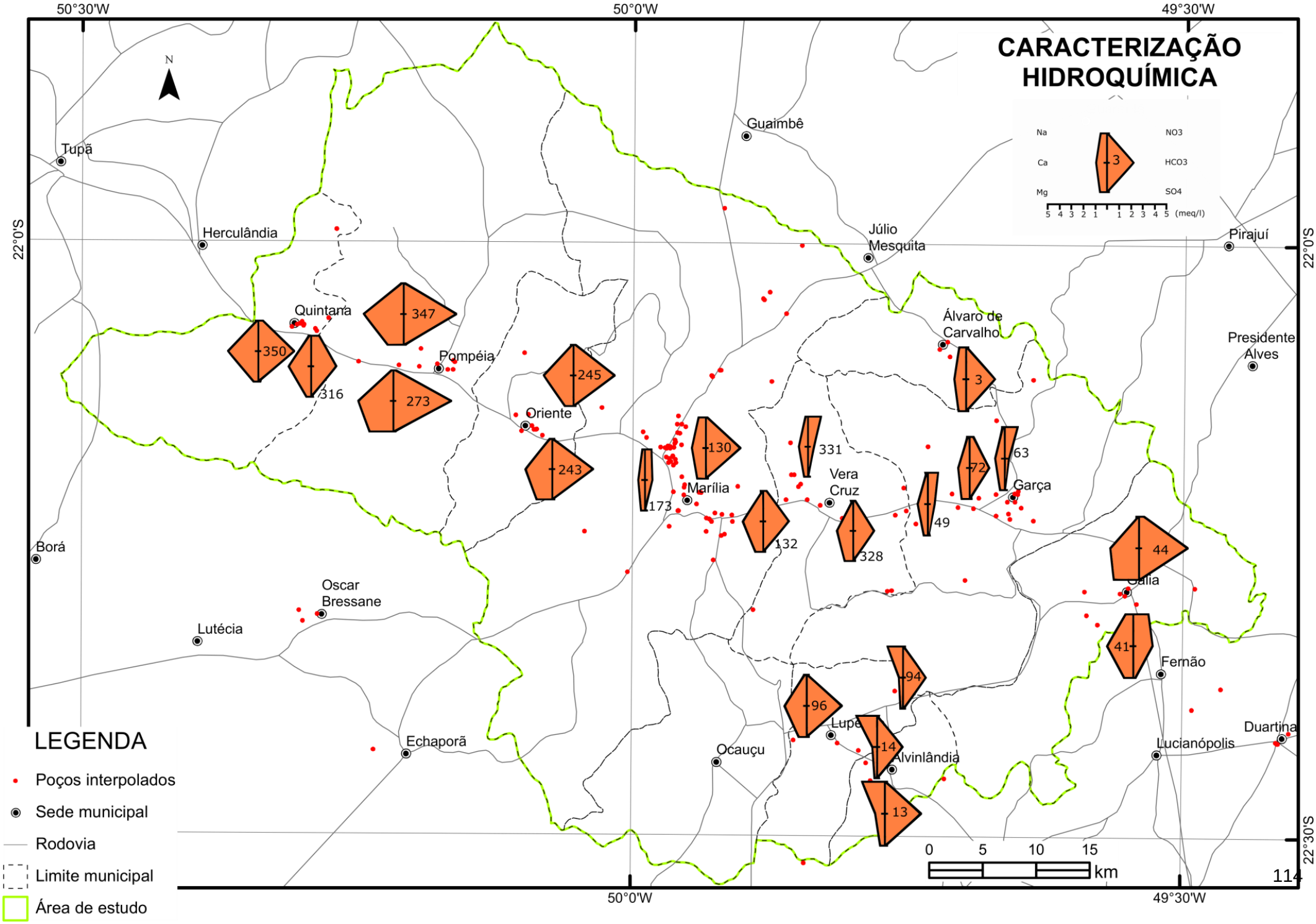


Figura 7.6: Distribuição dos tipos hidroquímicos das amostras dos poços amostrados no Espigão de Marília (preparado no LABGEO/CTGeo/IPT).

A análise dos teores de Ba^{+2} nos grupos de poços mostrou que, além de não aparentar ter uma ligação com contaminação externa, aparece em maiores valores nos poços com geologia Marília/Adamantina, aparecendo com valores acima da potabilidade em um poço do grupo Aq. Adamantina e Araçatuba, o IPT243. A relação do Ba^{+2} com os grupos pode ser vista na figura 7.7. A concentração de Ba^{+2} no espigão pode ser vista na figura 7.8.

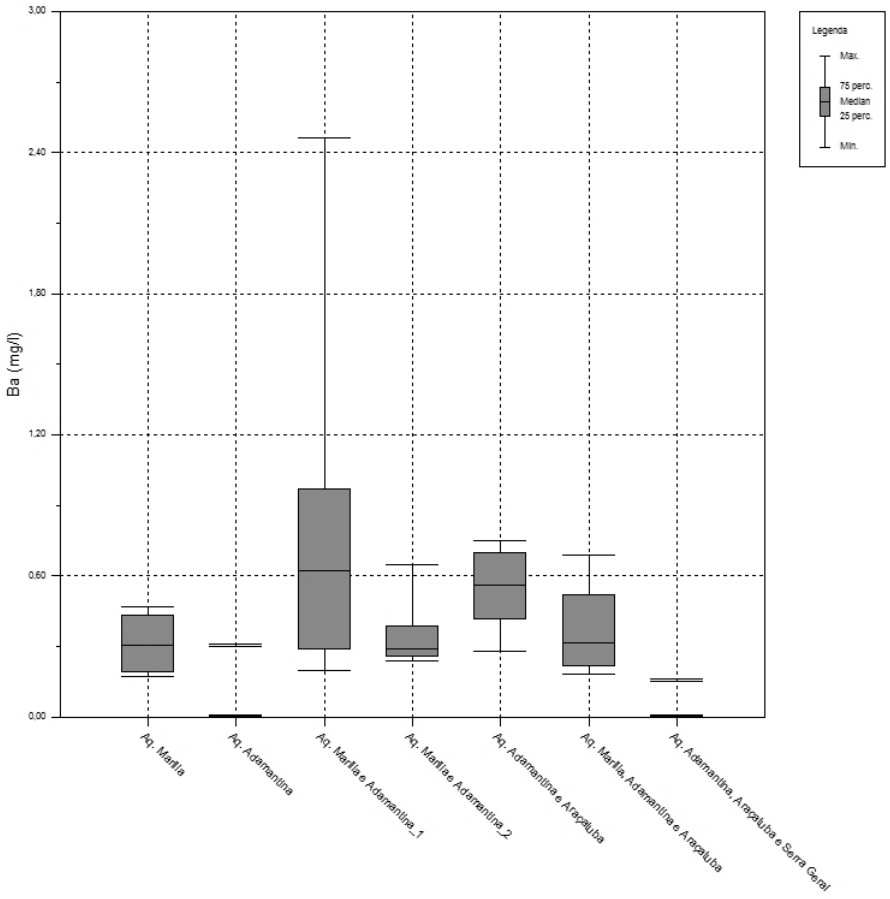


Figura 7.7: Teores de Ba^{+2} nos grupos.

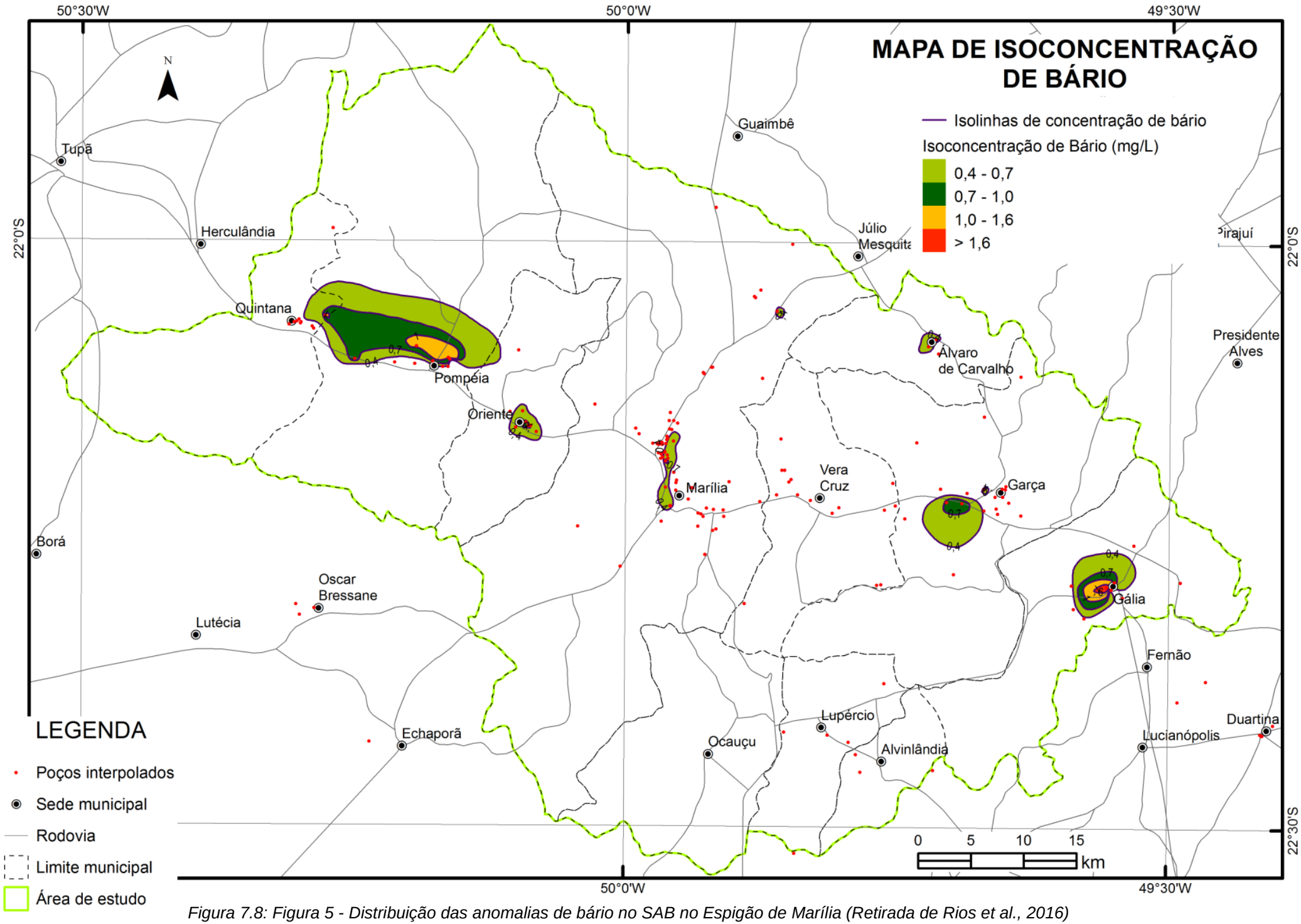


Figura 7.8: Figura 5 - Distribuição das anomalias de bário no SAB no Espigão de Marília (Retirada de Rios et al., 2016)

A análise também mostrou uma correlação levemente positiva entre o Ba^{2+} e o Mg^{2+} nos poços onde ele aparece em abundância, especialmente no grupo Aq. Marilia e Adamantina_1, onde aparecem os maiores valores (Figura 7.9).

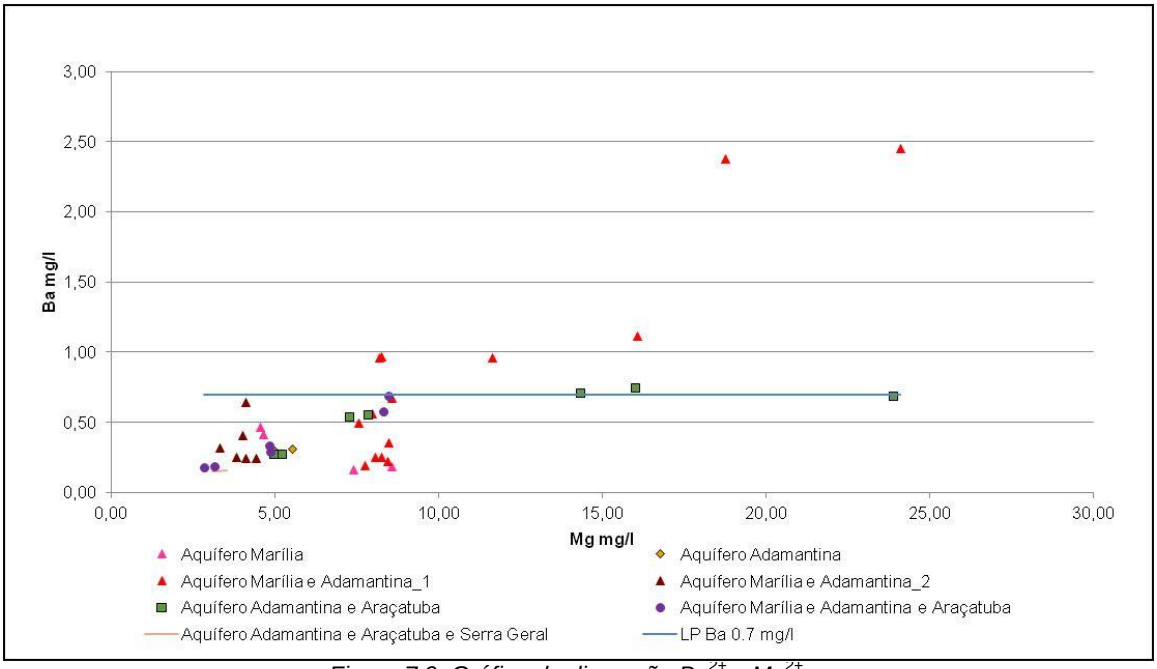


Figura 7.9: Gráfico de dispersão Ba^{2+} x Mg^{2+}

Contudo em alguns destes poços a concentração de SO_4^{2-} é elevada, não compatível com a quantidade de Ba^{2+} presente, caso o controle de Ba^{2+} no aquífero fosse feito somente pela presença da barita. Os resultados não são conclusivos, contudo isto poderia indicar uma segunda fonte de Ba^{2+} para o aquífero, além da barita descrita na bibliografia.

7.3. Amostras de Água Subterrânea (Terceira Campanha – Teste Bombeamento)

Analisando os resultados é possível perceber que a concentração de Ba^{2+} nos poços com alto valor não está muito relacionada ao nível que ele aparece, que por vezes o comportamento do Sr^{+} é similar ao do Ba^{2+}, e que estes poços apresentam um teor maior de Mg^{2+}.

É possível ver também que o NO_3^- tem como fonte clara a contaminação rasa, uma vez que na maioria das vezes sua concentração diminui com a profundidade, o mesmo acontece com o Cl^-. Apesar de por vezes apresentar este comportamento, os teores de SO_4^{2-} tendem a ser constantes, mesmo com os altos valores de Ba^{2+}. O comportamento de contaminante pode ser visto claramente na figura 7.10, do poço 130 e o comportamento distinto do SO_4^{2-}xBa^{2+} pode ser visto na figura 7.11.

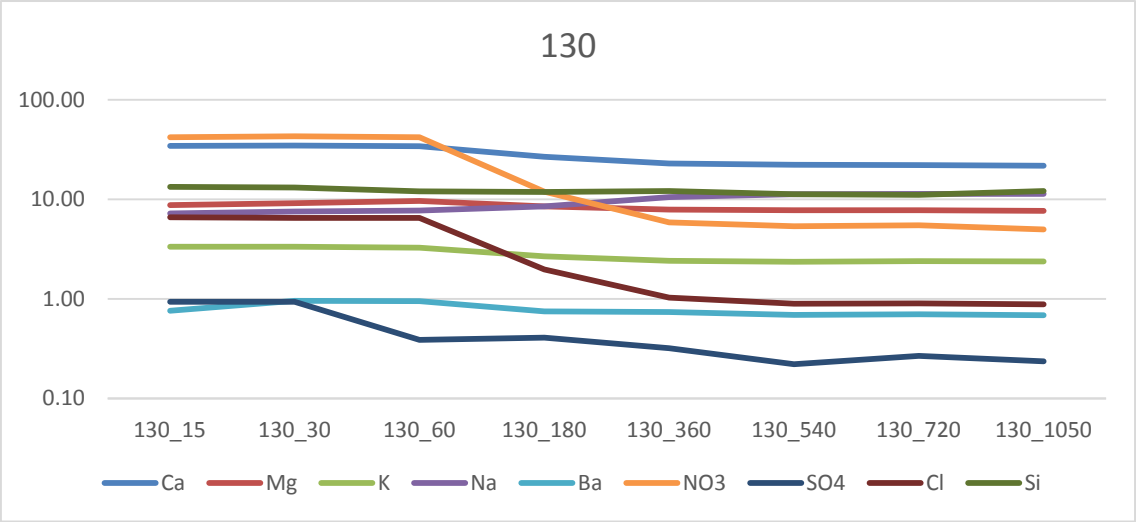


Figura 7.10: Gráfico de concentrações dos elementos analisados por amostras do poço IPT130

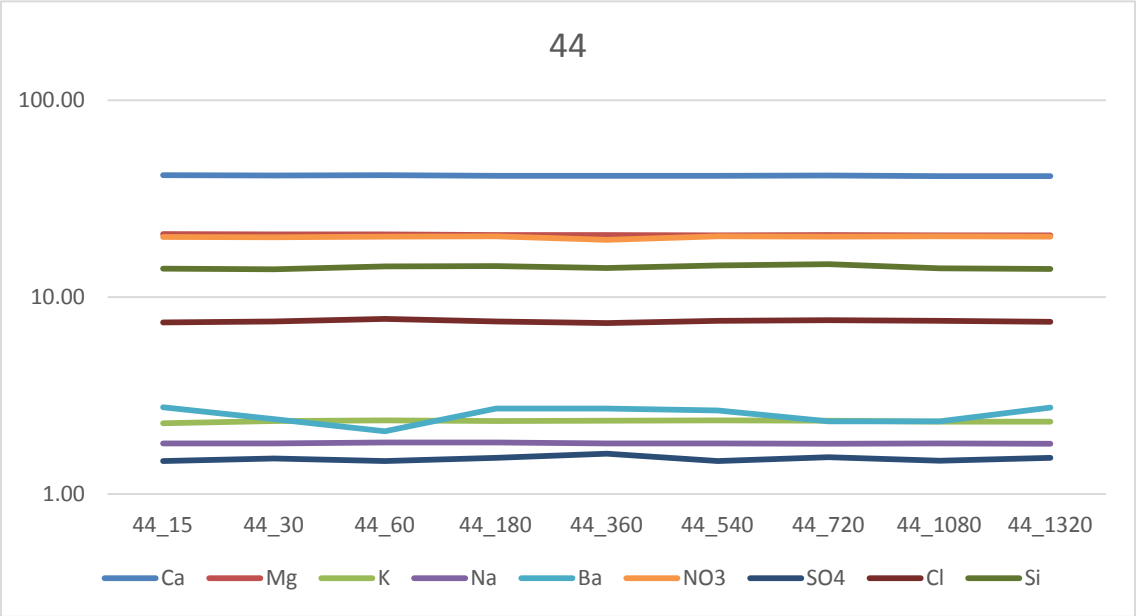


Figura 7.11: Gráfico de concentrações dos elementos analisados por amostras do poço IPT44

7.4. Análise Isotópica e Reta Meteórica Local

Os resultados das análises de isótopos mostraram que os valores encontrados, tanto os medidos quanto os calculados se encontram em valores similares aos encontrados na bibliografia. Foi visto também, que assim como em Stradiotto (2015) não foi possível fazer uma clara distinção isotópica entre as formações Marília e Adamantina, pois estes exibem assinaturas similares, as vezes dentro do mesmo intervalo.

O que é possível estimar neste estudo é correlacionar a assinatura isotópica com a estratigrafia dos poços, pois através do $\delta^{18}O$ e $\delta^{2}H$ é possível dizer que as águas dos

poços mais empobrecidos se relacionam a estratos mais profundos e, portanto, mais antigos. E é exatamente isso que encontramos na reta, as amostras mais profundas, do grupo 2, que já sabemos serem estratigraficamente mais antigas, estão na parte inferior do gráfico.

Através da análise dos dois grupos discutidos nos resultados é possível inferir que o primeiro grupo, com assinaturas mais enriquecidas e também mais raso, apresenta uma certa diferença de assinatura isotópica e um espalhamento (paralelo à LMWL) entre as assinaturas da nascente e de poços mais profundos. Isso pode indicar que esses grupos têm maior ou menor taxa de mistura entres esses dois extremos (água da nascente e águas mais profundas), ora se aproximando de assinaturas mais superficiais e ora de assinaturas mais profundas. Devido a esse grupo ter uma assinatura mais próxima da chuva de verão, porém com altos teores de NO3, provavelmente há alguma fonte de águas servidas com vazamento perto dos poços. Isto pode ser verificado na figura 7.12 que apresenta os dados das amostras de 15 e 30 minutos de bombeamento e da amostra da nascente perto da LMWL.

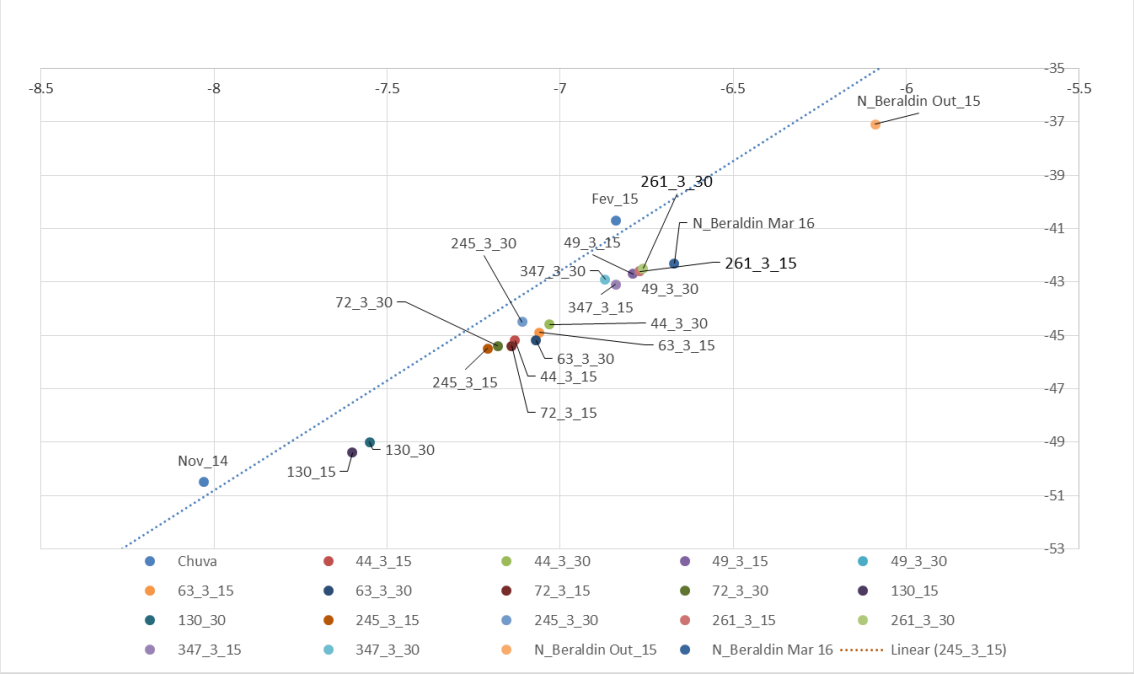


Figura 7.12: Gráfico com os dados dos bombeamentos de 15 e 30 min e amostras de chuva e da nascente.

Apesar da grande maioria dos poços com anomalias de Ba^{2+} estarem presentes no primeiro grupo, também existem poços com altos valores no segundo grupo, o que poderia indicar que o Ba^{2+} talvez não esteja restrito a um tipo de água, formação ou apenas um poço, e sim presente em mais lugares, como uma fácies ou até mesmo um fluido de percolação.

8. Conclusão

Através do banco de dados criado durante este estudo foi possível montar um modelo hidrogeológico plausível para toda a região do Espigão de Marília, sendo possível uma melhor compreensão do fluxo regional e da distribuição das unidades hidroestratigráficas da área de estudo. Também foi possível através das análises químicas prévias catalogadas definir as prováveis áreas com a anomalia de bário.

Com a coleta de chuva mensal foi possível montar uma reta meteórica local e saber a assinatura isotópica média da recarga. Ao comparar com as amostras da nascente e das amostras rasas dos testes de bombeamento com amostragem é possível notar que, como a diferença de composição é muito grande, é preciso uma quantidade incerta de tempo para que a água alcance a composição da parte rasa, uma vez que praticamente toda recarga da área é por água da chuva.

Comparando com a composição da chuva encontrada na bibliografia, coletada por volta de 30 anos antes deste estudo, com menos íons que a encontrada, pode se inferir que a expansão urbana/industrial na área de estudo pode ter contribuído para uma maior emissão de partículas na atmosfera, e assim mudando a composição da chuva.

As análises químicas mostraram uma diversidade na composição da água, o que é esperado devido a diversidade geológica dos poços escolhidos. Os poços foram agrupados de acordo com os aquíferos que contribuíam para o poço, e com isso foram encontrados padrões de comportamento. Foi possível notar que há um problema de seriedade mediana quanto a contaminação por cloreto e nitrato, antrópica, pois alguns poços estavam acima de potabilidade e vários acima do VRQ definido para este sistema aquífero. Foi notada também um provável início de alteração da qualidade da água na região de Lupércio, que apresentam valores baixos de fosfato, mas maiores que os demais poços e sua localização é próxima de próxima a típicas fontes de fosfato como fertilizantes.

A contaminação de bário apareceu em diversos pontos, não estando restrita a apenas um substrato, sem nenhuma relação com os demais componentes antrópicos, concordante com a bibliografia, esta anomalia se confirma natural. Além dos pontos tipicamente esperados, os teores altos de bário também aparecem em lugares com uma maior variedade geológica e por vezes associada a teores incomuns de sulfato para esta concentração, o que demandaria uma investigação mais aprofundada sobre

esta relação. O bário também aparece com uma correlação positiva com estrôncio, e nos poços em que aparece mais alto, há também um teor maior de magnésio.

A análise dos isótopos de hidrogênio e oxigênio das amostras mostrou que as águas amostradas são mais empobrecidas e provavelmente mais antigas que as de chuva e a nascente, mas que há influência de assinaturas recentes nas porções mais rasas do aquífero. Foi possível confirmar a idade relativa das águas dos distintos estratos, que pode ser inferido pela geologia. Os valores encontrados foram similares aos encontrados na bibliografia. Em um teste de bombeamento foi possível acompanhar a evolução da assinatura com a profundidade, e nos demais, com uma geologia distinta e, em alguns casos contaminação, não é possível traçar um limiar específico. Isso confirma o que foi visto na bibliografia que a diferença de intervalo das assinaturas das Formações Marília e Adamantina por vezes é o mesmo.

O que pode ser concluído é que a anomalia de bário ocorre em todo o espigão, em geral em poços com filtros nas Formações Marília e Adamantina, que possuam um teor mais elevado de magnésio, não necessariamente tendo uma influência antrópica, e provavelmente com uma assinatura isotópica mais rica que as encontradas em poços em contato direto e/ou com muitos filtros nas formações mais profundas como a Formação Serra Geral e em menor escala a Formação Araçatuba. Alguns poços encontrados se encontram nos limites destas conclusões, por isso é preciso um estudo mais aprofundado para melhor compreender esta anomalia.

9. Referências Bibliográficas

BALL, J.W. & NORDSTROM, D.K. (1991). WATEQ4F—User's manual with revised thermodynamic database and test cases for calculating speciation of major, trace and redox elements in natural waters. Open-File Report, U.S. Geological Survey

BARISON, M. R. 2003. Estudo Hidrogeoquímico da Porção Meridional do Sistema Aquífero Bauru no Estado de São Paulo. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade de São Paulo, Rio Claro, São Paulo.153 p.

BRENNIMAN, G. R.; KOJOLA, W. H.; LEVY, P. S.; CARNOW, B. W.; NAMEKATA, T.
BRECK, E. C. (1979). *Health Effects of Human Exposure to Barium in Drinking Water* EPA-600/1 -79-003. U. S. Environmental Protection Agency Cincinnati, Ohio 45268

BROOKINS, D.G. 1988. *Eh-pH diagrams for geochemistry*. New York, Springer - Verlag, 176 p.

CAMPOS, H.C.N.S. 1987. Contribuição do Estudo Hidrogeoquímico do Grupo Bauru no Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 105p.

CBH-AP (Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe). 1997. Relatório Zero. Volume 1. [recurso eletrônico]. Disponível em <http://cbhap.org/publicacoes/relatorioz/> acessado em junho 2015.

CETESB, São Paulo Relatório de qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo 2001 - 2003 - São Paulo: CETESB, 2004. 137 p- (Série Relatórios/CETESB, ISSN 0103-4103) disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-subterraneas/111-publicacoes-e-relatorios> Acesso em dezembro de 2014.

CETESB (São Paulo) Relatório de qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo2004-2006 / CETESB. - - São Paulo: CETESB, 2007. 199 p. (Série Relatórios / Secretaria de Estado do Meio Ambiente, ISSN 0103-4103). Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-subterraneas/111-publicacoes-e-relatorios> Acesso em dezembro de 2014.

CETESB (São Paulo) Relatório de qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo :2007-2009. São Paulo: CETESB, 2010. 258 p. (Série Relatórios / CETESB, ISSN 0103-4103). Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-subterraneas/111-publicacoes-e-relatorios> Acesso em dezembro de 2014.

CETESB, São Paulo Relatório de qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo 2010 - 2012 - São Paulo: CETESB, 2012. 370 p- (Série Relatórios/CETESB, ISSN 0103-4103) disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-subterraneas/111-publicacoes-e-relatorios> Acesso em dezembro de 2014.

CHOUDHURY, H., CARY, R. 2001. Barium and Barium Compounds, Bulletin 33 in: *Volume 33 of Concise International Assessment Document*. World Health Organization.

CLARK, I. & FRITZ, P. 1997. Environmental isotopes in hydrogeology. Lewis Publishers. Boca Raton. 328 p.

CLARK I. & ARAVENA R. 2005. Environmental Isotopes in Ground Water Resource and Contaminant Hydrogeology. NGWA Course #394, San Diego, California.102 p.

COELHO, R. O. 1996. Estudo Hidroquímico e Isotópico do Aquífero Bauru, Sudoeste do Estado de São Paulo. Tese (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 103 p.

COSTA, A. T.; JR, H. A. N; FRIESE, J. C. L. K.; Mages, M. 2003. Surface Water Quality and Sediment Geochemistry in the Gualaxo do Norte Basin, Eastern Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Environmental Geology **45**:226-235.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2003. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. Organizadores, Luiz Augusto Bizzi, Carlos Schobbenhaus, Roberta Mary Vidotti, João Henrique Gonçalves – Brasília. 692 p.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. 2006. *Geologia e Recursos Minerais do Estado de São Paulo. Mapa Geológico Estadual*, Escala 1:750. 000. Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, Governo do Estado de São Paulo.

CRAIG, H. 1961. Isotopic Variations in meteoric Waters. *Science,* **133**: 1702-1703.

CRAIG, H. 1961. Standard for reporting concentrations of deuterium and oxygen-18 in natural Waters. *Science,* **133**: 1833-1834.

CRESPI, A. M. 2013. Aplicação de isótopos de estrôncio, oxigênio e hidrogênio como traçadores de anomalias hidrogeoquímicas de bário no sistema Aquífero Bauru no Município Gália (SP). Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 74p.

DAEE (São Paulo). 1976. Estudo de Águas Subterrâneas; Regiões Administrativas 7, 8 e 9 (Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba, São Paulo. ENCO, 4v.

DAEE (São Paulo). 1979. Estudo de Águas Subterrâneas; Regiões Administrativas 10 e 11 (Presidente Prudente e Marília), São Paulo, 3v.

DAEE (São Paulo). 2000. Plano Estadual de Recursos Hídricos – Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, Junho 2000 [recurso eletrônico]. Disponível em < http://www.daee.sp.gov.br/acervoepesquisa/perh/perh2000/r0estadual/sumario.htm> acessado em março de 2014.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. 1984. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:250.000. São Paulo. Convênio DAEE/UNESP, Secretaria de Obras e do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

DANSGAARD W.1964. Stable isotopes in precipitation. Phys. Lab. II, H. C. Orsted Institute, University of Copenhagen.

DAVIDSON, B. & FISHER, R. S.2006. Groundwater Quality Kentucky, Kentucky Geological Survey. Information Circular 11 series XII.

DEUSTSCH, J. W. 1997. Groundwater Geochemistry: Fundamentals and Applications to Contamination. Lewis Publishers. Boca Raton. 223 p.

FERNANDES, L. A. 1998.Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil). Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 216p.

FERNANDES, L. A. 2004. Mapa Litoestratigráfico da Parte Oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG), Escala 1:1. 000.000. *Boletim Paranaense de Geociências*. **55**: 53-66.

FERNANDES, L.A. 1992. A cobertura cretácea suprabasaltica no Paraná e Pontal do Paranapanema (SP) : os grupos Bauru e Caiuá. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 129p.

GILKERSON, R. H.; SPECHT, S. A.; CARTWRIGHT, K.; GRIFFIN, R. A.; LARSON, T. E. 1978. Geologic studies to identify the source for high levels of radium and barium in Illinois: a preliminary report. Illinois: UNIVERSITY OF ILLINOIS. *Water Resources Center Research Report*, **135**:21.

GILKESON, R.H.; PERRY Jr, E.C.; CARTWRIGHT, K. 1981. Isotopic and Geologic Studies to Identify the Sources of Sulfate in Groundwater Containing High Barium Concentrations. Illinois State Geological Survey Contract/Grant Report 1981-4, Champaign, IL.

GONFIANTINI R.1978. Standards for stable isotope measurements in natural compound. Nature 271:534-536.

GOMES O. V. O., AIRES J. R., MARQUES E. D., SILVA-FILHO E. V. 2011. Bário e Flúor Dissolvidos nas Águas Subterrâneas do Leste da Baía da Guanabara – RJ. In XIII Congresso Brasileiro de geoquímica, III Simpósio de geoquímica dos Países do Mercosul.

HYPOLITO, R. ANDRADE, S. EZAKI, S. Geoquímica da Interação - Agua / Rocha / Solo: Estudos Preliminares. All Print Editora. São Paulo. 454 p.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1981). Coordenadoria de Planejamento Ambiental. *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. Escala 1:1.000.000.* IPT, São Paulo.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (2016). Investigação de anomalias hidrogeoquímicas de bário em poços de abastecimento do Sistema Aquífero Bauru na região de Marília, SP. IPT, São Paulo.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY – IAEA. 2002. A New Device for Monthly Rainfall Sampling For Gnip. *Water & Environment News*, **16:**5.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY – IAEA. 201. Environmental Isotopes in the Hydrogeological Cycle, principles and applications. Seis volumes (MOOK, W.G., Ed.), Thecnical Document n39, UNESCO, Paris. *Disponível em:* http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/IHS_resources_publication_hydroCycle_en.html. Acessado em fevereiro, 2014.

IAEA, USGS, 2013. A Laboratory Information Management System for Stable Hydrogen and Oxygen Isotopes in Water Samples by Laser Absorption Spectroscopy: User Manual and Tutorial. Revision v 1.5.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H., 2011: Trace elements in soils and plants. 4a Ed. Boca Raton, London, New York, CRC Press. 505 p

KARRO, E.; MARANDI, A.; VAIKMÃE, R.; UPPIN, M. 2009. Chemical Peculiarities of the Silurian-Ordovician and Cambrian-Vendian Aquifer Systems in Estonia: An Overview of Hydrochemical Studies. Estonian Journal of Earth Sciences, **58**, 4, 342-352p

KELLY, W. 2008. Radium and Barium in the Ironton-Galesville Bedrock Aquifer in Northeastern Illinois, Final Report. Center for Groundwater Science Illinois State Water Survey.

KRESSE, R. BAUDIS, U. JÄGER, P. RIECHERS. 2007. "Barium and Barium Compounds". *In* ULLMAN, F. 2007 Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley, Nova Jersey.

KOLJONEN, T. *et al*. (1992) *The geochemical atlas of Finland*. Helsinque: Geol. Survey of Finland, 218 p., 1992.

LECH M. E. CARITAT, P. 2007. Baseline geochemical survey of the Riverina region of New South Wales and Victoria, Australia: concentrations and distributions of As, Ba, Br, Cd, Co, Cr, F, Ga, Mo, Sb, U and V compared to national and international guidelines. Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis, 7:233–247.

LIMA A. C. P., DIAS S. M. F., ORRICO S. R. M., ARAÚJO D. R. S. M. 2009. Avaliação das concentrações de bário e chumbo em Águas do aquífero freático do entorno do centro Industrial do subaé – feira de Santana-BA. In XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de poços.

MARANDI, A.; KARRO, E.; PUURA, E. 2004. Barium anomaly in the Cambrian-Vendian aquifer system in North Estonia. *Environmental Geology,* **47**:132-139.

MACIEL, A. C. HIRATA, R. 2012. Avaliação de Métodos Para a Proteção de Poços de Abastecimento Público do Estado de São Paulo. *Revista do Instituto de Geociências,* **12** (1): 53-70.

MARTILIANO, V. 2014. Modelo Conceitual de Circulação de Águas do Aquífero Bauru na Região de Marília (SP). Trabalho de Formatura – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MARTINS V. T. de S. 2008. Aplicação de Isótopos de Pb, Sr, H e O como traçadores da recarga e da contaminação de aquíferos metropolitanos: um exemplo da Bacia do Alto tietê. Dissertação de doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 220p.

MILANI, E. J. 2004. Comentários Sobre a Origem e a Evolução Tectônica da Bacia do Paraná. In: Mantesso-Neto, V.; BartorellI, A.; Carneiro, C.D.R.; Brito- Neves, B. B. (eds.). Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, p. 383-405.

MOKRIK R., KARRO E., SAVITSKAJA L., DREVALIENE G. 2009. The origin of barium in the Cambrian-Vendian aquifer system, North Estonia. Estonian Journal of Earth Sciences 58, 3:193-208.

MOORE R. B., STAUBITZ W. W. 1984. Distribution and source of barium in ground water at Cattaraugus Indian reservation, southwestern New York. U.S. Geological survey water-resources investigations report 84-4129.

MUKHERJEE, A.; FRYAR, A. E.; ROWE, H. D. 2007. Regional-scale stable isotopic signatures of recharge and deep groundwater in the arsenic affected areas of West Bengal, India. *Journal of Hydrology*, 334, 151– 161.

PATNAIK, P. Handbook of Inorganic Chemicals, McGraw-Hill books. New York. 2003

PAULA E SILVA, F. 2003.*Geologia de Subsuperfície e Hidroestratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo*. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 166p.

PAULA E SILVA, F. CHANG, H. K., CAETANHO-CHANG, M.R. 2003. Perfis de Referência do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo. *Geociências*, **22**: 21-32.

PAULA E SILVA, F. KIANG, C. H., CAETANO-CHANG, M. R. 2005. Hidroestratigrafia do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo. *Águas Subterrâneas,* **19**(2):19-36.

POÇANO, W. L. 1979. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, 1:1.000.000. Nota explicativa. IPT, São Paulo.

REEDY, R. C.; SCANLON, B. R.; WALDEN, S.; STRASSBERG, G. 2011. Naturally Occurring Groundwater Contamination in Texas. Final Contract Report Prepared for the Texas Water Development Board. The University of Texas, Austin, Texas. 213p

RIOS, A. P. 2010. Hidrogeoquímica Do Bário Nos Aquíferos Marília E Adamantina No Município De Gália. Trabalho de Formatura – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

RIOS, A. P.; TAVARES, T.; CORREA, N.; FERREIRA, A. L.; CAVANI, A. C. M.; MARTINS, V.; CRESPI, A.; BERTOLO, R.; CARVALHO, A. M.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; CÂNDIDO, S. 2016. Caracterização Hidrogeoquímica do Sistema Aquífero Bauru no Espigão de Marília (SP). In: XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas

RUSSEL, J. B. 1994. Química Geral, Volume 1. Makron Books, São Paulo, 662p.

SAYYED J. A., BHOSLE A. B. 2012. Barium and Fluoride Evaluation of Sudha Dam Water Near Bhoker. Advances in Environmental Biology, 6(1): 215-220.

SOARES P.C.; LANDIM P.M.B.; FÚLFARO V.J.; SOBREIRO NETO A.F. 1980. *Ensaio de caracterização do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru*. Rev. Bras. Geociências, **10**(3): 177-185.

STRADIOTO, M. R. 2007. Hidroquímica e Aspectos Diagenéticos do Sistema Aquífero Bauru na Região Sudeste do Estado de São Paulo. Tese (Mestrado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade de São Paulo. Rio Claro. 161p

STRADIOTO, M. R.; CHANG, H. K. 2015. Composição isotópica – δ18o e δd – das águas do sistema Aquífero Bauru no Estado de São Paulo*. Geociências,* **34**(3):411-422.

TAKENO, N. (2005). *Atlas of Eh-pH diagrams - Intercomparison of thermodynamic databases.* Geological Survey of Japan Open File Report N^{o}.419. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology Research Center for Deep Geological Environments. Maio.

TAVARES, T, BERTOLO, R., FIÚME, B., CRESPI, B., MARTINS, V., HIRATA, R. 2015. Hydrochemical investigation of barium in the public water supply wells of São Paulo state, southern Brazil. Environmental Earth Sciences - "Online First", DOI 015-4661-7).

TAVARES, T. 2013. Investigação de anomalias Hidrogeoquímicas de bário em aquíferos do estado de São Paulo. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

UNDERWOOD E.C., FERGUSON G.A., BETCHER R., PHIPP G. 2009. Elevated Ba concentrations in a sandstone aquifer. Journal of Hydrology 376:126–131.

UREY H.C. 1946. The thermodynamic properties of isotopic substances. Institute of nuclear studies, university of Chicago. In liversidge lecture delivered before the chemical society in the royal Institution on December 1946.

UREY, H. C. 1947 Termodynamical proprieties of isotopic substances. *Journal of Chemical Society,* **1947**: 562-581.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2004. Drinking Water Standards and Health Advisories Table. United States Environmental Protection Agency – Region 9. San Francisco, CA

VARNIER, C.; IRITANI, M. A.; VIOTTI, M.; ODA, G. H.; FERREIRA, L. M. R. 2010. Nitrato nas Águas Subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru, Área Urbana do Município de Marília (SP). Revista do Instituto Geológico, São Paulo, **31 (1/2)**, 1-21p.

YUCE G., UGURLUOGLU D., DILAVER A. T., ESER T., SAYIN M., DONMEZ M., OZCELIK S., AYDIN F. 2009. The Effects of Lithology on Water Pollution: Natural Radioactivity and Trace Elements in Water Resources of Eskisehir Region (Turkey). Water Air Soil Pollut 202:69–89.

ZALÁN, P.V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J.C.; MARQUES, A.; ASTOLFI, M.A.M; VIEIRA, I.S.; APPI, V.T. 1990. *Bacia do Paraná*. *In*: De RAJA GABAGLIA e

MILANI, E.J. (Coords.) *Origem e evolução de Bacias Sedimentares*. Petrobrás, Rio de Janeiro, p. 135-164.

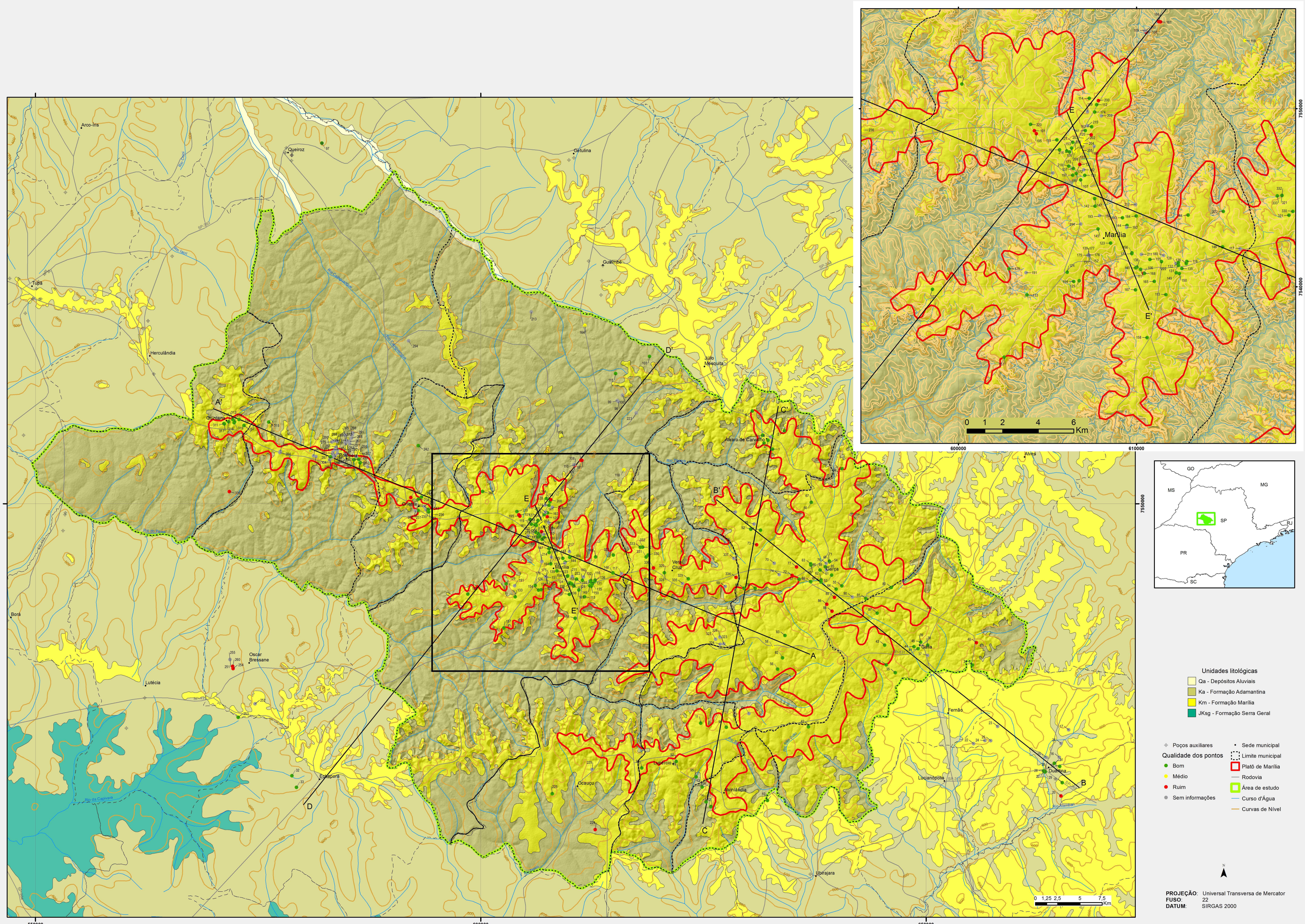
WHO. 1996. Guidelines for drinking-water quality. 2nd edn., Vol. 2: Health criteria and other supporting information. World Health Organization, Geneva

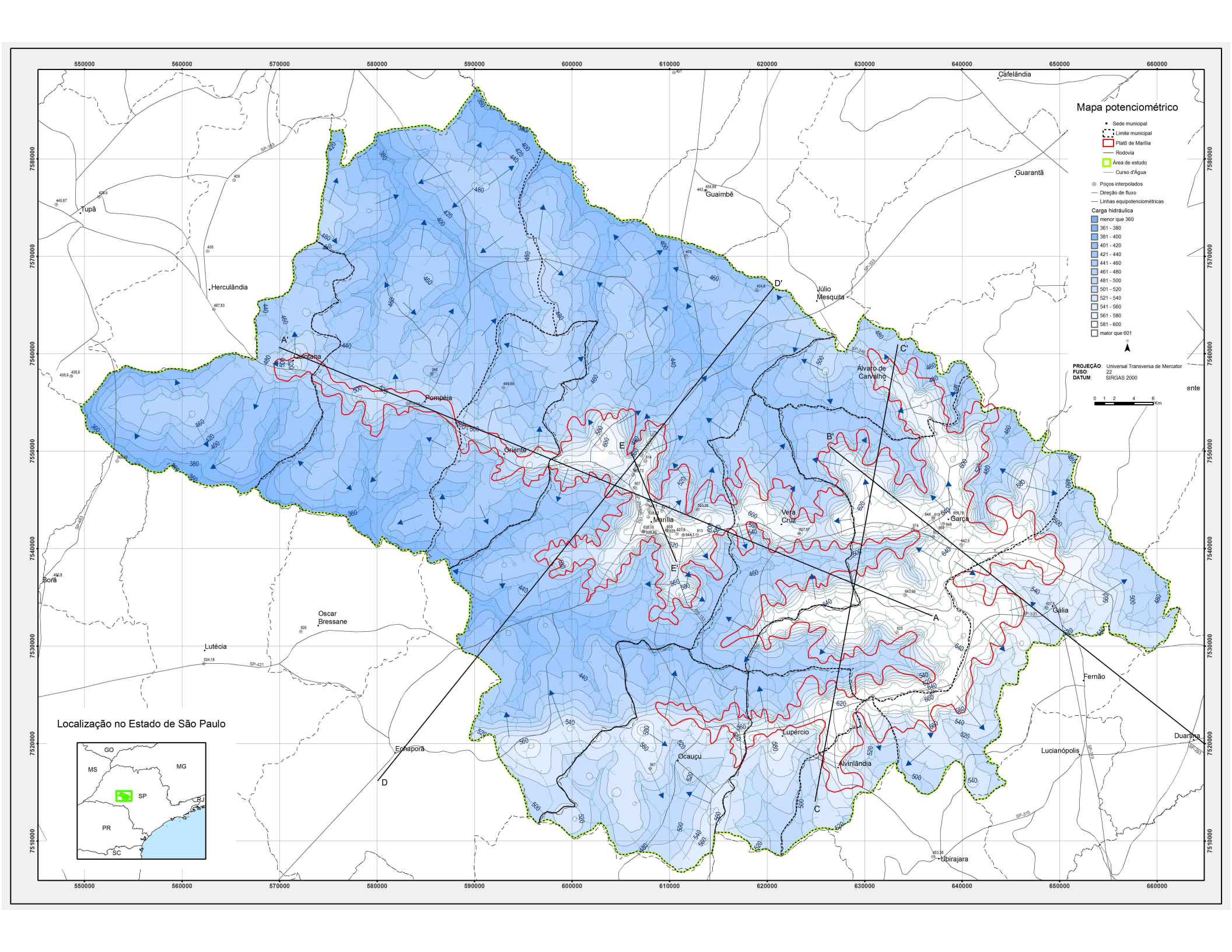
WUNSCH D. R.1991. High Barium Concentrations in Ground Water in Eastern Kentucky. Kentucky Geological Survey, University of Kentucky, Lexington, Kentucky, 175-197.

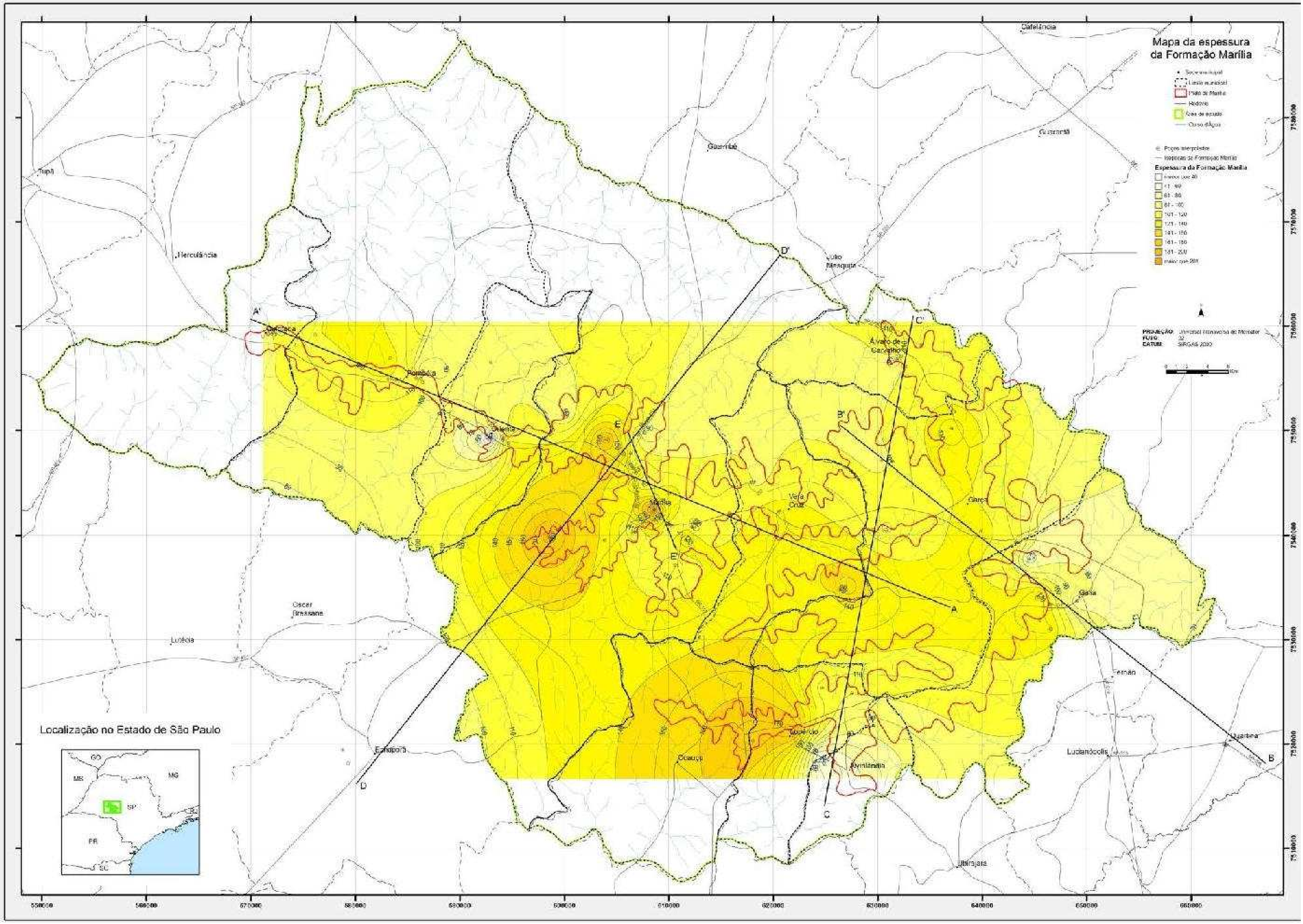
10. ANEXOS

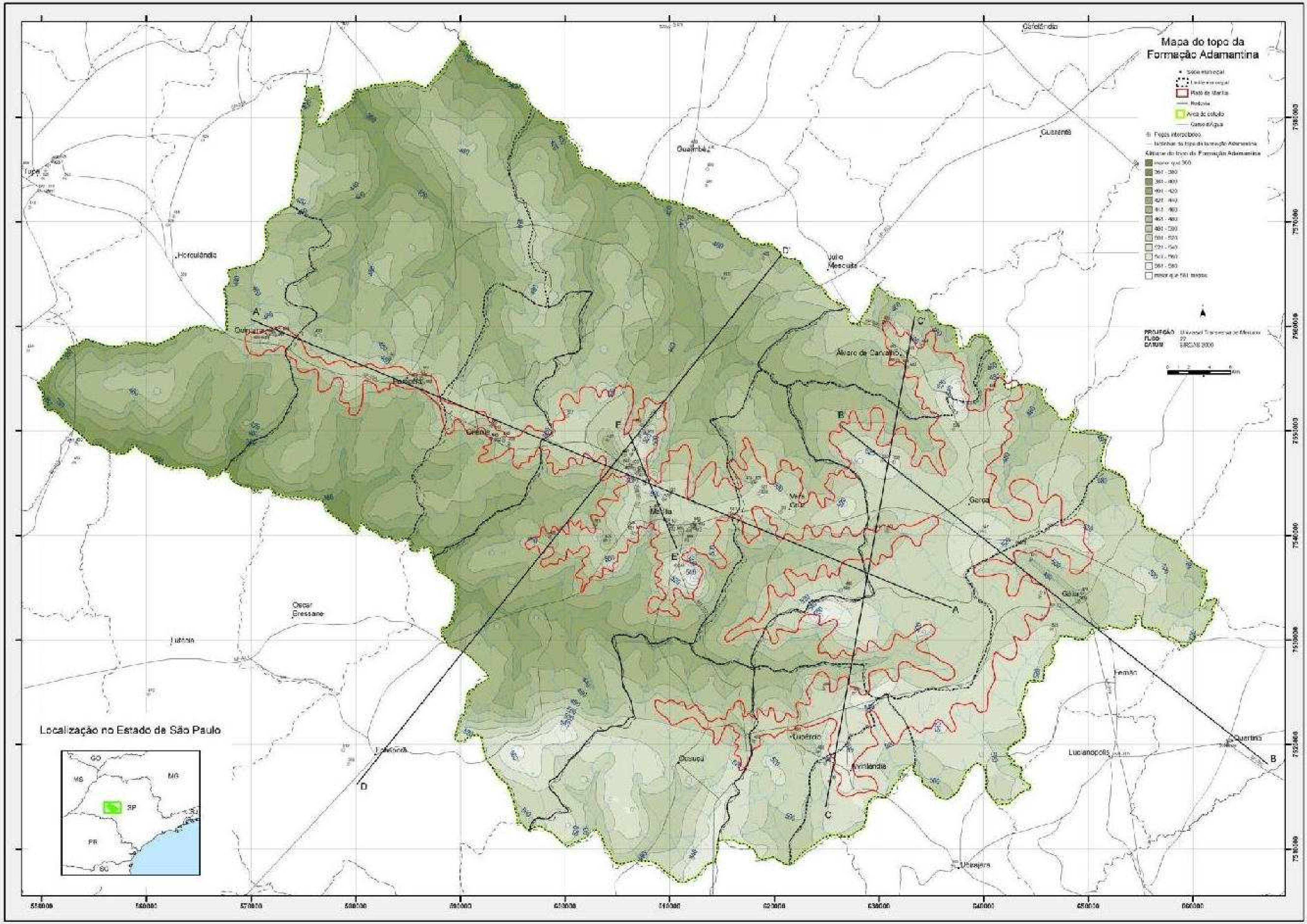
ANEXO 1 - Poços Catalogados (Em CD)

ANEXO 2 – Mapas e Perfis


Unidades litológicas
Qa - Depósitos Aluviais
Ka - Formação Adamantina
Km - Formação Marília
JKsg - Formação Serra Geral
Poços auxiliares
Qualidade dos pontos
Bom
Médio
Ruim
Sem informações
Sede municipal
Limite municipal
Platô de Marília
Rodovia
Área de estudo
Curso d'Água
Curvas de Nível
PROJEÇÃO: Universal Transversa de Mercator
FUSO: 22
DATUM: SIRGAS 2000
0 1,25 2,5 5 7,5 Km
0 1 2 4 6 Km
GO
MG
MS
SP
RJ
PR
SC
Marília
Garça
Vera Cruz
Álvaro de Carvalho
Júlio Mesquita
Alvinlândia
Ocauçu
Echaporã
Oscar Bressane
Lutécia
Herculândia
Tupã
Arco-Íris
Queiroz
Getulina
Guaimbé
Alves
Fernão
Lucianópolis
Duartina
Gália
Ubirajara
Lupércio
Quintana
Borá
Rio da Capivara
550000
600000
650000
610000
7550000
7540000


Mapa potenciométrico
Sede municipal
Limite municipal
Platô de Marília
Rodovia
Área de estudo
Curso d'Água
Poços interpolados
Direção de fluxo
Linhas equipotenciométricas
Carga hidráulica
menor que 360
361 - 380
381 - 400
401 - 420
421 - 440
441 - 460
461 - 480
481 - 500
501 - 520
521 - 540
541 - 560
561 - 580
581 - 600
maior que 601
PROJEÇÃO: Universal Transversa de Mercator
FUSO: 22
DATUM: SIRGAS 2000
0 1 2 4 6 Km
Localização no Estado de São Paulo
GO
MS
MG
SP
RJ
PR
SC
A
A'
B
B'
C
C'
D
D'
E
E'
Tupã
Herculândia
Quintana
Pompéia
Oriente
Marília
Oscar Bressane
Lutécia
Bora
Echaporã
Ocauçu
Lupércio
Alvinlândia
Vera Cruz
Álvaro de Carvalho
Júlio Mesquita
Guaimbê
Guarantã
Cafelândia
Garça
Gália
Fernão
Lucianópolis
Duartina
Ubirajara
ente

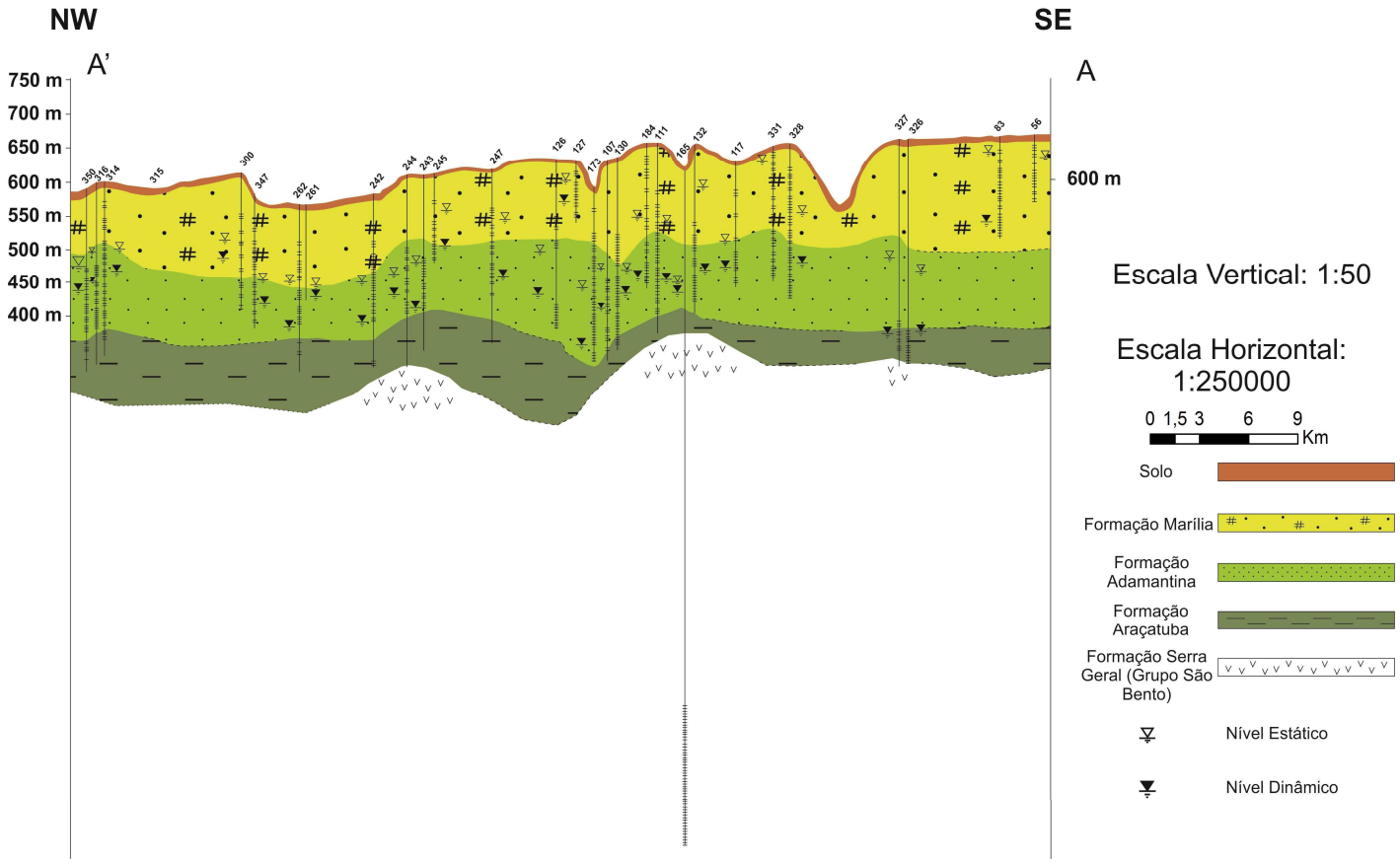

Mapa da espessura
da Formação Marília
Espessura da Formação Marília
PROJEÇÃO
FUSO
DATUM
SIRGAS 2000
Localização no Estado de São Paulo
GO
MS
MG
SP
PR
SC
Tupã
Herculândia
Lutécia
Oscar Bressane
Echaporã
Ocauçu
Pompéia
Oriente
Marília
Vera Cruz
Garça
Gália
Fernão
Lupércio
Alvinlândia
Ubirajara
Lucianópolis
Ujarana
Julio Mesquita
Guarantã
Cafelândia
Guaimbê
Quintana
Álvaro de Carvalho
A
A'
B
B'
C
C'
D
D'
E
E'
550000
560000
570000
580000
590000
600000
610000
620000
630000
640000
650000
660000
7510000
7520000
7530000
7540000
7550000
7560000
7570000
7580000



Mapa do topo da Formação Adamantina
Altitude do topo da Formação Adamantina
menor que 360
361 - 380
381 - 400
401 - 420
421 - 440
461 - 480
481 - 500
501 - 520
521 - 540
561 - 580
PROJEÇÃO
FUSO
DATUM
SIRGAS 2000
Km
Localização no Estado de São Paulo
GO
MS
MG
SP
PR
Tupã
Herculândia
Pompéia
Oriente
Marília
Vera Cruz
Garça
Gália
Álvaro de Carvalho
Júlio Mesquita
Guaimbê
Guarantã
Cafelândia
Oscar Bressane
Lutécia
Ocauçu
Lupércio
Alvinlândia
Fernão
Lucianópolis
Ubirajara
A
A'
B
B'
C
C'
D
D'
E
E'
F
7580000
7570000
7560000
7550000
7540000
7530000
7520000
7510000
550000
560000
570000
580000
590000
600000
610000
620000
630000
640000
650000
660000

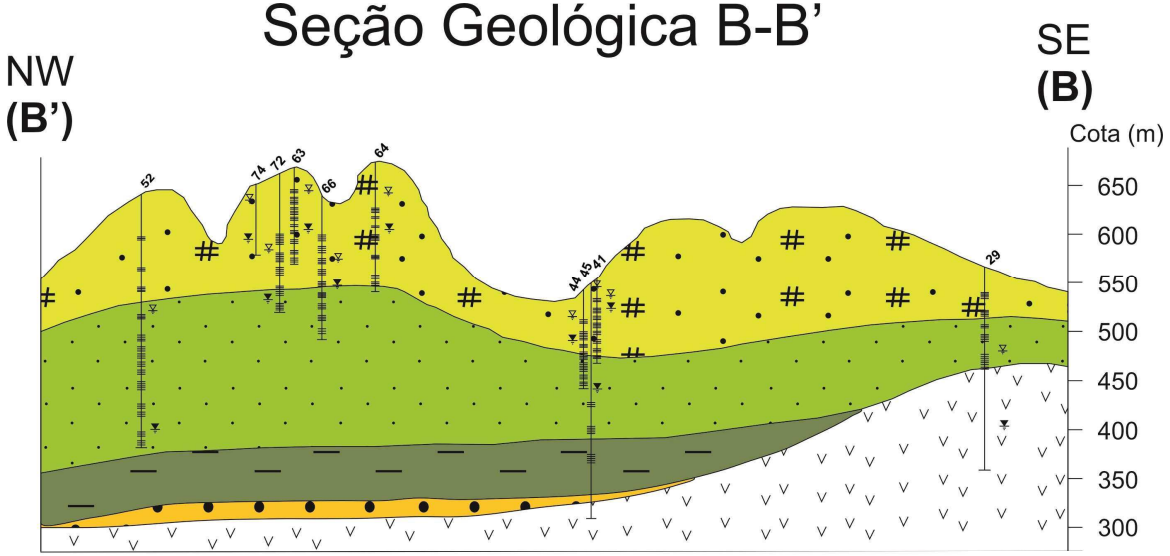
Perfil A-A’

Seção Geológica A-A’ (Quintana, Pompeia, Oriente, Marília, Vera Cruz)



Perfil B-B’

Seção Geológica B-B’



Legenda

- Formação Marília
- Formação Adamantina
- Formação Araçatuba
- Formação Birigui
- Formação Serra Geral (Grupo São Bento)
- Nível Estático
- Nível Dinâmico

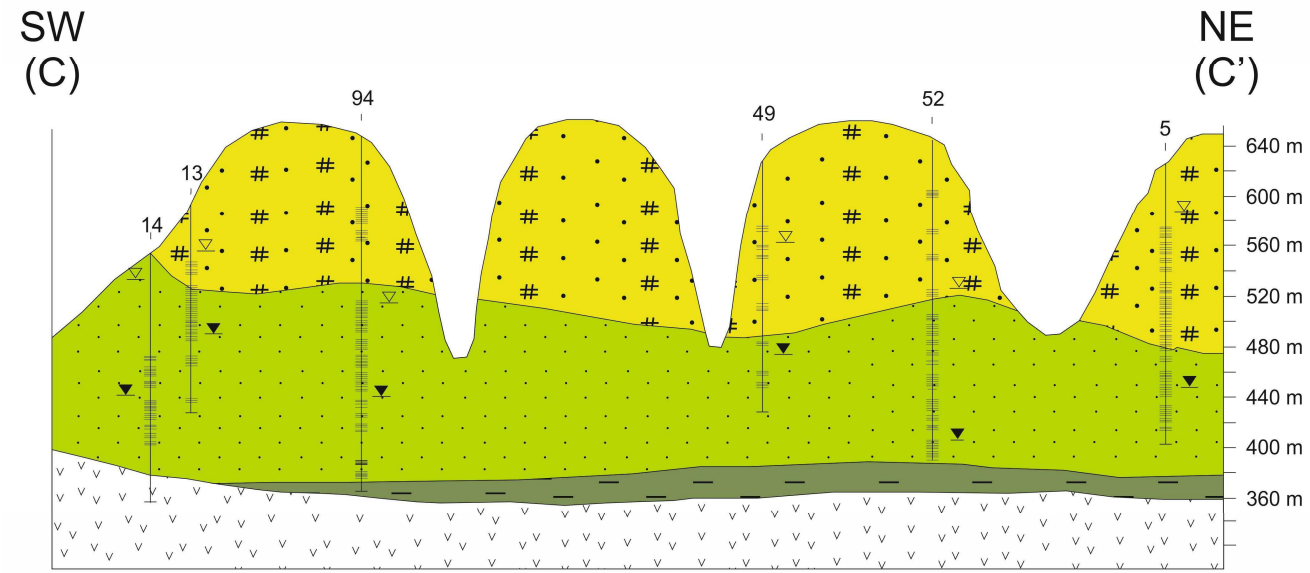
Escala Vertical: 1:50

Escala Horizontal: 1:25000

0 1,5 3 6 9 Km

Perfil C-C’

Seção Geológica C-C’



0 2,5 5 7,5 km

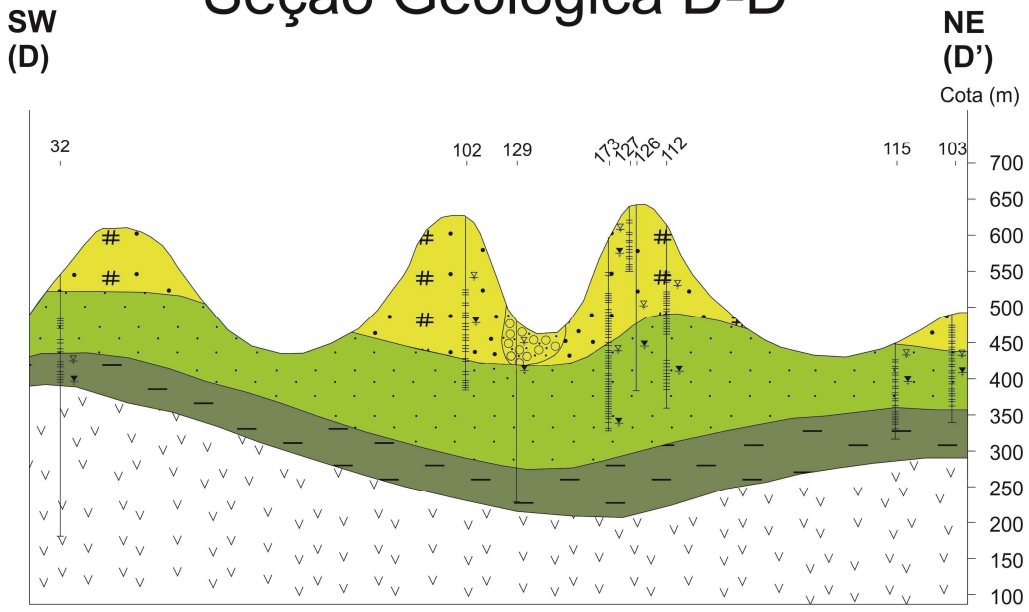
Legenda

- Formação Marília
- Formação Adamantina
- Formação Araçatuba
- Formação Serra Geral (Grupo São Bento)
- Nível Estático
- Nível Dinâmico

Escala Vertical: 1:50

Perfil D-D’

Seção Geológica D-D’



Legenda

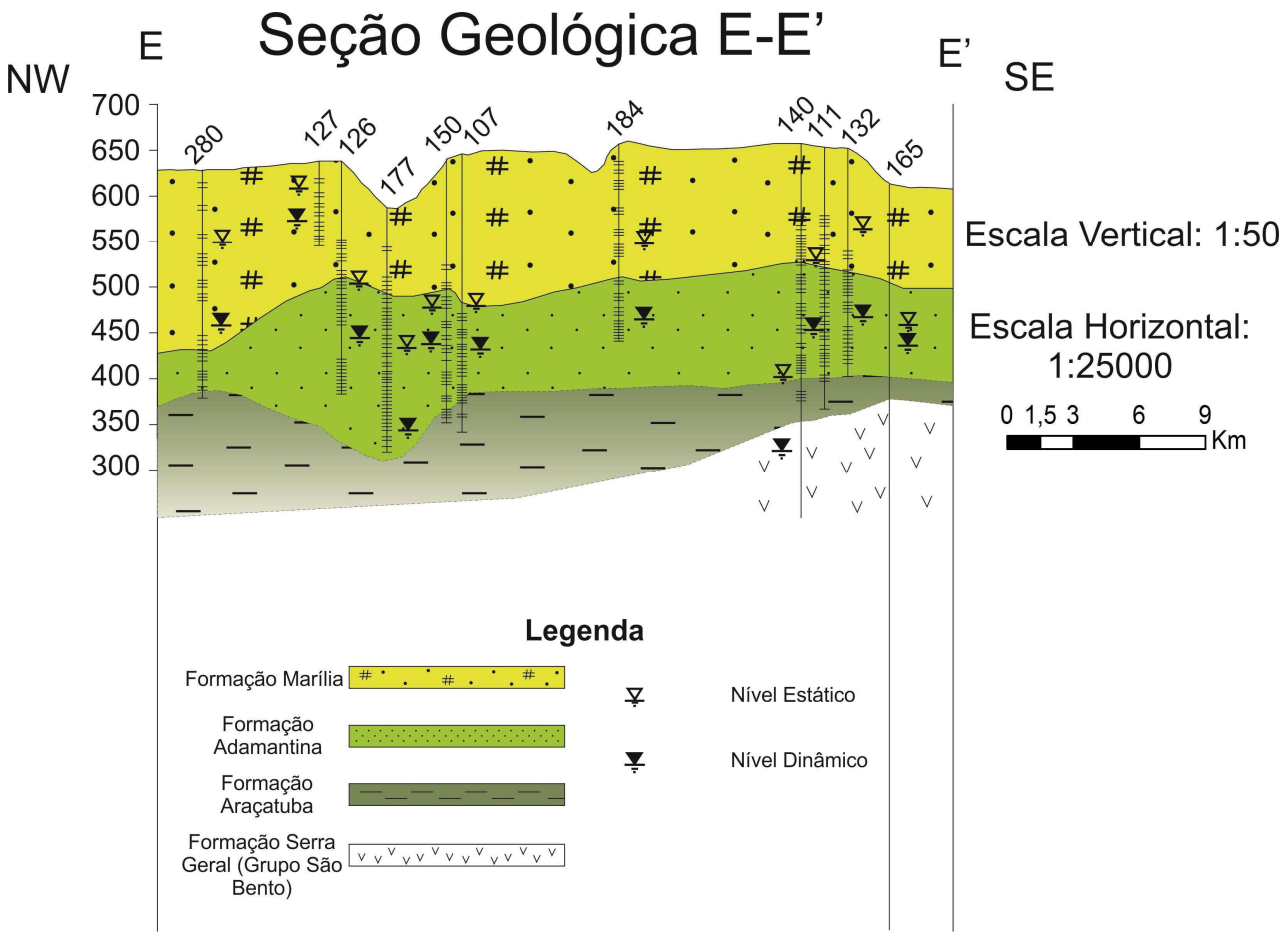
- Formação Marília
- Nível de Seixos Rolados
- Formação Adamantina
- Formação Araçatuba
- Formação Serra Geral (Grupo São Bento)
- Nível Estático
- Nível Dinâmico

Escala Vertical: 1:50

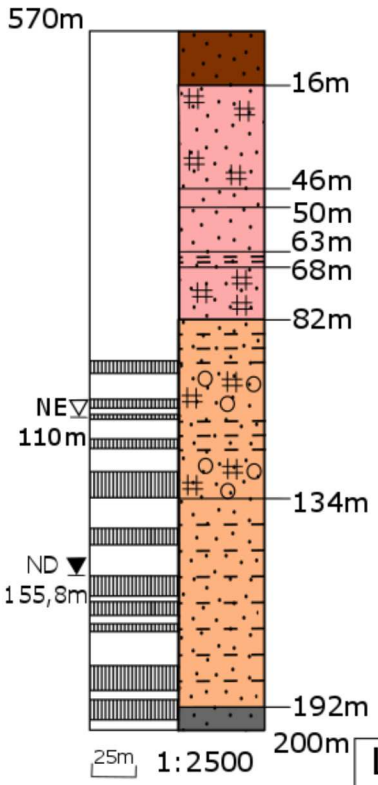
Escala Horizontal: 1:250000

0 1,5 3 6 9 Km

Perfil E-E’


Seção Geológica E-E’
NW
E
E’
SE
700
650
600
550
500
450
400
350
300
280
127
126
177
150
107
184
140
111
132
165
Escala Vertical: 1:50
Escala Horizontal: 1:25000
0 1,5 3 6 9
Km
Legenda
Formação Marília
Formação Adamantina
Formação Araçatuba
Formação Serra Geral (Grupo São Bento)
Nível Estático
Nível Dinâmico

IPT 03



0-16m: Solo arenoso, fino, esbranquiçado

16-46m: Arenito fino esbranquiçado, compacto, cimento carbonático

46-50m: Arenito fino a médio avermelhado, friável

50-63m: Arenito fino avermelhado, compacto

63-68m: Arenito fino a médio avermelhado, friável, com lentes de siltito

68-82m: Arenito fino esbranquiçado, compacto, cimento calcífero

82-134m: Arenito fino amarronzado, compacto com lentes de siltito avermelhado e lentes conglomeráticas com cimento calcífero

134-192m: Arenito fino avermelhado, compacto com lentes de siltito argilito

192-200m: Arenito argiloso avermelhado, compacto, duro

Formação Marília

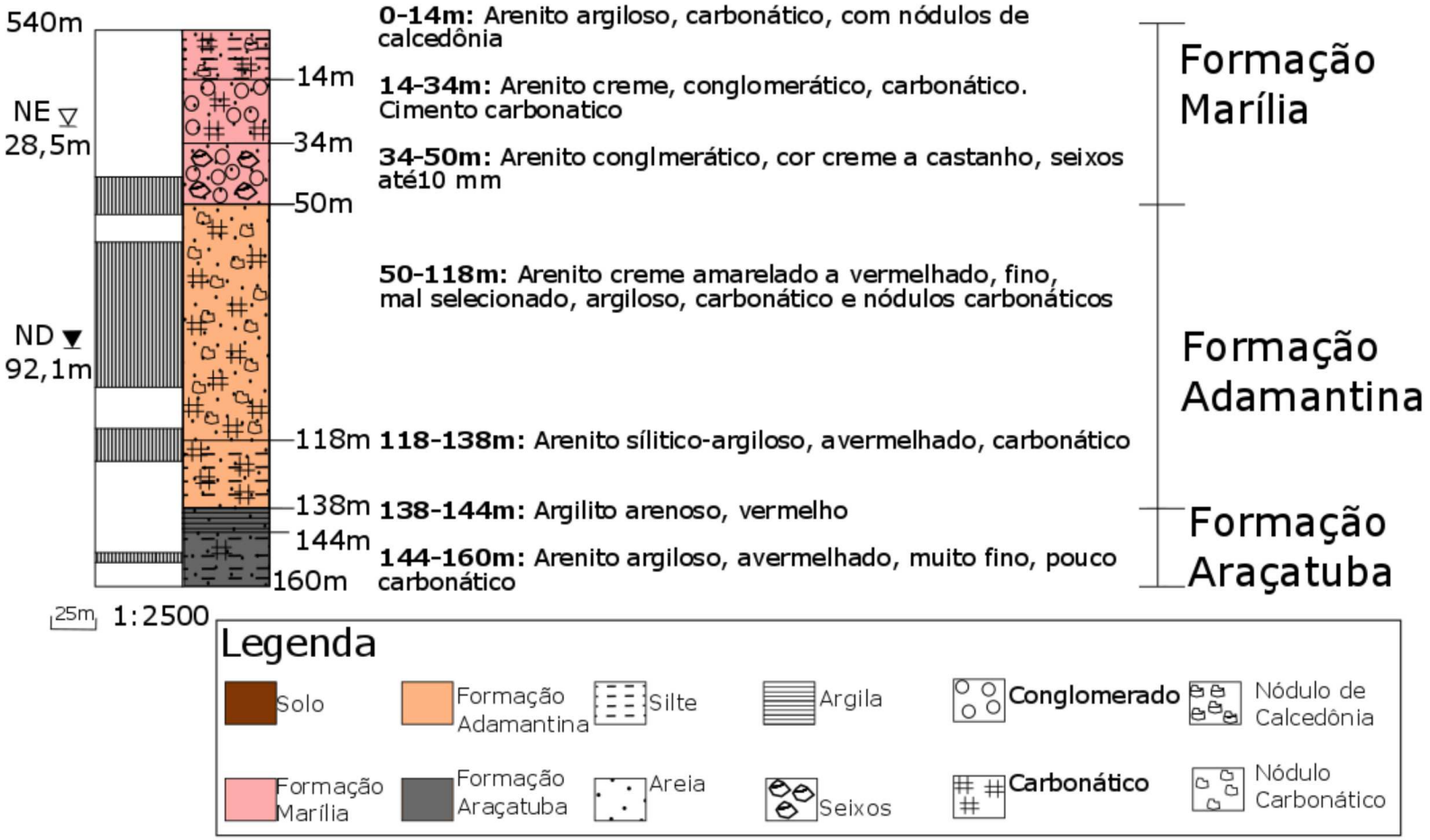
Formação Adamantina

Formação Araçatuba

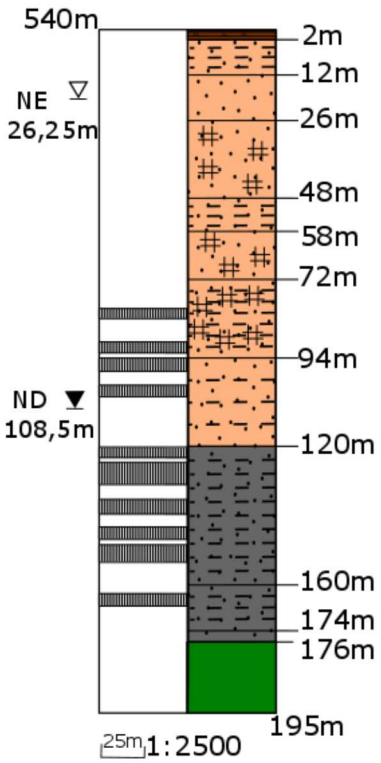
Legenda

Solo
Formação Adamantina
Silte
Argila
Conglomerático
Formação Marília
Formação Araçatuba
Areia
Carbonático

IPT 13


540m
NE
28,5m
ND
92,1m
14m
34m
50m
118m
138m
144m
160m
25m
1:2500
0-14m: Arenito argiloso, carbonático, com nódulos de calcedônia
14-34m: Arenito creme, conglomerático, carbonático. Cimento carbonatico
34-50m: Arenito conglmerático, cor creme a castanho, seixos até10 mm
50-118m: Arenito creme amarelado a vermelhado, fino, mal selecionado, argiloso, carbonático e nódulos carbonáticos
118-138m: Arenito sílitico-argiloso, avermelhado, carbonático
138-144m: Argilito arenoso, vermelho
144-160m: Arenito argiloso, avermelhado, muito fino, pouco carbonático
Formação Marília
Formação Adamantina
Formação Araçatuba
Legenda
Solo
Formação Adamantina
Silte
Argila
Conglomerado
Nódulo de Calcedônia
Formação Marília
Formação Araçatuba
Areia
Seixos
Carbonático
Nódulo Carbonático

IPT 14



0-12m: Solo argiloso cinza, calcífero

2-12m: Arenito muito fino, argiloso, vermelho

26-48m: Arenito muito fino, médio, calcífero, marrom

48-58m: Arenito marrom, muito fino argiloso

58-72m: Arenito muito fino, medio, calcífero, marrom

72-94m: Arenito muito fino, marrom, silto-argiloso, calcífero

94-120m: Arenito pouco argiloso, fino a muito fino

120-160m: Arenito argiloso, fino a muito fino

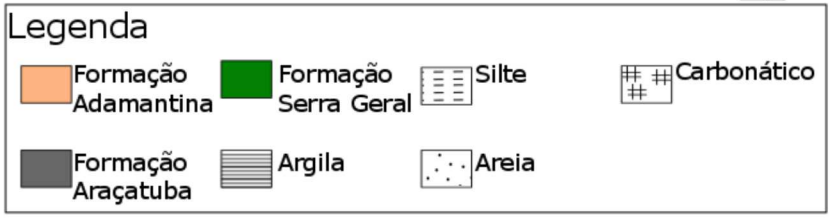
160-174m: Arenito marrom, fino a médio, argiloso

176-195m: Basalto, cinza escuro, duro

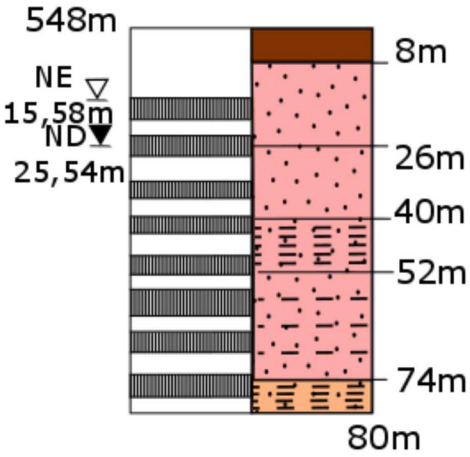
Formação Adamantina

Formação Araçatuba

Formação Serra Geral



IPT 41



0-8m: Solo residual

8-26m: Arenito mais compacto, coloração avermelhada

26-40m: Arenito pouco compacto, coloração marrom claro

40-52m: Arenito de cor rósea, argilosos, duros, granulação fina a média

52-74m: Arenito de cor branca a rósea, friáveis, pouco argilosos, granulação fina, pouco cimentados, grãos subangulosos a subarrendondados

74-80m: Arenito de cor rósea, argilosos, duros, granulção fina a média

Formação Marília

Formação Adamantina

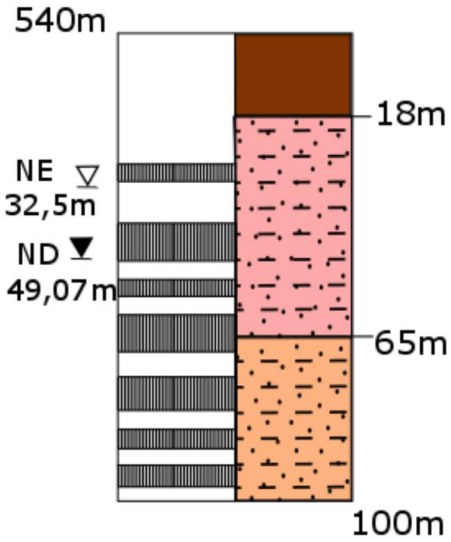
25m

1:2500

Legenda

- Solo
- Formação Adamantina
- Areia
- Formação Marília
- Silte/Argila
- Argila

IPT 44



0-18m: Solo residual, resultante de alterações de rochas detríticas

18-65m: Arenitos, siltitos e camadas e/ou níveis de argilitos

65-100m: Arenitos, siltitos e camadas e/ou níveis de argilitos

Formação Marília

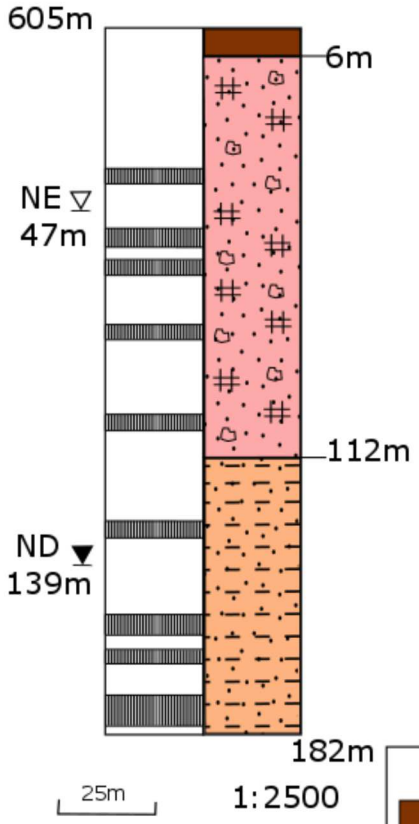
Formação Adamantina

25m 1:2500

Legenda

- Solo
- Formação Adamantina
- Silte/Argila
- Formação Marília
- Areia

IPT 49



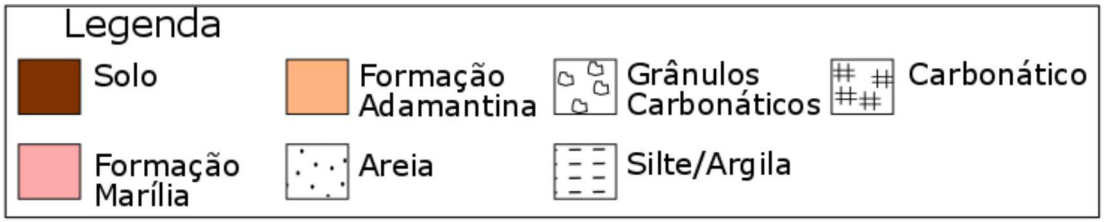
0-6m: Solo Residual

6-112m: Arenito fino a médio, marrom-claro a avermelhado. Raras intercalações de arenito grosso. Presença de grânulos carbonáticos

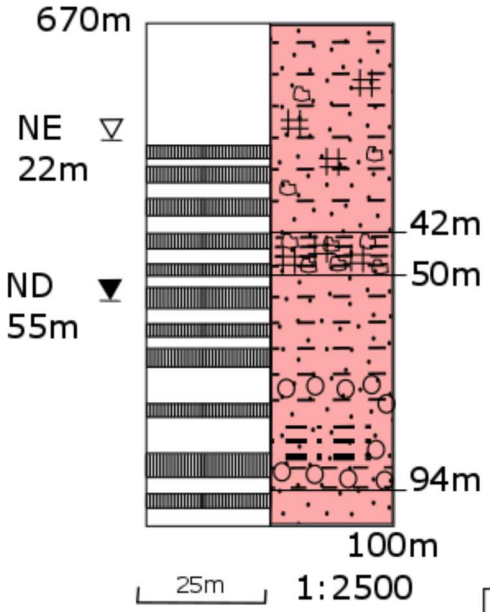
Formação Marília

112-182m: Arenito fino a médio, marrom claro, com intercalações de camadas siltosasa e argilosas

Formação Adamantina



IPT 63



0-42m: Areia fina, com intercalações argilosas, marrom avermelhada (poucos nódulos carbonáticos)

42-50m: Areia fina argilosa, com maior quantidade de nódulos carbonaticos, argilosas, marrom avermlhada

50-94m: Areia fina, média e grossa, bege, com concentração argilosa enre 90 a 92 m e maior concentração de areia grossa e cascalho fino entre 78 e 80m e 92 e 94m

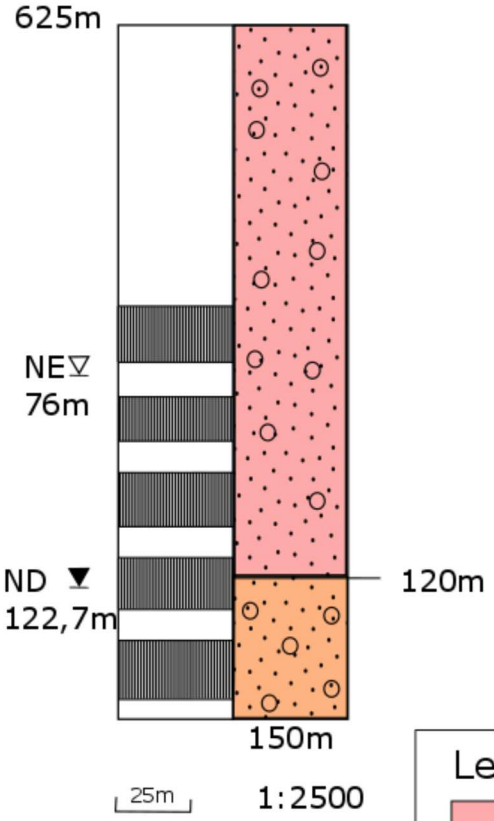
94-100m: Areia média e fina, com fragmentos esparsos de Arenito, bege

Formação Marília

Legenda

- Formação Marília
- Areia
- Silte/Argila
- Carbonático
- Cascalho
- Nódulos Carbonáticos

IPT 72



0-120m: Arenitos conglomerados

Formação Marília

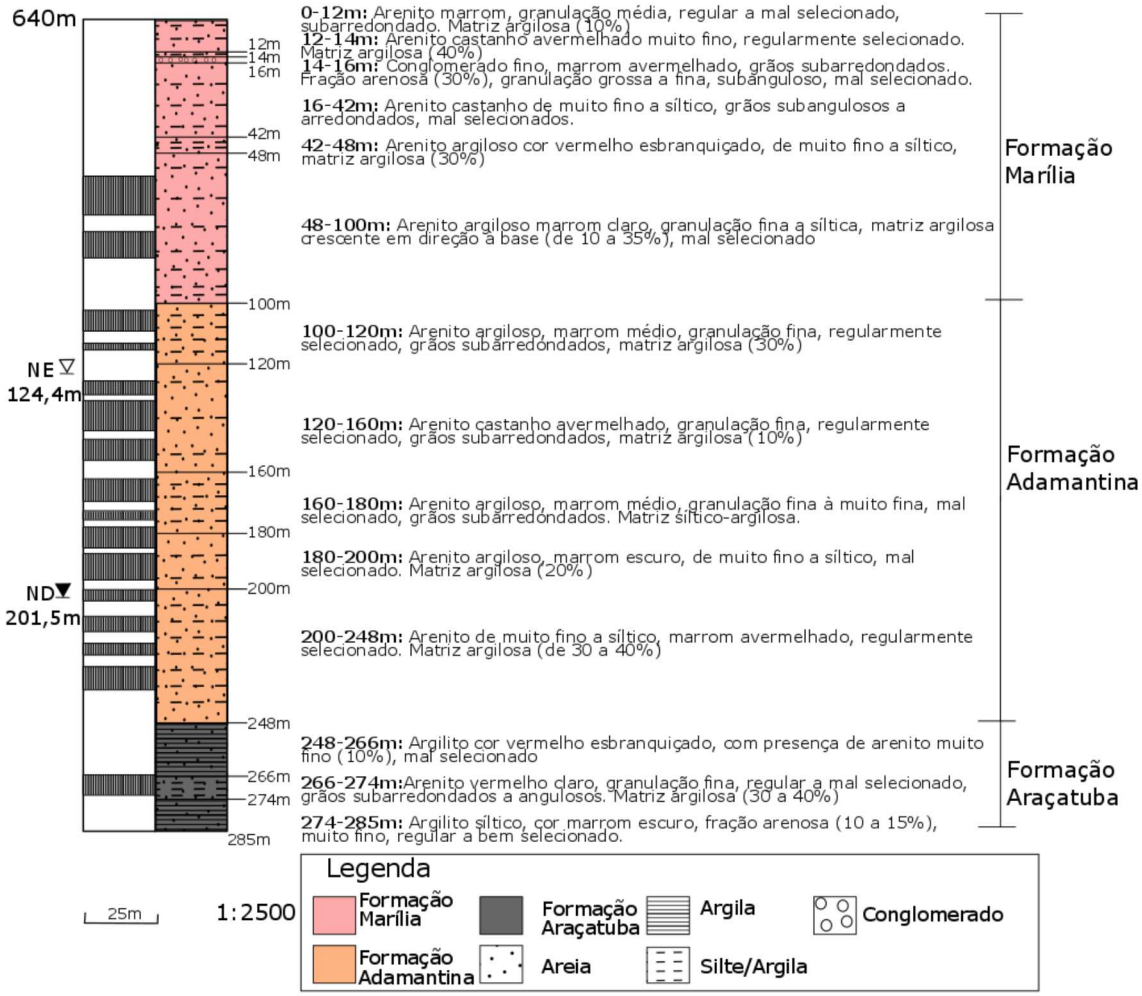
120-150m: Arenitos conglomerados

Formação Adamantina

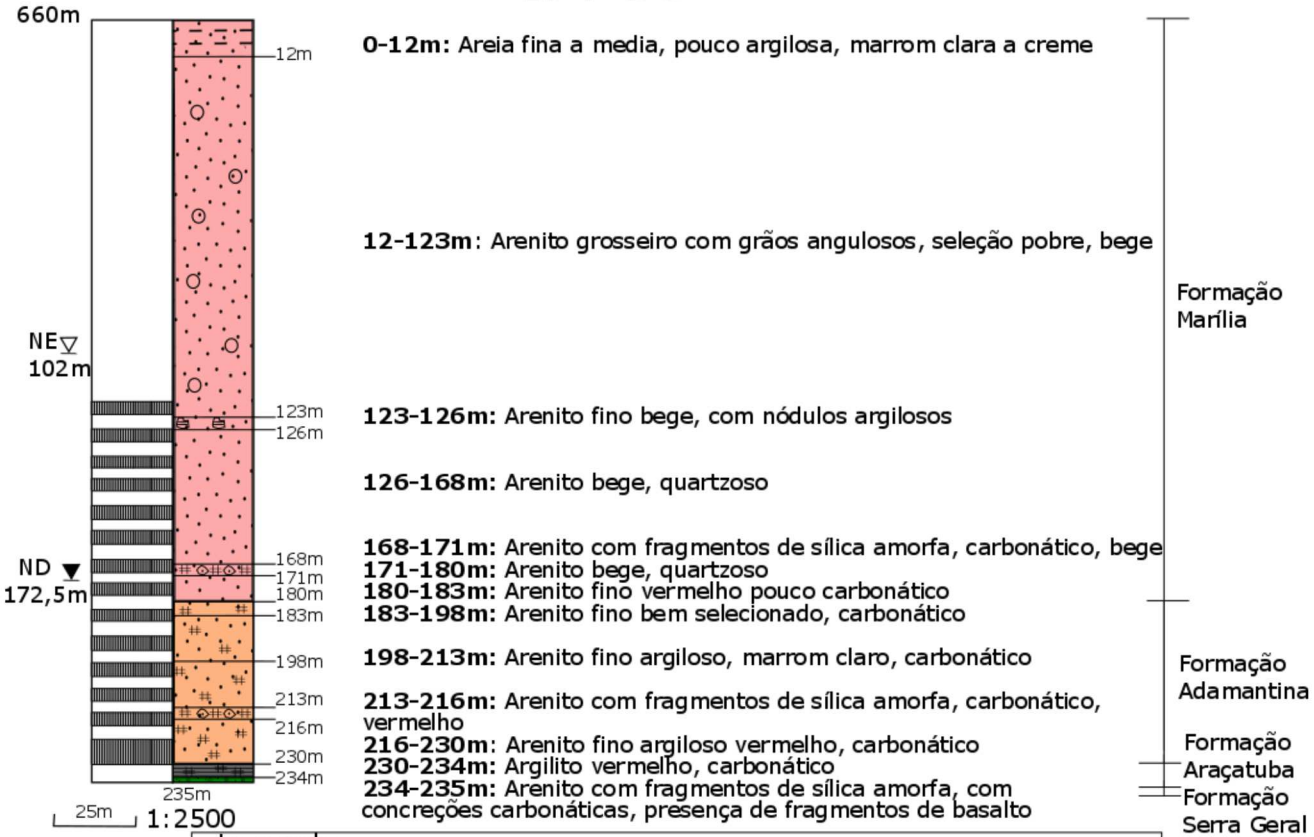
Legenda

- Formação Marília
- Formação Adamantina
- Areia
- Conglomerático

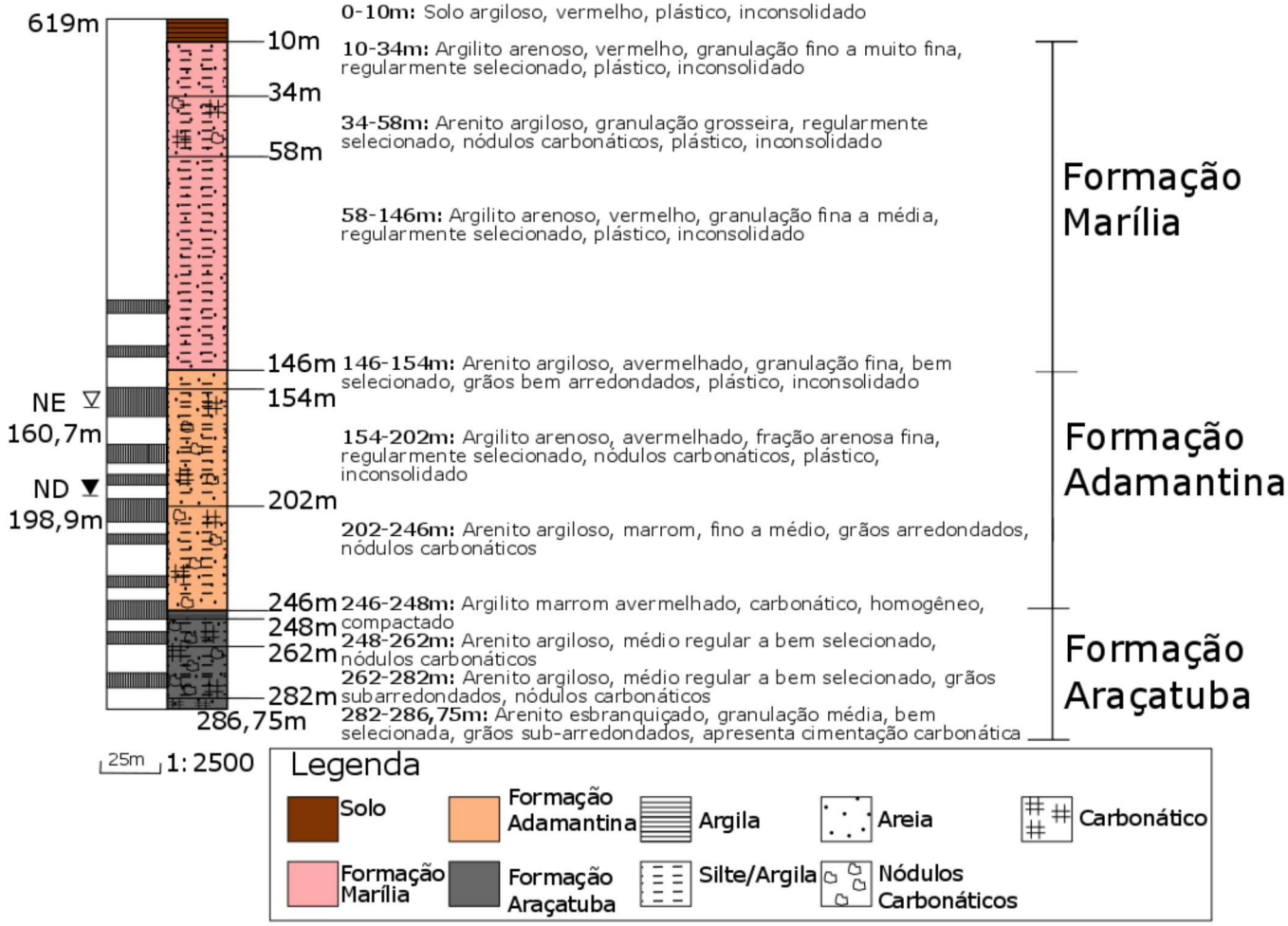
IPT 94


640m
12m
14m
16m
42m
48m
100m
NE
124,4m
120m
160m
180m
ND
201,5m
200m
248m
266m
274m
285m
0-12m: Arenito marrom, granulação média, regular a mal selecionado, subarredondado. Matriz argilosa (10%)
12-14m: Arenito castanho avermelhado muito fino, regularmente selecionado. Matriz argilosa (40%)
14-16m: Conglomerado fino, marrom avermelhado, grãos subarredondados. Fração arenosa (30%), granulação grossa a fina, subanguloso, mal selecionado.
16-42m: Arenito castanho de muito fino a siltico, grãos subangulosos a arredondados, mal selecionados.
42-48m: Arenito argiloso cor vermelho esbranquiçado, de muito fino a siltico, matriz argilosa (30%)
48-100m: Arenito argiloso marrom claro, granulação fina a siltica, matriz argilosa crescente em direção à base (de 10 a 35%), mal selecionado
100-120m: Arenito argiloso, marrom médio, granulação fina, regularmente selecionado, grãos subarredondados, matriz argilosa (30%)
120-160m: Arenito castanho avermelhado, granulação fina, regularmente selecionado, grãos subarredondados, matriz argilosa (10%)
160-180m: Arenito argiloso, marrom médio, granulação fina à muito fina, mal selecionado, grãos subarredondados. Matriz siltico-argilosa.
180-200m: Arenito argiloso, marrom escuro, de muito fino a siltico, mal selecionado. Matriz argilosa (20%)
200-248m: Arenito de muito fino a siltico, marrom avermelhado, regularmente selecionado. Matriz argilosa (de 30 a 40%)
248-266m: Argilito cor vermelho esbranquiçado, com presença de arenito muito fino (10%), mal selecionado
266-274m: Arenito vermelho claro, granulação fina, regular a mal selecionado, grãos subarredondados a angulosos. Matriz argilosa (30 a 40%)
274-285m: Argilito siltico, cor marrom escuro, fração arenosa (10 a 15%), muito fino, regular a bem selecionado.
Formação Marília
Formação Adamantina
Formação Araçatuba
25m
1:2500
Legenda
Formação Marília
Formação Araçatuba
Argila
Conglomerado
Formação Adamantina
Areia
Silte/Argila

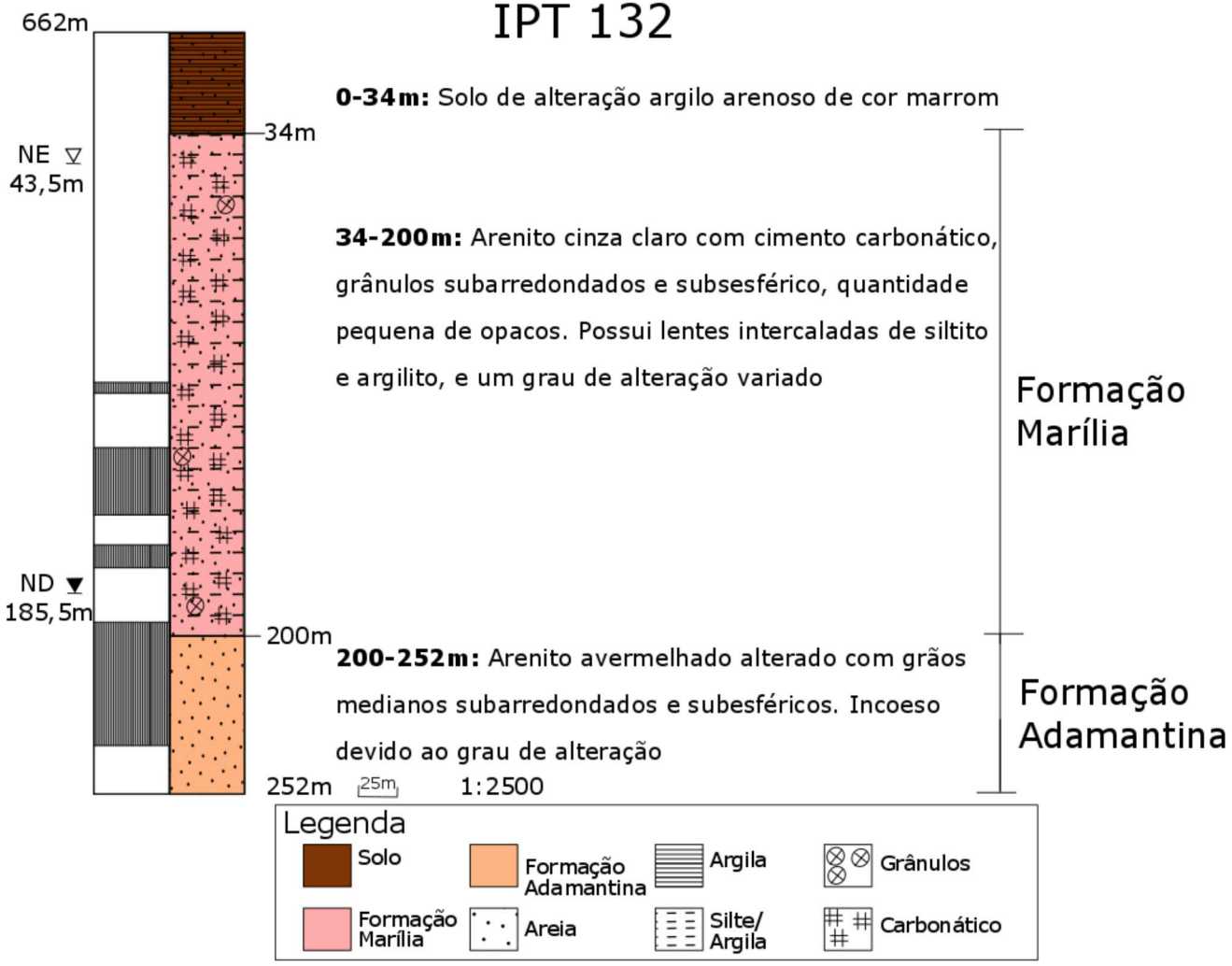
IPT 96


660m
12m
NE
102m
123m
126m
ND
172,5m
168m
171m
180m
183m
198m
213m
216m
230m
234m
235m
25m
1:2500
0-12m: Areia fina a media, pouco argilosa, marrom clara a creme
12-123m: Arenito grosseiro com grãos angulosos, seleção pobre, bege
123-126m: Arenito fino bege, com nódulos argilosos
126-168m: Arenito bege, quartzoso
168-171m: Arenito com fragmentos de sílica amorfa, carbonático, bege
171-180m: Arenito bege, quartzoso
180-183m: Arenito fino vermelho pouco carbonático
183-198m: Arenito fino bem selecionado, carbonático
198-213m: Arenito fino argiloso, marrom claro, carbonático
213-216m: Arenito com fragmentos de sílica amorfa, carbonático, vermelho
216-230m: Arenito fino argiloso vermelho, carbonático
230-234m: Argilito vermelho, carbonático
234-235m: Arenito com fragmentos de sílica amorfa, com concreções carbonáticas, presença de fragmentos de basalto
Formação Marília
Formação Adamantina
Formação Araçatuba
Formação Serra Geral
Legenda
Formação Marília
Formação Araçatuba
Argila
Areia
Carbonático
Fragmentos Sílica Amorfa
Formação Adamantina
Formação Serra Geral
Silte/ Argila
Grãos Grossos
Nódulos Argilosos

IPT 130


619m
10m
34m
58m
146m
154m
NE
160,7m
ND
198,9m
202m
246m
248m
262m
282m
286,75m
0-10m: Solo argiloso, vermelho, plástico, inconsolidado
10-34m: Argilito arenoso, vermelho, granulação fino a muito fina, regularmente selecionado, plástico, inconsolidado
34-58m: Arenito argiloso, granulação grosseira, regularmente selecionado, nódulos carbonáticos, plástico, inconsolidado
58-146m: Argilito arenoso, vermelho, granulação fina a média, regularmente selecionado, plástico, inconsolidado
146-154m: Arenito argiloso, avermelhado, granulação fina, bem selecionado, grãos bem arredondados, plástico, inconsolidado
154-202m: Argilito arenoso, avermelhado, fração arenosa fina, regularmente selecionado, nódulos carbonáticos, plástico, inconsolidado
202-246m: Arenito argiloso, marrom, fino a médio, grãos arredondados, nódulos carbonáticos
246-248m: Argilito marrom avermelhado, carbonático, homogêneo, compactado
248-262m: Arenito argiloso, médio regular a bem selecionado, nódulos carbonáticos
262-282m: Arenito argiloso, médio regular a bem selecionado, grãos subarredondados, nódulos carbonáticos
282-286,75m: Arenito esbranquiçado, granulação média, bem selecionada, grãos sub-arredondados, apresenta cimentação carbonática
Formação Marília
Formação Adamantina
Formação Araçatuba
25m
1:2500
Legenda
Solo
Formação Adamantina
Argila
Areia
Carbonático
Formação Marília
Formação Araçatuba
Silte/Argila
Nódulos Carbonáticos

IPT 132



0-34m: Solo de alteração argilo arenoso de cor marrom

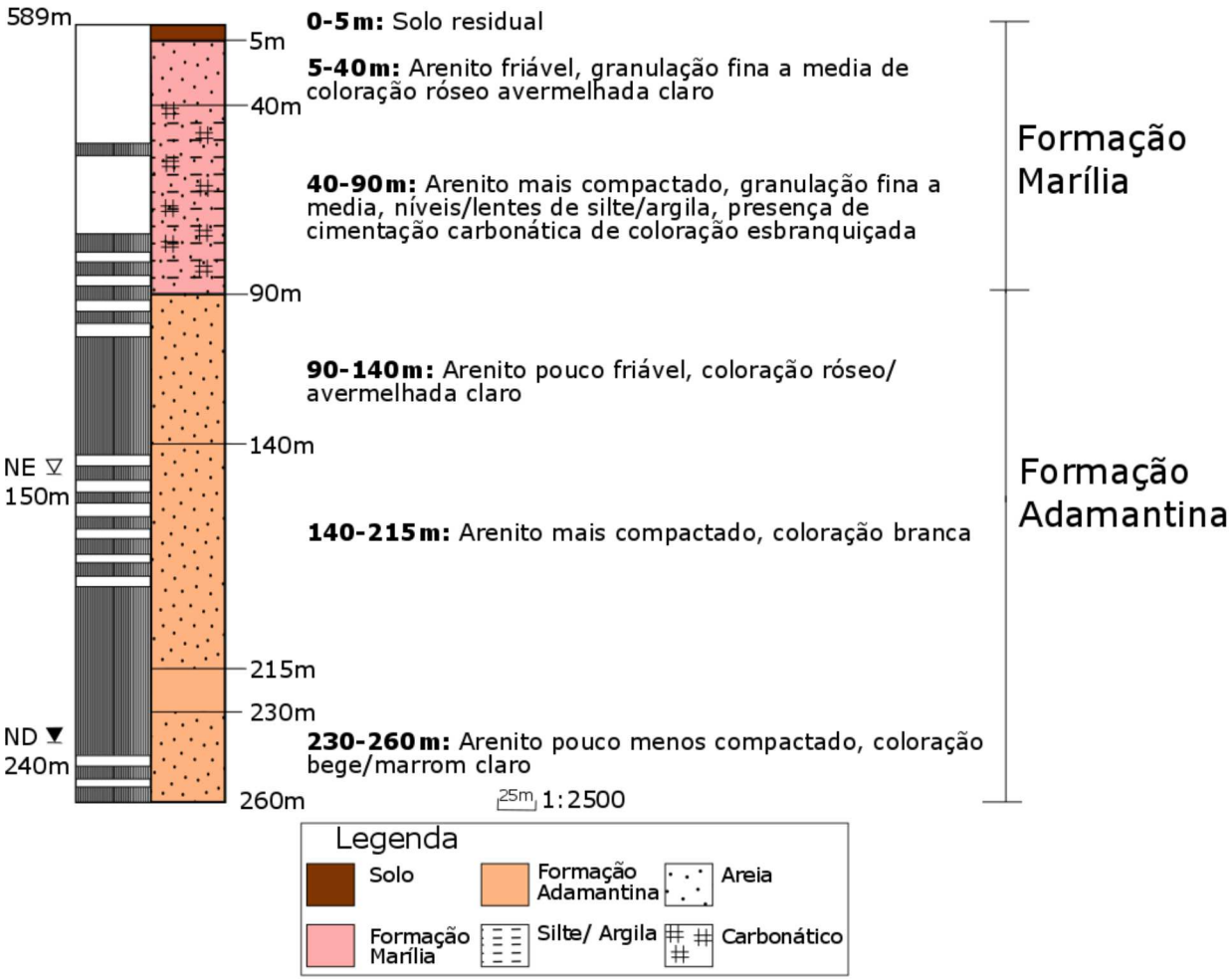
34-200m: Arenito cinza claro com cimento carbonático, grânulos subarredondados e subsesférico, quantidade pequena de opacos. Possui lentes intercaladas de siltito e argilito, e um grau de alteração variado

Formação Marília

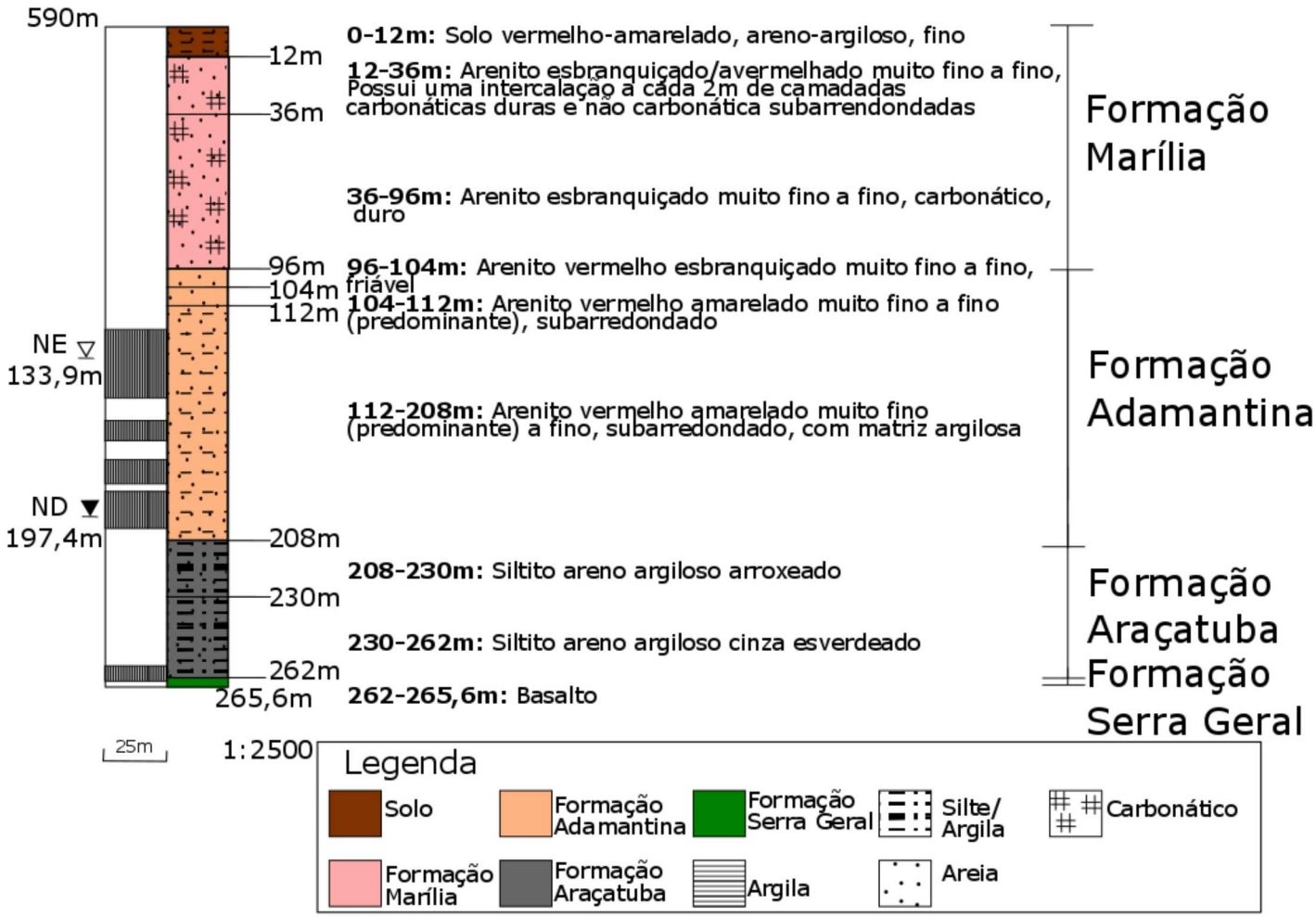
200-252m: Arenito avermelhado alterado com grãos medianos subarredondados e subesféricos. Incoeso devido ao grau de alteração

Formação Adamantina

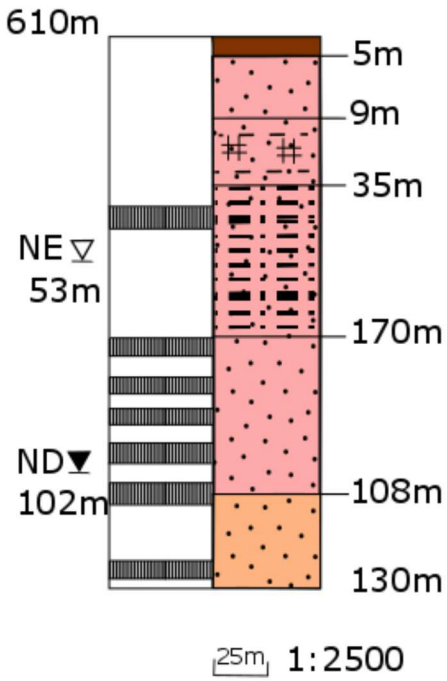
IPT173


589m
5m
40m
90m
140m
NE
150m
215m
230m
ND
240m
260m
0-5m: Solo residual
5-40m: Arenito friável, granulação fina a media de coloração róseo avermelhada claro
40-90m: Arenito mais compactado, granulação fina a media, níveis/lentes de silte/argila, presença de cimentação carbonática de coloração esbranquiçada
90-140m: Arenito pouco friável, coloração róseo/ avermelhada claro
140-215m: Arenito mais compactado, coloração branca
230-260m: Arenito pouco menos compactado, coloração bege/marrom claro
25m 1:2500
Formação Marília
Formação Adamantina
Legenda
Solo
Formação Adamantina
Areia
Formação Marília
Silte/ Argila
Carbonático

IPT 243


590m
12m
36m
96m
104m
112m
NE
133,9m
ND
197,4m
208m
230m
262m
265,6m
0-12m: Solo vermelho-amarelado, areno-argiloso, fino
12-36m: Arenito esbranquiçado/avermelhado muito fino a fino, Possui uma intercalação a cada 2m de camadadas carbonáticas duras e não carbonática subarrendondadas
36-96m: Arenito esbranquiçado muito fino a fino, carbonático, duro
96-104m: Arenito vermelho esbranquiçado muito fino a fino, friável
104-112m: Arenito vermelho amarelado muito fino a fino (predominante), subarredondado
112-208m: Arenito vermelho amarelado muito fino (predominante) a fino, subarredondado, com matriz argilosa
208-230m: Siltito areno argiloso arroxeado
230-262m: Siltito areno argiloso cinza esverdeado
262-265,6m: Basalto
Formação Marília
Formação Adamantina
Formação Araçatuba
Formação Serra Geral
25m
1:2500
Legenda
Solo
Formação Adamantina
Formação Serra Geral
Silte/ Argila
Carbonático
Formação Marília
Formação Araçatuba
Argila
Areia

IPT 245



0-5m: Solo Residual
5-9m: Arenito friável, fino a médio
9-35m: Arenito pouco mais compactado, granulação fina a media, lentes de silte/argila, cimentação carbonática
35-170m: Siltito/argilito, com bancos/estratos de arenito

170-108m: Arenito mais compactado

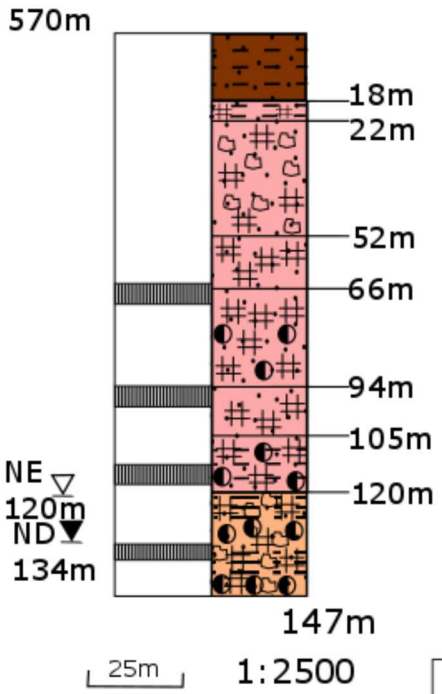
108-130m: Arenito pouco compactado

Legenda
- Solo
- Formação Adamantina
- Areia
- Formação Marília
- Silte/ Argila
- Carbonático

Formação Marília

Formação Adamantina

IPT 261



0-18m: Solo areno-argiloso, de cor marrom claro

18-22m: Arenito muito fino a médio, siltoso, com cimentação carbonática, cor marrom claro, grãos subangulosos a subarredondados

22-52m: Arenito muito fino a grosso, cor marrom claro a cinza claro esbranquiçado, grãos subangulosos a subarredondados, com nódulos e cimentação carbonática

52-66m: Arenito muito fino a médio, pouco friável, de cor marrom claro, grãos subangulosos a subarredondados, com cimentação carbonática

66-94m: Arenito muito fino a grosso, cor marrom claro a cinza claro, com seixos polimíticos, grãos subangulosos a subarredondados com cimentação carbonática

94-105m: Arenito muito fino a médio, cor marrom claro, grãos subangulosos a subarredondados, pouco friável, com cimentação carbonática

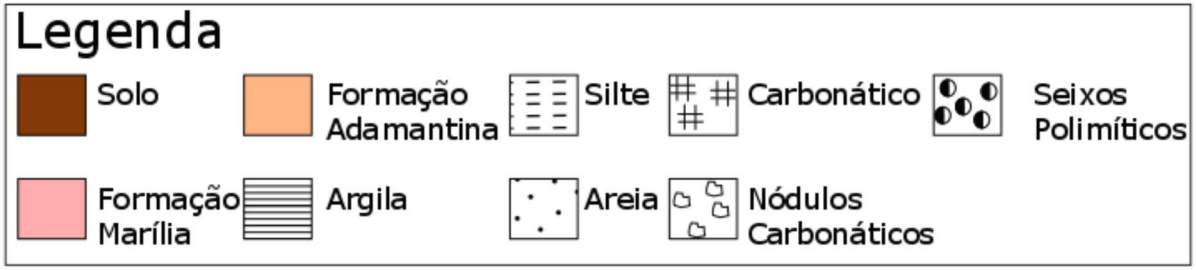
105-120m: Arenito muito fino a médio, siltoso, cor marrom claro a cinza claro, com cimento carbonático e seixos polimíticos, grãos subangulosos a subarredondados

120-147m: Arenito fino a médio, cor marrom claro, friável, com intercalações de siltito marrom avermelhado e seixos dispersos, grãos subarredondados a subangulosos, com nódulos carbonáticos

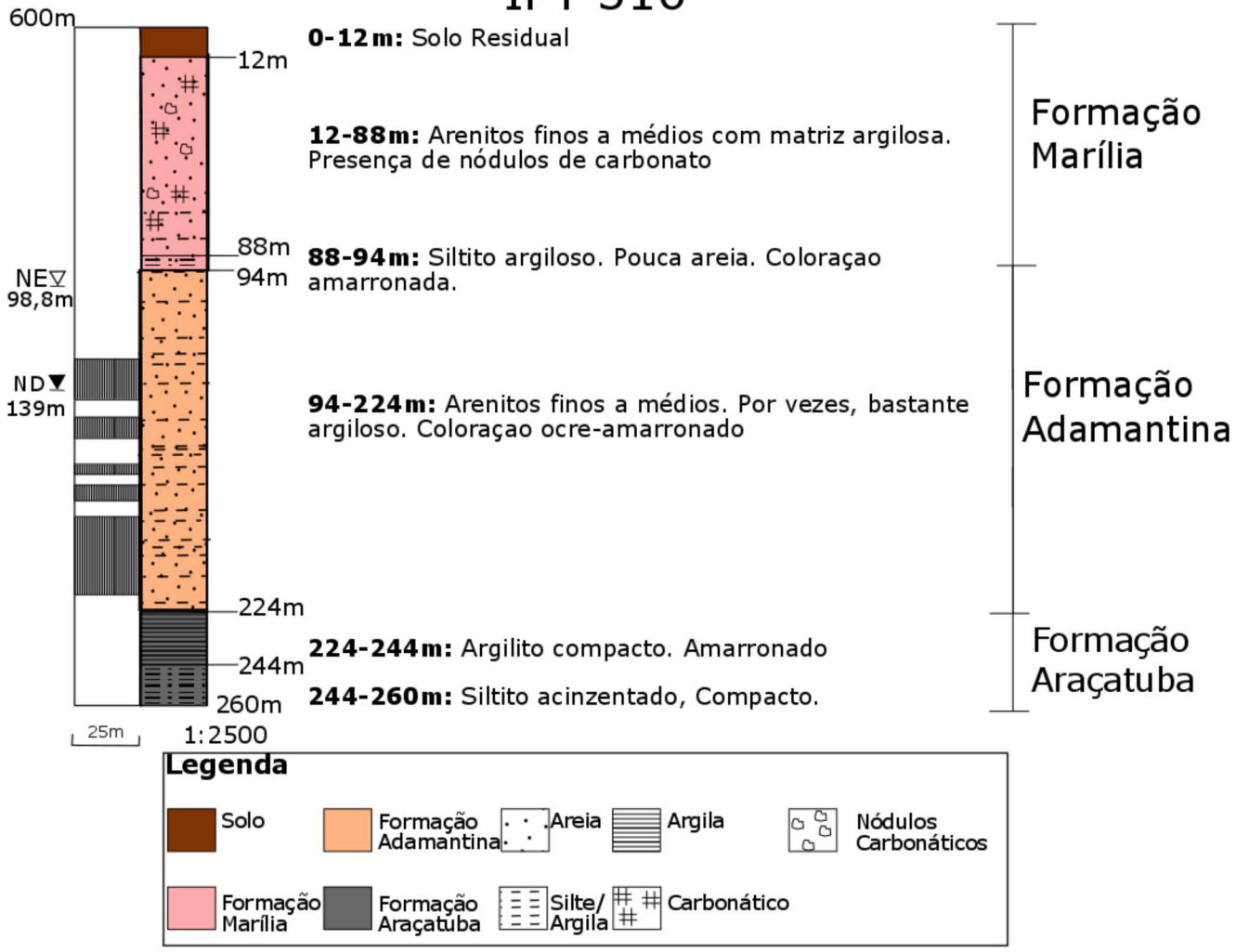
Formação Marília

Formação Adamantina

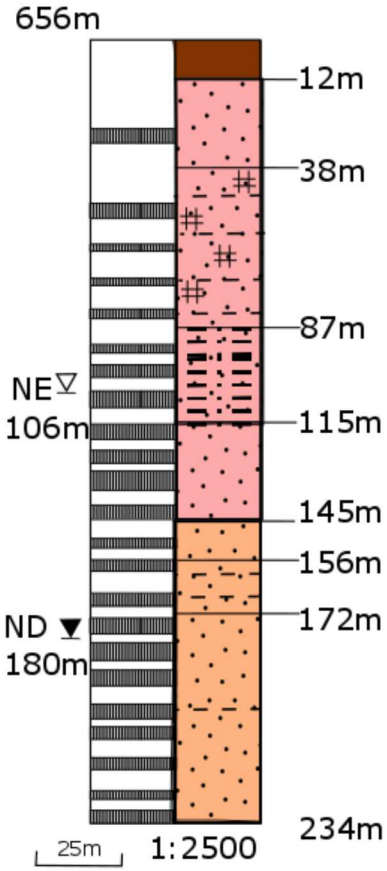
Legenda



IPT 316


600m
12m
88m
94m
NE▽
98,8m
ND▼
139m
224m
244m
260m
25m
1:2500
0-12m: Solo Residual
12-88m: Arenitos finos a médios com matriz argilosa. Presença de nódulos de carbonato
88-94m: Siltito argiloso. Pouca areia. Coloraçao amarronada.
94-224m: Arenitos finos a médios. Por vezes, bastante argiloso. Coloraçao ocre-amarronado
224-244m: Argilito compacto. Amarronado
244-260m: Siltito acinzentado, Compacto.
Formação Marília
Formação Adamantina
Formação Araçatuba
Legenda
Solo
Formação Adamantina
Areia
Argila
Nódulos Carbonáticos
Formação Marília
Formação Araçatuba
Silte/ Argila
Carbonático

IPT 328



0-12m: Solo Residual

12-38m: Arenito frável, granulaçao fina a média de coloração avermelhada claro

38-87m: Arenito pouco mais compactado, granulação fina a média, lentes de silte/argila-cimentaçao carbonatica de coloração avermelhada clara

87-115m: Siltito/argilito, com bancos/estratos de arenito, coloração pardacenta- cinza claro

115-145m: Arenito mais compactado, coloraçao avermelhado

145-156m: Arenito pouco compactado, coloraçao marrom claro

156-172m: Arenito de cor rósea, argilosos, duros, granulaçao fina a média

172-234m: Arenito de cor branca a rósea, friáveis, pouco argilosos, granulação fina, pouco cimentado, grãos subangulosos a subarredondados.

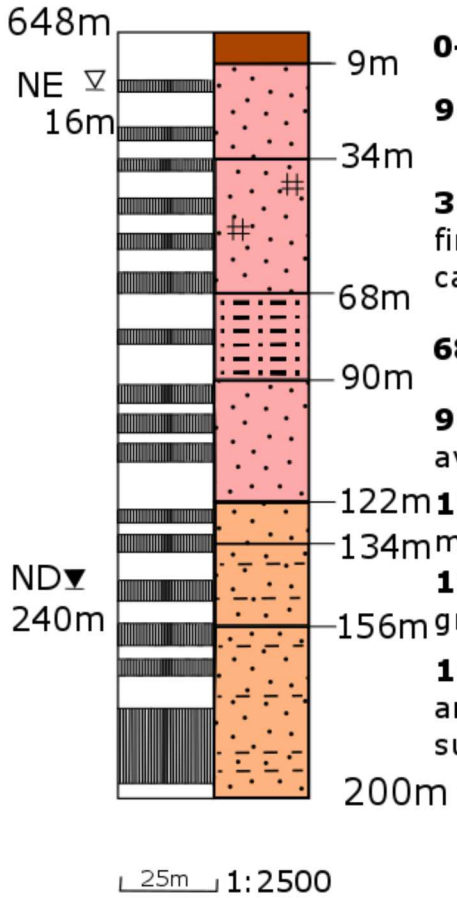
Legenda

- Solo
- Formação Adamantina
- Silte/Argila
- Formação Marília
- Areia
- Carbonático

Formação Marília

Formação Adamantina

IPT 331



0-9m: Solo residual

9-34m: Arenito fino, friável, granulação fina a média

34-68m: Arenito pouco mais compactado, granulação fina a média, lentes de silte/argila e cimento carbonático

68-90m: Siltito-argilito, com bancos/estratos de arenito

90-122m: Arenito mais compactado, coloração avermelhada

122-134m: Arenito pouco compactado, coloração marrom claro

134-156m: Arenito de cor rósea, argiloso duro, granulação fina a media

156-200m: Arenito branco a róseo, friável, pouco argiloso, granulação fina, pouco cimentado, grãos subangulosos

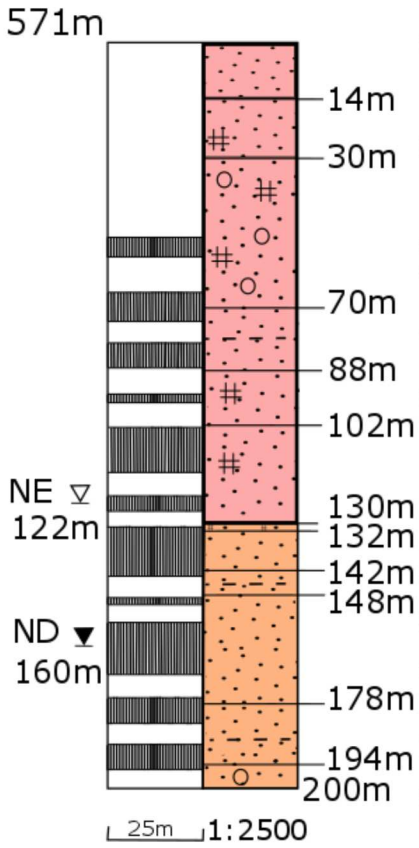
Formação Marília

Formação Adamantina

Legenda

- Solo
- Formação Adamantina
- Silte/Argila
- Formação Marília
- Areia
- Carbonático

IPT 347



0-14m: Arenito marrom claro, fino a grosso, mal selecionado

14-30m: Arenito esbranquiçado, carbonático, cimentado, fino a grosso

30-70m: Arenito muito fino a grosso, creme, carbonático, conglomerático

70-88m: Arenito médio a fino, marrom claro, matriz argilosa

88-102m: Arenito marrom claro, fino a grosso, carbonático

102-130m: Arenito marrom escuro, fino a grosso, carbonático

130-132m: Arenito marrom claro, fino a médio, carbonático matriz argilosa

132-142m: Arenito creme, fino a medio, friável, pouca matriz argilosa

142-18m: Arenito muito fino a grosso, marrom claro, matriz argilosa

148-178m: Arenito marrom claro, fino a medio, arredondado, friável

178-194m: Arenito creme claro, arredondado, fino a médio, pouca matriz argilosa

194-20m: Arenito argiloso, muito fino a fino, arredondado, conglomerático

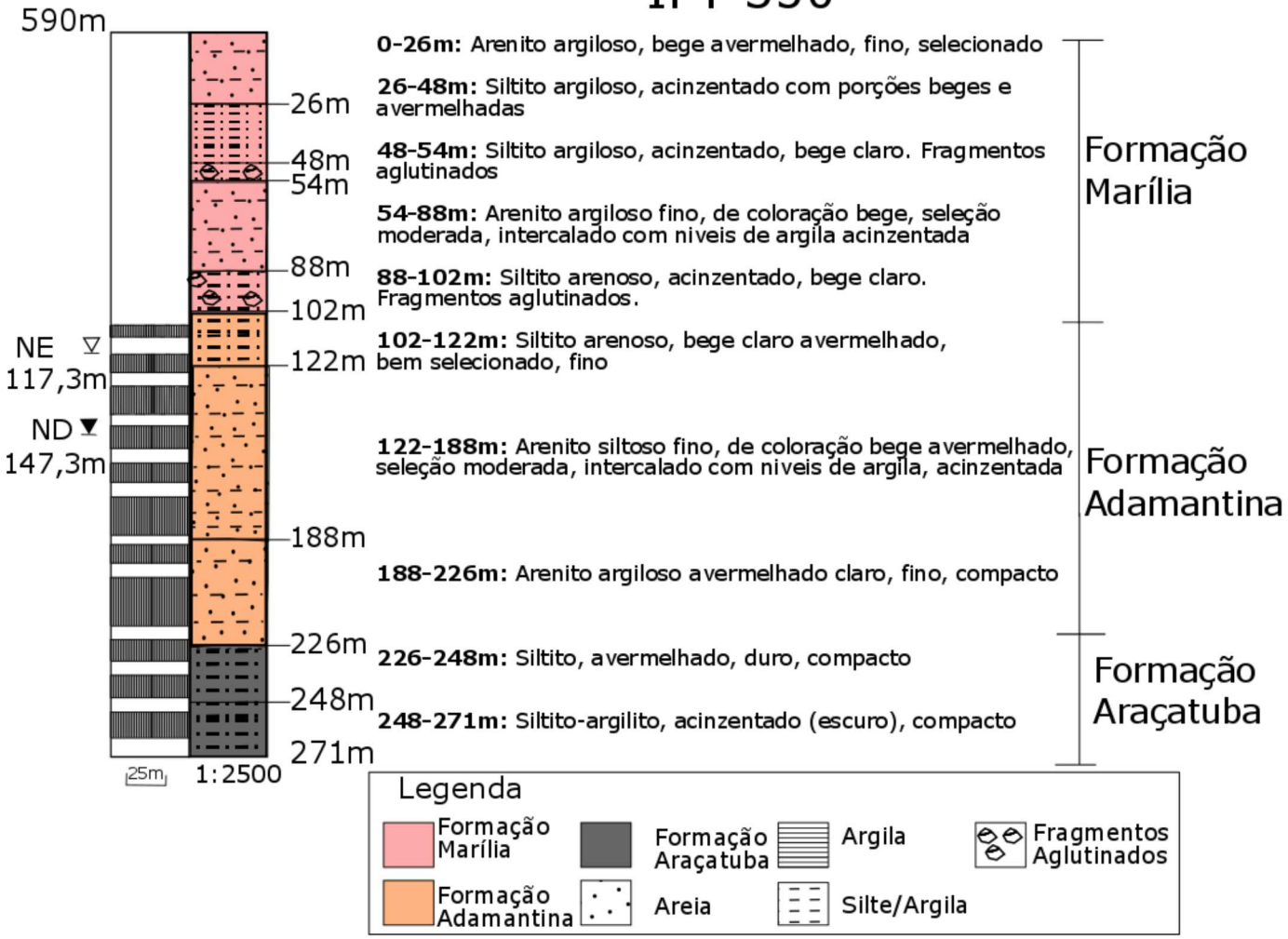
Formação Marília

Formação Adamantina

Legenda

- Formação Marília
- Formação Adamantina
- Areia
- Silte/ Argila
- Conglomerado
- Carbonático

IPT 350


590m
26m
48m
54m
88m
102m
NE
117,3m
122m
ND
147,3m
188m
226m
248m
271m
25m
1:2500
0-26m: Arenito argiloso, bege avermelhado, fino, selecionado
26-48m: Siltito argiloso, acinzentado com porções beges e avermelhadas
48-54m: Siltito argiloso, acinzentado, bege claro. Fragmentos aglutinados
54-88m: Arenito argiloso fino, de coloração bege, seleção moderada, intercalado com niveis de argila acinzentada
88-102m: Siltito arenoso, acinzentado, bege claro. Fragmentos aglutinados.
102-122m: Siltito arenoso, bege claro avermelhado, bem selecionado, fino
122-188m: Arenito siltoso fino, de coloração bege avermelhado, seleção moderada, intercalado com niveis de argila, acinzentada
188-226m: Arenito argiloso avermelhado claro, fino, compacto
226-248m: Siltito, avermelhado, duro, compacto
248-271m: Siltito-argilito, acinzentado (escuro), compacto
Formação Marília
Formação Adamantina
Formação Araçatuba
Legenda
Formação Marília
Formação Araçatuba
Argila
Fragmentos Aglutinados
Formação Adamantina
Areia
Silte/Argila

Anexo 3 – Cargas hidráulicas

Aquífero Marília					
Número do Poço	Cota (m)	NE (m)	Carga Hidráulica (m)	Coordenada x	Coordenada Y
18	550	35	515	665295	7518669
19	562	40	522	665001	7520485
42	684		684	636790	7524940
44	540	32.5	507.5	648643	7533938
46	670	2	668	638100	7542550
48	682	15.22	666.78	639100	7543250
56	655	30	625	633330	7531410
61	670	22	648	638100	7542550
63	670	22	648	637050	7543250
64	675	32.5	642.5	639900	7540400
65	648	32	616	637068	7543096
66	632	57	575	637050	7541237
72	650	76	574	634960	7541940
83	664	20.01	643.99	634150	7535198
116	648	35	613	612832	7541418
127	641	32	609	606426	7548112
134	650	32	618	609740	7541850
142	640	38.8	601.2	607680	7544520
143	642	20.7	621.3	609220	7543870
145	641	2.18	638.82	607840	7543240
148	605	11.74	593.26	612900	7544020
151	640	1.95	638.05	607320	7541780
152	641	2.14	638.86	607350	7541750
155	658	30.5	627.5	610760	7541530
156	660	25	635	609750	7541900
163	637	23	614	607482	7548984
193	664	17.3	646.7	607880	7543940
197	619	12	607	606420	7546260
216	603	39.27	563.73	606250	7547570
222	673	28.7	644.3	611410	7541410
225	605	38	567	608018	7517423
329	629	21.33	607.67	623302	7541557

Aquífero Adamantina					
Número do Poço	Cota (m)	NE (m)	Carga Hidráulica (m)	Coordenada x	Coordenada Y
13	540	28.5	511.5	624860	7518171
30	569	30	539	663380	7519890
35	675	73	602	646533	7531022
36	668	76	592	645524	7531886
115	450	12	438	615138	7564623
129	480	30	450	602840	7541000
136	650	151	499	612800	7541300
144	645	182.56	462.44	609470	7543440
164	506	30	476	611687	7570034
316	600	98.88	501.12	571680	7559200
318	590	119.89	470.11	572340	7559190
Adamantina Aflorante					
Número do Poço	Cota (m)	NE (m)	Carga Hidráulica (m)	Coordenada x	Coordenada Y
BO-2	450	81.95	368.05	553350	7548970
BO-4	480	29.2	450.8	546850	7536880
HE-2	425	16	409	565350	7577800
HE-4	509	21.17	487.83	563280	7564560
HE-5	468	32	436	562630	7570530
GE-1	479	28	451	610450	7588850
GU-7	480	23.12	456.88	613710	7576740
GU-3	460	17	443	613710	7576740
LU-2	573	38.82	534.18	562260	7528200
TU-6	450	13.1	436.9	548650	7557700
TU-5	450	4.13	445.87	547100	7575300
TU-6	450	13.1	436.9	548650	7557700
TU-11	432	2.6	429.4	551500	7576100
UB-1	490	36.62	453.38	637000	7508400
254	540	35	505	572180	7531480
309	500	22	478	671900	7560500
164	506	30	476	611687	7570034
103	492	57.2	434.8	618945	7566540
242	580	130.31	449.69	592980	7556520
291	456	90	366	585637	7557939

Misto (Aquífero Bauru)					
Número do Poço	Cota (m)	NE (m)	Carga Hidráulica (m)	Coordenada x	Coordenada Y
2	590	42.87	547.13	634100	7558200
3	570	110	460	631800	7556800
5	610	33.7	576.3	632752	7556120
7	625			632700	7557550
9	620	36	584	631650	7557700
10	588	29.85	558.15	632190	7516660
41	548	15.58	532.42	649100	7533720
43	670			645345	7534119
49	605	47	558	629550	7540490
52	634	114	520	630320	7547140
67	650	28.4	621.6	637110	7550150
68	610	26	584	640560	7553930
80	660	28	632	646100	7540600
91	620	114.57	505.43	643230	7539347
94	640	124.37	515.63	627560	7524890
96	660	102	558	618078	7520313
102	630	90	540	598550	7539850
103	492	57.2	434.8	618945	7566540
104	655	119.9	535.1	689270	7543470
107	619	167.66	451.34	606870	7546000
111	661	126.12	534.88	610230	7540970
113	620	124.75	495.25	611650	7539550
114	600	111.7	488.3	607350	7550580
117	628	118.33	509.67	615820	7542140
123	675	23	652	608550	7542450
126	642	138	504	606360	7547780
130	619	160.69	458.31	607100	7546250
132	662	43.5	618.5	612350	7541350
135	660	137.12	522.88	612550	7541020
138	665	120	545	610024	7541099
147	661	126.12	534.88	607650	7544950
149	560	155.48	404.52	612230	7540780
150	560	144.35	415.65	612410	7540730
154	639	96	543	606480	7540290
158	663	17	646	610596	7537135
161	641	126	515	605686	7547685
173	589	150	439	606459	7546637
184	667	112	555	609990	7543970

Misto (Aquífero Bauru)					
Número do Poço	Cota (m)	NE (m)	Carga Hidráulica (m)	Coordenada x	Coordenada Y
198	619	126	493	606620	7546350
218	630	138.54	491.46	606196	7546768
220	630	32	598	604060	7549120
238	580	130.31	449.69	592980	7550520
242	580	130.31	449.69	592980	7556520
245	610	53	557	594140	7549070
247	620	76	544	600200	7551380
253	560	28	532	572762	7526004
261	570	120	450	586440	7554580
262	570	117.5	452.5	586280	7554970
304	612	98	514	583130	7555260
307	563	133.7	429.3	586424	7555663
311	600	109	491	571150	7559000
314	600	102.3	497.7	572850	7559450
319	586	116.39	469.61	572291	7559090
322	647	116.39	530.61	614878	7544230
328	656	106	550	620620	7542240
330	647	26	621	618780	7544230
331	648	16	632	618560	7544010
332	604	6.8	597.2	618170	7545120
333	596	8.12	587.88	617910	7545100
347	571	122.5	448.5	583273	7556925
350	590	117.3	472.7	571950	7559260

Misto (Aquífero Bauru e Serra Geral)					
Número do Poço	Cota (m)	NE (m)	Carga Hidráulica (m)	Coordenada x	Coordenada Y
14	540	20.25	519.75	625300	7516500
28	565	117.25	447.75	663190	7519990
29	569	102	467	663320	7519870
32	540	115.45	424.55	578790	7519450
33	580	123.23	456.77	579300	7518150
39	560	13	547	649400	7534450
45	560	13	547	649400	7534450
95	519	95.85	423.15	624180	7519320
131	662	102.54	559.46	612350	7541200
140	663	254.78	408.22	609960	7541060
174	620	56.5	563.5	607650	7549810
236	605	183.09	421.91	594650	7548800
237	480	120	360	592950	7549250
243	590	133.96	456.04	594100	7549360
244	610	150.34	459.66	593330	7550740
306	570	120	450	585770	7554950
312	600	102.3	497.7	572150	7559450
326	657	190	467	626847	7535020
327	657	173.5	483.5	626353	7534780

Anexo 4 – Dados Fisico-Químicos dos Poços

PROJETO: Aguapeí-Peixe			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 173			DATA: 28.01.11		
DIAM: 311,15mm		PROF: 260	NA: 150	VAZÃO: 3.8L/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (µS/cm)
11:30	24,84	5,82	4,68	786	122
11:33	24,83	5,77	4,65	780,4	121
11:36	24,83	5,76	4,57	771,8	121
PROJETO: Bário			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 350			DATA: 29.01.11		
DIAM: 311,15mm		PROF: 264,63	NA: 117,3	VAZÃO: 4.6L/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (µS/cm)
15:38	23,72	7,11	6,54	124,7	305
15:41	23,73	7,04	6,54	151,7	305
15:44	23,74	7,03	6,64	161,7	305
15:47	23,76	7,02	6,72	172,6	305
PROJETO: Bário			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 350			DATA: 29.01.11		
DIAM: 311,15mm		PROF: 264,63	NA: 117,3	VAZÃO: 4.6L/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (µS/cm)
15:38	23,72	7,11	6,54	124,7	305
15:41	23,73	7,04	6,54	151,7	305
15:44	23,74	7,03	6,64	161,7	305
15:47	23,76	7,02	6,72	172,6	305
PROJETO: Bário			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 245/ IPT 349			DATA: 9/09/14		
DIAM: 230,8mm		PROF.:130	NA: 53	VAZÃO: 3L/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (µS/cm)
15:17	24,01	7,08	5,7	146,7	286
15:20	24,01	7,03	5,73	171,4	276
15:23	23,98	7,03	5,75	178,4	276
15:27	23,93	7,03	5,78	182,9	276
PROJETO: Bário			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 316			DATA: 9/09/14		
DIAM: 311mm		PROF.: 260	NA: 98,88	VAZÃO: 1,2 L/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (µS/cm)
17:24	23,91	6,95	7,14	101,1	253
17:27	23,92	9,69	7,04	149,9	253
17:30	23,95	6,68	6,61	167,9	253
17:33	23,94	6,68	7,38	178,1	253
17:36	23,93	6,68	6,08	184,7	253
17:39	23,93	6,68	7,39	189,6	249
17:42	293,93	6,68	7,43	191,1	254
17:45	23,89	6,68	7,37	192,4	254

PROJETO: Bário			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 243/ IPT 348			DATA: 9/09/14		
DIAM: 311mm	PROF.:265,57		NA: 133,96	VAZÃO: -	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (µS/cm)
10:46	24,5	7,45	4,11	122,2	319
10:49	24,5	7,42	4,23	156,9	317
10:52	24,48	7,42	4,28	169,8	317
10:55	24,5	7,43	4,31	177,5	316

PROJETO: Bário			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 14			DATA: 5/09/14		
DIAM: 381mm		PROF.: 197,5	NA: 20,25	VAZÃO:1,11 L/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (µS/cm)
11:23	23,97	8,98	6,4	117,7	211
11:26	23,89	8,93	6,45	166,6	212
11:29	23,84	8,92	6,48	175,9	212
11:32	23,87	8,92	6,48	180,9	211

PROJETO: Bário			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 3			DATA: 4/09/14		
DIAM: 375mm		PROF.: 200	NA: 110	VAZÃO: 1,25L/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (µS/cm)
15:33	24,23	7,57	6,81	127,1	194
15:36	24,18	7,88	6,65	143,8	194
15:39	24,17	7,93	6,6	143,2	193
15:42	24,19	7,93	6,61	137,9	193

PROJETO: Bário			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 94			DATA: 4/09/14		
DIAM: 311mm		PROF.: 285	NA: 124,37	VAZÃO: 1,39 L/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (µS/cm)
11:34	25,13	8,31	5,9	91,1	178
11:37	25,13	8,32	5,91	120,2	178
11:40	25,16	8,32	5,92	129,7	178
11:43	25,14	8,33	5,95	135,6	178

PROJETO: Bário			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 96			DATA: 4/09/14		
DIAM: 292,1mm		PROF.: 235	NA: 102	VAZÃO: 1,05 L/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (µS/cm)
09:45	22,18	6,7	3,92	109,4	246
09:48	22,23	6,67	3,88	110	245
09:51	22,25	6,67	3,9	109,6	245
09:54	22,28	6,67	3,89	109,4	245
PROJETO: Bário			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 13			DATA: 3/09/14		
DIAM: 317,5mm		PROF.: 160	NA: 28,5	VAZÃO: 1,17 L/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (µS/cm)
16:17	24,38	8,01	8,31	67,7	264
16:20	24,3	7,95	8,29	94,9	265
16:23	24,32	7,94	8,49	106,7	257
16:26	24,29	7,93	8,56	114,9	265
PROJETO: Bário			RESP: Tatiana		
POÇO: IPT 328			DATA: 3/09/14		
DIAM: 230,8mm		PROF.: 234	NA: 106	VAZÃO: 0,8 L/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (µS/cm)
12:49	24,16	6,94	6,88	188,6	192
12:52	24,11	6,9	7,01	189	191
12:55	24,09	6,91	7,06	189	192
PROJETO: Bário			RESP: Tatiana		
POÇO: IPT 130 P1			DATA: 3/09/14		
DIAM: 374,65mm		PROF.: 300	NA: 160,69	VAZÃO:0,9 L/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (µS/cm)
09:46	24,93	7,31	6,41	146	227
09:49	24,94	7,58	6,34	169,5	225
09:52	24,94	7,62	6,23	178,8	223
09:55	24,94	7,64	6,5	182,7	222
09:58	24,87	7,65	6,02	186,2	220
PROJETO: Bário			RESP: Tatiana		
POÇO: IPT 331			DATA: 2/09/14		
DIAM: 311,15mm		PROF.: 200	NA: 16	VAZÃO: -	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (µS/cm)
16:55	23,87	5,86	9,27	220,9	158
16:59	23,83	5,32	7,22	257	145
17:03	23,82	5,72	9,7	255	157
17:07	23,89	5,81	10,79	256	161
17:11	23,94	5,85	11,37	257,6	163
17:15	23,96	5,83	12,33	260,4	163
Obs.: O D muito variável. Não foi considerado. Valor real de OD: 6,3, medido em água parada					

PROJETO: Bário			RESP: Tatiana		
POÇO: IPT 41			DATA: 2/09/14		
DIAM: 250,82mm		PROF.: 80	NA: 15,58	VAZÃO: -	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (µS/cm)
15:01	24,59	6,22	4,88	206,5	355
15:05	24,59	6,17	4,85	230,7	357
15:09	24,58	6,16	4,88	236,3	332
15:13	24,57	6,18	5	237,5	358
15:17	24,54	6,18	4,99	239,1	359
PROJETO: Bário			RESP: Tatiana		
POÇO: IPT 44			DATA: 2/09/14		
DIAM: 311,15mm		PROF.: 100	NA: 32,5	VAZÃO: -	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (µS/cm)
13:51	22,88	7,48	4,62	105,7	383
13:54	22,89	7,41	4,66	143,6	382
13:58	22,88	7,39	4,7	156,7	382
14:02	22,89	7,4	4,62	160,2	383
PROJETO: Bário			RESP: Tatiana		
POÇO: IPT 72			DATA: 02/09/14		
DIAM: 215mm		PROF.: 150	NA: 76	VAZÃO: -	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (µS/cm)
10:29	23,39	6,58	5,38	149,5	190
10:33	23,39	6,58	5,38	164,6	190
10:37	23,39	6,64	5,38	167,9	190
10:41	23,41	6,65	5,37	170,9	190
PROJETO: Bário			RESP: Tatiana		
POÇO: IPT 63			DATA: 2/09/14		
DIAM: 254mm		PROF.: 100	NA: 22	VAZÃO: -	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (µS/cm)
08:44	23,46	6,39	5,65	151,5	160
08:47	24,45	5,29	5,8	204,2	140
08:50	24,34	5,75	6,67	209	168
08:53	24,32	5,82	6,46	212,6	171
08:56	24,34	5,83	5,91	216,4	174
08:59	24,38	5,79	6,08	219,9	172
PROJETO: Bário			RESP: Tatiana		
POÇO: IPT 49			DATA: 1/09/14		
DIAM: 355,6mm		PROF.: 184	NA: 47	VAZÃO: -	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (µS/cm)
16:12	23,06	6,44	4,21	132,1	153
16:16	23,08	5,78	4,19	203,5	159
16:20	23,07	5,76	4,28	210,1	159
16:24	23,07	5,75	4,32	213,2	159

PROJETO: Aguapeí - Peixe			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 63			DATA: 10/03/15		
DIAM.: 254 mm		PROF.: 100	NA: 22	VAZÃO: 5 l/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (uS/cm)
8:55	23.35	5.45	6.62	227.6	172
8:59	24.33	5.63	6.8	241.4	170
9:03	24.32	5.72	8.08	238.8	176
9:07	24.32	5.7	7.58	241.2	176
9:11	24.36	5.68	7.23	242.9	175
9:15	24.46	5.65	7.21	248.1	173
9:19	24.47	5.74	7.03	235.9	173
PROJETO: Aguapeí - Peixe			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 72			DATA: 10/03/15		
DIAM.: 215mm		PROF.: 150	NA: 76	VAZÃO: 5 l/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (uS/cm)
10:20	23.16	6.2	5.73	192.7	155
10:24	23.23	6.29	6.26	192.6	175
10:28	23.26	6.35	6.22	195.3	178
10:32	23.27	6.34	6.22	197.8	176
10:36	23.27	6.29	6.03	203.4	174
PROJETO: Aguapeí - Peixe			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 44			DATA: 10/03/2015		
DIAM.: 311,15mm		PROF.: 100	NA: 32,5	VAZÃO: 3 l/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (uS/cm)
14:00	23.01	7.01	4.93	159.9	371
14:04	23.03	7.17	5.01	152.9	373
14:08	23.02	7.21	5.08	150.3	370
14:12	23.05	7.22	5.1	148.5	368
PROJETO: Aguapeí - Peixe			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 41			DATA: 10/03/15		
DIAM.: 250,82mm		PROF.: 80	NA: 15,58	VAZÃO: 1,62 l/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (uS/cm)
15:42	24.5	6.02	4.98	175	339
15:46	24.52	5.87	4.86	198.9	340
15:50	24.53	5.95	4.7	204.8	340
PROJETO: Aguapeí - Peixe			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 130 P1			DATA: 11/03/15		
DIAM.: 374,65mm		PROF.: 300	NA: 160,69	VAZÃO: 1,07 l/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (uS/cm)
9:52	25.16	7.47	6.45	124.1	217
9:56	25.14	7.4	6.33	138.1	216
10:02	25.13	7.48	6.3	139.3	214
PROJETO: Aguapeí - Peixe			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 173 P1			DATA: 11/03/15		
DIAM: 311,15mm		PROF: 260	NA: 150	VAZÃO: 2,4 l/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (uS/cm)
11:25	25.91	5.18	5.15	730.1	137
11:29	25.92	5.28	5.23	725.2	137
11:33	25.92	5.29	5.29	700.5	137
11:37	25.91	5.31	5.31	707.4	137

PROJETO: Aguapeí - Peixe			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 03			DATA: 11/03/15		
DIAM.: 375mm		PROF.: 200	NA: 110	VAZÃO: 1,5 l/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (uS/cm)
14:50	24.01	7.87	7.33	132.3	182
14:54	23.91	7.59	7.31	149.1	190
14:58	23.92	7.79	7.35	141	190
15:02	23.89	7.79	7.19	140.9	190
PROJETO: Aguapeí - Peixe			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 14			DATA: 12/03/15		
DIAM.: 381mm		PROF.: 197,5	NA: 20,25	VAZÃO: 3,75 l/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (uS/cm)
10:07	23.91	8.58	6.67	90	210
10:11	23.91	9.09	6.69	73.3	210
10:15	23.9	9.09	6.69	79.9	209
10:19	23.91	9.06	6.71	85.8	208
PROJETO: Aguapeí - Peixe			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 328			DATA: 12/03/15		
DIAM.: 230,8mm		PROF.: 234	NA: 106	VAZÃO: 3,33 l/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (uS/cm)
13:28	23.51	6.51	7.55	110.7	173
13:32	23.65	6.66	7.54	111.6	172
13:36	23.79	6.83	8.79	112.8	189
13:40	23.85	6.95	8.7	113.9	204
13:44	23.83	9.88	8.43	121.6	199
13:48	23.88	6.89	8.44	121.6	196
13:52	23.88	6.91	8.41	122.5	196
PROJETO: Aguapeí - Peixe			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 331			DATA: 12/03/15		
DIAM.: 311,15mm		PROF.: 200	NA: 16	VAZÃO: 1,76 l/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (uS/cm)
14:58	23.76	5.34	6.6	153.8	142
15:02	23.73	5.08	6.63	182.2	142
15:06	23.74	5.75	10.34	168.3	153
15:10	23.76	5.81	10.28	174.2	154
15:14	23.83	5.71	10.29	187.1	151
PROJETO: Aguapeí - Peixe			RESP: Ana		
POÇO: IPT 49			DATA: 16/03/15		
DIAM.: 355,6mm		PROF.: 184	NA: 47	VAZÃO: 2,4 l/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (uS/cm)
15:47	22.96	5.65	4.14	146.2	159
15:51	22.97	5.61	4.12	151	158
15:55	23.04	5.76	4.25	158.7	158
PROJETO: Aguapeí - Peixe			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 132			DATA: 17/03/15		
DIAM.: 311,5mm		PROF.: 252	NA: 43,5	VAZÃO: 1,395 l/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (uS/cm)
9:27	24.12	7.01	4.38	68.6	237
9:31	24.08	6.8	4.33	88.7	235
9:35	24.14	6.88	4.38	94	236
9:36	24.32	6.93	4.18	94.5	227
9:43	24.38	6.95	4.2	96.7	232

PROJETO: Aguapeí - Peixe			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 316			DATA: 17/03/15		
DIAM.: 311mm		PROF.: 260	NA: 98,88	VAZÃO: 4 l/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (uS/cm)
11:20	23.53	6.42	6.14	96.5	258
11:24	23.56	6.35	7.77	111.7	258
11:28	23.58	6.42	7.95	114.4	259
11:32	23.61	6.51	7.98	116.2	258

PROJETO: Aguapeí - Peixe			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 350			DATA: 17/03/15		
DIAM: 311,15mm		PROF: 264,63	NA: 117,3	VAZÃO: 1,765 l/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (uS/cm)
12:03	24.07	6.99	6.39	74.6	288
12:07	23.94	6.93	6.42	97.3	287
12:11	23.96	7.01	6.49	91.2	287
12:15	23.98	7.07	6.47	95.3	287

PROJETO: Aguapeí - Peixe			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 245			DATA: 17/03/15		
DIAM.: 230,8mm		PROF.:130	NA: 53	VAZÃO: 1,875 l/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (uS/cm)
14:48	25.8	7.05	5.6	58.8	301
14:52	25.64	6.98	5.36	86.9	300
14:56	25.61	7.04	5.57	95.8	299
15:00	25.59	7.1	5.65	100.2	299
15:04	25.59	7.12	5.72	106.7	299

PROJETO: Aguapeí - Peixe			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 243			DATA: 17/03/15		
DIAM.: 311mm		PROF.:265,57	NA: 133,96	VAZÃO: 2,143 l/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (uS/cm)
15:47	24.42	7.71	4.7	39.3	321
15:51	24.36	7.49	4.68	61	318
15:55	24.35	7.47	4.7	67.2	318
15:59	24.36	7.47	4.73	72.2	317

PROJETO: Aguapeí - Peixe			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 96			DATA: 18/03/15		
DIAM.: 292,1mm		PROF.: 235	NA: 102	VAZÃO: 1,7143 l/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (uS/cm)
9:16	24.4	6.95	3.14	24.3	238
9:20	22.41	6.77	3.11	45.9	239
9:24	22.42	6.71	3.14	50	239
9:28	22.44	6.73	3.14	57.3	239

PROJETO: Aguapeí - Peixe			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 94			DATA: 18/03/15		
DIAM.: 311mm		PROF.: 285	NA: 124,37	VAZÃO: 4 l/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (uS/cm)
11:02	25.23	8.2	6.16	23.6	176
11:06	25.23	8.39	6.13	20.3	176
11:10	25.21	8.49	6.11	28.2	176

PROJETO: Aguapeí - Peixe			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 13			DATA: 18/03/15		
DIAM.: 317,5mm		PROF.: 160	NA: 28,5	VAZÃO: 3,75 l/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (uS/cm)
11:54	23.89	8.16	5.75	17.6	250
11:58	23.87	8.05	5.73	37.2	248
12:02	23.86	8.16	5.74	41.2	248
12:06	23.87	8.29	5.76	41.3	246
PROJETO: Aguapeí - Peixe			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 351/ IPT 353			DATA: 19/03/15		
DIAM.:		PROF.:	NA:	VAZÃO: 1,7 l/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (uS/cm)
9:39	23.82	7.93	1.02	-16.1	410
9:43	23.82	7.72	1	9.5	409
9:47	23.82	7.63	0.99	24.1	408
9:51	23.82	7.51	0.98	37.7	408
9:55	23.82	7.47	0.98	45.6	409
9:59	23.83	7.42	0.98	51.2	409
PROJETO: Aguapeí - Peixe			RESP: Nádia		
POÇO: IPT 347/ IPT 352			DATA: 19/03/15		
DIAM.: 2"		PROF.:24.3m	NA: 3.76m	VAZÃO: 6,67 l/min	
Tempo	Temp. (ºC)	pH	Oxig. Diss. (mg/L)	ORP	CE (uS/cm)
10:53	23.63	7.62	0.31	33.2	415
10:57	23.68	7.31	0.42	-1.1	415
11:01	23.71	7.26	0.55	15	411
11:05	23.72	7.24	0.64	24.6	408
11:09	23.73	7.24	0.78	33.1	402

Anexo 5 – Isótopos de H e O dos Poços e Campanhas

1ª Campanha	δO^{18}	δH^{2}
3_1	-7,58	-48,60
13_1	-8,55	-56,80
14_1	-8,74	-58,80
41_1	-7,06	-45,90
44_1	-7,01	-44,70
49_1	-6,81	-43,20
63_1	-7,05	-43,60
72_1	-7,01	-45,00
94_1	-8,46	-55,60
96_1	-6,67	-43,00
130_1	-7,98	-52,30
132_1	-7,17	-45,30
173_1	-6,92	-44,70
243_1	-7,28	-45,80
245_1	-7,16	-45,20
316_1	-7,09	-44,9
328_1	-7,06	-44,50
331_1	-7,13	-45,30
347_1	-6,98	-43,80
350_1	-7,27	-46,00

2ª Campanha	δO^{18}	δH^{2}
3_2	-7,66	-49,1
13_2	-8,7	-58,2
14_2	-8,76	-58,7
41_2	-7,00	-45,00
44_2	-7,02	-45,00
49_2	-6,80	-42,70
63_2	-7,05	-45,2
72_2	-7,17	-45,2
94_2	-8,54	-57,2
96_2	-6,7	-42,20
130_2	-8,11	-53,2
132_2	-6,89	-43,5
173_2	-6,68	-42,1
243_2	-7,2	-45,1
245_2	-7,12	-44,7
273_2	-7,1	-44,7
316_2	-6,87	-43,3
328_2	-7,16	-45
331_2	-7,11	-45,1
347_2	-6,87	-42,8
350_2	-7,15	-44,9

3ª Campanha					
Amostra	δO^{18}(‰)	δH^{2}(‰)	Amostra	δO^{18}(‰)	δH^{2}(‰)
44_15	-7,13	-45,2	49_15	-6,79	-42,7
44_30	-7,03	-44,60	49_30	-6,77	-42,60
44_60	-7,10	-45,10	49_60	-6,77	-42,70
44_180	-7,04	-44,70	49_180	-6,81	-42,70
44_360	-7,14	-45,4	49_360	-6,78	-42,7
44_540	-7,13	-45,1	49_540	-6,77	-42,6
44_720	-7,16	-45,5	49_720	-6,81	-42,7
44_1080	-7,1	-45,00	49_1080	-6,78	-42,80
44_1320	-7,14	-45,4	49_1320	-6,84	-42,9
Amostra	δO^{18}(‰)	δH^{2}(‰)	Amostra	δO^{18}(‰)	δH^{2}(‰)
63_15	-7,06	-44,9	72_15	-7,14	-45,4
63_30	-7,07	-45,20	72_30	-7,18	-45,40
63_60	-7,07	-45,20	72_60	-7,22	-45,60
63_180	-7,06	-45,10	72_180	-7,21	-45,50
63_360	-7,08	-45,1	72_360	-7,19	-45,5
63_540	-7,09	-45,3	72_540	-7,18	-45,2
63_720	-7,09	-45,3	72_720	-7,21	-45,5
63_1080	-7,07	-45,20	72_1080	-7,22	-45,70
63_1320	-7,07	-45,2	72_1320	-7,21	-45,6
Amostra	δO^{18}(‰)	δH^{2}(‰)	Amostra	δO^{18}(‰)	δH^{2}(‰)
130_15	-7,6	-49,4	245_15	-7,21	-45,5
130_30	-7,55	-49,00	245_30	-7,11	-44,50
130_60	-7,59	-49,30	245_60	-7,09	-44,30
130_180	-7,87	-51,30	245_180	-7,05	-44,30
130_360	-8,04	-52,7	245_360	-7,08	-44,4
130_540	-8,06	-53	245_540	-7,08	-44,6
130_720	-8,04	-52,7	245_720	-7,07	-44,6
130_1050	-8,06	-53,00	245_1080	-7,09	-44,60
			245_1440	-7,1	-44,7
Amostra	δO^{18}(‰)	δH^{2}(‰)	Amostra	δO^{18}(‰)	δH^{2}(‰)
261_15	-6,77	-42,6	347_15	-6,84	-43,1
261_30	-6,76	-42,50	347_30	-6,87	-42,90
261_60	-6,80	-42,70	347_60	-6,85	-42,90
261_180	-6,74	-42,70	347_180	-6,84	-42,80
261_360	-6,8	-42,9	347_360	-6,87	-42,8
261_540	-6,78	-42,7	347_540	-6,81	-42,3
261_720	-6,79	-42,7	347_720	-6,82	-42,5
261_1080	-6,78	-42,70	347_1080	-6,68	-42,00
261_1320	-6,77	-42,7	347_1200	-6,84	-42,7

Coleta de água de chuva				
Amostra	Inicio da Coleta	Fim da Coleta	δO^{18}(‰)	δH^{2}(‰)
Projeto Bário Chuva	30/05/2014	05/09/2014	-1,93	-1,00
Set_14	05/09/2014	06/10/2014	-0,88	7,70
Out_14	07/10/2014	05/11/2014	-3,98	-18,70
Nov_14	06/11/2014	09/12/2014	-8,03	-50,50
Dez_14	10/12/2014	05/01/2015	-11,03	-77,80
Jan_15	06/01/2015	05/02/2015	-2,38	-11,60
Fev_15	06/02/2015	12/03/2015	-6,84	-40,70
Mar_15	13/03/2015	09/04/2015	-10,90	-74,60
Abr_15	10/04/2015	15/05/2015	-9,71	-64,40
Mai_15	16/05/2015	10/06/2015	-4,91	-22,60
Jun/Jul/Ago_15	11/06/2015	20/07/2015	-4,87	-23,00
Set/Out_15	21/07/2015	14/10/2015	-0,72	11,10
Nov/Dez_15	15/10/2015	28/12/2015	-2,44	-3,50
Amostras de Água Superficial				
N_Beraldin	Out/15	Seco	-6,09	-37,10
N_Beraldin	Mar/16	Chuvoso	-6,67	-42,30