



Universidade Estadual Paulista  
"Júlio de Mesquita Filho"

Programa Interunidades



Mestrado

---

**Engenharia Civil e Ambiental**

**ARTHUR RENATO DE ASSIS BUENO**

**AVALIAÇÃO DE DIVERSOS POÇOS TUBULARES  
PROFUNDOS DA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DE SÃO  
PAULO**

BAURU

2019

**ARTHUR RENATO DE ASSIS BUENO**

**AVALIAÇÃO DE DIVERSOS POÇOS TUBULARES  
PROFUNDOS DA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DE SÃO  
PAULO**

Dissertação apresentada  
como requisito para obtenção do  
título de Mestre em Engenharia  
Civil e Ambiental da  
Universidade Estadual Paulista  
“Júlio Mesquita Filho”. Área de  
Concentração Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Lodi

BAURU

2019

Bueno, Arthur Renato de Assis.

Avaliação de diversos poços tubulares profundos da região noroeste do estado de São Paulo / Arthur Renato de Assis Bueno, 2019  
134 f. : il.

Orientador: Paulo Cesar Lodi

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2019

1. Água subterrânea. 2. Hidrogeologia. 3. Poços tubulares profundos. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Bauru



**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado DE ARTHUR RENATO DE ASSIS BUENO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.**

Aos 30 dias do mês de agosto do ano de 2019, às 14:00 horas, no(a) Anfiteatro da Seção Técnica de Pós-graduação da FEB, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. PAULO CESAR LODI - Orientador(a) do(a) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. ILZA MACHADO KAISER do(a) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. ANA FLÁVIA VIEIRA PONTES DE MORAES do(a) -, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE Mestrado de ARTHUR RENATO DE ASSIS BUENO, intitulada **AVALIAÇÃO DE DIVERSOS POÇOS TUBULARES PROFUNDOS DA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. PAULO CESAR LODI

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. ILZA MACHADO KAISER

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. ANA FLÁVIA VIEIRA PONTES DE MORAES

Dedico esta dissertação às minhas avós Izabel Borges Orsi (in memoriam) e Izaura Nogueira de Assis (in memoriam); e aos meus avôs Arthur Orsi (in memoriam) e Francisco de Assis (in memoriam); também ao meu avô de consideração Clautides Rodrigues (in memoriam).

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me dado condições para realização deste trabalho.

Ao meu orientador Professor Dr. Paulo César Lodi, pelo acolhimento, incentivo, amizade, paciência e orientações.

À Professora Dra. Ilza Machado Kaiser, pelas correções, críticas construtivas e ideias durante e após a qualificação.

À consultora Ana Flávia Vieira Pontes de Moraes pelas correções, críticas construtivas e ideias durante a qualificação.

Ao engenheiro Renato Orsi da Sabesp, grande conhecedor de poços, pelo apoio, incentivo e permissão para uso dos dados.

Ao engenheiro e doutorando Silas Volpon de Mello e ao topógrafo Marcos Hernani da Sabesp pelo auxílio na área de geoprocessamento e uso do software ARCGIS.

À minha esposa Patrícia Aparecida Santos Gonçalves Bueno pelo amor que dedica a mim e ao nosso filho.

Ao meu filho João Arthur Santos Bueno pela inspiração.

## Resumo

Este trabalho identificou, mapeou e avaliou diversos parâmetros relacionados a poços tubulares profundos da região noroeste do estado de São Paulo. Foram analisados: aquíferos explorados, profundidades, evolução das perfurações, vazões médias, vazões específicas, transmissividades, níveis dinâmicos e estáticos, espessura dos aquíferos, horas de funcionamento, custos e eficiência energética. Foram analisados dados de 331 poços localizados em 83 municípios divididos nas regiões de: Lins, Fernandópolis, Jales, Novo Horizonte e Monte Alto. As ferramentas aplicadas para análises foram as estatísticas, através de tabelas e gráficos do Microsoft Excel e mapas temáticos georreferenciados através do ArcGis. Alguns dos resultados obtidos foram: a idade média dos poços é de 32 anos; o maior número de perfurações ocorreu entre as décadas de 70 e 80; as medianas das vazões específicas por aquíferos resultaram em: Bauru (1,13 m<sup>3</sup>/h.m), Serra Geral (1,74 m<sup>3</sup>/h.m), Guarani (5,65 m<sup>3</sup>/h.m) e Passa Dois (6,16 m<sup>3</sup>/h.m); as medianas das transmissividades por aquíferos resultaram em: Bauru (29,69 m<sup>2</sup>/s), Serra Geral (29,77 m<sup>2</sup>/s), Guarani (162,24 m<sup>2</sup>/s) e Passa Dois (189,87 m<sup>2</sup>/s). Os desvios padrões da maioria dos parâmetros resultaram bastante altos. Os resultados mostraram que é grande a dificuldade de se fazer uma previsão acertada dos valores dos parâmetros que o poço apresentará. Isto se deve à grande variabilidade de origens e evoluções das formações. Porém, com a disponibilização de informações de poços já perfurados, é possível a organização de um banco de dados e de mapeamentos georeferenciados que auxiliarão a execução de projetos de poços com mais segurança e com previsões mais acertadas.

Palavras chave: água subterrânea, hidrogeologia, poços tubulares profundos

## Abstract

This work identified, mapped and evaluated several parameters related to deep tubular wells in the northwest region of the state of. The following were analyzed: explored aquifers, depths, perforation evolution, average flow rates, specific flow rates, transmissivity, dynamic and static levels, aquifer thickness, operating hours, costs and energy efficiency. Data from 331 wells located in 83 municipalities divided in the regions of: Lins, Fernandópolis, Jales, Novo Horizonte and Monte Alto were analyzed. The tools applied for analysis were the statistics, through tables and graphs of Microsoft Excel and thematic maps georeferenced through ArcGis. Some of the results obtained were: the average age of the wells is 32 years old; the largest number of perforations occurred between the 70's and 80's; median specific flow rates by aquifers resulted in: Bauru (1,13 m<sup>3</sup>/hm), Serra Geral (1,74 m<sup>3</sup>/hm), Guarani (5,65 m<sup>3</sup>/hm) and Passa Dois (6,16 m<sup>3</sup>/h.m); the median of the aquifer transmissivity resulted in: Bauru (29,69 m<sup>2</sup>/s), Serra Geral (29,77 m<sup>2</sup>/s), Guarani (162,24 m<sup>2</sup>/s) and Passa Dois (189,87 m<sup>2</sup>/s) . The standard deviations of most parameters turned out to be quite high. The results showed that it is very difficult to make a correct prediction of the parameter values that the well will present. This is due to the great variability of origins and evolution of the formations. However, by providing information from wells already drilled, it is possible to organize a database and georeferenced mappings that will help the execution of well projects with more security and better predictions.

Keywords: underground water, hidrogeologic, deep tubular wells

## SUMÁRIO

Resumo	1
Abstract	2
SUMÁRIO	3
Lista de figuras .....	6
Lista de tabelas .....	14
Lista de siglas.....	16
1. INTRODUÇÃO.....	17
2. JUSTIFICATIVA.....	23
3. OBJETIVOS.....	24
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	25
4.1 Águas subterrâneas.....	25
4.2. Hidrogeologia.....	33
4.3. Poços tubulares profundos .....	45
4.3.1. Projeto .....	48
4.3.2. Perfuração.....	52
4.3.3. Perfilagem de poços.....	58
4.3.4. Complementação .....	60
4.3.5. Desenvolvimento .....	63
4.3.6. Laje de proteção sanitária .....	65
4.3.7. Testes de bombeamento.....	66
4.3.8. Unidade de bombeamento .....	70
4.3.9. Controle Operacional.....	72
4.3.10. Manutenção e Reabilitação de poços.....	75
4.4. Principais aquíferos do estado de São Paulo .....	83

4.4.1	Grupo Bauru.....	86
4.4.2	Formação Serra Geral.....	89
4.4.3	Aquífero Guarani.....	90
4.4.4	Grupo Passa Dois.....	92
4.4.5	Grupo Tubarão.....	93
4.4.6	Cristalino.....	94
4.5.	Principais contaminantes das águas subterrâneas no Estado de São Paulo.....	95
4.5.1	Cromo.....	96
4.5.2	Flúor.....	100
4.5.3	Nitratos.....	104
4.5.4	Cálcio e Magnésio (Dureza).....	107
5.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	111
5.1.	Localização e características da área de Estudo.....	111
5.2.	Considerações sobre os dados analisados.....	119
6.	RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISES.....	121
6.1	DADOS GERAIS.....	122
6.1.1.	Aquíferos explorados.....	124
6.1.2	Evolução do número de perfurações.....	126
6.1.3	Idade dos poços.....	127
6.1.4.	Profundidades.....	129
6.1.5.	Espessuras dos aquíferos.....	133
6.1.6.	Níveis estáticos e níveis dinâmicos.....	136
6.1.7.	Vazões específicas.....	141
6.1.8.	Transmissividades.....	146
6.1.9.	Coeficientes de permeabilidade.....	151
6.1.10.	Custos.....	152
6.1.11.	Eficiência energética.....	155

6.2. REGIÃO DE LINS .....	158
6.3. REGIÃO DE FERNANDÓPOLIS .....	165
6.4. REGIÃO DE JALES .....	172
6.5. REGIÃO DE NOVO HORIZONTE .....	179
6.6. REGIÃO DE MONTE ALTO .....	186
7. CONCLUSÕES .....	193
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	196
9. ANEXOS .....	200

## Lista de figuras

Figura 4-1 Composição das células animais.....	25
Figura 4-2. Representação esquemática do Ciclo hidrológico .....	26
Figura 4-3. Representação esquemática de uma bacia hidrográfica .....	30
Figura 4-4. Fontes de contaminação da água subterrânea.....	31
Figura 4-5. Comportamento hidráulico das formações geológicas.....	34
Figura 4-6. Tipos de aquíferos .....	35
Figura 4-7. Representação das diferentes zonas de umidade do solo.....	36
Figura 4-8. Representação de rio efluente .....	37
Figura 4-9. Representação de rio influente .....	37
Figura 4-10. Tipos de aquíferos, de acordo com a pressão .....	38
Figura 4-11. Tipos de porosidade.....	39
Figura 4-12. Esquema representativo do experimento de Darcy .....	42
Figura 4-13. Parâmetros para avaliação de poços.....	46
Figura 4-14. Modelo de projeto de poço tubular profundo.....	49
Figura 4-15. Sistema de perfuração rotativo .....	52
Figura 4-16. Principais tipos de brocas rotativas.....	53
Figura 4-17 Sistema de perfuração a percussão.....	54
Figura 4-18. Ferramentas de uma máquina percussora .....	55
Figura 4-19. Martelo mega drill.....	56
Figura 4-20. Martelo mega drill.....	58
Figura 4-21. Elementos constituintes da complementação de um poço .....	60
Figura 4-22. Exemplo de filtros para poços.....	61

Figura 4-23. Exemplo de material utilizado no pré-filtro .....	62
Figura 4-24. Processo de desenvolvimento em poços.....	63
Figura 4-25. Exemplo de laje de proteção em poços .....	65
Figura 4-26. Modelo de teste de bombeamento.....	67
Figura 4-27. Instalação de um conjunto de bombeamento .....	70
Figura 4-28 Incrustações de carbonato.....	77
Figura 4-29. Incrustações por ferro e manganês.....	78
Figura 4-30. Incrustações por ferro bactérias.....	79
Figura 4-31. Processo de bombeamento com ar comprimido.....	80
Figura 4-32. Remoção do produto químico por bombeamento .....	81
Figura 4-33 Mapa de águas subterrâneas do estado de São Paulo .....	83
Figura 4-34. Mapa com os principais aquífero do Estado de São Paulo.....	84
Figura 4-35 Localização do Aquífero Bauru no Estado de São Paulo.....	86
Figura 4-36. Basaltos da formação Serra Geral.....	89
Figura 4-37. Localização do Aquífero Guarani no Estado de São Paulo. ....	90
Figura 4-38. Diaposito – mineral que contém Cromo .....	97
Figura 4-39. Representação do processo de adsorção.....	98
Figura 4-40.Representação do processo de eletrodialise .....	98
Figura 4-41. Concentrações de Fluoreto no estado de São Paulo.....	100
Figura 4-42. Problema de fluorose dental em crianças .....	101
Figura 4-43. Problema de fluorose esquelética em crianças.....	101
Figura 4-44. Porção de zeólitas.....	102
Figura 4-45. Resina trocadoras de íons .....	103
Figura 4-46. Esquema do processo de osmose reversa .....	103

Figura 4-47. Bebê com a síndrome do bebê azul.....	105
Figura 4-48. Incrustações devido a dureza .....	108
Figura 4-49. Imagem de um processo de nanofiltração .....	109
Figura 4-50. Fluxograma de unidade de nanofiltração para remoção da dureza ....	110
Figura 5-1 Mapa com os grupos de cidades estudadas.....	113
Figura 5-2. Localização dos poços nas UGRHI do estado de São Paulo. ....	114
Figura 5-3. Unidades Hidrogeologias e poços estudados .....	115
Figura 5-4. Principais rios do estado de São Paulo e dos poços estudados.....	115
Figura 5-5. Tipos climáticos do estado de São Paulo (Köppen).....	116
Figura 5-6. Distribuição da precipitação média anual no estado de São Paulo .....	117
Figura 5-7. Evolução do desmatamento no estado de São Paulo.....	117
Figura 5-8. Mapa com o relevo do estado de São Paulo .....	118
Figura 6-1. Nº de poços x volume produzido por divisão .....	123
Figura 6-2 Aquíferos explorados .....	124
Figura 6-3. Número de poços x Volumes produzidos por aquífero .....	125
Figura 6-4. Número de poços perfurados por ano de acordo com o banco de dados deste trabalho.....	126
Figura 6-5. Mapa com as idades médias dos poços .....	127
Figura 6-6. Poços mais antigos de cada divisão .....	128
Figura 6-7. Mapa com as profundidades dos poços.....	129
Figura 6-8. Poços mais profundos por divisão .....	130
Figura 6-9. Relatório Final do poço II de Fernandópolis.....	131
Figura 6-10. Espessuras - aquífero Bauru .....	133
Figura 6-11. Espessuras médias dos aquíferos Bauru por divisão. ....	133
Figura 6-12. Espessuras – aquífero Serra Geral.....	134

Figura 6-13. Espessuras médias dos aquíferos Serra Geral por divisão. ....	134
Figura 6-14. Espessuras médias dos aquíferos Guarani .....	135
Figura 6-15 Histograma de profundidades do NE – Aquífero Bauru .....	136
Figura 6-16 Histograma de profundidades do ND (m) – Aquífero Bauru.....	136
Figura 6-17 Histograma de profundidades do NE – Aquífero Serra Geral .....	137
Figura 6-18 Histograma de profundidades do ND – Aquífero Serra Geral .....	137
Figura 6-19 Histograma de profundidades do NE – Aquífero Guarani.....	138
Figura 6-20 Histograma de profundidades do ND – Aquífero Guarani.....	138
Figura 6-21 Histograma de profundidades do NE – Aquífero Passa Dois.....	139
Figura 6-22 Histograma de profundidades do ND – Aquífero Passa Dois .....	139
Figura 6-23. Histograma com as vazões específicas médias por divisão .....	141
Figura 6-24. Mapa com as vazões específicas do aquífero Bauru.....	142
Figura 6-25 Mapa com as vazões específicas do aquífero Serra Geral.....	142
Figura 6-26 Mapa com as vazões específicas do aquífero Guarani.....	143
Figura 6-27 Mapa com as vazões específicas do aquífero Passa Dois .....	143
Figura 6-28. Vazões específicas médias do aquífero Bauru em cada divisão .....	144
Figura 6-29. Vazões específicas médias do aquífero Serra Geral em cada divisão	144
Figura 6-30. Vazões específicas médias do aquífero Guarani em cada divisão .....	144
Figura 6-31. Vazões específicas médias do aquífero Guarani em cada divisão .....	145
. Figura 6-32. Histograma com as vazões específicas médias por divisão .....	146
Figura 6-33. Mapa com as transmissividades do aquífero Bauru.....	147
Figura 6-34 Mapa com as transmissividades do aquífero Serra Geral.....	147
Figura 6-35 Mapa com as transmissividades do aquífero Guarani .....	148
Figura 6-36 Mapa com as transmissividades do aquífero Passa Dois .....	148

Figura 6-37. Transmissividades médias do grupo Bauru em cada região .....	149
Figura 6-38. Transmissividades médias do grupo Serra Geral em cada divisão .....	149
Figura 6-39. Transmissividades médias do aquífero Guarani em cada divisão .....	150
Figura 6-40. Transmissividades médias do aquífero Passa Dois em cada divisão...	150
Figura 6-41. Mapa com os custos médios dos poços .....	153
Figura 6-42. Custo médio dos poços tubulares profundos por aquífero .....	153
Figura 6-43. Consumo médio de energia por volume produzido em cada divisão ..	155
Figura 6-44. Mapa com as eficiências energéticas dos poços .....	156
Figura 6-45. Consumo médio de energia por volume produzido em cada região ...	157
Figura 6-46 Mapa da localização dos poços na região de Lins.....	158
Figura 6-47. Mapa dos aquíferos explorados região de Lins.....	159
Figura 6-48. Gráfico poços x volume produzidos por aquífero na região de Lins....	159
Figura 6-49. Gráfico vazões médias x aquíferos na região de Lins.....	160
Figura 6-50. Gráfico aquífero explorado x profundidade média - Lins.....	160
Figura 6-51 Histograma da profundidade do NE (m).....	161
Figura 6-52 Histograma da profundidade do ND (m) .....	161
Figura 6-53 Níveis estáticos e dinâmicos médios por aquífero na região de Lins...	162
Figura 6-54 Mapa com as vazões específicas dos poço – Lins .....	163
Figura 6-55 Gráfico Vazões específicas x Aquíferos - Lins.....	163
Figura 6-56. Mapa com as transmissividades dos poços – Lins .....	164
Figura 6-57. Gráfico Transmissividades x Aquíferos - Lins .....	164
Figura 6-58. Mapa com a localização dos poços na região de Fernandópolis.....	165
Figura 6-59. Mapa com os aquíferos explorados na região de Fernandópolis.....	166
Figura 6-60. Gráfico poços x volumes produzidos na região de Fernandópolis.....	166

Figura 6-61. Gráfico vazões médias x aquíferos na região de Fernandópolis .....	167
Figura 6-62. Gráfico aquífero explorado x profundidade média dos poços - Fernandópolis.....	167
Figura 6-63 Histograma de profundidade do NE (m) na região de Fernandópolis ..	168
Figura 6-64 Histograma de profundidade do ND (m) na região de Fernandópolis ..	168
Figura 6-65 Níveis estáticos e dinâmicos médios por aquífero na região de Fernandópolis.....	169
Figura 6-66. Mapa com as vazões específicas dos poço – Fernandópolis .....	170
Figura 6-67. Gráfico Vazões Específicas x Aquíferos em Fernandópolis.....	170
Figura 6-68. Mapa com as transmissividades dos poços da – Fernandópolis .....	171
Figura 6-69. Gráfico Transmissividade x Aquíferos - Fernandópolis.....	171
Figura 6-70. Mapa com a localização dos poços na região de Jales .....	172
Figura 6-71. Mapa dos aquíferos explorados na região de Jales.....	173
Figura 6-72. Gráfico poços x volumes produzidos na região de Jales .....	173
Figura 6-73. Gráfico com as vazões médias por aquífero na região de Jales.....	174
Figura 6-74. Gráfico com os aquíferos explorados x profundidade média -Jales....	174
Figura 6-75. Histograma de profundidade do NE (m) na região de Jales .....	175
Figura 6-76. Histograma de profundidade do ND (m) na região de Jales .....	175
Figura 6-77 Níveis estáticos e dinâmicos médios por aquífero na região de Jales .	176
Figura 6-78. Mapa das vazões específicas dos poço – Jales .....	177
Figura 6-79. Gráfico Vazões específicas x Aquíferos - Jales .....	177
Figura 6-80. Mapa das transmissividades dos poços – Jales .....	178
Figura 6-81. Gráfico Transmissividades x Aquíferos - Jales .....	178
Figura 6-82. Mapa com a localização dos poços na região de Novo Horizonte .....	179

Figura 6-83. Mapa dos aquíferos explorados pelos poços na região de Novo Horizonte.....	180
Figura 6-84. Gráfico poços x volumes produzidos na região de Novo Horizonte ....	180
Figura 6-85. Gráfico vazões médias x aquíferos na região de Novo Horizonte.....	181
Figura 6-86. Gráfico aquífero explorado x profundidade média - Novo Horizonte...	181
Figura 6-87. Histograma de profundidade do NE (m) na região de Novo Horizonte .....	182
Figura 6-88. Histograma de profundidade do ND (m) na região de Novo Horizonte .....	182
Figura 6-89 Níveis estáticos e dinâmicos por aquífero na região de Novo Horizonte .....	183
Figura 6-90 Níveis estáticos e dinâmicos médios por aquífero na região de Novo Horizonte .....	183
Figura 6-91. Mapa das vazões específicas dos poço - Novo Horizonte .....	184
Figura 6-92. Vazões específicas x Aquíferos - Novo Horizonte .....	184
Figura 6-93. Mapa das transmissividades dos poços - Novo Horizonte .....	185
Figura 6-94. Gráfico Transmissividade x Aquíferos - Novo Horizonte.....	185
Figura 6-95. Mapa com a localização dos poços na região de Monte Alto .....	186
Figura 6-96. Mapa dos aquíferos explorados pelos poços na região de Monte Alto .....	187
Figura 6-97. Gráfico poços x volumes produzidos na região de Monte Alto .....	187
Figura 6-98. Gráfico vazões médias x aquíferos na região de Monte Alto- baseado na Tabela 6.6.5 .....	188
Figura 6-99. Gráfico aquífero explorado x profundidade média por poço - Monte Alto .....	188
Figura 6-100. Histograma de profundidades do NE (m) na região de Monte Alto...	189
Figura 6-101. Histograma de profundidades do ND (m) na região de Monte Alto...	189

Figura 6-102 Níveis estáticos e dinâmicos por aquífero na região de Monte Alto...	190
Figura 6-103 Níveis estáticos e dinâmicos médios por aquífero na região de Monte Alto .....	190
Figura 6-104. Mapa das vazões específicas - Monte Alto.....	191
Figura 6-105. Gráfico de Vazões Específicas x Aquíferos - Monte Alto .....	191
Figura 6-106. Mapa das transmissividades - Monte Alto.....	192
Figura 6-107. Gráfico de Transmissividades x Aquíferos - Monte Alto.....	192

## Lista de tabelas

Tabela 4-1. Distribuição da água no planeta Terra .....	27
Tabela 4-2. Alguns valores típicos de coeficiente de permeabilidade .....	41
Tabela 4-3. Produtividades x vazões específicas.....	47
Tabela 4-4 Características hidrodinâmicas das formações do grupo Bauru .....	88
Tabela 4-5. Remediação de aquíferos contaminados com nitratos.....	106
Tabela 4-6. Padrões de dureza da água .....	107
Tabela 5-1 Grupos das cidades estudadas .....	111
Tabela 6-1.Dados gerais de cada divisão .....	122
Tabela 6-2. Número de poços e volumes produzidos por região .....	122
Tabela 6-3 Dados dos poços de acordo com o aquífero explorado .....	124
Tabela 6-4 Profundidades por aquífero em cada região. ....	130
Tabela 6-5. Resumo das espessura dos aquíferos .....	135
Tabela 6-6 Níveis estáticos e níveis dinâmicos por aquífero .....	140
Tabela 6-7. Comparação das vazões específicas entre os aquíferos.....	145
Tabela 6-8 Ordem de grandeza dos valores das transmissividades .....	146
Tabela 6-9. Comparação das transmissividades entre os aquíferos.....	150
Tabela 6-10. Cálculo dos coeficientes de permeabilidade (K).....	151
Tabela 6-11. Custo médio dos poços tubulares profundos por aquífero .....	154
Tabela 6-12 Dados gerais da região de Lins.....	158
Tabela 6-13 Níveis estáticos e dinâmicos por aquífero na região de Lins. ....	162

Tabela 6-14. Dados gerais da região de Fernandópolis.....	165
Tabela 6-15 Níveis estáticos e dinâmicos por aquífero na região de Fernandópolis .....	169
Tabela 6-16. Dados gerais da região de Jales .....	172
Tabela 6-17 Níveis estáticos e dinâmicos por aquífero na região de Jales.....	176
Tabela 6-18. Dados gerais da região de Novo Horizonte.....	179
Tabela 6-19. Dados gerais da região de Monte Alto .....	186
Tabela 7-1 Tabela das características dos aquíferos.....	194
Tabela 9-1 Dados dos poços da região de Lins .....	201
Tabela 9-2. Dados dos poços da região de Fernandópolis .....	205
Tabela 9-3. Dados dos poços da região de Jales .....	209
Tabela 9-4. Dados dos poços da região de Novo Horizonte .....	214
Tabela 9-5. Dados dos poços da região de Monte Alto.....	216

## **Lista de siglas**

CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo

## 1. INTRODUÇÃO

A ocorrência da água subterrânea é resultado da relação dos elementos do ciclo hidrológico e se dá em formações geológicas denominadas aquíferos. Como a água subterrânea não pode ser detectada diretamente na superfície terrestre, a não ser quando o nível freático vem a ser exposto pela erosão, uma variedade de técnicas têm sido utilizadas para extrair informações relacionadas à sua ocorrência e potencial (RIBEIRO et al., 2010). O conhecimento do potencial dos aquíferos é importante para que diretrizes de gerenciamento de recursos hídricos subterrâneos sejam estabelecidas a partir de critérios técnicos, capazes de garantir a exploração sustentável deste recurso, além de auxiliar na construção de um modelo de gestão e de outorga da água subterrânea (GONÇALVES, 2009).

O estado de São Paulo conta com 645 municípios e uma população de 45.538.936 hab. (IBGE/2018). O índice de atendimento com rede de água no Estado de São Paulo é de 95,82% e a média do Brasil é de 83,3% (SNIS, 2018). Portanto, encontra-se em uma situação relativamente melhor que a média do Brasil, porém, a segurança hídrica do Estado se demonstrou frágil entre os anos de 2013 e 2014, quando houve um evento extremo de estiagem. Neste período houve um grande aumento pela busca de novas fontes de água para abastecimento urbano, principalmente através da perfuração de novos poços, pois, em muitos casos, a implantação de captações superficiais apresentava inviabilidade técnica ou financeira, devido a deficiências quantitativas, qualitativas ou pela distância do manancial a região de consumo.

Segundo informações cedidas pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) – Unidade de Negócios do Baixo Tietê e Grande - RT, é comum a ocorrência de perfurações de poços que resultam com baixas ou nenhuma vazão. Assim, um maior conhecimento da hidrologia e da hidrogeologia dos poços existentes, seria de grande utilidade para subsidiar as decisões dos responsáveis pela execução de projetos de poços tubulares profundos.

O que se espera quando se perfura um poço tubular profundo é encontrar água com vazão desejada e com qualidade que atenda aos padrões

da legislação necessitando apenas de desinfecção e fluoretação. Pode acontecer que, após a perfuração do poço, não se encontre água, a vazão encontrada seja muito baixa, ou não se atenda aos padrões de qualidade da legislação. Neste caso, pode-se aplicar alguma forma de tratamento, porém, nem sempre esta é viável técnica ou financeiramente e, muitas vezes opta-se por abandonar o poço.

Os aquíferos, por sua natureza, são mais protegidos da contaminação antrópica quando comparados às águas superficiais. No entanto, é falsa a ideia de que a proteção natural seja suficiente para mantê-los adequados ao consumo humano. Como os aquíferos não são visíveis, o problema da contaminação chama menos a atenção dos órgãos gestores e da sociedade em geral (REBOUÇAS & BENEDITO, 1999).

As causas de contaminação das águas subterrâneas podem ser naturais ou antrópicas.

Quanto às causas antrópicas pode-se citar problemas nas áreas rurais: a degradação de inúmeras matas ciliares e áreas de nascentes, além da utilização indiscriminada de insumos agrícolas, agrotóxicos e fertilizantes, sem critérios adequados. Estes problemas ocorrem apesar de existir um grande conjunto de leis de proteção ambiental.

Nas áreas urbanas ocorre a disposição inadequada de esgotos, e segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2018), quarenta e cinco por cento dos municípios brasileiros ainda não possuem estações de tratamento de esgoto, e quando existem, nem sempre apresentam a devida eficiência, contribuindo para a poluição de águas superficiais e subterrâneas.

Existem indústrias que lançam ou lançavam efluentes fora dos padrões normatizados; isto pode ser comprovado pelo teor de metais pesados, como o cromo, mercúrio ou chumbo detectados em análises de águas superficiais.

Quanto aos resíduos sólidos urbanos, a separação, reciclagem e destinação em muitos municípios ainda não é adequada, gerando infiltrações e escoamento de chorume, contaminando cursos d'água e águas subterrâneas.

Há estudos que detectaram contaminação de águas subterrâneas por hidrocarbonetos, oriundos de postos de combustíveis que apresentam vazamentos

em seus tanques, bem por acidentes com cargas rodoviárias ou ferroviárias. Outros estudos indicam que os cemitérios podem contaminar a água subterrânea devido à infiltração do necrochorume. Contribui também para agravar o problema a deficiência da limpeza pública e da drenagem de águas pluviais (CETESB, 2016).

Existem diferentes denominações para o modo como a poluição atinge os cursos d'água, sendo que a mais difícil de determinar e de sanar é a denominada poluição difusa, pois esta ocorre ao longo do percurso de forma intermitente, podendo ter origem na agricultura, pecuária, centros urbanos próximos, dentre outros. Quando a poluição é tópica ou pontual as medidas de contenção e/ou atenuação tendem a ser mais eficientes, como é o caso, por exemplo, do lançamento de efluente de esgoto por uma ETE ou uma indústria. Tanto a poluição difusa quanto a pontual podem ocorrer simultaneamente, portanto elas não são excludentes (BRANCO 2014).

Como exemplo de contaminação antrópica, prejudicial à saúde humana, nas águas subterrâneas, temos exemplo de contaminação por excesso de Nitratos, que ocorre em vários municípios do Estado de São Paulo, entre eles: Bauru, Presidente Prudente, São José do Rio Preto, Marília e Lins. Os valores encontrados ultrapassam o valor máximo permissível (VPM) de  $10 \text{ mg.l}^{-1}$ , estabelecido pela portaria nº2914 do Ministério da Saúde. As causas de contaminação que se destacam são: aplicação de fertilizantes e as disposições inadequadas de esgotos e de resíduos sólidos urbanos (VANIER et al., 2010).

A contaminação natural da água subterrânea se dá devido à água ser um excelente solvente e ao longo do seu percurso vai interagindo com o solo e com as formações geológicas, decompondo e carreando substâncias. Deste modo, a água subterrânea tem mais minerais que a água de superfície. Quando ocorre a contaminação, a capacidade de autodepuração da água subterrânea é baixa, pois, normalmente seu movimento é muito lento, possui populações pequenas de bactérias decompositoras e é mais fria, o que desfavorece os processos naturais de autodepuração físico, químicos e biológicos (IRITANI & EZAKI, 2009).

Como exemplo de contaminação natural da água subterrânea, temos o problema de excesso de flúor em vários municípios do estado de São Paulo, entre eles: Lins, Charqueada, Rio Claro, Pereiras e São Paulo (SILVA, 2011). Nestes

municípios o flúor ocorre com teores acima de 1,5mg/l (limite estabelecido pela portaria nº518/04 do Ministério da Saúde).

Temos também o problema de excesso de cromo em águas subterrâneas (o limite estabelecido pela OMS (Organização Mundial da Saúde é de 0,05mg/l); como exemplo a cidade de Urânia, que apresenta poços que exploram o aquífero Bauru, com teores de Cromo com média de 0,14mg/l (ALMODOVAR, 2000).

Em um grande número de municípios ocorrem também problemas com a dureza da água, devido ao excesso de compostos de carbonato de cálcio e de magnésio. O excesso destes compostos não é tóxico para os seres humanos, porém, afetam o gosto da água, dificultam a dissolução do sabão e causam incrustações nas tubulações, e também de acidez, que causa corrosão das tubulações.

A demanda por uso de água no Brasil é crescente, com aumento estimado de aproximadamente 80% no total retirado de água nas últimas duas décadas. A previsão é de que, até 2030, a retirada aumente 30%. O histórico da evolução dos usos da água está diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico e ao processo de urbanização do país (ANA, 2017).

A legislação básica referente à qualidade e poluição das águas encontram-se na Portaria MS 2914/2011 do Ministério da Saúde, que fixa normas sobre o controle e a vigilância da água para consumo humano; nas resoluções CONAMA Nº430/2011 nº357/2005 que dispõe sobre lançamento de efluentes; e no Decreto Estadual nº8.468/1976 que regulamenta a lei nº997/1976 sobre controle da Poluição Ambiental no Estado de São Paulo. Observa-se que as restrições legais relacionadas aos padrões de qualidade da água tratada vêm se intensificando com o passar dos anos e a tendência é que evoluam de forma a ficarem cada vez mais restritivas.

Portanto, devido ao aumento da demanda por água potável, a escassez de mananciais e a intensificação das restrições legais, haverá uma pressão crescente para que os agentes responsáveis pelo abastecimento de água (público, industrial e rural) melhorem sua gestão.

Quanto à gestão de recursos hídricos superficiais destaca-se o problema da disponibilidade hídrica para abastecimento, questões de prevenção de inundações e de transporte de sedimentos. As inundações ocorrem devido a problemas de impermeabilização da superfície e o conseqüente excedente de escoamento superficial que provoca inundações. Problemas de transporte de sedimentos estão relacionados a questão da erosão, que ocorrem devido ao desmatamento. Os resíduos são transportados pelos cursos d'água, gerando problemas de sedimentação nos fundos das barragens, diminuindo o volume de água acumulada, reduzindo seu tempo de vida útil.

É muito importante que ocorra o gerenciamento integrado dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais, pois eles se inter-relacionam. Os recursos hídricos superficiais perenes só existem devido à presença dos recursos hídricos subterrâneos, ou seja, os recursos hídricos subterrâneos são a base dos recursos hídricos superficiais. Os recursos hídricos subterrâneos são pouco conhecidos, pouco visíveis, e devido à falta de informações, existe um risco grande que venham a ser deteriorados e eventualmente comprometidos.

Uma parte muito importante do gerenciamento dos recursos hídricos é a questão da aquisição e o monitoramento de dados de campo. O ideal é que estes dados de campo, bem como resultados de pesquisas sejam divulgados para que fiquem à disposição da população. Para se conseguir gerenciar de maneira efetiva são necessárias ferramentas de gerenciamento.

Segundo Wendland & Rabello (2010), a modelagem computacional dos mecanismos que governam os aquíferos possibilita o entendimento dos processos e fornece informações que podem ser utilizadas para auxiliar no processo de tomada de decisão. No entanto, é necessário que os dados coletados sejam validados para as condições que efetivamente ocorrem no sistema estudado.

O SIG (Sistema de Informações Geográficas) vem se destacando como ferramenta para organizar, visualizar, analisar e manipular dados coletados, de forma referenciada espacialmente. A tecnologia do SIG armazena informações em um banco de dados, para geração de outras formas de análise, facilitando a tomada de decisões, sendo essas informações capazes de serem extraídas desse banco de dados onde dificilmente poderiam ser obtidas somente analisando a parte gráfica do

mapa contido no SIG. As informações geográficas geradas através do SIG podem servir de subsídios para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos subterrâneos, através da criação de mapas temáticos.

Portanto, devido a grande importância que tem a água subterrânea no estado de São Paulo, estudos que venham a contribuir com o seu melhor conhecimento são bem vindos. Assim, este trabalho pretende contribuir com informações a respeito das potencialidades de água subterrâneas, através da análise de dados de diversos poços em operação na região Noroeste do estado de São Paulo.

## **2. JUSTIFICATIVA**

A recente crise hídrica que assolou o estado de São Paulo demonstra claramente a necessidade de uma gestão eficiente dos recursos hídricos para garantir a segurança no abastecimento público de água. Para uma boa gestão é imprescindível o conhecimento das fontes existentes e das fontes potenciais de água na região a ser explorada. A maior parte do abastecimento público do estado de São Paulo é feita com água subterrânea. Desta forma, este trabalho pretende contribuir para o aumento do conhecimento sobre as fontes existentes de águas subterrâneas na região noroeste do estado de São Paulo, e auxiliar para que ocorram previsões mais acertadas das características de um poço tubular profundo a ser perfurado, através do maior conhecimento de poços existentes.

### **3. OBJETIVOS**

Este trabalho objetivou identificar, mapear e avaliar as principais características de diversos poços da região noroeste do estado de São Paulo, relacionando tipos de aquíferos explorados, vazões específicas, transmissividades, coeficientes de permeabilidade, níveis dinâmicos e estáticos e relações entre volumes produzidos e consumo de energia. Para isso, foram realizadas: revisão bibliográfica, coleta de dados cedidos pela Sabesp de 331 poços existentes na região noroeste do estado de São Paulo, organização e comparação destes dados com auxílio de gráficos, tabelas e aplicação de um sistema de SIG.

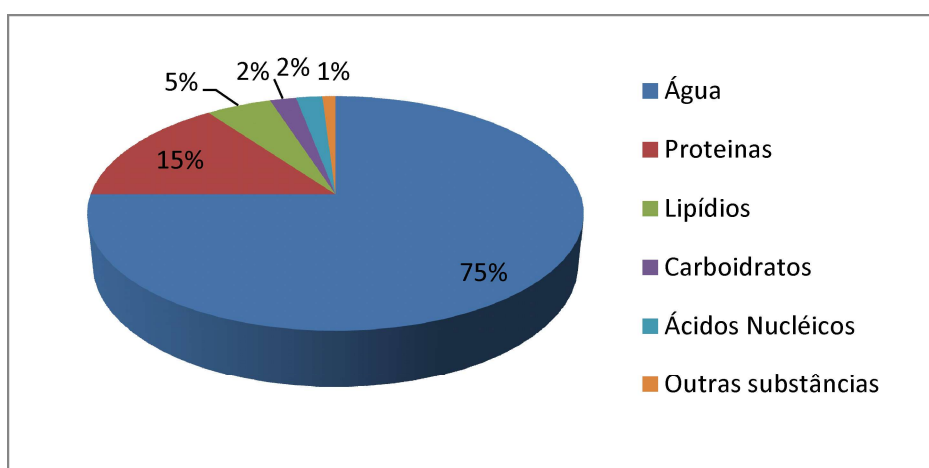
## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Águas subterrâneas

Sem a água é impossível a existência de qualquer forma de vida da forma como conhecemos. Até o momento o único planeta conhecido do universo que comprovadamente possui água nos três estados físicos fundamentais (sólido, líquido e gasoso) é o planeta Terra, isto é possível graças ao seu posicionamento em relação ao sol. Há evidências de que também exista água em estado líquido em outros planetas do sistema solar, por exemplo, em Marte, e em luas de Júpiter e de Saturno (KASTING 2005).

A água é a substância mais abundante nos seres vivos. O gráfico da figura 4-1, ilustra as porcentagens aproximadas dos elementos constituintes das células animais

Figura 4-1 Composição das células animais



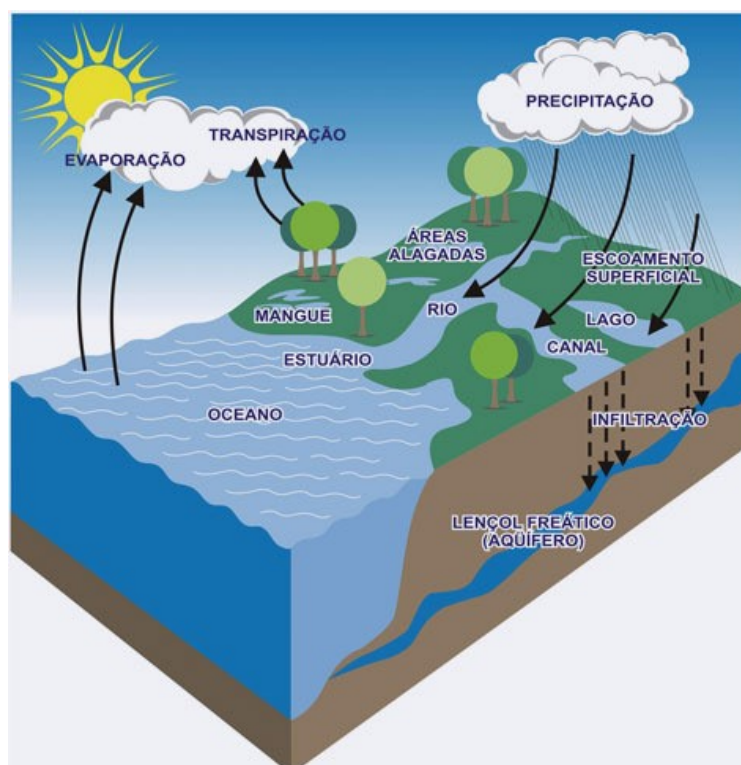
Fonte: Soares, 1999

A molécula de água é formada por dois átomos de hidrogênio e um átomo de oxigênio ( $H_2O$ ). A disposição espacial desses átomos não é linear, formando um ângulo. Esta disposição dos átomos estabelece moléculas polares, com uma zona positiva de um lado da molécula e uma zona negativa no lado oposto. Desta forma, cada molécula de água tende a se unir a outras quatro, através da coesão, formando pontes de hidrogênio. Estas ligações mantem a água fluida e estável em condições

normais de temperatura e pressão. A água é o único fluido que, ao congelar, se expande e se torna menos densa, por isso o gelo flutua na água, garantindo a existência da vida em ambientes aquáticos de regiões temperadas e frias, pois os organismos conseguem viver sob a camada de gelo. Outra propriedade da água é seu poder de dissolução, sendo considerada o solvente universal, esta propriedade é importante para as reações químicas celulares ocorrerem em meio líquido (SOARES, 1999).

A água recicla-se naturalmente através do ciclo hidrológico, que é o movimento contínuo da água no planeta, conforme ilustrado na figura 4-2. Este movimento ocorre graças à energia solar e a força da gravidade. A energia solar incidente no planeta provoca a evaporação das águas dos rios, mares e outros reservatórios, bem como a evapotranspiração da vegetação. O vapor d'água forma as nuvens, cuja movimentação sofre influência das correntes atmosféricas e da rotação da Terra. A condensação do vapor d'água forma a chuva, que ao atinge a Terra e pode gerar dois fenômenos: o escoamento superficial - que alimenta rios, lagos, oceanos - e a infiltração no solo - que alimenta os aquíferos subterrâneos. (CETESB, 2015).

Figura 4-2. Representação esquemática do Ciclo hidrológico



Segundo Feitosa (2008), a quantidade de água existente na terra é considerada constante, e estimada em 1,5 bilhões de quilômetros cúbicos. A distribuição da água no planeta, segundo os sistemas hidrológicos, ocorre da seguinte maneira: sistema atmosférico (13.000,00 km<sup>3</sup>), sistema hidrográfico (93.000,00 km<sup>3</sup>) e sistema hidrogeológico (10.000.000,00 km<sup>3</sup>).

Segundo Rebouças (2006), de acordo com sua origem, as águas podem ser classificadas como: meteóricas, superficiais e subterrâneas. As águas meteóricas dizem respeito ao vapor d'água na atmosfera, bem como chuvas, neves e granizos. As águas superficiais englobam as águas dos rios, lagos, pântanos, mares, oceanos e geleiras. As águas subterrâneas podem estar em aquíferos livres (freáticos), confinados (artesianos) ou semi-confinados.

De acordo com a tabela 4-1, a maior parte da água existente na Terra (97%) é salgada e está contida nos oceanos e mares. A água doce disponível em rios, lagos, pântanos e reservatórios artificiais, representam somente 0,01%, sendo que parte deste percentual se apresenta inviável para aproveitamento, devido à distância do manancial ao ponto de consumo e também por problemas de qualidade. A água subterrânea, que é a fração de água infiltrada que ocupa os vazios das formações rochosas, corresponde 0,6% do total de água disponível no planeta, porém, aproximadamente metade deste valor não apresenta viabilidade técnica para utilização por estarem localizadas a mais de 800m de profundidade (CARVALHO E OLIVEIRA, 2007)

Tabela 4-1. Distribuição da água no planeta Terra

<b>Distribuição da água no planeta Terra</b>	
Água Salgada	97,00%
Geleiras e capas de gelo	2,30%
Águas subterrâneas	0,60%
Água doce superficial (rios, lagos, pântanos reservatórios artificiais)	0,01%
Biosfera	0,01%
Umidade do solo	0,01%
Umidade da atmosfera	0,001%

Fonte: Carvalho & Oliveira, 2007

Pelos dados apresentados, conclui-se que a água doce disponível na Terra corresponde praticamente à água subterrânea, e que apesar da quantidade total de água no planeta ser muito grande, correspondente a 70% da superfície da terra, é falsa a ideia de que a água disponível para consumo humano seja abundante, pois, a quantidade de água doce, que apresenta viabilidade técnica e econômica de potabilização é pequena.

No Brasil encontra-se 12% de toda disponibilidade hídrica mundial (BRASIL, 2015), portanto é um país privilegiado neste quesito. Porém, a distribuição dentro do território nacional é desigual. As maiores concentrações de água ocorrem nas regiões Norte e Centro-Oeste, onde a concentração populacional é pequena. A região Sudeste que apresenta maior concentração populacional possui relativamente menor disponibilidade hídrica.

A fragilidade hídrica da região Sudeste ficou explícita no período de estiagem entre os anos de 2013 e 2014, quando muitas cidades, entre elas a capital paulista, necessitaram aplicar racionamentos e buscaram novas alternativas de mananciais e de tratamento da água.

A utilização de águas subterrâneas para abastecimento público apresenta diversas vantagens. As águas subterrâneas são naturalmente mais protegidas que as águas superficiais e sofrem pouca influência das oscilações climatológicas, mantendo as suas características mesmo em períodos de estiagem. Os custos de implantação, operação e manutenção de poços profundos normalmente apresentam menor custo do que captações superficiais com tratamento convencional em ETA's (Estações de Tratamento de Água). A amortização do investimento aplicado em execução dos poços, normalmente, se dá em torno de cinco a oito anos, sendo que a vida útil é superior a 20 anos. Além disso, a execução de poços produz pouco impacto ambiental.

Estima-se que existam no Brasil 400.000 poços (Zoy & Matos, 2002). No Estado de São Paulo, aproximadamente 70% dos municípios são abastecidos totalmente ou parcialmente por água subterrânea (FIESP, 2005).

A água subterrânea é também um grande atrativo turístico, como por exemplo em locais que possuem águas termais e com propriedades terapêuticas, em cidades como Caldas Novas, Lins, Poços de Caldas Araxá, Águas de São Pedro, etc.

Segundo Teixeira, et al. (2000), o processo mais importante de recarga da água no subsolo é a infiltração. O volume e a velocidade de infiltração dependem de vários fatores, tais como: tipo e condições dos materiais terrestres, cobertura vegetal, topografia, precipitação e ocupação do solo.

O tipo e as condições dos materiais terrestres influenciam diretamente na infiltração, materiais porosos e permeáveis a favorecem, enquanto materiais argilosos e rochas cristalinas a desfavorecem.

A cobertura vegetal favorece a infiltração devido ação das raízes, além disso, intercepta a água e a libera lentamente para a superfície por gotejamento, entretanto, em ambientes densamente florestados, cerca de um terço da precipitação interceptada sofre evaporação antes de atingir o solo.

A Topografia também influencia a taxa de infiltração. Quando o declive é suave o escoamento superficial é lento, favorecendo a infiltração, porém, quando ocorrem declives acentuados o escoamento superficial é rápido, diminuindo a infiltração.

As precipitações quando se apresentam regularmente distribuídas ao longo do tempo, favorecem a infiltração, por outro lado, chuvas torrenciais favorecem o escoamento superficial direto, pois a taxa de infiltração não é suficiente para que ocorra absorção do grande volume precipitado em curto intervalo de tempo.

A ocupação do solo influencia significativamente na quantidade de água infiltrada. Em áreas urbanas, as pavimentações desfavorecem a infiltração e, nas áreas rurais, a infiltração é reduzida pelo desmatamento e pela compactação do solo causada pelo tráfego de máquinas agrícolas e pisoteamento de animais .

A Bacia Hidrográfica pode ser definida como uma área ou região drenada por um curso d'água principal e seus afluentes, conforme ilustrado na figura 4-3. Devido à força da gravidade, as águas sempre correm dos pontos mais altos para os pontos de menores altitudes. O divisor de águas, linha mais elevada que separa uma bacia da outra, faz com que as águas escoem em direções diferentes. O exutório é ponto de menor altitude, que corresponde a foz do rio principal, para onde converge todo o escoamento superficial gerado no interior da bacia hidrográfica. O Balanço hídrico corresponde à comparação entre os quantitativos da chuva e da água que retorna

para a atmosfera, em uma determinada bacia hidrográfica. Esta ferramenta é útil para definições de estações com deficiências ou excedentes hídricos (CARVALHO & OLIVEIRA, 2007)

Figura 4-3. Representação esquemática de uma bacia hidrográfica



Fonte: Carvalho & Oliveira, 2007

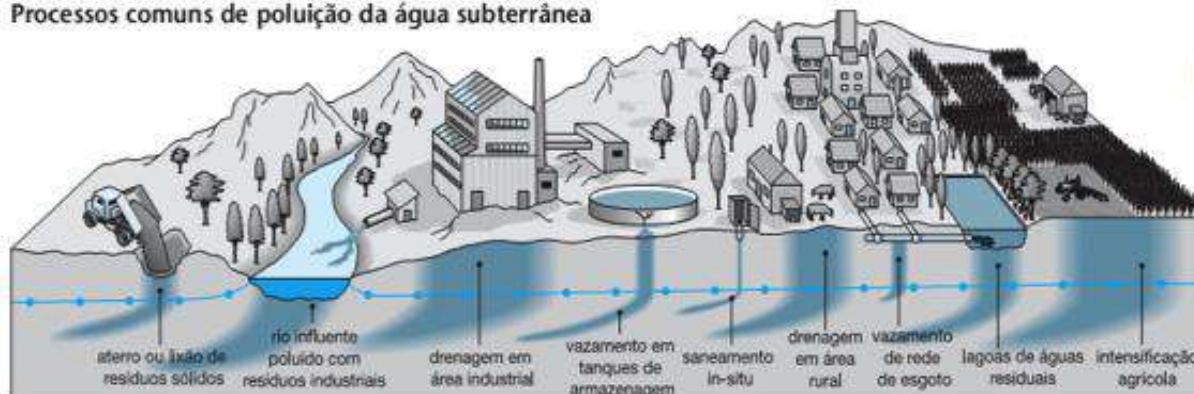
A unidade territorial da gestão de águas subterrâneas, segundo a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97), é a bacia hidrográfica. No entanto, muitas vezes, a bacia hidrográfica ocorre sobre uma região que possui extensão menor que aquela onde ocorrem os escoamentos subterrâneos. Em decorrência disso, outros instrumentos metodológicos têm facilitado a abordagem de águas subterrâneas sobre diversas bacias. (BATISTA, WENDLAND & SCHULZ; 2012).

Segundo Foster, et al. (2010), os principais impactos negativos das atividades humanas sobre as águas subterrâneas são: a poluição, a superexploração e a impermeabilização do solo.

Conforme ilustrado na figura 4-4, são causas de poluição: utilização descontrolada de fertilizantes, pesticidas, falta de cuidado no transporte de elementos químicos, fossas, lagoas de tratamento de esgotos, lixões, vazamentos de tanques de combustíveis, cemitérios, extração e beneficiamento de minérios, entre outros.

Figura 4-4. Fontes de contaminação da água subterrânea

Processos comuns de poluição da água subterrânea



Fonte: FOSTER, et al., 2006

Outro fator que causa risco de contaminação nos aquíferos é a exploração clandestina de poços, que embora seja proibida, há relatos de que ocorram em abundância, e que normalmente são executadas sem projeto, cadastro, controle operacional e sem a preocupação com a preservação dos mananciais subterrâneos. Quando um poço é desativado, torna-se um ponto altamente suscetível à entrada de contaminação no aquífero. Desta forma, é muito importante que o abandono do poço seja feito de maneira correta, eliminando a possibilidade de acesso de poluentes ao aquífero. Pois, a reabilitação de um aquífero poluído envolve muitas dificuldades e custos elevados, podendo resultar na perda de uma fonte de abastecimento de água, que em muitos casos pode ser a única disponível da região.

A superexploração ocorre quando a quantidade de água subterrânea extraída é superior ao limite de produção do aquífero (ABAS, 2018). Quando isto ocorre as possíveis consequências são:

- A exaustão do aquífero, por exemplo, na cidade de Pequim - China, o lençol freático rebaixa em média dois metros por ano, sendo que um terço dos poços já secaram (TEIXEIRA et al, 2000). No aquífero Guarani, o Programa Estratégico elaborado por pesquisadores de quatro países (Brasil, Uruguai, Argentina e Paraguai) em 2009, aponta a perda de capacidade como resultado da extração em níveis superiores à recarga e propõe a restrição a perfuração de poços.

- Diminuição de produção de água em nascentes e mudança de vazões em rios. (MMA, 2007).

- Compactação do terreno, o que pode levar a recalques em construções. Na cidade do México, por exemplo, ocorreu o afundamento do solo no centro da cidade, e houve recalques nas estruturas das edificações, ruas, metrô, etc. (FEITOSA & FILHO, 2000).

- Em aquíferos costeiros pode ocorrer a intrusão salina, através da invasão de águas salgadas ocupando os vazios deixados pelas águas doces (TEIXEIRA et al., 2000).

- Pode contribuir para o avanço e plumas poluidoras em direção às regiões onde ocorreu retirada de água (SOUZA, 2009).

Outro impacto negativo da atividade humana sobre as águas subterrâneas é a impermeabilização do solo. A impermeabilização do solo a partir da construção de casas, prédios, asfaltamento de ruas, ausência de jardins e parques, entre outros, reduz a capacidade de infiltração da água. Desta forma, quando ocorre chuva intensa a água escoar em direção às partes baixas do relevo, causando erosões no solo, enchentes e assoreamento de cursos d'água. Além de prejudicar a recarga dos aquíferos.

É necessário que haja gerenciamento integrado entre as águas superficiais e as águas subterrâneas. No caso de uma bacia que apresenta águas superficiais com índices de qualidade ruins ou se encontrem escassas, as águas subterrâneas são uma reserva estratégica.

## 4.2. Hidrogeologia

A Hidrogeologia é um ramo das Geociências que estuda as águas subterrâneas quanto ao seu movimento, distribuição, quantidade e qualidade. A hidrogeologia se subdivide na hidrodinâmica e na hidrogeoquímica, a primeira se dedica ao estudo da componente dinâmica da águas subterrâneas, e a segunda se dedica ao estudo da inter-relação química entre as águas subterrâneas e as rochas. As rochas são constituídas por agregados de minerais. Os minerais são substâncias naturais, inorgânicas, com composição química definida e estrutura atômica bem determinada. As rochas podem ser simples, formadas por um único tipo de mineral - ex: quartzitos formado por quartzo -, ou compostas, formada por mais de um mineral - ex: granito, formado por quartzo, feldspato e mica (FEITOSA, 2008).

De acordo com Castro & Jatobá (2004), as rochas podem ser classificadas em três grandes grupos, considerando a sua formação:

**Rochas Ígneas ou Magmáticas:** resultam da solidificação do magma. Representam 80% do volume da litosfera terrestre. Quando a solidificação ocorre no interior da Terra são denominadas intrusivas, neste caso, a solidificação é mais lenta gerando rochas mais compactas (ex: granito). Quando a solidificação ocorre nas camadas superiores da superfície são denominadas extrusivas. Como as temperaturas são menores, o magma se solidifica mais rapidamente, formando rochas menos compactas. Exemplo: basalto.

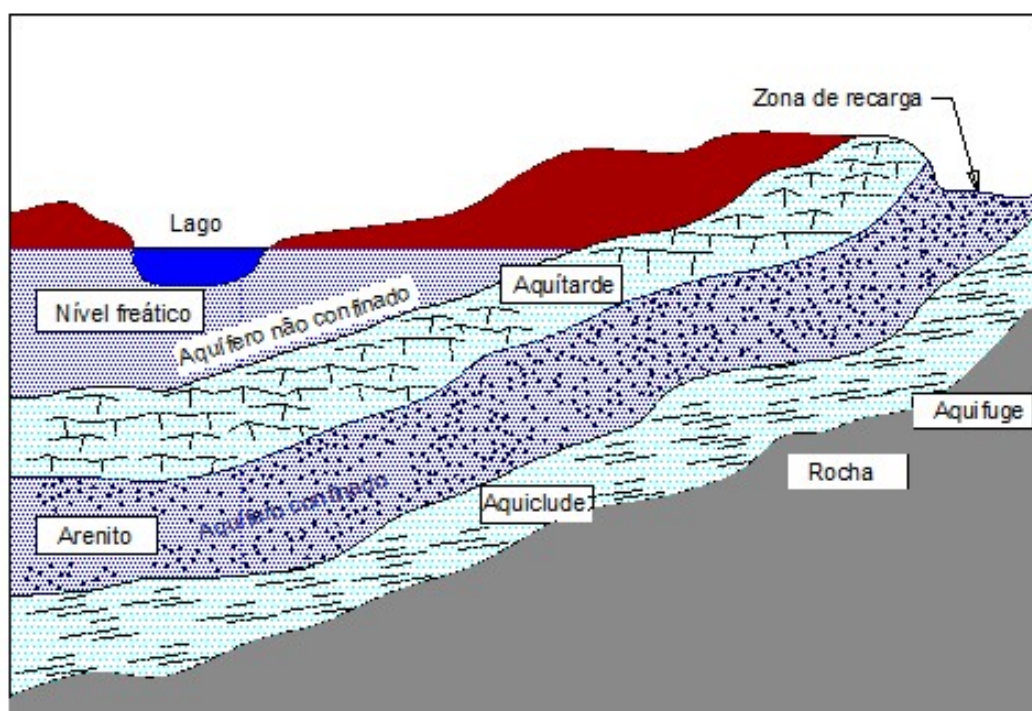
**Rochas sedimentares:** Formam-se a partir da consolidação de fragmentos de outras rochas preexistentes. Estes fragmentos são formados devido ao intemperismo e acumulam-se no fundo de vales. A consolidação se dá pelo processo chamado de diagênese ou litificação, que ocorre devido a pressão exercida pelas camadas superiores sobre as camadas inferiores de sedimentos. São exemplos: arenito e calcário.

**Rochas Metamórficas:** Formam-se a partir de outras rochas preexistentes no interior da Terra, podendo ser estas rochas serem ígneas, sedimentares ou mesmo outras rochas metamórficas. Devido às variações de pressão, temperatura e movimentos da crosta terrestre, pode ocorrer modificações químicas nas rochas.

São exemplos: a ardósia, formada a partir do xisto e o mármore, formado a partir do calcário.

Quanto ao comportamento hidráulico, as formações geológicas podem ser classificadas em: aquícluede, aquítarde e aquífuge e aquífero (FEITOSA, 2008). A figura 4-5 ilustra os diferentes comportamentos hidráulicos das formações geológicas.

Figura 4-5. Comportamento hidráulico das formações geológicas



Fonte: Rebouças, 2002 – adaptado

**Aquícluede:** São formações que armazenam água, mas não podem cedê-las. Possuem grande porosidade e baixa permeabilidade, impedindo que a água flua em seu meio. Exemplo: argilitos não fraturados.

**Aquítarde:** são formações que possuem porosidade e permeabilidade muito baixas, podendo transmitir certa quantidade de água aos extratos sobrejacentes e subjacentes. Exemplo: arenitos argilosos.

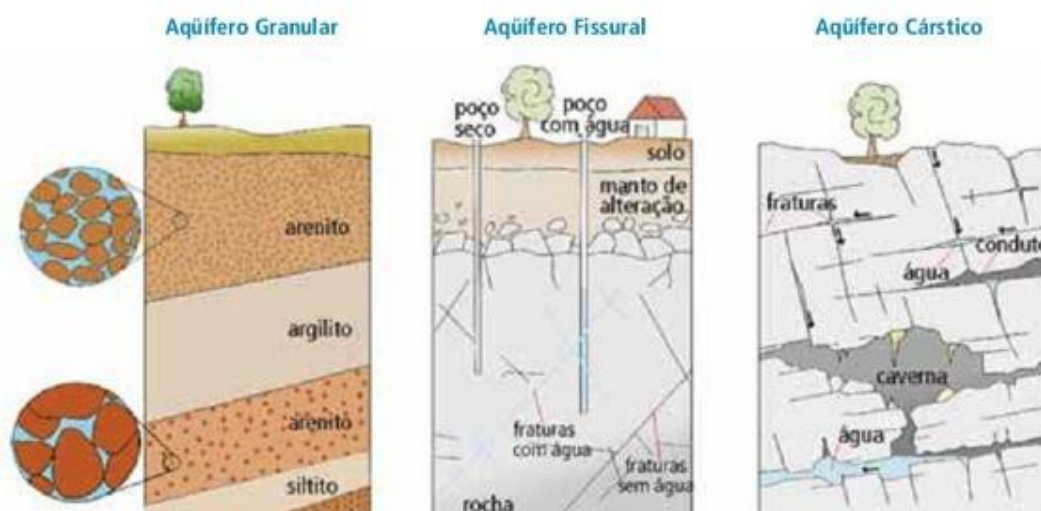
**Aquífuge:** são formações que não possuem porosidade nem permeabilidade, por isso não possuem e nem permitem o movimento da água. Exemplo: rochas cristalinas sem fissuras.

**Aquífero:** são formações rochosas que possuem porosidade e permeabilidade, capazes de armazenar e liberar água. Exemplo: arenito e rochas cristalinas fissuradas.

Os aquíferos desempenham várias funções. São responsáveis por manter os cursos d'água estáveis. Permitem a estocagem e regularização do excedente de água durante enchentes. Realizam o transporte de água entre as zonas de recarga e de exploração. Realizam a filtragem e a depuração bioquímica do maciço natural permeável. Os aquíferos são excelentes reservatórios naturais de água, por estarem protegidos e apresentam baixa evaporação (SCALVI, 2016).

Quanto à porosidade, os aquíferos podem ser divididos em três tipos fundamentais, conforme a figura 4-6: poroso, fissural e cárstico (MIDÕES, 2001).

Figura 4-6. Tipos de aquíferos



Fonte: IRITANI & EZAKI, 2008

**Aquífero poroso ou sedimentar:** formado por rochas sedimentares ou solos arenosos, onde a circulação de água se faz entre os poros. Normalmente, apresentam grande distribuição geográfica e capacidade de armazenamento de grandes volumes de água.

**Aquífero fraturado ou fissural:** formado por rochas magmáticas ou metamórficas, onde a circulação de água se faz nas fraturas. A capacidade de armazenamento depende da quantidade, aberturas e intercomunicações das fraturas.

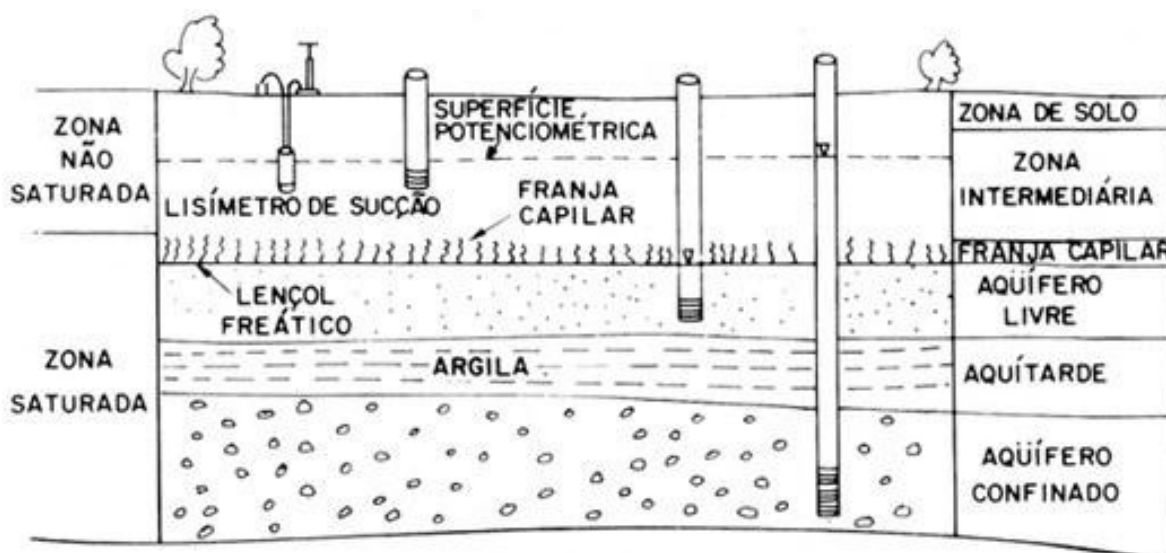
**Aquífero cárstico:** formado por rochas calcáreas ou carbonáticas, onde a circulação da água se dá nas cavidades de dissolução.

Abaixo da superfície do terreno, a água contida no solo e nas formações geológicas é dividida em duas zonas, não saturada ou saturada conforme figura 4-7 (CLEARY, 1989).

**Zona não saturada ou vadosa:** localizada acima da zona saturada, onde parte dos poros são ocupados com ar e parte com água.

**Zona saturada ou freática:** Todos os poros encontram-se cheios de água.

Figura 4-7. Representação das diferentes zonas de umidade do solo



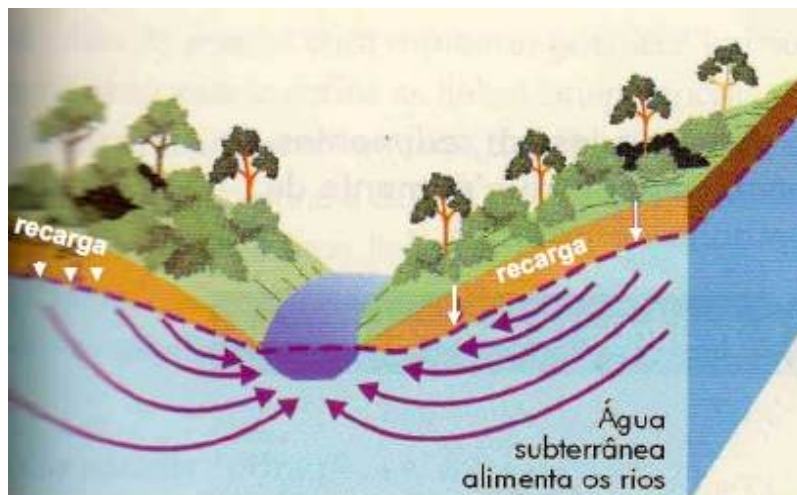
Fonte: CLEARY, 1989

**Nível freático ou nível de água subterrânea (NA):** Localiza-se no limite entre a zona saturada e a zona não saturada. Este limite é facilmente identificável na prática, pois corresponde ao nível da água, identificado através de sondagens ou perfuração de poços. O nível freático acompanha aproximadamente as irregularidades do terreno. Sua profundidade é função da quantidade de recargas e da constituição geológica, normalmente são mais rasos em regiões úmidas e mais profundos em regiões áridas.

Segundo Teixeira, et al. (2008), a relação entre os cursos d'água superficiais e o nível freático ocorre de duas formas distintas: quando os rios são alimentados

pela água subterrânea, situação típica de regiões úmidas, a vazão aumenta de montante para jusante, neste caso os rios são chamados efluentes (figura 4-8).

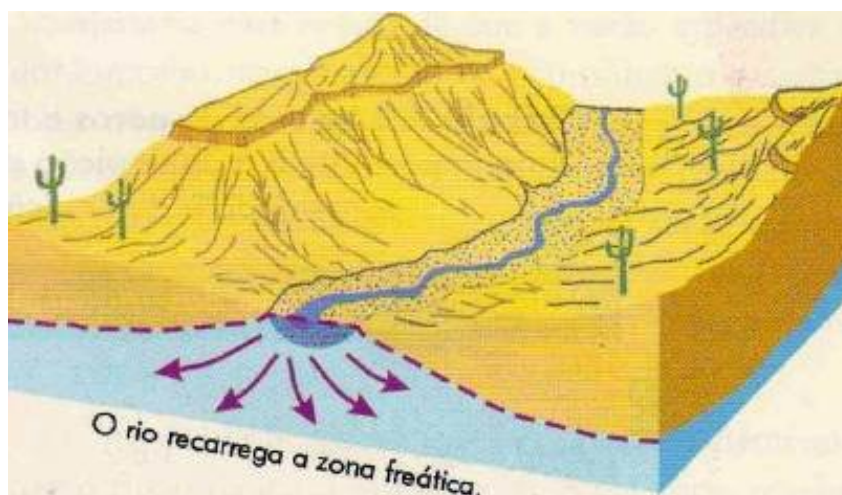
Figura 4-8. Representação de rio efluente



Fonte: TEIXEIRA, 2008

Quando a água do rio se infiltra na zona freática, o que é comum em regiões áridas e semiáridas, com a vazão diminuindo de montante para jusante, o rio é chamado influente (Figura 4-9).

Figura 4-9. Representação de rio influente



Fonte: TEIXEIRA, 2008 - adaptado

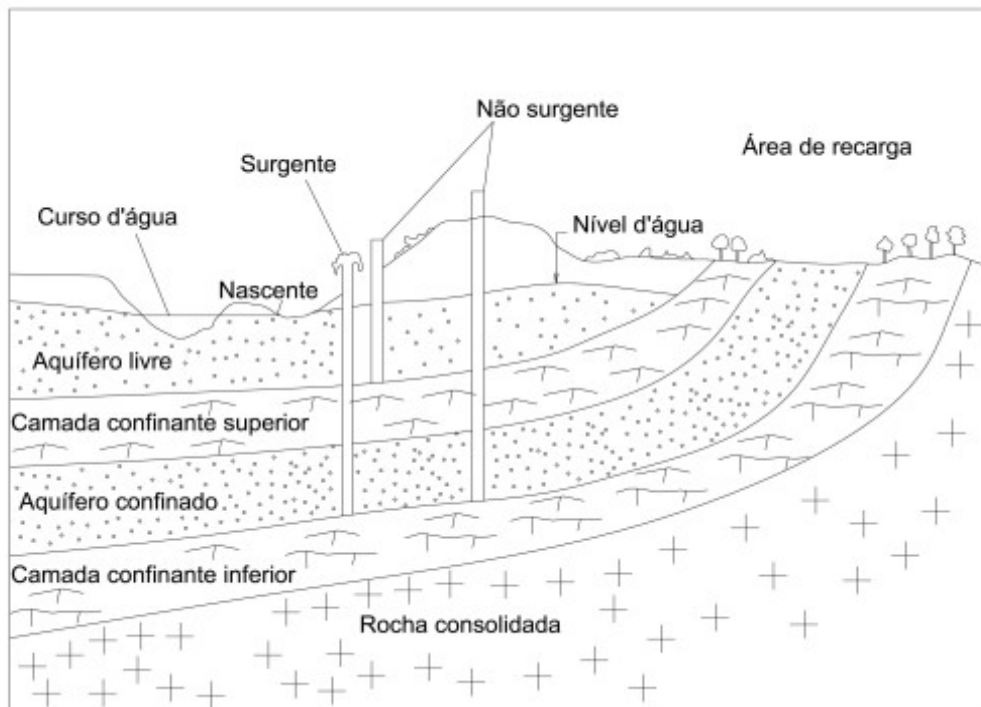
Quanto à pressão os aquíferos podem ser divididos em: livres (ou freáticos), confinados (ou artesianos) ou semi-confinados (FEITOSA & FILHO, 2008). A figura 4-10 ilustra os tipos de aquíferos de acordo com a pressão.

**Aquífero livre ou freático:** é constituído por uma formação geológica permeável, tendo por base uma camada impermeável, a superfície da zona saturada está em equilíbrio com a pressão atmosférica. Possui recarga direta, por meio de chuvas, e o seu nível está ligado ao regime pluviométrico. O aquífero livre está sujeito à contaminação.

**Aquífero confinado (ou artesiano):** é constituído por uma formação geológica permeável, estando confinado entre duas camadas impermeáveis. A pressão deste aquífero é maior que a pressão atmosférica. Dependendo da cota do terreno o poço pode ser surgente. Seu reabastecimento ocorre junto à área de afloramento.

**Aquífero semi-confinado:** limitado na base, no topo ou ambos, por camada cuja permeabilidade é menor que o aquífero, o que permite que parte do fluxo d'água migre para outros aquíferos ou mesmo para a superfície. Através deste processo ocorre também a recarga do aquífero.

Figura 4-10. Tipos de aquíferos, de acordo com a pressão



Fonte: CPRN (1998) - adaptado

O movimento da água subterrânea ocorre devido à força gravitacional e também devido ao potencial hidráulico, que é a diferença de pressão exercida entre dois pontos

Segundo Feitosa & Filho (2000), as propriedades físicas que definem um aquífero são três: a porosidade, o coeficiente de armazenamento e a condutividade hidráulica.

**Porosidade** - é definida como o percentual de rocha ou solo ocupado por vazios, ou seja, é a relação entre o volume de vazios e o volume total do material, conforme a equação 4.2.1 (FETTER, 2001).

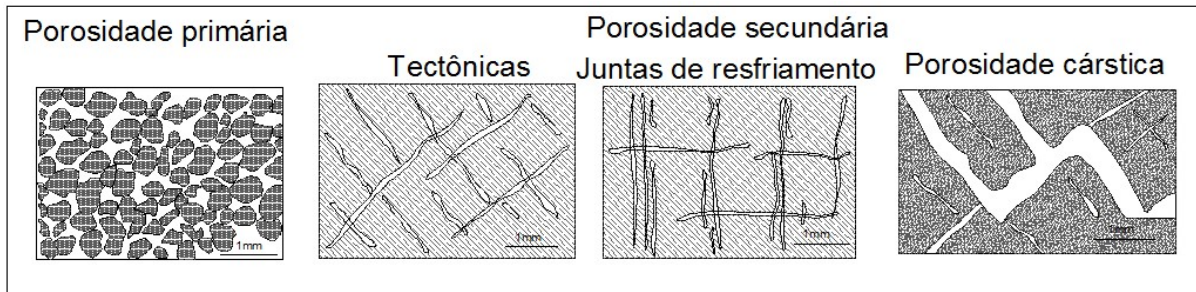
$$n = \frac{V_v}{V} \quad (4.2.1)$$

Sendo:  $n$  – porosidade total;  $V_v$  – Volume de vazios;  $V$  – Volume total

A quantidade de água que um aquífero pode armazenar é diretamente depende da porosidade.

A porosidade pode ser primária ou secundária. A figura 4-11 ilustra os diferentes tipos de porosidades.

Figura 4-11. Tipos de porosidade



Fonte: Karmann, 2009 (Adaptado)

A porosidade primária é formada na matriz do solo ou rocha, correspondendo aos espaços entre os grãos (porosidade intergranular) que ocorrem em rochas sedimentares ou vulcânicas. A porosidade secundária corresponde às fraturas ou falhas desenvolvidas após a formação das rochas ígneas, metamórficas ou sedimentares. A porosidade cárstica se enquadra como um tipo especial de porosidade secundária, desenvolvida em rochas solúveis, como calcários e mármore, através da formação de vazios por dissolução (KARMANN, 2009).

A porosidade efetiva considera apenas os vazios que permitem o fluxo do fluido, excluindo os vazios que não são interconectados ou que sejam muito

pequenos (FETTER, 2001). O aumento do volume dos microporos diminui a permeabilidade. Como exemplo disso temos a argila, que apresenta grande volume de microporos (grande porosidade), porém apresenta baixa permeabilidade (os microporos dificultam a transmissão da água). O oposto ocorre com o cascalho que apresenta baixa porosidade e alta permeabilidade. A permeabilidade depende do tamanho dos poros e da conexão entre eles. O principal fator que determina a disponibilidade de água de um aquífero não é a quantidade de água armazenada, mas sim a sua permeabilidade, ou seja, a capacidade em permitir o fluxo através dos poros (PRESS, 2006).

**Coefficiente de armazenamento (S)** - é um parâmetro adimensional definido como o volume de água que um aquífero desprende ou armazena por unidade de área superficial do aquífero por variação unitária da componente de carga hidráulica normal aquela superfície. Ou seja, é o volume de água liberado por unidade de área do aquífero quando a linha piezométrica abaixa 1m. Pode ser determinada através de ensaios de bombeamento. Valores médios típicos deste parâmetro em aquíferos freáticos (não confinados) estão compreendidos na faixa  $0,01 < S < 0,35$ , enquanto que, em aquíferos artesianos (confinados) na faixa de  $7 \cdot 10^{-5} < S < 5 \cdot 10^{-3}$ . A grande diferença de valores para aquíferos livre e confinados ocorre devido aos mecanismos de liberação de água serem diferentes. No aquífero livre a liberação é feita principalmente através da drenagem dos poços. Em aquíferos confinados ocorre uma combinação entre as forças de compressão do aquífero e as forças de bombeamento (FEITOSA & FILHO, 2000).

**Condutividade hidráulica ou coeficiente de permeabilidade (K)** - expressa a resistência da água ao movimento através de um meio poroso ou como a medida da facilidade que um meio poroso transmite água. A condutividade hidráulica é função das características do meio: a porosidade, o tamanho, a distribuição, a forma e o arranjo das partículas; e também das características do fluido: o peso específico e a viscosidade cinemática (FEITOSA & FILHO, 2000).

Para determinação do coeficiente de permeabilidade normalmente são empregados ensaios, com uso de permeâmetro de carga constante ou variável,

ensaios de campo e métodos indiretos. Os valores típicos de coeficientes de permeabilidade, para solos sedimentáveis, são apresentados na tabela 4-2.

Tabela 4-2. Alguns valores típicos de coeficiente de permeabilidade

Tipo de solo	K (m/s)
argilas	$< 10^{-9}$ m/s
siltos	$10^{-6}$ a $10^{-9}$ m/s
areias argilosas	$< 10^{-7}$ m/s
areias finas	$< 10^{-5}$ m/s
areias médias	$< 10^{-4}$ m/s
areias grossas	$< 10^{-3}$ m/s

Fonte: Pinto (2000)

A condutividade hidráulica é um coeficiente proveniente da lei de Darcy.

### Lei de Darcy

A primeira equação para quantificar o movimento da água no solo foi introduzida por Henry Darcy, em 1856. Darcy verificou experimentalmente como os diversos fatores geométricos, indicados na figura 4-12, influenciavam a vazão de água que passa por um cilindro de seção transversal A, cheio de material granular. Ele fez passar uma vazão constante Q e verificou que a vazão que passava pela seção A era diretamente proporcional à perda de carga que se dissipa na percolação ( $h_1$  e  $h_2$ ) e inversamente proporcional à distância ao longo da qual a carga se dissipa (L). A lei da Darcy é expressa pela equação 4.2.2:

$$Q = k \cdot \frac{h_1 - h_2}{L} \cdot A \quad (4.2.2)$$

Q = vazão constante que passa pelo meio poroso ( $L^3/T$ )

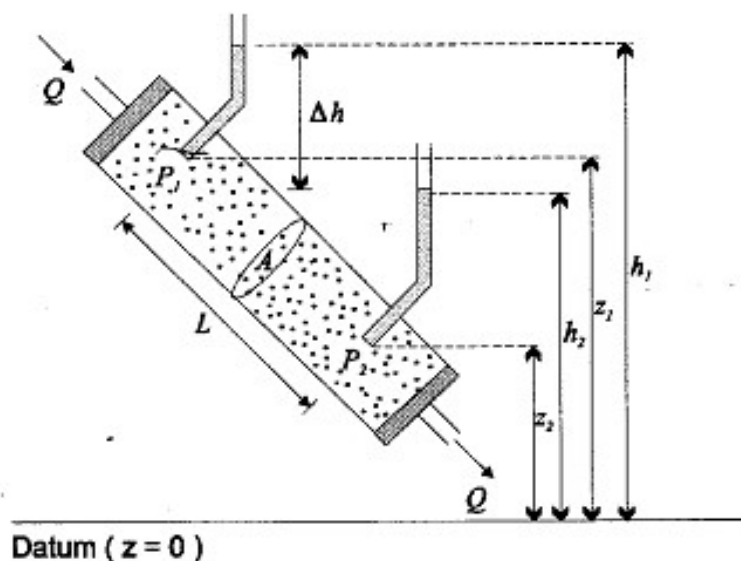
$h_1$  e  $h_2$  = cargas hidráulicas que se dissipa na percolação entre os pontos 1 e 2.

L = distância ao longo da qual a carga se dissipa (L)

A = área da seção transversal do permeâmetro ( $L^2$ )

K = coeficiente de permeabilidade, constante para cada tipo de solo

Figura 4-12. Esquema representativo do experimento de Darcy



Fonte: Feitosa e Filho, 2000

A relação  $(h_1 - h_2)$  por  $L$ , expressa pela letra  $i$ , é chamada de gradiente hidráulico e representa a taxa de perda de carga por unidade de comprimento, conforme a equação 4.2.3.

$$i = \frac{h_1 - h_2}{L} \quad (4.2.3)$$

A vazão dividida pela área indica a velocidade de percolação, conforme equações 4.2.4 e 4.2.5:

$$Q = k \cdot i \cdot A \quad (4.2.4)$$

$$v = k \cdot i \quad (4.2.5)$$

**Transmissividade (T)** - É uma medida da taxa pela qual a água irá fluir através de uma determinada largura vertical do aquífero. Pode ser calculada através do produto da condutividade hidráulica pela espessura do aquífero, conforme equação 4.2.6. Corresponde à capacidade de um meio para transmitir água. Variam na faixa de  $1,0 \times 10^{-4}$  a  $1,5 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$ .

$$T = K \cdot Y \quad (4.2.6)$$

$K$ : condutividade hidráulica (m/dia)

$Y$ : espessura do aquífero (m)

Para se conseguir uma gestão eficiente das águas subterrâneas é necessário o conhecimento dos parâmetros hidrodinâmicos do aquífero. Estes parâmetros são determinados por meio de cálculos que utilizam dados de ensaios de bombeamento (teste de aquífero e teste de produção). Os cálculos necessários para determinação dos parâmetros são trabalhosos devido à grande quantidade de variáveis envolvidas, sendo necessária a aplicação de métodos numéricos ou gráficos para a resolução. A seguir são apresentados os dois métodos simplificados mais utilizados.

**Formula de Theis** – Charles Vernos Theis (1900-1987) desenvolveu um método fórmula para determinar os parâmetros envolvidos no bombeamento de poços, conforme a equação 4.2.7.

$$z = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot T} \cdot \left[ -0,5772 - \ln \left( \frac{r^2 \cdot S}{4 \cdot T \cdot t} \right) \right] \quad (4.2.7)$$

*z: rebaixamento em um poço de observação (m)*

*Q: Vazão (m<sup>3</sup>/dia)*

*r: distância do poço de observação ao ponto de bombeamento (m)*

*t: tempo contínuo de bombeamento (dia)*

Esta fórmula pode ser aplicada para determinação dos parâmetros transmissividade (T) e coeficiente de armazenamento (S), para isso é necessário ter os dados do ensaio de bombeamento. Quando não se tem o ensaio de bombeamento (valores de Q e z), e se tem os demais dados (T, r, S, t) esta fórmula pode ser aplicada para o cálculo dos valores de Q e z.

**Método simplificado de Cooper-Jacob** - Segundo Custódio e Llamas (2001), quando há ausência de poços de observação, os ensaios de recuperação do nível d'água em poços de bombeamento podem fornecer uma boa aproximação da transmissividade (T), a partir da fórmula de Jacob (equação 4.2.8), também citada como método de Cooper – Jacob, por Feitosa e Manoel Filho (2000):

$$T = 0,183 \cdot \frac{Q}{\Delta s} \quad (4.2.8)$$

*T: Transmissividade (m<sup>2</sup>/s);*

*Q: vazão (m<sup>3</sup>/s);*

*Δs: variação do rebaixamento tomado num ciclo logarítmico (m).*

Este método interpretativo de Jacob baseia-se na aplicação de uma transformação logarítmica para linearizar a relação tempos/rebaixamentos. O método baseia-se na projeção em papel semi-logarítmico dos rebaixamentos em ordenadas, e o tempo no eixo das abcissas em escala logarítmica. Os pontos gerados formam uma reta, cuja inclinação ( $\Delta s$ ) permite calcular a transmissividade (COSTA, 2000).

### **4.3. Poços tubulares profundos**

Poço Tubular Profundo é uma estrutura hidráulica que permite acesso à água subterrânea, através de uma perfuração circular, vertical e de profundidade variável.

As vantagens de utilização de poços são: pequena ocupação de área superficial; a perfuração pode ser feita próxima ao local de uso; permite autonomia de abastecimento; as águas subterrâneas possuem em geral melhor qualidade física, química e biológica e são menos vulneráveis à agentes poluidores advindos da superfície.

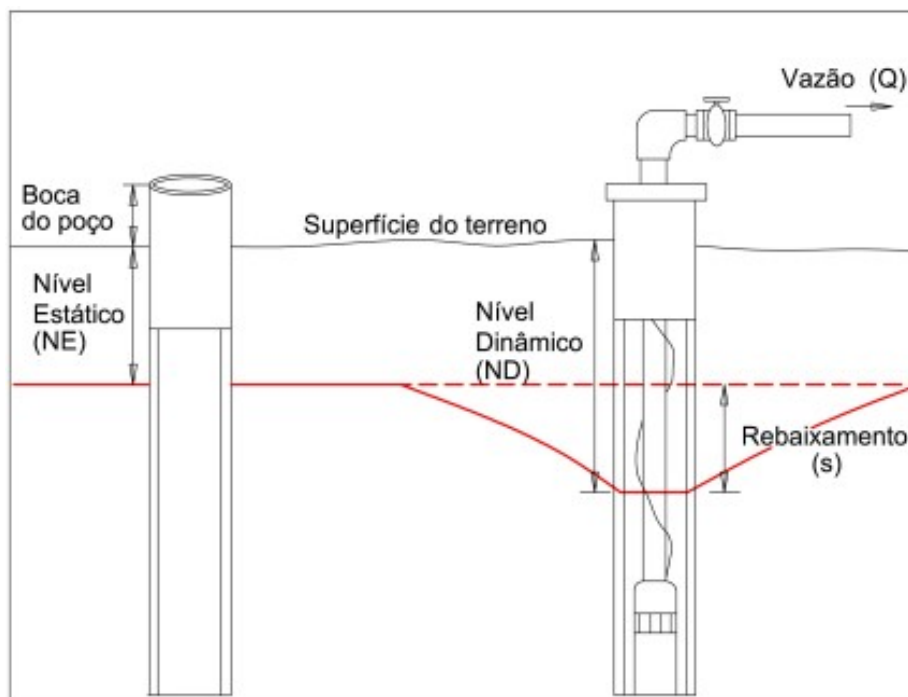
A captação de água subterrânea somente pode ser executada por profissionais legalmente habilitados. Sob o aspecto legal, os responsáveis técnicos devem ser geólogos (Lei n.º 4.076/62) ou engenheiros de minas (art. 14 da Resolução n.º 218/73 do CONFEA). Nos cursos de graduação de Geologia e de Engenharia de Minas são oferecidas disciplinas com conteúdos de conhecimento necessários e condizentes para os trabalhos de planejamento, pesquisa, locação, perfuração, limpeza e manutenção de poços tubulares.

Para se perfurar poços tubulares profundos é necessária a obtenção de licença, no Estado de São Paulo, junto ao DAEE, nos termos da Portaria DAEE nº 717, de 12/12/96. Os documentos necessários são: requerimento com dados cadastrais do interessado; localização do ponto de perfuração; estudo hidrogeológico, projeto do poço segundo as normas da ABNT; ART do responsável técnico e comprovante de pagamento de emolumentos. Posteriormente, o processo é avaliado por técnicos do órgão, e sendo considerado viável, será aprovado e publicado no Diário Oficial do Estado.

Para se ter o direito de operar o poço, deve-se entrar com pedido de outorga, novamente no DAEE, que analisará e emitirá, via Diário Oficial do Estado, a autorização do direito de uso. O poço fica então liberado para utilização, respeitando-se o volume, tempo de bombeamento e destino da água apresentados no processo. O outorgado terá como dever proteger o poço e o aquífero, tomando cuidados para que não haja infiltrações de qualquer tipo, devendo comunicar eventuais anomalias verificadas. Após 5 anos é necessário pedir a renovação da outorga.

Os principais parâmetros utilizados para caracterizar um poço tubular, conforme figura 4-13, são: vazões, níveis estáticos, níveis dinâmicos, rebaixamentos e a capacidade específica.

Figura 4-13. Parâmetros para avaliação de poços



Fonte: CPRN, 1998 - adaptado

**Nível Estático (NE):** É a profundidade da água dentro do poço, quando em repouso, medida a partir do nível do solo.

**Nível Dinâmico (ND):** É a profundidade da água dentro do poço, quando está ocorrendo o bombeamento, medida a partir do nível do solo. O valor do nível dinâmico é função da vazão de bombeamento.

**Rebaixamento (s):** É o rebaixamento do nível da água dentro do poço, representado pela distância entre o nível estático e o nível dinâmico.

**Capacidade específica ou vazão específica ( $m^3/h/m$ ):** é o parâmetro mais representativo da produtividade de um poço. É a relação entre a vazão, em  $m^3/h$ , de um poço e o rebaixamento do nível d'água em metros, conforme a equação 4.3.1.

$$q = \frac{Q}{s} \quad (4.3.1)$$

$q$ : vazão específica ( $m^3/h/m$ );

$Q$ : vazão ( $m^3/h$ )

$s$ : rebaixamento ( $m$ )

A utilização do conceito de vazão específica é a melhor forma que se pode utilizar para comparar a produtividade entre aquíferos distintos. A tabela 4-3 indica as faixas de valores de vazões específicas de acordo com as produtividades.

Tabela 4-3. Produtividades x vazões específicas

Produtividade	Vazão específica
Alta	> 4,0
Média	2,0 a 4,0
Baixa	0,5 a 2,0

Fonte: CPRN (1998)

### **4.3.1. Projeto**

Para a perfuração de poços deve-se realizar um estudo prévio para locação e um projeto construtivo do poço. O estudo prévio objetiva localizar águas subterrâneas, indicando o local de perfuração, a profundidade e o provável volume que será fornecido, sob condições que garantam maior facilidade e economia. Estes estudos requerem conhecimentos geológicos, tecnológicos e experiência em perfurações. Deve ser feito por profissional habilitado (geólogo ou engenheiro de minas). Para obtenção de informações sobre a área estudada, o técnico responsável geralmente utiliza, se houver, um banco de dados de poços existentes com profundidades, vazões, diâmetros, etc. Também são utilizadas publicações bibliográficas, além da observação do local - afloramentos, córregos, vertentes, vegetação e fotografias aéreas - que permitam a interpretação da geologia da área, e a existência de falhas e fraturas. Para a locação também é importante levar em consideração a facilidade de acesso ao local e a infraestrutura existente. Outros métodos utilizados para avaliação da subsuperfície são os elétricos e eletromagnéticos, que fazem medições indiretas das propriedades físicas das rochas (BIANCHI, 2010).

Outra maneira utilizada para locação dos pontos de perfuração de poços é a radiestesia. Consiste na utilização de uma varinha, metálica ou galho de árvore, por uma pessoa que supostamente tem uma sensibilidade diferenciada. O objeto segurado por ela sofre uma envergadura, apontando o local onde a água se encontra. Embora esta técnica não tenha nenhuma fundamentação científica, existem muitos relatos de casos que obtiveram sucesso e muitas empresas a utilizam hoje em dia, mas, normalmente fazem conjuntamente estudos feitos por técnicos habilitados, antes da tomada de decisão, sobre o ponto de perfuração.

O conhecimento geológico do local é fundamental para execução do projeto de construção do poço. O projeto deve definir todos os elementos a serem adotados para execução do poço: tipo de perfuratriz, diâmetros das perfurações, revestimentos, pré-filtros, filtros, desenvolvimento, teste de bombeamento, cimentação e acabamento. A figura 4-14 apresentam um modelo de projeto de poço tubular profundo.

Figura 4-14. Modelo de projeto de poço tubular profundo

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA PRELIMINAR	
<b>Município:</b> Três Fronteiras	<b>Local:</b> Sede P. 6
<b>Interessado:</b> SABESP	<b>Data da visita:</b> dezembro/2018
<p><b>Geologia:</b> O município em estudo encontra-se na porção centro-norte da Bacia Paleozoica do Paraná, e noroeste do Estado.</p> <p>O município de Três Fronteiras assenta-se sobre sedimentos do Grupo Bauru de idade Cretácea, representados pela Formação Adamantina.</p> <p>A Formação Adamantina é constituída por arenitos finos a médios, coloração creme amarelada, matriz lamítica em porcentagem variada; intercalados ocorrem bancos de siltitos e arenitos cor castanha avermelhada. Sua espessura pode atingir até 50 m.</p> <p>Este pacote sedimentar assenta-se em contato discordante erosivo sobre a Formação Serra Geral, constituída por extensos derrames de basalto toleítico, coloração cinza á negra e textura afanítica.</p> <p>A Formação Serra Geral ocorre entre as cotas: 310 a 300 m.</p> <p>Junto a área de interesse temos um poço com as seguintes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perfil Geológico: 0 – 36 m – Fm. Adamantina, 36 a 300m – Fm. Serra Geral.</li> <li>• Fraturas Principais: 75, 77 e 180 m.</li> <li>• Nível estático: 7,66 m</li> <li>• Nível Dinâmico: 30,11 m</li> <li>• Vazão: 30,11 m<sup>3</sup>/h.</li> </ul>	
<p><b>Aquífero (s):</b> O aquífero a ser explorado é o Cristalino (Formação Serra Geral).</p>	
<p><b>Possibilidades de captação de água subterrânea:</b> Um poço perfurado na cota 340 m, com 250 m de profundidade deverá fornecer vazão de 50 m<sup>3</sup>/h, desde que atravesse zonas de fraturas.</p>	
<p><b>Parecer:</b> Este poço será perfurado para incremento do abastecimento da comunidade.</p>	
<b>Execução Hidrogeológica:</b> Geol. César Bianchi Neto	<b>Data:</b> 21/12/2018

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
Objeto: Perfuração de Poço Tubular Profundo  
Especificações Técnicas

**1-DADOS:**

<b>Município:</b> Três Fronteiras		<b>Distrito:</b> Sede P.6	
<b>Local:</b> Área rural, estrada de acesso à ETA Sabesp		<b>Tipo de poço:</b> exploratório	
<b>Ponto de perfuração/Coordenadas</b>	<b>NS:</b> 7755,711 20°17' 47.20" S	<b>EW:</b> 509,375 50°54' 36,61" O	<b>Cota (m):</b> 340

**2-ELEMENTOS DE PROJETO: Previsão**

Perfil Geológico:						
De (m)	A (m)	Formação	Aquífero Captado	Nível Estático	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Rebaixamento (m)
0	40	Adamantina	Sedimentar			
40	250	Serra Geral	Fissurado	15	50	110

**3-ESPECIFICAÇÕES:**

<b>Capacidade do equipamento:</b> 300 m		<b>Profundidade a ser perfurada:</b> 250 m			
Perfuração:					
De : (m)	A: (m)	Método Perfuração	Diâm. (pol)	Diâm. (mm)	Litologia
0	35	Roto-percussão	14	356	R. sedimentar
35	40	Roto-percussão	10	254	Rocha - basalto alterado
40	250	Roto-percussão	8	203	Rocha cristalina - basaltos

**4- AMOSTRAGEM DURANTE A PERFURAÇÃO:**

Material perfurado:	Intervalo	Análises a serem efetuadas
Arenitos, siltitos, argilitos e basaltos	2 em 2 m	Descrição litológica
Água da Formação:	Intervalo	Análises a serem efetuadas
Serra-Geral	40 - 250	Físico - químico

**5- PERFILAGEM ELÉTRICA:**

De: (m)	A: (m)	Perfil (tipo)
		Calibração e apresentação Padrão API

**6- TESTES PRELIMINARES DE BOMBEAMENTO:**

Prof. do poço (m)	Situação do poço	Sist. bombeamento	Duração (h)	Observações

Fonte: Sabesp – material cedido

Figura 4-14. Modelo de projeto de poço tubular profundo (continuação)

Município: Três Fronteiras	Localidade: Sede	nº poço: 6			
----------------------------	------------------	------------	--	--	--

**7- REVESTIMENTO - TUBOS LISOS**

Material	União	Esp. (pol)	Esp. (mm)	Diam (pol)	Diam. (mm)	Comprim. (m)
Sch 20 – 33,31 Kg/m, preto	solda	0,250	6,35	8	203	40

Os tubos deverão ter as pontas biseladas e as rebarbas internas removidas

**8- REVESTIMENTO - FILTROS**

Material	União	% área aberta	Abertura (mm)	Diam. (pol)	Diam. (mm)	Comprim. (m)

**9- PRÉ-FILTRO**

Granulometria (mm)	Tipo	Volume (m3)	Método de injeção

O pré-filtro deve ser fornecido em sacos transparentes, com indicação de granulometria, teor de quartzo, densidade e volume, limpo e lavado, isento de finos e sofrer desinfecção. Deverá apresentar certificado com as características do material e análise granulométrica.

**10- DESENVOLVIMENTO**

Método	Tipo equipamento	Produto químico	Duração (h)	Obs.
Super bombeamento	Bomba Submersa 50 HP, 60 m <sup>3</sup> /h, 130 m.c.a	Dispersante	10	50 kg
Ar comprimido	Compressor de Ar		10	960 lb/pol2

**11- TESTE DE BOMBEAMENTO**

Tipo de teste	Tipo de equipamento	Duração (h)	Observações
Escalonado	Bomba Submersa 50 HP,	30	60 m <sup>3</sup> /h 130 m.c.a

**12- CIMENTAÇÃO**

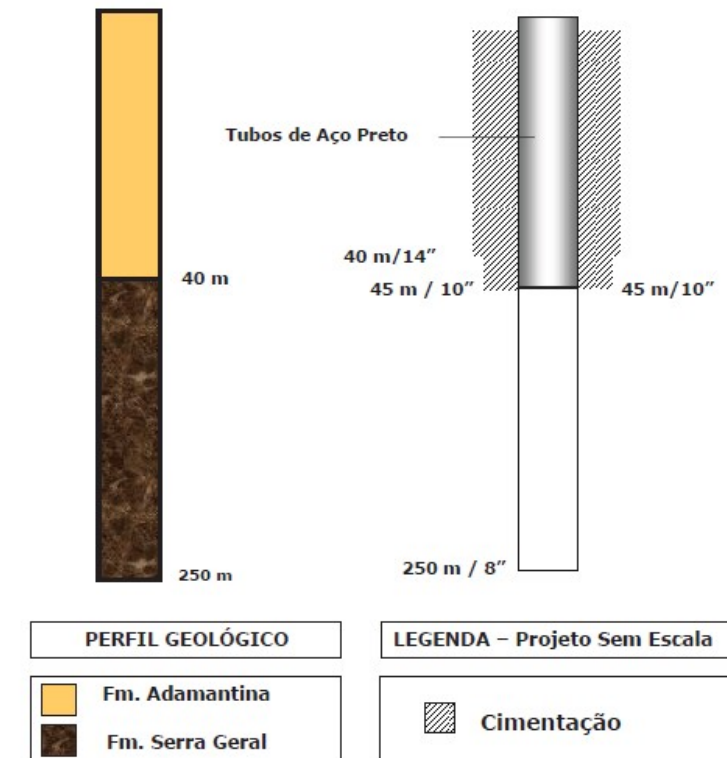
Intervalo (m)	Espaço anular (pol.)	Volume (m3)	Método injeção	Traço
0 - 40	4	4	Tubos auxiliares	calda

**13- ACABAMENTO**

Limpeza: Recomposição de área – aterrar tanques e valetas, retirar detritos da perfuração.
Desinfecção: Hipoclorito de Sódio (1,50 kg a 70%)   Tampa: aço soldada
Laje de proteção sanitária: Deverá ter declividade do centro para a borda, espessura mínima de 0,15 m e área não inferior a 3 m <sup>2</sup> , com a coluna de revestimento saliente no mínimo 0,50 m sobre a laje, centrada na mesma, conforme instrução técnica DAEE – DPO nº 010, de 30/06/2017.

**PROJETO ESQUEMÁTICO DE POÇO TUBULAR PROFUNDO**

Município: Três Fronteiras. Local: Sede Poço: 6

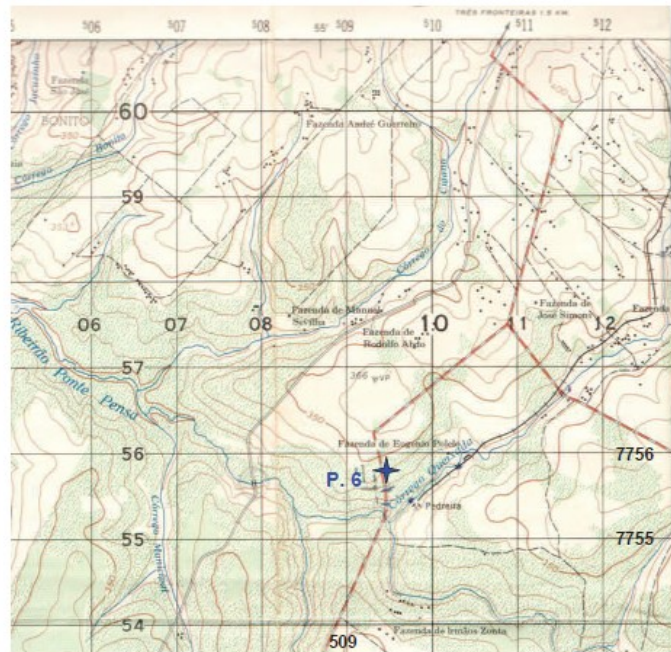


Fonte: Sabesp – material cedido

Figura 4-14. Modelo de projeto de poço tubular profundo (continuação)


#### 14 - INDICAÇÃO DO PONTO DE PERFURAÇÃO

Município: Três Fronteiras - Sede - P. 6



REFERÊNCIA: FOLHA TOPOGRAFICA – IBGE – nº 30 – SF - 22 - D - I - 3  
PALMEIRA D'OESTE.

Legenda:

	- Ponto de Perfuração
Escala: 1: 50.000	
Coordenadas UTM:	NS: 7755,711    EW: 509,375    Cota : 340 m

#### 15- CONDIÇÕES ESPECÍFICAS Município: Três Fronteiras – Sede – P. 6

- Será obrigatória a colocação na obra de placas da SABESP e de Responsabilidade Técnica, conforme exigência do CREA, sob pena de paralisação da mesma.
- Atestado Técnico (CAT) atendendo as seguintes condições de maior relevância:

Profundidades	Diâmetros	Espessuras	Litologia
120 m	203 mm (pol.)	120 m	Rocha Cristalina

- Comprovar em um único atestado a perfuração de poço tubular profundo com as características, de maior ou igual relevância, não sendo permitida a somatória de atestados no mesmo item
- Indicação do(s) responsável(is) técnico(s) pela obra objeto desta Licitação, necessariamente Geólogos, Engenheiros de Minas ou Engenheiro detentor de atestado de capacidade técnica fornecido pelo CREA para execução de obra com características similares aos itens de maior relevância aqui especificados, definida pela DECISÃO NORMATIVA do CONFEA nº 059 de 09/05/97 e referenciada pela DECISÃO PL nº 1.799 de 25/09/98.
- Prazo de execução da obra: **30 (trinta) dias**.
- A empreiteira deverá recolher e anexar a ART na caderneta da obra, nome do responsável que deverá estar capacitado para acompanhar e responder pela obra.
- Será obrigatória a colocação na obra de placas da SABESP e de Responsabilidade Técnica, conforme exigência do CREA, sob pena de paralisação da mesma.
- A empreiteira deverá tomar ciência junto à SABESP PE RH 0003 - Procedimento Empresarial SABESP de Segurança e Saúde do Trabalho em Obras e Serviços, antes do início da obra.
- Este projeto obedece a Norma ABNT – NBR 12.212/2017 – Projeto de Poço Tubular Profundo, devendo a construção do poço, obedecer a Norma ABNT - 12.244/92 – Construção de Poço Tubular Profundo.
- Locação do ponto: realização RT, recomenda-se visita ao local antes do início.

Projeto Hidrogeológico: Geólogo César Bianchi Neto

Data: 21/12/2018

Fonte: Sabesp – material cedido

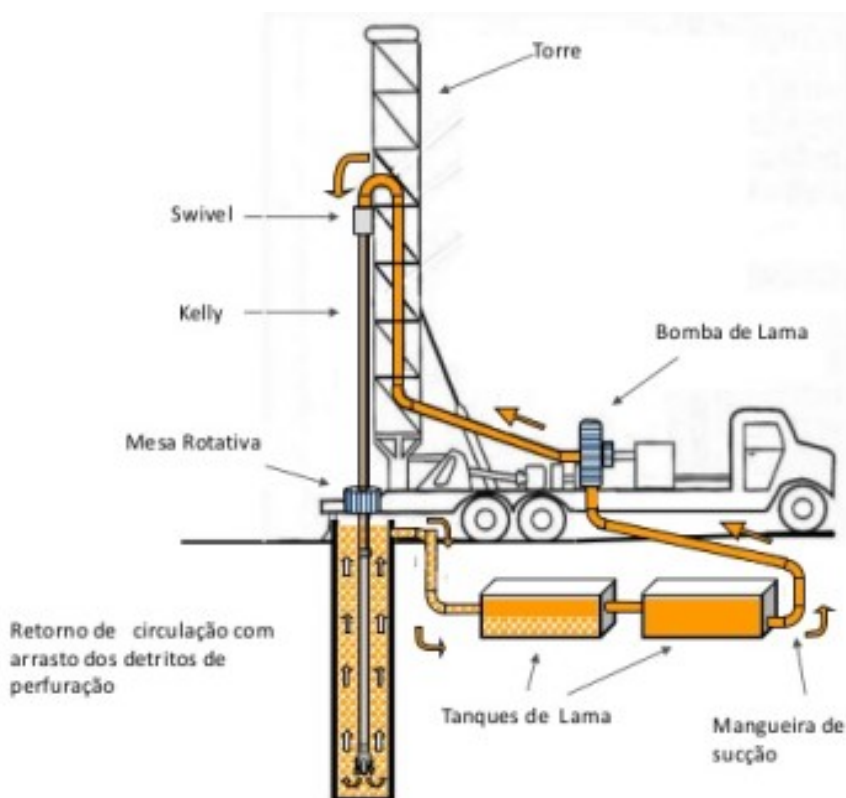
### 4.3.2. Perfuração

A perfuração do poço pode ser executada com máquinas percussivas, rotativas ou rotopneumáticas, podendo ser utilizados individualmente ou combinados, dependendo das vantagens e desvantagens de cada um deles. Os condicionantes para escolha são: tipo de formação, profundidade, diâmetros, etc. (FUNASA, 2018).

Sempre que possível toda a formação deve ser atravessada, pois esta é a situação em que o poço apresenta o melhor rendimento hidráulico. O diâmetro de perfuração do poço depende da capacidade de produção que se deseja alcançar, ele define o diâmetro do revestimento, o qual define as especificações da bomba.

**Perfuração rotativa.** É utilizada normalmente em formações sedimentares inconsolidadas, para grandes diâmetros e profundidades. O método baseia-se na trituração e desagregação da rocha pelo movimento giratório da broca. A figura 4-15 ilustra um sistema de perfuração rotativo.

Figura 4-15. Sistema de perfuração rotativo



A máquina perfuratriz rotativa basicamente é equipada com os seguintes componentes: motor, sistema de transmissão de potência, mesa rotativa, power swivel, mastro ou torre, kelly, haste de perfuração, broca, sistema de circulação de fluido (bomba e tanques) e sistema de içamento

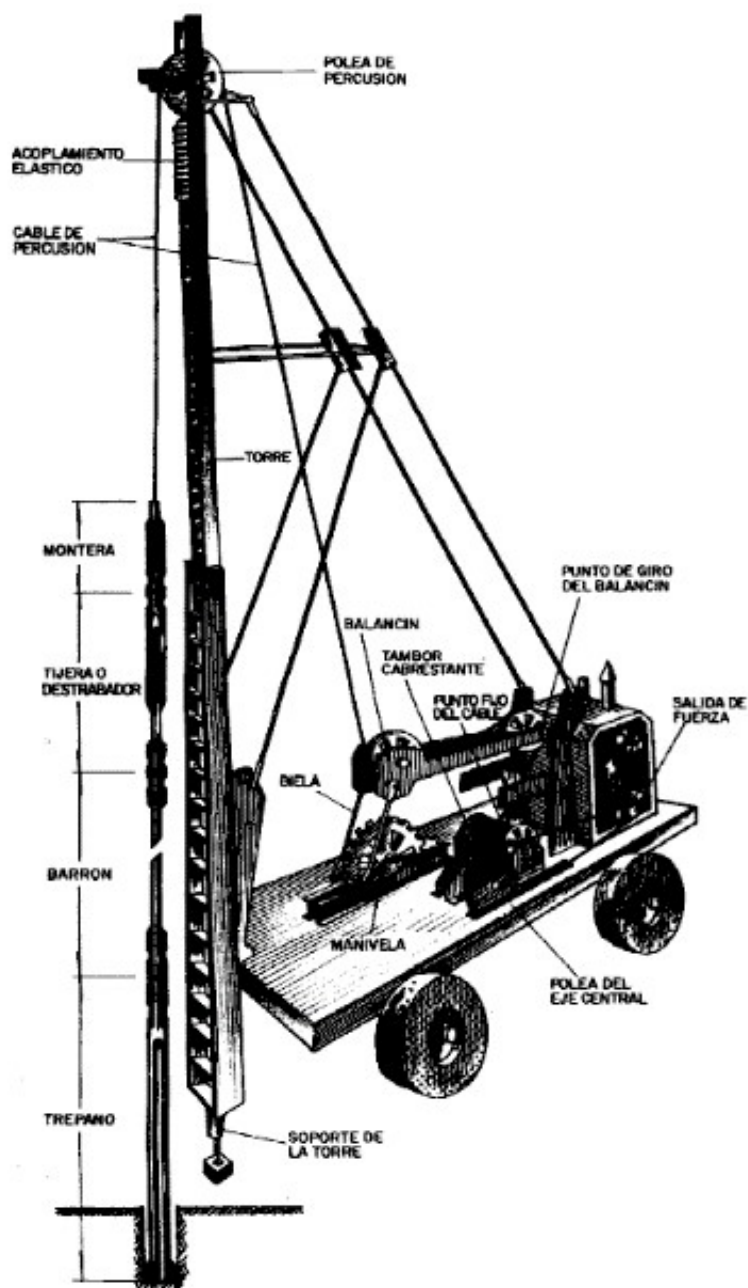
A rotação da mesa rotativa, acionado pelo motor, é transmitida a um tubo de parede externa poligonal, o Kelly, que fica preso no topo da coluna de perfuração. O Kelly é o elemento que transmite a rotação proveniente da mesa rotativa para a coluna de perfuração. O swivel é o equipamento que separa os elementos rotativos dos estacionários da sonda de perfuração, sua parte superior não gira e parte inferior permite a rotação. O fluido de perfuração é injetado no interior da coluna através do swivel. A broca é a ferramenta de corte localizada no extremo inferior da coluna de perfuração, a qual é utilizada para cortar e triturar a rocha. Enquanto a broca realiza a perfuração, um fluido, ou lama, é injetado por dentro da haste de perfuração, este fluido sai pelo orifício da broca e retorna a superfície, se deslocando entre a parede do poço e a coluna de perfuração, levando consigo fragmentos da rocha. O fluido é responsável também pela limpeza do furo e lubrificação da broca (CAPUCCI et al., 2001). A figura 4-16. mostra alguns tipos de brocas rotativas.

Figura 4-16. Principais tipos de brocas rotativas



**Perfuração a percussão.** Este método é utilizado em formações compactas (ígneas ou metamórficas), onde as águas subterrâneas estão armazenadas em fraturas, falhas, fissuras, etc., ou quando o aquífero poroso se encontra confinado, sendo a camada superior muito rígida. Normalmente é adequado para perfuração de pequenos diâmetros (BIANCHI,2010). A figura 4-17 ilustra um sistema de perfuração a percussão.

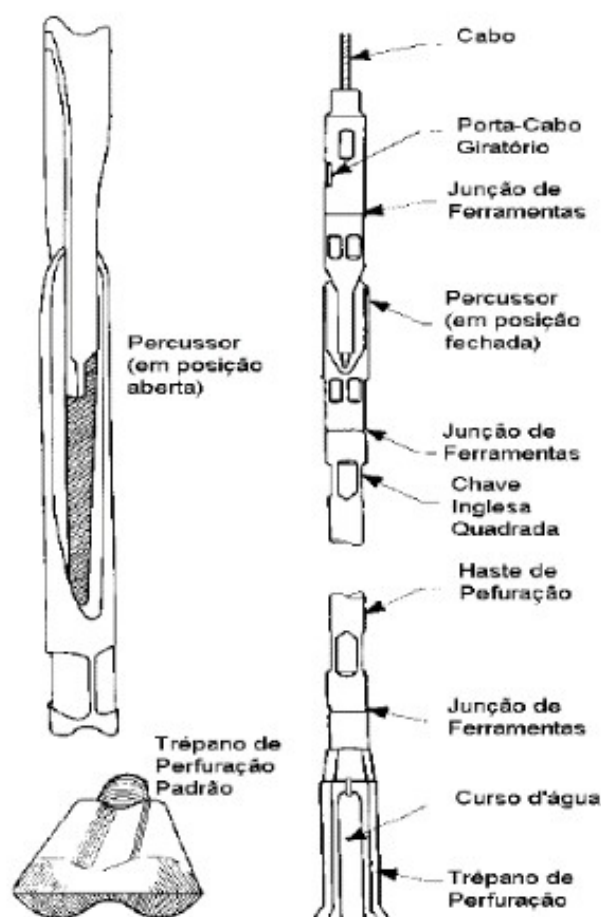
Figura 4-17 Sistema de perfuração a percussão



A máquina perfuratriz percussora consiste essencialmente de um guincho de 3 tambores, com carretel principal, carretel do revestimento, carretel da caçamba, balancim para o cabo, eixo principal, torre telescópica e unidade motriz. Todo esse equipamento é montado e soldado sobre um chassi feito de aço (CPRM/MME, 1998).

Os acessórios (ilustrados na figura 4-18), consistem de porta-cabo, percussores, hastes, trépano e cabos, além de ferramentas utilitárias diversas (CPRM/MME, 1998).

Figura 4-18. Ferramentas de uma máquina percussora



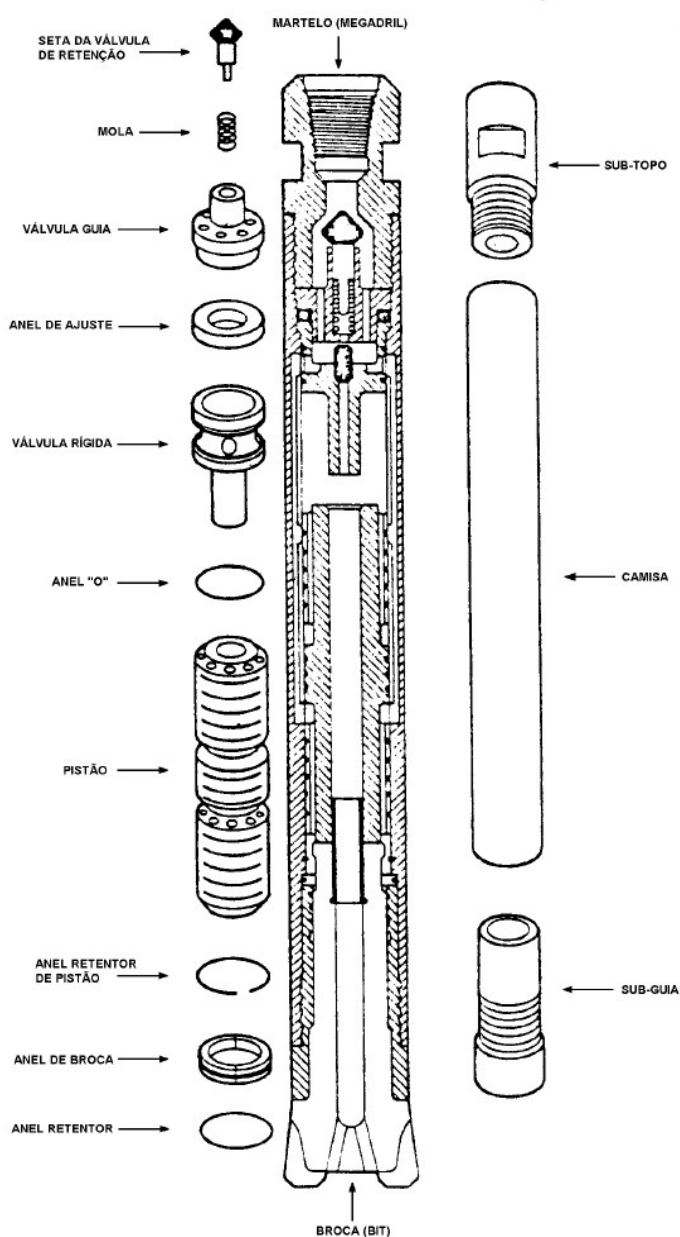
Fonte: CPRN (1998)

O princípio do método consiste em erguer e deixar cair em queda livre alternadamente, um pesado conjunto de ferramentas, suspensos por um cabo, que é acionado por meio de um balancim de curso regulável. Ao cair em queda livre, o trépano rompe o material rochoso, triturando-o, ao mesmo tempo em que gira sobre o seu próprio eixo, proporcionando um furo circular. Durante a operação, a água é

misturada aos fragmentos triturados, formando uma lama que é retirada em intervalos de tempo. Pode ser necessário revestir o poço, dependendo da rigidez da rocha (BIANCHI,2010).

**Perfuração roto-pneumática.** O princípio do método roto-pneumático é baseado na percussão de alta frequência e de pequeno curso, dado por um martelo de impacto (megadrill) e uma broca (bit) que, concomitantemente, é rotacionado triturando e desgastando a rocha (figura 4-19).

Figura 4-19. Martelo mega drill



O fluido é o próprio ar comprimido transmitido pelo compressor por dentro da coluna de perfuração. A perfuração é composta basicamente de um compressor (unidade geradora do sistema pneumático), um martelo de impacto megadrill, e brocas (bits de botões e/ou pastilhas feitas de carbureto de tungstênio).

A mesa de perfuração dá sustento à coluna de perfuração. A limpeza é feita pelo ar comprimido que possui velocidade de até 1.800 m/min.

As perfuratrizes roto-pneumáticas são as mais utilizadas, pois conseguem abranger um campo operacional maior, com maior produtividade em relação aos outros métodos. Pode ser utilizado tanto em formações sedimentares como em formações cristalinas.

Um fator importante a ser considerado, na escolha da perfuratriz, é a capacidade de içamento dos tubos da perfuração. A medida que a profundidade aumenta a coluna de perfuração vai ficando mais pesada, necessitando de maior força de retração (*pull back*). Como referência, os catálogos de fabricantes apresentam valores de pull back que vão desde 5t (profundidade de perfuração menor que 220m) até 50 t (profundidade de perfuração até 1.500m).

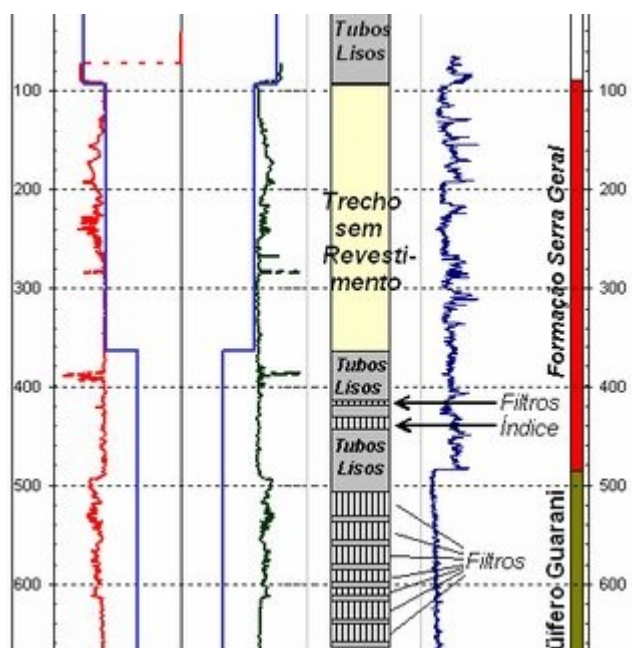
### 4.3.3. Perfilagem de poços

A perfilagem geofísica é definida como um conjunto de métodos de investigação indireta utilizados em poços ou furos de sondagem, com o objetivo de mensurar as propriedades físicas de diferentes unidades geológicas atravessadas pela perfuração (Keys, 1990).

O equipamento utilizado é uma sonda descida no poço tubular por meio de um cabo especial. Os sensores da sonda de perfilagem transmitem dados (elétricos, acústicos, óticos, radioativos, térmicos, geométricos, etc.), para instrumentos computadorizados, que fazem os registros e geram os perfis geofísicos (CPRM/MME, 1998).

O volume amostrado por perfis de poços é muito maior do que o amostrado por testemunhos de sondagem ou por amostras de calha de perfuração (Paillet & Crowder, 1996). É importante que os dados obtidos pelos perfis sejam avaliados de maneira combinada aos dados das amostras disponíveis, a fim de reduzir os erros de interpretação. Dessa forma, os dados dos perfis geofísicos não podem substituir completamente os dados das amostragens (Keys, 1990). A figura 4-20 ilustra um exemplo de relatório de perfilagem.

Figura 4-20. Martelo mega drill



Os perfis geofísicos são muito úteis para determinação das camadas potencialmente produtoras de rochas sedimentares, auxiliam na determinação das profundidades e espessuras dos aquíferos encontrados no poço; na definição dos locais mais apropriados para colocação dos filtros; na avaliação da permeabilidade e da porosidade dos aquíferos; na determinação da quantidade de água retida em cada aquífero. Com o aumento na quantidade de perfis geofísicos elaborados pode-se formar um banco de dados que contribuirá muito para os estudos hidrogeológicos;

#### 4.3.4. Complementação

A complementação refere-se às instalações do revestimento do poço, do filtro, do pré-filtro e da cimentação. A complementação é necessária somente em poços perfurados em formações não consolidadas. Poços perfurados em rochas cristalinas normalmente recebem apenas revestimento na parte superior (CPRM/MME, 1998).

A figura 4-21 ilustra os elementos constituintes da complementação em um poço perfurado em uma formação não consolidada.

Figura 4-21. Elementos constituintes da complementação de um poço



Fonte: <http://nrsemiartesianos.com.br/pocos.asp>.

**Revestimento:** O revestimento refere-se à tubulação definitiva, que tem como função sustentar as paredes da formação geológica, evitar contaminações e conduzir a água do aquífero até a superfície. Quando a perfuração é realizada em formação consolidada não há necessidade de revestimento, enquanto que em formações não consolidadas deverá ser instalado um revestimento para dar estabilidade a construção. Os revestimentos mais utilizados são metálicos e os de PVC aditivado. Nos últimos anos o PVC está sendo mais empregado, em poços com

profundidades menores que 300m, que captam águas mais corrosivas. Para que a coluna de revestimento se mantenha equidistante da parede do poço, facilitando a descida do pré-filtro, é necessário empregar centralizadores, com espaçamento ideal de 20 metros.

**Filtro:** Em formações aquíferas não consolidadas é necessário instalar um dispositivo que permita a entrada de água no poço, impedindo a passagem de material fino e que dê suporte estrutural. O dimensionamento do filtro consiste na determinação do tamanho das aberturas, do diâmetro, do comprimento, do tipo de material e de sua resistência mecânica. O correto dimensionamento do filtro permite a obtenção de melhores vazões específicas. O tamanho e o número de aberturas (ranhuras) determinam a facilidade com que a água irá entrar no poço. As ranhuras do filtro devem ser menores que a granulometria do pré-filtro e da litologia, para que não entrem sedimentos no poço. A figura 4-22 ilustra um tipo de filtro.

Figura 4-22. Exemplo de filtros para poços



Fonte: <http://www.metaisgloria.com.br/filtro-poco-artesiano-preco>.

**Pré-filtro:** O pré-filtro é um granulado de rocha, conforme ilustrado na figura 4-23 adicionado no espaço entre a superfície externa do filtro até a parede do poço. O material usado com mais frequência é o cascalho. O pré-filtro deve apresentar uma permeabilidade maior que a da formação natural. Quanto mais homogêneo os tamanhos dos grãos de cascalho maior será a permeabilidade e a porosidade. A espessura ideal do pré-filtro é de 3" a 8". A utilização do pré-filtro oferece diversas vantagens: aumenta área de captação, diminui a velocidade de entrada da água, aumenta a capacidade específica (Q/s), com menor rebaixamento, diminui também o

comprimento da tubulação a ser colocada dentro do poço e a potência necessária da bomba para recalcar a água, evita-se também o colapso sobre o filtro, dando maior vida útil ao poço.

Figura 4-23. Exemplo de material utilizado no pré-filtro



Fonte: do autor

**Cimentação:** Consiste na colocação de pasta de cimento entre o revestimento e a parede da formação geológica, na porção superior. Tem por finalidades: fixação do revestimento à parede do poço de forma a estabilizar todo o conjunto, e evitar que águas imprestáveis penetrem no poço. Quando existirem vários níveis de aquíferos e entre eles um ou mais apresentam águas impróprias para o consumo, os níveis indesejáveis podem ser separados por cimentação.

**Poços parcialmente revestidos** – Normalmente é utilizada calda de cimento, que deve ser aplicada nos 12 metros iniciais, a partir da superfície, no espaço anular entre o tubo de revestimento e a parede da perfuração, e também no encaixe do revestimento com a rocha cristalina. Caso o poço possua tubo de proteção sanitária ou tubo de boca a cimentação deverá ser feita em toda sua extensão.

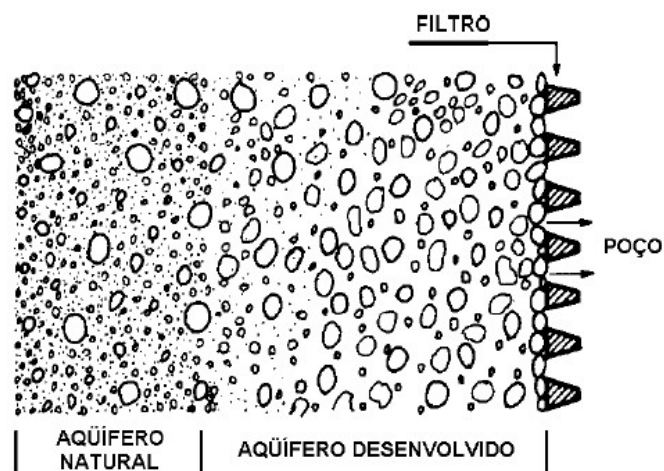
**Poços totalmente revestidos** – A cimentação é feita para isolar aquíferos indesejáveis e também no tubo de boca. São utilizados cimento e bentonita em água. A argila também pode servir de vedação, desde que não ocorra ressecamento e contração do material e nem arraste de partículas.

### 4.3.5. Desenvolvimento

A operação de desenvolvimento é fundamental para aumentar a eficiência do poço (vazão e capacidade específica). O objetivo principal é aumentar a condutividade hidráulica natural nas proximidades do poço. Para que a água do aquífero possa fluir mais livremente é necessário desobstruir e alargar as passagens de águas das formações, impedindo o bombeamento de areia. No caso de formações inconsolidadas, o desenvolvimento produz o aumento da porosidade e da permeabilidade da formação na vizinhança do poço, além de aumentar a estabilidade da formação em torno do filtro, impedindo a entrada de areia.

O benefício do desenvolvimento em rochas inconsolidadas é mais bem entendido, observando-se a figura 4-24, que mostra as zonas cilíndricas que circundam o filtro.

Figura 4-24. Processo de desenvolvimento em poços



Fonte: CPRN (1998)

Na primeira zona exterior, o desenvolvimento remove todas as partículas menores que as aberturas do filtro. Um pouco mais para fora, alguns grãos de tamanho médio permanecem misturados com os grossos. Além, o material vai se graduando progressivamente, até retornar à característica da formação aquífera original (CPRM/MME, 1998).

O desenvolvimento é importante também para recuperar danos causados ao aquífero durante o processo de perfuração. É executado através de fluxo reverso, através do filtro, do pré-filtro e da formação, com o objetivo de agitar e assentar os materiais, remover o fluido de perfuração, intensificando a condutividade hidráulica (EBARA, 2007).

Os tipos de desenvolvimento de poços são: superbombeamento, reversão de fluxo, jateamento, pistoneamento e air suger plunger.

Super bombeamento – Consiste em bombear o poço com uma vazão pelo menos duas vezes maior que a provável vazão de operação. A desvantagem deste método é a possibilidade de formação de pontes de areia.

Reversão de fluxo – É feito o super bombeamento com paralisações, e além das paralisações injeta-se água na formação com o objetivo de criar uma inversão de fluxo, no sentido do poço para o aquífero, passando pelo pré-filtro, com o objetivo de se remover as partículas finas.

Jateamento – Um jateador é acoplado ao final do hasteamento e posicionado junto aos filtros, lançando um jato horizontal, de modo que a alta velocidade da corrente através das aberturas do filtro provoque um turbilhonamento nas vizinhanças das paredes do poço removendo partículas finas.

Pistoneamento –. O método consiste em instalar um êmbolo de borracha dentro do poço (semelhante a uma seringa). O pistoneamento é realizado normalmente com máquinas percussoras. O movimento de sobe e desce faz com que as partículas finas se desloquem em direção ao poço. Em intervalos regulares retira-se o êmbolo e faz-se a limpeza do poço.

Air suger plunger – Semelhante ao pistoneamento, com o acréscimo de uma tubulação de ar que passa pelo êmbolo e permite a limpeza constante do poço.

#### **4.3.6. Laje de proteção sanitária**

É uma laje de concreto localizada na superfície envolvendo poço envolvendo o todo de revestimento, conforme a figura 4-25.

O objetivo é evitar a percolação das águas superficiais para o interior do poço, que podem causar o contato das águas subterrâneas com contaminantes. Normalmente a infiltração ocorre na boca do poço, ou seja, entre as paredes do revestimento e os materiais circundantes, quando a laje é inapropriada ou inexistente

É recomendado que a laje de proteção tenha declividade do centro para a periferia, com espessura mínima de 15cm, área não inferior a 2,00 metros quadrados e o tubo de revestimento deverá ficar com saliência mínima de 0,5 metros acima da laje (BIANCHI,2010).

*Figura 4-25. Exemplo de laje de proteção em poços*



*Fonte: do autor*

### **4.3.7. Testes de bombeamento**

Os testes de bombeamento são usados tradicionalmente para a determinação da vazão ótima de exploração de poços recém perfurados, para determinação dos parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos, para a verificação da qualidade da construção das obras de captação de água subterrânea, além de permitirem a coleta de amostras para análises físico-químicas. Durante os testes é possível também verificar a presença de areia, pré-filtro ou outros materiais na água, permitindo a avaliação da necessidade de intervenções através de trabalhos de manutenção. Os testes de bombeamento podem ser divididos em: teste de aquífero e teste do poço (CPRN, 1998). Na literatura e na apresentação dos resultados por empresas encontram-se outras nomenclaturas com o mesmo significado, ou seja: teste de aquífero (teste contínuo, teste de produção a vazão máxima, etc.), teste do poço (teste de produção, teste de produção escalonado, teste de vazão escalonado, teste em etapas, etc.).


**Teste do Aquífero (*Aquifer Test*):** Determina os parâmetros hidrodinâmicos do aquífero (permeabilidade, transmissividade, raio de influencia, etc.). O teste compreende duas etapas: rebaixamento (onde são medidos os níveis e as respectivas vazões) e recuperação (onde são medidos os níveis da água). As medições dos níveis da água devem obedecer a uma sequência cronológica tanto no rebaixamento como na recuperação.

**Teste do poço (*Well Test*):** Determina as características produtivas do poço (vazão ótima de exploração, vazão específica, perdas de carga, eficiência hidráulica, etc.). Os procedimentos são idênticos ao teste do aquífero. É realizado o bombeamento do poço com vazões crescentes de durações constantes e medidos os rebaixamentos, dispensando-se o acompanhamento da recuperação.

Na apresentação dos resultados devem constar: a Identificação e a localização do poço, equipamentos utilizados de bombeamento, planilhas com os dados dos testes de bombeamento e apresentação gráfica.


A figura 4-26 apresenta um modelo de testes de bombeamento.

Figura 4-26. Modelo de teste de bombeamento




PLANILHA DE TESTE DE BOMBEAMENTO - REBAIXAMENTO							F1	
Município: Nova Granada/SP		Local: Avenida Moacir Portugal Linhares, s/nº - Ao lado da Praça do Pensador						
Proprietário: CIA. DE SAN. BASICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP								
Tipo de Teste: Rebaixamento - Poço 13								
EQUIPAMENTO DE BOMBEAMENTO ( tipo ) : Submersa Ebara BHS 512		Potência (cv) : 40,0						
Diâmetro (pol) : 5,5/8"		Estágio (m) : 27		Profundidade de instalação ( m ) : 138,00				
LOCAL DE MEDIÇÃO								
Poço Bombeado : 13								
Poço Observado :								
Distância entre os poços :			Sistema de medição de vazão : Orifício calibrado "PITOT"					
Nível estático : 19,50			Referência de medidas : + 0,70 mts					
Data	Hora Minuto	Tempo (min)	N.ºÁgua	s (m)	Vazão (m³ / h)	Observações		
19/09/2017	13:00	0	19,50	0,00				
19/09/2017	13:01	1	40,50	21,00	42,70			
19/09/2017	13:02	2	44,05	24,55	42,70			
19/09/2017	13:03	3	45,06	25,56	42,70			
19/09/2017	13:04	4	50,37	30,87	42,70			
19/09/2017	13:05	5	51,49	31,99	42,70			
19/09/2017	13:06	6	52,29	32,79	42,70			
19/09/2017	13:07	7	52,68	33,18	42,70			
19/09/2017	13:08	8	53,26	33,76	42,70			
19/09/2017	13:09	9	53,56	34,06	42,70			
19/09/2017	13:10	10	53,84	34,34	42,70			
19/09/2017	13:12	12	54,07	34,57	42,70			
19/09/2017	13:14	14	55,42	35,92	42,70			
19/09/2017	13:16	16	55,94	36,44	42,70			
19/09/2017	13:18	18	56,05	36,55	42,70			
19/09/2017	13:20	20	56,82	37,32	42,70			
19/09/2017	13:25	25	57,89	38,39	42,70			
19/09/2017	13:30	30	58,50	39,00	42,70			
19/09/2017	13:35	35	59,04	39,54	42,70			
19/09/2017	13:40	40	59,16	39,66	42,70			
19/09/2017	13:50	50	60,57	41,07	42,70			
19/09/2017	14:00	60	61,36	41,86	42,70			
19/09/2017	14:10	70	62,58	43,08	42,70			
19/09/2017	14:20	80	63,12	43,62	42,70			
19/09/2017	14:30	90	63,61	44,11	42,10			
19/09/2017	15:00	120	64,48	44,98	42,10			
19/09/2017	15:30	150	65,27	45,77	42,10			
19/09/2017	16:00	180	66,15	46,65	42,10			

Execução: Boituhydro Poços Artesianos


  
 João Carlos de Oliveira Jr.  
 CREA/SP: 5069004291

Boituhydro Poços Artesianos - Rod. SP - 129 Km 14,68 - CEP: 18.550-000 - Boituva/SP - 015-3263-8555 - www.boituhydro.com.br



PLANILHA DE TESTE DE BOMBEAMENTO - REBAIXAMENTO							F2	
Município: Nova Granada/SP		Local: Avenida Moacir Portugal Linhares, s/nº - Ao lado da Praça do Pensador						
Proprietário: CIA. DE SAN. BASICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP								
Tipo de Teste: Rebaixamento - Poço 13								
EQUIPAMENTO DE BOMBEAMENTO ( tipo ) : Submersa Ebara BHS 512		Potência (cv) : 40,0						
Diâmetro (pol) : 5,5/8"		Estágio (m) : 27		Profundidade de instalação ( m ) : 138,00				
LOCAL DE MEDIÇÃO								
Poço Bombeado : 13								
Poço Observado :								
Distância entre os poços :			Sistema de medição de vazão : Orifício calibrado "PITOT"					
Nível estático : 19,50			Referência de medidas : + 0,70 mts					
Data	Hora Minuto	Tempo(min)	N.ºÁgua	s (m)	Vazão (m³ / h)	Observações		
19/09/2017	16:30	210	66,76	47,26	42,10			
19/09/2017	17:00	240	67,00	47,50	42,10			
19/09/2017	17:30	270	67,36	47,86	42,10			
19/09/2017	18:00	300	67,90	48,40	42,10			
19/09/2017	18:30	330	68,40	48,90	42,10			
19/09/2017	19:00	360	68,88	49,38	42,10			
19/09/2017	19:30	390	68,95	49,45	42,10			
19/09/2017	20:00	420	69,08	49,58	42,10			
19/09/2017	21:00	480	69,93	50,43	42,10			
19/09/2017	22:00	540	70,50	51,00	42,10			
19/09/2017	23:00	600	71,14	51,64	42,10			
20/09/2017	00:00	660	71,50	52,00	42,10			
20/09/2017	01:00	720	71,93	52,43	42,10			
20/09/2017	02:00	780	72,06	52,56	41,50			
20/09/2017	03:00	840	72,35	52,85	41,50			
20/09/2017	04:00	900	72,72	53,22	41,50			
20/09/2017	05:00	960	72,72	53,22	41,50			
20/09/2017	06:00	1.020	72,72	53,22	41,50			
20/09/2017	07:00	1.080	72,72	53,22	41,50			
20/09/2017	08:00	1.140	72,72	53,22	41,50			
20/09/2017	09:00	1.200	72,72	53,22	41,50			
20/09/2017	10:00	1.260	72,70	53,20	41,50			
20/09/2017	11:00	1.320	72,70	53,20	41,50			
20/09/2017	12:00	1.380	72,70	53,20	41,50			
20/09/2017	13:00	1.440	72,70	53,20	41,50			
			1.500					
			1.560					
			1.620					


Execução: Boituhydro Poços Artesianos

  
 João Carlos de Oliveira Jr.  
 CREA/SP: 5069004291

Boituhydro Poços Artesianos - Rod. SP - 129 Km 14,68 - CEP: 18.550-000 - Boituva/SP - 015-3263-8555 - www.boituhydro.com.br

Material cedido – SABESP

Figura 4-26 Modelo de teste de bombeamento (continuação)



---

**PLANILHA DE TESTE DE BOMBAMENTO - RECUPERAÇÃO** F3

---

Município: Nova Granada/SP Local: Avenida Moacir Portugal Linhares, s/nº - Ao lado da Praça do Pensador  
 Proprietário: CIA. DE SAN. BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP  
 Tipo de Teste: Recuperação - Poço 13

---

EQUIPAMENTO DE BOMBAMENTO ( tipo ) : Submersa Ebara BHS 512 Potência (cv ) : 40,0  
 Diâmetro (pol) : 5.5/8" Estágio (nº) : 27 Profundidade de instalação ( m ) : 138,00

---

LOCAL DE MEDIÇÃO  
 Poço Bombeado : 13

---


Poço Observado :  
 Distância entre os poços : Sistema de medição de vazão : Orifício calibrado "PITOT"  
 Nível estático : 19,50 Referência de medidas : ± 0,70 mts

---

Data	Hora Minuto	Tempo(min)	N.ºÁgua	s (m)	Vazão (m³ / h)	Observações
20/09/2017	13:00	0	72,70	33,30		
20/09/2017	13:01	1	52,00	32,50		
20/09/2017	13:02	2	44,00	24,50		
20/09/2017	13:03	3	42,00	22,50		
20/09/2017	13:04	4	40,95	21,45		
20/09/2017	13:05	5	40,14	20,64		
20/09/2017	13:06	6	39,66	20,16		
20/09/2017	13:07	7	39,35	19,85		
20/09/2017	13:08	8	38,92	19,42		
20/09/2017	13:09	9	38,58	19,08		
20/09/2017	13:10	10	38,28	18,78		
20/09/2017	13:12	12	37,79	18,29		
20/09/2017	13:14	14	37,50	18,00		
20/09/2017	13:16	16	37,19	17,69		
20/09/2017	13:18	18	36,80	17,30		
20/09/2017	13:20	20	36,60	17,10		
20/09/2017	13:25	25	36,18	16,68		
20/09/2017	13:30	30	35,56	16,06		
20/09/2017	13:35	35	34,79	15,29		
20/09/2017	13:40	40	34,83	15,33		
20/09/2017	13:50	50	34,28	14,78		
20/09/2017	14:00	60	33,70	14,20		
20/09/2017	14:10	70	33,40	13,90		
20/09/2017	14:20	80	32,94	13,44		
20/09/2017	14:30	90	32,73	13,23		
20/09/2017	15:00	120	32,00	12,50		
20/09/2017	15:30	150	31,49	11,99		
20/09/2017	16:00	180	31,00	11,50		


---

Execução: Boituhidro Poços Artesianos

  
 João Carlos de Oliveira Jr.  
 CREA/SP: 5069004291

---

Boituhidro Poços Artesianos - Rod. SP - 129 Km 14,68 - CEP: 18.550-000 - Boituva/SP - 015-3263-8555 - www.boituhidro.com.br



---

**PLANILHA DE TESTE DE BOMBAMENTO - ESCALONADO - 1ª ETAPA - 30,50 M3/H** F4

---

Município: Nova Granada/SP Local: Avenida Moacir Portugal Linhares, s/nº - Ao lado da Praça do Pensador  
 Proprietário: CIA. DE SAN. BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP  
 Tipo de Teste: Escalonado - Poço 13

---

EQUIPAMENTO DE BOMBAMENTO ( tipo ) : Submersa Ebara BHS 512 Potência (cv ) : 40,0  
 Diâmetro (pol) : 5.5/8" Estágio (nº) : 27 Profundidade de instalação ( m ) : 138,00

---

LOCAL DE MEDIÇÃO  
 Poço Bombeado : 13

---

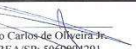
Poço Observado :  
 Distância entre os poços : Sistema de medição de vazão : Orifício calibrado "PITOT"  
 Nível estático : 19,50 Referência de medidas : ± 0,70 mts

---

Data	Hora Minuto	Tempo (min)	N.ºÁgua	s (m)	Vazão (m³ / h)	Observações
20/09/2017	16:00	0	31,00	11,50		
20/09/2017	16:01	1	31,00	11,50	30,50	
20/09/2017	16:02	2	32,03	12,53	30,50	
20/09/2017	16:03	3	32,65	13,15	30,50	
20/09/2017	16:04	4	34,08	14,58	30,50	
20/09/2017	16:05	5	36,73	17,23	30,50	
20/09/2017	16:06	6	45,30	25,80	30,50	
20/09/2017	16:07	7	47,57	28,07	30,50	
20/09/2017	16:08	8	48,50	29,00	30,50	
20/09/2017	16:09	9	48,81	29,31	30,50	
20/09/2017	16:10	10	49,30	29,80	30,50	
20/09/2017	16:12	12	50,08	30,58	30,50	
20/09/2017	16:14	14	50,45	30,95	30,50	
20/09/2017	16:16	16	50,68	31,18	30,50	
20/09/2017	16:18	18	51,44	31,94	30,50	
20/09/2017	16:20	20	51,50	32,00	30,50	
20/09/2017	16:25	25	51,60	32,10	30,50	
20/09/2017	16:30	30	51,74	32,24	30,50	
20/09/2017	16:35	35	51,94	32,44	30,50	
20/09/2017	16:40	40	52,22	32,72	30,50	
20/09/2017	16:50	50	52,54	33,04	30,50	
20/09/2017	17:00	60	52,91	33,41	30,50	
20/09/2017	17:10	70	53,22	33,72	30,50	
20/09/2017	17:20	80	53,46	33,96	30,50	
20/09/2017	17:30	90	53,77	34,27	30,50	
20/09/2017	18:00	120	54,30	34,80	30,50	
20/09/2017	18:30	150	54,74	35,24	30,50	
20/09/2017	19:00	180	54,95	35,45	30,50	

---

Execução: Boituhidro Poços Artesianos

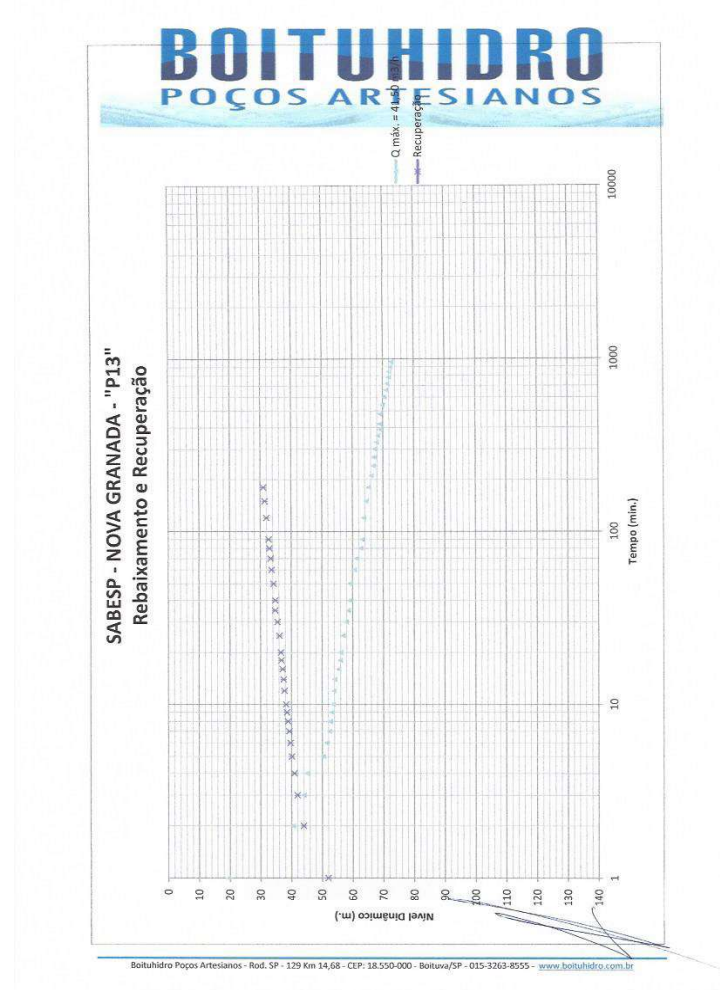
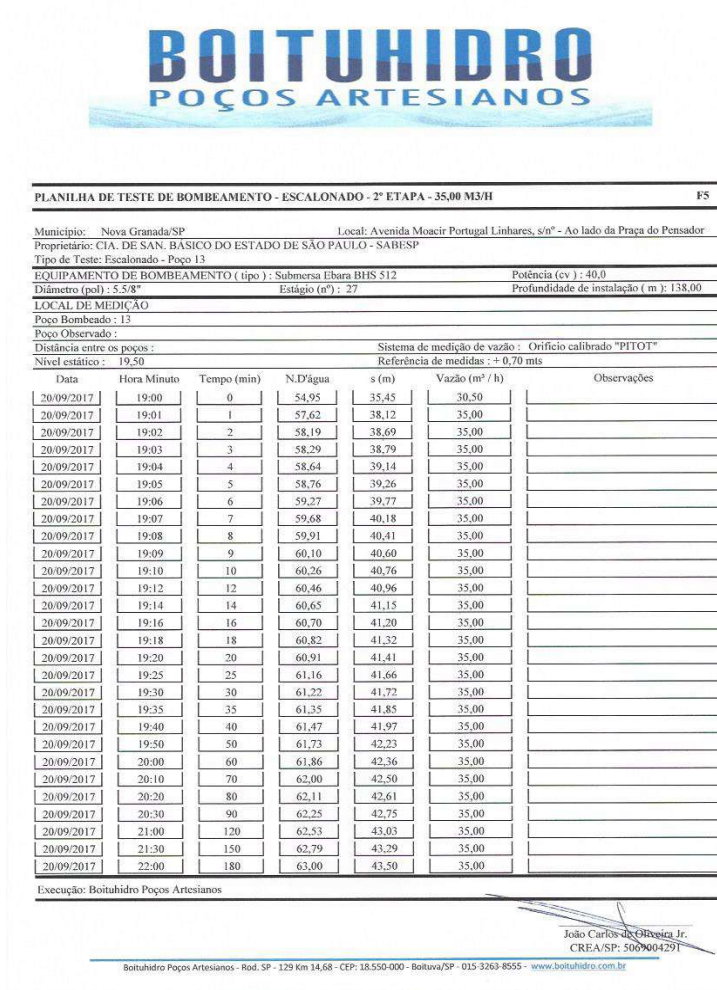
  
 João Carlos de Oliveira Jr.  
 CREA/SP: 5069004291

---

Boituhidro Poços Artesianos - Rod. SP - 129 Km 14,68 - CEP: 18.550-000 - Boituva/SP - 015-3263-8555 - www.boituhidro.com.br

Material cedido – SABESP

Figura 4-26. Modelo de teste de bombeamento (continuação)



: Material cedido – SABESP

### 4.3.8. Unidade de bombeamento

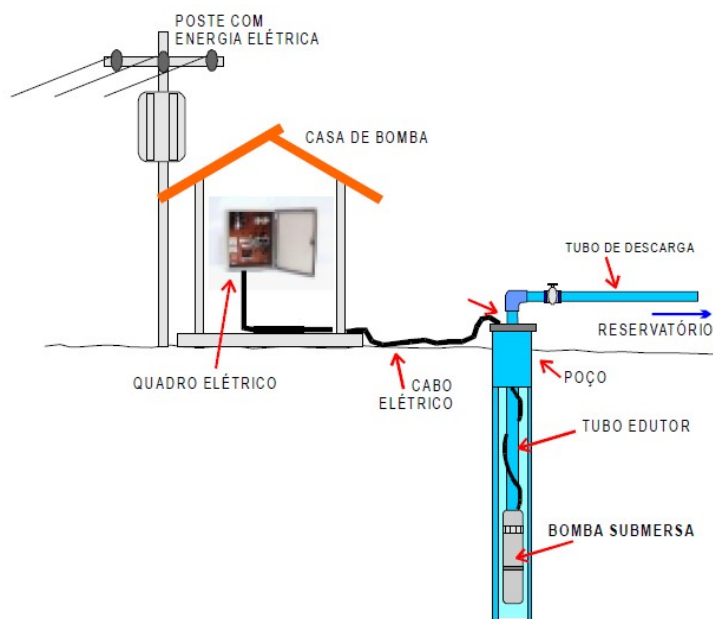
A definição das especificações do conjunto de bombeamento do poço é feita após a conclusão do mesmo e de posse das informações: interpretação dos ensaios de bombeamento; características físico-químicas e bacteriológicas da água.

A extração de água de poços tubulares profundos é feita através de conjuntos moto-bombas submersas, pelas vantagens apresentadas em relação a outros tipos de equipamentos, tem sido utilizada em praticamente todos os poços para fins de abastecimento público.

O conjunto de um poço usual, é composto de: Tubulação edutora, cavalete, moto-bomba submersa, cabo elétrico, quadro elétrico de comando e proteção e tubulação de medição de nível d'água.

A figura 4-27 ilustra os elementos básicos do conjunto de bombeamento.

Figura 4-27. Instalação de um conjunto de bombeamento



Fonte: CPRN (1998)

**Tubulação edutora:** Conecta a bomba até o cavalete na superfície, por onde sai a água bombeada. Geralmente são de aço galvanizado, mas podem ser de PVC ou mangueiras flexíveis.

**Cavalete:** Montado na superfície e conectado a adutora. Normalmente é em material galvanizado, possuindo: tubos, uniões, curvas, registros de gaveta, ventosa e válvula de retenção.

**Moto-bomba submersa:** As bombas com motor imerso são chamadas submersíveis ou submersas. O motor possui forma alongada acoplado diretamente à bomba, suspenso pela tubulação adutora. A refrigeração do motor é obtida através da troca de calor provocada pela velocidade do fluxo d'água que passa no espaço anelar entre o motor e o revestimento do poço. O dimensionamento é feito com base nos dados obtidos no teste de bombeamento, onde são determinados: nível estático, nível dinâmico, vazão, rebaixamento, vazão específica e regime de bombeamento.

**Cabo elétrico:** A energia elétrica é levada ao motor por cabos elétricos de alta isolamento. Deverão ser dimensionados levando em consideração a queda de tensão e as especificações do motor submersível.

**Quadro elétrico de comando e proteção** – Podem ter acionamento manual ou automático. O sistema pode estar automatizado interligando a reservação ao poço.

**Tubulação de medição de nível d'água:** usualmente em PVC 3/4". É usada para monitoramento dos níveis durante a operação do poço.

### **4.3.9. Controle Operacional**

Para que a utilização da água subterrânea seja feita de maneira racional é fundamental um controle operacional eficiente. É necessário que os diagnósticos dos sistemas sejam sempre atualizados, de forma a subsidiar estudos visando a otimização da operação, como a instalação de equipamentos adequados, com melhor rendimento e menor consumo de energia, além de possibilitar o aumento da vida útil dos poços.

Os dados básicos referentes aos poços são: localização, profundidade, diâmetros, nível estático, nível dinâmico, filtros e a formação geológica (ex: embasamento cristalino, Bauru, Serra Geral, Guarani). Os dados básicos dos equipamentos de bombeamento são: vazão, altura manométrica, tensão, potência, marca, modelo e custo de aquisição. Os relatórios gerados devem informar o histórico de movimentação e troca de equipamentos.

Com um banco de dados adequado facilita-se a definição da necessidade de perfuração de novos poços, definição da necessidade de construção de reservatórios, necessidade de troca de equipamentos, alteração do número de horas de funcionamento do poço, variação no nível dinâmico do poço.

O banco de dados necessita de constante atualização, para isso é fundamental o compromisso dos funcionários envolvidos nas leituras e compilação dos dados. Desta forma é possível a geração de relatórios que demonstrem a real situação, possibilitando estudos de otimização do sistema.

Quando há necessidade de perfuração de um novo poço, o enfoque não deve ser dado ao custo inicial para implantação do poço, mas sim a eficiência da operação. Desta forma, busca-se obter água, com qualidade e em quantidade apropriadas, com menores custos, sendo que o maior custo envolvido no processo é o da energia elétrica.

É importante o conhecimento do aquífero, pois dele depende a vazão de água que pode ser explorada. Para determinação da vazão ótima é feito o teste de bombeamento. As análises físico-químicas e bacteriológicas deverão ser feitas

continuamente, desta forma, são detectadas possíveis anomalias devido à contaminação natural ou antrópica do aquífero.

É importante também a correta construção do poço. Quando um poço apresenta baixa vazão inicial, não é necessariamente devido as características do aquífero, pode ser devido ao método de perfuração, ao fluido utilizado ou ao desenvolvimento.

As perdas de carga nos conjuntos pré-filtro e filtro do poço, influenciam no rebaixamento do aquífero, sendo que, com um rebaixamento maior ocorre aumento da altura manométrica e, conseqüentemente, também aumenta o consumo de energia. Outro fator que se deve dar atenção é quanto a possibilidade de ocorrência de incrustações nos filtros. As incrustações reduzem a capacidade específica do poço. A limpeza e remoção das incrustações normalmente é recomendada quando a produção do poço cai abaixo de 10%. Quando não é realizada a limpeza periódica de forma correta, normalmente ocorre a instalação de uma bomba menor, para fornecer a mesmo volume, porém, deverá ter um tempo de operação maior. Desta forma, é importante o acompanhamento das vazões, dos níveis e da capacidade específica do poço, para que se possa saber quando se faz necessária a reabilitação dos filtros.

A escolha da bomba correta também é de fundamental importância para aumentar a eficiência do bombeamento, diminuindo desperdícios de energia. Muitas vezes ocorre o superdimensionamento das bombas, devido ao receio da bomba escolhida não fornecer água em quantidade suficiente. Com a escolha da bomba correta, além da otimização dos custos de energia, consegue-se fazer a manutenção ou troca da bomba em períodos mais longos. Devido aos desgastes e incrustações, o desempenho da bomba vai piorando ao longo do tempo, sendo fundamental o monitoramento constante, para que se saiba qual é momento certo de realização das trocas e manutenções.

O elemento mais sensível de uma instalação submersa é o motor. Deve-se monitorar sua temperatura, pois, esta irá aumentar se houver fornecimento inadequado de energia.

O dimensionamento dos cabos elétricos também impacta diretamente nos custos de energia, quando for escolhido o diâmetro do cabo, deve-se atentar para a

queda de tensão, que se não for minimizada, e atuar ao longo de vários anos, irá gerar um custo extra de energia considerável.

A escolha dos tubos edutores e conexões impacta diretamente no valor da perda de carga, devido ao atrito com as paredes do tubo e válvulas, curvas, etc. Se as perdas forem elevadas irá afetar o desempenho da bomba, que necessitará de mais energia para prover a vazão necessária. Ao longo do tempo poderá haver a formação de incrustações e desgastes, que irão aumentar a perda de carga e podem provocar vazamentos na tubulação. Para prevenir estas situações é fundamental o constante monitoramento da pressão de descarga do poço.

Portanto, quando for feito o dimensionamento dos elementos do poço, deve-se levar em consideração, além do custo inicial, a influência de cada elemento no custo de operação. Deve-se ter um bom sistema de monitoramento para possibilitar a otimização da operação.

#### ***4.3.10. Manutenção e Reabilitação de poços***

Poços em funcionamento, assim como qualquer equipamento em uso, apresentam com o decorrer do tempo desgastes e avarias, ocasionados por motivos diversos.

Como todo sistema construtivo, um poço requer ações preventivas e ações corretivas desde o início da operação.

As ações preventivas visam resolver problemas que ainda se apresentam pouco significativos, como a remoção de incrustações quando elas começam a aparecer e a troca de materiais e equipamentos desgastados devido o uso intenso, antes que comecem a apresentar problemas. A falta de ações preventivas normalmente induz a problemas como alterações da qualidade e queda de vazão. Um programa de manutenção eficiente prolonga a vida dos equipamentos, aumenta a produção, reduz os custos de energia elétrica, adia a necessidade de novas perfurações, além de evitar, ou minimizar a falta d'água durante as paralizações prolongadas necessárias para correções de problemas mais graves.

As ações corretivas normalmente são realizadas em caráter emergencial, e ocorrem devido à falta de ações preventivas. As reabilitações são realizadas em poços com problemas mais complicados, como por exemplo: queda de vazão devido a presença de incrustações profundas com necessidade de realização de desincrustação química, perda da qualidade da água e em casos de rompimentos de poços (BIANCHI,2010).

#### **4.3.10.1 Incrustações**

A percolação natural da água subterrânea na formação geológica ocorre de forma muito lenta. Durante a operação dos poços, a água sofre alterações de Ph, temperatura e pressão, e dependendo da composição hidroquímica da água, ocorrem precipitações dos elementos presentes na água.

Metais existentes na composição das rochas são dissolvidos e arrastados pela água. Durante o processo, os íons são reduzidos e, através de diferenças de potencial elétrico, depositam-se nos revestimentos, filtros, pré-filtros e na própria formação (sedimentos ou fraturas das rochas). Ao longo do tempo ocorre o acúmulo de incrustações. Muitas vezes as incrustações não são sentidas imediatamente, porém, seu acúmulo ao longo do tempo causa problemas de difícil solução, as vezes irreversíveis.

As incrustações causam perda de carga e diminuição da vazão do poço. Com a redução da vazão e o rebaixamento dos níveis, além do problema principal de redução do volume disponível para o abastecimento da população, os conjuntos bombadores saem de seu ponto de rendimento para os quais foram projetados, e assim, com a queda de rendimento ocorre um aumento do consumo de energia elétrica por m<sup>3</sup> bombeado. Além disso, ocorrem alterações na qualidade da água (cor, turbidez, odor e sabor).

Desta forma, a manutenção preventiva dos poços é de grande importância, para evitar danos maiores ao longo do tempo.

Para solução do problema é necessário eliminar as incrustações existentes no poço e no aquífero, para melhorar a vazão e a qualidade da água.

Os produtos mais utilizados na operação de limpeza são a base de Fosfatos. No passado se utilizava o ácido muriático (clorídrico hidratado), porém, o seu uso foi abandonado, pois, este produto é agressivo aos poços e implica em riscos a saúde e ao meio ambiente. Um produto muito utilizado pela SABESP atualmente é o agente NO RUST, que é isento de metais pesados, certificado como não tóxico, patenteado, criado especificamente para poços. Este produto se mostrou adequado e eficiente, proporcionando recuperação dos poços onde foi utilizado.

**Incrustações por carbonatos:** As incrustações por carbonato não provocam alterações visuais na água, porém, seu efeito na tubulação é maléfico, como pode ser observado na figura 4-28.

Figura 4-28 Incrustações de carbonato

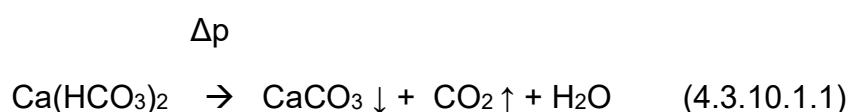


Fonte: do autor

Os carbonatos são sais inorgânicos ou seus respectivos minerais que apresentam na sua composição química o íon carbonato  $\text{CO}_3^{2-}$ . Na natureza os minerais de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) são encontrados sob duas formas cristalinas: **Aragonita** (quando seus cristais apresentam forma ortorrômbica) e **Calcita** (Quando seus cristais apresentam a forma romboédrica).

O teor de cálcio nas águas subterrâneas varia, de uma forma geral, de 10 a 100mg/L, podendo atingir 250 a 300 mg/L em determinadas regiões. As principais fontes de cálcio são os plagioclásios cálcicos, calcita, dolomita, apatita, entre outros.

O carbonato de cálcio é muito pouco solúvel em água pura, assim, o cálcio ocorre nas águas na forma de bicarbonato, e sua solubilidade é em função da quantidade de  $\text{CO}_2$  presente. Por sua vez, a quantidade de  $\text{CO}_2$  dissolvida depende da temperatura e da pressão, que são, portanto, fatores que vão determinar a solubilidade do bicarbonato de cálcio, ocasionando variações que ora levam a solubilização do carbonato de cálcio, ao levam a sua precipitação, conforme reação (4.3.10.1.1):



Para remoção das incrustações formadas por carbonatos de cálcio, é necessário que se quebre as moléculas, e que os íons se mantenham solúveis,

possibilitando a sua remoção. O NO RUST, em aplicações realizadas pela SABESP, se mostrou capaz de solubilizar os depósitos de carbonato de cálcio com grande velocidade e segurança.

**Incrustações por excesso de Ferro e Manganês:** As incrustações por excesso de Ferro e Manganês podem ser diagnosticadas através de alterações visuais e através de análises da água. Provocam queda de vazão devido a incrustações na tubulação, conforme pode ser observado na figura 4-29.

*Figura 4-29. Incrustações por ferro e manganês*



*Fonte: do autor*

Os produtos a base de fosfatos, de características ácidas, tem alto poder sequestrante e tem sido largamente utilizado em situações onde a existência de metais – principalmente ferro e manganês – é a causa das incrustações.

**Incrustações por Ferro-Bactérias (Biofilmes):** As ferrobactérias existem normalmente no meio ambiente e sua entrada no poço se dá por meio de águas e equipamentos contaminados. A presença de ferrobactérias pode ser confirmada através alterações visuais na água e através de análises da água. A figura 4-30 ilustra o efeito das incrustações por ferro bactérias na tubulação.

Figura 4-30. Incrustações por ferro bactérias



Fonte: <https://www.maxiagua.com/>.

Um bactericida muito utilizado, desenvolvido especificamente para poços é o FERBAX, ele é isento de cloro (não gera THM) e não deixa resíduos. Sua ação mata as bactérias, destrói o filme biológico e controla a formação de novas colônias.

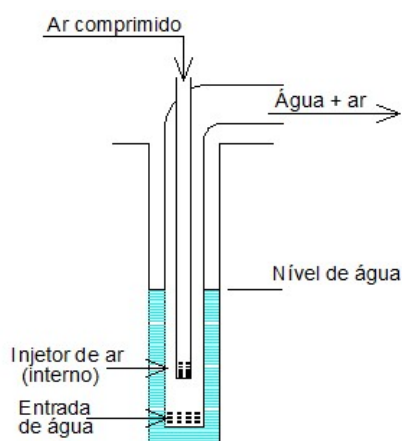
**Desgaste e incrustações em bombas:** O desgaste devido ao uso ao longo do tempo e as incrustações provocam a queda de vazão do poço, bem como a elevação do nível dinâmico. O rendimento do poço cai, fazendo com que a bomba trabalhe fora da faixa de trabalho ideal para a qual foi feito o dimensionamento, ocorrendo aumento da amperagem do motor. Além de diminuir a vida útil dos equipamentos, ocorre aumento do consumo de energia e a vazão diminui.

**Exemplo de desincrustação no Poço II de Fernandópolis:** Um exemplo de trabalho de desincrustação realizado pela SABESP ocorreu no poço II de Fernandópolis. Para combater o carbonato foram realizadas ações químicas e mecânicas. As etapas realizadas foram:

1. Montagem do canteiro de obras;
2. Preparo da boca do poço;
3. Retirada do conjunto moto bomba instalado;
4. Retirada do edutor;

5. Montagem dos equipamentos: sonda rotativa, bomba de lama, coluna de hastes;
6. Perfilagem ótica para diagnosticar a localização das incrustações;
7. Descida da ferramenta de repasse com broca (ação mecânica) – com e sem circulação. Os processos de desincrustação mecânica envolve a escovação, o jateamento e o pistoneamento;
8. Desenvolvimento com compressor de alta pressão ar (método Air-Lift), para desobstrução, com bombeamento por tubulações injetora e de sucção, conforme ilustrado na figura 4-31;

Figura 4-31. Processo de bombeamento com ar comprimido



Fonte: do autor

9. Preparo e Injeção de solução a base de ortofosfatos ácidos (ação química)-dispersante (No Rust);
- 10 Aplicação de água para pressurização e deslocamento da solução no interior do poço;
- 11 Remoção do produto químico (figura 4-32);
- 12 Descida do edutor, instalação da bomba submersa, desenvolvimento e teste de vazão;

Os ortofostatos de características ácidas (desenvolvidos especificamente para aplicação em poços), promovem a solubilização das incrustações, mas são inertes

aos componentes do poço e ao meio ambiente. São isentos de metais pesados e devem ser certificados.

*Figura 4-32. Remoção do produto químico por bombeamento*



*Fonte: do autor*

**Problemas com poços rompidos:** Para o diagnóstico é realizada a perfilagem óptica. O rompimento causa vários problemas, como a produção de areia, produção de pré-filtro, aprisionamento de bombas entre outros. Para a solução deve ser feito um revestimento adicional.

**Abandono de poços:** Os poços a serem abandonados necessitam ser cuidadosamente vedados para prevenir a poluição do manancial subterrâneo e restaurar, o quanto mais possível, as condições geológicas anteriores à perfuração. Para realização da operação de abandono do poço é fundamental o conhecimento dos perfis construtivos e geológicos e das condições hidrogeológicas da região. Tais serviços devem ser realizados por profissionais habilitados ou empresas qualificadas que estejam familiarizados às práticas de abandono de poços tubulares. Os poços podem ser abandonados temporariamente ou em definitivo.

No caso de abandono temporário, o poço deve ser tamponado com tampa de aço soldada, pintada com cores vivas para realçar sua presença e o terreno ao redor deve ser cercado. A cimentação do espaço anelar (espaço entre o revestimento do poço e a parede da perfuração) deverá promover o impedimento da entrada de água superficial no poço. Antes de lacrar o poço deverá ser feita a cloração, para evitar a

proliferação de bactérias, pois, estas podem danificar os revestimentos e acelerar a colmatação dos filtros.

A desativação permanente de um poço é efetuada através do tamponamento. O Tamponamento consiste de um conjunto de procedimentos empregados no preenchimento de um poço ou furo de pesquisa por calda de cimento, bentonita, brita, areia ou outros materiais inertes, que objetiva eliminar qualquer possibilidade de penetração de poluentes no(s) aquífero(s) sobrejacente(s) e também impedir que infiltrações superficiais entrem em contato com as águas subterrâneas.

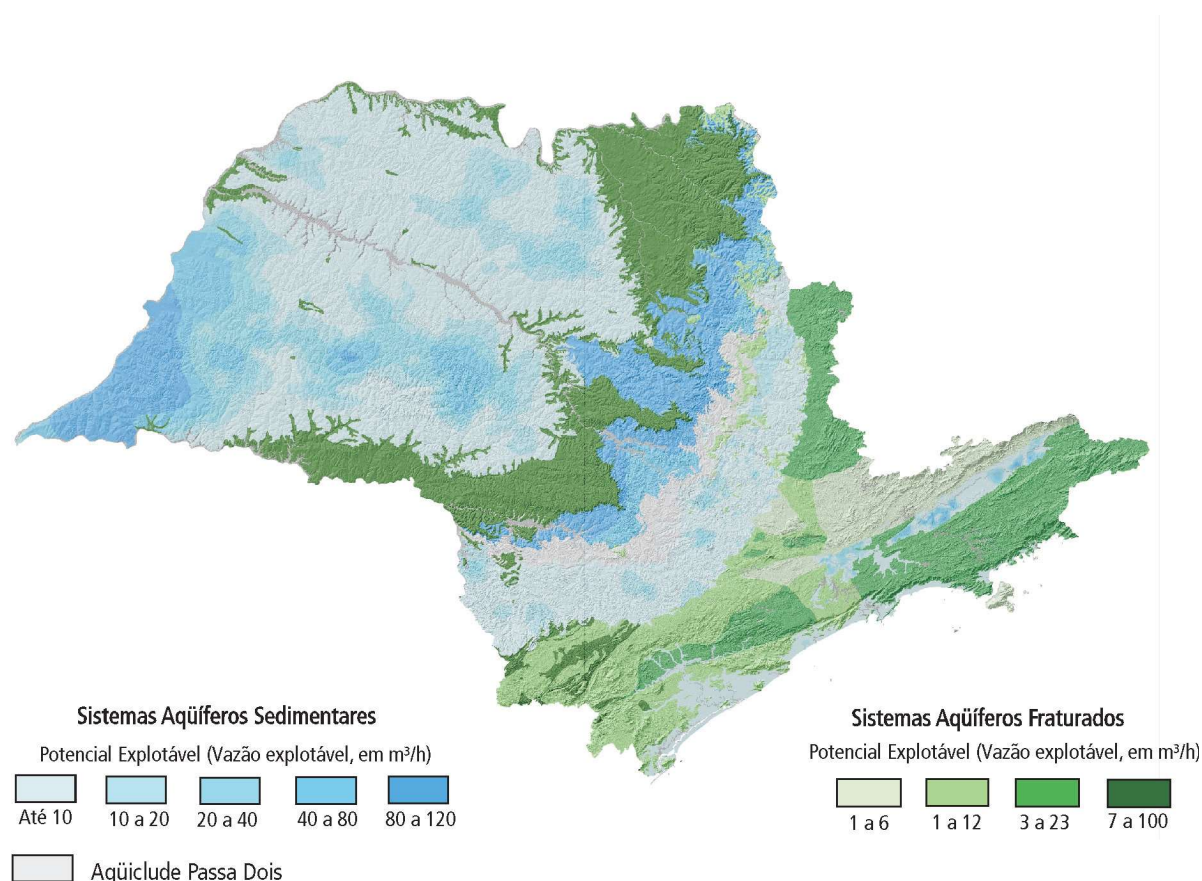
Em seguida são apresentados procedimentos para execução do tamponamento:

1. Remoção do equipamento de bombeamento, tubulação de recalque ou qualquer obstáculo que esteja obstruindo o poço;
2. Determinar o volume total do poço e da coluna d'água para cálculo do volume dos materiais necessários;
3. Determinar o método e os materiais de tamponamento a serem empregados (em função do tipo de aquífero e do perfil construtivo do poço);
4. Sacar a primeira barra de revestimento, sempre que possível. Caso o revestimento seja mantido assegurar a execução de cimentação sanitária adequada;
5. Desinfetar o poço;
6. Descer o obturador ou *packer* (dispositivo usado para tampar um poço em uma profundidade específica; utilizado para reter o material de enchimento). Recomenda-se que o tamponamento em nenhum caso seja inferior a 15 metros;
7. Preencher o poço com o material de tamponamento selecionado, cuidadosamente para não causar obstruções. Aconselha-se o uso da tremonha: Tubo usado para posicionar o material no fundo do poço evitando a formação de bolhas, vazios ou obstruções;
8. Recolher Anotação de Responsabilidade Técnica – ART do responsável técnico pelo tamponamento no caso de poços tubulares;
9. Fazer relatório final do abandono para ser enviado ao DAEE.

#### 4.4. Principais aquíferos do estado de São Paulo

Os aquíferos do Estado de São Paulo podem ser divididos em dois grupos: os sedimentares e os fraturados. Os aquíferos sedimentares são constituídos por sedimentos depositados pela ação dos rios, vento e mar ao longo do tempo, são exemplos: Aquíferos Guarani, Bauru, Taubaté, São Paulo e Tubarão. Os aquíferos fraturados são constituídos por rochas ígneas ou metamórficas, sendo que a água circula nas fraturas existentes, são exemplos: Aquíferos Serra Geral e Cristalino (IRATANI & EZAKI, 2008). No Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo, figura 4-33, são representados em tons de azul os aquíferos sedimentares e em tons de verde os aquíferos fraturados. Os tons mais escuros refletem o maior potencial produtivo dos aquíferos.

Figura 4-33 Mapa de águas subterrâneas do estado de São Paulo

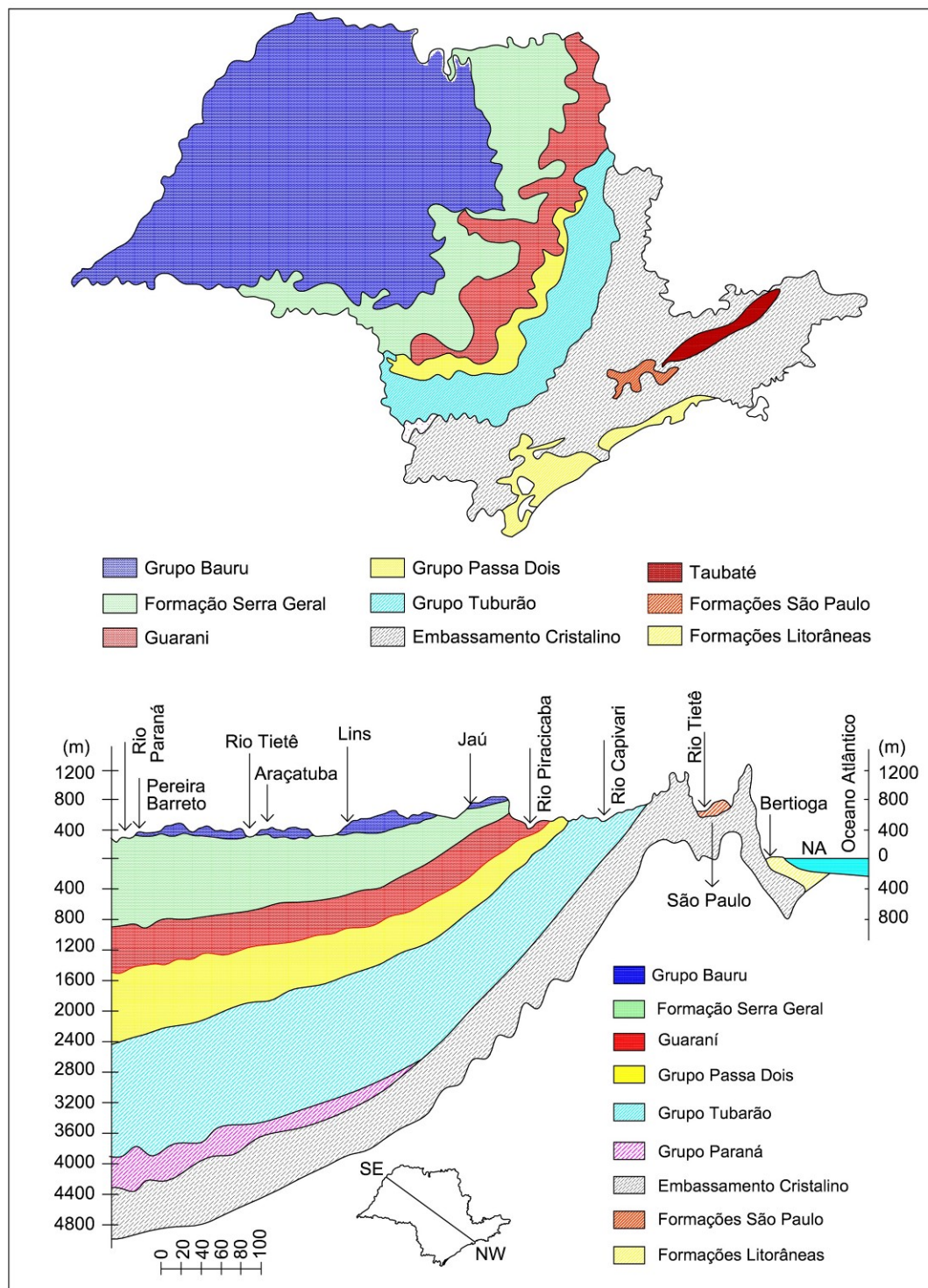


Fonte: [http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/cart\\_AG\\_SB.pdf](http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/cart_AG_SB.pdf)

As rochas que compõem os diversos aquíferos do Estado de São Paulo foram formadas em diferentes períodos geológicos, sob variados ambientes e climas. As

propriedades diferenciadas de cada aquífero refletem, por exemplo, na produtividade e na vulnerabilidade a poluição. A figura 4-34 ilustra o perfil hidrogeológico do Estado de São Paulo.

Figura 4-34. Mapa com os principais aquífero do Estado de São Paulo.



A formação geológica mais antiga é o Embasamento Cristalino, que constitui o Aquífero Cristalino, composto de rochas ígneas e metamórficas.

Sobre o Embasamento Cristalino, depositou-se uma sequência de sedimentos variados, em ambiente marinho, formando a Bacia Sedimentar do Paraná.

Estes sedimentos, após a deposição, formaram diferentes rochas que constituem os atuais Aquíferos Furnas, Tubarão e o Aquífero Passa Dois.

Após o recuo do mar, houve modificação do clima, que se tornou desértico, e os sedimentos passaram a ser transportados predominantemente pelo vento. Em um primeiro momento, sob clima ainda um pouco úmido, formaram-se rochas sedimentares arenosas da Formação Piramboia e, finalmente, sob clima desértico, a deposição de sedimentos eólicos formou os arenitos da Formação Botucatu. Pelas suas propriedades hidráulicas semelhantes, ambas as unidades passaram a compor o Aquífero Guarani.

Posteriormente, houve um intenso vulcanismo resultante da ruptura de porções da crosta terrestre. Volumes gigantescos de lavas foram injetados e extravasados em toda a Bacia do Paraná, cobrindo o deserto Botucatu. O resfriamento desta lava formou rochas que constituem os aquíferos fissurais Serra Geral e Diabásio.

Cessado o período de derrames de lava, o clima foi se tornando mais úmido; e uma nova sequência de sedimentos foi depositada, formando a Bacia Sedimentar Bauru e dando origem a rochas que constituem o Aquífero Bauru.

Por fim, sedimentos passaram a ser depositados sobre as unidades mais antigas. Na porção leste do Estado, a consolidação destes sedimentos sobre o Embasamento Cristalino, há mais de 2 milhões de anos, originou os Aquíferos São Paulo, Taubaté e Litorâneo.

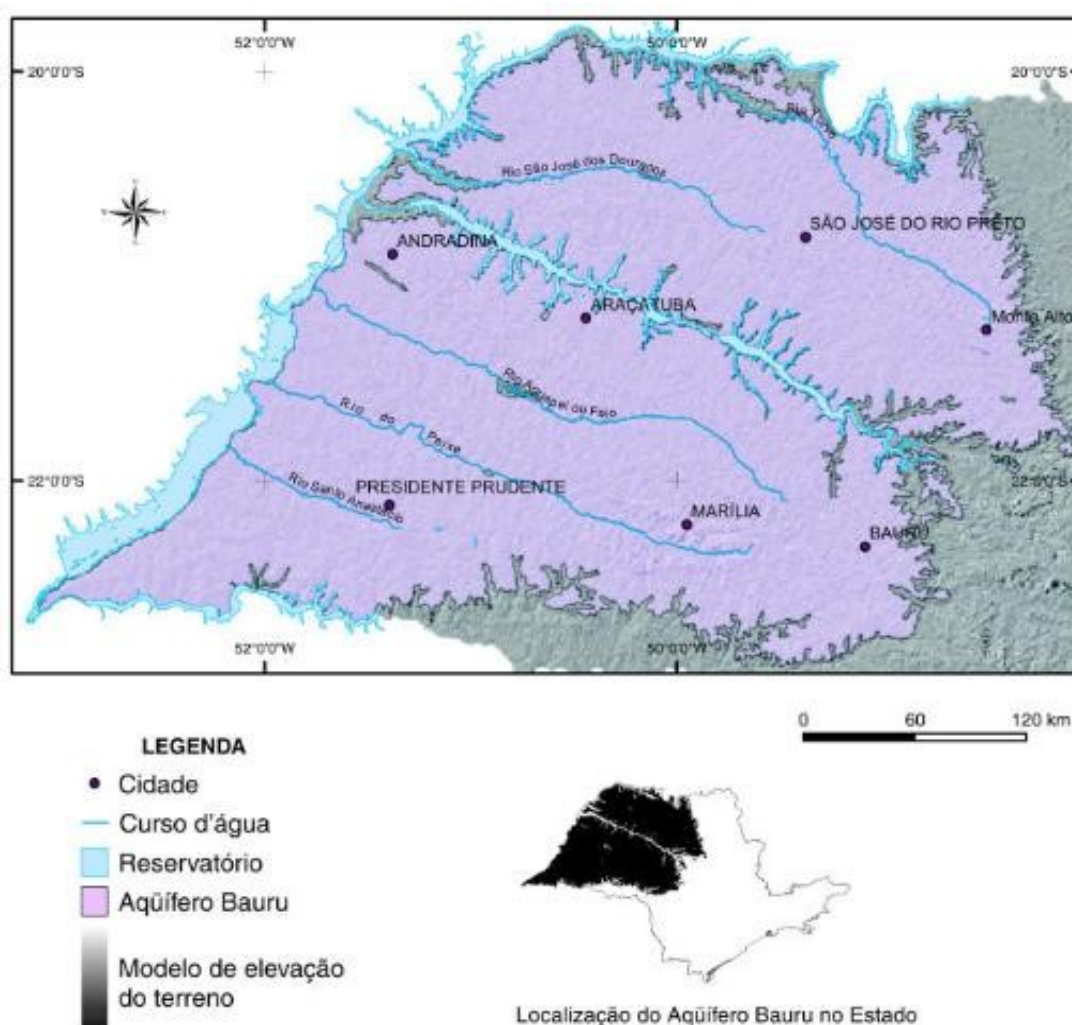
A seguir são apresentadas as principais características dos aquíferos localizados na região Noroeste do Estado de São Paulo.

#### 4.4.1 Grupo Bauru

O aquífero Bauru é um aquífero sedimentar, ocupa a metade oeste do Estado de São Paulo, ocorrendo de Barretos a Bauru, estendendo-se até o pontal do Paranapanema.

A figura 4-35 ilustra a localização do aquífero Bauru no Estado de São Paulo.

Figura 4-35 Localização do Aquífero Bauru no Estado de São Paulo.



Fonte: DAEE, 2005

Sua área é totalmente aflorante, não tendo qualquer outra unidade geológica confinando suas águas, o que lhe confere comportamento de aquífero livre. Cerca de 240 municípios do interior paulista captam água deste

aquífero, como por exemplo, Andradina, Araçatuba, Presidente Prudente e Marília.

Sua produtividade é de média a alta, em geral, com água de boa qualidade para consumo humano.

Por ser um aquífero livre, a recarga se faz em toda sua extensão, o que aumenta o risco de contaminação, a qual pode ser causada pelas atividades antrópicas desenvolvidas sobre esta unidade hidrogeologia. Aflora em grande parte da região centro-oeste do Estado de São Paulo abrangendo uma área de 102.000km<sup>2</sup>, o que corresponde a aproximadamente 40% da área do Estado.

Os aquíferos do Grupo Bauru possuem grande importância para o desenvolvimento econômico e social da região oeste do Estado de São Paulo, sendo a principal fonte de abastecimento de diversos municípios. Isto é devido ao grande volume de água armazenada nestes aquíferos, pela facilidade de perfuração, pois as formações são constituídas de rochas sedimentares porosas e permeáveis, além da profundidade ser moderada.

O grupo Bauru engloba quatro formações geológicas: Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília.

**Formação Caiuá** - Segundo Feitosa (2008), a formação Caiuá aflora no extremo sudoeste do Estado de São Paulo, na região do Paranapanema, estendendo-se para o norte por uma estreita faixa na margem esquerda do rio Paraná, mapeável até a confluência com o rio do Peixe. Tem continuidade pelos Estados do Paraná e Mato Grosso do Sul. Sua espessura máxima conhecida é de 200m. Sua constituição é predominantemente arenosa, constituindo-se um dos melhores aquíferos do Estado de São Paulo, suas principais características são:

**Formação Santo Anastácio** - Segundo Feitosa (2008), a formação Santo Anastácio ocorre em áreas que acompanham as cotas mais baixas dos vales dos rios afluentes do Paraná, no Oeste do Estado de São Paulo. Sua espessura máxima varia de 80 a 100m. Embora sua constituição litológica favoreça o armazenamento e transmissão de água, por ser predominantemente arenosa, apresenta pequena espessura, não havendo muitos registros de sua utilização. Suas principais características são:

**Formação Adamantina** - Segundo Feitosa (2008), a formação Adamantina ocorre por vasta extensão do oeste do Estado de São Paulo, constituindo os terrenos da maior parte do Planalto Ocidental, só deixando de aparecer nas porções mais rebaixadas dos vales dos principais rios, onde já foi removida pela erosão. A espessura desta formação chega a atingir 190m. Em função de sua constituição litológica, na qual bancos de arenitos intercalam-se com bancos de sítios ou arenitos lamíticos, constitui um aquífero que fornece, em geral, baixos valores hidrodinâmicos, tendo a sua produtividade relacionada à espessura das camadas arenosas atravessadas. Suas principais características hidrodinâmicas são, em média, as seguintes:

**Formação Marília** - Segundo Feitosa (2008), a formação Marília ocorre na porção centro sul do Estado, entre os médios vales dos rios Tietê e Paranapanema e sua espessura máxima atinge 180m. Em grande parte da sua área de ocorrência, principalmente na região oeste do Estado de São Paulo, o contato basal do Grupo Bauru é com as rochas da Formação Serra Geral. Em alguns locais, na região central do Estado, o contato se dá diretamente com as Formações Botucatu ou Piramboia, ambas predominantemente arenosas. Suas principais características hidrodinâmicas são:

A tabela 4-4 apresenta algumas características hidrodinâmicas das formações do grupo Bauru.

*Tabela 4-4 Características hidrodinâmicas das formações do grupo Bauru*

CARACTERÍSTICAS DO GRUPO BAURU			
Formação	Transmissividade (m <sup>2</sup> /dia)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Vazão específica (m <sup>3</sup> /h/m)
Caiuá	100 a 300	80 a 120	1,0 a 4,0
Santo Anastácio	20 a 200	5 a 20	0,3 a 1,0
Adamantina	10 a 100	5 a 50	0,5 a 3,0
Marília	10 a 50	2 a 20	0,1 a 1,0

*Fonte: Feitosa, 2008*

#### **4.4.2 Formação Serra Geral**

A Formação Serra Geral foi originada por grandes derrames de lava vulcânica na região da bacia do Paraná. A partir destes derrames formaram-se as rochas basálticas. Esta formação cobre uma área de aproximadamente 1.000.000 km<sup>2</sup> e apresenta espessuras médias de aproximadamente 650m, com máxima de 2.000m (Wildner et al., 2006).

As fraturas favoráveis ao armazenamento e ao fluxo de água foram criadas pelo resfriamento dos derrames de lava e aos esforços tectônicos decorrentes da movimentação da crosta terrestre.

A Formação Serra Geral ocupa a metade oeste do Estado de São Paulo, em sua maior parte está recoberta pelo Aquífero Bauru e sobreposto ao Aquífero Botucatu. Sua porção aflorante estende-se por cidades como Franca, Sertãozinho, Jaú e Ourinhos.

Apresenta, de forma geral, água de boa qualidade para consumo humano e outros usos.

A figura 4-36 ilustra um afloramento de basaltos da formação Serra Geral.

*Figura 4-36. Basaltos da formação Serra Geral*



Fonte: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/programa-de-monitoramento/consulta-por-aquiferos-monitorados/aquifero-serra-geral/>

### 4.4.3 *Aquífero Guarani*

É um aquífero sedimentar considerado um dos maiores reservatórios de água doce do mundo. Ocorre no oeste do Estado de São Paulo, estendendo-se pelos Estados de Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás e pelos países vizinhos Uruguai, Paraguai e Argentina.

Em sua maior área de ocorrência no Estado de São Paulo é confinado pelos basaltos do Aquífero Serra Geral e pelas rochas do Aquífero Bauru. Graças a sua ótima produtividade e qualidade, muitas cidades do interior paulista são abastecidas por este aquífero, como São José do Rio Preto, Presidente Prudente, Marília, Araçatuba, Ribeirão Preto, Araraquara e São Carlos. Este aquífero, por alcançar profundidades maiores que 1.000 m na região do Sudoeste do Estado de São Paulo, chega a atingir temperaturas de 60°C, sendo utilizado para uso recreativo em parques e clubes, como em Lins e em São José do Rio Preto. A figura 4-37 ilustra a localização do aquífero Guarani no Estado de São Paulo.

Figura 4-37. Localização do Aquífero Guarani no Estado de São Paulo.



Fonte: DAEE, 2005.

De acordo com Wendland & Rabelo (2010), o Sistema Aquífero Guarani é essencialmente confinado ou semi-confinado, com áreas de afloramento, onde ocorre a recarga, correspondendo a aproximadamente 10% da área total. No Estado de São Paulo, aproximadamente 15% da sua área corresponde à zona de afloramento do Sistema Aquífero Guarani. É também no Estado de São Paulo onde se concentra a maior quantidade de poços que exploram este aquífero, representando 90% da extração de água em território brasileiro.

. O conhecimento da forma de recarga é importante para definição de como este aquífero pode ser explorado. Se a recarga for eficiente ele pode ser bem explorado, senão há necessidade de maior cuidado para se preservar o sistema (Wendland et al., 2015).

O professor doutor Edson Wendland é autor de vários trabalhos direcionados ao conhecimento dos mecanismos de recarga do Aquífero Guarani, com destaque, para o desenvolvimento de softwares apropriados, para modelação do aquífero, baseado no método de elementos finitos e técnicas numéricas para processamento e visualização dos dados. Alguns dos trabalhos desenvolvidos por este autor são: Disponibilidade hídrica, riscos de contaminação e áreas de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (2016-Atual); Monitoramento hidrológico da bacia representativa do Ribeirão da Onça em zona de afloramento do Aquífero Guarani (2010-2016); Estudo de recarga do sistema Aquífero Guarani (2007-2010); Modelagem espaço temporal e mapeamento de risco dos níveis freáticos no Sistema Aquífero Guarani; Desenvolvimento do pacote computacional SPA (Simulação de Processos em Aquíferos) - 2003-2007.

O aquífero Guarani engloba as formações Botucatu e Piramboia.

**Formação Botucatu** - Originada através de deposição eólica em ambiente desértico, constituída de arenitos de granulação média e fina, com tom avermelhado e grãos esféricos. Suas águas são consideradas de boa qualidade para o consumo humano. A espessura média é de 60m. A maior parte de sua área está confinada pelo derramamento basáltico da Formação Serra Geral (Iratani; Ezaki, 2012).

**Formação Piramboia** – Constituída por arenitos de origem eólica, acredita-se que se formou durante a transição de um ambiente marinho raso para uma formação desértica. Apresenta espessura variável de 300m a 170m (Soares, 1975).

#### **4.4.4 Grupo Passa Dois**

É um aquífero sedimentar que separa os aquíferos Tubarão e o Guarani. Constituída por sedimentos depositados em ambiente marinho. Estende-se do norte ao sul do estado passando pelas cidades de Porto Ferreira, Pirassununga, Rio Claro, Cesário Lange, Angatuba, Paranapanema e Fartura.

Sua capacidade de fornecer água é bastante baixa e com produtividade insuficiente para abastecimento de grandes comunidades, por isso é pouco estudada do ponto de vista hidrogeológico. As rochas constituintes são classificadas como aquíclode, rochas com porosidade que armazenam água, porém são impermeáveis.

O grupo Passa Dois, no Estado de São Paulo, é constituído por duas formações: Corumbataí (também chamado Estrada Nova) e Irati.

**Formação Corumbataí (Estrada Nova):** A Formação Corumbataí é sobreposta pela Formação Piramboia. No Estado de São Paulo, a Formação Corumbataí aflora ao norte do rio Tietê e se anula próximo ao limite com o Estado de Minas Gerais. A sua espessura máxima é 150m. Apresenta arenitos de ambiente marinho costeiro. Apresenta ocorrência de aquíclode e baixa produtividade. O solo mostra-se argiloso de coloração vermelha arroxeadada (Landim, 1970).

**Formação Irati:** A unidade ocupa uma área de, aproximadamente, 1.000.000 km<sup>2</sup>, abrangendo os países: Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina. No Brasil está presente nos estados: Mato Grosso, Goiás, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Apresenta espessuras da ordem de 10 m no Estado de São Paulo e de 20 m no Paraná e em Santa Catarina (SANTOS NETO, 1993).

#### **4.4.5 Grupo Tubarão**

É um aquífero sedimentar que se estende do Nordeste ao Sul do Estado de São Paulo, passando por cidades como Casa Branca, Itapetininga, Itu e Itararé. É constituído por sedimentos depositados em ambiente glacial, continental e marinho. É confinado pelo Aquiclude Passa Dois e por outras unidades geológicas, atingindo profundidade de até 2.000m abaixo do nível do mar. Possui extensão aproximada de 20.000 km<sup>2</sup>, e espessura máxima de 1.200m. De modo geral, às águas deste aquífero apresentam boa qualidade para consumo humano e outros usos, porém apresenta, maior teor de sais, com enriquecimento de sódio, fluoreto e sulfato. Apresentam baixa produtividade, normalmente abaixo de 10 m<sup>3</sup> por poço. Tem sido verificado no monitoramento da CETESB, regiões (UGRHI 10) com concentrações elevadas de fluoreto e sulfato, dificultando o abastecimento público por água subterrânea. (IRITANI; EZAKI, 2012).

As águas do Aquífero Tubarão são fracamente salinas, bicabornatadas sódicas e secundariamente bicabornatadas cálcicas ou mistas. O pH varia de 4,8 a 8,9 e o resíduo de 21 a 421 mg/L (DAEE et al., 2005)

#### **4.4.6 *Cristalino***

O Cristalino é composto por rochas ígneas e metamórficas. Os poços que o exploram estão concentrados na parte aflorante, com comportamento de aquífero livre, com profundidades, em geral, de 100 a 150m. O Cristalino é dividido em duas unidades, o Aquífero pré-cambriano e o aquífero pré-cambriano cárstico. A água da unidade pré-cambriana apresenta boa qualidade, no entanto, nos locais onde o aquífero é livre, como na região metropolitana de São Paulo e na região entre Campinas e Sorocaba, deve-se ter atenção especial ao problema da contaminação. Na unidade pré-cambriana cárstica, localizada em cidades como Capão Bonito, Ribeirão Branco e Bom Sucesso, a velocidade da água geralmente é alta e qualquer contaminação pode se espalhar rapidamente, exigindo cuidados especiais para sua proteção

#### **4.5. Principais contaminantes das águas subterrâneas no Estado de São Paulo**

Contaminantes são substâncias que resultam em desvio da composição normal do ambiente. Só será um poluente se causar efeito negativo (Braga *et al.*, 2002).

As fontes de poluição das águas podem ser antrópicas ou naturais.

As principais fontes antrópicas de contaminação das águas subterrâneas são: os lixões; aterros mal operados; acidentes com substâncias tóxicas; atividades inadequadas de armazenamento, manuseio e descarte de matérias primas, produtos, efluentes e resíduos em atividades industriais, como indústrias químicas, petroquímicas, metalúrgicas, eletroeletrônicas, alimentícias, galvanoplastias, curtume, etc.; atividades minerárias que expõem o aquífero; vazamento das redes coletoras de esgoto; usos incorretos de agrotóxicos e fertilizantes; a irrigação que pode provocar problemas de salinização ou aumentar a lixiviação de contaminantes para a água subterrânea e outras fontes dispersas de poluição (CETESB, 2016).

A contaminação natural da água subterrânea se dá devido a água ser um excelente solvente e ao longo do seu percurso vai interagindo com o solo e formações geológicas, decompondo e carreando substâncias. Deste modo, a água subterrânea tem mais minerais que a água de superfície. Quando ocorre a contaminação, a capacidade de autodepuração da água subterrânea é baixa, pois, normalmente seu movimento é muito lento, possui populações pequenas de bactérias decompositoras e é mais fria, o que desfavorece os processos naturais de autodepuração físico, químicos e biológicos (IRITANI & EZAKI, 2009).

De acordo com a bibliografia analisada, entre os principais contaminantes das águas subterrâneas no Estado de São Paulo, destacam-se o cromo, o flúor, o nitrato, o cálcio e o magnésio.

### **4.5.1 Cromo**

A presença da anomalia de cromo nas águas subterrâneas na região noroeste do Estado de São Paulo tem sido verificada desde 1977. Inicialmente, foi constatada em águas provenientes de poços profundos e cacimbas no município de Urânia, região de Jales. Sabe-se que o elemento se apresenta distribuído na água subterrânea em uma extensa área de 53 municípios localizados na região noroeste do Estado de São Paulo. Estes municípios situam-se sobre o Aquífero Bauru, tradicionalmente denominado de Adamantina. Também foram relatados casos semelhantes em regiões dos Estados Unidos, Itália e Austrália. A concentração de cromo nas águas subterrâneas de Urânia, cidade mais afetada pelo problema, é de 0,14 mg/l, mais do que o dobro do limite estabelecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para o consumo humano, de 0,05mg/l (ALMODOVAR, 2000).

A Sabesp, responsável pelo abastecimento de água da cidade de Urânia, importa água de Jales, cidade vizinha, que utiliza água do Aquífero Guarani. No entanto, há relatos da existência de vários poços particulares operando sem regularização na cidade de Urânia.

Como todo metal de transição, o cromo pode ocorrer em vários estados de oxidação que vão desde o Cr(0) até o Cr(VI). No entanto, em ambientes naturais as formas mais estáveis do cromo são o Cr(III) e o Cr(VI). O Cr(III) é pouco móvel nas águas subterrâneas e apresenta baixa toxicidade para o ser humano se ingerido por via oral, pois é um nutriente essencial, enquanto que o Cr(VI) é altamente móvel e possui elevada toxicidade por ser carcinogênico e mutagênico (DALLA, 1998).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA, estabelece que a concentração máxima de Cr(VI) nos efluentes a serem descartados seja inferior a 0,5 p.p.m e para Cr(III) seja inferior a 2,0 p.p.m.

Segundo Almodovar (2000), a contaminação de origem natural por cromo ocorre devido à combinação de dois fatores: as águas subterrâneas do local serem muito alcalinas e a presença de um mineral de origem vulcânica chamado de diopsídio, mostrado na figura 4-38.

Figura 4-38. Diaposito – mineral que contém Cromo



Fonte: <http://www.usp.br/agen/?p=18333>

O diopsídio presente na região de Urânia teve origem em rochas vulcânicas que existiam a milhões de anos no Triângulo Mineiro, elas foram erodidas lentamente e transportadas para a região, que era desértica na época. A alcalinidade, característica rara em águas subterrâneas, ocorre devido a presença de carbonato de cálcio, oxigênio e óxido de manganês nas regiões profundas do aquífero. O pH da água a profundidades entre oitenta e noventa metros varia entre 8,5 a 10,7 (ALMODOVAR, 2000).

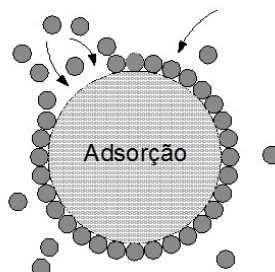
A contaminação de origem antrópica por Cromo, ocorre principalmente devido às atividades de curtumes, que utilizam cromo no processo de produção. No entanto, segundo Marcolan (2007), a fonte de contaminação do aquífero Adamantina é a natural, não havendo a influência de fontes antrópicas.

Segundo Spinelle et al. (2005), para a remoção do cromo, foram aplicados em alguns casos o tratamento convencional (coagulação, floculação, decantação e filtração), com dosagens de coagulantes férricos. Porém, em função de variações da qualidade do produto coagulante férrico, algumas ocorrências indesejadas se tornaram presentes, prejudicando a qualidade da água final, em termos residuais de íon ferro, com a geração de colorações, necessitando a implantação de processos adicionais. Há diversos estudos que apresentam métodos não convencionais para remoção de metais pesados de águas de abastecimento, entre eles estão: a troca iônica, a ultrafiltração, a osmose reversa, a eletrodialise, a precipitação e a adsorção.

A adsorção tem sido considerada como um dos mais efetivos e largamente utilizados métodos para remoção de metais. A adsorção é o termo utilizado para

descrever a tendência das moléculas da fase fluida aderirem à superfície de um sólido, conforme figura 4-39.

Figura 4-39. Representação do processo de adsorção

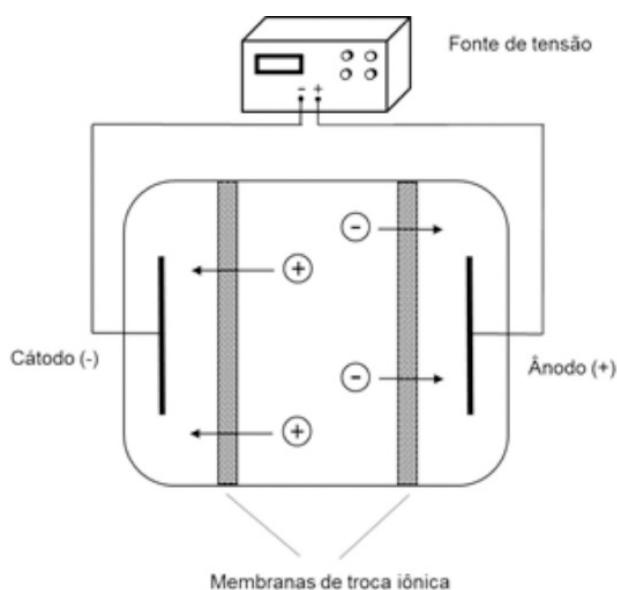


Fonte: <https://betaeq.com.br/index.php/2015/08/28/adsorcao/>

. É uma operação unitária que envolve o contato entre uma fase fluida e uma sólida, originando uma transferência de massa da fase fluida para a superfície do sólido, ocorrendo uma tendência de acumulação de uma substância sobre a superfície da outra. A grande vantagem da adsorção sobre as outras formas de tratamento é a baixa geração de resíduos, fácil recuperação dos metais e a possibilidade de reutilização do adsorvente (SPINELLI *et al.*, 2005).

Segundo Rodrigues (1999), entre as tecnologias que utilizam membranas, a eletrodialise tem significativas vantagens sobre as demais, para remoção do cromo. A figura 4-40 apresenta simplificada o processo de eletrodialise

Figura 4-40. Representação do processo de eletrodialise



Fonte: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422015000801093](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422015000801093)

A eletrodialise é um processo de separação por membranas, no qual os íons são transportados de uma solução para outra pelas membranas íon seletivas por influência de um campo elétrico. Esse transporte faz com que duas novas soluções se formem: uma mais diluída e outra mais concentrada do que a original. Na eletrodialise as membranas íon-seletivas são dispostas alternadamente em uma montagem tipo filtro-prensa, de maneira a formar canais entre as membranas por onde circula a solução a ser tratada. Para a aplicação deste processo é indispensável o controle do pH e da intensidade da corrente elétrica, para evitar o bloqueio da superfície da membrana, aumentando a resistência do sistema e prejudicando a passagem dos íons.

### 4.5.2 Flúor

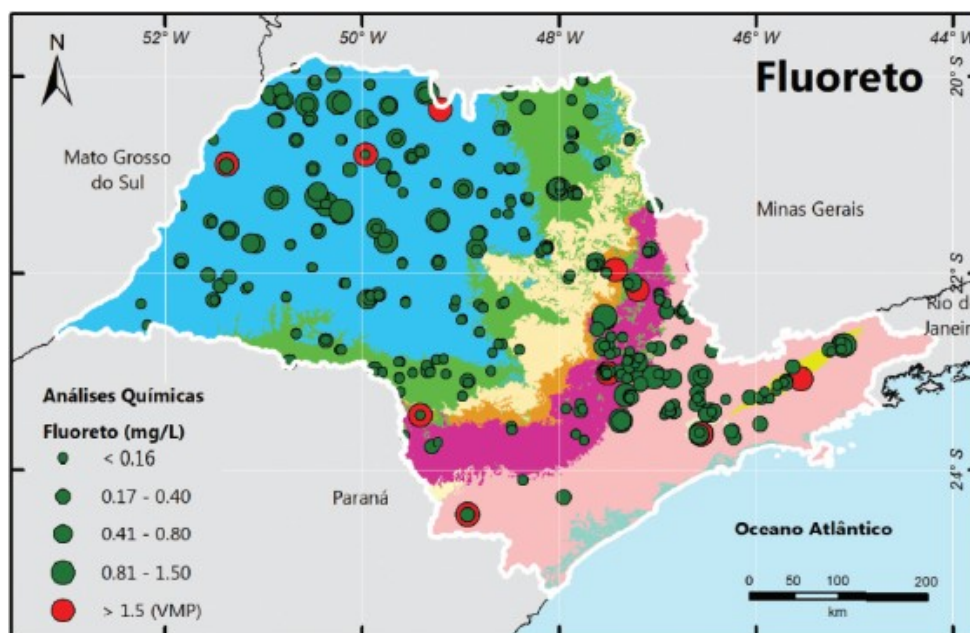
A presença de anomalia de flúor nas águas subterrâneas do Estado de São Paulo tem sido objeto de muitos estudos, entre eles:

- Fraga (1992); Ribeiro (1992) e Campos (1994) – vários aquíferos do Estado de São Paulo;
- Vidal (2002) – poços do município de Pereiras (SP);
- Silva (2011) – poços do município de Rio Claro (SP);
- Netto et al (2016) – poços da região metropolitana.

A Portaria nº518/04 do Ministério da Saúde estabelece concentrações de flúor menores ou iguais a 1,5 mg/L.

A figura 4-41, indica, com pontos em vermelho, casos com valores superiores ao máximo permitido.

Figura 4-41. Concentrações de Fluoreto no estado de São Paulo



Fonte: São Paulo, 2013

Existe também um número significativo de países, cujas águas subterrâneas apresentam problemas de excesso de flúor, sendo que a maior concentração de flúor registrada foi de 2.800 mg/L no Quênia (FRAGA, 1992).

O flúor é o mais eletronegativo de todos os elementos químicos. É tão reativo que nunca é encontrado em sua forma elementar na natureza, sendo normalmente encontrado na sua forma combinada como fluoreto. Em locais onde existem depósitos geológicos de origem marinha, concentrações elevadas são encontradas (RIBEIRO, 1992).

O flúor em concentrações elevadas pode ocasionar a fluorose dental e a fluorose esquelética em crianças, conforme as figuras 4-42 e 4-43.

*Figura 4-42. Problema de fluorose dental em crianças*



Fonte: [http://www.scielo.br/pdf/eins/v13n4/pt\\_1679-4508-eins-13-4-0547.pdf](http://www.scielo.br/pdf/eins/v13n4/pt_1679-4508-eins-13-4-0547.pdf)

A fluorose dental é uma complicação que provoca a formação de manchas durante a formação dos primeiros dentes.

*Figura 4-43. Problema de fluorose esquelética em crianças*



Fonte: [http://www.fatecsm.org.br/noticias\\_ver.php?id=420](http://www.fatecsm.org.br/noticias_ver.php?id=420)

A fluorose esquelética é uma moléstia que promove mudanças nos ossos, além de ossificação de tendões e ligamentos.

Ainda o fluoreto interage com as proteínas e tem o potencial de interferir em hormônios e sinais neuroquímicos. Estudos realizados na China mostraram um

abaixamento do Q.I. em crianças que ficaram expostas a níveis próximos a 0,9 ppm de fluoreto na água (STRUNECKA e PATOCKA, 1999).

A demanda de água no Estado de São Paulo vem aumentando, assim, a implantação de novas tecnologias para remoção de fluoreto das águas subterrâneas possibilitará que estes mananciais sejam aproveitados. Deve-se considerar que grande parte dos poços do Estado de São Paulo é destinada a consumidores privados e não ao abastecimento público, desta forma as soluções devem ser práticas e com custos reduzidos, para viabilizarem sua implantação e correção do problema.

O primeiro processo de remoção de flúor, utilizado pela Sabesp na região metropolitana, foi a desincrustação química nos poços com aplicação de agente a base de ortofostatos. Este processo resultou em reduções médias de 30% do fluoreto.

Outro processo utilizado pela Sabesp em um poço da região metropolitana foi a adsorção combinada. A vazão do poço era de 6,0m<sup>3</sup>/h e o teor de fluoretos de 2,87mg/l. O sistema conseguiu uma eficiência de 90,50%, ele foi implantado em 2003 e mantém sua eficiência até hoje. O processo combina a aplicação de agentes oxidantes e coagulantes, seguido de filtração em zeólitas (figura 4-44)

Figura 4-44. Porção de zeólitas



Fonte: <https://epex.com.br/produto/zeolita-para-tratamento-de-agua-zn/>

A zeólita é um produto natural, usado como meio filtrante, é composta por minerais de aluminossilicatos hidratados, possui grande área superficial, (40 m<sup>2</sup>/g), o que permite a remoção de vários compostos entre eles: metais, amônia e matéria orgânica (NETTO, 2016).

Foram encontrados outros estudos que indicam que entre as tecnologias testadas e bem sucedidas para remoção de flúor da água, destacam-se a troca iônica e a osmose reversa.

O processo de troca iônica consiste na descontaminação da água utilizando resinas trocadoras de íons (figura 4-45), que são produtos sintéticos que quando colocados na água liberam íons sódio e hidrogênio e captam os fluoretos.

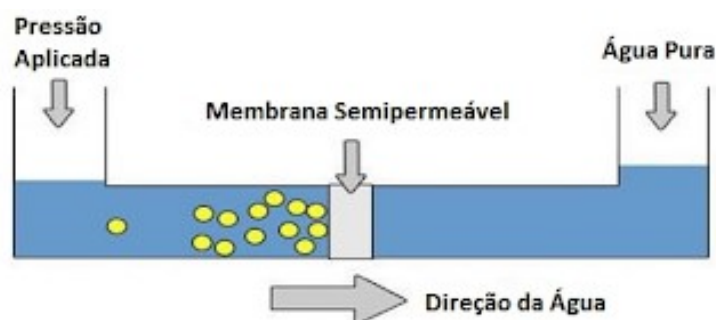
Figura 4-45. Resina trocadoras de íons



Fonte: <https://filtracaoagua.com.br/resinatrocaionica/>

Ainda, segundo Habert (2006), a osmose reversa é outra tecnologia que vem ganhando espaço na remoção de contaminantes inorgânicos, como o flúor, de águas naturais. Atualmente a principal aplicação do processo de osmose reversa é verificada no processo de dessalinização de águas salobras, porém, existem também aplicações no processo de remoção de fluoreto de águas subterrâneas. A figura 4-46 mostra a esquema simplificado do processo de osmose reversa.

Figura 4-46. Esquema do processo de osmose reversa



Fonte: <https://www.engquimicasantosp.com.br/2013/08/osmose-reversa.html>

Os custos de implantação e operação (energia) da osmose reversa são altos, porém, a operação do processo é bastante simples, sendo praticamente automatizada, e não requer a aplicação de produtos químicos.

### **4.5.3 Nitratos**

Segundo Baird & Cann (2011), o contaminante inorgânico de maior preocupação em águas subterrâneas é o íon nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).

O nitrato ocorre naturalmente em águas subterrâneas, mas a sua presença em concentrações elevadas é geralmente resultante da atividade antrópica, dentre elas se destacam a aplicação de fertilizantes orgânicos e inorgânicos na agricultura, o esterco animal, a disposição inadequada de esgotos e a deposição atmosférica. As substâncias nitrogenadas dos fertilizantes e dos resíduos orgânicos são transformadas e oxidadas por reações químicas e biológicas e o resultado é a presença de nitrato no solo. Sendo o nitrato extremamente solúvel em água, move-se com facilidade e contamina a água subterrânea. A deposição atmosférica de nitrato resulta de sua produção na atmosfera quando ocorrerem emissões de  $\text{NO}_x$  de veículos e de plantas de geração de energia, e de sua fonte natural a partir de tempestades, em que são oxidados no ar a ácido nítrico (BARBOSA, 2005).

Alguns estudos apontam que diversos municípios do Estado de São Paulo estão convivendo com o problema de excesso de nitratos em águas subterrâneas, entre eles:

Hirata (2000) e Giafferis (2006) – Bauru;

Godoy (2004) e Procel (2011) - Presidente Prudente;

Barcha (1980) - São José do Rio Preto

Varnier et al. (2010) - Marília

No Brasil, a Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde, estabelece o valor máximo permissível (VMP) de  $10 \text{ mg.l}^{-1}$  para a água potável.

Segundo Baird & Cann (2011), o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é a principal forma de nitrogênio encontrada nas águas, e é o último estágio da oxidação do nitrogênio, que teve origem no nitrogênio orgânico ou inorgânico e sofreu várias transformações até chegar ao nitrato. O nitrato é prejudicial à saúde, mesmo não ultrapassando o VMP disposto na Portaria nº 2.914 do MS, e requer atenção das autoridades de saúde

pública e dos órgãos fiscalizadores. Nas águas subterrâneas os nitratos ocorrem, em geral, em teores abaixo de  $5 \text{ mg.l}^{-1}$ . O excesso de íon nitrato em água potável é um perigo potencial à saúde, uma vez que pode resultar em metemoglobinemia em recém nascidos, também chamada de síndrome do bebê azul (figura 4-47).

Figura 4-47. Bebê com a síndrome do bebê azul



Fonte: <http://cms-edgarmagalhaesgomes.blogspot.com/2013/01/sindrome-do-bebe-azul-sindrome-tambem-e.html>

Crianças com menos de três meses de idade possuem, em seu aparelho digestivo, bactérias que reduzem o nitrato a nitrito, este se liga muito fortemente a moléculas de hemoglobina, impedindo-as de transportarem oxigênio para as células do organismo, a deficiência em oxigênio leva a danos neurológicos permanentes, dificuldade de respiração e em casos mais sérios à morte por asfixia. Aos seis meses de idade a concentração de ácido hidrocloreto aumenta no estômago, matando as bactérias redutoras de nitrato. No leste europeu, a síndrome do bebê azul foi um sério problema até os anos oitenta do século passado. Atualmente é rara nos países industrializados, mas continua preocupante nos países em desenvolvimento.

Segundo Spiro e Stigliani (2009), alguns trabalhos publicados mostram que mulheres que beberam água de abastecimento público com elevado nível de nitrato apresentaram três vezes mais probabilidade de serem diagnosticadas com câncer de mama do que as menos expostas.

Alguns cientistas, em debates, colocaram em discussão a possibilidade de o excesso de nitrato em água potável e alimentos, aumentar a incidência de câncer de estômago, entretanto, os níveis de nitrato na água são inferiores ao contido em produtos como carnes defumadas, bacons e queijos, aos quais, se acrescenta nitrato para inibir a bactéria que causa botulismo.

Segundo Baird & Cann (2011), algumas das tecnologias aplicadas para remediação de aquíferos contaminados com nitratos são apresentadas na tabela 4-5.

Tabela 4-5. Remediação de aquíferos contaminados com nitratos

Remediação In-situ	Remediação ex-situ
Tratamento Físico/Químico	Tratamento Físico/Químico
Recarga artificial	Troca-iônica
Redução química	Osmose Reversa
Adsorção física	Elerodiálise
Injeção de ar (air sparging)	
Tratamento Biológico	
Biorremediação	
Barreiras reativas	

Fonte: Baird & Cann (2011)

A remoção dos sais minerais dissolvidos na água, através de resina de troca iônica começou na década de 1950, desde então tem evoluído de maneira a produzir água desmineralizada com qualidade cada vez melhor. São aplicáveis para remoção de diversos contaminantes, entre eles: Ferro, Manganês, Arsênio, Selênio, Fluoretos, Fosfatos e Nitratos (PROCEL, 2011).

Segundo Baird & Cann (2011), foi realizado um estudo para avaliar a eficiência de um sistema de remoção de nitratos em águas na Califórnia (EUA), sendo usada uma resina aniônica. A eficiência média de 76% para águas ocorreu com baixos teores de sulfatos, enquanto para águas com altos teores de sulfatos sua eficiência de remoção de nitratos foi de apenas 45%. Esse sistema é recomendado apenas para águas com baixos teores de sulfatos. A capacidade de troca média desse sistema foi de 12 g/L.

Observou-se que embora existam muitos trabalhos diagnosticando o problema da contaminação das águas com nitrato, o número de trabalhos nacionais encontrados sobre as tecnologias de remoção foi relativamente pequeno.

#### 4.5.4 Cálcio e Magnésio (Dureza)

Segundo Iritani & Ezaki, (2009), vários municípios do Estado de São Paulo estão convivendo com o problema de dureza nas águas subterrâneas. Isto ocorre, pois, nos aquíferos localizados em regiões calcárias, a água em movimento dissolve e transporta, entre outros compostos o carbonato de cálcio e o magnésio, fazendo com que a água se torne dura.

A dureza é normalmente expressa em miligramas por litro (mg/l) de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). O  $\text{CaCO}_3$  não é tóxico para seres humanos, mesmo em concentrações acima de 1000 mg/l, já em concentrações muito baixas, podem causar efeitos deletérios para a saúde humana. A objeção a valores relativamente elevados de dureza é devido ao gosto, considerado desagradável (BRETT et al., 1999).

A dureza pode ser classificada em temporária ou permanente. A dureza temporária imprime à água dificuldade em dissolver sabão (fazer espuma) e provoca incrustações, pois os bicarbonatos decompõem-se em gás carbônico, água e carbonatos insolúveis, pela ação do calor, e se precipitam. A dureza permanente, também chamada de dureza de não carbonatos é devida à presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio. Esta também resiste à ação dos sabões, mas não produz incrustações, pois, seus sais são muito solúveis na água, não se decompondo sob a ação do calor. A dureza total é a soma da dureza temporária e da permanente. A tabela 4-6 apresenta as faixas de valores de concentrações de  $\text{CaCO}_3$  para diferentes tipos de durezas (CUSTÓDIO E LLAMAS, 2001).

Tabela 4-6. Padrões de dureza da água

Dureza	Concentrações de $\text{CaCO}_3$ ( $\text{mg.l}^{-1}$ )
Branda	até 50
Pouco dura	entre 50 a 100
Dura	entre 100 e 200
Muito dura	acima de 200

Fonte: CUSTODIO & LLAMAS, 2001.

Incrustações aparecem particularmente em pontos onde existe mudança de pressão, como nas conexões onde o fluxo é turbulento pela existência de obstáculos e válvulas, pelas mudanças de direção e em saídas de água como torneiras, chuveiros e registros. A queda brusca de pressão favorece a formação de cristais de cálcio, cuja estrutura adere e se deposita em qualquer lugar. Incrustações ocorrem também quando a temperatura da água aumenta dentro das tubulações ou sistemas; quanto mais quente a superfície, mais rápida a deposição dos cristais de cálcio. Na indústria o problema da dureza é muito sério, pois pode levar aquecedores e caldeiras à explosão, pois, a alta temperatura da água acelera as reações de formação de precipitados que se depositarão no interior das canalizações e poderão obstruí-las com o passar do tempo. Nos sistemas urbanos de distribuição de água a formação de depósitos causa muitos problemas, entre eles a diminuição da vida útil de tubulações e equipamentos, a queda de pressões e vazões, o aumento de custos de manutenção e a diminuição da qualidade da água. As incrustações formadas apenas por cálcio e magnésio são de cor branca, mas a maioria das incrustações tem uma cor bege ou marrom, pois todo o ferro contido na água e suas partículas oxidadas aderem às crostas existentes e criam condições favoráveis ao processo de corrosão dos tubos (figura 4-48). A rugosidade da superfície das incrustações cria um campo fértil para a proliferação de bactérias e outros micro-organismos indesejáveis (HIRATA, 1995).

*Figura 4-48. Incrustações devido a dureza*



*Fonte: <http://www.mrcl.com.br/xivcobreap/tt77.pdf>*

As principais tecnologias convencionais de remoção da dureza são: abrandamento com cal, reatores de leito fluidizado e resinas de troca iônica. O abrandamento é a tecnologia mais antiga para remoção de dureza, consiste na

adição de cal,  $\text{Ca(OH)}_2$ , e de hidróxido de sódio,  $\text{NaCO}_3$ , à água bruta para redução da dureza através da precipitação de sais insolúveis de cálcio e magnésio. No entanto, o manuseio de grandes quantidades de produtos químicos e a grande quantidade de lodo produzido torna esta tecnologia ambientalmente insustentável na atualidade. A tecnologia de leitos fluidizados, utiliza reatores para precipitação de carbonato de cálcio e hidróxido de magnésio nas superfícies de partículas de areia. A agregação contínua de sais alcalinos aumenta a densidade e o peso dos grãos, que migram para a base do reator, onde são periodicamente removidos. As quantidades de produtos químicos manipulados e o volume de rejeito produzido no processo são relativamente pequenos. Esta tecnologia não remove microrganismos patogênicos ou contaminantes orgânicos e inorgânicos com eficiência satisfatória. As resinas de troca iônica são trocadores de cátions, onde íons de magnésio e cálcio da água são trocados por íons de sódio da resina. Como consequência deste processo ocorre o enriquecimento da água produzida com íons de sódio, porém, este enriquecimento normalmente não inviabiliza o uso da água para fins potáveis. As resinas de troca iônicas devem ser alimentadas com água tratada por métodos convencionais de remoção de patógenos e de contaminantes orgânicos (BRETT et al., 1999).

Segundo Schneider & Tsutika (2001), entre as formas não convencionais de redução da dureza, encontra-se o uso de membranas de nanofiltração. A figura 4-49 mostra os tubos com as membranas do processo de nanofiltração.

Figura 4-49. Imagem de um processo de nanofiltração



Fonte: <http://akvo.com.br/08-processos/8-2-NanoFiltracao.htm>

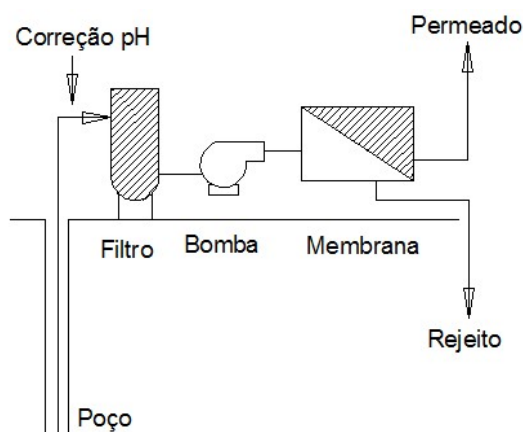
Esta tecnologia foi introduzida em escala comercial inicialmente na Flórida (EUA). Esta é a única tecnologia que permite a remoção simultânea da dureza e de

praticamente todos os outros contaminantes coloidais, biológicos e químicos da água sem o emprego maciço de produtos químicos. Na maioria dos casos este processo pode ser alimentado diretamente pela água bruta dos aquíferos. Esta tecnologia de remoção da dureza é a que menos impacta no meio ambiente (BRETT et al., 1999).

No saneamento básico, a nanofiltração pode ser empregada para remoção de: dureza, cor, matéria orgânica dissolvida, pesticidas e poluentes inorgânicos (Arsênio, Cobre, Cadmio, Nitratos e Fosfatos).

A figura 4-50 ilustra o fluxograma de uma unidade de nanofiltração.

Figura 4-50. Fluxograma de unidade de nanofiltração para remoção da dureza



Fonte: SCHNEIDER & TSUTIKA, 2001

A água bombeada do poço tem o pH corrigido, logo após partículas são removidas em um filtro de cerca de 5 $\mu$ m para proteção das membranas e da bomba de alta pressão. O permeado ainda pode, em certos casos, ser desgasificado para remover o excesso de CO<sub>2</sub>.

Schneider & Tsutika (2001), fizeram uma análise comparativa entre as diversas tecnologias de abrandamento para plantas de 10.000m<sup>3</sup>/dia. Este estudo indicou que sistemas de membranas apresentam custos mais baixos quando operados a plena carga, porém, quando operados de forma intermitente são menos competitivos.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1. Localização e características da área de Estudo

A área selecionada para este estudo está localizada na região noroeste do estado de São Paulo, a qual se faz divisa com os estados de Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Os dados sobre os poços tubulares profundos desta região foram disponibilizados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), Unidade de Negócios do Baixo Tietê e Grande - RT. A área foi subdividida em cinco grupos de cidades, seguindo a divisão gerencial utilizada pela SABESP. A tabela 5-1 apresenta as principais características das cidades estudadas e a figura 5-1 apresenta o mapa com suas localizações.

Tabela 5-1 Grupos das cidades estudadas

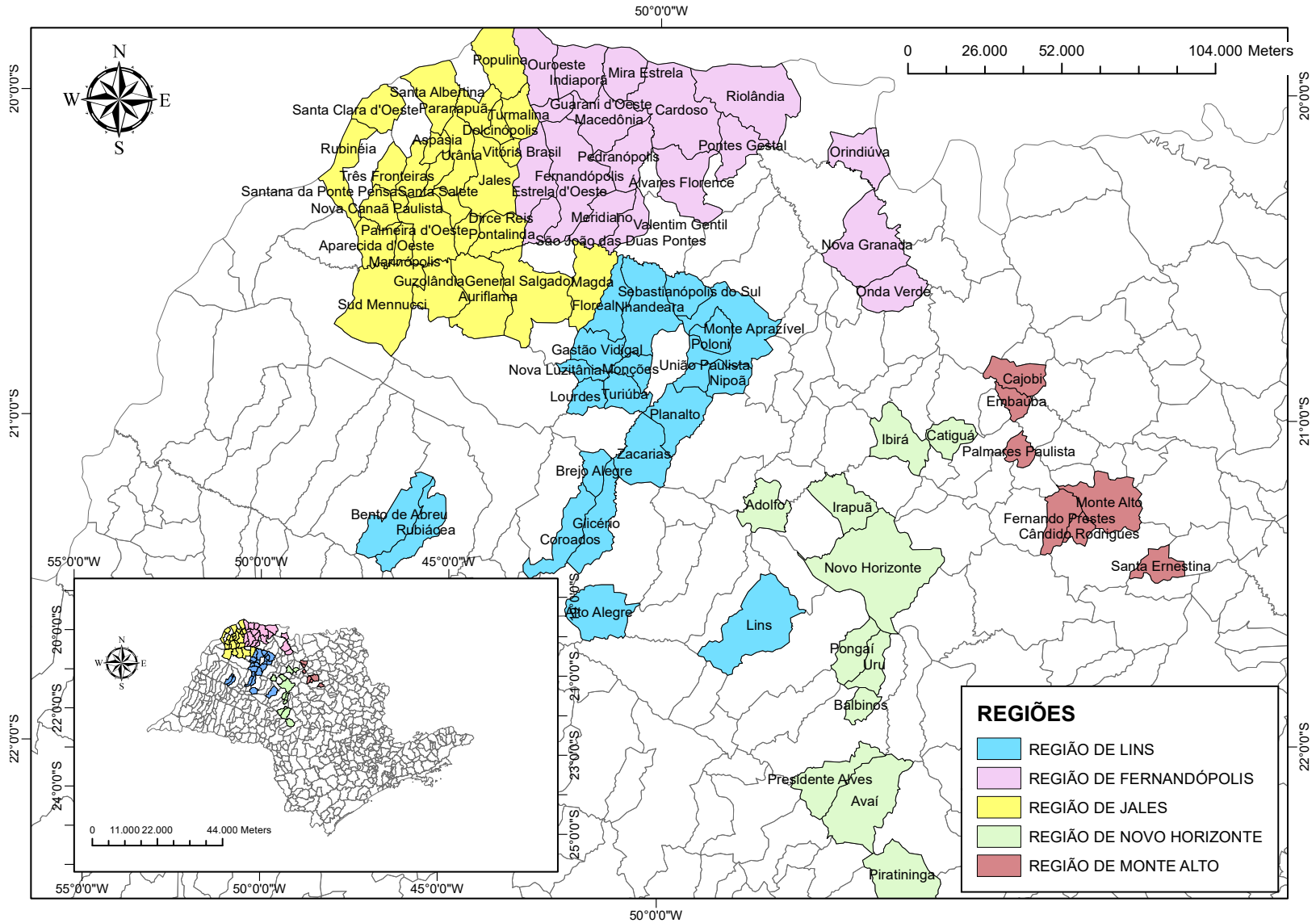
ITEM	MUNICÍPIOS	FUNDAÇÃO	POPULAÇÃO	ÁREA	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE	IDH-M	PIB per capita
<b>1</b>	<b>GRUPO 1 - LINS</b>								
1.1	Alto Alegre	1938	4.105,00	318,22	21°34'51"	50°09'50"	473	0,774	9.162,28
1.2	Bento de Abreu	1948	2.674,00	301,40	21°16'15"	50°48'43"	431	0,802	16.860,45
1.3	Brejo Alegre	1991	2.573,00	104,83	21°09'57"	50°11'06"	390	0,748	32.903,53
1.4	Coroados	1932	5.986,00	246,54	21°21'07"	50°16'51"	409	0,802	12.568,04
1.5	Floreal	1935	3.003,00	204,30	20°40'37"	50°08'42"	518	0,800	12.043,16
1.6	Gastão Vidigal	1925	4.193,00	180,90	20°47'50"	50°11'13"	401	0,768	9.052,62
1.7	Glicério	1925	4.801,00	272,80	21°23'02"	50°12'39"	400	0,735	16.090,68
1.8	Lins	1920	77.021,00	570,20	21°40'44"	49°44'34"	437	0,786	26.195,80
1.9	Lourdes	1992	2.140,00	113,83	20°58'01"	50°13'26"	403	0,737	20.368,88
1.10	Monções	1965	2.132,00	104,20	20°51'00"	50°05'31"	406	0,771	67.559,54
1.11	Monte Aprazível	1929	24.794,00	496,90	20°46'22"	49°42'50"	475	0,808	20.926,87
1.12	Nhandeara	1928	10.725,00	435,80	20°41'38"	50°02'16"	525	0,806	13.907,23
1.13	Nipoã	1904	4.274,00	137,80	20°54'46"	49°46'40"	439	0,775	11.723,50
1.14	Nova Luzitânia	1965	3.441,00	74,10	20°51'21"	50°15'43"	420	0,740	7.843,74
1.15	Planalto	1948	4.463,00	290,10	21°02'02"	49°55'44"	450	0,740	15.797,30
1.16	Poloni	1926	5.395,00	133,50	20°47'06"	40°49'26"	548	0,770	13.126,14
1.17	Rubiácea	1944	2.729,00	236,91	21°18'03"	50°43'37"	420	0,780	17.332,21
1.18	Sebastianópolis do Sul	1905	3.031,00	162,90	20°39'18"	49°55'15"	468	0,770	17.746,93
1.19	Turiúba	1959	2.013,00	153,10	20°55'58"	50°06'28"	439	0,800	16.647,36
1.20	União Paulista	1964	1.599,00	79,10	20°53'13"	49°53'49"	480	0,780	23.603,75
1.21	Zacarias	1992	2.542,00	319,10	21°03'07"	50°03'03"	398	0,780	16.718,07
<b>2</b>	<b>GRUPO 2 - FERNANDÓPOLIS</b>								
2.1	Cardoso	1.937	12.305	639,7	20°04'55"	49°54'50"	422	0,756	12.381,29
2.2	Estrela d'Oeste	1.942	8.208	296,4	20°17'16"	50°24'03"	456	0,792	47.336,54
2.3	Fernandópolis	1.939	68.670	549,8	20°17'02"	50°14'45"	535	0,797	20.024,93
2.4	Guaraní d'Oeste	1.959	1.005	85,5	20°04'30"	50°20'20"	499	0,757	9.577,36
2.5	Indiaporã	1.940	3.903	279,88	19°58'48"	50°17'24"	440	0,751	11.210,84
2.6	Macedônia	1.946	3.664	327,7	20°08'45"	50°11'38"	502	0,757	10.985,08
2.7	Meridiano	1.959	3.855	229,2	20°21'32"	50°10'22"	529	0,762	10.731,18
2.8	Mira Estrela	1.941	2.828	216,8	19°58'44"	50°08'13"	458	0,771	12.384,99
2.9	Nova Granada	1.911	19.180	531,9	20°32'02"	49°18'50"	542	0,79	11.873,91
2.10	Onda Verde	1.965	3.884	243,1	20°36'50"	49°17'56"	534	0,777	32.456,05
2.11	Orindiúva	1.965	5.675	248,1	20°10'55"	49°21'03"	633	0,776	17.539,74
2.12	Ouroeste	1.952	9.897	288,8	20°00'03"	50°22'19"	500	0,787	74.370,81
2.13	Paulo de Faria	1.938	8.893	738,3	20°01'51"	49°22'58"	444	0,754	12.829,93
2.14	Pedranópolis	1.937	2.558	260,2	20°14'52"	50°06'36"	475	0,778	10.975,16
2.15	Pontes Gestal	1.965	2.518	217,4	20°10'01"	49°42'10"	449	0,749	33.207,11
2.16	Riolândia	1.954	11.429	633,4	19°59'24"	49°40'51"	438	0,737	9.507,64
2.17	São João das Duas Po	1.964	2.566	129,3	20°23'20"	50°22'40"	427	0,754	11.859,61
2.18	Valentim Gentil	1.943	11.036	149,7	20°25'19"	50°05'16"	510	0,785	15.138,87

Tabela 5-1. Grupos das cidades estudadas (continuação)

ITEM	MUNICÍPIOS	FUNDAÇÃO	POPULAÇÃO	ÁREA	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE	IDH-M	PIB per capita
<b>3</b>	<b>GRUPO 3 - JALES</b>								
3.1	Alvares Machado	1916	24.651,00	346,28	22°04'44"	51°28'19"	475	0,772	7.554,93
3.2	Aparecida d'Oeste	1965	4.450,00	179,00	20°26'56"	50°52'48"	414	0,759	10.132,72
3.3	Aspásia	1991	1.842,00	69,30	20°09'32"	50°43'58"	403	0,738	10.155,43
3.4	Auriflâma	1937	15.123,00	434,00	20°41'09"	50°33'18"	482	0,787	12.323,94
3.5	Dirce Reis	1960	1.689,00	88,40	20°27'57"	50°36'21"	402	0,737	15.037,21
3.6	Dolcinópolis	1945	2.096,00	78,30	20°07'22"	50°30'46"	463	0,76	9.593,40
3.7	General Salgado	1928	10.669,00	493,30	20°38'52"	50°21'39"	418	0,762	13.951,23
3.8	Guzolândia	1946	14.202,00	544,00	20°39'00"	50°39'43"	465	0,729	9.352,57
3.9	Jales	1941	50.112,00	388,50	20°16'08"	50°32'45"	478	0,804	13.370,17
3.10	Magda	1953	3.230,00	311,70	20°38'38"	50°13'33"	526	0,753	12.045,03
3.11	Marinópolis	1953	2.113,00	77,80	20°26'27"	50°49'22"	408	0,74	12.353,81
3.12	Mesópolis	1957	1.886,00	148,90	19°57'57"	50°38'16"	400	0,732	21.088,45
3.13	Nova Canaã Paulista	1954	2.114,00	124,40	20°23'09"	50°56'56"	401	0,726	13.547,37
3.14	Palmeira d'Oeste	1958	9.584,00	319,20	20°24'57"	50°45'43"	433	0,765	11.139,11
3.15	Paranapuã	1964	3.815,00	140,50	20°06'10"	50°35'09"	474	0,775	12.073,37
3.16	Pontalinda	1948	4.074,00	210,20	20°26'27"	50°31'22"	435	0,731	9.119,59
3.17	Populina	1959	4.223,00	315,90	19°57'14"	50°32'16"	443	0,755	13.996,87
3.18	Rubinéia	1951	2.862,00	236,90	20°10'44"	51°00'07"	317	0,788	12.439,71
3.19	Santa Albertina	1947	5.723,00	272,80	20°01'55"	50°43'40"	420	0,784	11.300,76
3.20	Santa Clara d'Oeste	1951	2.084,00	183,40	20°05'20"	50°57'14"	401	0,754	10.274,91
3.21	Santa Salete	1993	1.447,00	79,40	20°14'42"	50°41'16"	460	0,772	16.754,08
3.22	Santana da Ponte Pens	1964	1.641,00	129,80	20°15'10"	50°47'49"	427	0,773	14.100,04
<b>4</b>	<b>GRUPO 4 - NOVO HORIZONTE</b>								
4.1	Adolfo	1959	3.557	211,10	21°14'06"	49°38'38"	443	0,795	30.778,25
4.2	Avai	1919	5.337	540,69	22°08'49"	49°19'58"	481	0,748	8.839,07
4.3	Balbinos	1954	3.932	90,86	21°54'00"	49°21'25"	460	0,761	4.563,65
4.4	Catiguá	1938	7.127	128,40	21°02'56"	49°03'28"	483	0,787	12.699,03
4.5	Ibirá	1921	10.896	271,90	21°04'48"	49°14'27"	446	0,801	9.932,26
4.6	Irapuã	1944	7.275	257,90	21°16'44"	49°24'32"	428	0,766	12.510,45
4.7	Novo Horizonte	1917	39.888	931,74	21°28'04"	49°13'15"	447	0,753	22.967,56
4.8	Piratininga	1895	12.968	397,21	22°24'46"	49°08'06"	516	0,797	7.762,05
4.9	Pongai	1949	3.432	183,38	21°44'09"	49°22'01"	422	0,794	10.902,81
4.10	Presidente Alves	1927	4.167	288,57	22°06'00"	49°26'16"	576	0,763	13.092,94
4.11	Uru	1934	1.177	147,58	21°47'02"	40°16'51"	427	0,739	25.347,93
<b>5</b>	<b>GRUPO 5 - MONTE ALTO</b>								
5.1	Cândido Rodrigues	1.959	2.668	69,52	21°19'30"	48°37'51"	610	0,789	15.598,04
5.2	Fernando Prestes	1.914	5.534	170,11	21°15'50"	48°41'06"	545	0,776	15.440,53
5.3	Monte Alto	1.881	49.456	347,12	21°15'39"	48°29'45"	735	0,813	17.406,71
5.4	Palmares Paulista	1.964	12.730	91,00	21°04'58"	48°48'03"	530	0,989	6.074,69
5.5	Santa Ernestina	1.965	5.568	134,96	21°27'46"	48°23'27"	570	0,77	6.616,03

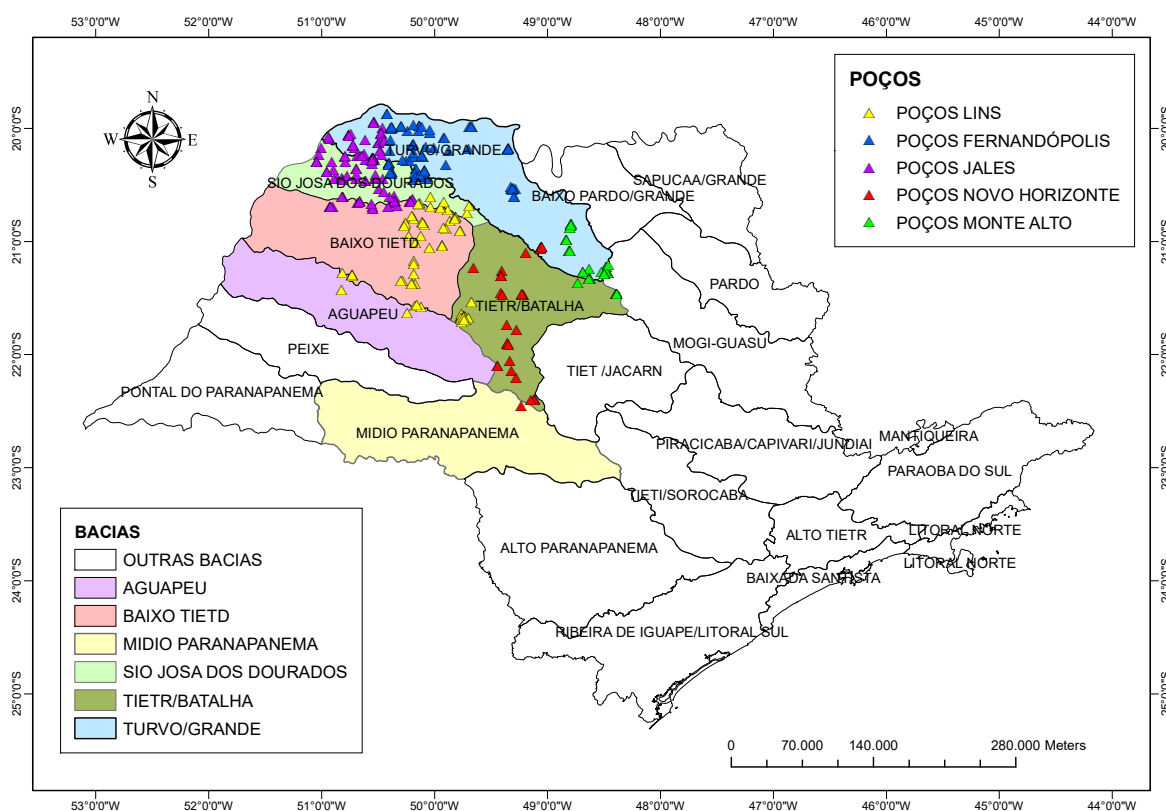
A região é territorialmente grande, economicamente importante, socialmente homogênea e com baixa densidade populacional. O soma da população da área estudada é de 701.050 habitantes (IBGE 2010). Possui uma logística privilegiada, com localização próxima aos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais O setor agropecuário é um dos mais fortes do Brasil, devido a presença de solos férteis. A cafeicultura foi dominante até a década de 70, mas entrou em decadência devido a queda nos preços internacionais. Atualmente a cana-de-açúcar é a cultura predominante na região, além dela, destacam-se outros produtos agropecuários: carne bovina, leite, laranja, milho, algodão, seringueira, banana e uva. Além da força do setor agropecuário, o setor industrial também tem grande potencial de crescimento nas próximas décadas.

Figura 5-1 Mapa com os grupos de cidades estudadas



Em São Paulo, após a promulgação da Constituição Estadual de 1989 foi implementada a Política Estadual de Recursos Hídricos, a qual adotou um modelo de gestão descentralizado através de UGRHI's (Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos). Atualmente existem no Estado de São Paulo 21 Comitês de Bacias Hidrográficas. Os municípios estudados pertencem as bacias: Turvo Grande (UGRHI 15), Tietê/Batalha (UGRHI 16), São José dos Dourados (UGRHI 18) e Baixo Tietê (UGRHI 19). A figura 5.1-2 apresenta um mapa com as unidades de gerenciamento dos recursos hídricos do Estado de São Paulo e os poços estudados.

Figura 5-2. Localização dos poços nas UGRHI do estado de São Paulo.



Os limites das UGRHIs não coincidem necessariamente com os limites dos sistemas aquíferos com características semelhantes (armazenamento, circulação e qualidade), porém, as águas superficiais estão intimamente ligadas às águas subterrâneas, pois estas são formadas pelo excedente daquelas.

A figura 5-3 apresenta a localização dos poços estudados em relação às unidades hidrogeológicas do estado de São Paulo, e a figura 5-4 apresenta o mapa hidrográfico do Estado de São Paulo com os principais rios.

Figura 5-3. Unidades Hidrogeológicas e poços estudados

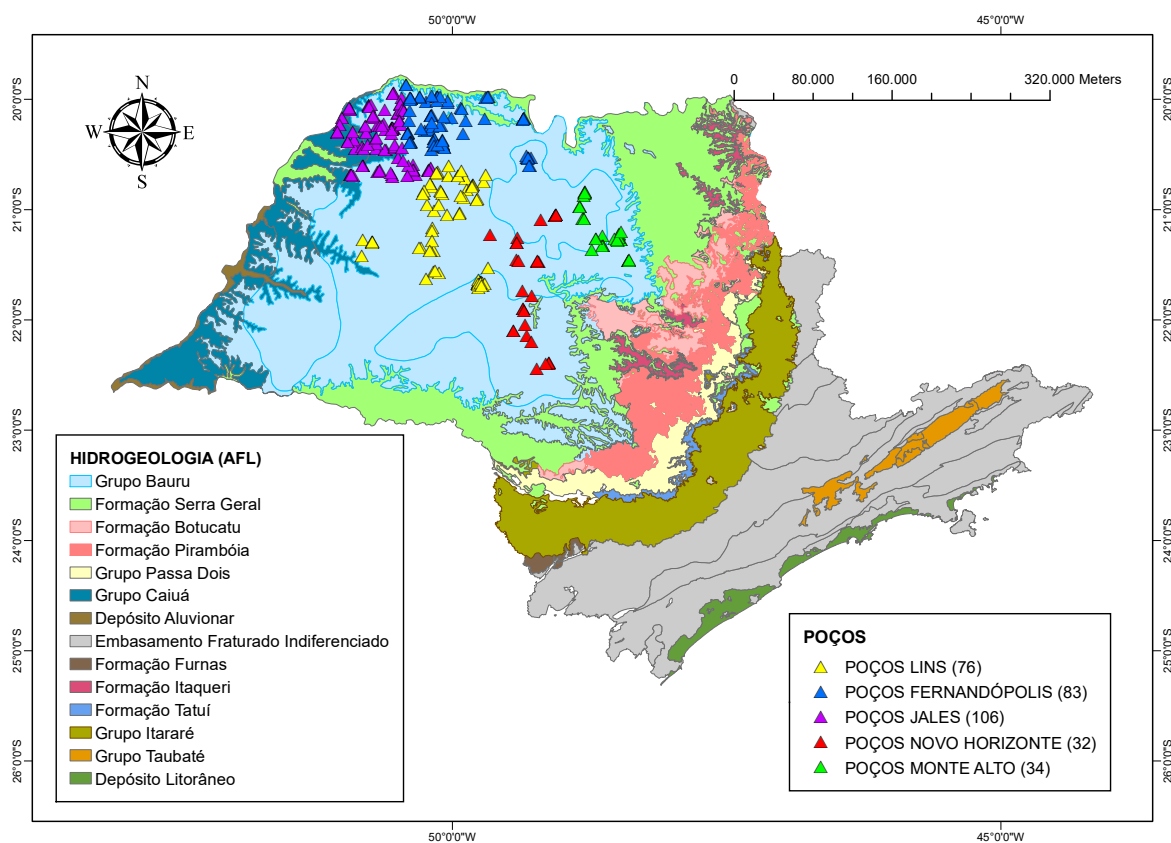
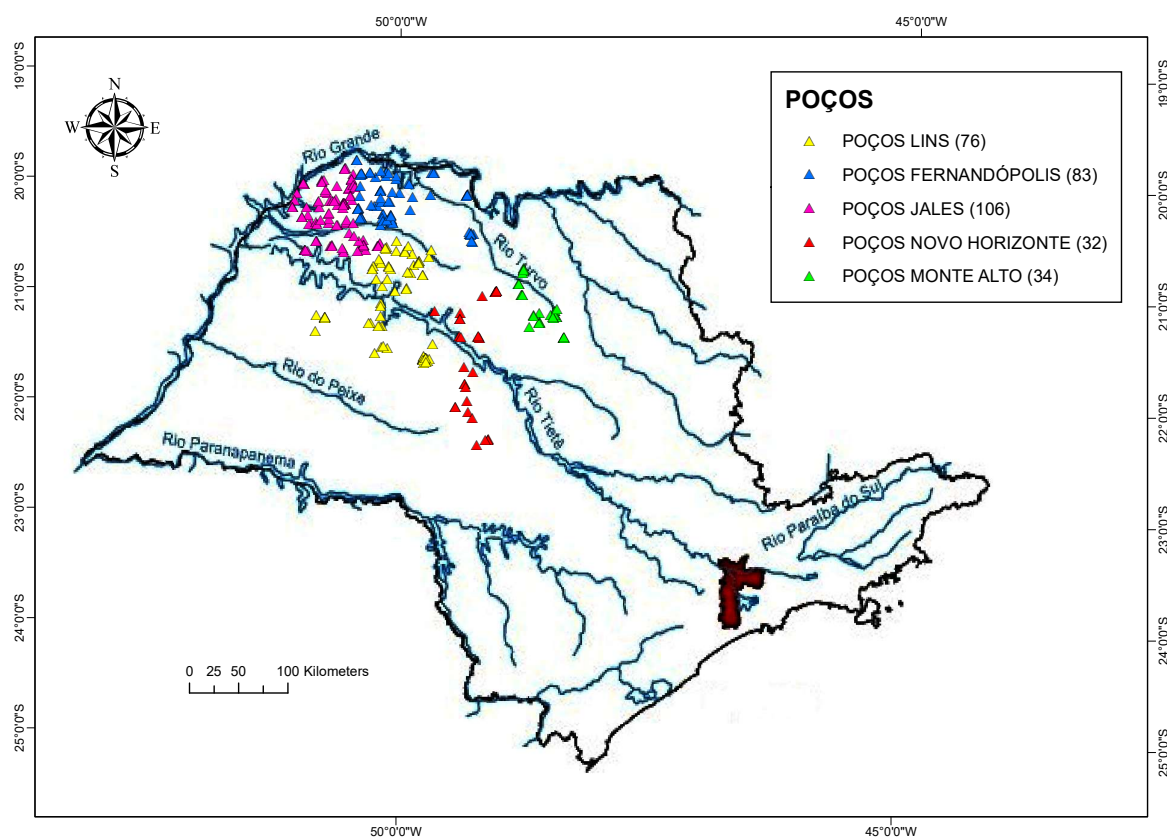


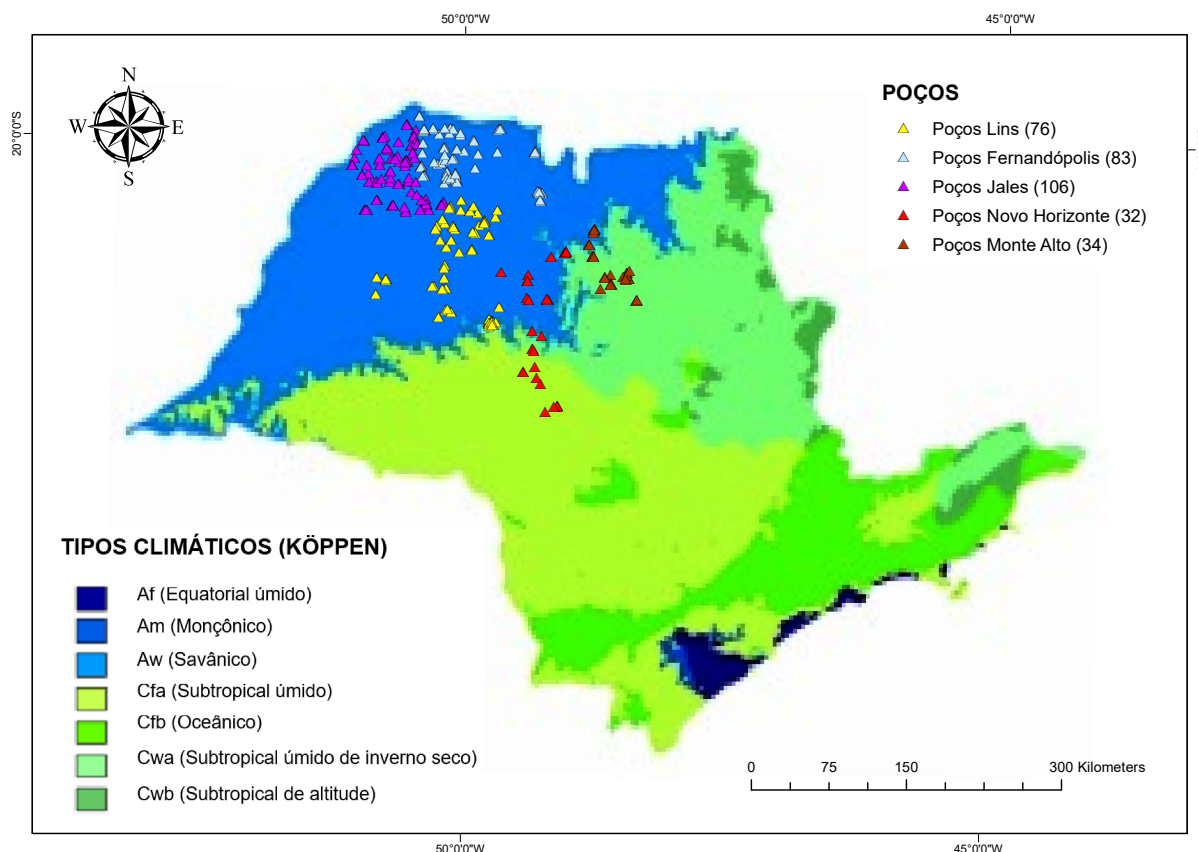
Figura 5-4. Principais rios do estado de São Paulo e dos poços estudados



Superficialmente predomina o aquífero Bauru. Os principais rios das regiões estudadas são: Tietê, Aguapeí, São José dos Dourados, Tuvo e Grande.

A figura 5-5 apresenta o mapa de clima do Estado de São Paulo com a localização dos poços estudados.

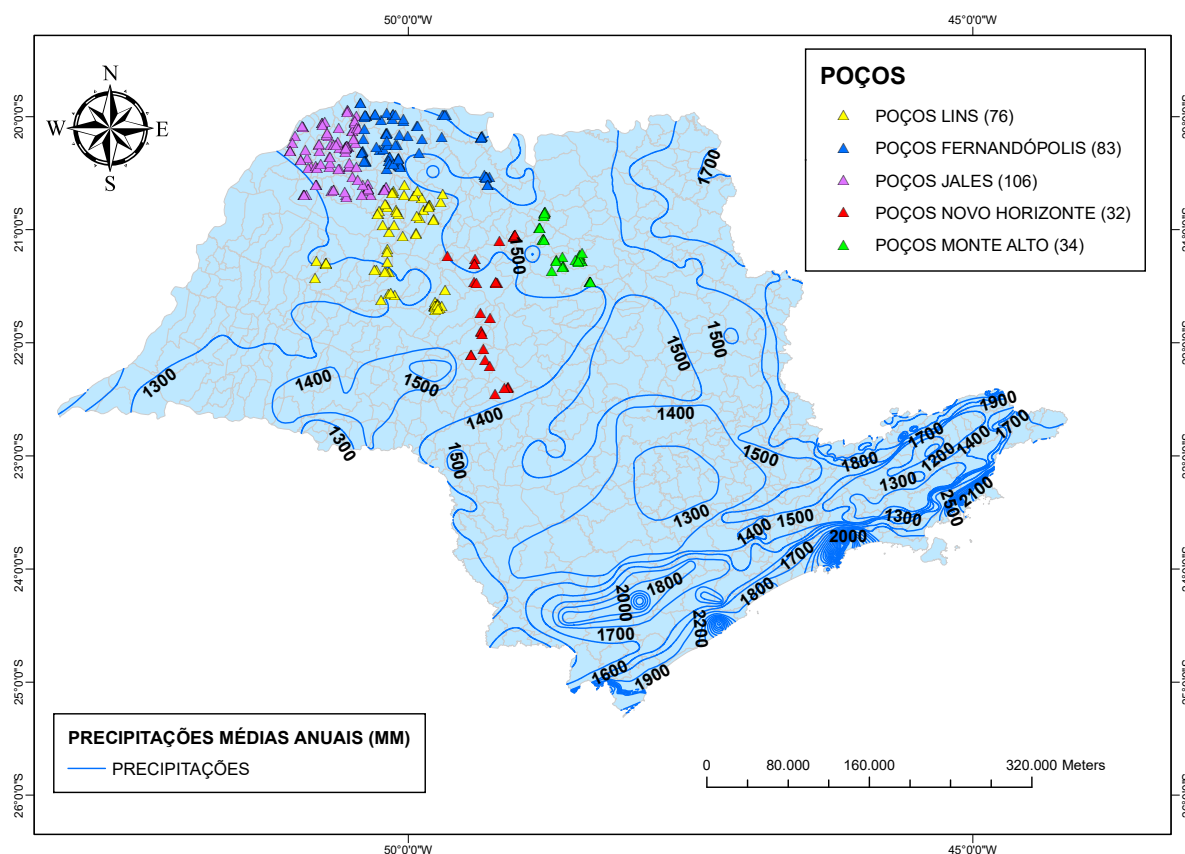
Figura 5-5. Tipos climáticos do estado de São Paulo (Köppen)



De acordo com a classificação climática pelo sistema Köppen, os grupos de climas são representados por letras. A área de estudo em sua maior parte se concentra nas faixas Aw (tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18°). Parte dos poços de Novo Horizonte também ocupam as faixas Cfa (Subtropical úmido), e parte dos poços de Monte Alto ocupam a faixa Cwa (Subtropical úmido de inverno seco). De acordo com Ayade (1996), as letras representam: “A” é atribuída a climas tropicais chuvosos, onde o mês mais frio tem temperatura média superior a 18°C; “C” é atribuída aos climas temperados chuvosos e moderadamente quentes, onde a temperatura média varia entre -3°C e 18°C no mês mais frio.; “w” indica que as chuvas são concentradas no verão e o inverno é seco.; “f” indica clima úmido o ano todo, sem estação seca.; “a” simboliza verão quente com temperatura média do mês mais quente superior a 22° C.

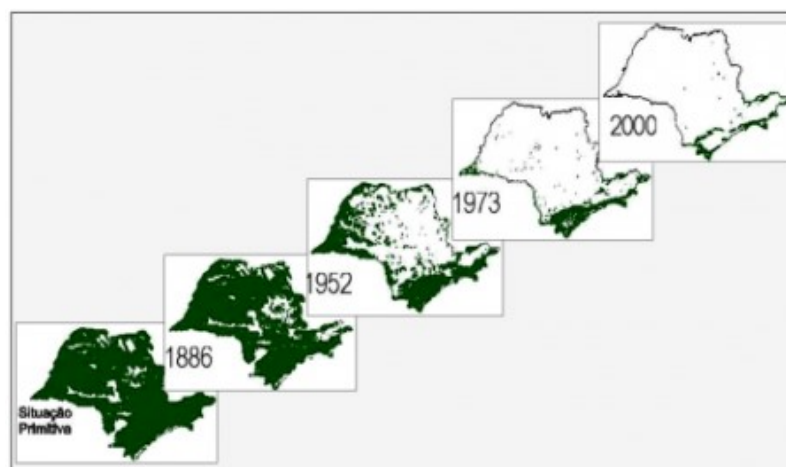
A figura 5-6 apresenta a distribuição espacial das precipitações e a localização dos poços estudados. As chuvas se concentram nos meses de Outubro a Março, com precipitação pluvial anual entre 1300mm a 1500mm.

Figura 5-6. Distribuição da precipitação média anual no estado de São Paulo



A figura 5-7 apresenta a evolução do desmatamento no estado de São Paulo

Figura 5-7. Evolução do desmatamento no estado de São Paulo.

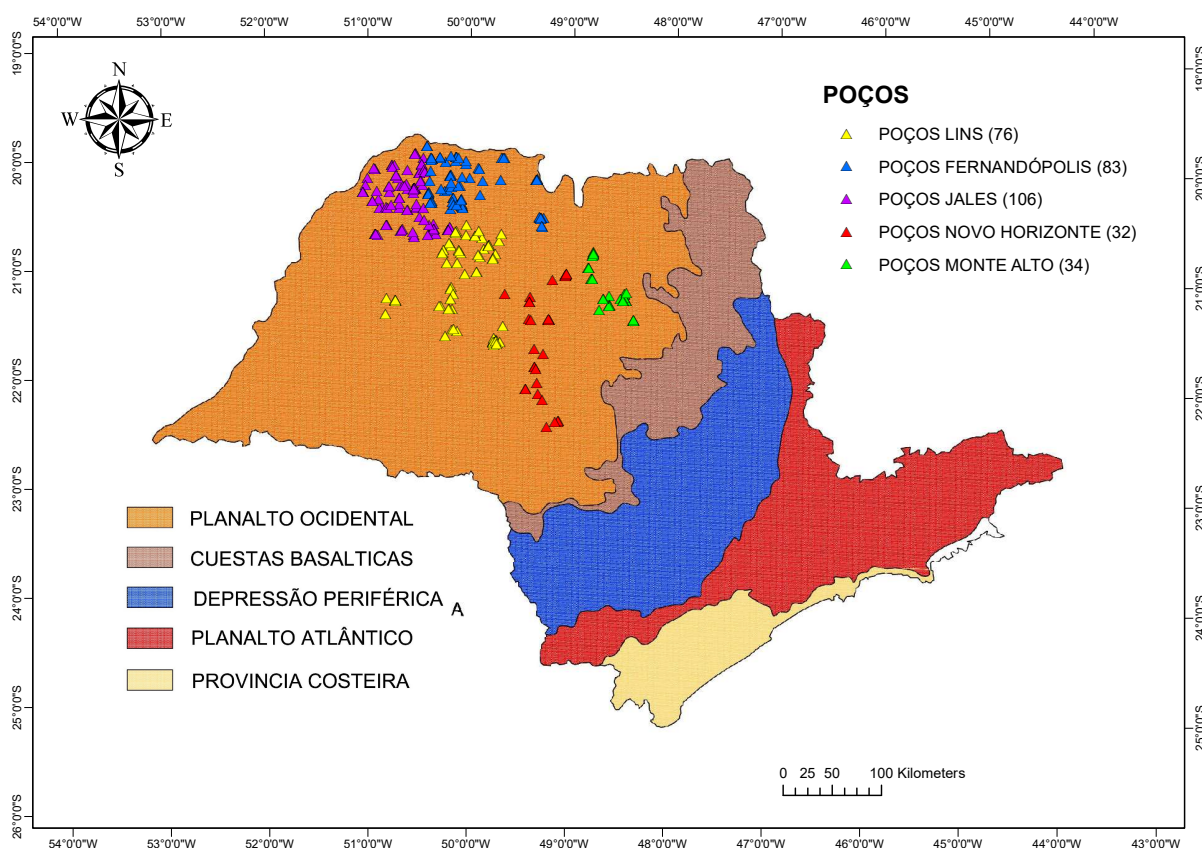


Fonte: <https://journals.openedition.org/confins/6557>

. Quanto à cobertura vegetal, pode-se observar que até 1886 as florestas cobriam mais de 81% da estado, porém, depois de 100 anos a parcela de vegetação restante é reduzida. A maior parte da cobertura vegetal original foi devastada pelo extrativismo da madeira (lenha, dormentes, matéria prima para casas e móveis), pelas expansões do café, da cana-de-açúcar e pela formação de pastagens para criação de gado. Atualmente a vegetação predominante da região é o cerrado (árvores baixas, arbustos espaçados e gramíneas).

Quanto à topografia, a área estudada está contida no Planalto Ocidental do estado de São Paulo, conforme pode ser visualizado na figura 5-8.

Figura 5-8. Mapa com o relevo do estado de São Paulo



A topografia do Planalto Ocidental é suave, o relevo é ondulado e relativamente uniforme. Não se registram formas de relevos mais acentuada.

## 5.2. Considerações sobre os dados analisados

Neste trabalho foram analisados dados de 331 poços operados pela SABESP, localizados em 83 municípios. A população abastecida total destes municípios é de aproximadamente 701.050 pessoas (IBGE, 2010). Os poços tubulares profundos analisados exploram os aquíferos: Bauru, Serra Geral, Guarani e Passa Dois.

Os dados utilizados foram coletados no arquivo de relatórios finais de poços tubulares profundos perfurados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, na Unidade de Negócios Baixo Tietê e Grande (RT), os quais foram disponibilizados para a execução deste trabalho. Estes dados foram organizados através das tabelas contidas no anexo, sendo: tabela 9.1 (região de Lins), tabela 9.2 (região de Fernandópolis), tabela 9.3 (região de Jales), tabela 9.4 (região de Novo Horizonte), e 9.5 (região de Monte Alto).

Foram analisados os parâmetros: idades dos poços, cronologia das perfurações, volumes produzidos, profundidades, aquíferos explorados, espessuras dos aquíferos, níveis dinâmicos, níveis estáticos, vazões específicas, transmissividades, coeficientes de permeabilidade, custos, horas de trabalho e eficiência energética dos poços.

É importante lembrar que, além dos poços analisados neste trabalho existem muitos outros poços operados por prefeituras, indústrias, postos de combustíveis, destinados a irrigação, ao lazer, etc., e também poços clandestinos, sem cadastro no DAEE. No Estado de São Paulo existem aproximadamente 40.000 poços (Cardoso, et al. 2008). Ressalta-se também que além dos dados analisados neste trabalho serem parciais, pode haver deficiência no banco de dados analisado. Sendo a qualidade do banco de dados essencial para que se obtenha resultados confiáveis, os resultados obtidos neste trabalho são considerados como prováveis quanto ao comportamentos dos parâmetros analisados. O método indutivo é um raciocínio que, após considerar um número suficiente de casos particulares, pode chegar a uma regra geral, porém, basta encontrarmos uma única exceção para que se invalide a regra geral. Portanto, o método indutivo, utilizado neste trabalho, pressupõe prováveis comportamentos dos parâmetros estudados.

Os métodos utilizados para análise dos dados foram os métodos estatísticos, utilizando tabelas e gráficos do software Microsoft Excel, e a confecção de mapas temáticos utilizando o software ArcGis.

Os métodos estatísticos permitiram, de forma sistemática, organizar, descrever, analisar e interpretar os dados coletados. Os métodos estatísticos utilizados foram as medidas de posição e as medidas de dispersão. As medidas de posição são valores que representam a tendência de concentração de um conjunto de dados. As medidas de dispersão são valores que resumem a variabilidade de um conjunto de dados. Para as medidas de posição foram aplicadas neste trabalho a média e a mediana. A média é mais adequada para situações em que os dados são distribuídos mais ou menos de forma uniforme. A mediana é o valor da variável que ocupa a posição central de um conjunto de  $n$  dados ordenados. Quando a amostra apresenta valores extremamente altos ou baixos, a mediana pode dar uma ideia melhor do que a média do valor típico. Para as medidas de dispersão foi aplicado neste trabalho o desvio padrão. O desvio padrão é definido como a raiz quadrada da variância. Outra ferramenta estatística empregada foi o histograma. Esta é uma ferramenta de representação e análise de dados, que são agrupados em classes de frequências, o que permite distinguir a forma, o ponto central e a variação da distribuição, além da amplitude e simetria na distribuição dos dados. Os histogramas podem ser simétricos ou assimétricos. O histograma simétrico ou de distribuição normal apresenta uma frequência mais alta no centro e que vai diminuindo conforme se aproxima das bordas. Ele representa processos estáveis e padronizados. O histograma assimétrico quando apresenta apenas um ponto mais alto (pico), geralmente, representa uma situação onde a característica de qualidade possui apenas um limite de especificação e é controlada durante todo o processo.

Para espacialização dos dados através de mapas temáticos foi utilizado o software ArcGis que é um SIG (Sistema de Informação Geográfica). Trata-se de um sistema que permite e facilita a análise e a representação no espaço, através de mapas temáticos, de um banco de dados previamente fornecido ao sistema.

## **6. RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISES**

Neste capítulo são apresentadas as análises e comparações dos dados das tabelas do anexo (9.1, 9.2, 9.3, 9.4 e 9.5). Foram analisados vários parâmetros: idades dos poços, cronologia das perfurações, volumes produzidos, profundidades, aquíferos explorados, espessuras dos aquíferos, níveis dinâmicos, níveis estáticos, vazões específicas, transmissividades, coeficientes de permeabilidade, custos, horas de trabalho e eficiência energética dos poços.

Para a análise e comparação dos dados foram utilizados os recursos de planilhas eletrônicas e gráficos do Microsoft Excel, além da espacialização dos pontos através do ArcGis, que é um software GIS (Geographic Information System), que trabalha com mapas e informações geográficas.

No item 6.1 são feitas análises dos dados gerais, considerando todos os poços, sem a individualização por regiões.

Nos itens 6.2, 6.3, 6.4, 6.5 e 6.6, são feitas análises individualizadas para cada região, sendo, respectivamente as regiões de: Lins, Fernandópolis, Jales, Novo Horizonte e Monte Alto.

Observa-se que os números de cidades e o número de poços não são homogêneos entre as regiões, porém, foi seguida a mesma divisão de regiões administrativas adotada pela Sabesp.

## 6.1 DADOS GERAIS

Neste tópico são analisados e comparados os dados das cinco regiões, conforme tabelas 9-1, 9-2, 9-3, 9-4 e 9-5 do Anexo.

Na tabela 6-1 é apresentado um resumo das informações obtidas nestas tabelas.

Tabela 6-1. Dados gerais de cada divisão

REGIÃO	QUANT. CIDADES	POP. (HAB)	QUANT. POÇOS	IDADE MÉDIA (ANOS)	PROF. MÉDIA (M)	VAZÃO (M <sup>3</sup> /H)	HORAS FUNC. MÉDIA	VOL. PROD. MÉDIO MÊS (M <sup>3</sup> )
LINS	21	173.634	76	30	216	25,63	14,58	852.375,84
FERNANDÓPOLIS	18	182.074	83	29	239	25,98	13,25	978.540,98
JALES	26	169.630	106	30	181	19,14	14,01	924.557,31
NOVO HORIZONTE	11	99.756	32	32	171	32,94	13,64	504.001,35
MONTE ALTO	7	75.956	34	36	191	32,01	14,73	567.709,05
MÉDIA				31,40	199,60	27,14	14,04	765.436,91
DESVIO PADRÃO				2,79	27,66	5,59	0,62	215.485,43

O volume produzido total estimado foi estimado em 3.827.184,53 m<sup>3</sup>/mês, para uma população de 701.050 hab., o que resulta em um consumo de 181,99 L.hab/dia.

Comparando-se com a região metropolitana de São Paulo este valor é bem menor. A região metropolitana possui aproximadamente 21,5 milhões de habitantes (IBGE 2018) e produz aproximadamente 170 milhões de m<sup>3</sup>/mês (SNIS 2018), resultando em um consumo médio de 260 L.hab/dia.

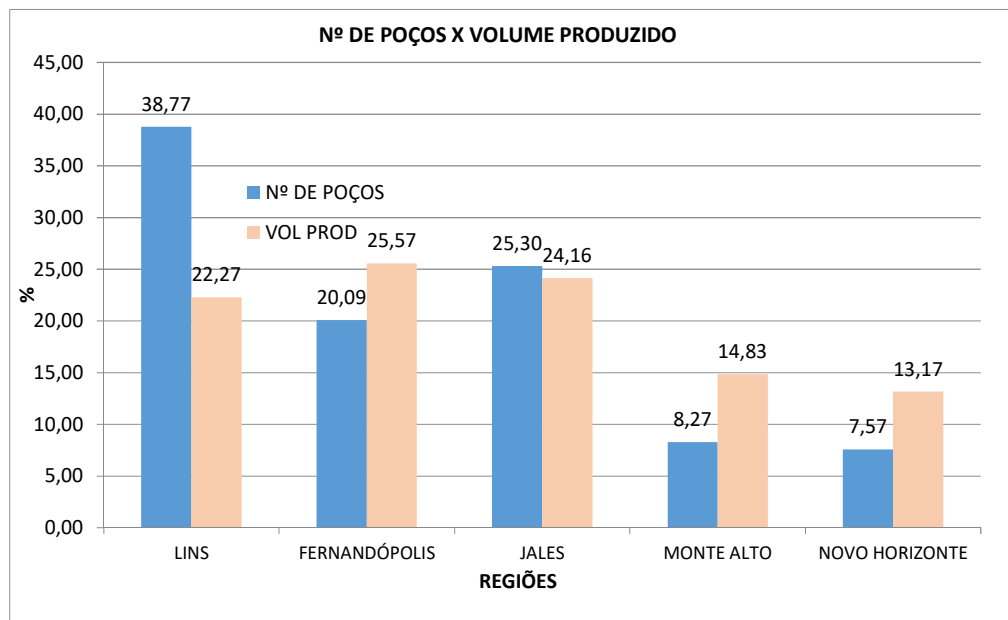
A tabela 6-2 apresenta as relações entre os volumes produzidos e o número de poços por região.

Tabela 6-2. Número de poços e volumes produzidos por região

DIVISÃO	Nº POÇOS		VOL PROD		VOL PROD/ Nº DE POÇOS
	QUANT	%	M3/MÊS	%	
LINS	164	38,77%	852.375,84	22,27%	5.197,41
FERNANDÓPOLIS	85	20,09%	978.540,98	25,57%	11.512,25
JALES	107	25,30%	924.557,31	24,16%	8.640,72
MONTE ALTO	35	8,27%	567.709,05	14,83%	16.220,26
NOVO HORIZONTE	32	7,57%	504.001,35	13,17%	15.750,04
<b>TOTAL (R\$)</b>	<b>423</b>	<b>100,00%</b>	<b>3.827.184,53</b>	<b>100,00%</b>	

O gráfico da figura 6-1 apresenta as porcentagens de poços e de volumes produzidos por região.

Figura 6-1. Nº de poços x volume produzido por divisão



Observa-se que as divisões de Lins, Fernandópolis e Jales apresentam volumes produzidos bem maiores que as divisões de Monte Alto e Novo Horizonte.

O maior número de poços é observado na região de Lins, a qual apresenta o menor rendimento na relação número de poços x volume produzido, isto pode se explicado devido a cidade contar com dois poços com grande produção (PPJ2 e PPS10), e uma boa setorização de vazões, permitindo que os poços sejam subexplorados.

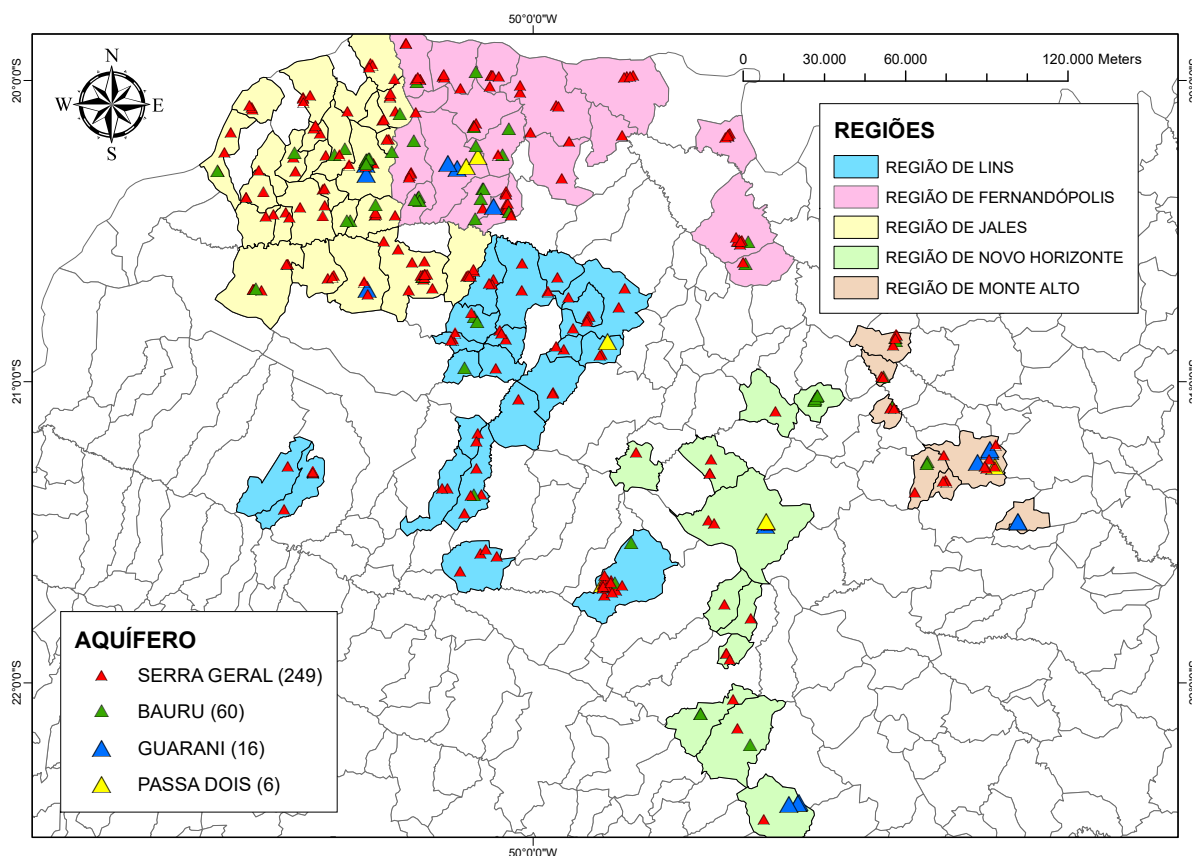
A vazão média, considerando todos os poços estudados resultou em 25,96 m<sup>3</sup>/h, sendo que mediana é 15,78m<sup>3</sup>/h (50% dos poços apresentam valor de vazão abaixo de 15,78 m<sup>3</sup>/h) e o desvio padrão em 31,72. Ou seja, os valores de vazões apresentam uma dispersão muito grande.

O tempo médio de funcionamento por dia das bombas de todos os poços estudados resultou em 14,04 horas., com um desvio padrão de 3,90. Ou seja, o desvio padrão baixo indica que os valores tendem a estar perto da média.

### 6.1.1. Aquíferos explorados

O mapa da figura 6-2 apresenta os aquíferos explorados pelos poços analisados. Observa-se que o aquífero mais explorado é o Serra Geral, com 249 poços (75,23%).

Figura 6-2 Aquíferos explorados



A tabela 6-3 apresenta os dados (nº de poços explorados, volumes produzidos, vazões médias e profundidades médias) de acordo com os aquíferos explorados.

Tabela 6-3 Dados dos poços de acordo com o aquífero explorado

AQUÍFERO	Nº DE POÇOS		VOLUME PRODUZIDO		Q MED	PROF MED.
	Nº	%	M <sup>3</sup> /MÊS	%	M <sup>3</sup> /H	M
SERRA GERAL	249	75,23%	1.754.678,00	46,66%	17,09	165,46
BAURU	60	18,13%	353.313,00	9,39%	13,62	110,89
GUARANI	16	4,83%	906.116,00	24,09%	105,24	679,06
PASSA DOIS	6	1,81%	746.611,00	19,85%	247,89	1.060,92
<b>MÉDIA</b>			826.363,50		61,17	422,26
<b>DESVIO PADRÃO</b>			590.606,80		109,80	450,91

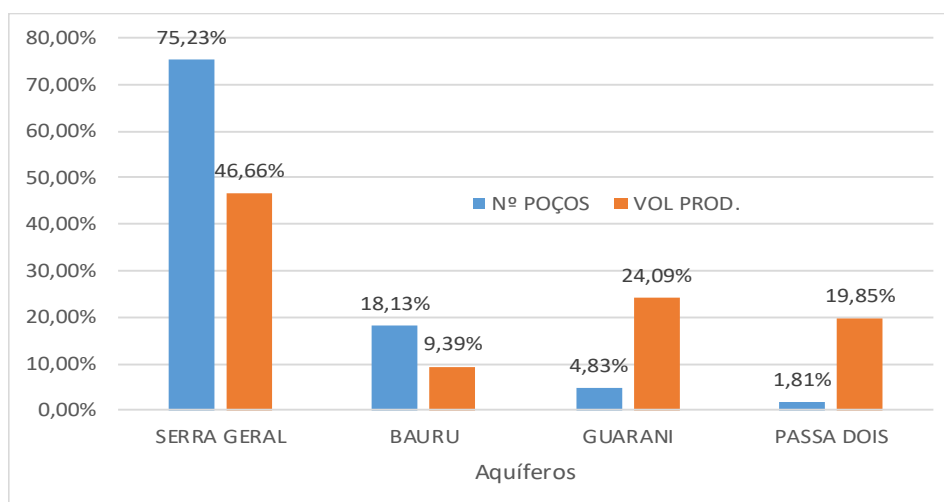
Observa-se que a maior parte do volume produzido (46,66%) provém do aquífero Serra Geral.

As vazões dos aquíferos Guarani e Passa Dois são muito superiores aos aquíferos Serra Geral e Bauru.

Observa-se que para os volumes produzidos, vazões e profundidades, os desvios padrões são muito grandes, demonstrando a grande heterogeneidade dos aquíferos

O gráfico da figura 6-3 apresenta a relação entre os volumes produzidos e o número de poços por aquífero.

Figura 6-3. Número de poços x Volumes produzidos por aquífero

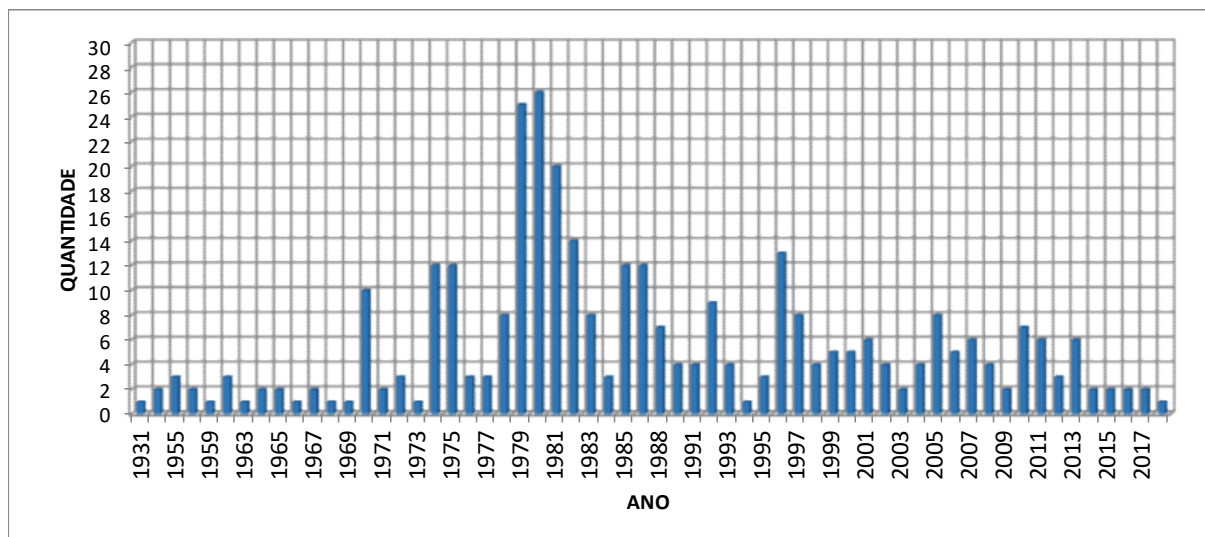


Observa-se que são poucos poços que exploram os aquíferos Guarani e Passa Dois (6,64%), porém, a produtividade relativa (43,94%) é muito superior aos aquíferos Serra Geral e Bauru.

### 6.1.2 Evolução do número de perfurações

O gráfico da figura 6-4 apresenta a evolução da quantidade de poços perfurados ao longo dos anos, na região analisada.

Figura 6-4. Número de poços perfurados por ano de acordo com o banco de dados deste trabalho



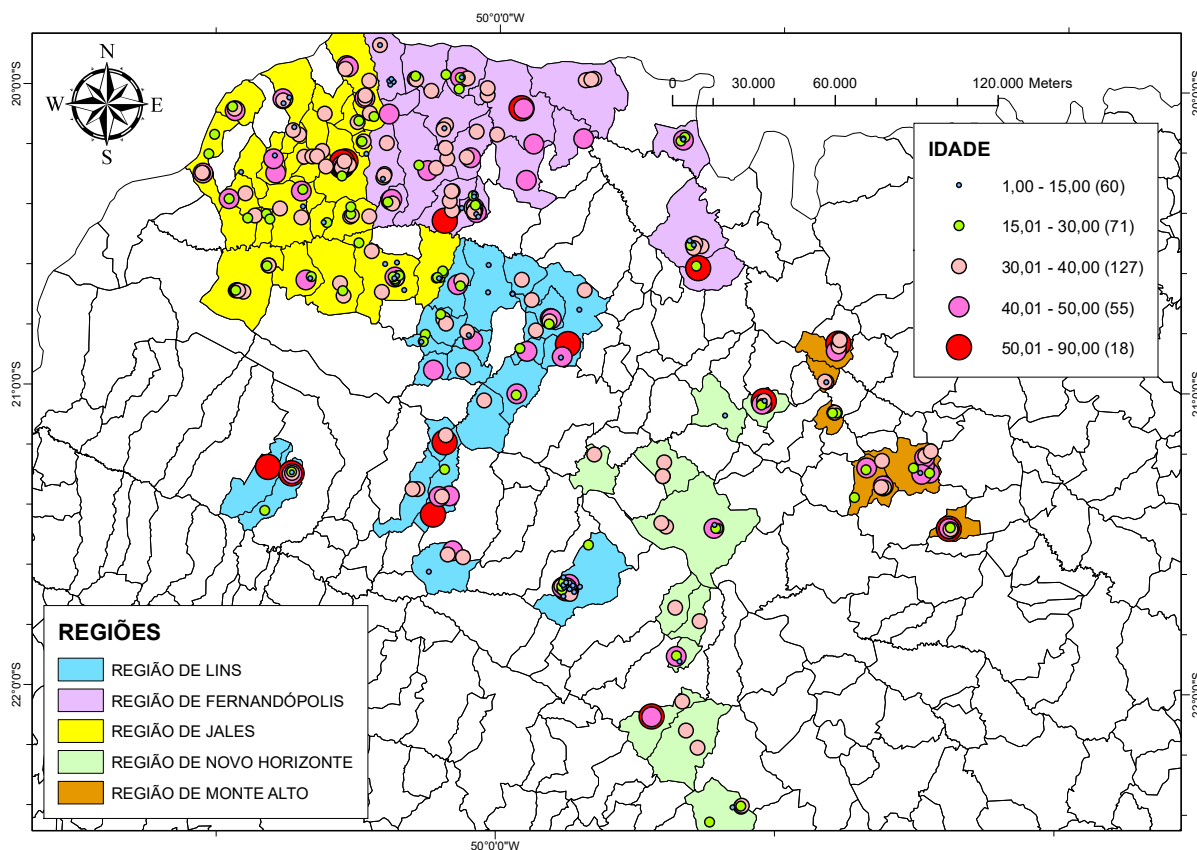
De acordo com este gráfico, até o final da década de 60 a quantidade de poços perfurados foi pequena, vindo a aumentar exponencialmente a partir da década de 70, e diminuindo gradativamente e se mantendo relativamente baixo até 2018.

Quanto a evolução do número de perfurações, ficou evidenciado neste estudo que entre as décadas de 70 e 80 houve o maior número de perfurações. Isto sugere que o investimento em perfurações foi maior durante o regime militar, no período conhecido como “milagre econômico”, entre os anos de 1969 (PIB de 14%) e 1973 (PIB de 19,46%), época em que o país teve um elevado crescimento.

### 6.1.3 Idade dos poços

O mapa da figura 6-5 apresenta as idades dos poço espacializadas.

Figura 6-5. Mapa com as idades médias dos poços



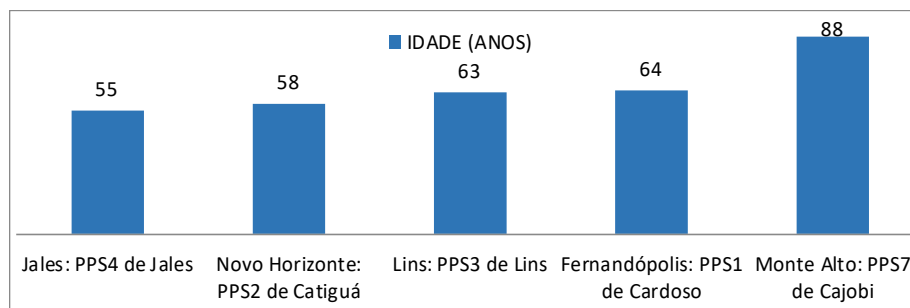
A região de Monte Alto apresenta os poços mais antigos e a região de Jales os poços mais novos. Isto mostra que a cronologia das perfurações está compatível com a evolução da expansão da ocupação das cidades do interior do estado, esta expansão foi motivada principalmente pela expansão do café, da criação de gado, da extração de madeira e da cana de açúcar.

Observa-se que, considerando todos os poços estudados, em média o início das perfurações se deu no começo da década de 60.

A idade média dos poços é de 32 anos, sendo que 127 poços (38%) estão entre 30 e 40 anos de idade.

Os poços mais antigos de cada divisão são apresentados na figura 6-6.

Figura 6-6. Poços mais antigos de cada divisão

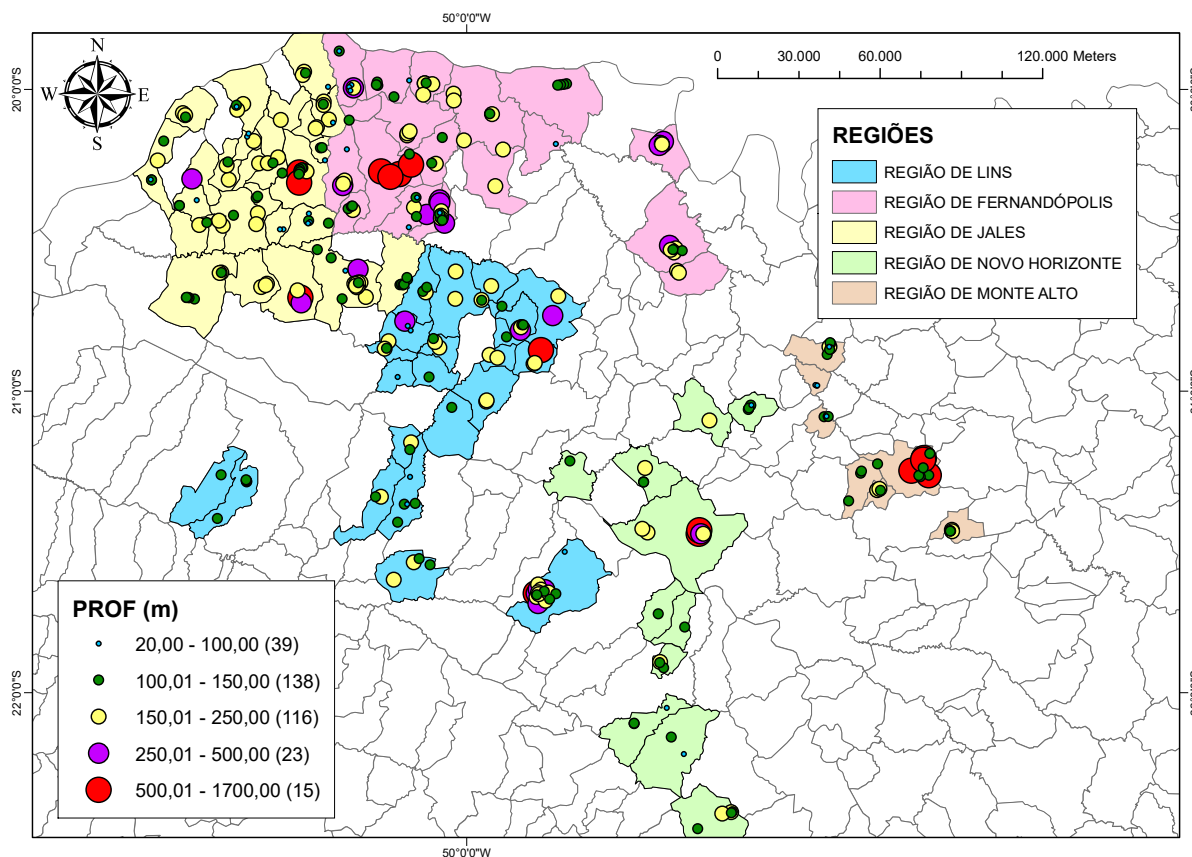


De acordo com os dados levantados, entre os poços analisados, o poço mais antigo foi perfurado em 1931, no município de Cajobi, localizado na região de Monte Alto.

### 6.1.4. Profundidades

Quanto às profundidades dos poços é apresentado o mapa da figura 6-7.

Figura 6-7. Mapa com as profundidades dos poços



Observa-se que 138 dos poços (41,7%) possui profundidade entre 100,00m e 150,00m. A média das profundidades entre todos os poços resultou em 196,63m. Porém, como existem valores discrepantes no conjunto analisado, e os valores se aproximam de uma distribuição normal, a mediana é uma medida de tendência central mais representativa do que a média. A mediana dos valores resultou em 150,0m e o desvio padrão em 98,57m. Ou seja, observa-se pelo alto valor do desvio padrão que as profundidades são bastante desuniformes.

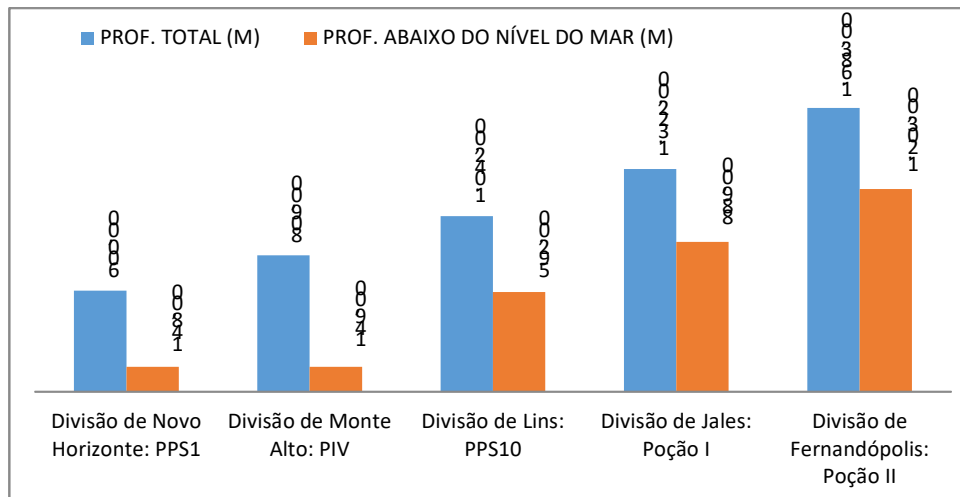
Na tabela 6-4 são apresentados os valores das profundidades por aquífero em cada região.

Tabela 6-4 Profundidades por aquífero em cada região.

REGIÃO	PROFUNDIDADES (M)				
		BAURU	SERRA GERAL	GUARANI	PASSA DOIS
LINS	MEDIA	84,50	170,58	-	929,50
	MEDIANA	78,00	155,50	-	929,50
	DESVIO PADRÃO	35,07	58,86	-	159,10
FERNANDÓPOLIS	MEDIA	122,95	183,17	1.128,00	1.644,50
	MEDIANA	120,00	168,00	1.464,00	1.644,50
	DESVIO PADRÃO	44,57	78,27	703,04	54,45
JALES	MEDIA	116,32	157,99	1.259,00	-
	MEDIANA	125,00	150,00	1.250,00	-
	DESVIO PADRÃO	33,40	48,89	59,02	-
NOVO HORIZONTE	MEDIA	100,72	164,11	248,40	-
	MEDIANA	108,00	150,00	178,00	-
	DESVIO PADRÃO	17,21	53,97	21,44	-
MONTE ALTO	MEDIA	99,14	130,14	492,40	-
	MEDIANA	100,00	123,00	519,00	-
	DESVIO PADRÃO	25,39	32,21	253,32	-

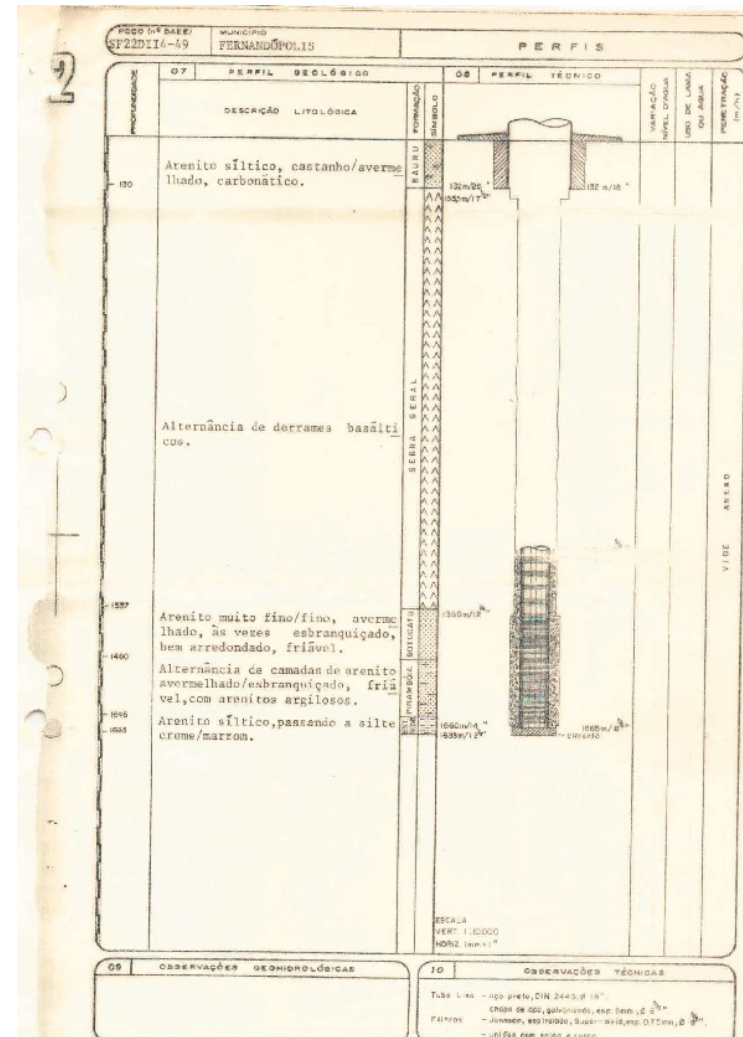
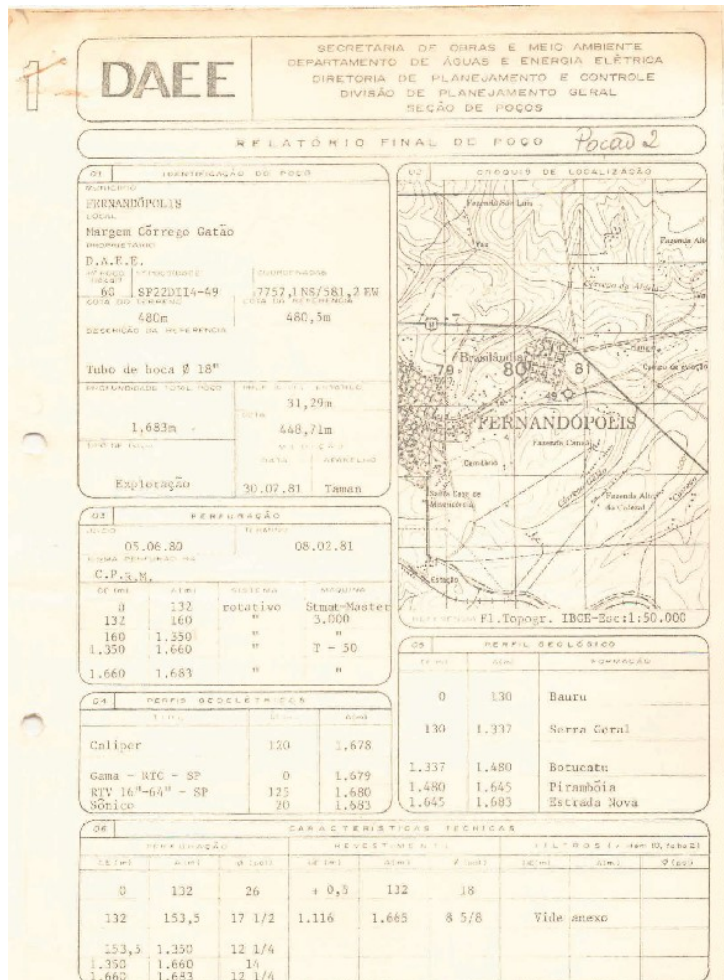
Quanto à comparação entre as profundidades entre as regiões é apresentado o gráfico da figura 6-8.

Figura 6-8. Poços mais profundos por divisão



As regiões de Fernandópolis e Jales apresentam em média os poços mais profundos. Entre todos os poços analisados, o poço II de Fernandópolis destaca-se como o mais profundo. Neste poço o aquífero Serra Geral tem início na profundidade de 130,00m, logo após vem o aquífero Serra Geral que vai até a profundidade 1.337,00m, em seguida vem o aquífero Guaraní (Botucatu e Pirambóia) até a profundidade de 1.645,00m, e finalizando no aquífero Passa Dois até 1.683,00m. Na figura 6-9 é apresentado o relatório final do poço II de Fernandópolis.

Figura 6-9. Relatório Final do poço II de Fernandópolis



Fonte: SABESP – material cedido

Figura 6-9. Relatório Final do poço II de Fernandópolis (continuação)

POÇO Nº DAEI SF22B114-49		MUNICÍPIO FERNANDÓPOLIS		TESTES DE BOMBAMENTO	
11) TESTES EXPERIMENTAIS DURANTE A PERFURAÇÃO					
DATA	29.07.81				
PROFUNDIDADE DO POÇO (m)	1,683				
SISTEMA DE BOMBAMENTO	bomba de eixo prolongado				
TEMPO DE BOMBAMENTO	12 hs				
VAZÃO (m³/h)	410				
REBAIXAMENTO (m)	74,41				
VAZÃO ESPECÍFICA (m³/h/m)	5,51				
AREIA NA ÁGUA (g/m³)	-				
12) TESTE DE FIN					
TIPO DE TESTE	REBAIXAMENTO ESCALONADO		TOTAL DE HORAS DE BOMBAMENTO: 25,40		
DIAS	30.07.81	08:15	31.07.81	09:55	
NÍVEL ESTÁTICO	31,29 (m)				
TESTE TERMINADO COM A VAZÃO MÁXIMA DE	430 (m³/h) PROF. NÍVEL DINÂMICO: 110,87 (m)				
REBAIXAMENTO	79,58 (m) VAZÃO ESPECÍFICA 5,40 (m³/h/m)				
Q (m³/h)	s (m)	Q/s	s/Q	α = 0,02      β = 3,8 x 10 <sup>-4</sup>	
290	42,03	6,90	0,144	INTERPRETAÇÃO Os resultados seguem a equação: $s = \alpha Q + \beta Q^2$	
320	49,41	6,48	0,154		
350	53,72	6,51	0,153		
375	60,82	6,18	0,161		
390	66,44	5,87	0,170		
422	73,97	5,55	0,180		
430	79,58	5,40	0,185		
13) QUALIDADE DA ÁGUA					
ANÁLISE	DATA				
PH(CAMPO)	T °C	C <sub>H2CO3</sub>	R.S.	DUREZA	SiO <sub>2</sub>
HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Na
NO <sub>3</sub>	F	Fe	[leitura em mg/l]		
CONTAMINAÇÃO BACTERIOLÓGICA					
SÓLIDOS (AREIA, TURBIDEZ, COR)					
CLASSIFICAÇÃO: SCHELLER e BERKALOFF:					
14) CONDIÇÕES DE EXPLORAÇÃO					
A VAZÃO MÁXIMA PERMITIDA É DE: 500 (m³/h) EM REGIME DE: 20 (h/dia)					
A QUANTIDADE ANUAL PERMITIDA É DE: 3.600 (1.000 m³)					
REBAIXAMENTO NESTA VAZÃO: 105 (m) N.D. = 136m					
REBAIXAMENTO SAZONAL DE NÍVEL: - (m)					
PROFUNDIDADE RECOMENDADA PARA A INSTALAÇÃO DEFINITIVA DA BOMBA: 152 (m)					
15) OBSERVAÇÕES					

divisão de planejamento de recursos hídricos  
serviço de águas subterrâneas

teste de produção

Município: FERNANDÓPOLIS local: Margem Córrego Gatão

n. poço: SF22B114-49 proprietário: D.A.E.S.

início: 30.07.81 data: 08:15 término: 31.07.81 hora: 09:55 duração (h): 23:40

equipamento de bombeamento: Bomba de eixo prolongado # 16" profundidade (m): 135

estado do poço: em perfuração ( ) concluído (x)

método de medição de vazão: Orifício circular 12" x 9"

resumo do teste

n. orifício (m)	diâmetro (p)	Q (m³/h)	ND (m)	s (m)	período (h)	Q/s (m³/h/m)	s/Q (m³/h)
31,25	20	290	73,32	42,03	1	6,90	1,444
31,25	20	320	80,70	49,41	1	6,48	0,155
31,25	30	350	85,01	53,72	1	6,51	0,153
31,25	30	375	92,11	60,82	1	6,18	0,161
31,25	30	390	97,73	66,44	1	5,87	0,170
31,25	30	422	107,02	73,97	1	5,55	0,180
31,25	C max.	430	110,87	79,58	1	5,40	0,185

gráfico s x Q

interpretação: perda de carga: α = 0,02      β = 3,8 x 10<sup>-4</sup>  
vazão específica: Q<sub>105</sub> = 3,40 m³/h/m      reb. específico: s/Q = 0,185 m³/h

tipo de exploração: teste      sem controle      com controle      multivariável

observações: Os resultados seguem a equação:  
$$s = \alpha Q + \beta Q^2$$

condições de exploração: alternativas	Q (m³/h)	ND (m)	período (h/d)	prof. de bomba (m)	custo de água (€/m³)
	300	74,00	20	90	< 20
	400	100,00	20	120	< 20
	500 *	136,00	20	152	< 20

equipamento recomendado: Bomba de eixo prolongado de 320 HP

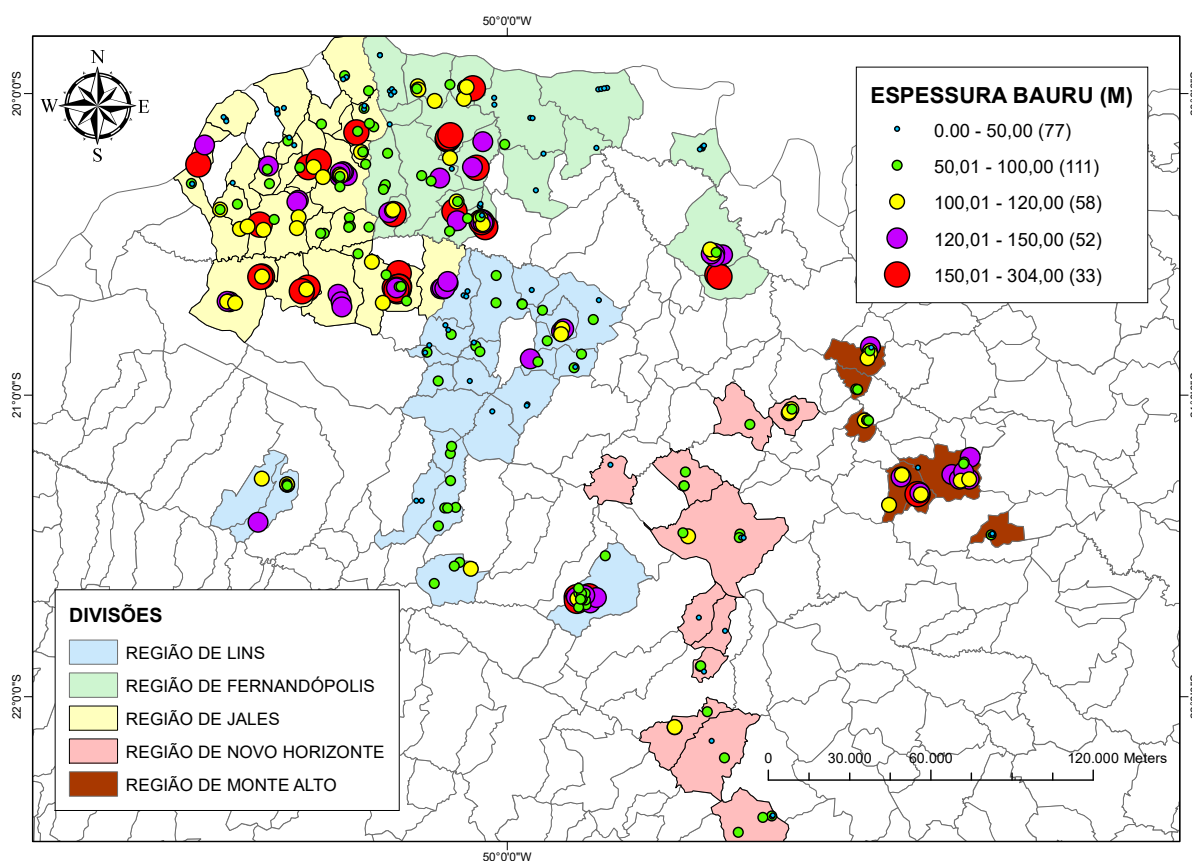
procedido: ANTONIO FERRER/ELCIO LINHARES SILVEIRA      interpretação: ANTONIO FERRER/ELCIO LINHARES SILVEIRA

Fonte: SABESP – material cedido

### 6.1.5. Espessuras dos aquíferos

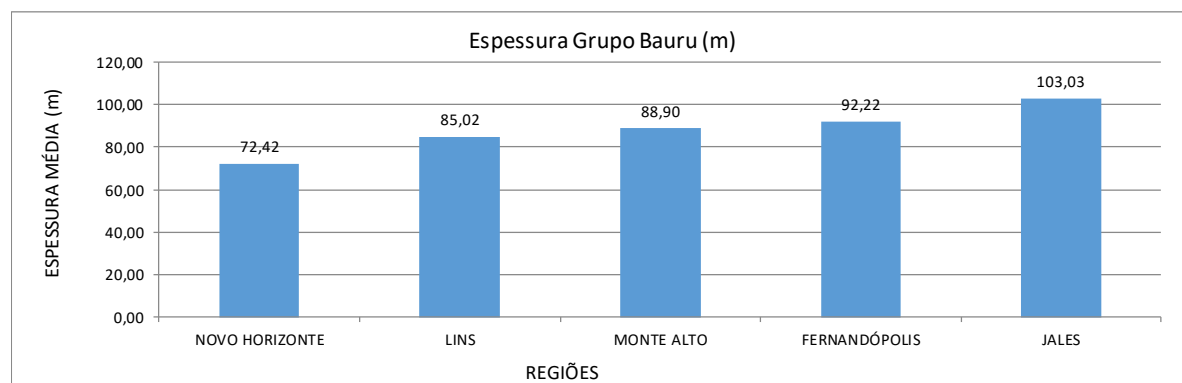
O mapa da figura 6-10 apresenta a distribuição das espessuras do aquífero Bauru.

Figura 6-10. Espessuras - aquífero Bauru



O gráfico da figura 6-11 apresenta as espessuras médias do aquífero Bauru em cada região.

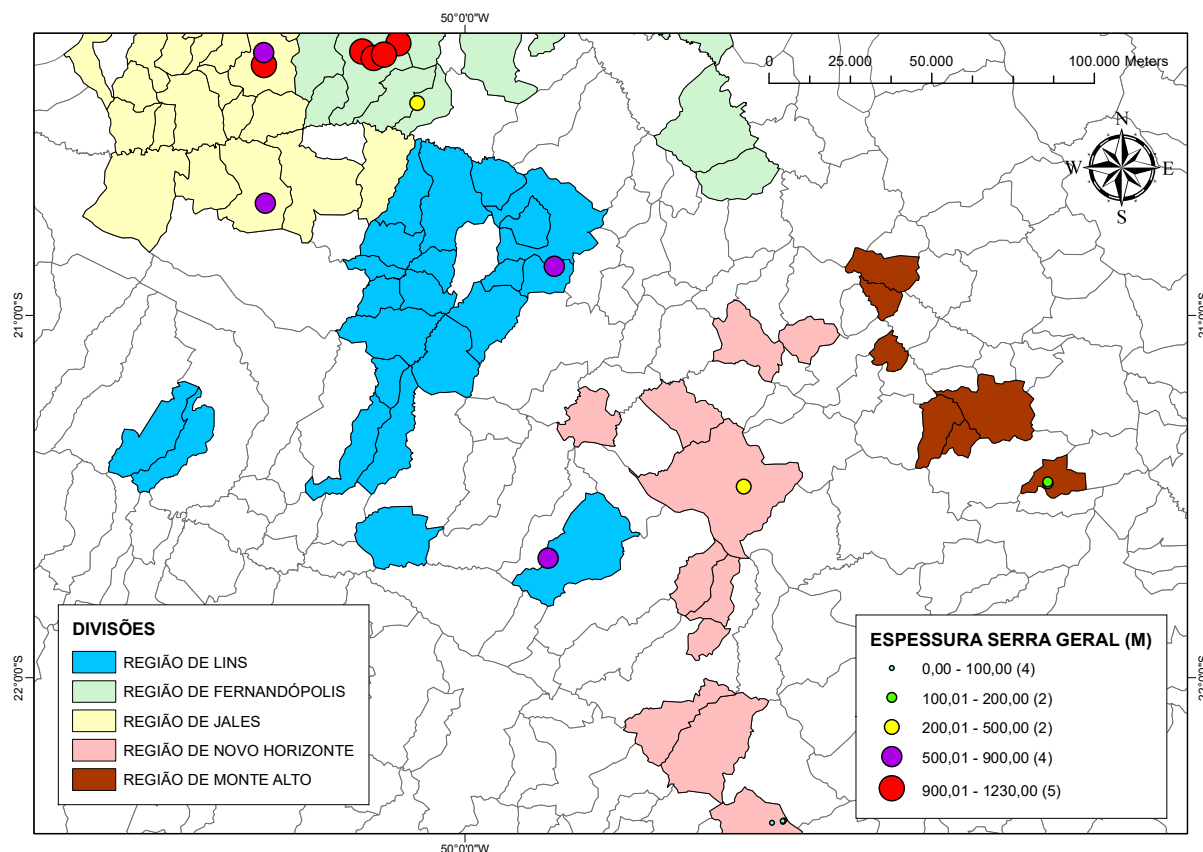
Figura 6-11. Espessuras médias dos aquíferos Bauru por divisão.



A média resultou em 91,07m. A mediana em 93,00m. O desvio padrão em 38,07m. Observa-se que a espessura do grupo Bauru aumenta no sentido do interior, com maior espessura na região de Jales.

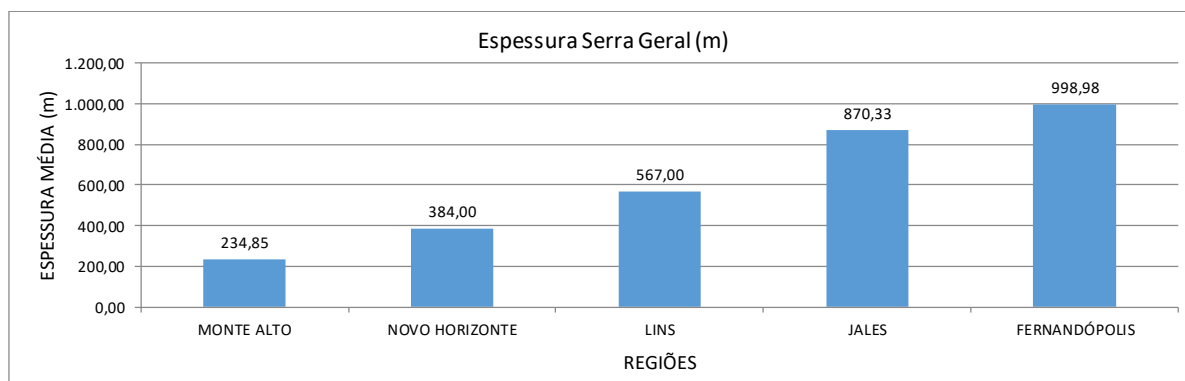
O mapa da figura 6-12 apresenta a distribuição das espessuras do aquífero Serra Geral

Figura 6-12. Espessuras – aquífero Serra Geral



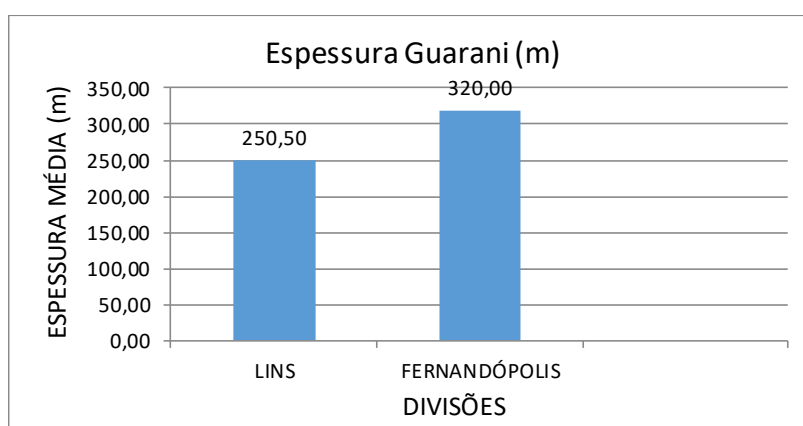
O gráfico da figura 6-13 apresenta as espessuras médias do aquífero Serra Geral em cada região.

Figura 6-13. Espessuras médias dos aquíferos Serra Geral por divisão.



Foram analisados apenas os 17 poços que atravessam o aquífero Serra Geral. A média resultou em 575,00 m. A mediana em 511,00m. O desvio padrão em 405,36. Ou seja, os valores são muito heterogêneos entre as regiões estudadas. A maior espessura do aquífero Serra Geral foi observada nas regiões de Fernandópolis e Jales. Observa-se que a espessura aumenta no sentido do interior, também em concordância com o corte do mapa com os principais aquíferos do estado de São Paulo do capítulo 4.4. O gráfico da figura 6-14 apresenta as espessuras médias do aquífero Guarani por região.

Figura 6-14. Espessuras médias dos aquíferos Guarani



Foram analisados apenas os 4 poços que atravessam o aquífero Guarani. Dois em Lins e dois em Fernandópolis, sendo as espessuras médias, respectivamente, 250,50m e 320,00m. A média geral resultou em 285,25 m. A mediana em 320,00m. E o desvio padrão em 83,13. Observa-se que a espessura cresce no sentido do interior, em concordância com o corte do mapa com os principais aquíferos do estado de São Paulo no capítulo 4.4. Nenhum dos poços analisados atravessa o aquífero Passa Dois, portanto não foi possível estimar sua espessura.

A tabela 6-5 apresenta um resumo das espessuras médias encontradas para os aquíferos.

Tabela 6-5. Resumo das espessura dos aquíferos

AQUÍFERO	ESPESSURAS (M)				
	LINS	FERNANDÓPOLIS	JALES	NOVO HORIZONTE	MONTE ALTO
BAURU	85,02	92,22	103,03	72,42	88,90
SERRA GERAL	567	998,98	870,33	384,00	234,85
GUARANI	-	113,50		81,00	123,00

### 6.1.6. Níveis estáticos e níveis dinâmicos

Nesta seção foi feita a análise dos aquíferos considerando as cinco regiões (Lins, Fernandópolis, Jales, Novo horizonte e Monte Alto).

As figuras 6-15 e 6-16 apresentam os histogramas para os níveis estáticos e dinâmicos do aquífero Bauru, são mostrados também os valores da média, mediana e desvio padrão.

Figura 6-15 Histograma de profundidades do NE – Aquífero Bauru

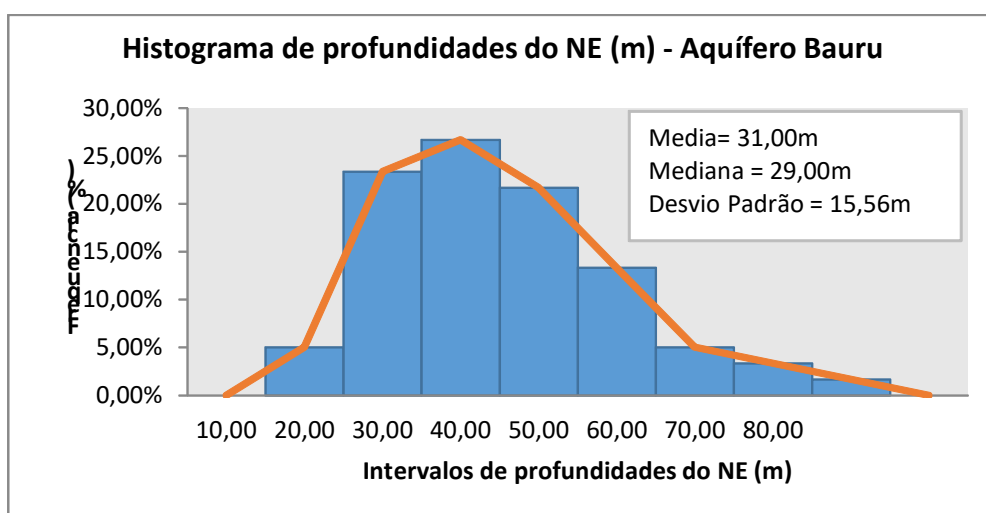
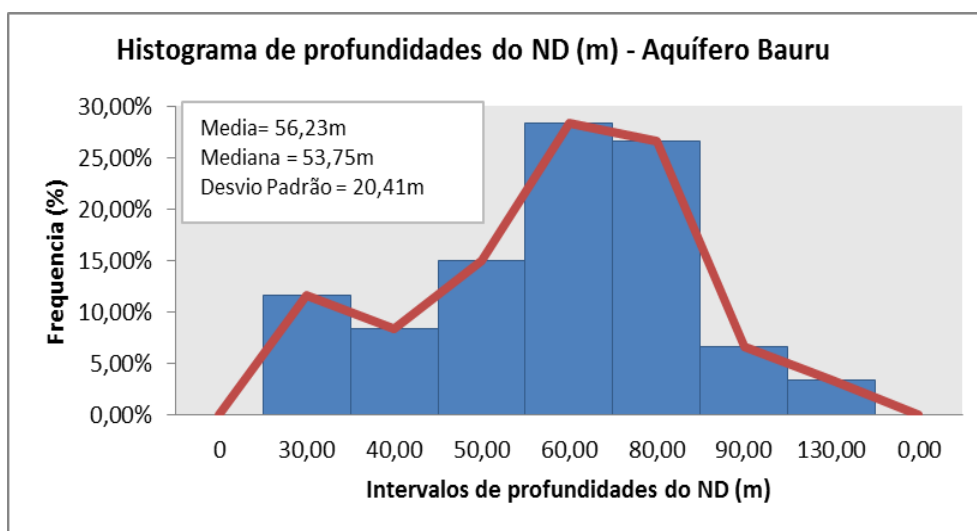


Figura 6-16 Histograma de profundidades do ND (m) – Aquífero Bauru



Para o aquífero Bauru foram analisados 60 poços. O rebaixamento médio do aquífero Bauru resultou em 25,23m.

As figuras 6-17 e 6-18 apresentam os histogramas para os níveis estáticos e dinâmicos do aquífero Serra Geral, são mostrados também os valores da média, mediana e desvio padrão.

Figura 6-17 Histograma de profundidades do NE – Aquífero Serra Geral

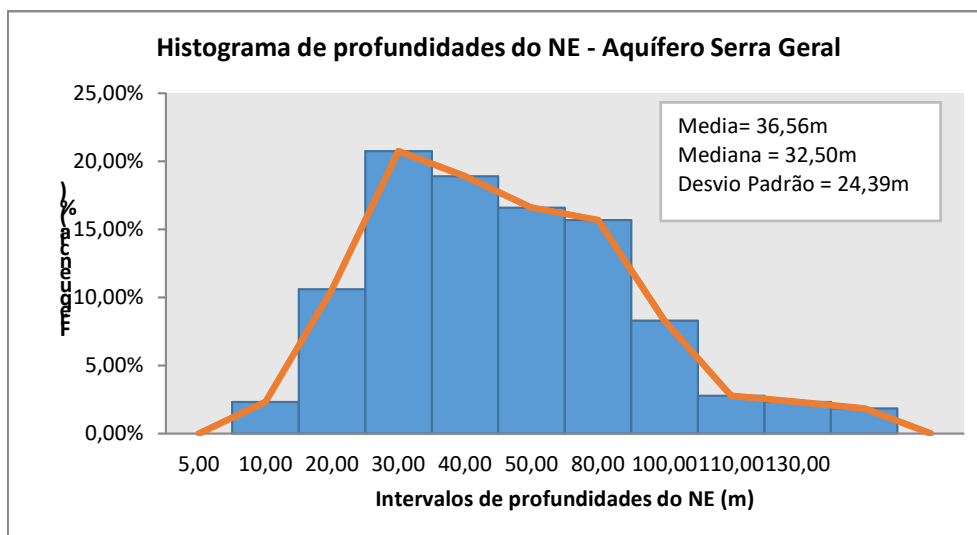
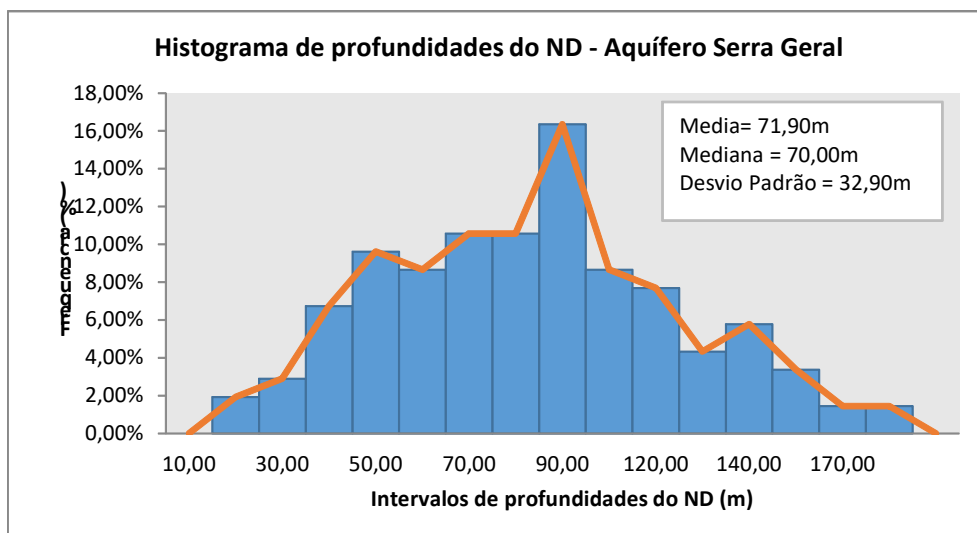


Figura 6-18 Histograma de profundidades do ND – Aquífero Serra Geral



Para o aquífero Serra Geral foram analisados 249 poços. O rebaixamento médio do aquífero Serra Geral resultou em 45,34m.

As figuras 6-19 e 6-20 apresentam os histogramas para os níveis estáticos e dinâmicos do aquífero Guarani, são mostrados também os valores da média, mediana e desvio padrão.

Figura 6-19 Histograma de profundidades do NE – Aquífero Guarani

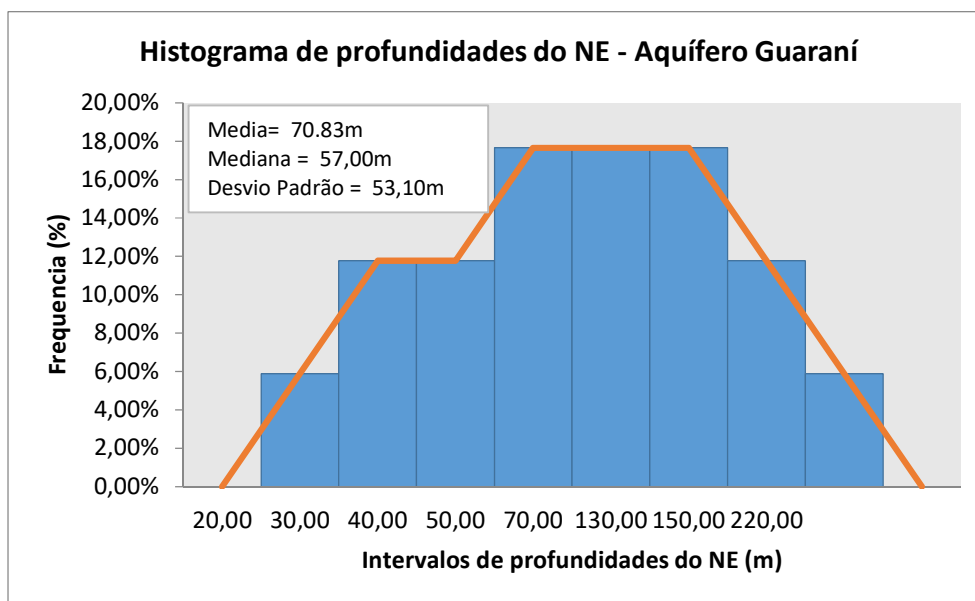
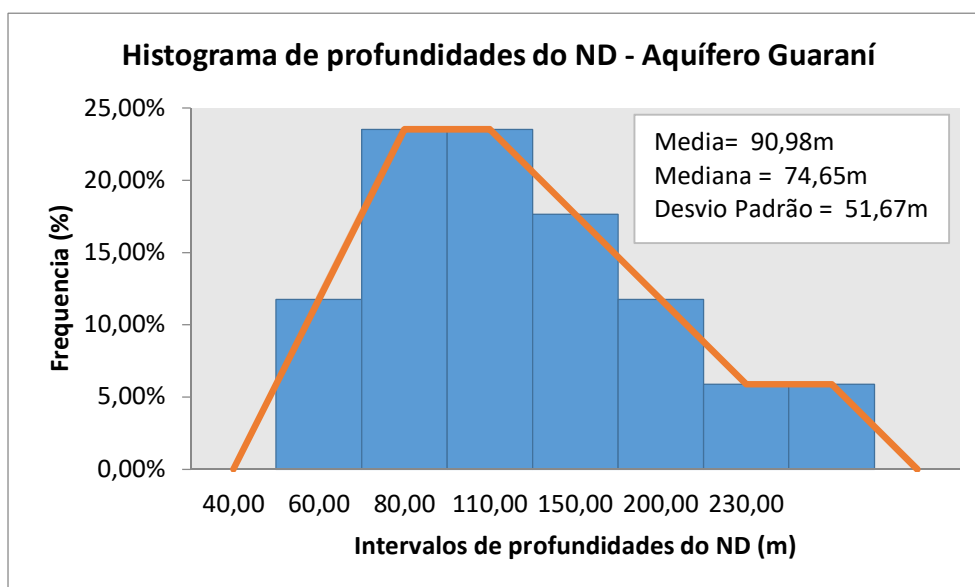


Figura 6-20 Histograma de profundidades do ND – Aquífero Guarani



Para o aquífero Guarani foram analisados 16 poços. O rebaixamento médio do aquífero Guarani resultou em 30,15m.

As figuras 6-21 e 6-22 apresentam os histogramas para os níveis estáticos e dinâmicos do aquífero Passa Dois, são mostrados também os valores da média, mediana e desvio padrão.

Figura 6-21 Histograma de profundidades do NE – Aquífero Passa Dois

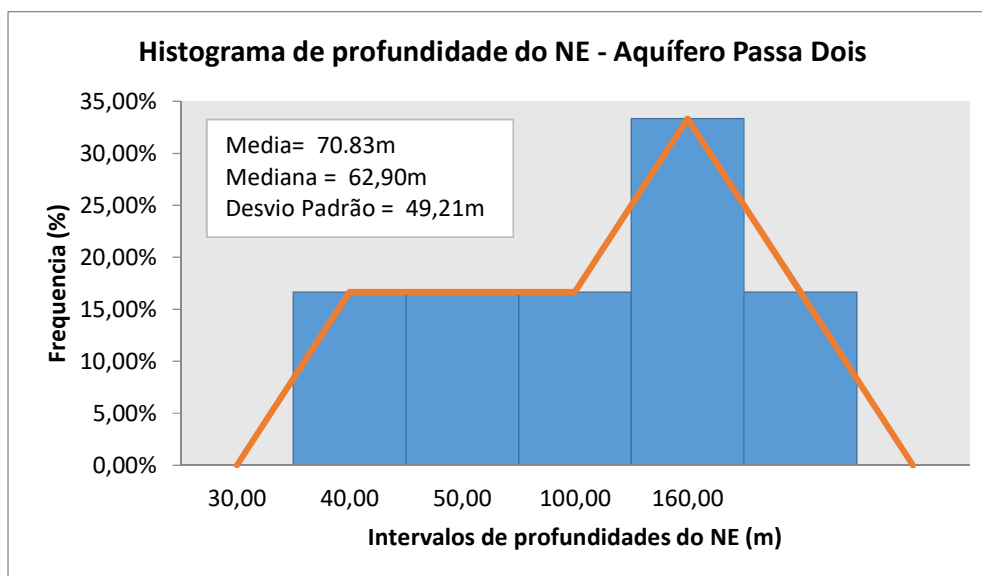
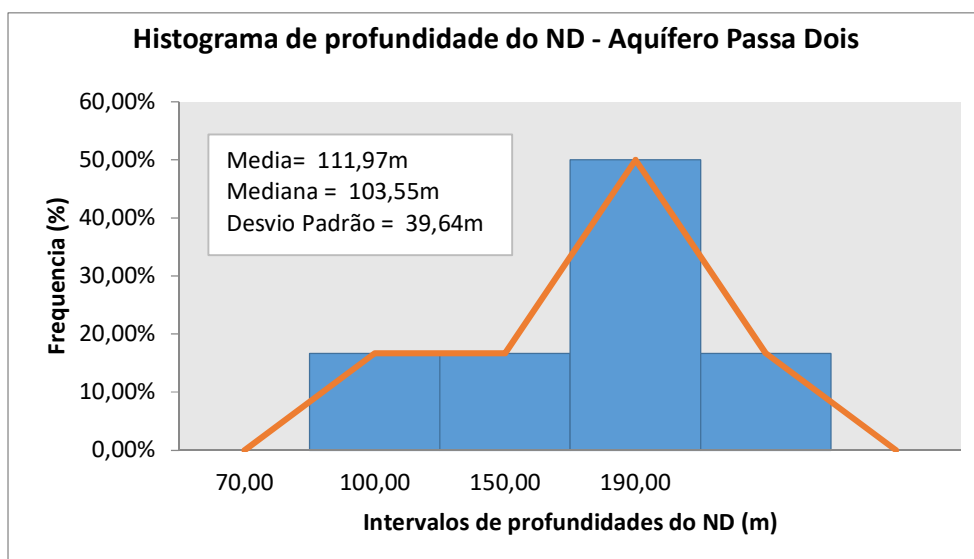


Figura 6-22 Histograma de profundidades do ND – Aquífero Passa Dois



Para o aquífero Passa Dois foram analisados 6 poços. O rebaixamento médio do aquífero Passa Dois resultou em 51,14m

A tabela 6-6 apresenta os valores para avaliação do níveis estáticos e dinâmicos por aquífero.

Tabela 6-6 Níveis estáticos e níveis dinâmicos por aquífero

NÍVEIS ESTÁTICOS E NÍVEIS DINÂMICOS POR AQUÍFERO						
REGIÕES			BAURU	SERRA GERAL	GUARANI	PASSA DOIS
LINS	NE	MEDIA	19,92	44,40	-	33,10
		MEDIANA	19,75	45,00	-	33,10
		DESVIO PADRÃO	11,06	25,75	-	14,00
	ND	MEDIA	51,95	82,79	-	84,10
		MEDIANA	42,80	83,00	-	84,10
		DESVIO PADRÃO	25,83	27,57	-	24,04
FERNANDÓPOLIS	NE	MEDIA	31,11	29,26	46,87	57,40
		MEDIANA	27,00	25,00	44,00	57,40
		DESVIO PADRÃO	18,32	20,13	16,88	35,92
	ND	MEDIA	57,84	64,33	84,40	101,80
		MEDIANA	55,00	56,15	78,30	101,80
		DESVIO PADRÃO	21,16	33,37	19,29	5,94
JALES	NE	MEDIA	33,27	32,84	30,97	-
		MEDIANA	29,40	28,50	35,30	-
		DESVIO PADRÃO	16,43	23,12	17,60	-
	ND	MEDIA	58,07	69,03	52,93	-
		MEDIANA	53,50	61,50	56,00	-
		DESVIO PADRÃO	22,36	35,72	9,96	-
NOVO HORIZONTE	NE	MEDIA	32,44	39,39	55,20	-
		MEDIANA	32,00	28,00	49,00	-
		DESVIO PADRÃO	5,70	25,87	33,68	-
	ND	MEDIA	51,89	58,74	66,97	-
		MEDIANA	52,00	52,00	58,10	-
		DESVIO PADRÃO	15,56	26,26	34,92	-
MONTE ALTO	NE	MEDIA	32,71	42,10	82,18	130,00
		MEDIANA	32,50	35,50	72,95	122,00
		DESVIO PADRÃO	11,25	23,88	58,65	46,67
	ND	MEDIA	51,71	71,13	101,13	151,25
		MEDIANA	53,00	65,28	98,20	150,00
		DESVIO PADRÃO	16,04	30,52	60,41	50,91

### 6.1.7. Vazões específicas

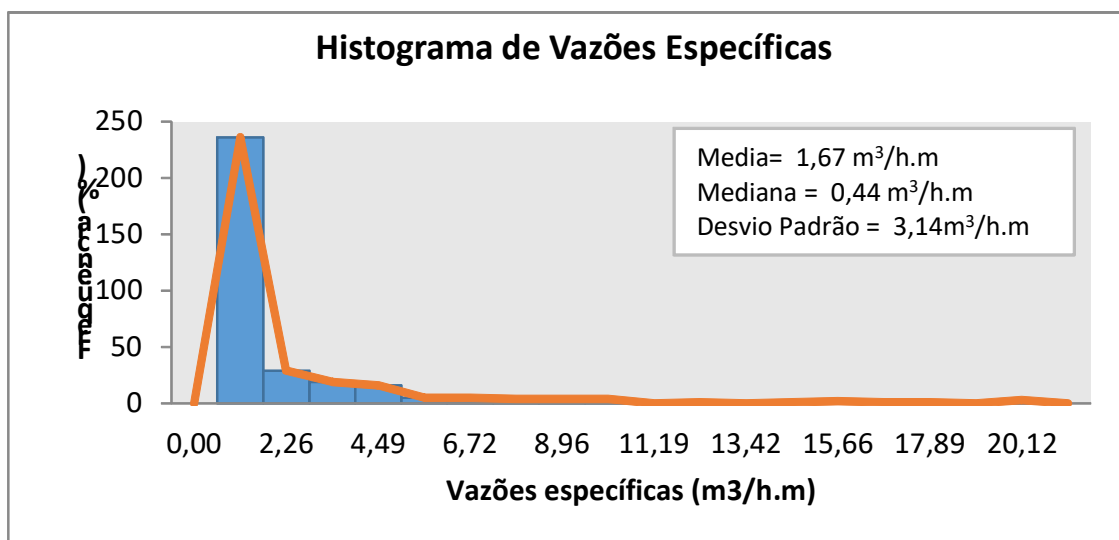
Os valores das vazões específicas indicam a maior ou menor potencialidade dos aquíferos como produtores de água.

Representam numericamente a vazões extraída para cada unidade de rebaixamento do nível de água. Ou seja, corresponde a razão entre a vazão ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) e o rebaixamento (m), sendo expressa em  $\text{m}^3/\text{h.m}$ . Quanto maior o seu valor, mais produtivo é o aquífero.

Neves (2005) diz que o valor de vazão específica reflete a transmissividade do aquífero, assim quanto maior a transmissividade do aquífero, menor será o rebaixamento do nível provocado pelo bombeamento.

O gráfico da figura 6-23 apresenta o histograma das vazões específicas considerando todos os 331 poços analisados neste trabalho.

Figura 6-23. Histograma com as vazões específicas médias por divisão



A média geral, considerando todos os aquíferos resultou em  $1,67 \text{ m}^3/\text{h.m}$ . A mediana em  $0,44 \text{ m}^3/\text{h.m}$ . E o desvio padrão em  $3,14 \text{ m}^3/\text{h.m}$ . O desvio padrão é bastante alto devido a existência de valores muito discrepantes.

A seguir são apresentadas as figuras 6-24, 6-25, 6-26 e 6-27, com os mapas das vazões específicas por aquífero, sendo respectivamente: Bauru, Serra Geral, Guarani e Passa Dois.

Figura 6-24. Mapa com as vazões específicas do aquífero Bauru

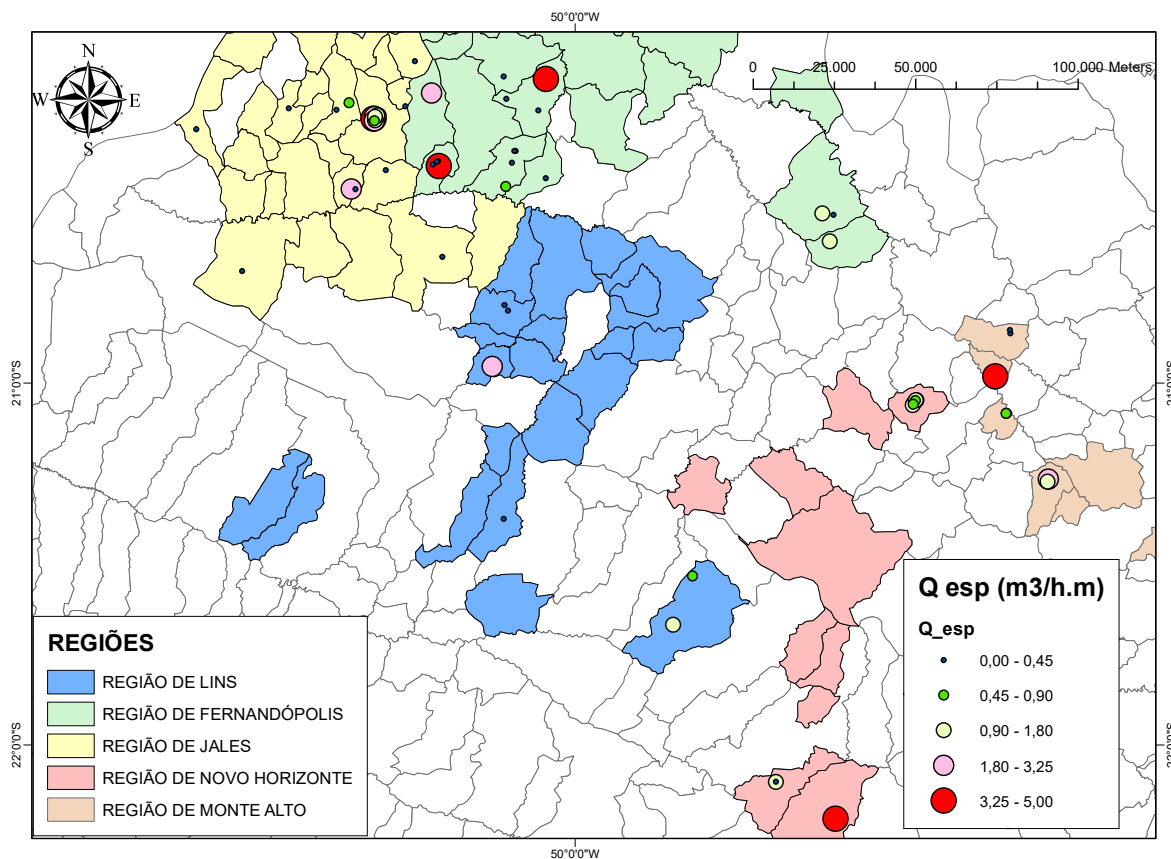


Figura 6-25 Mapa com as vazões específicas do aquífero Serra Geral

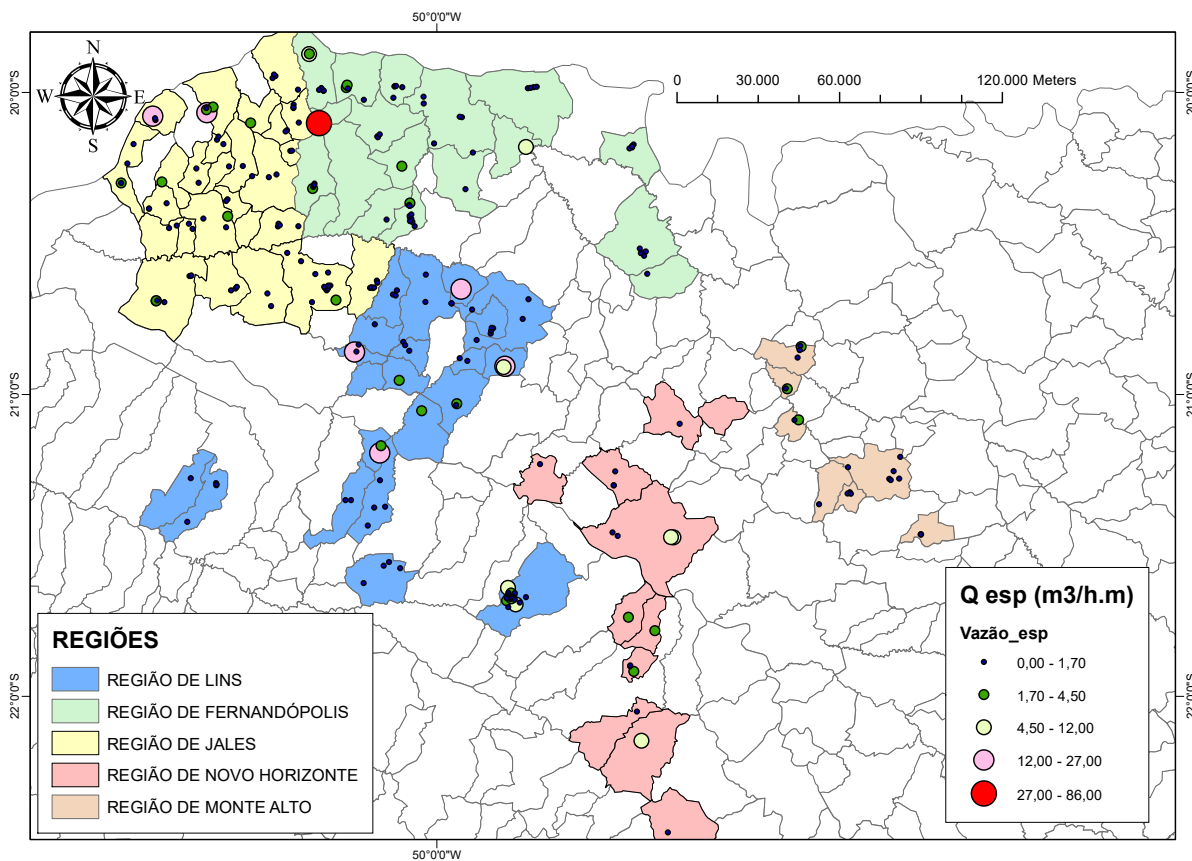


Figura 6-26 Mapa com as vazões específicas do aquífero Guarani

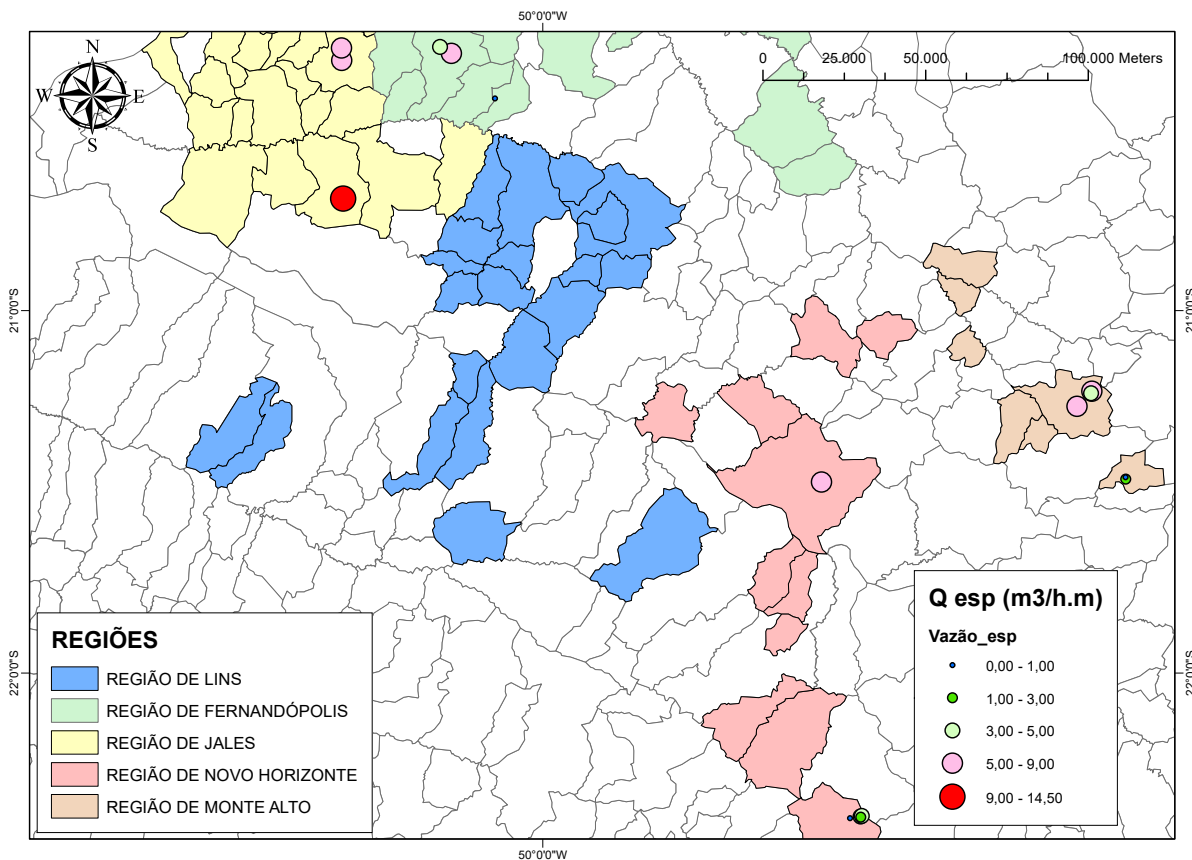
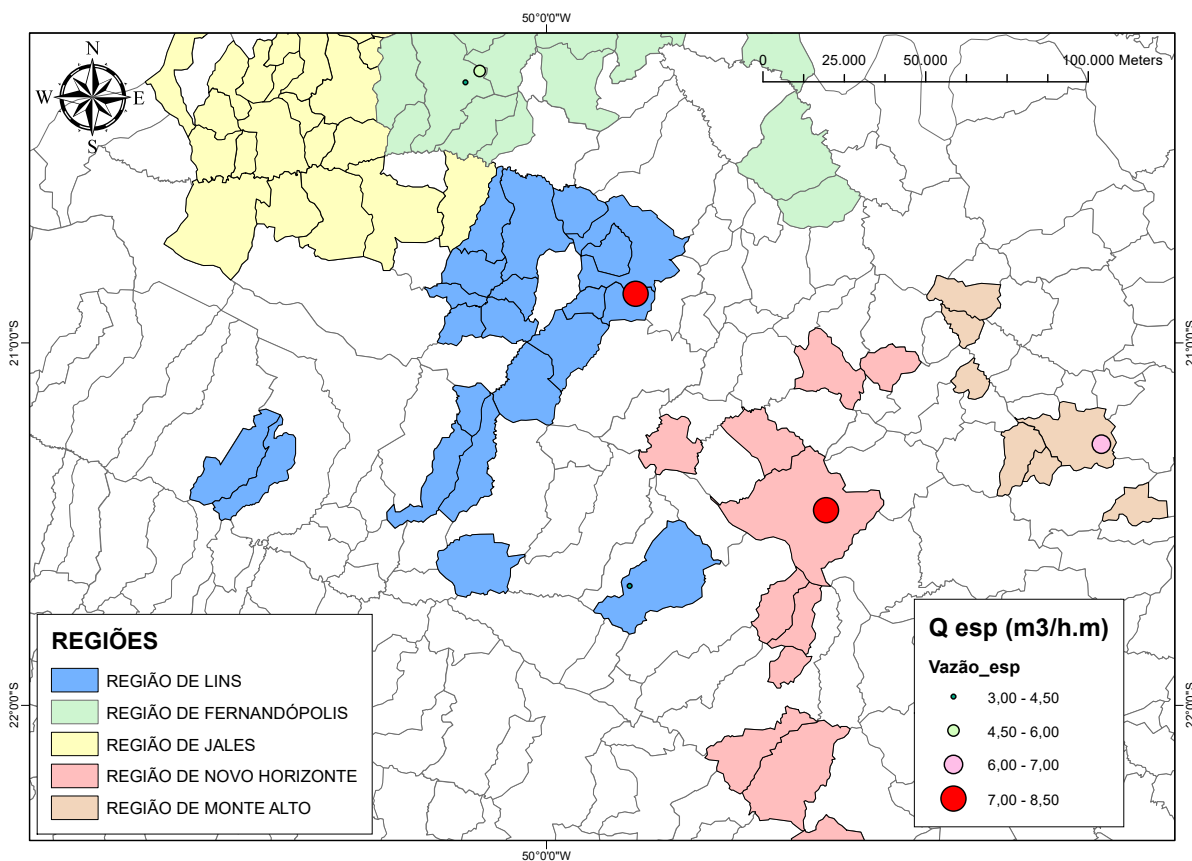
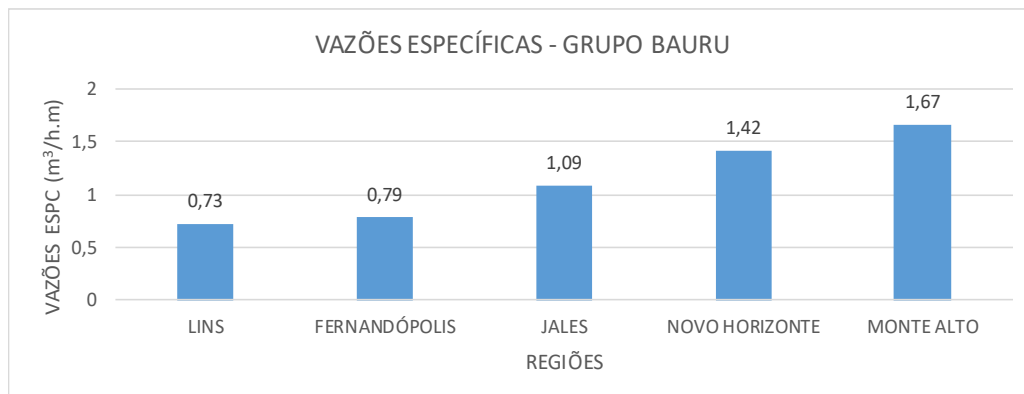


Figura 6-27 Mapa com as vazões específicas do aquífero Passa Dois



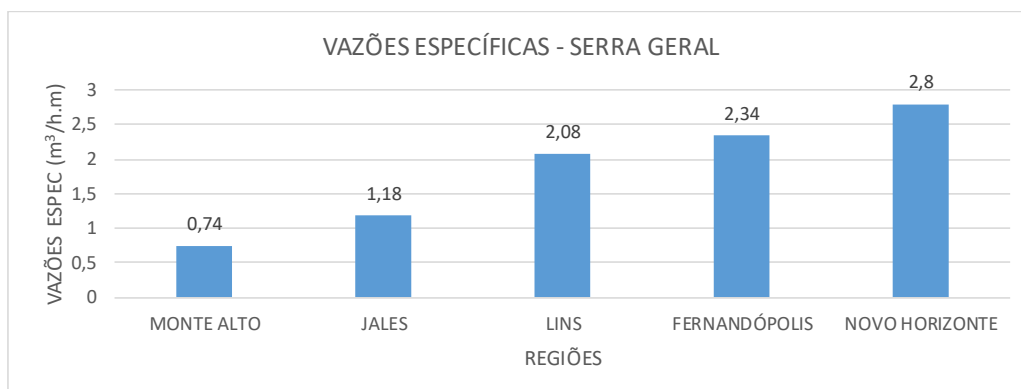
O gráfico da figura 6-28 apresenta as vazões específicas médias do aquífero Bauru em cada região.

Figura 6-28. Vazões específicas médias do aquífero Bauru em cada divisão



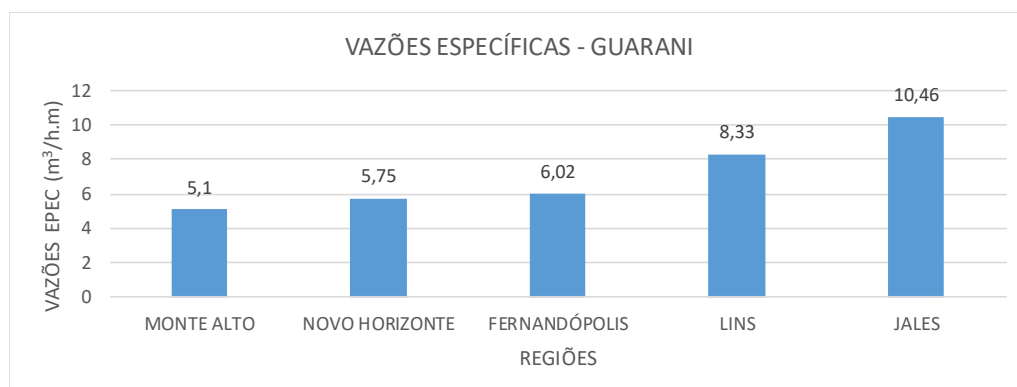
O gráfico da figura 6-29 apresenta as vazões específicas médias do aquífero Serra Geral em cada região.

Figura 6-29. Vazões específicas médias do aquífero Serra Geral em cada divisão



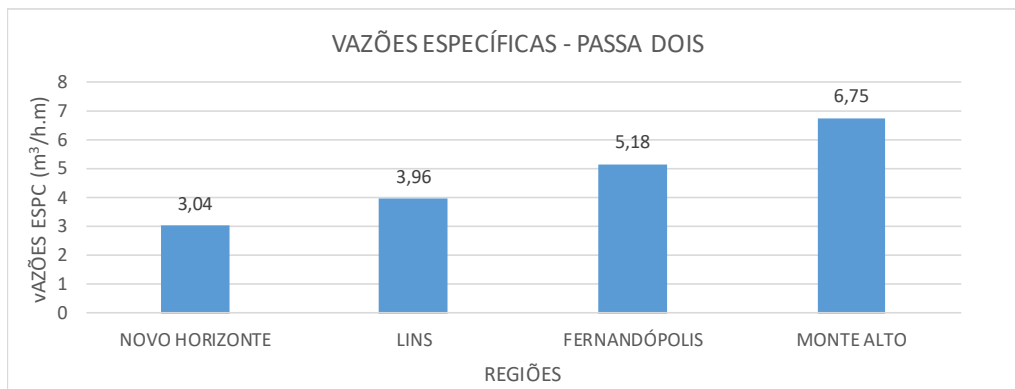
O gráfico da figura 6-30 apresenta as vazões específicas médias do aquífero Guarani em cada região.

Figura 6-30. Vazões específicas médias do aquífero Guarani em cada divisão



O gráfico da figura 6-31 apresenta as vazões específicas médias do aquífero Passa Dois em cada região.

Figura 6-31. Vazões específicas médias do aquífero Guarani em cada divisão



A tabela 6-7 apresenta a comparação das vazões específicas entre os aquíferos.

Tabela 6-7. Comparação das vazões específicas entre os aquíferos

VAZÕES ESPECÍFICAS (m <sup>3</sup> /h.m)			
AQUÍFERO	MEDIA	MEDIANA	DESVIO PADRÃO
BAURU	1,14	1,09	0,40
SERRA GERAL	1,83	2,08	0,85
GUARANI	7,13	6,02	2,22
PASSA DOIS	4,73	4,57	1,61

Observa-se que o aquífero com maior vazão específica é o Guarani, sendo que na região de Jales apresenta valor superior às outras regiões. Observa-se que a vazão específica aumenta com a profundidade do aquífero.

### 6.1.8. Transmissividades

A transmissividade é um parâmetro que representa a capacidade de transmissão de água, através da espessura saturada de um aquífero. Corresponde numericamente ao produto da condutividade hidráulica pela espessura do aquífero. A tabela 6-8 apresenta a ordem de grandeza dos valores de transmissividades.

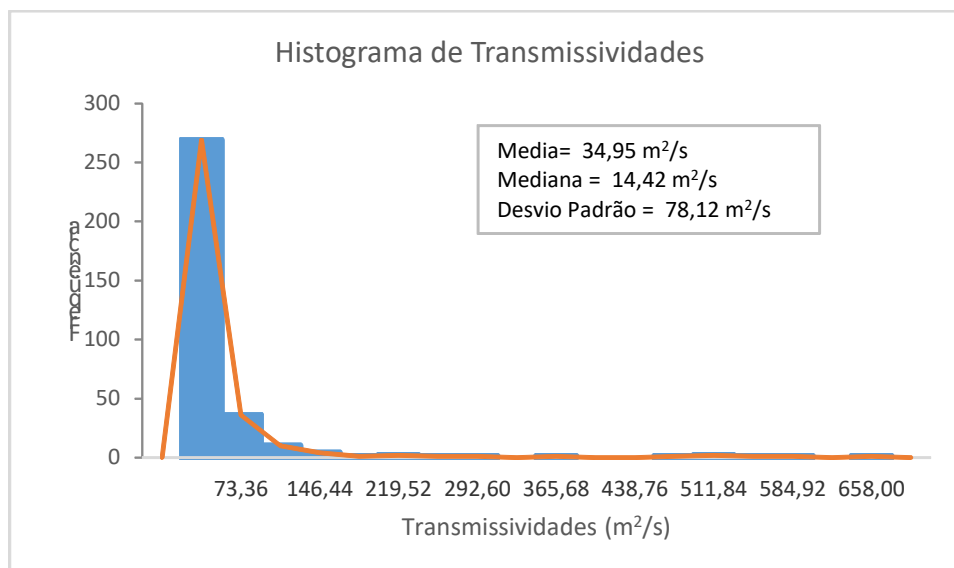
Tabela 6-8 Ordem de grandeza dos valores das transmissividades

Classificação	T (m <sup>2</sup> /s)
Muito baixa	<10
Baixa	10<T<100
Média a Alta	100<T<500
Alta	500<T<1000
Muito Alta	>1000

Fonte: <http://progestao.ana.gov.br/portal/progestao/destaque-superior/eventos/oficinas-de-intercambio-1>

O gráfico da figura 6-32 apresenta o histograma das transmissividades considerando todos os 331 poços analisados neste trabalho.

. Figura 6-32. Histograma com as vazões específicas médias por divisão



A média geral, considerando todos os aquíferos resultou em 34,95 m<sup>2</sup>/s. A mediana em 14,42 m<sup>2</sup>/s. E o desvio padrão em 78,12 m<sup>2</sup>/s. O desvio padrão é bastante alto devido a existência de valores muito discrepantes. A seguir são apresentadas as figuras 6-33, 6-34, 6-35 e 6-36, com os mapas das transmissividades por aquífero, sendo respectivamente: Bauru, Serra Geral, Guarani e Passa Dois.

Figura 6-33. Mapa com as transmissividades do aquífero Bauru

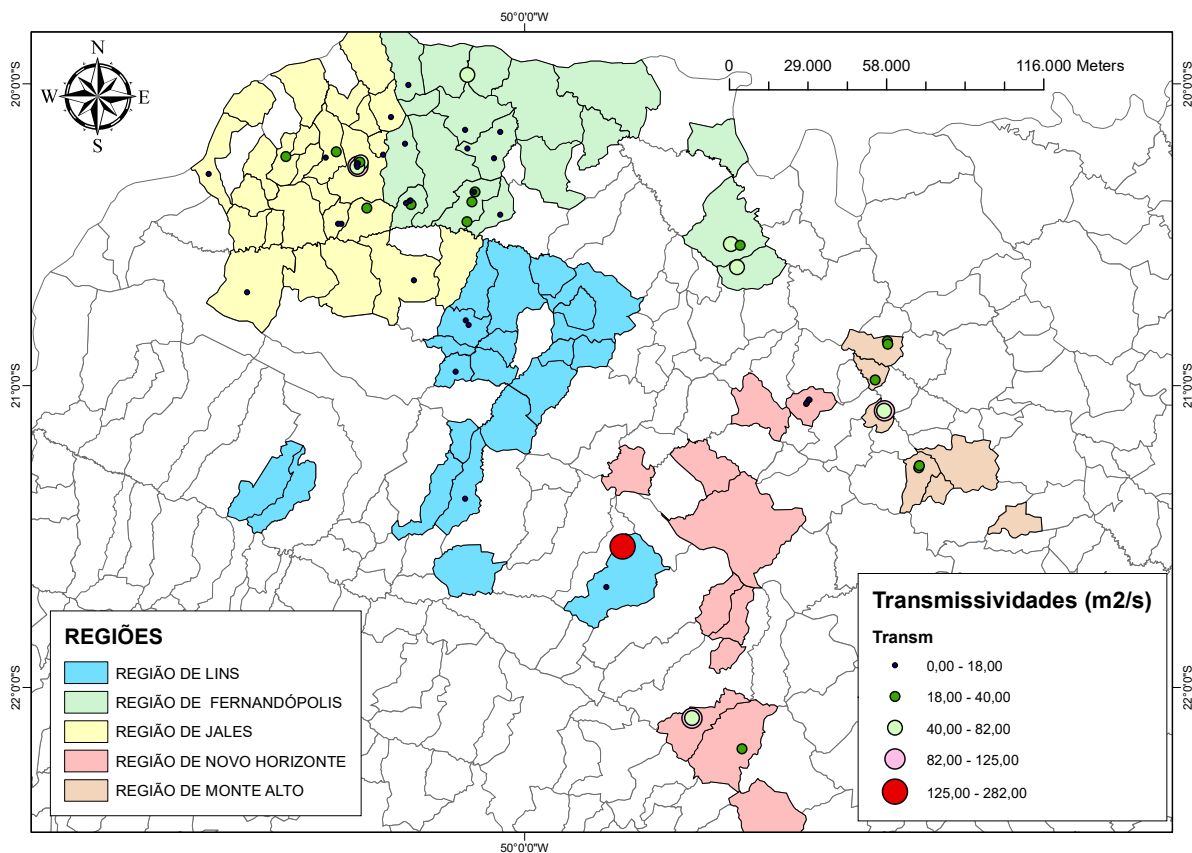


Figura 6-34 Mapa com as transmissividades do aquífero Serra Geral

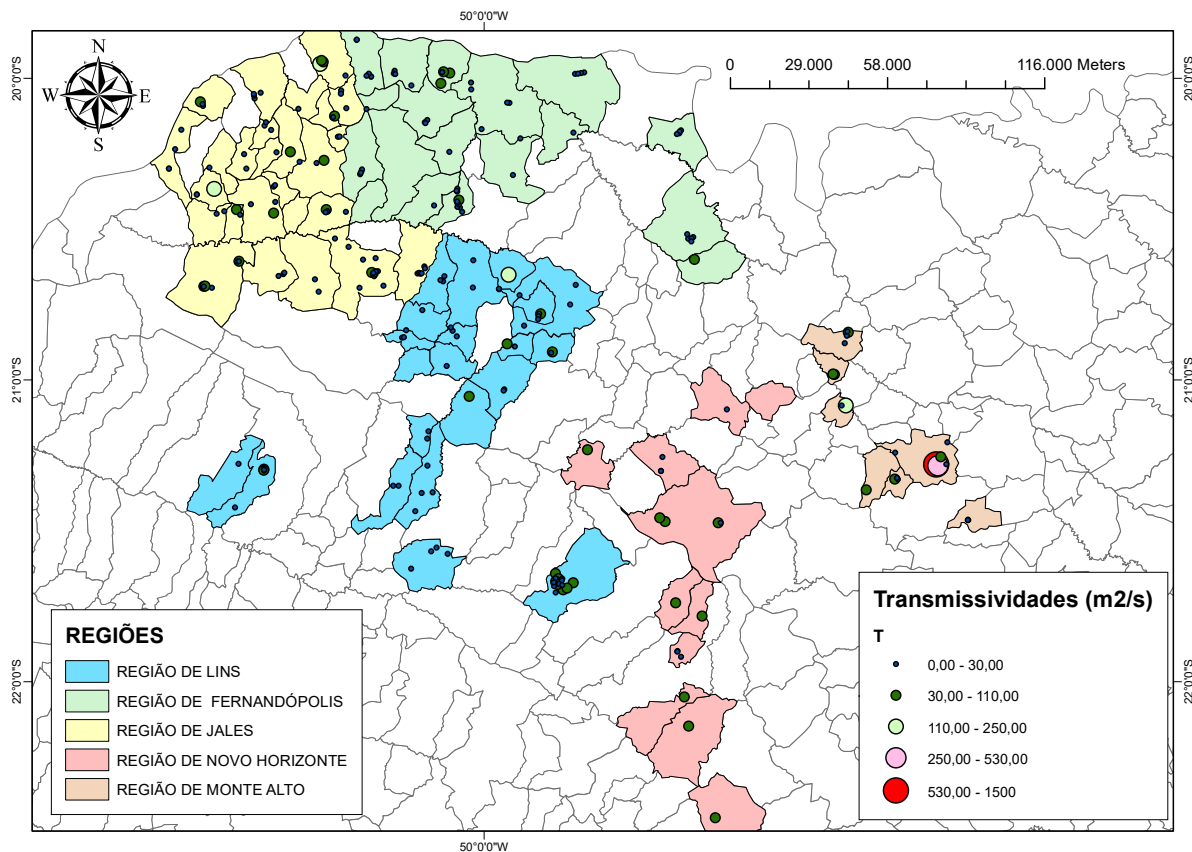


Figura 6-35 Mapa com as transmissividades do aquífero Guarani

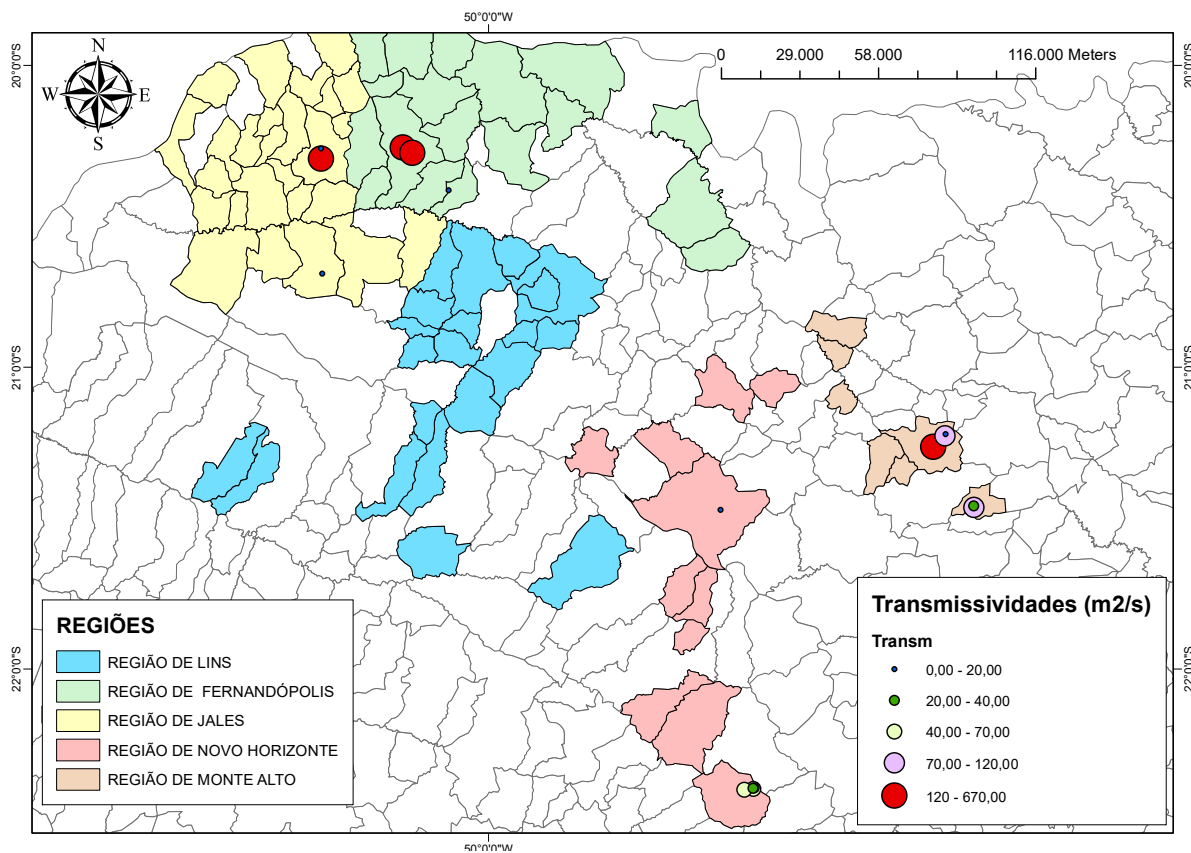
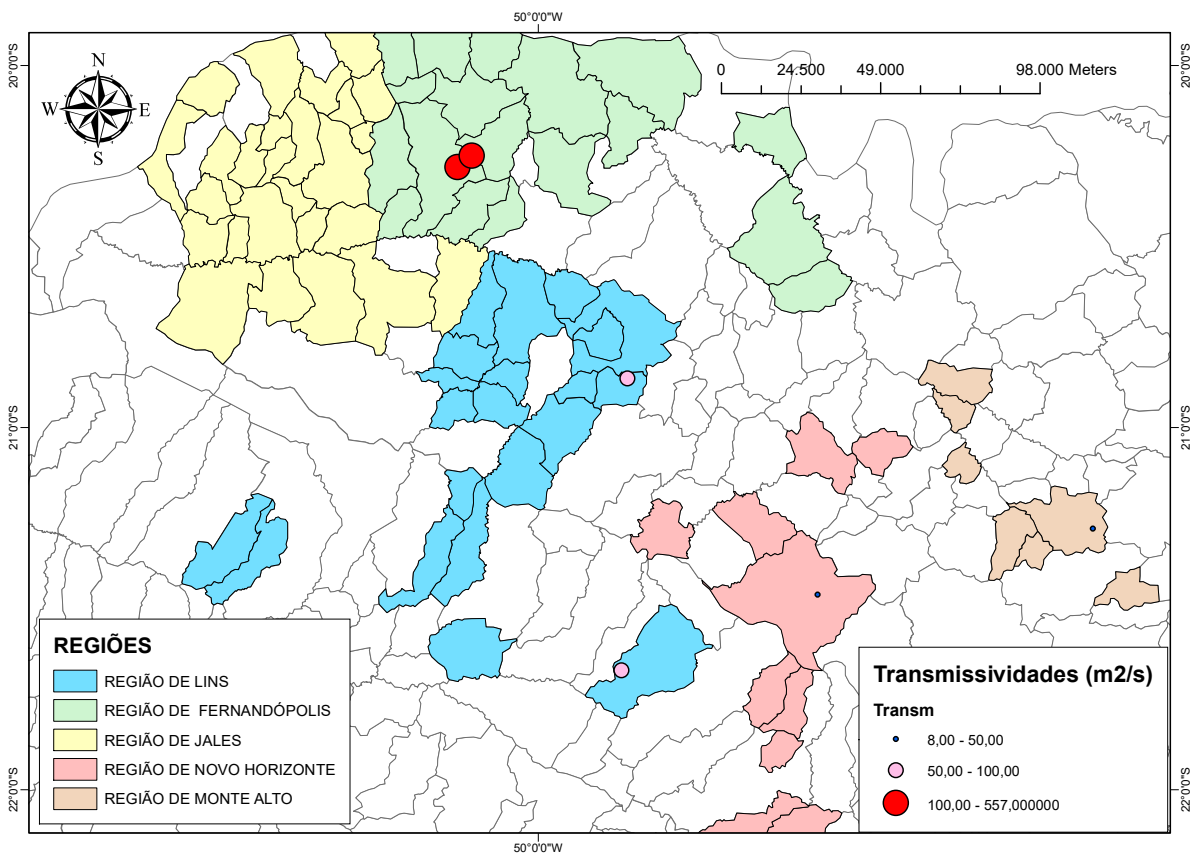
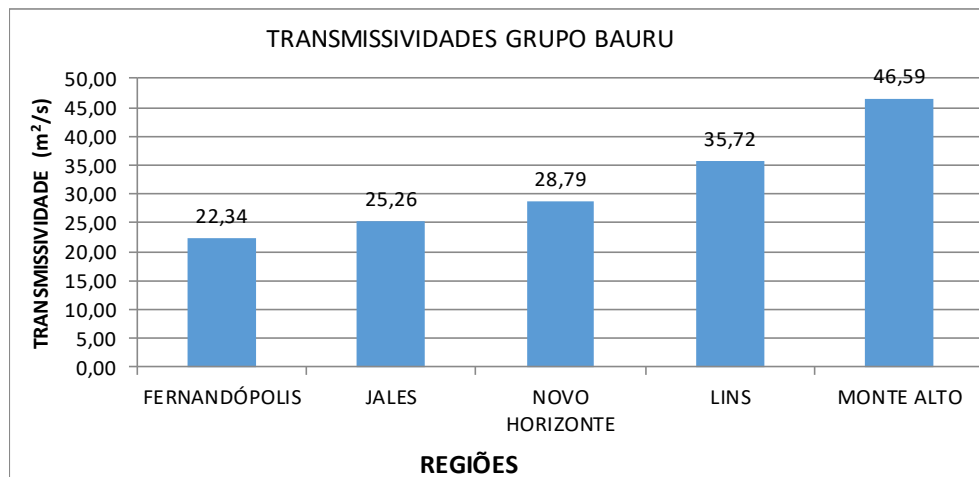


Figura 6-36 Mapa com as transmissividades do aquífero Passa Dois



O gráfico da figura 6-37 apresenta as transmissividades médias do aquífero Bauru para cada divisão.

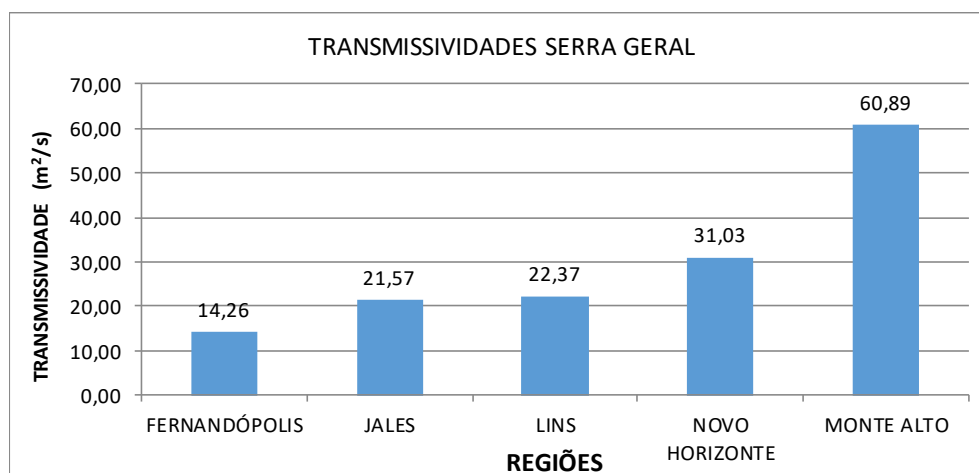
Figura 6-37. Transmissividades médias do grupo Bauru em cada região



A transmissividade média do grupo Bauru resultou em 31,74 m<sup>2</sup>/s.

O gráfico da figura 6-38 apresenta as transmissividades médias do aquífero Serra Geral para cada divisão.

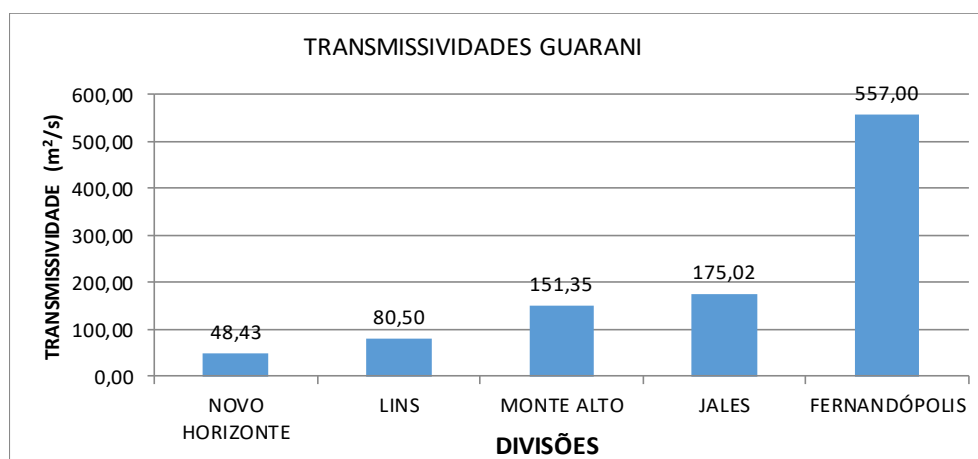
Figura 6-38. Transmissividades médias do grupo Serra Geral em cada divisão



A transmissividade média do aquífero Serra Geral resultou em 30,02 m<sup>2</sup>/s. Observa-se que a transmissividade decresce no sentido do interior. Os valores resultaram semelhantes ao do grupo Bauru.

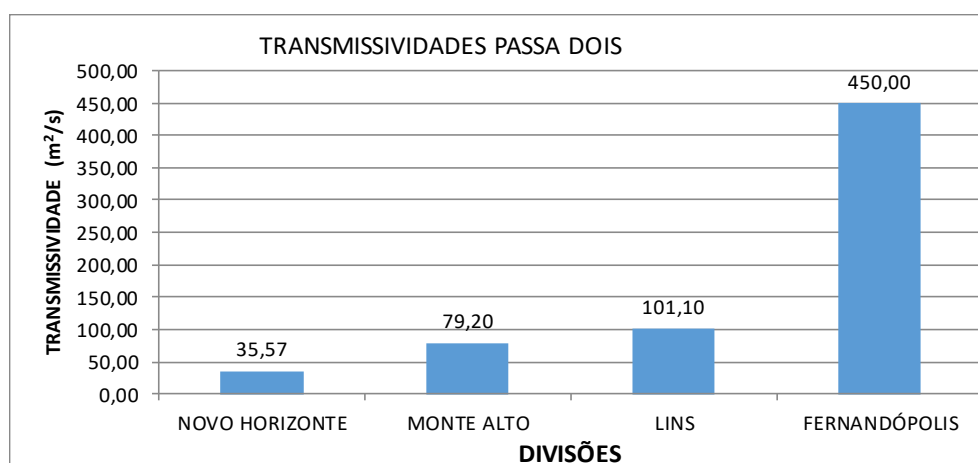
O gráfico da figura 6-39 apresenta as transmissividades médias do aquífero Guarani para cada divisão.

Figura 6-39. Transmissividades médias do aquífero Guarani em cada divisão



O gráfico da figura 6-40 apresenta as transmissividades médias do aquífero Passa Dois para cada divisão.

Figura 6-40. Transmissividades médias do aquífero Passa Dois em cada divisão



A tabela 6-9 apresenta a comparação dos valores das transmissividades entre os aquíferos.

Tabela 6-9. Comparação das transmissividades entre os aquíferos

AQUÍFERO	TRANSMISSIVIDADES (m²/h)		
	MEDIA	MEDIANA	DESVIO PADRÃO
BAURU	31,74	28,79	9,69
SERRA GERAL	30,02	22,37	18,25
GUARANI	202,46	151,35	204,73
PASSA DOIS	166,47	90,15	190,97

As transmissividades dos aquíferos Guarani e Passa Dois resultaram muito maiores que a dos aquíferos Bauru e Serra Geral. A variabilidade de valores de transmissividade de vazão específica refletem forte anisotropia dos aquíferos.

### 6.1.9. Coeficientes de permeabilidade

Este coeficiente refere-se à propriedade do solo em permitir o escoamento da água através dele.

O coeficiente de permeabilidade (K) é definido como o quociente da transmissividade ( $m^2/dia$ ) pela espessura do aquífero (m), conforme equação 4.2.6.

A tabela 6-10 apresenta os valores médios de K estimados para os aquíferos Bauru e Guarani.

Tabela 6-10. Cálculo dos coeficientes de permeabilidade (K)

AQUÍFERO	TRANS (m/dia)	ESPES (m)	K (m/s)
BAURU	0,000363	88,00	0,0319
GUARANI	0,002343	105,83	0,2480

Observa-se que os coeficientes de permeabilidade do aquífero Guarani é bem superior ao do aquífero Bauru.

### **6.1.10. Custos**

A construção completa de um poço tubular profundo envolve: perfuração do tubo de boca, perfuração de rocha sedimentar, perfuração de rocha cristalina, perfilagem elétrica, cimentação, revestimento do poço, instalação de pré-filtro, instalação de filtros, desenvolvimento, adição de produtos químicos, adição de fluidos de perfuração, ensaios de vazão e construção de laje de proteção.

Além disso, tem-se os custos dos elementos complementares: bomba submersa, cabos elétricos, painéis elétricos (acionamento, comando e proteção da bomba), tubulação de recalque, sistema de automação, urbanização da área (alambrados, portões, calçamentos, paisagismo e padrão de entrada de energia).

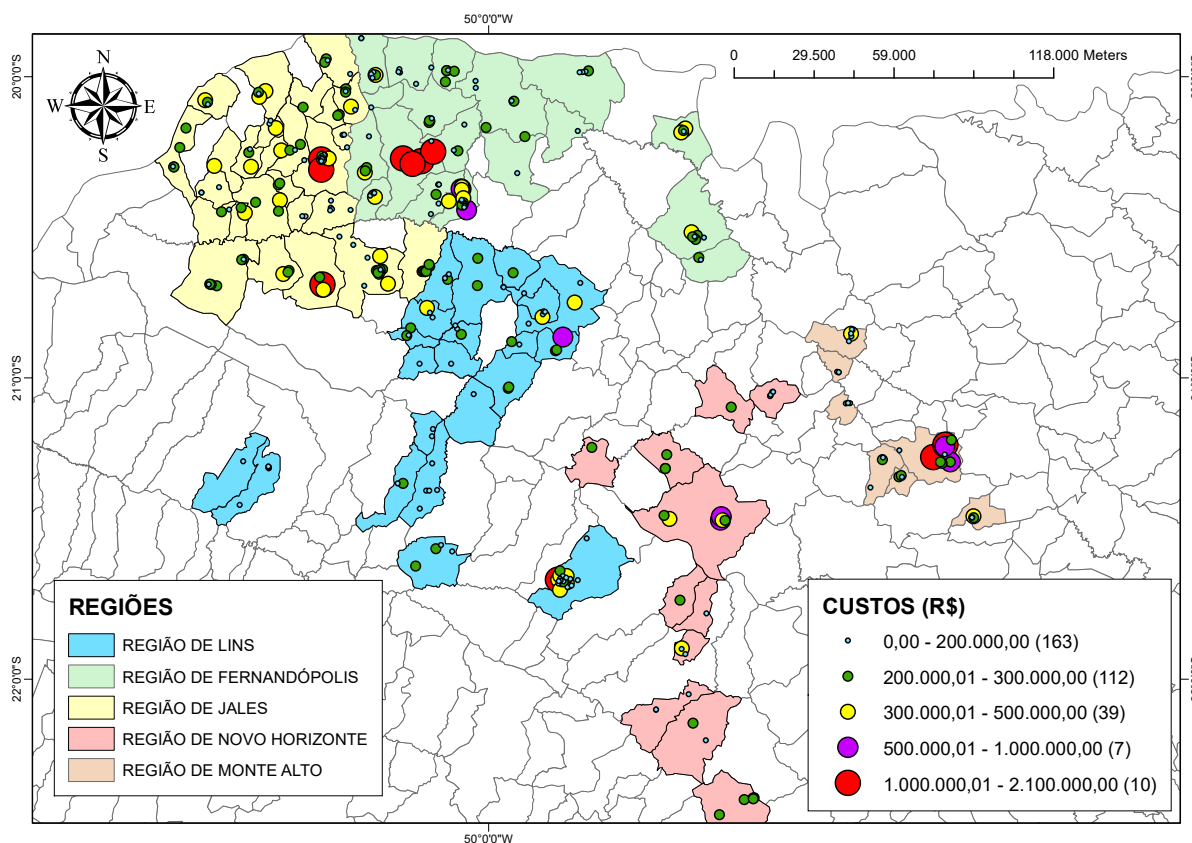
Se a perfuração for feita em rocha sedimentar, haverá necessidade de revestimento e filtros, o que encarece o poço, além do tempo de perfuração ser muito maior. Se for feita em rocha ígnea ou metamórfica, o custo da perfuração é menor. Os custos de alguns itens aumentam proporcionalmente ao aumento da profundidade, como os tipos de equipamentos de perfuração, a necessidade de bomba de maior potência, o maior comprimento de revestimento, filtro, cabos, etc.

Assim, é difícil a obtenção de um custo fixo por metro, para construção completa de um poço, pois, os custos de vários itens envolvidos variam de acordo com a profundidade, tipo de formação, acessibilidade, resultados do processos licitatórios, etc.

Porém, neste trabalho, para se ter uma visão aproximada, foi feita uma estimativa considerando os custos de construção de diversos poços executados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP, entre os anos de 2018 e 2019. Estes dados foram cedidos pela Unidade de Negócio Baixo Tietê e Grande (RT) para a execução deste trabalho. Foram somados todos os custos envolvidos e feita a divisão pela profundidade. Desta forma, foi estimado um custo médio de R\$ 1.200,00/m, considerando a construção completa de um poço.

O mapa da figura 6-41 apresenta os custos médios para implantação dos poços nas diversas regiões estudadas, com base na estimativa de preço por metro descrita acima.

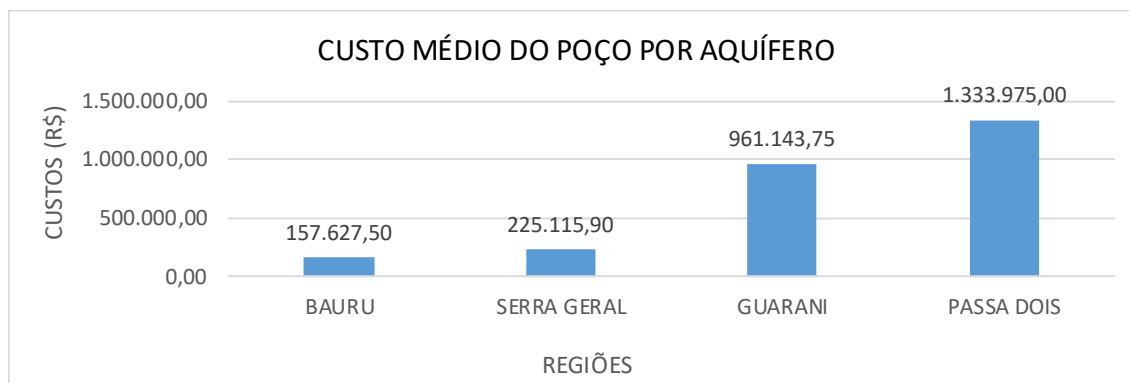
Figura 6-41. Mapa com os custos médios dos poços



A maior parte dos poços analisados (83%) apresentam custos abaixo de R\$ 300.000,00. O valor média é de R\$ 268.560,91. O valor da mediana é de R\$ 204.000,00, com desvio padrão de R\$ 281.948,85.

O gráfico da figura 6-42 apresenta os custos médios para implantação dos poços por aquífero.

Figura 6-42. Custo médio dos poços tubulares profundos por aquífero



A tabela 6-11 apresenta os valores da média, mediana e desvio padrão dos custos médios para implantação dos poços nas diversas regiões estudadas.

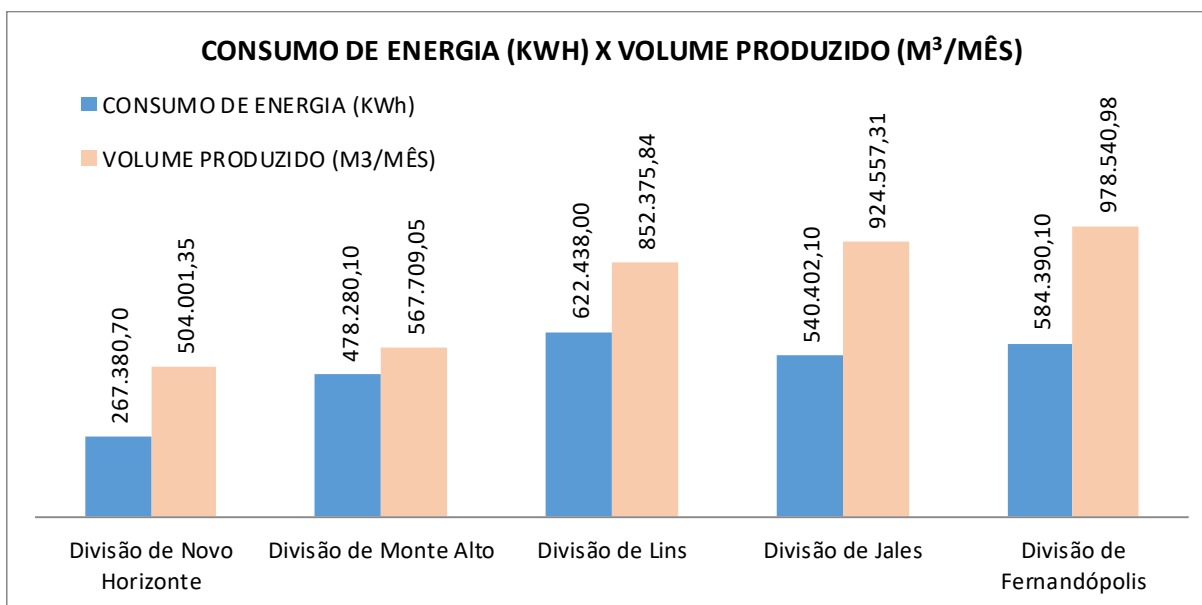
Tabela 6-11. Custo médio dos poços tubulares profundos por aquífero

CUSTO POR AQUÍFERO			
AQUÍFERO	MÉDIA	MEDIANA	DESVIO PADRÃO
BAURU	157.627,50	162.600,00	54.353,48
SERRA GERAL	225.115,90	216.000,00	81.980,30
GUARANI	961.143,75	839.250,00	701.267,90
PASSA DOIS	1.333.975,00	1.123.200,00	514.191,32

### 6.1.11. Eficiência energética

O gráfico da figura 6-43 apresenta a comparação entre os consumos médios de energia e o os volumes médios produzidos, em cada divisão:

Figura 6-43. Consumo médio de energia por volume produzido em cada divisão



Através da visualização deste gráfico percebe-se que o maior volume produzido e também o maior consumo de energia está na divisão de Fernandópolis.

O menor consumo e também o menor volume produzido está na região de Novo Horizonte.

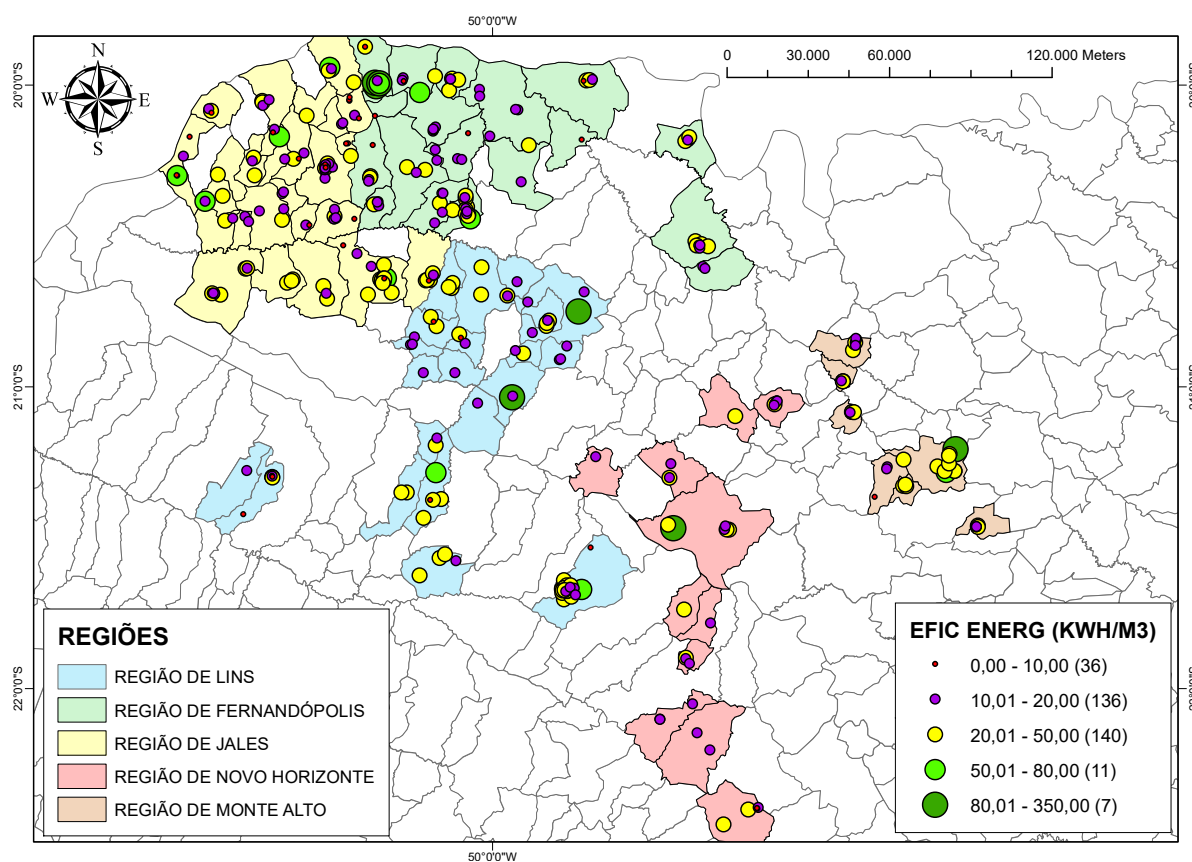
O consumo de energia elétrica pelas bombas é relativamente elevado, podendo ultrapassar, ao longo da vida útil, o custo da construção do poço. Segundo o Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, as empresas do setor consomem aproximadamente 2,5% do consumo nacional, sendo os conjuntos moto-bombas responsáveis por 90% deste consumo.

Assim, devido ao grande impacto econômico, a eficiência energética do sistema elétrico da captação de água subterrânea deve ter grande atenção dos gestores. Pois, estes custos terão impactos diretos sobre a lucratividade e a capacidade de investimento das empresas, além do impacto e sobre a sociedade, via cobrança tarifária.

Normalmente os desperdícios de energia elétrica são decorrentes de mau dimensionamento dos sistemas, funcionamento da bomba fora do ponto ótimo de operação, procedimentos operacionais inadequados, desgastes devido ao tempo e falta de manutenções. Um dos principais fatores que dificultam o correto dimensionamento dos equipamentos de bombeamento são as variações de altura manométrica e das vazões ao longo do tempo. A aplicação de sistemas de acionamento elétrico com inversor de frequência, permite variar a rotação da bomba de acordo com a necessidade, gerando economia de energia. Outras ações que melhoram a eficiência energética são: correção do fator de potência e melhoria do fator de carga, adequação tarifária, adequação da tensão de alimentação, minimização do funcionamento em horários de pico (TSUTIYA, 2001).

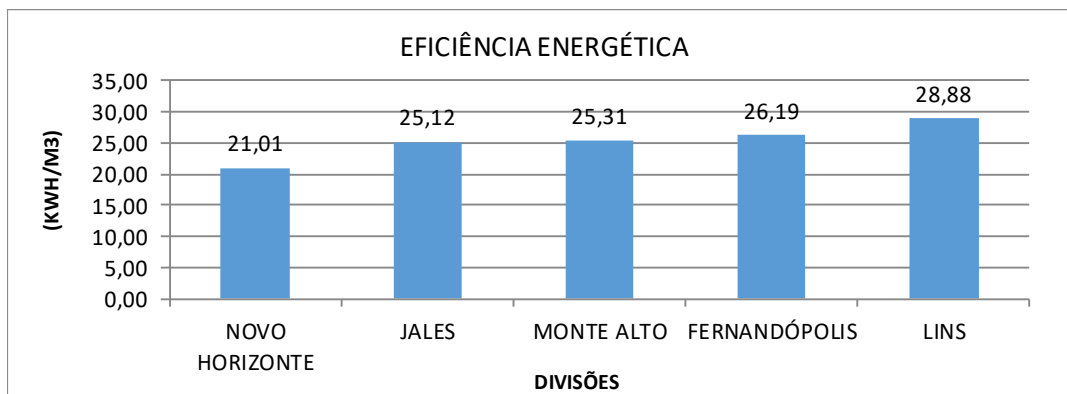
O mapa da figura 6-44 apresenta as eficiências energéticas dos poços especializados.

Figura 6-44. Mapa com as eficiências energéticas dos poços



O gráfico da figura 6-45 apresenta a relação entre o consumo de energia e o volume produzido (eficiência energética).

Figura 6-45. Consumo médio de energia por volume produzido em cada região



A eficiência energética média dos poços é de 25,95 Kwh/m<sup>3</sup>.

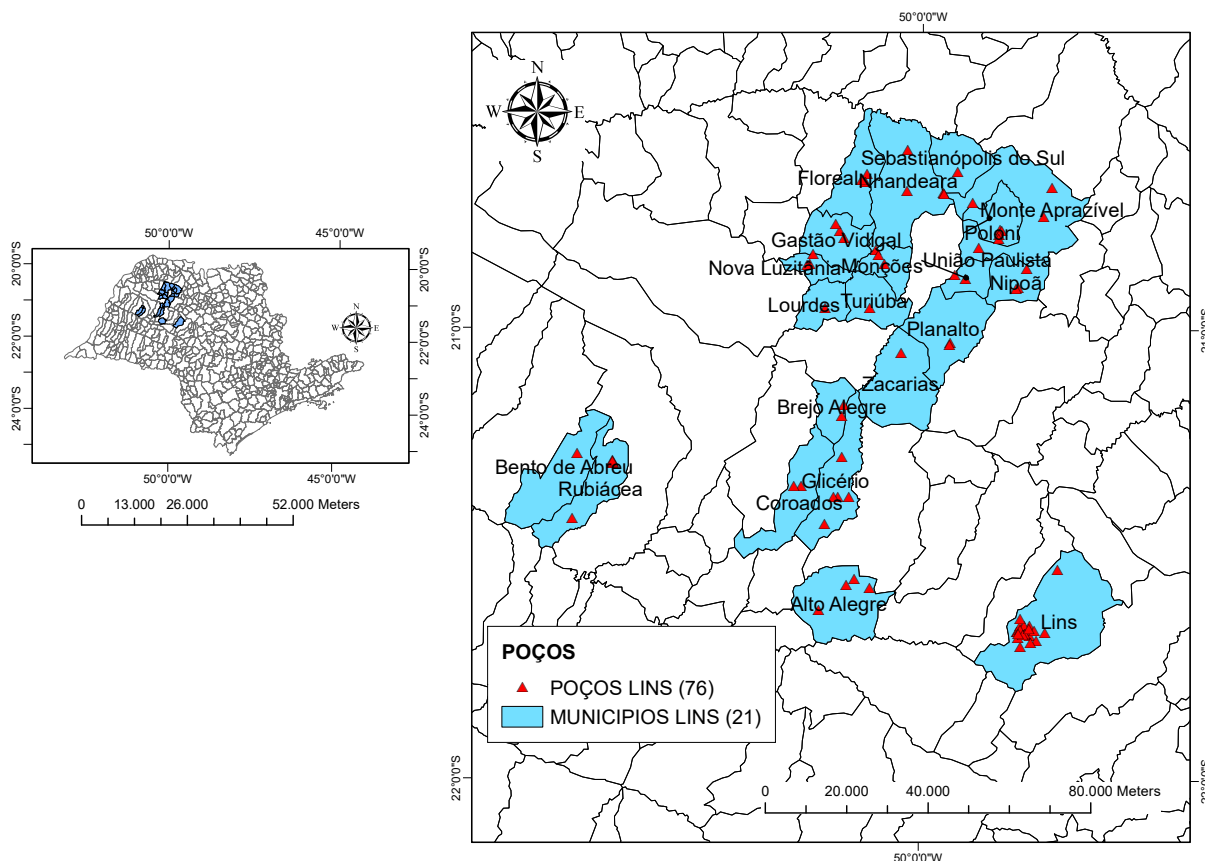
Observa-se que a melhor eficiência energética está na região de Novo Horizonte, porém, não há muita diferença entre as regiões.

A seguir são apresentadas as avaliações individualizadas para cada região.

## 6.2. REGIÃO DE LINS

Para a região de Lins, foram analisados dados de 76 poços, conforme tabela 9.1 do anexo. O mapa da figura 6-46 mostra a localização dos municípios e dos poços estudados.

Figura 6-46 Mapa da localização dos poços na região de Lins



Na tabela 6-12 é apresentado um resumo das informações obtidas.

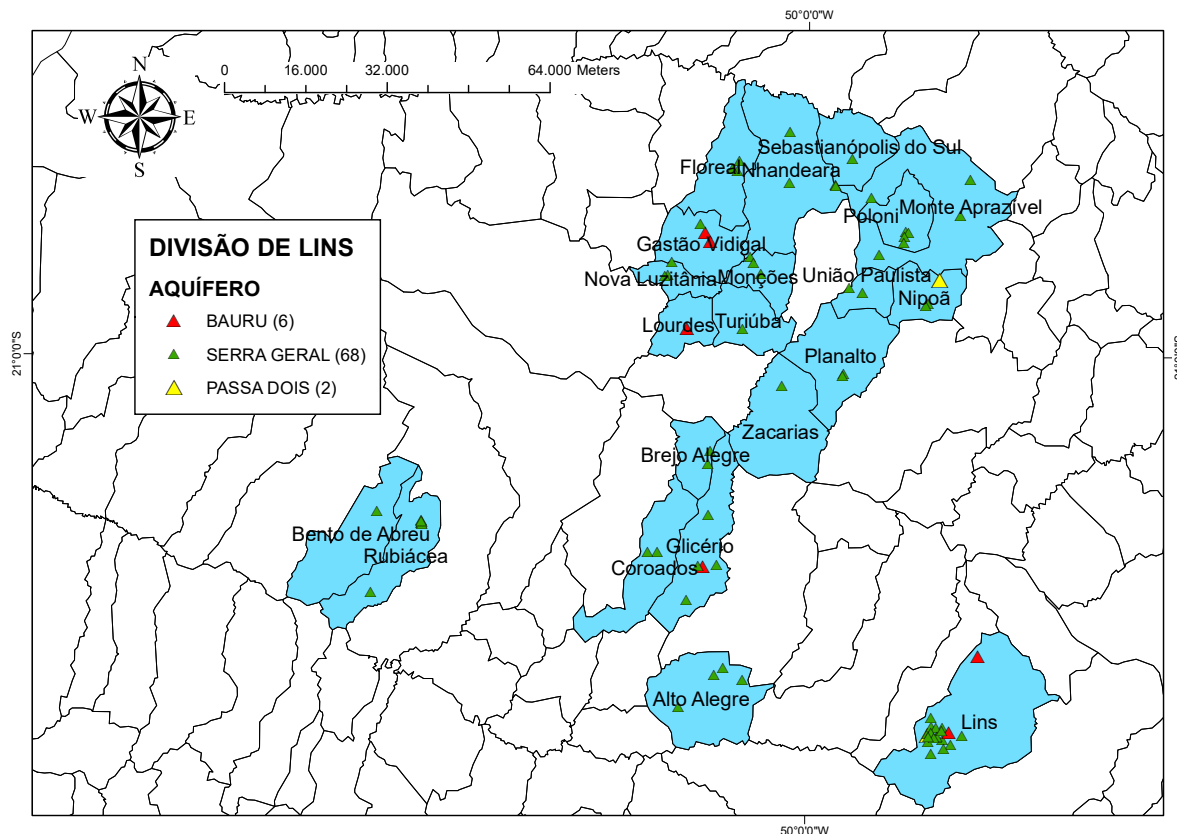
Tabela 6-12 Dados gerais da região de Lins

AQUÍFERO EXPLORADO	Nº DE POÇOS		VOLUME PRODUZIDO		Q MÉDIA POR POÇO (m <sup>3</sup> /h)	PROF. MÉDIA (m)
	QUANT	%	m <sup>3</sup> /mês	%		
BAURU	11	14,47%	70.892,40	8,32%	14,49	135,91
GUARANI	1	1,32%	163.120,93	19,14%	365,66	817,00
PASSA DOIS	1	1,32%	107.992,36	12,67%	230,31	1.042,00
SERRA GERAL	63	82,89%	510.370,16	59,88%	18,28	168,41

O aquífero Serra Geral possui uma vazão média é de 18,28m<sup>3</sup>/h e a profundidade média de 168,41m. O PPS 10 de Lins, que atinge o aquífero Passa Dois, apresenta a maior profundidade, (1.042,00m).

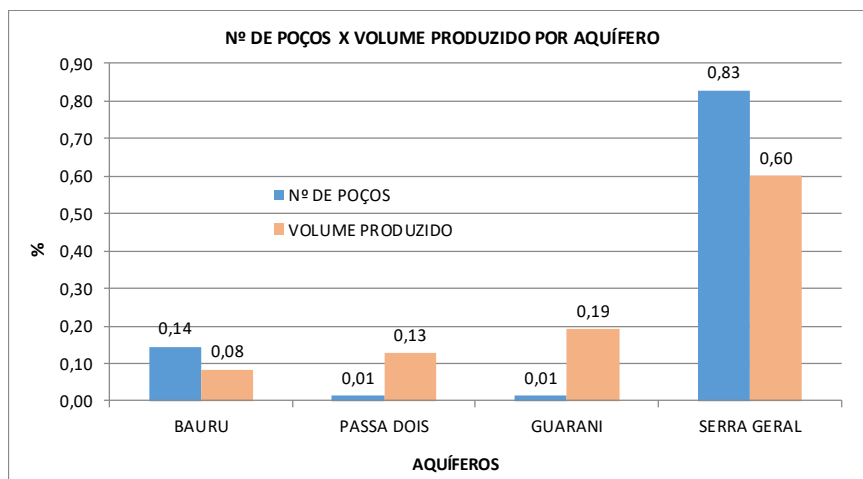
O mapa da figura 6-47 apresenta a localização do poços e os aquíferos explorados.

Figura 6-47. Mapa dos aquíferos explorados região de Lins



O aquífero mais explorado é o aquífero Serra Geral, com 63 poços. (82,89% do poços). O gráfico da figura 6-48 mostra as porcentagens do volume produzido e do número de poços por aquífero.

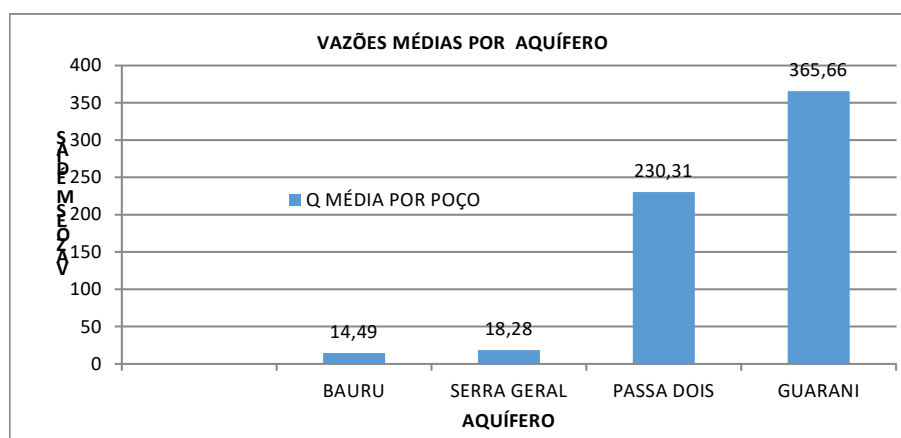
Figura 6-48. Gráfico poços x volume produzidos por aquífero na região de Lins



Observa-se pela coluna de volume produzido do aquífero Guarani, representada por um único poço, o PPJ2 de Lins, que este poço possui grande produtividade, pois, ele sozinho gera 19,14% de todo o volume produzido na divisão. O poço PPS10 também apresenta grande produtividade, porém, menor que o poço PPJ2. Observa-se também que os poços que atingem o aquífero Serra Geral apresentam produtividades um pouco melhor que os do aquífero Bauru.

O gráfico da figura 6-49 apresenta as vazões médias por aquífero.

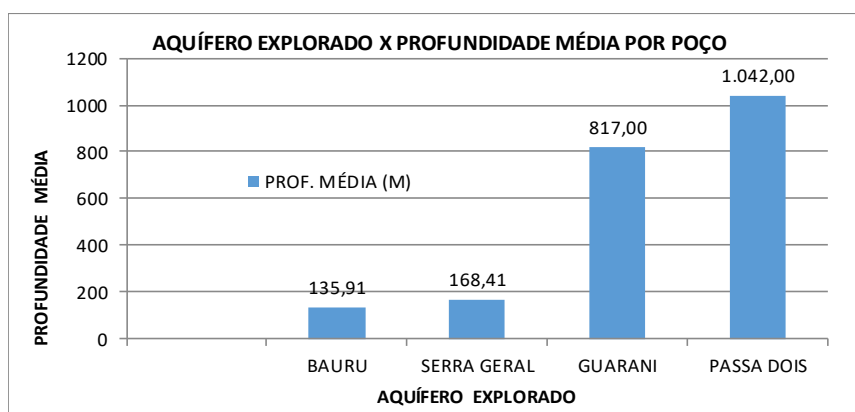
Figura 6-49. Gráfico vazões médias x aquíferos na região de Lins



Observa-se que os poços dos aquíferos Guarani e Passa Dois apresentam vazões médias muito superiores às dos poços dos aquíferos Serra Geral e Bauru. As vazões médias dos poços dos aquíferos Bauru e Serra Geral apresentam valores semelhantes, sendo que os que atingem o aquífero Serra Geral, apresentam vazões um pouco maiores.

A figura 6-50 apresenta o gráfico de comparação entre os aquíferos explorados e as profundidades médias dos poços.

Figura 6-50. Gráfico aquífero explorado x profundidade média - Lins



Observa-se que o aquífero Passa Dois apresenta profundidade de 1.042,00m, muito superior aos do aquífero Bauru e Serra Geral, que apresentam profundidades médias de respectivamente 135,91m e 168,41m.

Quanto aos níveis estáticos (NE) e níveis dinâmicos (ND) dos aquíferos na região de Lins, foram analisados os dados medidos na data da construção dos poços. Os gráficos das figuras 6-51 e 6-52 apresentam os histogramas dos níveis estáticos e dinâmicos respectivamente.

Figura 6-51 Histograma da profundidade do NE (m)

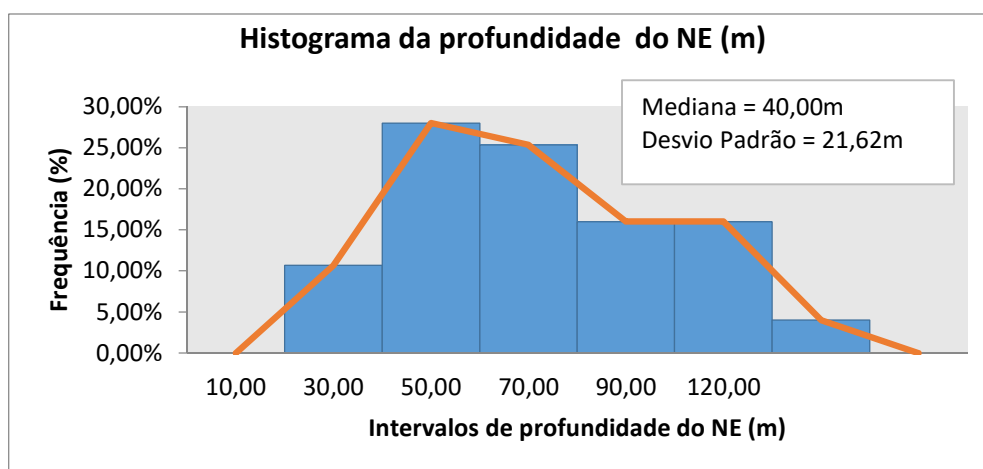
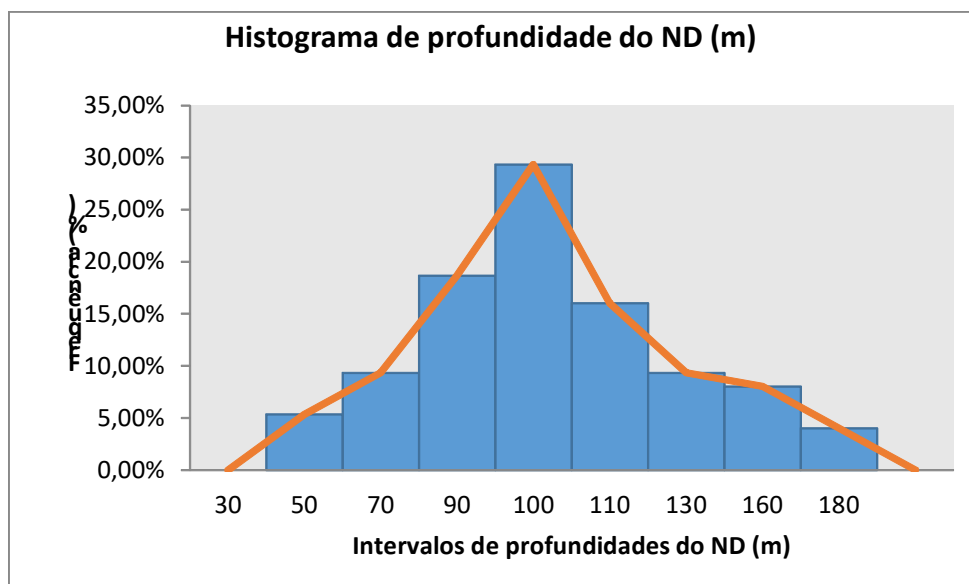


Figura 6-52 Histograma da profundidade do ND (m)



Os resultados mostraram que os valores observados estão espalhados, distantes da média. Para a região de Lins, o rebaixamento médio, ou seja, a diferença entre os valores médios dos níveis estáticos e dos níveis dinâmicos resultou em 41,00m

A tabela 6-13 apresenta os valores dos níveis estáticos e dinâmicos para os aquíferos Bauru, Serra Geral e Passa Dois.

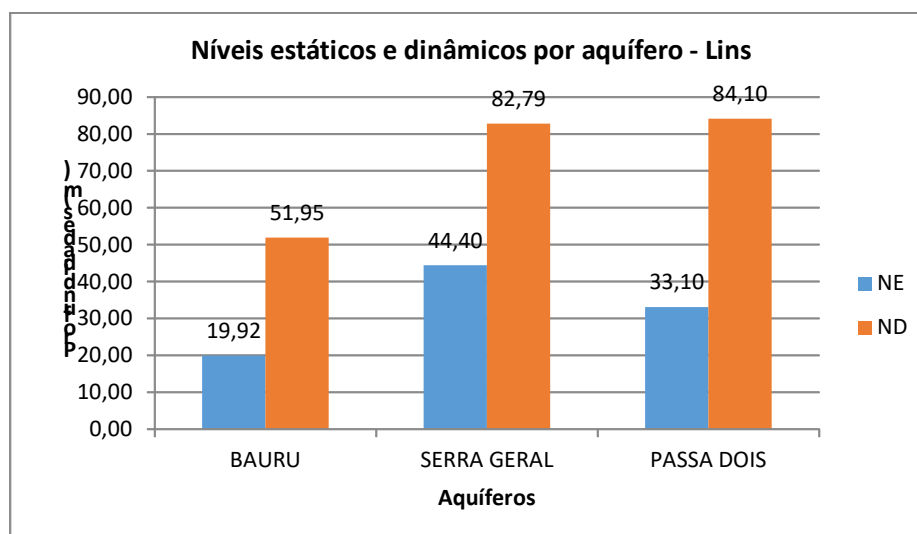
Tabela 6-13 Níveis estáticos e dinâmicos por aquífero na região de Lins.

NÍVEIS ESTÁTICOS E NÍVEIS DINÂMICOS POR AQUÍFERO						
REGIÃO			BAURU	SERRA GERAL	GUARANI	PASSA DOIS
LINS	NE	MEDIA	19,92	44,40	-	33,10
		MEDIANA	19,75	45,00	-	33,10
		DESVIO PADRÃO	11,06	25,75	-	14,00
	ND	MEDIA	51,95	82,79	-	84,10
		MEDIANA	42,80	83,00	-	84,10
		DESVIO PADRÃO	25,83	27,57	-	24,04

Para os níveis estáticos e dinâmicos dos aquíferos Bauru, Serra Geral e Passa Dois, os valores da média e da mediana resultaram próximos. Os desvios padrões resultaram relativamente altos.

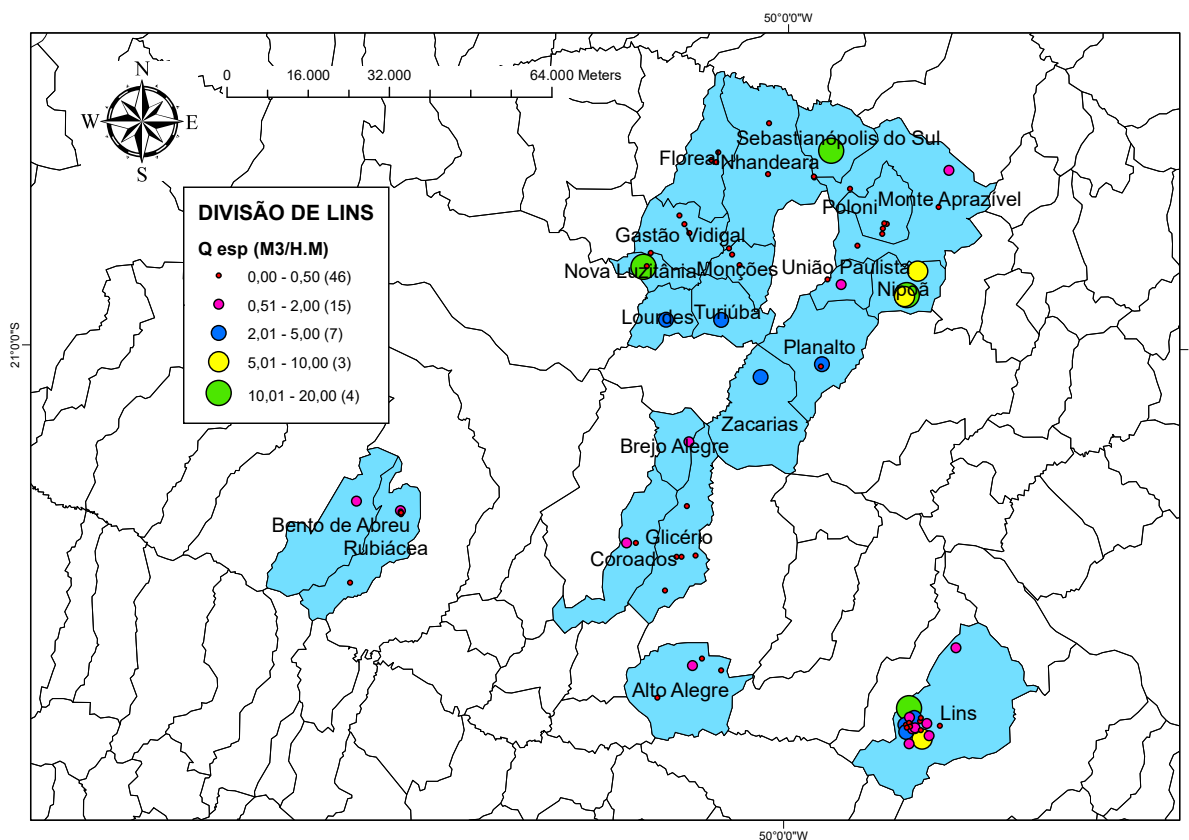
O gráfico da figura 6-53 apresenta os valores das médias dos níveis estáticos e dinâmicos, conforme tabela acima.

Figura 6-53 Níveis estáticos e dinâmicos médios por aquífero na região de Lins.



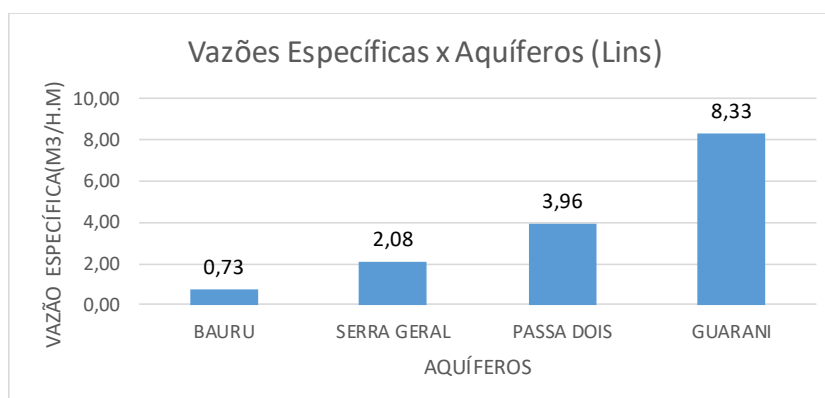
O mapa da figura 6-54 apresenta a localização dos poços e suas respectivas vazões específicas.

Figura 6-54 Mapa com as vazões específicas dos poço – Lins



O gráfico da figura 6-55 apresenta as vazões específicas médias por aquífero.

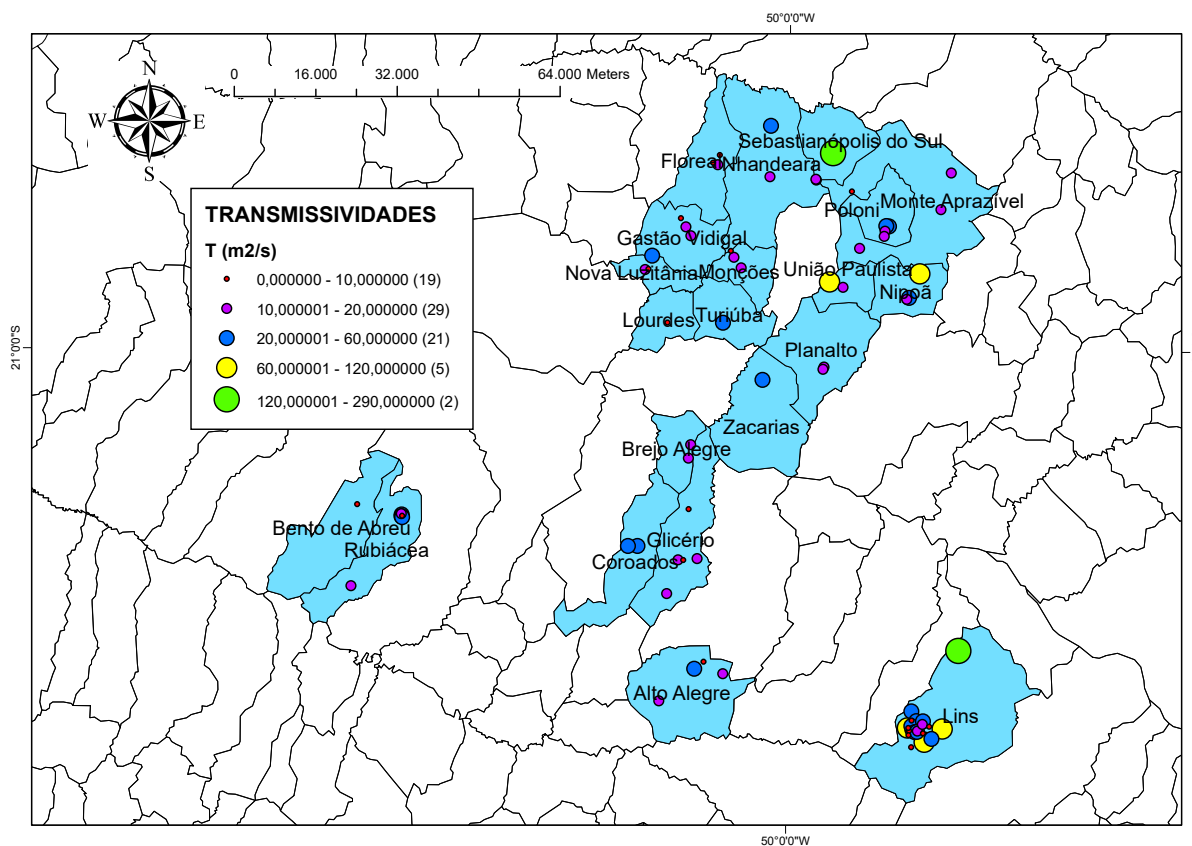
Figura 6-55 Gráfico Vazões específicas x Aquíferos - Lins



Observa-se que a menor vazão específica é a do grupo Bauru e maior é do aquífero Guarani. O aquífero Guarani é representado pelo PPJ2 de Lins com vazão específica de 8,33 m<sup>3</sup>/hxm. A maior vazão específica foi verificada no município de Glicério, no poço PPS1, com valor de 20,01 m<sup>3</sup>/hxm.

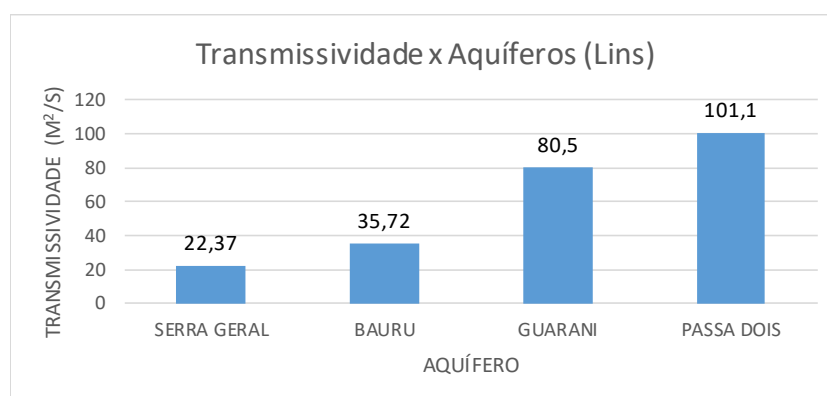
O mapa da figura 6-56 apresenta a localização dos poços e as respectivas transmissividades.

Figura 6-56. Mapa com as transmissividades dos poços – Lins



O gráfico da figura 6-57 apresenta as transmissividades por aquífero.

Figura 6-57. Gráfico Transmissividades x Aquíferos - Lins

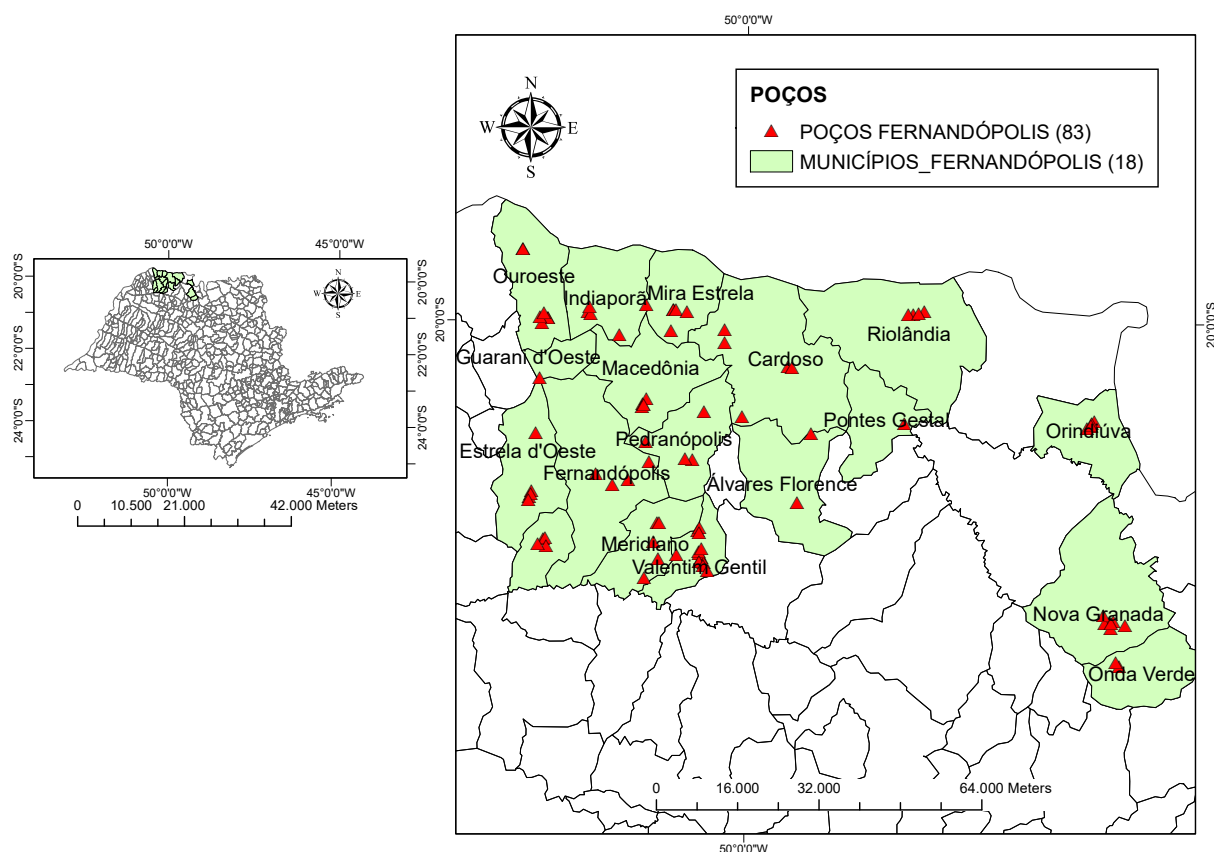


Observa-se que a menor transmissividade é a do aquífero Serra Geral e a maior é do aquífero Passa Dois, ressaltando-se que o único dado referente ao aquífero Passa Dois é devido ao poço PPS10 de Lins.

### 6.3. REGIÃO DE FERNANDÓPOLIS

Na região de Fernandópolis foram analisados dados de 83 poços, conforme tabela 9.2 do anexo. O mapa da figura 6-58 mostra a localização dos municípios e dos poços estudados na região de Fernandópolis.

Figura 6-58. Mapa com a localização dos poços na região de Fernandópolis



Na tabela 6-14 é apresentado um resumo das informações obtidas.

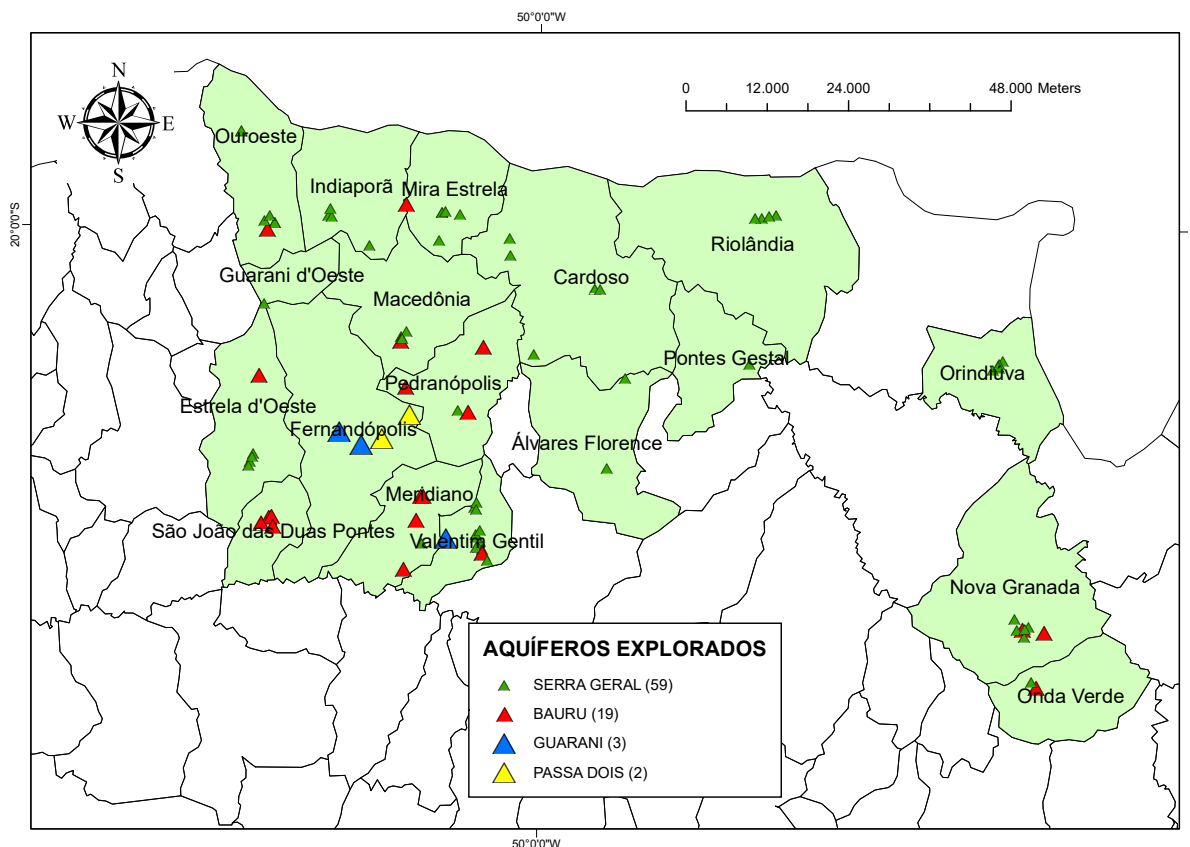
Tabela 6-14. Dados gerais da região de Fernandópolis

AQUIFERO EXPLORADO	Nº DE POÇOS		VOLUME PRODUZIDO		Q MÉDIA POR POÇO (m³/h)	PROF. MÉDIA (m)
	QUANT	%	m³/mês	%		
BAURU	17	20,48%	77.005,75	7,87%	9,38	119,64
GUARANI	2	2,41%	205.474,47	21,00%	191,57	1.532,00
PASSA DOIS	2	2,41%	268.460,40	27,43%	246,05	1.644,50
SERRA GERAL	62	74,70%	427.600,35	43,70%	18,18	184,44

Observa-se que a maior parte dos poços, 74,70%, explora o aquífero Serra Geral, com uma vazão média de 18,18m³/h a uma profundidade média de 184,44m.

O mapa da figura 6-59 apresenta a localização do poços e os aquíferos explorados.

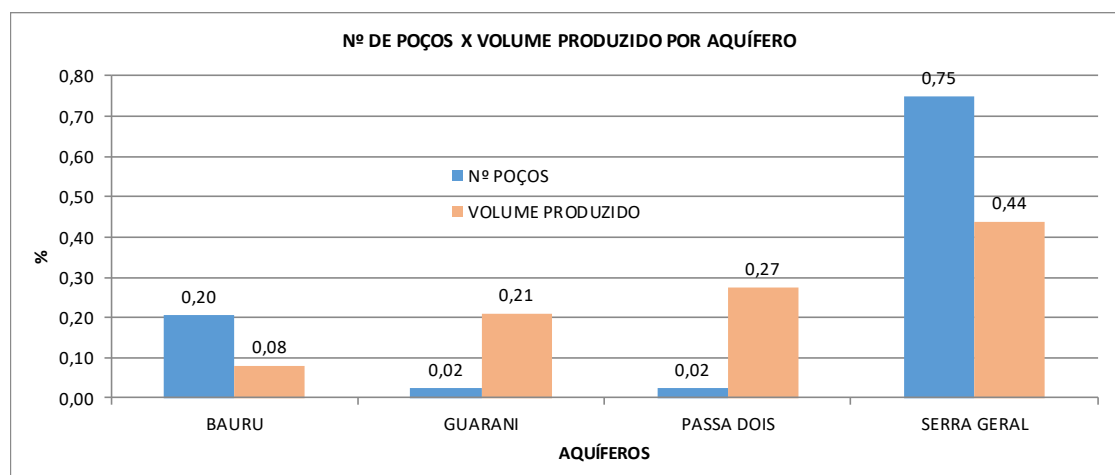
Figura 6-59. Mapa com os aquíferos explorados na região de Fernandópolis



O aquífero mais explorado é o Serra Geral com 59 poços.

O gráfico da figura 6-60 mostra as porcentagens do volume produzido e do número de poços por aquífero.

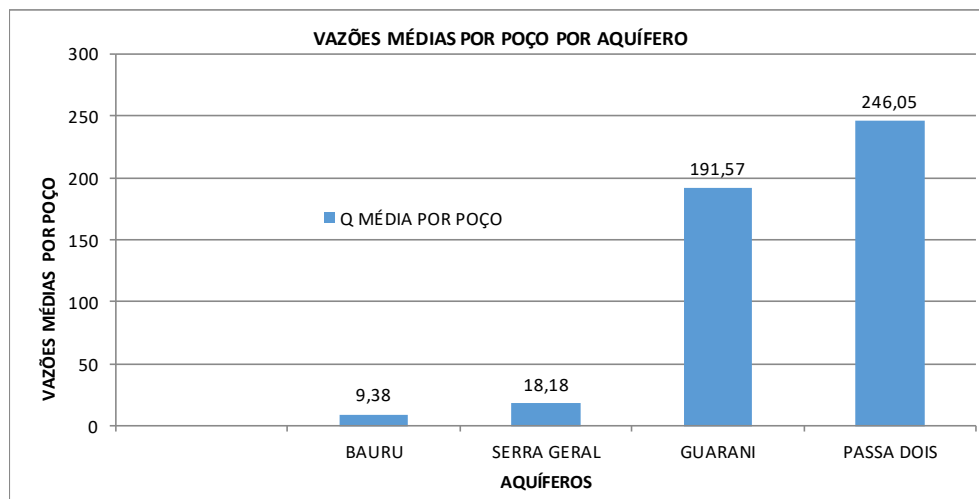
Figura 6-60. Gráfico poços x volumes produzidos na região de Fernandópolis



Observa-se que os poços do aquífero Guarani (Poço I e Poço IV) e os poços do Aquífero Passa Dois (Poço II e Poço III), possuem grande produtividade, sendo estes quatro poços reponsáveis por 48,43% da produção de toda a divisão de Fernandópolis.

O grafico da figura 6-61 apresenta as vazões médias por aquífero.

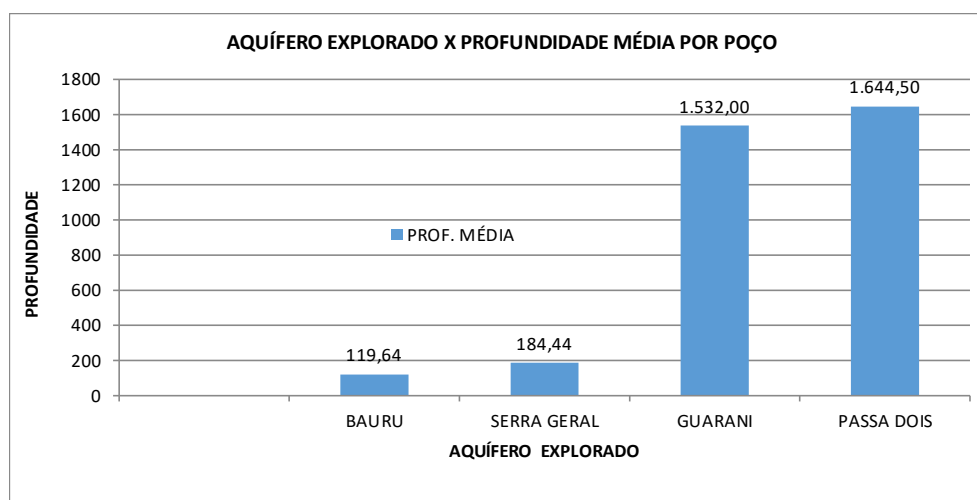
Figura 6-61. Gráfico vazões médias x aquíferos na região de Fernandópolis



Observa-se que os poços dos aquíferos Guarani e Passa Dois apresentam vazões médias muito maiores que as dos poços dos aquíferos Serra Geral e Bauru. Observa-se também que os poços do aquífero Serra Geral apresentam produtividades um pouco melhor que os do aquífero Bauru.

A figura 6-62 apresenta o gráfico de comparação entre os aquíferos explorados e as profundidades médias dos poços.

Figura 6-62. Gráfico aquífero explorado x profundidade média dos poços -Fernandópolis



Os poços mais profundos da divisão de Fernandópolis são os que exploram o Aquífero Guarani e o Aquífero Passa Dois. Sendo do Aquífero Guarani o Poço I com 1.464m e o Poço IV com 1.600m. E o Aquífero Passa Dois o Poço II (1.683m) e Poço III (1.606m). O Poço II é poço mais profundo entre todos estudados neste trabalho.

Quanto aos níveis estáticos (NE) e níveis dinâmicos (ND) dos aquíferos na região de Fernandópolis, foram analisados os dados medidos na data da construção dos poços.

Os gráficos das figuras 6-63 e 6-64 apresentam os histogramas dos níveis estáticos e dinâmicos respectivamente.

Figura 6-63 Histograma de profundidade do NE (m) na região de Fernandópolis

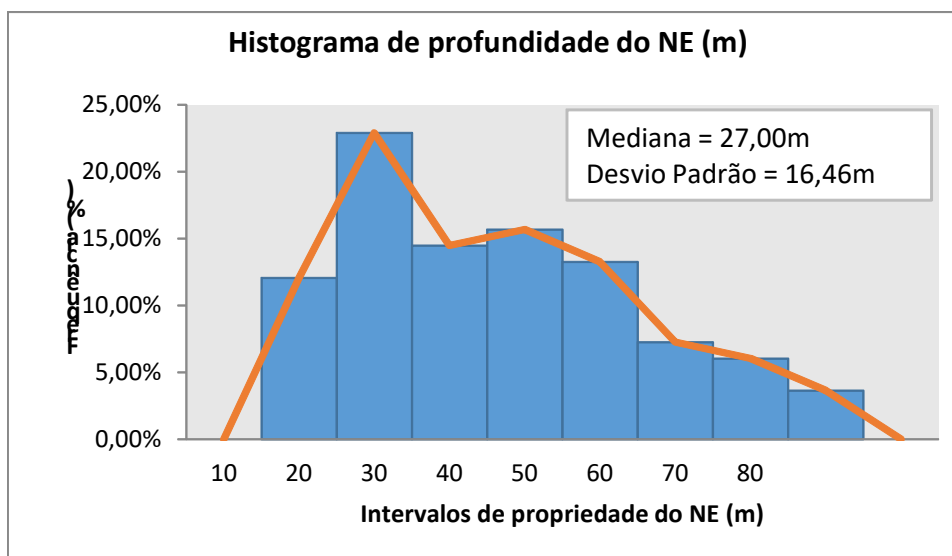
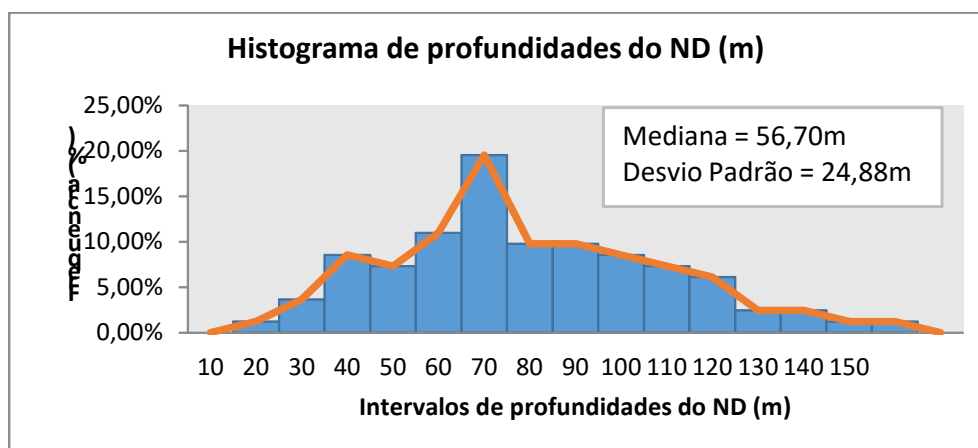


Figura 6-64 Histograma de profundidade do ND (m) na região de Fernandópolis



Os resultados mostraram que os valores observados estão espalhados, distantes da média. Para a região de Fernandópolis, o rebaixamento médio, ou seja, a diferença entre os valores médios dos níveis estáticos e dos níveis dinâmicos resultou em 29,70m.

A tabela 6-15 apresenta os valores dos níveis estáticos e dinâmicos para os aquíferos Bauru, Serra Geral e Passa Dois.

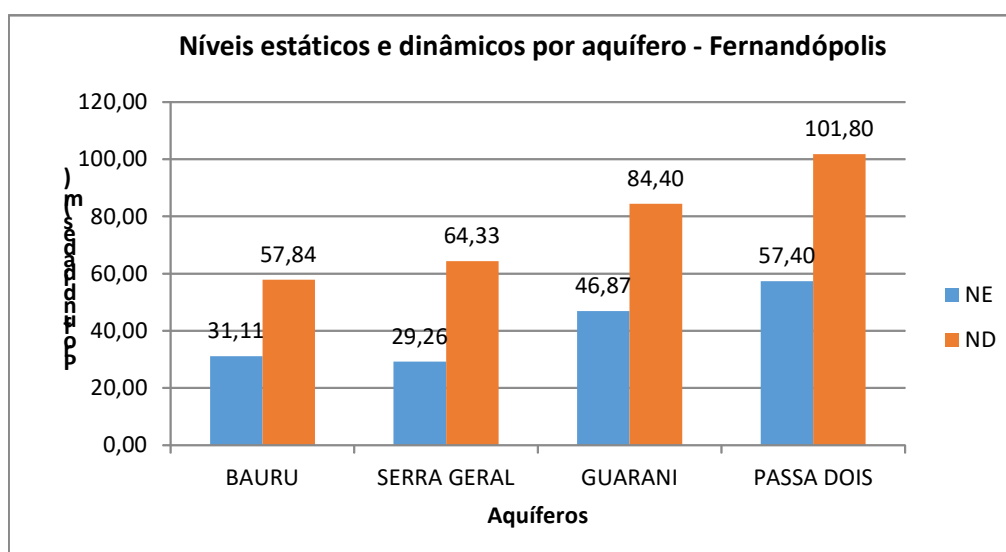
Tabela 6-15 Níveis estáticos e dinâmicos por aquífero na região de Fernandópolis

FERNANDÓPOLIS						
REGIÃO			BAURU	SERRA GERAL	GUARANI	PASSA DOIS
FERNANDÓPOLIS	NE	MEDIA	31,11	29,26	46,87	57,40
		MEDIANA	27,00	25,00	44,00	57,40
		DESVIO PADRÃO	18,32	20,13	16,88	35,92
	ND	MEDIA	57,84	64,33	84,40	101,80
		MEDIANA	55,00	56,15	78,30	101,80
		DESVIO PADRÃO	21,16	33,37	19,29	5,94

Para os níveis estáticos e dinâmicos dos aquíferos Bauru, Serra Geral, Guarani e Passa Dois, os valores da média e da mediana resultaram próximos. Os desvios padrões resultaram relativamente altos.

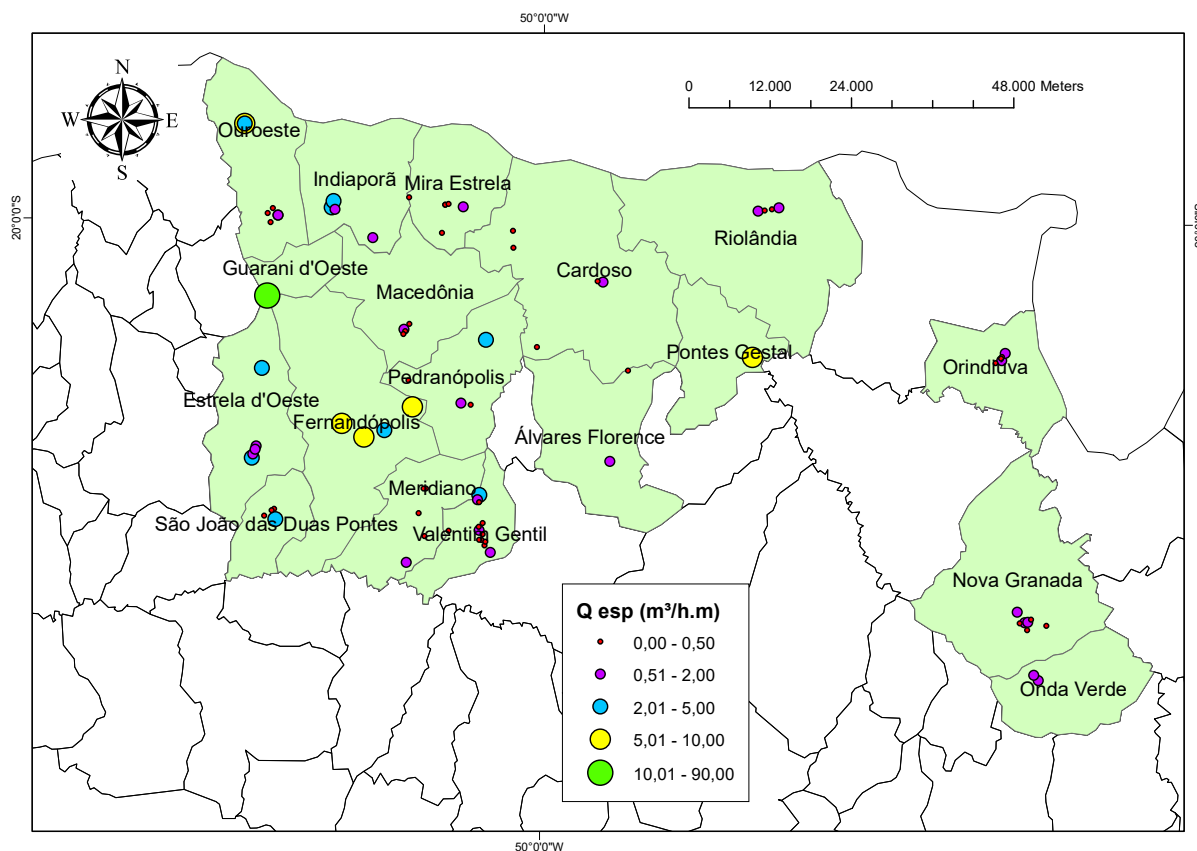
O gráfico da figura 6-65 apresenta os valores das médias dos níveis estáticos e dinâmicos, conforme tabela acima.

Figura 6-65 Níveis estáticos e dinâmicos médios por aquífero na região de Fernandópolis



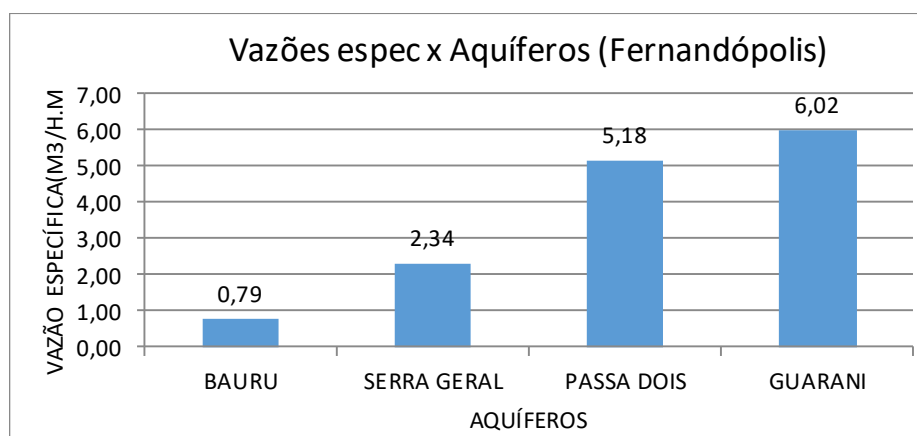
O mapa da figura 6-66 apresenta a localização dos poços e suas respectivas vazões específicas.

Figura 6-66. Mapa com as vazões específicas dos poço – Fernandópolis



O gráfico da figura 6-67 apresenta as vazões específicas por aquífero.

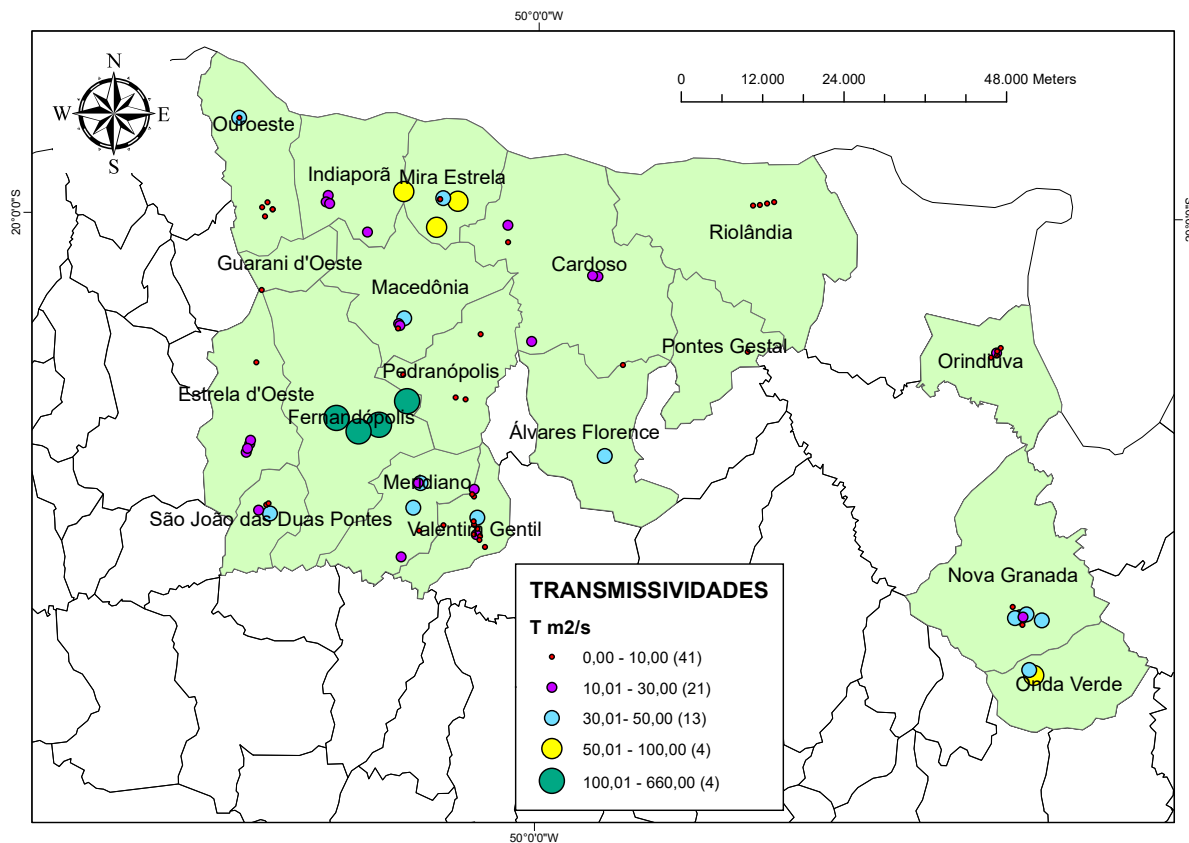
Figura 6-67. Gráfico Vazões Específicas x Aquíferos em Fernandópolis



Observa-se que a menor vazão específica é a do grupo Bauru e maior é do aquífero Guarani. O aquífero Guarani é representado pelos Poço I e Poço IV. O aquífero Passa Dois pelos II e Poço III. A maior vazão específica foi verificada no município de Guarani d'Oeste, no poço PPS1, com valor de 85,96 m³/hxm.

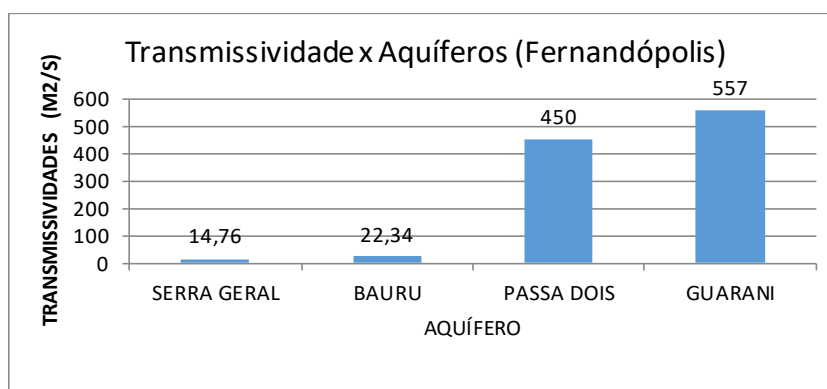
O mapa da figura 6-68 apresenta a localização dos poços suas transmissividades.

Figura 6-68. Mapa com as transmissividades dos poços da – Fernandópolis



O gráfico da figura 6-69 apresenta as transmissividades por aquífero.

Figura 6-69. Gráfico Transmissividade x Aquíferos - Fernandópolis



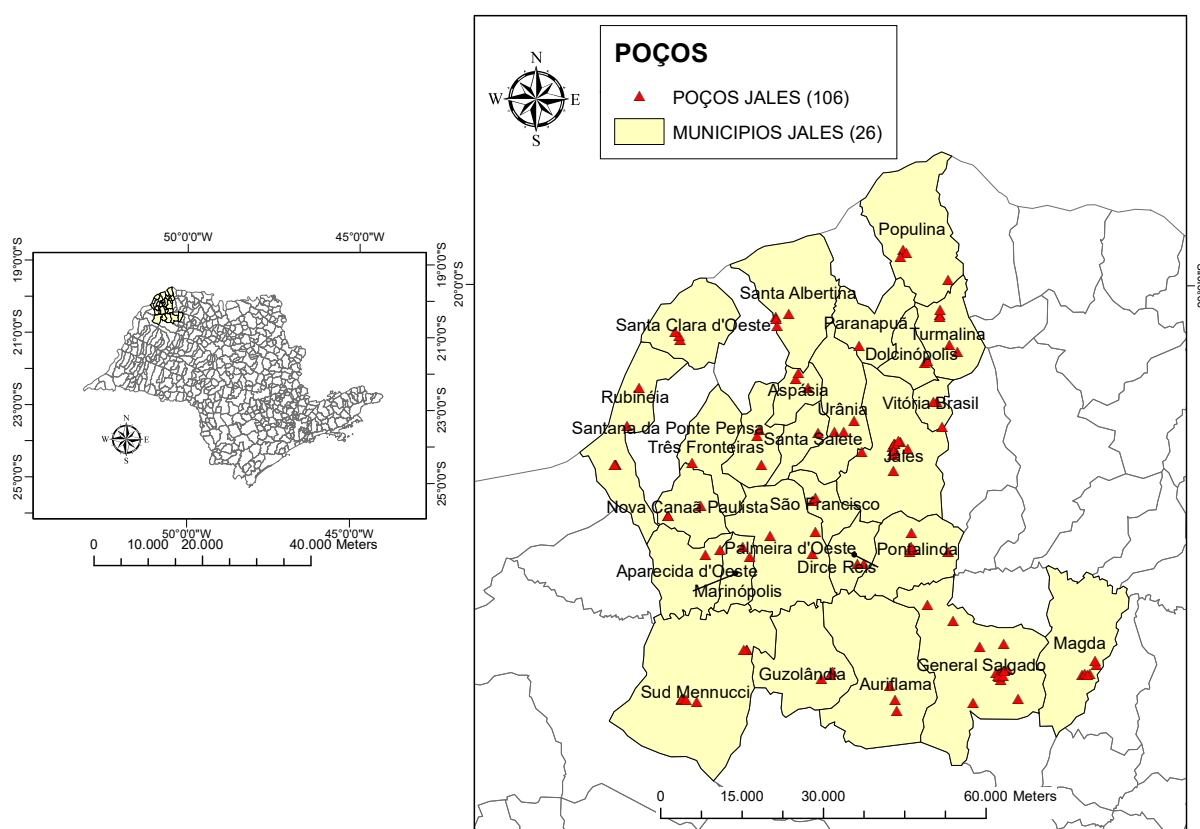
Observa-se que a menor transmissividade é a do aquífero Serra Geral e a maior é do aquífero Guarani.

Observa-se que a transmissividade dos aquíferos Passa Dois e do Guarani são muito superiores as dos aquíferos Serra Geral e Bauru.

## 6.4. REGIÃO DE JALES

Na região de Jales foram analisados dados de 106 poços, conforme tabela 9.3 do anexo. O mapa da figura 6-70 mostra a localização dos municípios e dos poços estudados na região de Jales.

Figura 6-70. Mapa com a localização dos poços na região de Jales



Na tabela 6-16 é apresentado um resumo das informações obtidas.

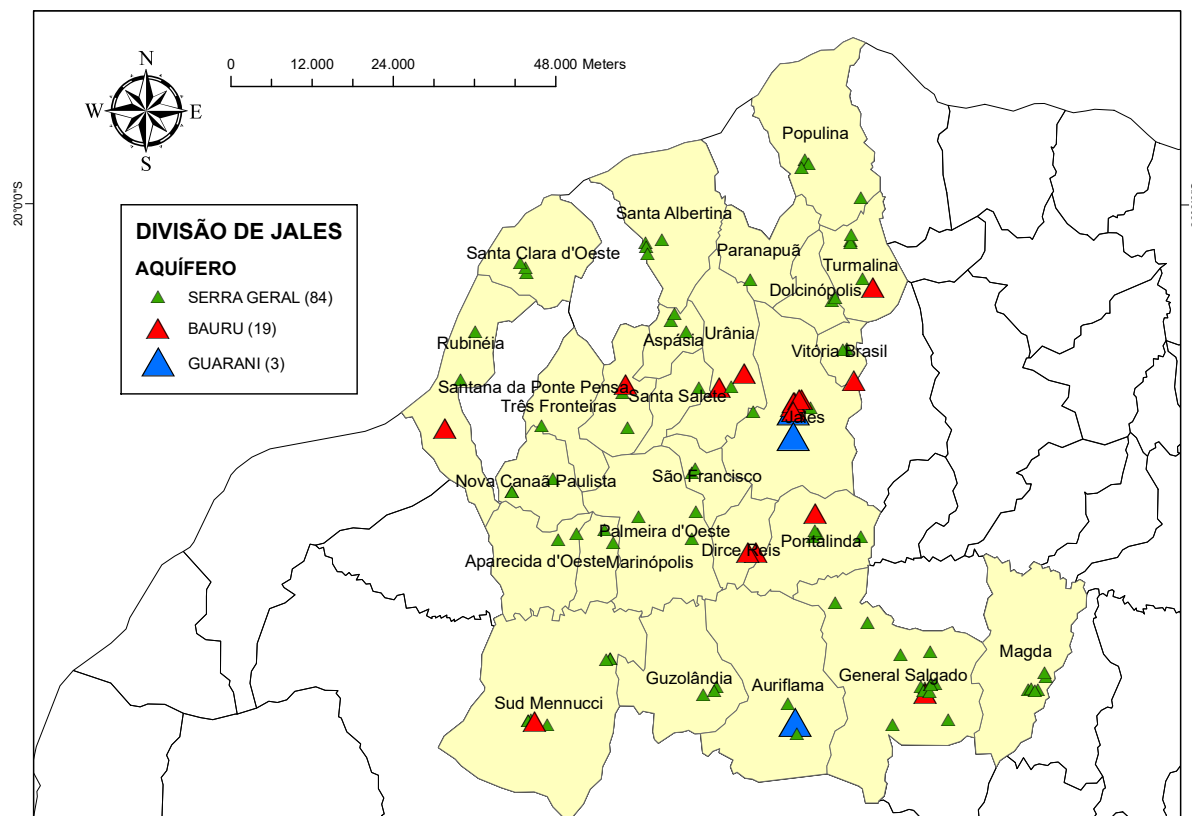
Tabela 6-16. Dados gerais da região de Jales

AQUIFERO EXPLORADO	Nº DE POÇOS		VOLUME PRODUZIDO		Q MÉDIA POR POÇO (m <sup>3</sup> /h)	PROF. MÉDIA (m)
	QUANT	%	m <sup>3</sup> /mês	%		
BAURU	19	17,92%	6.855,83	5,82%	13,93	116,32
GUARANI	3	2,83%	105.345,02	89,36%	207,39	1.259,00
SERRA GERAL	84	79,25%	5.693,59	4,83%	13,59	158,00

Observa-se que a maior parte dos poços, 84,00%, explora o aquífero Serra Geral, com uma vazão média de 13,59m<sup>3</sup>/h a uma profundidade média de 158,00m.

O mapa da figura 6-71 apresenta a localização do poços e os aquíferos explorados por eles.

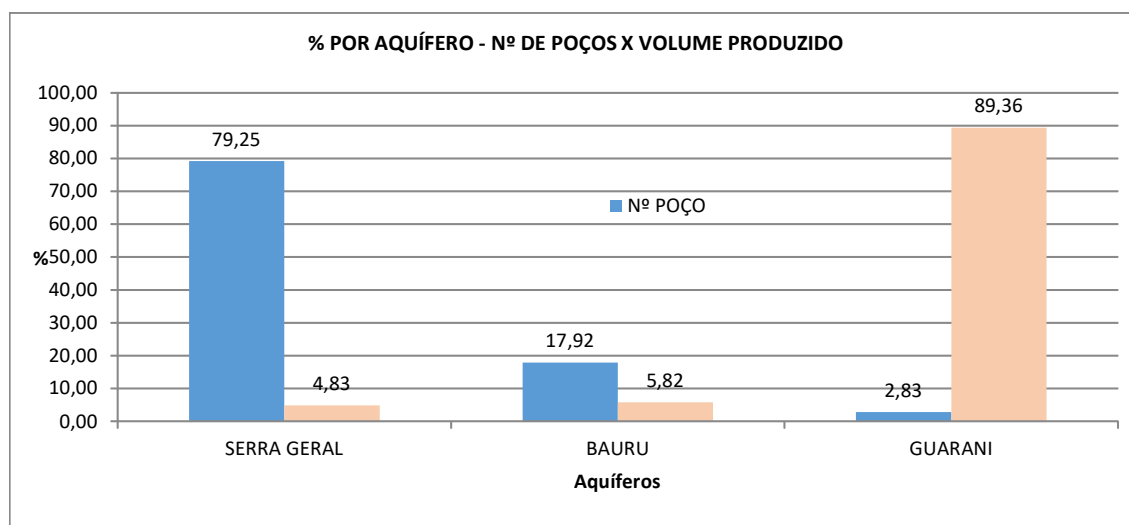
Figura 6-71. Mapa dos aquíferos explorados na região de Jales



O aquífero mais explorado é o Serra Geral com 84 poços.

O gráfico da figura 6-72 mostra as porcentagens do volume produzido e do número de poços por aquífero.

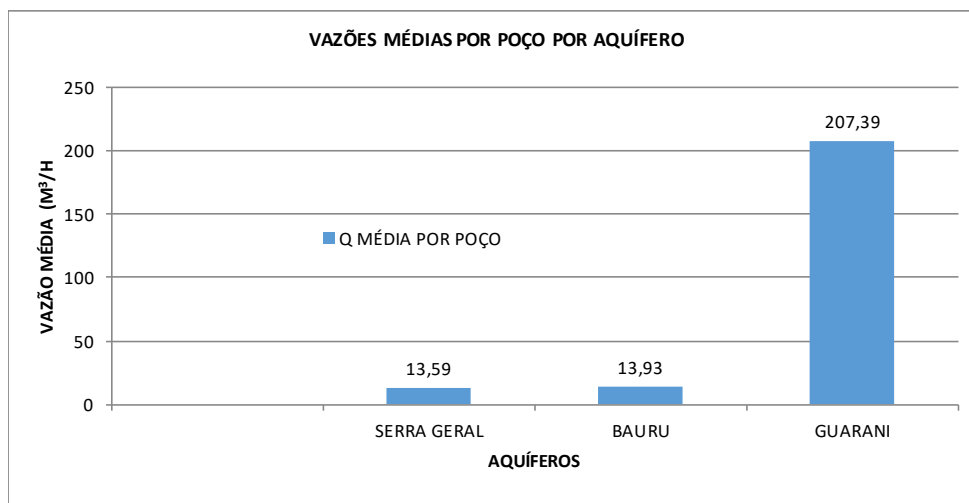
Figura 6-72. Gráfico poços x volumes produzidos na região de Jales



Os três poços que exploram o Aquífero Guarani são: Poço I e Poço II de Jales e o Poço I de Auriflama. Estes poços são responsáveis por 89,36% da produção de toda a divisão de Jales.

O gráfico da figura 6-73 apresenta as vazões médias por aquífero.

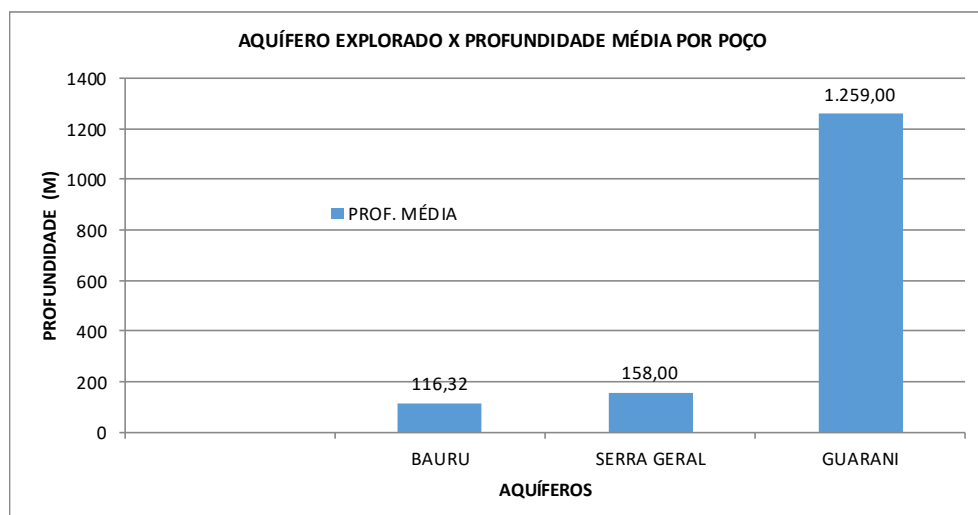
Figura 6-73. Gráfico com as vazões médias por aquífero na região de Jales



Observa-se que os poços dos aquíferos Guarani apresentam vazões médias muito maiores que as dos poços dos aquíferos Serra Geral e Bauru. Os poços dos aquíferos Serra Geral e Bauru apresentam vazões médias semelhantes. O poço que apresenta maior vazão é o Poço II de Auriflama, que explora o aquífero Guarani, com 275,41 m³/h.

A figura 6-74 apresenta o gráfico de comparação entre os aquíferos explorados e as profundidades médias dos poços.

Figura 6-74. Gráfico com os aquíferos explorados x profundidade média -Jales



Observa-se que os poços do aquífero Guarani são muito mais profundos que os aquíferos Bauru e Serra Geral. Dos poços que exploram o Aquífero Guarani, dois localizam-se em Jales e um em Auriflama. De Jales são os Poço I (1.322m) e o Poço II (1.205m) e de Auriflama é o Poço I (1.250m).

Quanto aos níveis estáticos (NE) e níveis dinâmicos (ND) dos aquíferos na região de Jales, foram analisados os dados medidos na data da construção dos poços.

Os gráficos das figuras 6-75 e 6-76 apresentam os histogramas dos níveis estáticos e dinâmicos respectivamente.

Figura 6-75. Histograma de profundidade do NE (m) na região de Jales

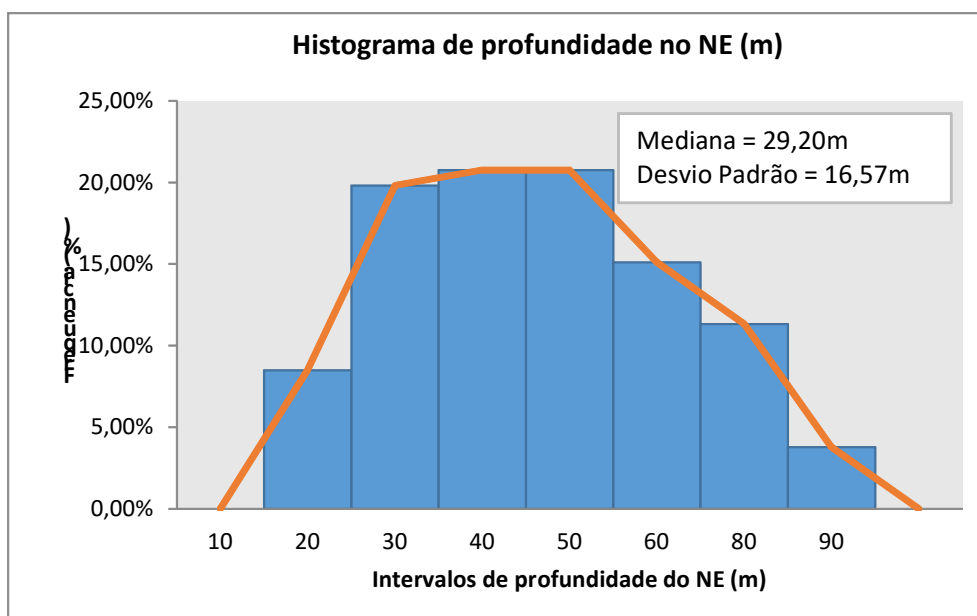
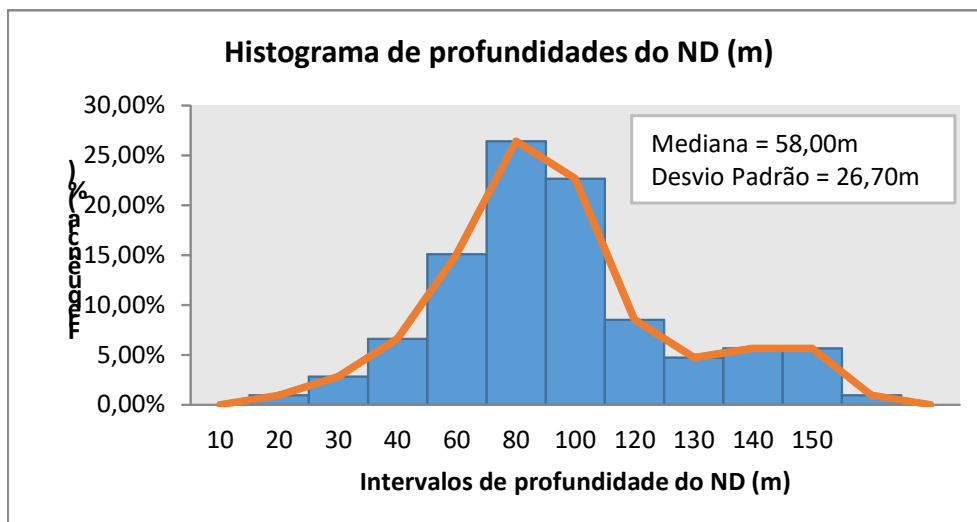


Figura 6-76. Histograma de profundidade do ND (m) na região de Jales



O valor da mediana resultou em 58,00m, com desvio padrão de 26,70m. Os resultados mostram que os valores observados também estão espalhados, distantes da média. O rebaixamento médio, ou seja, a diferença entre os valores médios dos níveis estáticos e dos níveis dinâmicos resultou em 28,80m.

A tabela 6-17 apresenta os valores dos níveis estáticos e dinâmicos para os aquíferos Bauru, Serra Geral e Guarani.

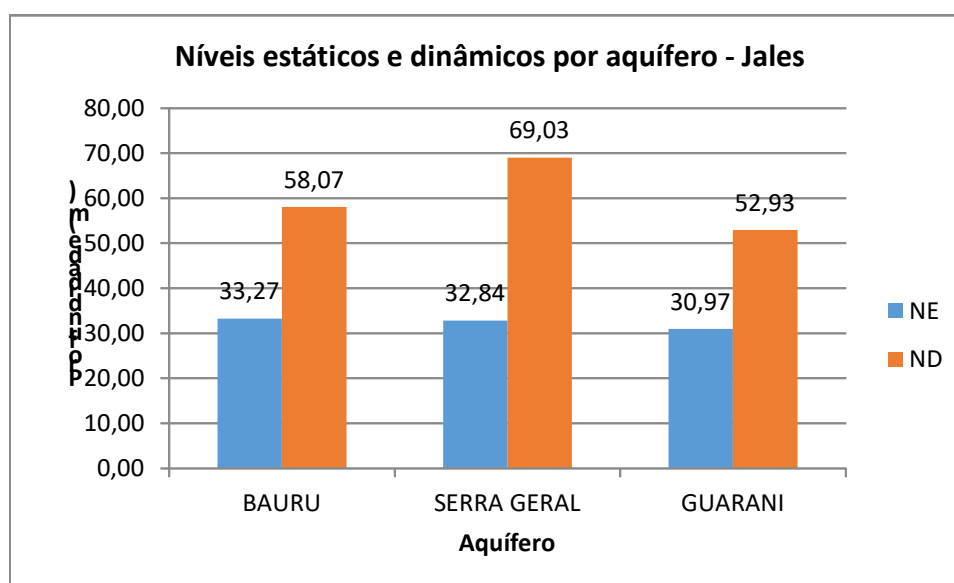
Tabela 6-17 Níveis estáticos e dinâmicos por aquífero na região de Jales

JALES						
REGIÕES			BAURU	SERRA GERAL	GUARANI	PASSA DOIS
JALES	NE	MEDIA	33,27	32,84	30,97	-
		MEDIANA	29,40	28,50	35,30	-
		DESVIO PADRÃO	16,43	23,12	17,60	-
	ND	MEDIA	58,07	69,03	52,93	-
		MEDIANA	53,50	61,50	56,00	-
		DESVIO PADRÃO	22,36	35,72	9,96	-

Para os níveis estáticos e dinâmicos dos aquíferos Bauru, Serra Geral e Guarani, os valores da média e da mediana resultaram próximos. Os desvios padrões resultaram relativamente altos.

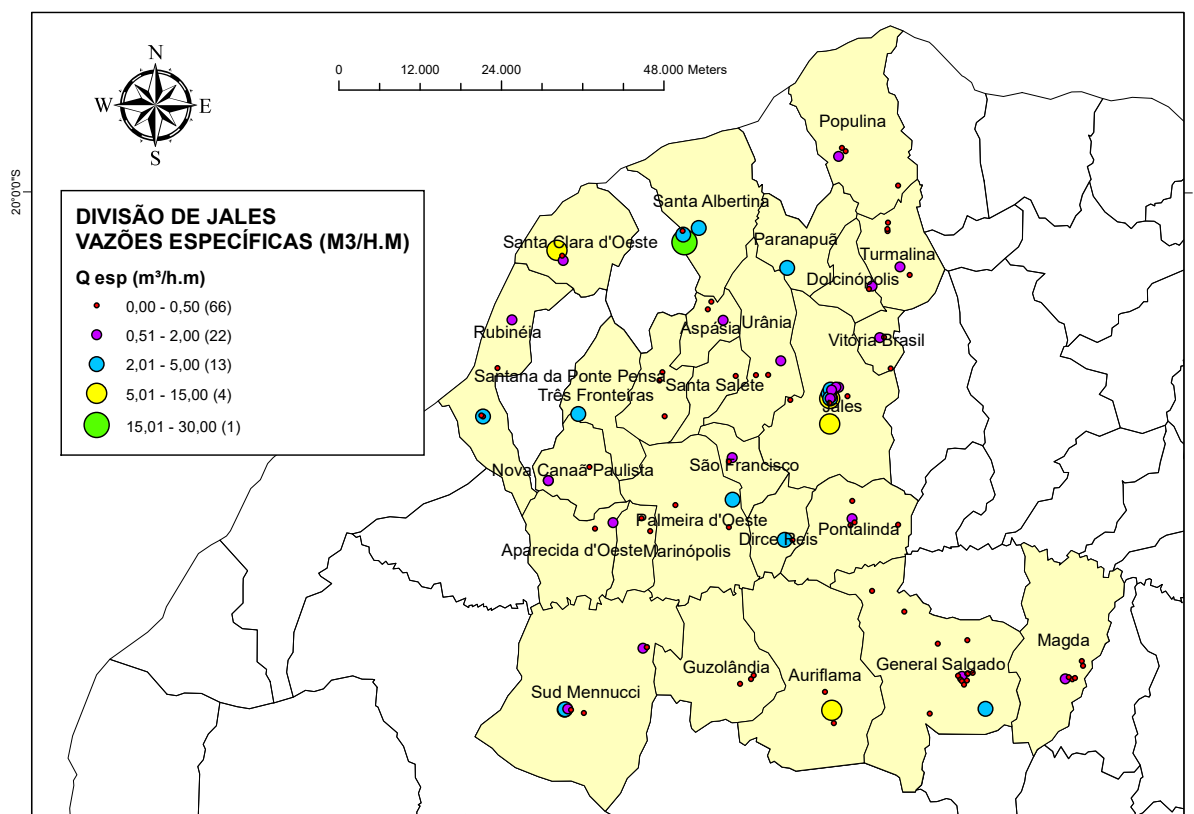
O gráfico da figura 6-77 apresenta os valores das médias dos níveis estáticos e dinâmicos, conforme tabela acima.

Figura 6-77 Níveis estáticos e dinâmicos médios por aquífero na região de Jales



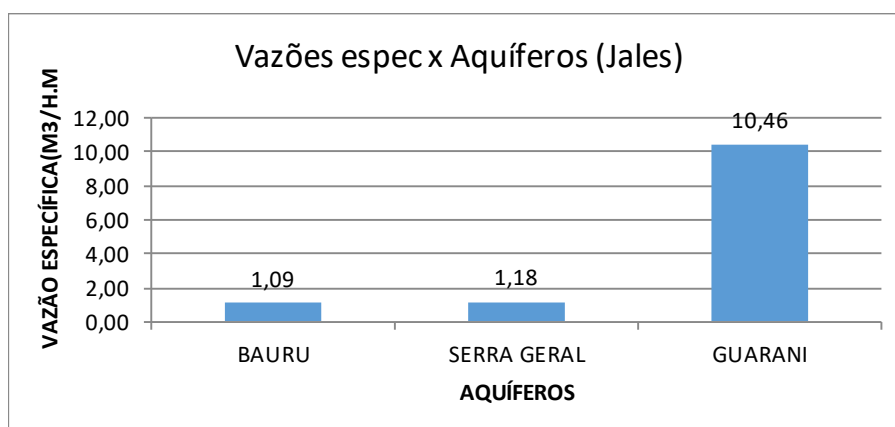
O mapa da figura 6-78 apresenta a localização dos poços e suas respectivas vazões específicas.

Figura 6-78. Mapa das vazões específicas dos poço – Jales



O gráfico da figura 6-79 apresenta as vazões específicas por aquífero.

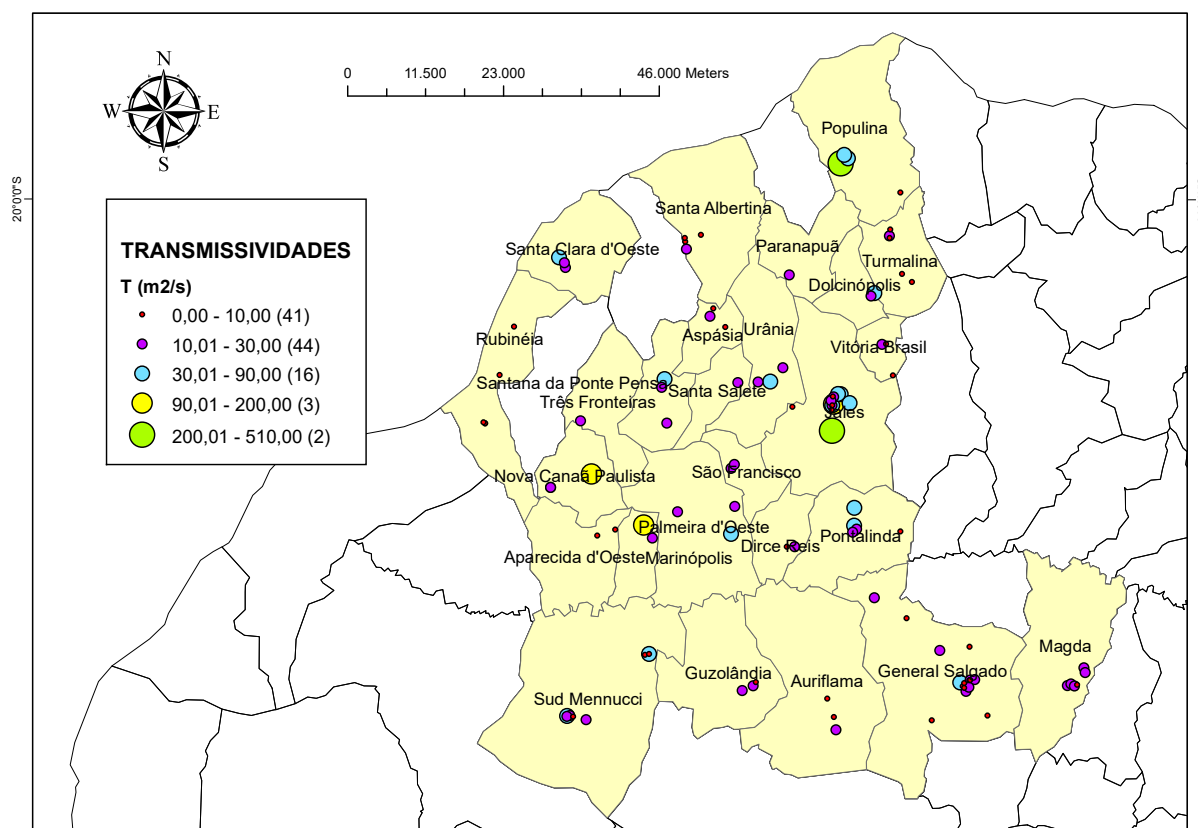
Figura 6-79. Gráfico Vazões específicas x Aquíferos - Jales



Observa-se que a menor vazão específica é a do grupo Bauru e a maior é do aquífero Guarani. A maior vazão específica foi verificada no município de Santa Albertina, no poço PPS8, que explora o aquífero Serra Geral, com valor de 27,12 m³/hxm.

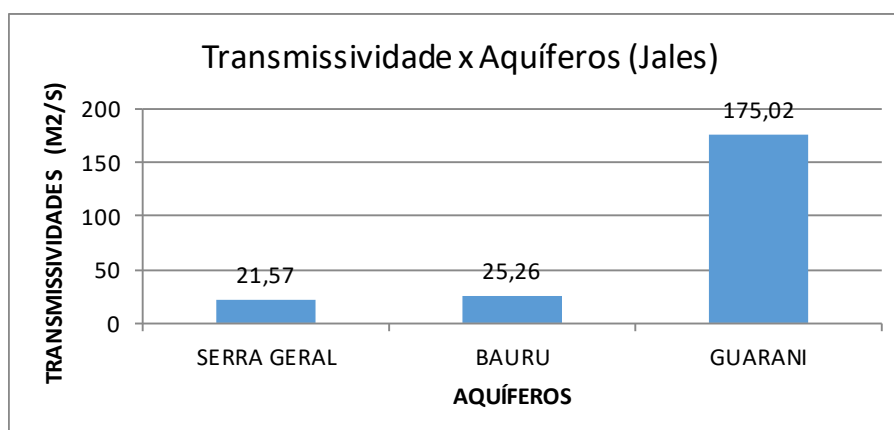
O mapa da figura 6-80 apresenta a localização dos poços e suas transmissividades.

Figura 6-80. Mapa das transmissividades dos poços – Jales



O gráfico da figura 6-81 apresenta as transmissividades por aquífero.

Figura 6-81. Gráfico Transmissividades x Aquíferos - Jales

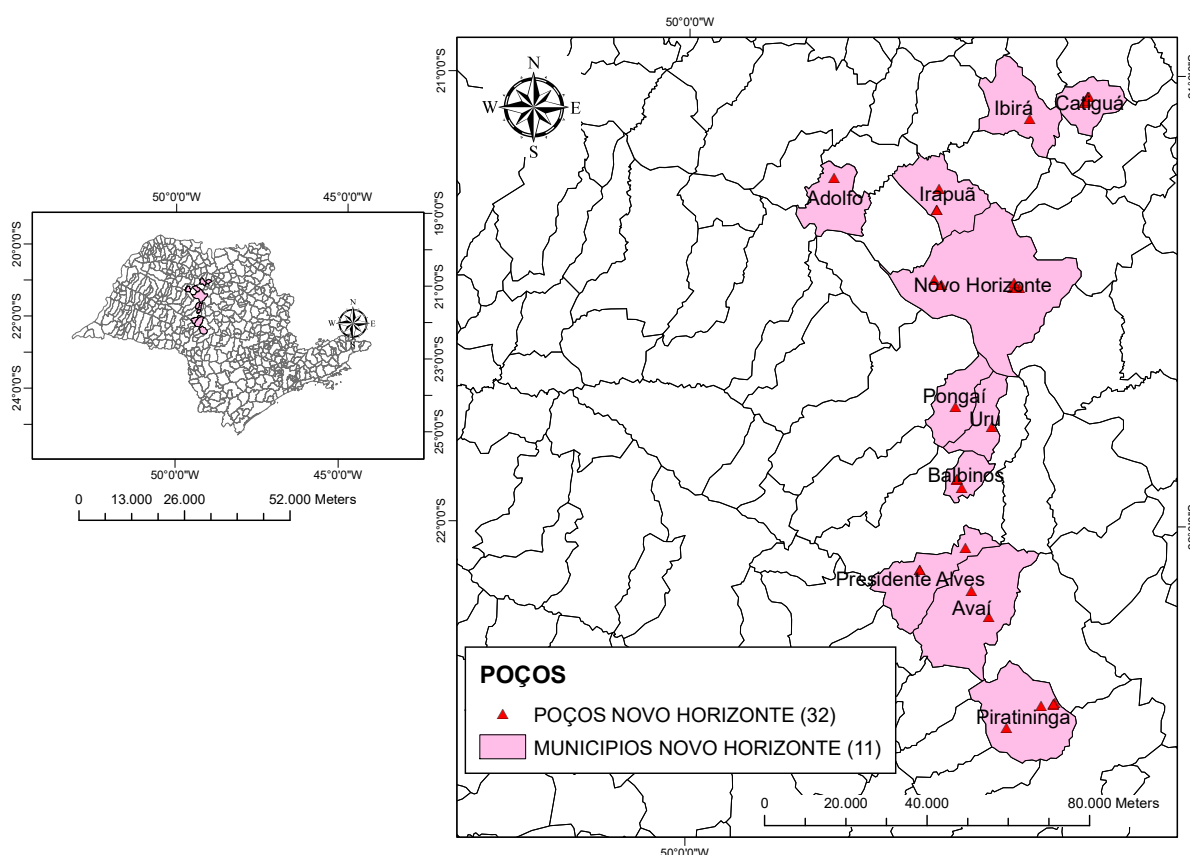


Observa-se que a menor transmissividade é a do aquífero Serra Geral e a maior é do aquífero Guarani. Observa-se que a transmissividade do aquífero Guarani é muito superior as dos aquíferos Serra Geral e Bauru.

## 6.5. REGIÃO DE NOVO HORIZONTE

Na região de Novo Horizonte foram analisados dados de 32 poços, conforme tabela 9.4 do anexo. O mapa da figura 6-82 mostra a localização dos municípios e dos poços estudados na região de Novo Horizonte.

Figura 6-82. Mapa com a localização dos poços na região de Novo Horizonte



Na tabela 6-18 é apresentado um resumo das informações obtidas.

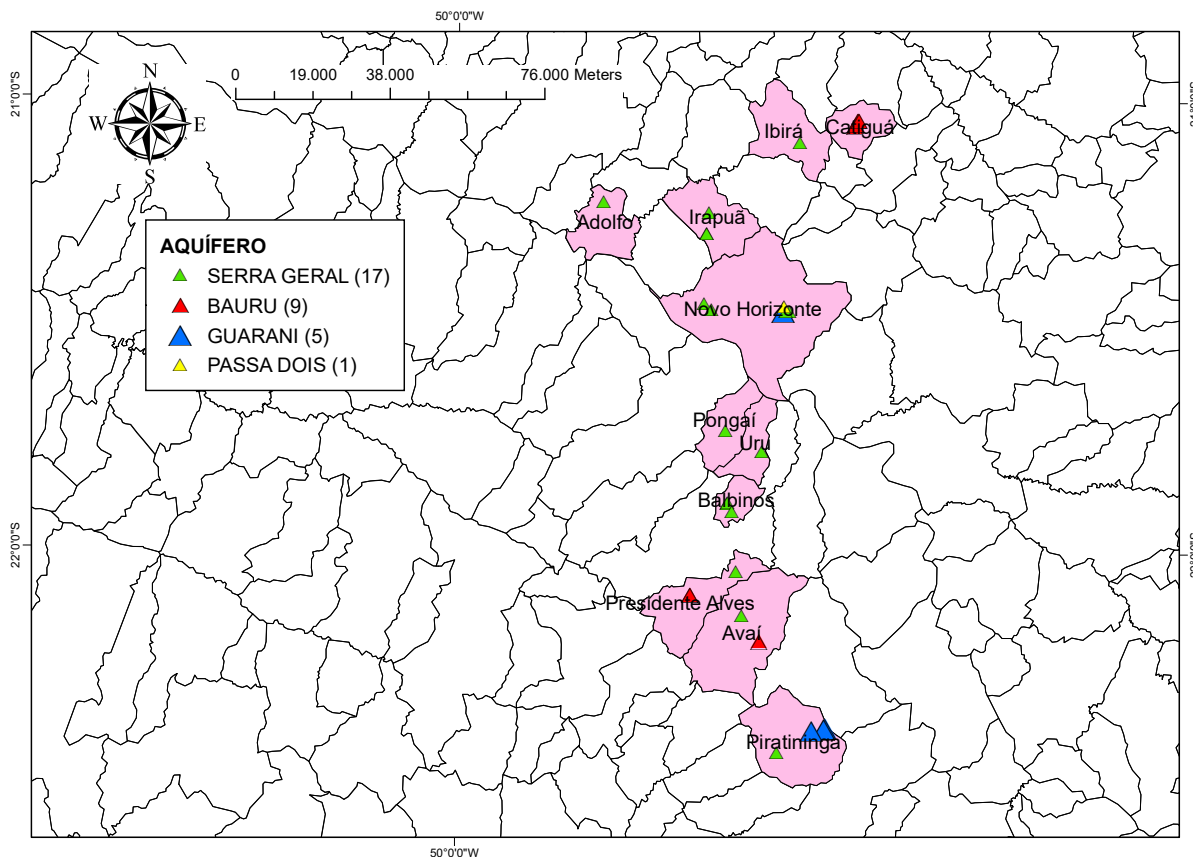
Tabela 6-18. Dados gerais da região de Novo Horizonte

AQUIFERO EXPLORADO	Nº DE POÇOS		VOLUME PRODUZIDO		Q MÉDIA POR POÇO (m³/h)	PROF. MÉDIA (m)
	QUANT	%	m³/mês	%		
BAURU	7	21,21%	13.439,24	13,47%	28,36	179,00
ESTRADA NOVA	5	15,15%	19.234,31	19,27%	32,03	164,40
GUARANI	3	9,09%	58.595,59	58,72%	116,87	434,50
SERRA GERAL	18	54,55%	8.523,30	8,54%	21,35	132,00

Observa-se que a maior parte dos poços, 54,55%, explora o aquífero Serra Geral, com uma vazão média de 21,35 m³/h a uma profundidade média de 132,00m.

O mapa da figura 6-83 apresenta a localização do poços e os aquíferos explorados por eles.

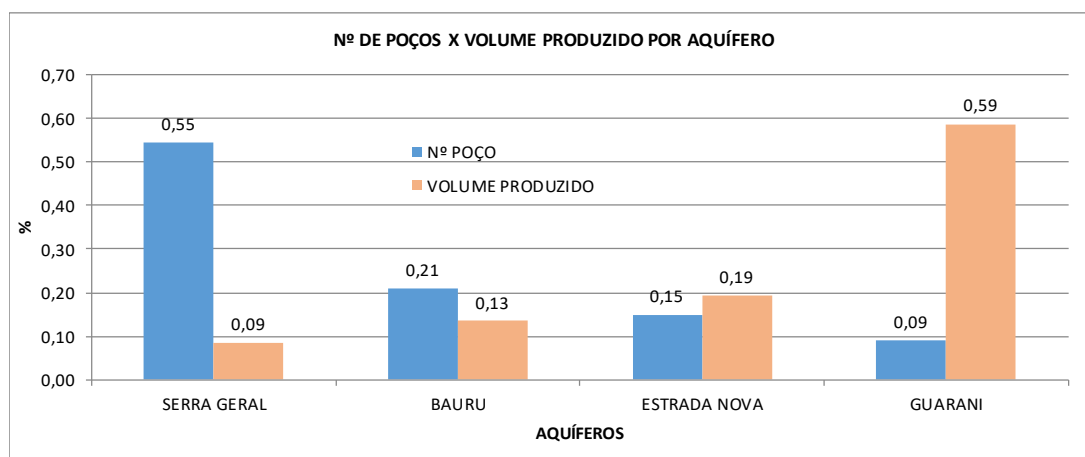
Figura 6-83. Mapa dos aquíferos explorados pelos poços na região de Novo Horizonte



O aquífero mais explorado é o Serra Geral com 17 poços.

O gráfico da figura 6-84 mostra o volume produzido e número de poços por aquífero.

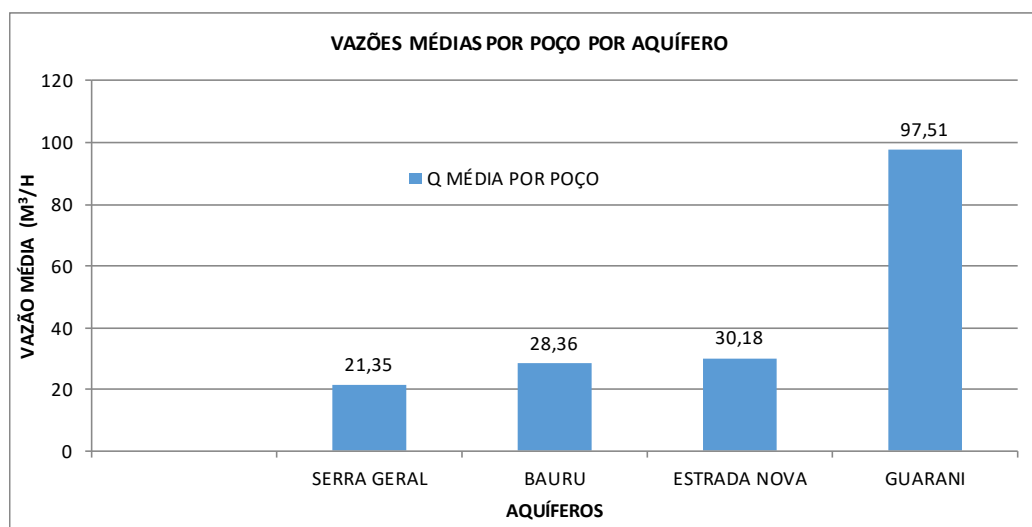
Figura 6-84. Gráfico poços x volumes produzidos na região de Novo Horizonte



Observa-se que as produções dos poços que exploram o Aquífero Guarani, PPS1 (155,00 m<sup>3</sup>/h) e PPS4 (190,05 m<sup>3</sup>/h) de Novo Horizonte são predominantes. O aquífero mais explorado é o Serra Geral, com 18 poços.

A figura 6-85 apresenta o gráfico das vazões médias dos poços por aquífero explorado.

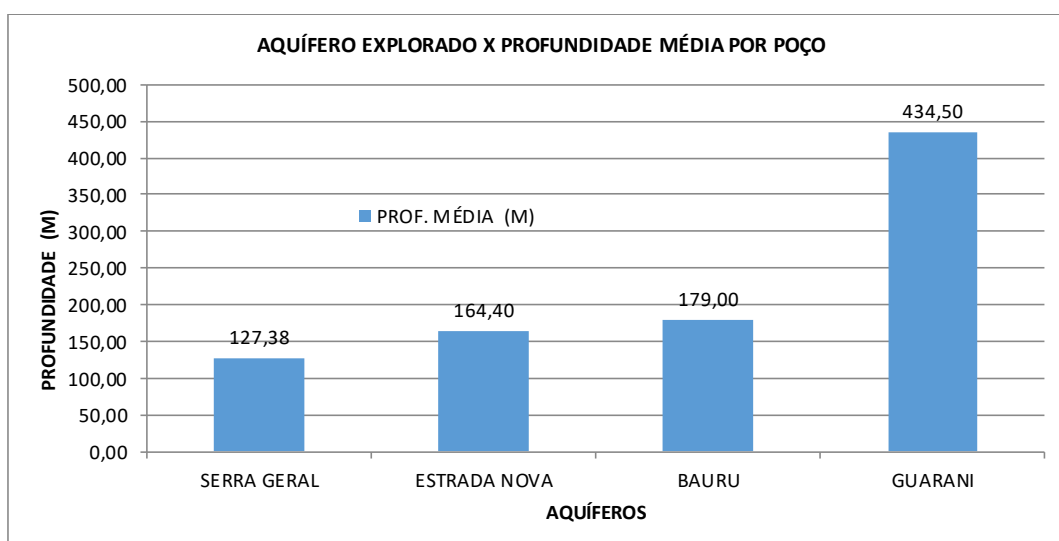
Figura 6-85. Gráfico vazões médias x aquíferos na região de Novo Horizonte



O aquífero mais explorado da divisão é o Serra Geral, com 17 poços.

A figura 6-86 apresenta o gráfico de comparação entre os aquíferos explorados e as profundidades médias dos poços.

Figura 6-86. Gráfico aquífero explorado x profundidade média - Novo Horizonte



Os poços que exploram os Aquíferos Guarani e Passa Dois são menos profundos relativamente as outras divisões. Os poços que exploram o aquífero

Estrada Nova tem profundidade média de 164,40m, sendo todos localizados no município de Piratininga. O poço mais profundo da divisão é o PPS1 de Novo Horizonte, com 600m.

Quanto aos níveis estáticos (NE) e níveis dinâmicos (ND) dos aquíferos na região de Novo Horizonte, foram analisados os dados medidos na data da construção dos poços. Os gráficos das figuras 6-87 e 6-88 apresentam os histogramas dos níveis estáticos e dinâmicos respectivamente.

Figura 6-87. Histograma de profundidade do NE (m) na região de Novo Horizonte

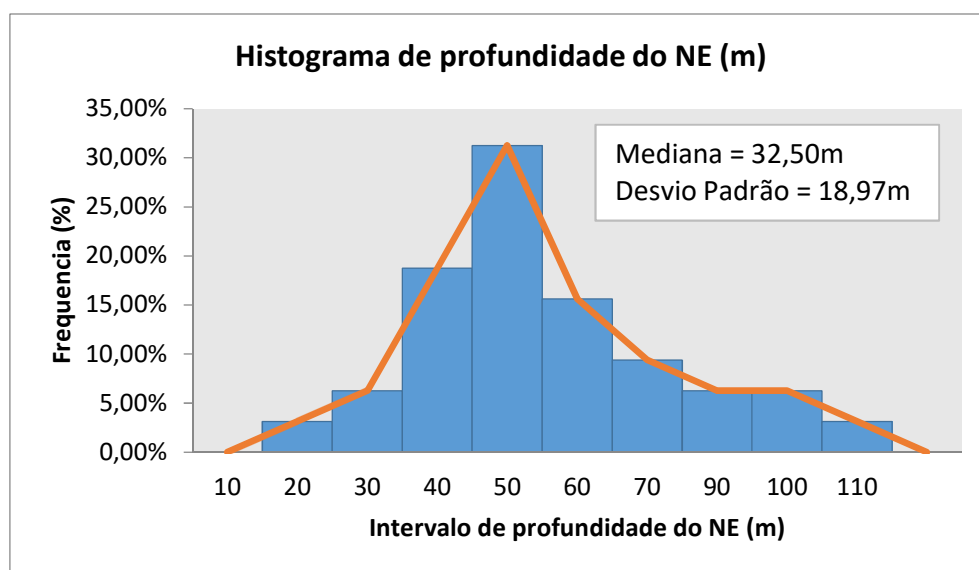
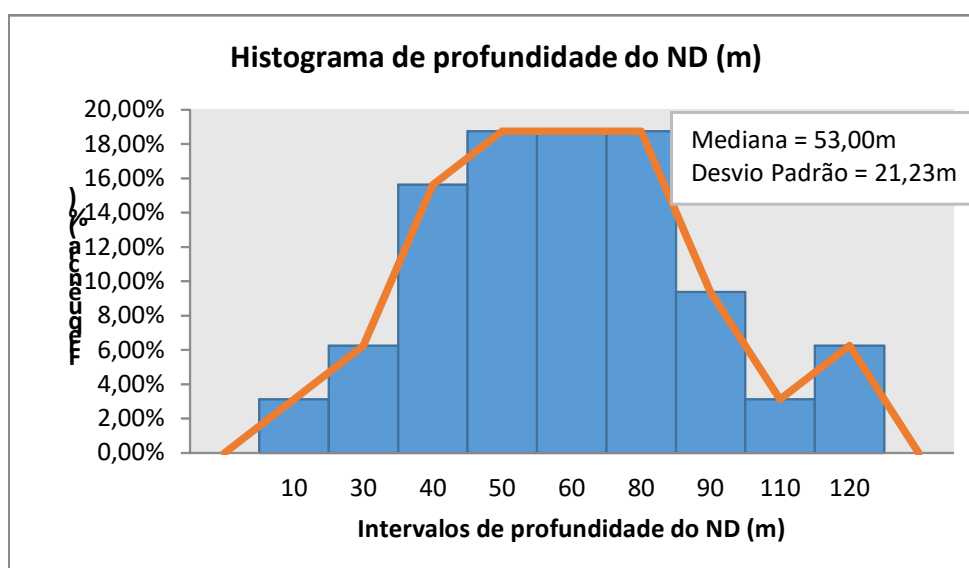


Figura 6-88. Histograma de profundidade do ND (m) na região de Novo Horizonte



Os resultados mostraram que os valores observados estão espalhados, distantes da média. Para a região de Lins, o rebaixamento médio, ou seja, a

diferença entre os valores médios dos níveis estáticos e dos níveis dinâmicos resultou em 21,50m.

A tabela 6-89 apresenta os valores dos níveis estáticos e dinâmicos para os aquíferos Bauru, Serra Geral e Passa Dois.

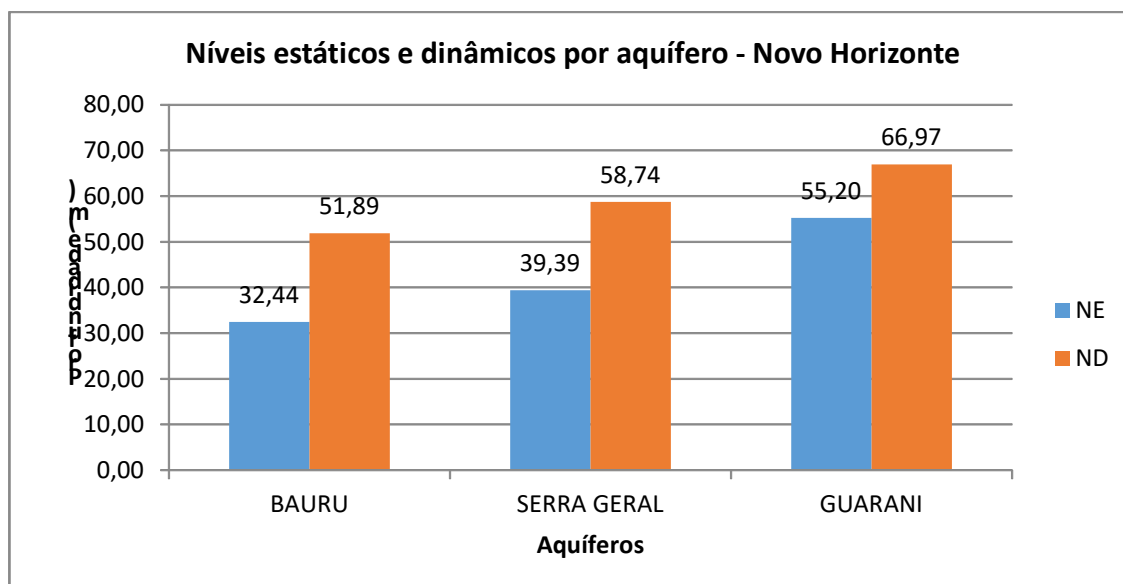
Figura 6-89 Níveis estáticos e dinâmicos por aquífero na região de Novo Horizonte

NOVO HORIZONTE						
REGIÕES			BAURU	SERRA GERAL	GUARANI	PASSA DOIS
NOVO HORIZONTE	NE	MEDIA	32,44	39,39	55,20	-
		MEDIANA	32,00	28,00	49,00	-
		DESVIO PADRÃO	5,70	25,87	33,68	-
	ND	MEDIA	51,89	58,74	66,97	-
		MEDIANA	52,00	52,00	58,10	-
		DESVIO PADRÃO	15,56	26,26	34,92	-

Para os níveis estáticos e dinâmicos dos aquíferos Bauru, Serra Geral e Passa Dois, os valores da média e da mediana resultaram próximos. Os desvios padrões resultaram relativamente altos.

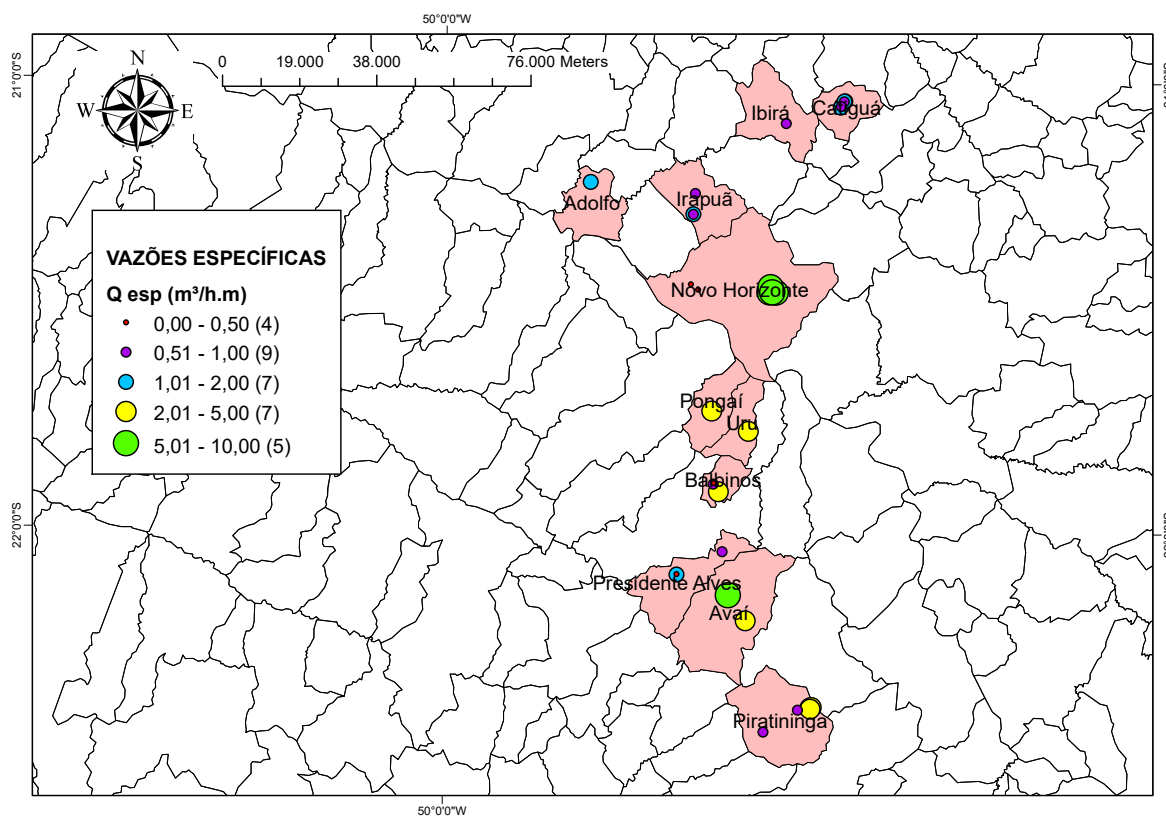
O gráfico da figura 6-90 apresenta os valores das médias dos níveis estáticos e dinâmicos, conforme tabela acima.

Figura 6-90 Níveis estáticos e dinâmicos médios por aquífero na região de Novo Horizonte



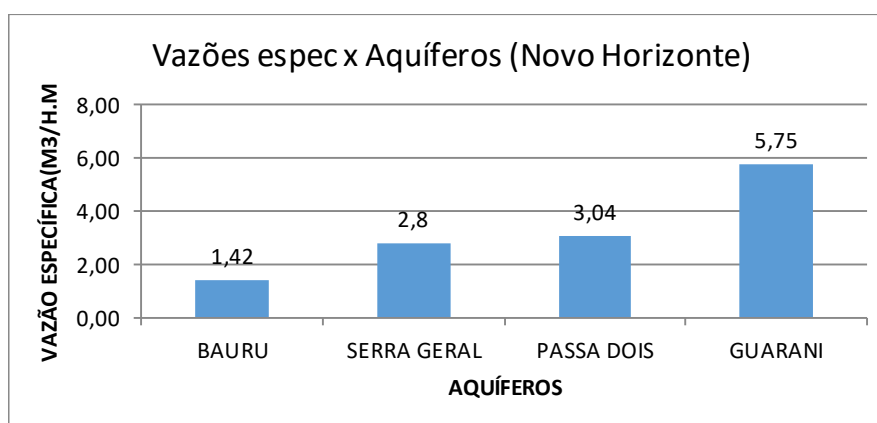
O mapa da figura 6-91 apresenta a localização dos poços e suas respectivas vazões específicas.

Figura 6-91. Mapa das vazões específicas dos poço - Novo Horizonte



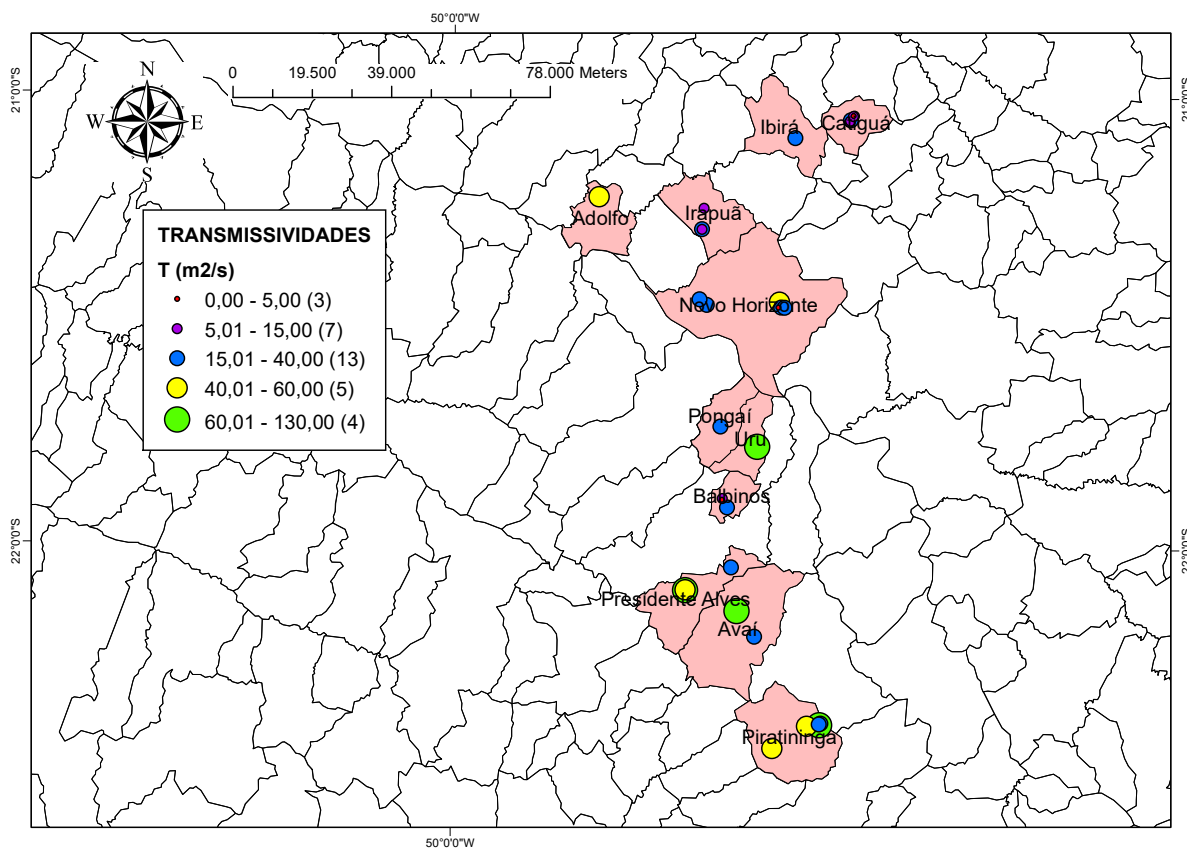
O gráfico da figura 6-92 apresenta as vazões específicas por aquífero.

Figura 6-92. Vazões específicas x Aquíferos - Novo Horizonte



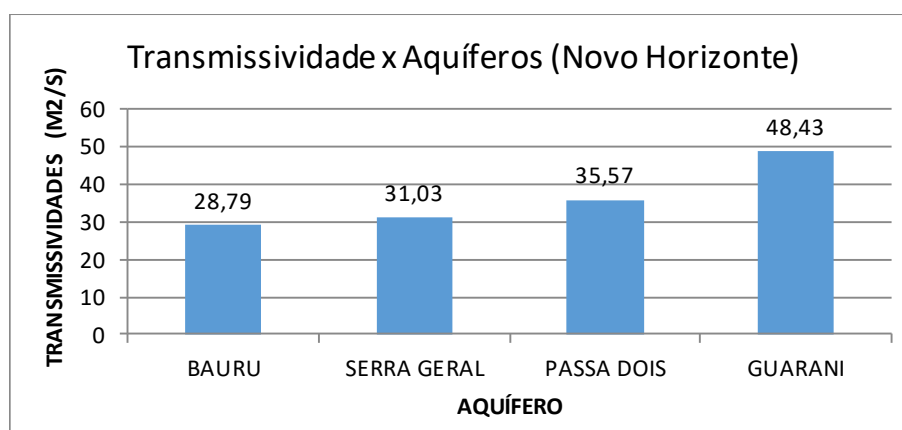
Observa-se que a menor vazão específica é a do grupo Bauru e maior é do aquífero Guarani. A maior vazão específica foi verificada no município de Novo Horizonte, no poço PPS2, que explora o aquífero Serra Geral, com valor de 9,58 m³/hxm. O mapa da figura 6-93 apresenta a localização dos poços e suas transmissividades.

Figura 6-93. Mapa das transmissividades dos poços - Novo Horizonte



O gráfico da figura 6-94 apresenta as transmissividades por aquífero.

Figura 6-94. Gráfico Transmissividade x Aquíferos - Novo Horizonte



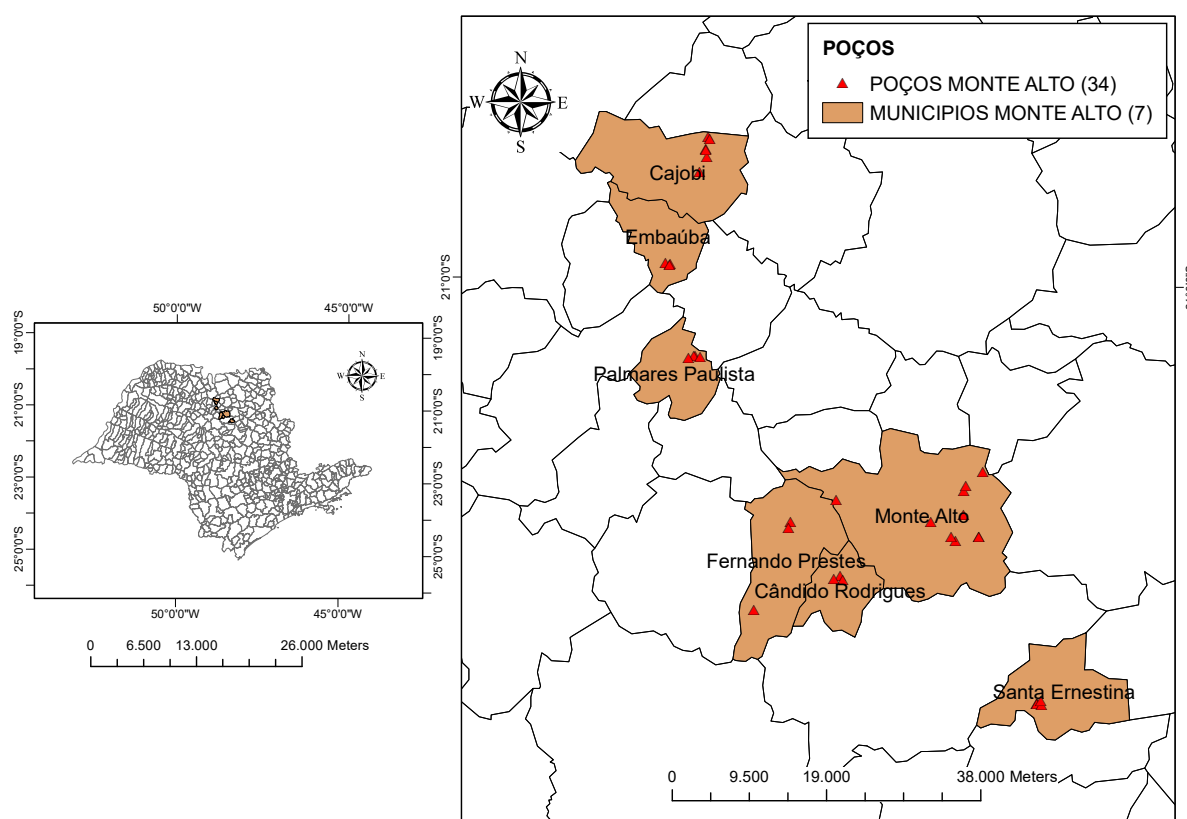
Observa-se que a menor transmissividade é a do aquífero Bauru e a maior é do aquífero Guarani, porém, não há grandes diferenças entre elas como observado em outras divisões. Observa-se que as transmissividades são semelhantes às de Monte Alto, sendo que os aquíferos Bauru e Serra Geral apresentam melhores transmissividades que as divisões de Lins, Fernandópolis e Jales.

## 6.6. REGIÃO DE MONTE ALTO

Na região de Monte Alto foram analisados dados de 34 poços, conforme tabela 9.4 do anexo.

O mapa da figura 6-95 mostra a localização dos municípios e dos poços estudados na região de Monte Alto.

Figura 6-95. Mapa com a localização dos poços na região de Monte Alto



Na tabela 6-19 é apresentado um resumo das informações obtidas.

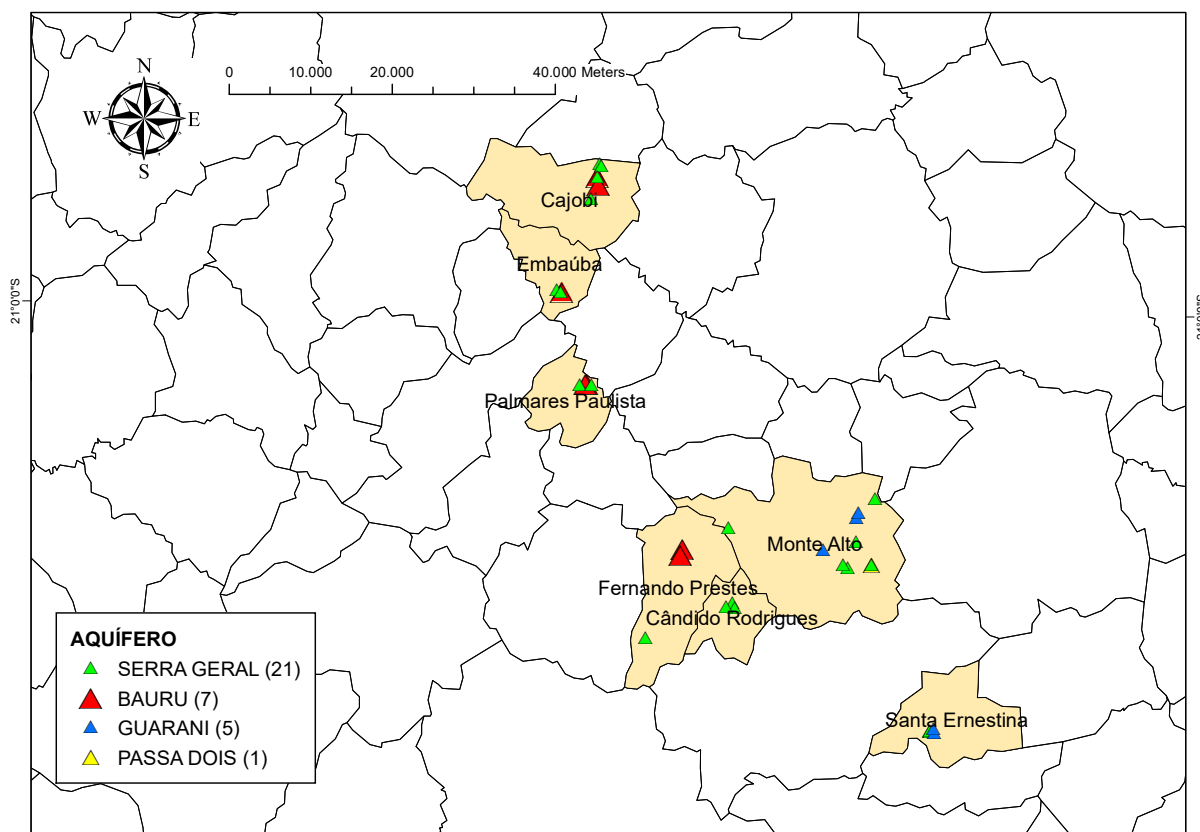
Tabela 6-19. Dados gerais da região de Monte Alto

AQUIFERO EXPLORADO	Nº DE POÇOS		VOLUME PRODUZIDO		Q. MÉDIA POR POÇO (M <sup>3</sup> /H)	PROF. MÉDIA (M)
	QUANT	%	M <sup>3</sup> /MÊS	%		
BAURU	7	20,59%	7.885,12	4,18%	19,89	99,43
GUARANI	5	14,71%	45.908,08	24,31%	78,72	492,40
PASSA DOIS	1	2,94%	128.024,28	67,79%	209,19	664,00
SERRA GERAL	21	61,76%	7.043,12	3,73%	17,20	130,73

Observa-se que a maior parte dos poços, 62,86%, explora o aquífero Serra Geral, com uma vazão média de 17,20m<sup>3</sup>/h a uma profundidade média de 130,73m.

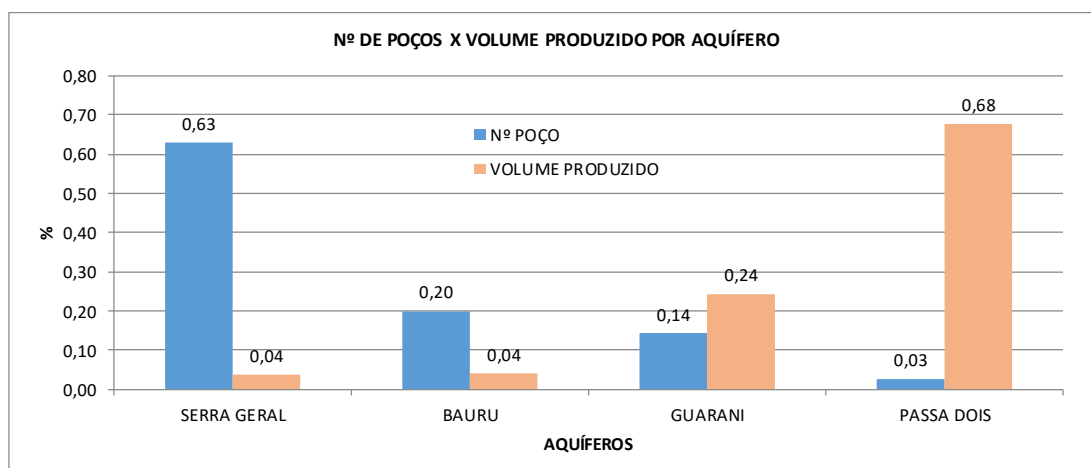
O mapa da figura 6-96 apresenta a localização dos poços e os aquíferos explorados por eles.

Figura 6-96. Mapa dos aquíferos explorados pelos poços na região de Monte Alto



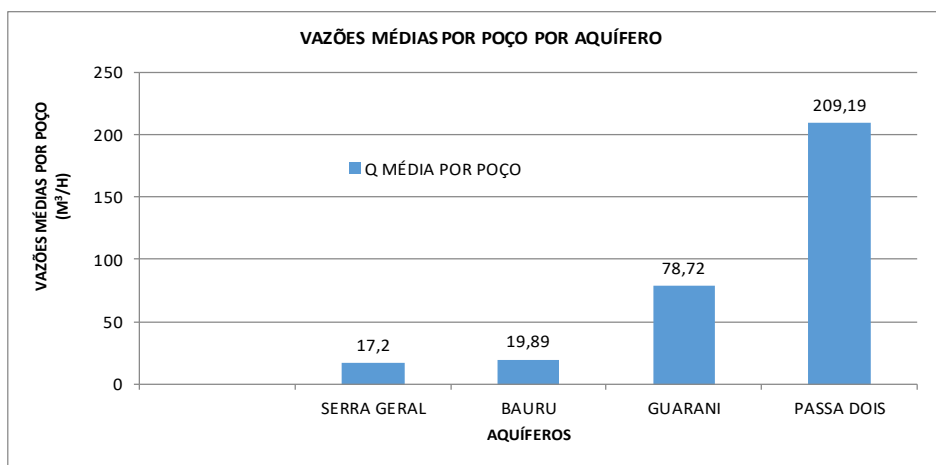
Observa-se no gráfico 6-97 o volume produzido por aquífero, proporcionalmente ao número de poços.

Figura 6-97. Gráfico poços x volumes produzidos na região de Monte Alto



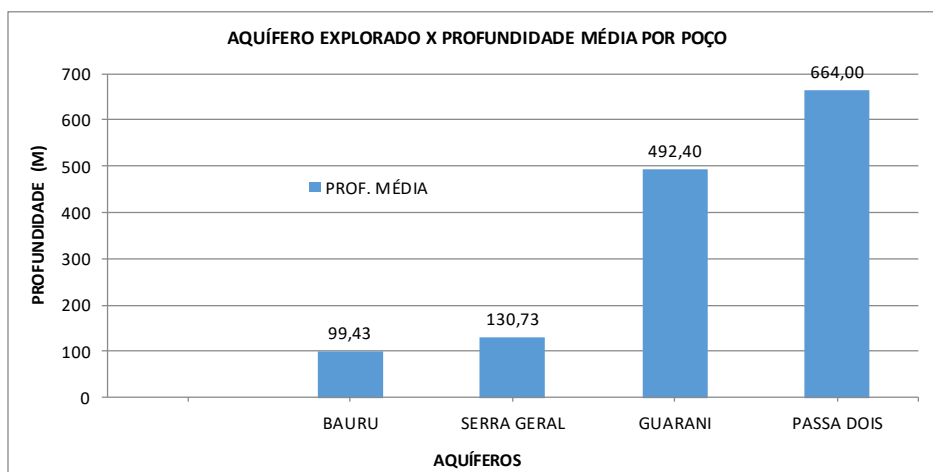
Observa-se que o PIII de Monte Alto, que explora o Aquífero Passa Dois, possui a maior produtividade, sendo que este poço gera sozinho 67,79% de todo o volume produzido na divisão de Monte Alto. Os cinco poços do Aquífero Guarani, sendo três em Monte Alto (PI, PII e PIV), e dois de Santa Ernestina (PPS5 e PPS6), embora apresentem profundidades semelhantes, o poço do Aquífero Passa Dois apresenta produção muito superior aos demais. Observa-se também que os poços do Aquífero Serra Geral e do Aquífero Bauru apresentam vazões semelhantes. A figura 6-98 apresenta o gráfico das vazões médias dos poços por aquífero explorado.

Figura 6-98. Gráfico vazões médias x aquíferos na região de Monte Alto- baseado na Tabela 6.6.5



Observa-se que os poços que atingem o aquífero Passa Dois apresentam vazões médias muito maiores que as dos poços dos aquíferos Guarani, Serra Geral e Bauru. A figura 6-99 apresenta o gráfico de comparação entre os aquíferos explorados e as profundidades médias dos poços.

Figura 6-99. Gráfico aquífero explorado x profundidade média por poço - Monte Alto



Os poços que exploram os Aquíferos Guarani e Passa Dois são menos profundos relativamente às divisões de Lins, Fernandópolis e Jales. Os poços que exploram os aquíferos Guarani localizam-se no município de Monte Alto (PI, PII, PIV) e no município de Santa Ernestina (PPS5 e PPS6). O poço mais profundo é o PIV de Monte Alto com profundidade de 809,00m.

Quanto aos níveis estáticos (NE) e níveis dinâmicos (ND) dos aquíferos na região de Lins, foram analisados os dados medidos na data da construção dos poços. Os gráficos das figuras 6-100 e 6-101 apresentam os histogramas dos níveis estáticos e dinâmicos respectivamente.

Figura 6-100. Histograma de profundidades do NE (m) na região de Monte Alto

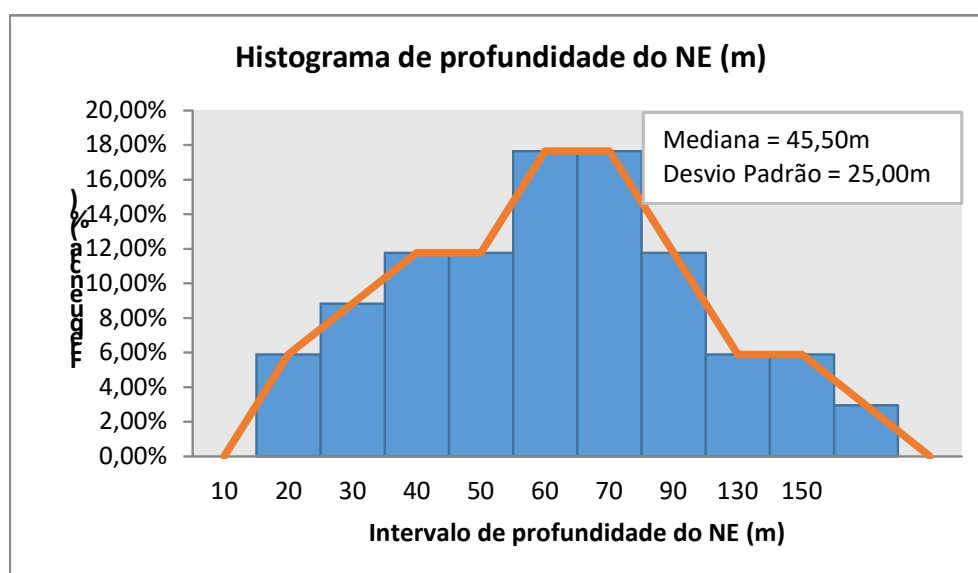
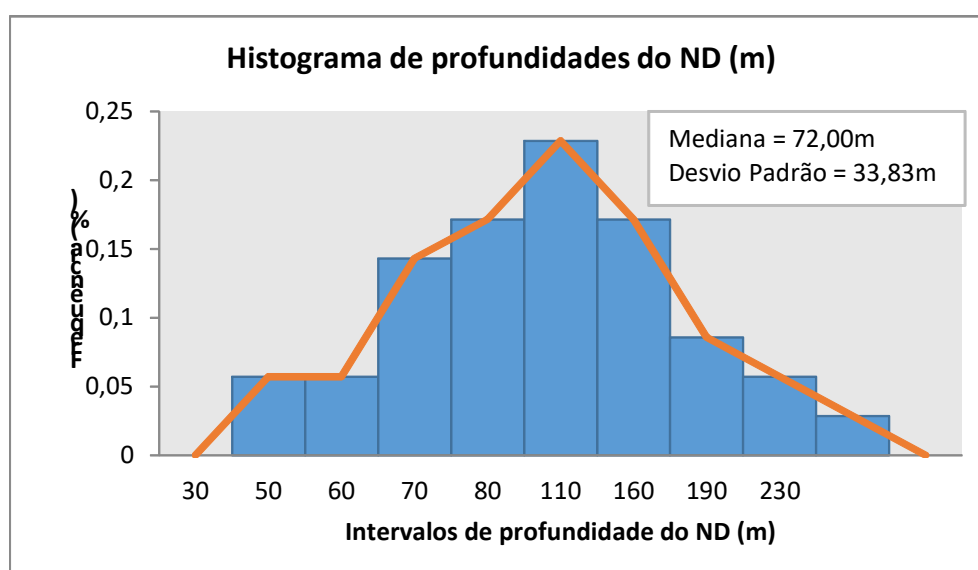


Figura 6-101. Histograma de profundidades do ND (m) na região de Monte Alto



Os resultados mostraram que os valores observados estão espalhados, distantes da média. Para a região de Lins, o rebaixamento médio, ou seja, a diferença entre os valores médios dos níveis estáticos e dos níveis dinâmicos resultou em 26,50m.

A tabela 6-102 apresenta os valores dos níveis estáticos e dinâmicos para os aquíferos Bauru, Serra Geral, Guarani e Passa Dois.

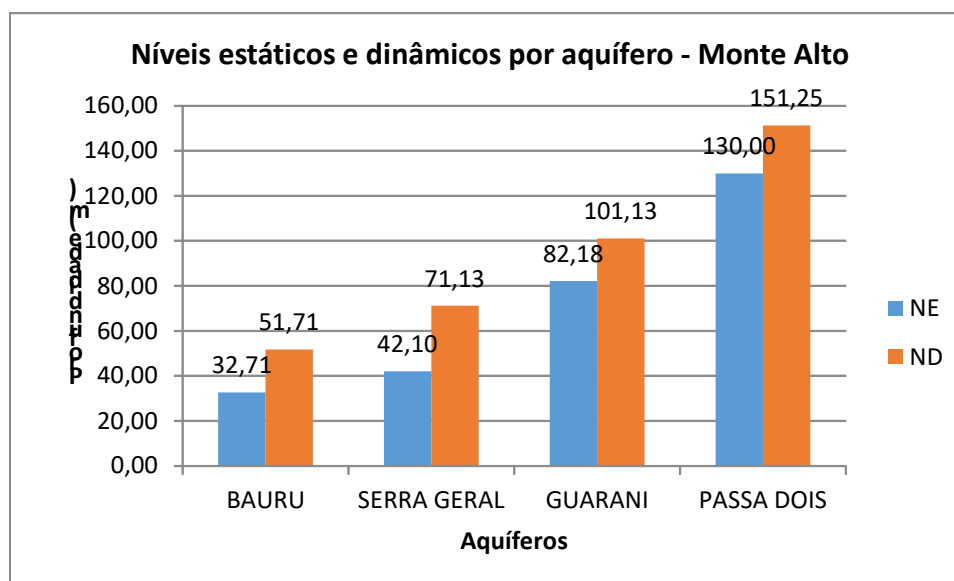
Figura 6-102 Níveis estáticos e dinâmicos por aquífero na região de Monte Alto

REGIÃO			BAURU	SERRA GERAL	GUARANI	PASSA DOIS
MONTE ALTO	NE	MEDIA	32,71	42,10	82,18	130,00
		MEDIANA	32,50	35,50	72,95	122,00
		DESVIO PADRÃO	11,25	23,88	58,65	46,67
	ND	MEDIA	51,71	71,13	101,13	151,25
		MEDIANA	53,00	65,28	98,20	150,00
		DESVIO PADRÃO	16,04	30,52	60,41	50,91

Para os níveis estáticos e dinâmicos dos aquíferos Bauru, Serra Geral e Passa Dois, os valores da média e da mediana resultaram próximos. Os desvios padrões resultaram relativamente altos.

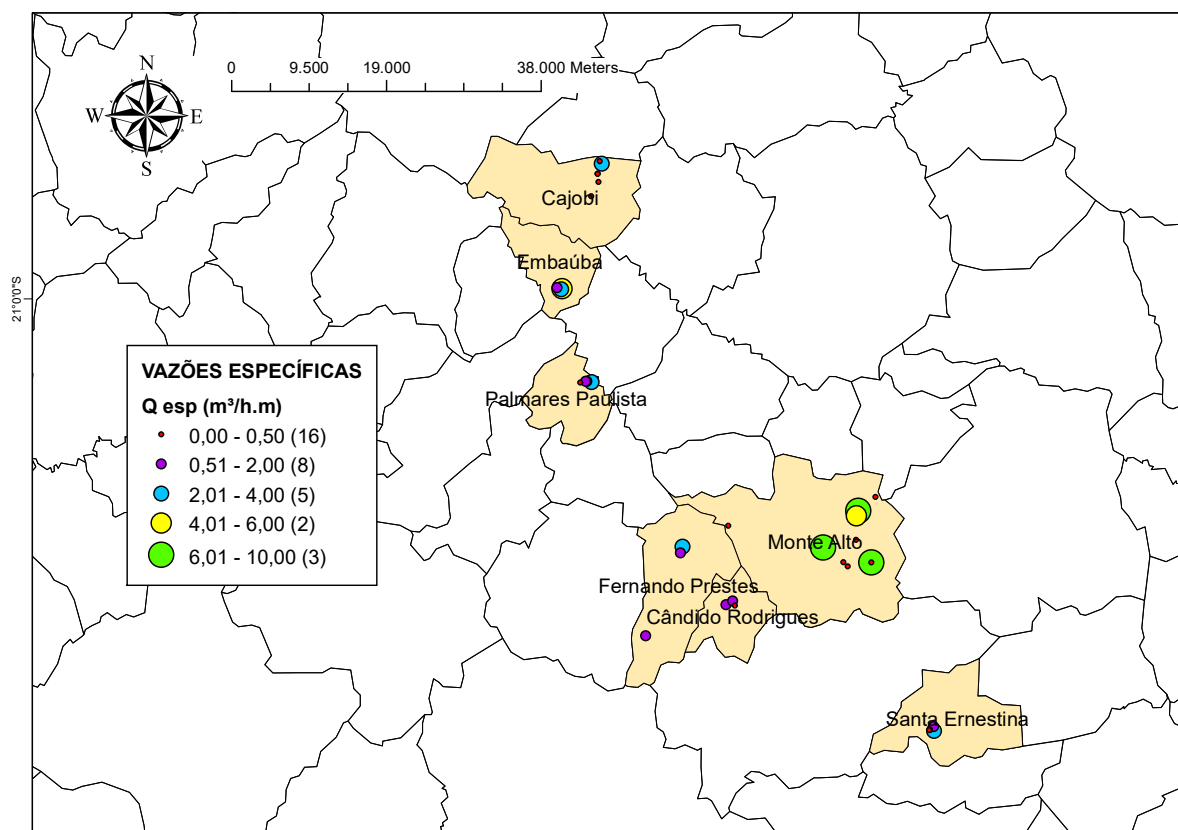
O gráfico da figura 6-103 apresenta os valores das médias dos níveis estáticos e dinâmicos, conforme tabela acima.

Figura 6-103 Níveis estáticos e dinâmicos médios por aquífero na região de Monte Alto



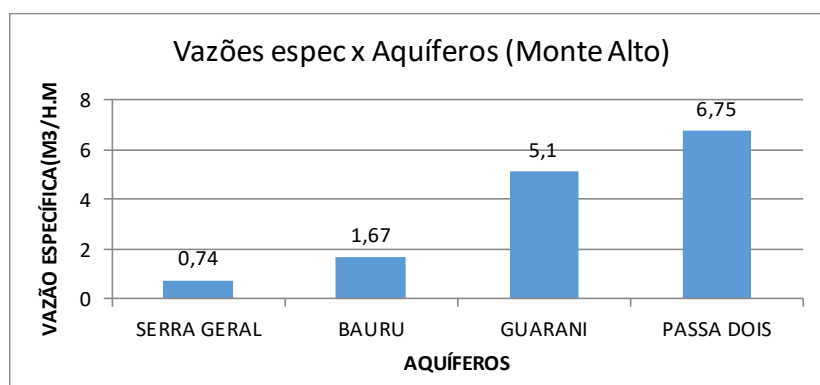
O mapa da figura 6-104 apresenta as localizações dos poços e suas vazões específicas.

Figura 6-104. Mapa das vazões específicas - Monte Alto



Observa-se que a menor vazão específica é do aquífero Serra Geral e maior é do aquífero Passa Dois. O gráfico da figura 6-105 apresenta as vazões específicas por aquífero

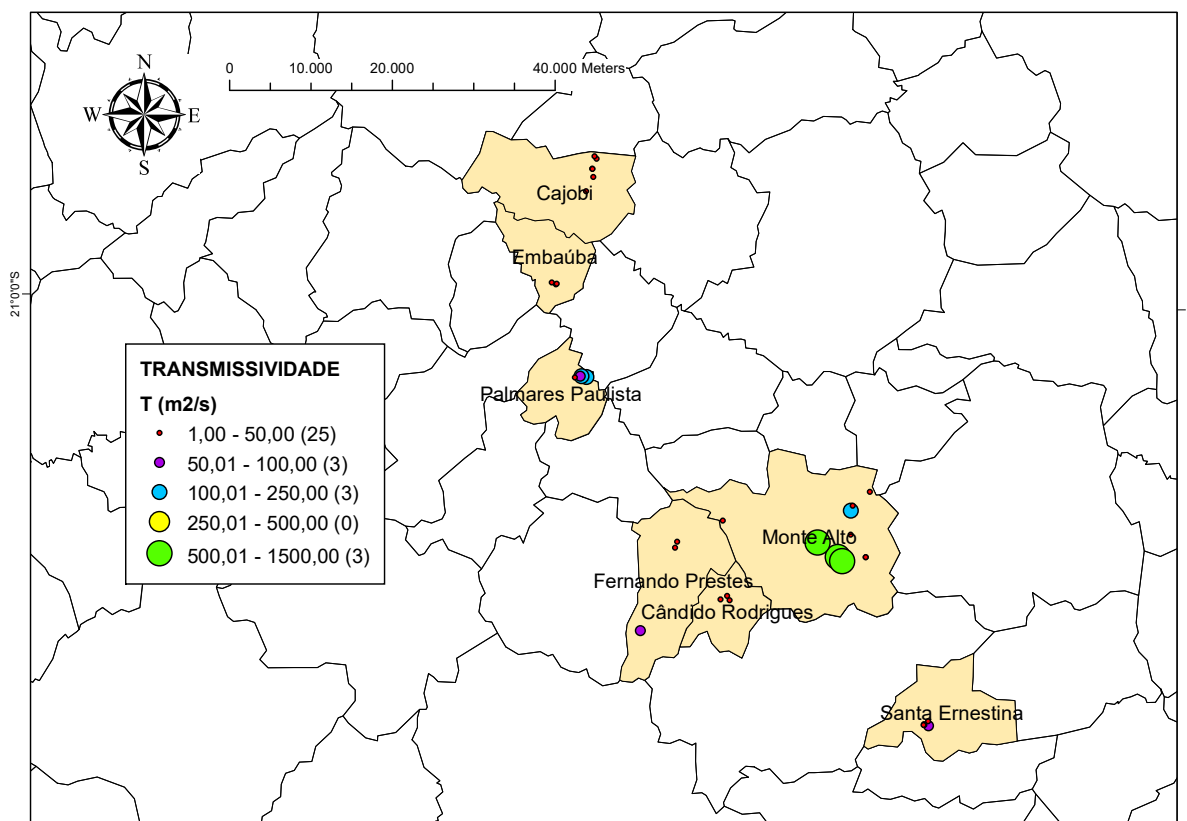
Figura 6-105. Gráfico de Vazões Específicas x Aquíferos - Monte Alto



O aquífero Passa Dois é representado pelo PIII de Monte Alto com vazão específica de 6,75 m³/hxm. A maior vazão específica foi verificada no município de Monte Alto, no poço PIV, que explora o aquífero Guarani, com valor de 8,24 m³/hxm.

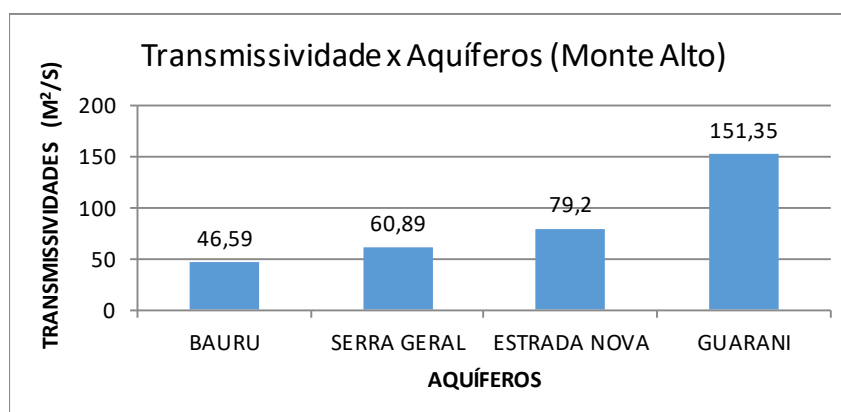
O mapa da figura 6-106 apresenta a localização dos poços e suas transmissividades.

Figura 6-106. Mapa das transmissividades - Monte Alto



O gráfico da figura 6-107 apresenta as transmissividades por aquífero.

Figura 6-107. Gráfico de Transmissividades x Aquíferos - Monte Alto



Observa-se que a menor transmissividade é a do aquífero Bauru e a maior é do aquífero Guarani. Observa-se que a transmissividade do aquífero Guarani se destaca, porém, as transmissividades dos aquíferos Bauru e Serra Geral região de Monte Alto são melhores que as das regiões de Lins, Fernandópolis e Jales.

## 7. CONCLUSÕES

Esse trabalho apresentou uma avaliação de diversos poços tubulares profundos que captam água subterrânea na região noroeste do estado de São Paulo. Foram feitas identificações, mapeamentos e avaliações de diversos parâmetros, entre eles: aquíferos explorados, profundidades, evolução das perfurações ao longo do tempo, vazões médias, vazões específicas, transmissividades, níveis dinâmicos e estáticos, espessura dos aquíferos, horas de funcionamento, custos e eficiência energética.

Foram analisados dados de 331 poços localizados em 83 municípios referentes às divisões de áreas: região de Lins, região de Fernandópolis, região de Jales, região de Novo Horizonte e região de Monte Alto. A população abastecida total destes municípios é de aproximadamente 701.050 pessoas. Os poços analisados exploram os aquíferos: Bauru, Serra Geral, Guarani e Passa Dois.

Quanto a evolução do número de perfurações, ficou evidenciado neste estudo que entre as décadas de 70 e 80 houve o maior número de perfurações. Isto sugere que o investimento em perfurações foi maior durante o regime militar, no período conhecido como “milagre econômico”, entre os anos de 1969 (PIB de 14%) e 1973 (PIB de 19,46%), época em que o país teve um elevado crescimento.

Observou-se que o aquífero com maior vazão específica é o Guarani, sendo que na região de Jales apresenta valor superior às outras regiões.

As melhores vazões específicas médias obtidas foram das regiões de Fernandópolis e Novo Horizonte.

Observa-se que a região de Lins possui a maior vazão média, a região de Fernandópolis possui os poços mais profundos, a região de Monte Alto possui as melhores vazões específicas e transmissividades

A tabela 7.1 apresenta os valores das médias, medianas e desvios padrões de diversas características dos poços, por aquíferos explorados.

Tabela 7-1 Tabela das características dos aquíferos

CARACTERÍSTICAS DOS AQUÍFEROS				
PARÂMETROS	AQUÍFERO	MEDIA	MEDIANA	DESVIO PADRÃO
VAZÃO (M3/H)	BAURU	13,62	11,35	9,12
	SERRA GERAL	17,09	12,4	14,68
	GUARANI	105,24	88,62	85,78
	PASSA DOIS	245,89	219,75	109,97
PROFUNDIDADES (M)	BAURU	110,89	111,5	36,27
	SERRA GERAL	165,46	152	60,39
	GUARANI	679,06	559,5	526,81
	PASSA DOIS	1060,92	929,5	481,45
ESPESSURAS (M)	BAURU	86,9	90	48,35
	SERRA GERAL	518,1	398	416,77
	GUARANI	246,67	285,5	122,52
VAZÕES ESPECÍFICAS (M <sup>3</sup> /H.M)	BAURU	1,13	0,61	1,25
	SERRA GERAL	1,74	0,41	6,27
	GUARANI	5,65	4,98	3,78
	PASSA DOIS	6,16	6,35	1,74
TRANSMISSIVIDADES (M <sup>2</sup> /S)	BAURU	29,69	15,4	43,42
	SERRA GERAL	29,77	13,4	101,92
	GUARANI	162,24	48,34	226,4
	PASSA DOIS	189,87	90,8	214,86
CUSTO (R\$)	BAURU	157.627,50	162.600,00	54.353,48
	SERRA GERAL	225.115,90	216.000,00	81.980,30
	GUARANI	961.143,75	839.250,00	701.267,90
	PASSA DOIS	1.333.975,00	1.123.200,00	514.191,32
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (KWH/M3)	BAURU	20,36	16,87	25,51
	SERRA GERAL	27,76	20,42	38,55
	GUARANI	20,15	22,97	9,58
	PASSA DOIS	22,21	22,5	9,22

Na região de Lins o aquífero mais explorado é o Serra Geral (82,89% dos poços), com vazão específicas de 2,08m<sup>3</sup>/h.m e transmissividade de 22,37 m<sup>2</sup>/s. Os poços que exploram este aquífero possuem: vazão média 18,28m<sup>3</sup>/h; profundidade média de 168,41m, nível estático (mediana 40,00m com desvio padrão em 21,62m); e nível dinâmico (mediana 81,00m com desvio padrão de 21,81m).

Na região de Fernandópolis foram obtidos os seguintes resultados: o aquífero mais explorado é o Serra Geral (74,70% dos poços), com vazão específicas de 2,34m<sup>3</sup>/h.m e transmissividade de 14,76m<sup>2</sup>/s. Os poços que exploram este aquífero possuem: vazão média 18,18m<sup>3</sup>/h; profundidade média de 184,44m; nível estático (mediana 27,00m com desvio padrão em 16,46m); e nível dinâmico (mediana 56,70m com desvio padrão de 24,88m).

Na região de Jales foram obtidos os seguintes resultados: o aquífero mais explorado é o Serra Geral (84,00% dos poços), com vazão específicas de  $1,18\text{m}^3/\text{h.m}$  e transmissividade de  $21,57\text{m}^2/\text{s}$ . Os poços que exploram este aquíferos possuem: vazão média  $13,59\text{ m}^3/\text{h}$ ; profundidade média de 158,00m; nível estático (mediana 29,20m com desvio padrão em 16,57m); e nível dinâmico (mediana 58,00m com desvio padrão de 26,70m).

Na região de Novo Horizonte foram obtidos os seguintes resultados: o aquífero mais explorado é o Serra Geral (54,55% dos poços), com vazão específicas de  $2,80\text{m}^3/\text{h.m}$  e transmissividade de  $31,03\text{m}^2/\text{s}$ . Os poços que exploram este aquíferos possuem: vazão média  $21,35\text{m}^3/\text{h}$ ; profundidade média de 132,00m; nível estático (mediana 32,50m com desvio padrão em 18,97m); e nível dinâmico (mediana 53,00m com desvio padrão de 21,23m).

Na região de Monte Alto foram obtidos os seguintes resultados: o aquífero mais explorado é o Serra Geral (62,86% dos poços), com vazão específicas de  $0,74\text{m}^3/\text{h.m}$  e transmissividade de  $60,89\text{m}^2/\text{s}$ . Os poços que exploram este aquíferos possuem: vazão média  $17,20\text{m}^3/\text{h}$ ; profundidade média de 130,73m; nível estático (mediana 45,50 m com desvio padrão em 25,00m); e nível dinâmico (mediana 72,00m com desvio padrão de 33,83m).

Os resultados mostraram que é grande a dificuldade de se fazer uma previsão acertada, antes da perfuração, dos valores dos parâmetros que o poço apresentará. Pois, observa-se que os desvios padrões da maioria dos parâmetros resultaram bastante altos. Isto se deve à grande variabilidade de origens e evoluções das formações. Porém, com a disponibilização de informações de poços já perfurados, é possível a organização de um banco de dados e de mapeamentos georeferenciados que auxiliarão a execução de projetos de poços com mais segurança e com previsões mais acertadas.

Assim, espera-se que este trabalho possa contribuir como uma fonte de consulta e material de apoio para estudos sobre poços tubulares profundos, a serem perfurados nos municípios estudados, ou em outros municípios que possuam características hidrogeologias semelhantes, bem como contribuir com conhecimentos e informações gerais sobre poços tubulares profundos.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Águas subterrâneas, o que são? Disponível em: <<http://www.abas.org/educacao.php>>. Acesso: 10 nov. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Relatório de conjuntura dos recursos hídricos de 2013. Brasília, DF: ANA. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br>>

ALMODOVAR, M.L.N. 2000. A origem natural da poluição por cromo no Aquífero Adamantina, município de Urânia SP. São Paulo. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências/USP. 199 p.

BIANCHI, C.N. Águas Subterrâneas e poços tubulares profundos. 2010. Notas do curso. ABES

BRANCO, A. M. M. Influência do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água: subsídio à gestão dos recursos hídricos à gestão dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica da Serra da Mantiqueira (UGRHI-1). 2014. 88 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/124114>>.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria MS nº 2.914/2011. Brasília. Ministério da Saúde, 2011. 32 p

BRASIL. Lei n. 11.445/2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. Brasília. Lei n. 11.445, 2007.

BRASIL, IBGE. Censo demográfico, 2018. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 12.10.2018

CAPUCCI, E.; MARTINS, A.M.; MANSUR, K.L.; MONSORES, A.L.M. (2001). Poços tubulares e outras captações de águas subterrâneas: orientações aos usuários. Rio de Janeiro.

CARDOSO, F. B. F.; OLIVEIRA, F. R.; NASCIMENTO, F. S.; VARELLA NETO, P. L.; FLORES, P. M. Poços Tubulares Construídos no Brasil. In: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008.

CARVALHO, A.R.; OLIVEIRA, M.V.C. Princípios básicos do Saneamento do meio. 9ªed. São Paulo: Editora Senac.2007.211p.

CASTRO, Cláudio de. & JATOBÁ, Lucivânio. Litosfera. Minerais, Rochas, Relevo. Recife: Editora Universitária, 2004.

CETESB (São Paulo) Qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo 2013-2015 [recurso eletrônico] / CETESB; Execução Rosângela Pacini Modesto... [et al.]. ;Colaboração Blas Marçal Sanchez...[et al.]. - São Paulo: CETESB, 2016.

CLEARY, R. W. Águas Subterrâneas. Princenton Groundwater Inc.: Clean Environment Brasil, 1989. 117 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Alterado pela Resolução CONAMA 397/2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso em: out de 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 9 p. Disponível em:

[http://www.legislacao.mutua.com.br/pdf/diversos\\_normativos/conama/2011\\_CONAMA\\_RES\\_430.pdf](http://www.legislacao.mutua.com.br/pdf/diversos_normativos/conama/2011_CONAMA_RES_430.pdf). Acesso em: out de 2018.

COSTA A. T. M. Modelação matemática dos recursos hídricos subterrâneos da região de Moura. 2008. Dissertação para obtenção do grau de doutor em Ciências da Engenharia. Disponível em: <[http://www.lneg.pt/download/3289/cap\\_11\\_mod\\_locais.pdf](http://www.lneg.pt/download/3289/cap_11_mod_locais.pdf)>. Acesso em 12 dez. 2018.

CUSTÓDIO, E., LLAMAS, M. R. 2001. Hidrologia Subterrânea. 2ed. Barcelona: Ômega.

DACACH, N. G. Saneamento básico. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos. Editora S/A. 2ª Edição. 1984.

BATISTA, JOSE ANDERSON N.; WENDLAND, EDSON; SCHULZ, HARRY E. Analytic element modelling for strip aquifers. *Hydrological Processes*, v. 26, n. 8, p. 1254-1262, APR 15 2012. Citações Web of Science: 3.

ESCOBAR, H. Water security: drought triggers alarms in Brazil's biggest metropolis. *Science*, v. 347, n. 6224, p. 812, 2015. PMID:25700493. <http://dx.doi.org/10.1126/science.347.6224.812>. [Links ]

EBARA - Indústria mecânicas e comércio. Bombas submersas: dimensionamento e aplicações. CT 208-04-07. São Paulo, 2007. 30p.

FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. Hidrogeologia: Conceitos e aplicações. 3.ed. Rio de Janeiro: CPRM/LABHID, 2008. 812p.

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. 2005. Orientações para a utilização de águas subterrâneas no estado de São Paulo. Disponível em: [www.sindan.org.br/download/aguasf.pdf](http://www.sindan.org.br/download/aguasf.pdf). Acesso em: 15 outubro de 2018.

FUNASA. Manual de Projeto e Construções de Poços Tubulares Profundos. Disponível em: [http://www.perfuradores.com.br/index.php?CAT=pocosagua&SPG=perfuracao&art=dicas\\_perf\\_004.A](http://www.perfuradores.com.br/index.php?CAT=pocosagua&SPG=perfuracao&art=dicas_perf_004.A). Acesso em 04 nov. 2018.

GONÇALVES, T. D.; ROIG, H. L.; CAMPOS, J. E. G. Sistema de informação geográfica como ferramenta de apoio à outorga dos recursos hídricos subterrâneos no Distrito Federal. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 39, n. 1, p.169-180. 2009

IRITANI, M.A.; EZAKI, S. As Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo. *Cadernos de Educação Ambiental*. Instituto Geológico, São Paulo, 104p. 2008.

KASTING, J. F. Origens da Água na Terra. *Scientific American Brasil – Novas Luzes sobre o Sistema Solar*. Nº9 – Edição Especial, p. 30-35 fev./mar. 2005.

KARMANN, I. Ciclo da Água: Água subterrânea e sua ação geológica. In: Teixeira W. et al. (orgs). *Decifrando a Terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. P. 113-138.

KARMANN, I. 2009. Água: ciclo e ação geológica. In Teixeira et al. *Decifrando a terra*. Ed. Nacional. 2. ed. São Paulo. 186-208.

LANDIM, P.M.B. (1970)- O Grupo Passa Dois na Bacia do Rio Corumbataí (SP). *Boletim Divisão Geologia e Mineralogia/DNPM*. 252, 103p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. MMA – SRHU. Águas Subterrâneas, um recurso conhecido a ser protegido. Brasília, 2007. 38p.

MIDÕES, C.; FERNANDES, J.; COSTA, C. G. Água subterrânea : conhecer para proteger e preservar. LNEG 2001. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.9/488>> Acessado em 10 de mar de 2013.

NEVES M. A. Análise integrada aplicada a exploração de água subterrânea na Bacia do Rio Jundiá (SP). Tese de doutorado elaborada junto programa de Pós Graduação em Geologia Regional – Área de concentração em Geologia Regional para obtenção de título em Doutor em Geologia Regional. Rio Claro, SP, 2005. Pg. 97

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (O.M.S.)

<[http://www.paho.org/bra/index.php?option=com\\_joomlabook&Itemid=1&task=display&id=337](http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_joomlabook&Itemid=1&task=display&id=337)>.

Acesso em out. 2018

PALMIER, L. R. Mananciais Subterrâneos: Aspectos Quantitativos. In: *Abastecimento de Água Para Consumo Humano*. Belo Horizonte MG: Editora UFMG, 2006. pp 275-299

PRESS F. et al. Para Entender a Terra. Porto Alegre: Bookman, 2006.

REBOUÇAS, A. C., BENEDITO, B. TUNDISI, J.G. Águas Doces do Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação. São Paulo: Ed. Escrituras, 2002.

REBOUÇAS, A. da C. (2006). Águas Subterrâneas. In: *Águas Doces no Brasil*, 3ª ed. São Paulo-SP, Escrituras Editora, pp 111-144.

RIBEIRO, D. D. M.; ROCHA, W. J. S.F.; GARCIA, A. J. V. Definição de áreas potenciais para a ocorrência de água subterrânea na sub-bacia do rio siriri-Sergipe com o auxílio do ahp (método analítico hierárquico). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 16, 2010, Anais... São Paulo, Brasil - eISSN 2179-9784, 2010.

SANTOS NETO, E.V. Caracterização geoquímica e paleoambiente deposicional da sequência carbonato-pelítica superior do Membro Assistência, Formação Irati no Estado de São Paulo, Bacia do Paraná. 1993. 203 p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1993.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº nº8.468/1976. Regulamenta a lei nº997/1976 sobre controle da Poluição Ambiental. Disponível em <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1976/decreto-8468-08.09.1976.html>. Acesso em out de 2018.

SETZER, J. *Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo*. São Paulo: Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí, 1966.

SILVA, M.C.B. 2011. Avaliação das ocorrências de nitrato e fluoreto nas águas subterrâneas do estado de São Paulo. Rio Claro, p. 41.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO BÁSICO (SNIS) <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 10 out. 2018.

SOARES, J. L. Biologia: Volume 1 - 8ª edição. Editora Scipione. São Paulo, 1999.

SOARES P.C. 1975. Divisão Estratigráfica do Mesozóico no Estado de São Paulo. Rev. Bras. Geoc., 5:229-251.

SOUZA, N. A. S. Vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas – um estudo do aquífero Bauru na zona urbana de Araguari, MG. 2009. 135 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

PINTO, Carlos de Souza. Curso Básico de Mecânica dos Solos, em 16 Aulas. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 247 p.

SCALVI, B. Arcabouço hidroestratigráfico e evolução temporal dos níveis d'água no sistema aquífero Guarani na cidade de Araraquara - SP, 2016. 70 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro, 2016. Disponível em:< [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/138257/scalvi\\_b\\_me\\_rcla.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/138257/scalvi_b_me_rcla.pdf?sequence=3&isAllowed=y)>.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. Decifrando a Terra. Cap.7. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

TEIXEIRA, W.; TAIOLI, F.; FAIRCHILD, T.; TOLEDO, C. Decifrando a Terra. Companhia Nacional, 2008. 557p.

TSUTIYA, M.T. (2001). Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água. 185p. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES Seção São Paulo, São Paulo, 1ª. Edição. 2001.

VARNIER C.; IRITANI M. A.; VIOTTI M.; ODA G. H.; FERREIRA L. M. R. Nitrato nas águas subterrâneas do sistema aquífero Bauru, área urbana do município de Marília (SP). Revista do Instituto Geológico, São Paulo (2010)

ZOBY, J.L.G. & MATOS, B. Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na Política Nacional de Recursos Hídricos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., Florianópolis, 2002. Florianópolis: ABAS, 2002. CD-ROM.

WENDLAND, E; RABELO, J.L. Incertezas nos modelos de fluxo subterrâneo. R. Bras. Rec. Hídric., 15: 147-160, 2010.

WENDLAND, E.; RABELO, J. (2010). Incerteza nos Modelos de Fluxo Subterrâneo. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 15, n.3 p. 147-160, Set.

WEDLAND, E. (2008). Elementos analíticos para modelagem de escoamento em aquíferos alongados com fronteiras irregulares.

WILDNER, W., ARIOLI, E.E., LICHT, O.A.B., COSTA, V.S., CARRILHO, J.C., LONGO, E.G., CANTARINO, S.C., SANDER, A., PERROTA, M., FILHO, C.R.S. 2006. Geologia e Recursos Minerais do Sudoeste do Estado do Paraná. Convênio CPRM/MINEROPAR, Brasília, Distrito Federal, 95 p

WENDLAND E, GOMES LH AND TROEGER U. 2015. Recharge contribution to the Guarani Aquifer System estimated from the water balance method in a representative watershed. An Acad Bras Cienc 87: 595-609.

## **9. ANEXOS**





Tabela 9-1. Dados dos poços da região de Lins (continuação)

MUNICÍPIO	POÇO Nº	DATA PERF.	COTA TERR.	CORDENADAS		PERFIL GEOLÓGICO			Q media m <sup>3</sup> /h	Func. horas	ND m	NE m	Q esp m <sup>3</sup> /hxm	T m <sup>2</sup> /s	HMT (m)	CONS. ENERG. KWH
						De (m)	A(m)	FORMAÇÃO								
MONTE APRAZÍVEL	PPS 1	2014	469,00	633987	7704830	0,00	51,00	BAURU	8,40	11,00	62,00	38,00	0,35	10,80	1.066,17	15.516,00
						51,00	310,00	SERRA GERAL								
ENG BALDUINO (DISTR MAPRAZ)	PPS 1	1981	460,00	636000	7712000	0,00	48,00	BAURU	7,64	12,1	63,10	48,30	0,52	12,15	4,75	1.060,00
						48,00	156,00	SERRA GERAL								
ITAIUBA (DISTR MAPRAZ)	PPS 1	1981	458,00	616500	7708400	0,00	51,00	BAURU	5,40	12,1	60,20	47,80	0,44	5,79	96,69	995,00
						51,00	108,00	SERRA GERAL								
JUNQUEIRA (DISTR MAPRAZ)	PPS 1	1981	462,00	618000	7697200	0,00	53,00	BAURU	5,31	10,77	65,00	19,80	0,12	14,42	107,80	971,00
						53,00	104,00	SERRA GERAL								
NHANDEARA	PPS 10	2013	520,00	600376	7711280	0,00	89,00	BAURU	2,89	17,2	160,00	45,00	0,03	10,80	273,73	2.143,00
						89,00	236,00	SERRA GERAL								
IDA HOLANDA - NHANDEARA	PPS 11	2015	515,00	600577	7721290	0,00	94,00	BAURU	5,20	15,00	93,00	58,00	0,15	20,50	170,70	2.097,00
						94,00	191,00	SERRA GERAL								
IDA HOLANDA - NHANDEARA	PPS 2	2004	530,00	609400	7710800	0,00	91,00	BAURU	6,86	13,4	81,00	54,20	0,26	14,30	135,79	1.966,00
						91,00	159,00	SERRA GERAL								
IDA HOLANDA - NHANDEARA	PPS 3	2005	530,00	609480	7710630	0,00	88,00	BAURU	7,52	13,3	80,00	54,00	0,29	16,50	121,95	1.921,00
						88,00	141,00	SERRA GERAL								
NIPOÃ	PPS 1	1970	428,00	627700	7687500	0,00	45,00	BAURU	44,60	17,8	102,00	99,00	14,87	45,50	88,21	11.029,00
						45,00	208,00	SERRA GERAL								
NIPOÃ	PPS 4	2014	425,00	627250	7687200	0,00	61,00	BAURU	30,00	13	115	110	6,00	16,10	94,33	5.794,00
						61,00	240,00	SERRA GERAL								
NOVALUZITÂNIA	PPS 1	1993	408,00	576500	7693200	0,00	56,00	BAURU	5,50	12	87,10	42,31	0,12	1,09	94,76	985,00
						56,00	111,00	SERRA GERAL								
NOVALUZITÂNIA	PPS 6	1991	411,00	577250	7695800	0,00	46,00	BAURU	21,00	8	68,02	8,00	0,35	28,78	123,13	3.258,00
						46,00	231,00	SERRA GERAL								
NOVALUZITÂNIA	PPS 7	2010	410,00	575850	7693050	0,00	49,00	BAURU	36,05	14,9	7,10	5,00	17,17	15,50	106,86	9.040,00
						49,00	220,00	SERRA GERAL								
PLANALTO	PPS 2	1975	420,00	611000	7673900	0,00	49,00	BAURU	47,59	18,4	94,25	72,50	2,19	12,50	126,32	17.421,00
						49,00	215,00	SERRA GERAL								
PLANALTO	PPS 5	1989	426,00	610787	7673440	0,00	49,00	ADAMANTINA	8,50	1,6	93,00	67,00	0,33	10,10	218,25	4.675,00
						49,00	226,00	SERRA GERAL								
POLONI	PPS 1	1970	530,00	623257	7701612	0,00	112,00	BAURU	11,50	18,9	56,00	6,00	0,23	20,50	80,86	2.768,00
						112,00	130,00	SERRA GERAL								
POLONI	PPS 3	1970	534,00	623750	7701500	0,00	124,00	BAURU	12,55	19,3	72,40	45,50	0,47	30,93	159,45	6.083,00
						125,00	125,00	SERRA GERAL								
POLONI	PPS 4	1979	534,00	623000	7700600	0,00	127,00	BAURU	17,50	18,4	107,40	54,00	0,33	14,00	148,36	7.524,00
						155,00	155,00	SERRA GERAL								
POLONI	PPS 6	1996	510,00	622850	7699550	0,00	101,00	BAURU	19,83	15,8	123,00	65,20	0,34	10,71	220,91	10.901,00
						101,00	252,00	SERRA GERAL								

Tabela 9-1. Dados dos poços da região de Lins (continuação)

MUNICÍPIO	POÇO Nº	DATA PERF.	COTA TERR.	CORDENADAS		PERFIL GEOLÓGICO			Q media m <sup>3</sup> /h	Func. horas	ND m	NE m	Q esp m <sup>3</sup> /hxm	T m <sup>2</sup> /s	HMT (m)	CONS. ENERG. KWH
						De (m)	A(m)	FORMAÇÃO								
RUBIÁCEA	PPS 1	1967	427,00	528000	7644600	0,00	90,00	BAURU	5,61	12	95,10	18,90	0,07	31,16	232,86	2.469,00
						90,00	132,00	SERRA GERAL								
	PPS 2	1978	435,00	528100	7644400	0,00	90,00	BAURU	4,70	14,7	101,10	20,00	0,06	27,50	218,26	2.375,00
						90,00	131,60	SERRA GERAL								
	PPS 3	1988	425,00	528100	7644700	0,00	104,00	BAURU	1,92	13,8	76,60	21,60	0,03	2,88	34,51	144,00
						104,00	113,00	SERRA GERAL								
PPS 5	1996	440,00	527950	7645100	0,00	100,00	BAURU	6,41	19,3	25,70	16,70	0,71	10,90	59,17	1.153,00	
					100,00	102,00	SERRA GERAL									
PPS 6	2006	435,00	528020	7644930	0,00	103,00	BAURU	6,15	11	77,30	18,10	0,10	38,80	96,76	1.031,00	
					103,00	104,00	SERRA GERAL									
CARAMURU (DIST RUBIÁCEA)	PPS 2	1994	400,00	518050	7630950	0,00	121,00	BAURU	6,55	16,9	41,70	15,50	0,25	15,50	58,22	1.015,00
						121,00	123,00	SERRA GERAL								
SEBASTIANÓPOLIS DO SUL	PPS 3	1985	460,00	612800	7715900	0,00	50,00	BAURU	38,96	14,30	77,00	75,00	19,48	128,69	124,90	10.960,00
						50,00	180,50	SERRA GERAL								
TURIUBA	PPS 1	1984	387,00	591150	7682611	0,00	5,00	BAURU	31,42	12,2	84,00	75,00	3,49	20,70	96,58	5.831,00
						5,00	132,00	SERRA GERAL								
UNIÃO PAULISTA	PPS 1	1975	440,00	614750	7689550	0,00	90,00	BAURU	12,04	12,6	78,80	65,10	0,88	19,80	127,27	3.041,00
						90,00	152,00	SERRA GERAL								
	PPS 2	1989	420,00	612100	7690600	0,00	122,50	BAURU	8,91	14,9	75,50	52,20	0,38	67,40	80,82	1.690,00
						122,50	170,00	SERRA GERAL								
ZACARIAS	PPS 1	1979	390,00	598900	7671400	0,00	27,00	BAURU	30,40	14,8	49,10	38,50	2,87	41,00	88,57	6.276,00
						27,00	115,00	SERRA GERAL								

Tabela 9-2. Dados dos poços da região de Fernandópolis

MUNICÍPIO	POÇO Nº	DATA PERF.	COTA TERR.	COORDENADAS		PERFIL GEOLÓGICO			Q média m³/h	Func. horas	ND m	NE m	Q esp m³/hxm	T m²/s	HMT (mca)	CONS. ENERG. KWH
						De (m)	A(m)	FORMAÇÃO								
FERNANDÓPOLIS	Poço I	1976	440,00	578170	7756100	0,00	74,60	BAURU	170,00	18,6	68,90	44,00	6,83	456,00	78,00	40.907,00
						74,60	1.285,00	SERRA GERAL								
						1.285,00	1.464,00	BOTUCATU								
	Poço II	1987	480,00	581200	7757100	0,00	130,00	BAURU	102,10	20,8	106,00	82,80	4,40	557,00	125,00	65.300,00
						130,00	1.337,00	SERRA GERAL								
						1.337,00	1.480,00	BOTUCATU								
						1.480,00	1.645,00	PIRAMBOIA								
						1.645,00	1.683,00	ESTRADA NOVA								
						0,00	43,00	BAURU								
	Poço III	1987	447,50	585350	7760550	43,00	1.269,00	SERRA GERAL	390,00	17,5	97,60	32,00	5,95	343,00	118,50	93.443,00
						1.269,00	1.353,00	BOTUCATU								
						1.353,00	1.601,00	PIRAMBOIA								
						1.601,00	1.606,00	ESTRADA NOVA								
						0,00	80,00	ADAMANTINA								
	Poço IV	1998	460,00	574900	7758100	80,00	1.300,00	SERRA GERAL	213,13	17,3	106,00	65,00	5,20	658,00	139,00	85.720,00
						1.300,00	1.600,00	BOTUCATU/PIRAMBOIA								
0,00						5,40	SOLO									
ALVARES FLORENCE	PPS 1	1974	406,00	614500	7752500	5,40	154,00	SERRA GERAL	39,07	13,3	42,00	6,50	1,10	26,90	107,48	8.796,00
BOA VISTA ANDRADE	PPS 1	1972	450,00	617200	7765900	0,00	30,00	BAURU	8,47	9	100,00	51,50	0,17	8,70	128,77	1.546,00
30,00	200,00	SERRA GERAL														
CARDOSO	PPS 1	1954	390,00	612700	7779070	0,00	25,00	BAURU	21,44	16	55,00	5,30	0,43	20,10	60,50	4.543,10
						25,00	145,00	SERRA GERAL								
S. J. MARINHEIRO	PPS 2	1970	424,00	613500	7778950	0,00	22,00	BAURU	31,43	18,1	87,00	54,00	0,95	21,60	117,00	8.562,00
						22,00	230,00	SERRA GERAL								
VILA ALVES	PPS 2	1979	430,00	603729	7769357	0,00	30,00	BAURU	7,72	9,4	34,60	17,00	0,44	9,70	70,60	1.175,00
						30,00	160,00	SERRA GERAL								
ESTRELA D'OESTE	PPS 5	1981	418,00	562250	7754800	0,00	31,00	BAURU	12,26	9,3	35,40	6,80	0,43	15,40	80,40	1.901,00
						31,00	161,00	SERRA GERAL								
	PPS 6	1981	381,26	561770	7753600	0,00	56,00	BAURU	6,38	12,4	28,70	6,20	0,28	22,80	71,50	1.327,00
						56,00	201,00	SERRA GERAL								
	PPS 7	1981	339,57	562100	7754300	0,00	57,70	BAURU	22,00	7,9	56,70	33,40	0,94	16,50	78,00	4.833,00
						57,70	201,00	SERRA GERAL								
	PPS 8	2013	410,00	561600	7753040	0,00	61,00	BAURU	29,03	9,4	56,20	24,00	0,90	12,90	140,00	5.003,00
						61,00	196,00	SERRA GERAL								
BOA ESPERANÇA (DISTR. ESTRELA D'OESTE)	PPS 1	1985	403,00	563100	7766300	0,00	59,00	BAURU	43,73	9,8	90,40	26,20	0,68	21,90	130,00	9.164,00
						59,00	202,00	SERRA GERAL								
GUARANI D'OESTE	PPS 1	1978	418,00	563894	7776955	0,00	57,00	BAURU	65,01	9,6	62,10	45,60	3,94	16,20	130,00	9.704,00
						57,00	294,00	SERRA GERAL								
GUARANI D'OESTE	PPS 1	1985	403,00	563100	7766300	0,00	72,00	BAURU	2,99	2,9	21,30	20,00	2,30	9,70	34,00	81,00
						0,00	16,00	BAURU								
GUARANI D'OESTE	PPS 1	1978	418,00	563894	7776955	16,00	150,00	SERRA GERAL	104,01	13,55	4,10	2,89	85,96	9,30	29,00	8.019,00
						16,00	150,00	SERRA GERAL								

Tabela 9-2. Dados dos poços da região de Fernandópolis (continuação)

MUNICÍPIO	POÇO Nº	DATA PER.	COTA TERR.	COORDENADAS		PERFIL GEOLÓGICO			Q média m³/h	Func. horas	ND m	NE m	Q esp m³/hxm	T m²/s	HMT (mca)	CONS. ENERG. KWH
						De (m)	A(m)	FORMAÇÃO								
ARABÁ	PPS1	1980	413,70	560558	7802340	0,00	6,00	BAURU	21,00	15	6,50	3,50	7,00	27,90	93,00	2.345,00
						6,00	120,00	SERRA GERAL								
INDIAPORÃ	PPS 01	1979	430,00	579500	7785500	0,00	112,00	BAURU	27,36	2,3	68,00	44,00	1,14	17,50	67,00	4.567,00
						112,00	113,00	SERRA GERAL								
	PPS 02	1979	419,00	573400	7789950	0,00	98,00	BAURU	41,84	13,9	29,00	16,00	3,22	20,70	98,00	7.865,00
						98,00	105,00	SERRA GERAL								
	PPS 04	1985	423,00	573900	7789700	0,00	115,00	BAURU	25,06	13,9	50,00	33,00	1,47	19,70	60,00	2.987,00
						115,00	135,00	SERRA GERAL								
	PPS 05	1999	422,00	573700	7790900	0,00	118,00	BAURU	46,04	11,1	65,20	47,10	2,54	23,90	78,00	9.567,00
						118,00	122,00	SERRA GERAL								
MACEDÔNIA	PPS 1	1980	458,00	584100	7772000	0,00	165,00	BAURU	18,78	10,71	56,10	19,00	0,51	18,40	56,50	2.067,00
						165,00	169,00	SERRA GERAL								
	PPS 2	1981	478,00	584900	7772800	0,00	156,00	BAURU	4,89	11,03	84,00	22,80	0,08	26,38	148,00	942,00
						156,00	157,00	SERRA GERAL								
	PPS 3	1984	488,00	583990	7771300	0,00	172,00	BAURU	11,19	10,58	75,80	29,80	0,24	8,26	76,50	2.002,00
						172,00	178,00	SERRA GERAL								
	PPS 4	2013	410,00	584270	7771710	0,00	166,00	BAURU	12,84	10,77	50,30	15,00	0,36	17,30	59,50	1.593,00
						166,00	180,00	SERRA GERAL								
MERIDIANO	PPS 1	1965	400,00	584440	7737620	0,00	93,00	BAURU	19,42	15,2	49,00	19,00	0,65	21,50	56,50	4.138,00
	PPS 2	1988	490,00	586980	7748510	0,00	115,00	BAURU	9,22	14,6	54,00	15,00	0,24	16,50	62,00	2.377,00
	PPS 5	1987	480,00	587320	7748500	0,00	98,00	BAURU	12,21	15,3	45,00	16,00	0,42	35,80	64,00	3.264,00
	PPS 1	1987	478,00	586247	7744877	0,00	178,00	BAURU	5,06	13,8	93,50	53,00	0,12	30,70	118,00	2.340,00
	PPS 1	1974	459,00	590200	7790350	0,00	114,00	BAURU	4,26	12,4	106,50	86,00	0,21	4,30	105,50	956,00
MIRA ESTRELA	PPS 10	1998	472,00	590192	7790347	0,00	109,00	BAURU	5,87	12,2	77,50	48,00	0,20	6,42	88,00	1.140,00
						109,00	180,00	SERRA GERAL								
	PPS 12	2000	460,00	589700	7786200	0,00	109,00	BAURU	4,82	11,7	109,00	85,00	0,20	50,90	131,50	1.853,00
						109,00	168,00	SERRA GERAL								
	PPS 13	2007	445,00	590680	7790480	0,00	108,00	BAURU	2,43	12,3	84,00	36,00	0,05	30,60	121,50	997,00
						108,00	109,00	SERRA GERAL								
	PPS 4	1980	465,00	592850	7790050	0,00	166,00	BAURU	15,69	12,3	33,00	12,00	0,75	95,52	111,00	4.754,00
						166,00	180,00	SERRA GERAL								
MATAD.	1996	460,00	584860	7791460	0,00	80,00	BAURU	2,77	15,3	70,00	12,00	0,05	56,00	156,85	1.047,00	
NOVA GRANADA	PPS 2	1981	520,00	675800	7728700	0,00	120,00	ADAMANTINA	19,80	20,1	62,00	46,00	1,24	46,48	83,60	7.615,00
	PPS 3	1983	500,00	679000	7728250	0,00	136,00	ADAMANTINA	16,32	17,5	55,00	11,00	0,37	35,00	135,70	6.906,00
	PPS 4	1988	500,00	676150	7727600	0,00	124,00	ADAMANTINA	15,57	19,9	55,00	20,00	0,44	5,80	106,50	5.863,00
						124,00	209,00	SERRA GERAL								
	PPS 5	1987	480,00	676750	7729150	0,00	94,00	ADAMANTINA	11,21	12,5	49,00	4,00	0,25	26,90	58,00	3.395,00
						94,00	210,00	SERRA GERAL								
	PPS 6	1995	540,00	675050	7728600	0,00	121,00	ADAMANTINA	16,72	14,7	112,00	67,50	0,38	27,60	107,00	4.999,00
						121,00	181,00	SERRA GERAL								
	PPS 9	2005	480,00	674700	7730250	0,00	101,00	ADAMANTINA	44,74	11,6	122,00	67,00	0,81	9,00	127,00	12.780,00
						101,00	416,00	SERRA GERAL								
PPS 10	2011	503,00	676242	7728758	0,00	130,00	ADAMANTINA	22,46	19,9	52,20	22,00	0,74	22,22	81,30	5.100,00	
					130,00	140,00	SERRA GERAL									

Tabela 9-2. Dados dos poços da região de Fernandópolis (continuação)

MUNICÍPIO	POÇO Nº	DATA PERF.	COTA TERR.	COORDENADAS		PERFIL GEOLÓGICO			Q média m³/h	Func. horas	ND m	NE m	Q esp m³/hxm	T m²/s	HMT (mca)	CONS. ENERG. KWH
						De (m)	A(m)	FORMAÇÃO								
ONDA VERDE	PPS 1	1968	520,00	677820	7720150	0,00	151,00	BAURU	23,57	15,7	53,00	33,00	1,18	58,92	64,00	3.839,00
	PPS 2	1996	520,00	677150	7720950	0,00	170,00	ADAMANTINA	18,27	15,8	61,00	43,00	1,02	36,00	67,00	4.034,00
						170,00	172,00	SERRA GERAL								
ORINDIUA	PPS 1	1974	455,00	672400	7767350	0,00	18,00	BAURU	31,13	14,7	78,50	36,00	0,73	7,34	109,50	7.666,00
						18,00	152,00	SERRA GERAL								
	PPS 3	1996	447,00	671500	7767000	0,00	15,00	ADAMANTINA	11,50	15,9	106,00	16,00	0,13	1,29	151,00	4.733,00
						15,00	252,00	SERRA GERAL								
	PPS4	2002	443,00	672940	7768410	0,00	10,00	BAURU	15,00	14,9	55,00	32,40	0,66	10,50	96,80	4.590,00
						10,00	305,00	SERRA GERAL								
PPS 6	2009	440,00	672430	7767910	0,00	16,50	ADAMANTINA	4,48	15,1	146,00	36,00	0,04	4,30	196,00	2.631,00	
					16,50	345,00	SERRA GERAL									
PPS 7	2012	446,00	672318	7767668	0,00	20,00	BAURU	9,50	12,3	139,00	12,00	0,04	19,70	157,00	4.297,00	
					20,00	220,00	SERRA GERAL									
OUROESTE	pps 2	2010	489,00	565487	7788842	0,00	13,00	BAURU	11,00	4	20,00	12,00	1,38	10,70	338,38	2.345,00
						13,00	248,00	SERRA GERAL								
	pps 3	2010	487,00	565487	7788842	0,00	18,00	BAURU	5,00	6	16,00	9,00	0,71	8,90	589,63	2.786,00
						18,00	270,00	SERRA GERAL								
	pps 4	2011	490,00	564375	7787798	0,00	20,00	BAURU	4,00	2,3	25,50	16,00	0,42	7,77	1.316,77	1.908,00
	pps 5	2011	480,00	563954	7789139	0,00	21,00	BAURU	2,50	4	21,00	10,00	0,23	6,90	556,19	1.908,00
pps 6	2011	483,00	564726	7789873	0,00	19,00	BAURU	3,00	3	19,00	9,00	0,30	7,10	117,81	167,00	
					19,00	70,00	SERRA GERAL									
ARABA (DISTR. OUROESTE)	PPS 1	2010	487,00	560586	7802354	0,00	24,00	BAURU	12,93	11,6	22,00	17,00	2,59	6,30	190,53	4.501,00
PEDRANOPOLIS	PPS 1	1975	466,00	593950	7760850	0,00	172,00	BAURU	6,26	13,29	72,00	58,00	0,45	0,62	68,00	1.125,00
	PPS 6	1987	470,00	592500	7761100	0,00	127,50	BAURU	5,33	10,87	48,00	45,00	1,78	3,68	57,00	965,00
						127,50	128,00	SERRA GERAL								
STA IZABEL MARINHEIRO (DISTR PEDRAN)	PPS 1	1980	415,00	596200	7770450	0,00	130,00	SERRA GERAL	8,04	10,35	29,00	27,00	4,02	4,65	51,00	820,00
DULCELINA (DISTR PEDRAN)	PPS 1	1987	410,00	584750	7764450	0,00	113,00	BAURU	2,90	12,42	45,00	5,00	0,07	3,30	66,00	575,00
PONTES GESTAL	PPS 1	1974	445,00	635600	7767850	0,00	36,00	BAURU	34,00	17	54,50	49,00	6,18	5,80	78,50	5.644,00
						36,00	100,00	S. GERAL								
RIOLÂNDIA	PPS 2	1979	420,00	637400	7789500	0,00	22,00	BAURU	7,14	14,1	54,00	7,00	0,15	1,29	246,34	3.906,00
						22,00	120,00	SERRA GERAL								
	PPS 3	1979	405,00	639500	7789900	0,00	24,00	BAURU	25,46	11,2	61,00	32,00	0,88	5,30	117,50	5.582,00
						24,00	150,00	SERRA GERAL								
PPS 7	1980	413,00	636400	7789400	0,00	27,00	BAURU	21,00	14,00	57,50	19,50	0,55	2,30	60,56	2.804,00	
					27,00	112,00	SERRA GERAL									
PPS 8	1985	420,00	638450	7789700	0,00	19,00	BAURU	18,00	13,00	51	9	0,43	2,90	152,49	5.620,00	
						19,00	125,00									SERRA GERAL
SJD PONTES	PPS 1	1970	418,00	564550	7745300	0,00	120,00	BAURU	6,55	17,9	84,50	60,80	0,28	1,76	89,50	1.800,00
	PPS 2	1975	415,00	564900	7745500	0,00	104,00	BAURU (	8,02	19,1	72,30	49,70	0,35	1,49	107,30	2.806,00
	PPS 3	1987	420,00	565100	7744000	0,00	221,00	BAURU	7,48	19,0	33,50	32,00	4,99	35,48	91,50	2.229,00
	PPS 5	1998	417,00	563430	7744510	0,00	130,00	BAURU	5,00	18,3	79,50	61,30	0,27	12,90	107,50	2.654,00

Tabela 9-2. Dados dos poços da região de Fernandópolis (continuação)

MUNICÍPIO	POÇO N°	DATA PERF.	COTA TERR.	COORDENADAS		PERFIL GEOLÓGICO			Q média m³/h	Func. horas	ND m	NE m	Q esp m³/hxm	T m²/s	HMT (mca)	CONS. ENERG. KWH
						De (m)	A(m)	FORMAÇÃO								
VALENTIM GENTIL	PPS 1	1980	460,00	587108	7741492	0,00	125,00	BAURU	10,74	13,6	83,00	25,00	0,19	4,95	90,00	2.263,00
						125,00	126,00	SERRA GERAL								
	PPS 2	1980	475,00	595700	7741750	0,00	140,00	BAURU	4,59	17,9	90,00	47,00	0,11	7,00	88,00	1.114,00
						140,00	170,00	SERRA GERAL								
	PPS 3	1980	451,00	595550	7740900	0,00	163,00	BAURU	7,79	18,2	112,00	60,00	0,15	12,90	118,00	2.481,00
						163,00	164,00	SERRA GERAL								
	PPS 4	1978	460,00	595200	7742350	0,00	115,00	BAURU	8,16	8,7	40,00	28,20	0,69	4,10	85,00	1.703,00
						115,00	119,00	SERRA GERAL								
	PPS 5	1978	487,00	596100	7740650	0,00	124,00	BAURU	8,43	18	94,00	32,50	0,14	8,70	175,00	3.206,00
						124,00	132,00	SERRA GERAL								
	PPS 6	1979	470,00	595150	7742850	0,00	92,00	BAURU	6,88	13,6	45,00	15,50	0,23	2,29	90,00	1.643,00
						92,00	95,00	SERRA GERAL								
	PPS 7	1980	470,00	595209	7740931	0,00	136,00	BAURU	4,95	18	99,00	53,00	0,11	8,00	173,00	1.958,00
						136,00	137,00	SERRA GERAL								
	PPS 9	1996	440,00	595710	7743410	0,00	42,50	BAURU	6,46	13,6	128,00	23,40	0,06	37,50	260,00	3.270,00
						42,50	230,00	SERRA GERAL								
	PPS 10	1997	440,00	594950	7746850	0,00	31,40	BAURU	25,11	11,7	83,00	38,40	0,56	2,20	124,50	3.373,00
31,40						390,00	SERRA GERAL									
PPS 11	2005	455,00	595240	7747570	0,00	12,00	BAURU	18,47	13,5	34,00	29,00	3,69	12,50	130,00	5.362,00	
					12,00	309,00	ADAMANTINA									
PPS 12	2010	475,00	596000	7740100	0,00	111,00	ADAMANTINA	7,96	18	79,00	26,50	0,15	5,80	164,00	3.001,00	
					0,00	270,00	BAURU									
PPS 13	2012	459,00	596830	7739070	0,00	270,00	BAURU	15,96	15,7	53,00	25,00	0,57	0,57	210,00	13.570,00	
					270,00	355,00	SERRA GERAL									
PPS 15	2013	450,00	590692	7742291	0,00	63,00	BAURU	9,22	12	78,30	31,60	0,20	3,30	145,82	2.541,00	
					59,00	276,00	ADAMANTINA									
PPS 17	2017	440,00	595200	7746500	0,00	42,50	ADAMANTINA	8,00	15,7	50,00	8,00	0,22	4,70	245,00	3.487,00	
					42,50	290,00	SERRA GERAL									

Tabela 9-3. Dados dos poços da região de Jales

MUNICÍPIO	POÇO Nº	DATA PERF.	COTA TERR.	COORDENADAS	PERFIL GEOLÓGICO			Q media m³/h	Func. horas	ND m	NE m	Q esp m³/hxm	T m²/s	HMT (mca)	CONS. ENERG. KWH	
					DE (m)	A(m)	FORMAÇÃO									
JALES	PB 1	1979	470,00	549100	7758200	0,00	137,00	BAURU	18,53	15	78,00	11,50	0,28	33,80	87,00	4.351,20
						137,00	212,00	SERRA GERAL								
	POÇÃO I	1980	433,00	546500	7757850	0,00	90,00	BAURU	203,44	17,8	61,00	35,30	7,92	13,72	12,00	37.584,70
						90,00	990,00	SERRA GERAL								
						990,00	1.322,00	BOTUCATU/PIRAMB								
	POÇÃO II	1992	400,00	546500	7754100	0,00	85,00	ADAMANTINA	275,41	17,4	41,80	11,60	9,12	507,30	108,00	90.489,70
						85,00	986,00	SERRA GERAL								
						986,00	1.205,00	BOTUCATU/PIRAMB								
	PPS 1	1965	491,00	547800	7759500	0,00	130,00	BAURU	25,70	19,4	55,00	37,80	1,49	82,35	82,00	7.566,60
	PPS 10	1971	460,00	546750	7758050	0,00	115,00	BAURU	16,30	19,1	41,00	29,00	1,36	101,00	66,00	209,00
	PPS 2	1964	500,00	546750	7759100	0,00	136,00	BAURU	9,64	14,8	58,00	49,80	1,18	12,70	62,00	2.045,70
	PPS 3	1964	459,00	546350	7758550	0,00	120,00	BAURU	18,68	13	39,80	36,00	4,92	10,50	44,00	3.579,30
	PPS 5	1969	456,00	546550	7757870	0,00	120,00	BAURU	14,40	17,8	71,50	65,00	2,22	4,80	63,51	2.564,00
	PPS 6	1967	499,00	546627	7759162	0,00	125,00	BAURU	21,80	21,8	28,00	18,80	2,37	9,70	70,00	4.111,10
	PPS 9	1982	458,00	547400	7759550	0,00	130,00	BAURU	32,17	17,3	53,50	29,40	1,33	32,70	100,00	11.262,20
PS 2	1980	440,00	546460	7757200	0,00	96,00	BAURU	27,00	17,8	77,00	14,80	0,43	5,90	90,00	7.743,60	
					96,00	105,00	SERRA GERAL									
PS 3	1980	450,00	540650	7757650	0,00	100,50	BAURU	11,00	0,5	90,60	18,80	0,15	2,28	102,00	2.401,90	
					100,50	101,00	SERRA GERAL									
PS 4	1963	456,00	546550	7757870	0,00	145,00	BAURU	35,04	17,2	71,80	25,80	0,76	56,00	119,00	13.406,10	
APARECIDA D'OESTE	PPS 2	1979	340,00	531600	7738900	0,00	110,00	BAURU	17,53	8,4	71,10	22,50	0,36	59,00	166,00	5.659,00
						110,00	180,00	S. GERAL								
	PPS 3	1980	340,00	514503	7739543	0,00	110,00	BAURU	34,04	10,8	82,70	23,90	0,58	6,34	159,00	7.351,00
						110,00	116,00	S. GERAL								
PPS 4	1997	420,00	511840	7738660	0,00	113,00	ADAMANTINA	24,84	11,1	114,10	57,30	0,44	3,00	118,00	6.161,00	
					113,00	174,00	SERRA GERAL									
AURIFLAMA	POÇÃO I	1997	456,00	546800	7711900	0,00	140,00	ADAMANTINA	143,32	14,8	56,00	46,00	14,33	4,04	66,00	24.457,00
						140,00	140,00	ADAMANTINA								
						140,00	950,00	SERRA GERAL								
	PPS 12	1982	390,00	547100	7710000	0,00	134,00	BAURU	13,71	14,1	77,00	48,00	0,47	12,00	147,00	5.620,00
						134,00	251,00	SERRA GERAL								
PPS 8	1981	420,00	545800	7714600	251,00	142,00	BAURU	24,61	13,9	74,00	14,00	0,41	1,81	124,00	7.634,00	
					142,00	174,00	SERRA GERAL									
DIRCE REIS	PPS 4	2003	374,00	541000	7737000	0,00	100,00	ADAMANTINA	4,12	12,6	53,00	43,00	0,41	13,34	78,00	314,00
	PPS 5	2011	370,00	539830	7737020	0,00	85,00	ADAMANTINA	14,68	14,3	44,60	38,70	2,49	0,28	65,00	2.776,00

Tabela 9-3. Dados dos poços da região de Jales (continuação)

MUNICÍPIO	POÇO Nº	DATA PERF.	COTA TERR.	COORDENADAS		PERFIL GEOLÓGICO			Q media m³/h	Func. horas	ND m	NE m	Q esp m³/hxm	T m²/s	HMT (mca)	CONS. ENERG. KWH
						DE (m)	A(m)	FORMAÇÃO								
DOLCINÓPOLIS	PPS 2	1979	425,00	552283	7773990	0,00	154,00	ADAMANTINA	7,33	4,5	74,00	44,00	0,24	14,70	101,00	618,00
						154,00	156,00	SERRA GERAL								
	PPS 3	1992	430,00	552748	7774410	0,00	64,00	ADAMANTINA	16,50	18	35,00	18,00	0,97	33,99	92,00	3.527,00
					64,00	176,00	SERRA GERAL									
GENERAL SALGADO	PPS 10	1970	465,00	566010	7716880	0,00	150,00	ADAMANTINA	12,60	16,7	151,50	130,00	0,59	6,40	169,00	6.108,00
						150,00	160,00	SERRA GERAL								
	PPS 11	1996	450,00	566310	7715660	0,00	162,00	ADAMANTINA	4,89	16,7	140,00	94,00	0,11	12,30	137,23	1.765,00
						162,00	189,00	SERRA GERAL								
	PPS 14	1999	470,00	566010	7716190	0,00	155,00	ADAMANTINA	9,02	16,8	127,00	74,00	0,17	4,00	164,00	4.630,40
	PPS 17	2001	490,00	565440	7716970	0,00	176,00	ADAMANTINA	14,95	10	131,00	50,00	0,18	33,50	186,00	6.719,00
						176,00	178,00	SERRA GERAL								
	PPS 19	2004	400,00	569480	7712100	0,00	90,00	ADAMANTINA	38,00	14,5	57,00	40,00	2,24	4,80	197,00	15.612,90
						90,00	213,00	SERRA GERAL								
	PPS 20	2013	500,00	565799	7716422	0,00	182,00	ADAMANTINA	7,00	16,6	133,00	110,00	0,30	9,50	180,00	5.529,90
						182,00	190,00	SERRA GERAL								
	PPS 3	1992	448,00	566900	7717330	0,00	164,00	ADAMANTINA	3,93	13,9	133,00	10,00	0,03	7,90	57,07	491,00
164,00						198,00	SERRA GERAL									
PPS 4	1997	460,00	566780	7717300	0,00	160,00	ADAMANTINA	3,04	16,8	126,00	70,00	0,05	9,40	165,10	1.328,00	
					162,00	162,00	SERRA GERAL									
PPS 8	1987	452,00	566740	7716290	0,00	168,00	ADAMANTINA	10,57	16	132,00	34,00	0,11	10,80	150,00	5.553,00	
					168,00	169,00	SERRA GERAL									
PPS21	2015	459,00	566807	7722238	0,00	189,00	ADAMANTINA	18,00	25,9	128,00	43,00	0,21	7,30	181,00	12.321,30	
					189,00	252,00	SERRA GERAL									
NOVA PALMIRA (DISTR GAL SALG)	PPS 2	1999	500,00	567590	7717420	0,00	89,00	ADAMANTINA	2,30	3	95,00	82,00	0,18	11,80	373,00	406,00
						89,00	170,00	SERRA GERAL								
PPS 3	2007	490,00	566900	7717330	0,00	90,00	ADAMANTINA	2,90	11,7	55,00	18,00	0,08	12,00	101,00	741,00	
					90,00	101,00	SERRA GERAL									
PRUDENCIO DE MORAES (DISTR GAL SALG)	PPS 1	1997	488,00	552750	7729490	0,00	91,00	ADAMANTINA	4,30	8,00	62,00	50,80	0,38	12,90	468,81	304,00
						91,00	106,00	SERRA GERAL								
PPS 3	2008	480,00	562435	7721713	0,00	93,00	ADAMANTINA	9,49	9,7	55,00	23,00	0,30	11,90	77,00	1.322,00	
					93,00	100,00	SERRA GERAL									
S. LUIZ JUPIABA (DISTR GAL SALG)	PPS3	1983	478,00	557506	7726449	0,00	106,00	BAURU	2,00	9,00	50,00	18,00	0,06	9,50	54,00	304,00
						106,00	110,00	SERRA GERAL								
PPS4	1983	483,00	561244	7711414	0,00	119,00	BAURU	2,50	11,00	56,00	24,00	0,08	8,30	101,00	911,00	
					124,00	124,00	SERRA GERAL									
GUZOLÂNDIA	PPS 1	1975	420,00	533250	7715800	0,00	162,40	ADAMANTINA	25,72	16,8	128,00	50,00	0,33	15,60	177,00	12.673,00
						162,40	214,00	SERRA GERAL								
	PPS 4	1995	435,00	535250	7717050	0,00	195,00	ADAMANTINA	5,11	16	78,00	49,00	0,18	7,90	107,00	2.908,00
195,00						198,00	SERRA GERAL									
PPS 5	2010	445,00	534860	7716480	0,00	102,00	ADAMANTINA	14,15	15,3	129,00	57,00	0,20	17,40	134,00	5.558,00	
					102,00	183,00	SERRA GERAL									

Tabela 9-3. Dados dos poços da região de Jales (continuação)

MUNICÍPIO	POÇO Nº	DATA PERF.	COTA TERR.	COORDENADAS		PERFIL GEOLÓGICO			Q media m³/h	Func. horas	ND m	NE m	Q esp m³/hxm	T m²/s	HMT (mca)	CONS. ENERG. KWH
						DE (m)	A(m)	FORMAÇÃO								
MAGDA	PPS 1	1992	490,00	582700	7716650	0,00	140,00	BAURU	3,00	15	87,00	35,00	0,06	8,90	186,53	1.322,00
						140,00	145,00	SERRA GERAL								
	PPS 4	1996	491,00	583900	7718440	0,00	142,00	BAURU	4,00	12	98,00	45,00	0,08	12,40	71,43	540,00
						148,00	148,00	SERRA GERAL								
	PPS 7	1996	487,00	581272	7716527	0,00	143,00	BAURU	7,11	17,5	71,50	60,00	0,62	20,30	93,00	5.896,00
						143,00	150,00	SERRA GERAL								
	PPS 8	1996	480,00	583700	7719150	0,00	139,00	BAURU	14,85	19,7	109,00	43,00	0,23	21,60	121,00	6.289,00
						139,00	140,00	SERRA GERAL								
	PPS 9	1996	488,00	581784	7716756	0,00	141,00	BAURU	10,74	18,4	132,00	32,00	0,11	19,80	156,00	5.472,00
						141,00	150,00	SERRA GERAL								
PPS10	2016	495,00	582300	7716450	0,00	144,00	BAURU	15,00	18	99,00	43,00	0,27	15,50	161,00	1.940,00	
					144,00	150,00	SERRA GERAL									
MARINÓPOLIS	PPS 2	1989	425,00	518700	7740200	0,00	154,00	ADMANTINA	9,24	11,4	76,00	37,00	0,24	108,22	106,00	2.094,00
						154,00	156,00	SERRA GERAL								
	PPS 4	1992	360,00	519980	7738300	0,00	119,00	ADMANTINA	11,00	9,00	59,00	34,00	0,44	25,89	84,72	1.321,00
119,00	230,00	SERRA GERAL														
NOVA CANAÃ PAULISTA	PPS 1	1997	398,00	504950	7745750	0,00	98,00	BAURU	18,31	11	21,98	8,46	1,35	11,90	69,00	2.588,00
						98,00	111,00	SERRA GERAL								
SOCIMBRA (DIST NOVA CANAÃ PTA)	PPS1	1985	397,00	511000	7747750	0,00	98,00	BAURU	4,00	8,00	17,30	6,80	0,38	186,05	40,00	789,00
						98,00	100,00	SERRA GERAL								
PALMEIRA D'OESTE	PPS 10	2006	428,00	532142	7742947	0,00	112,00	BAURU	32,04	13	68,00	60,00	4,01	18,60	103,00	5.759,00
						112,00	250,00	SERRA GERAL								
DALAS (DIST PALMEIRA D'OESTE)	PPS 1	1980	422,00	523700	7742150	0,00	71,00	BAURU	6,75	8,2	51,00	11,00	0,17	17,50	77,00	706,00
						71,00	150,00	SERRA GERAL								
PARANAPUÃ	PPS 3	1979	400,00	540200	7777100	0,00	62,00	BAURU	42,14	18,7	18,91	9,54	4,50	12,90	116,00	21.090,00
						62,00	180,00	SERRA GERAL								
PONTALINDA	PPS 2	1980	380,00	549550	7739150	0,00	65,30	ADAMANTINA	14,15	16,7	36,50	6,00	0,46	10,71	84,00	2.590,00
						65,30	67,00	SERRA GERAL								
						72,00	72,00	ADAMANTINA								
	PPS 3	1980	380,00	550150	7739600	0,00	72,00	ADAMANTINA	14,06	17	41,30	7,10	0,41	13,63	74,00	2.393,00
						72,00	73,00	SERRA GERAL								
PPS 4	2001	410,00	549770	7740130	0,00	100,00	ADAMANTINA	6,94	2,5	44,70	39,00	1,22	58,30	44,00	529,00	
					100,00	102,00	SERRA GERAL									
PPS 5	2001	420,00	549800	7742750	0,00	78,00	BAURU	8,66	16,9	50,90	10,20	0,21	33,90	90,00	2.498,00	
POPULINA	PPS 1	1974	430,00	548300	7794800	0,00	55,00	BAURU	13,00	5,2	70,00	20,00	0,26	38,90	80,00	4.562,00
						55,00	198,00	SERRA GERAL								
	PPS 2	1975	415,00	548850	7794300	0,00	35,80	BAURU	19,47	12,7	71,60	13,00	0,33	40,40	91,00	4.100,00
						38,50	133,00	SERRA GERAL								
PPS 3	1988	385,00	547800	7793550	0,00	18,00	BAURU	35,33	9,2	33,70	11,00	1,56	207,00	100,00	6.638,00	
					18,00	180,00	SERRA GERAL									
POVOADO DO SOL	PPS 1	1987	411,00	556600	7789250	0,00	53,35	BAURU	4,20	8,00	39,00	19,00	0,21	0,84	215,00	1.571,00
						53,35	60,00	SERRA GERAL								
	PPS 2	1987	410,00	556600	7739250	0,00	53,35	BAURU	1,68	9,3	27,20	22,00	0,32	4,50	31,22	76,00
						53,35	132,00	SERRA GERAL								
	PPS 3	2007	406,00	555500	7762290	0,00	57,00	BAURU	2,63	2,3	52,60	15,50	0,07	3,30	148,00	141,00

Tabela 9-3. Dados dos poços da região de Jales (continuação)

MUNICÍPIO	POÇO Nº	DATA PERF.	COTA TERR.	COORDENADAS		PERFIL GEOLÓGICO			Q media m³/h	Func. horas	ND m	NE m	Q esp m³/hxm	T m²/s	HMT (mca)	CONS. ENERG. KWH	
						DE (m)	A(m)	FORMAÇÃO									
RUBINÉIA	PPS 1	1973	340,00	495300	7755200	0,00	34,00	BAURU	31,64	19	40,00	32,00	3,96	4,20	59,34	5.618,00	
						34,00	150,00	SERRA GERAL									
	PPS 2	2001	340,00	499570	7769460	0,00	146,00	BAURU	19,28	11,2	50,00	25,00	0,77	4,60	57,66	1.961,00	
					146,00	150,00	SERRA GERAL										
ESMERALDA (DISTRITO DE RUBINÉIA)	PPS 3	2003	333,00	497435	7762330	0,00	161,00	BAURU	2,96	13,4	61,00	49,00	0,25	5,90	101,81	636,00	
RUBINÉIA	PPS 1	1981	340,00	495300	7755200	0,00	34,00	BAURU	3,60	0	13,00	3,00	0,36	3,30	257,50	2.190,00	
SANTA ALBERTINA	PPS 2	1978	350,00	524776	7782566	0,00	30,00	BAURU	8,04	14,8	43,00	21,00	0,37	4,20	260,92	4.890,00	
	PPS 5	1980	340,00	524852	7782008	0,00	33,00	BAURU	36,31	14,4	36,00	21,00	2,42	4,40	170,50	14.041,00	
	PPS6	2008			527160	7783010	0,00	25,00	BAURU	31,00	10,00	28,00	16,00	2,58	8,70	71,40	4.532,00
PPS 8	2010	348,00	525030	7780896	0,00	31,00	BAURU	35,26	13,2	7,30	6,00	27,12	28,70	121,78	8.927,00		
					31,00	220,00	SERRA GERAL										
SANTA CLARA D'OESTE	PPS 1	1975	370,00	507150	7778200	0,00	12,00	BAURU	12,40	11,00	32,00	21,00	1,13	22,30	63,09	1.109,00	
	PPS 2	1982	340,00	507000	7778900	0,00	16,35	BAURU	5,00	9,00	76,00	43,00	0,15	11,90	189,84	2.093,00	
SANTA SALETE	Urania	1979	450,00	532600	7761200	0,00	83,00	BAURU	12,50	13	110,00	51,00	0,21	22,20	100,30	2.567,00	
SANTANA DA PONTE PENSA	PPS 2	1978	434,00	521350	7760500	0,00	93,00	ADAMAN.	4,78	19,8	118,00	32,00	0,06	26,60	107,94	1.609,00	
	PPS 3	1974	414,00	522118	7755231	0,00	67,50	ADAMAN.	5,10	19,9	123,00	54,00	0,07	23,78	252,80	4.041,00	
					67,50	220,00	SERRA GERAL										
SÃO FRANCISCO	PPS 5	2007	440,00	521780	7761720	0,00	130,00	ADAMAN.	6,09	18	75,00	34,00	0,15	34,28	135,71	2.343,00	
SANTA SALETE	PPS 1	1974	408,00	531600	7748570	0,00	133,00	BAURU	10,30	17,1	55,00	21,00	0,30	13,68	93,80	2.602,00	
SANTA SALETE	PPS 3	1993	420,00	532100	7749150	0,00	144,00	BAURU	20,57	17,2	71,00	35,00	0,57	10,44	84,97	4.735,00	
SUD MENUCCI	PPS 1	1981	390,00	507367	7711972	0,00	115,00	BAURU	13,93	16,7	58,00	54,00	3,48	11,55	132,81	4.866,00	
	PPS 2	1985	380,00	519500	7721200	0,00	118,00	BAURU	9,46	15,5	38,00	18,30	0,48	34,28	127,39	2.942,00	
	PPS 3	1982	390,00	507800	7712100	0,00	118,00	BAURU	11,00	10,00	40,00	32,50	1,47	29,74	36,18	1.103,00	
					118,00	144,00	SERRA GERAL										
PPS 4	1981	350,00	510200	7711500	0,00	110,00	BAURU	9,62	14,5	35,10	15,70	0,50	28,92	202,55	4.450,00		
					110,00	150,00	SERRA GERAL										
PPS 5	1991	390,00	507400	7712050	0,00	122,00	ADAMANTINA	36,83	14,4	54,00	37,60	2,25	66,89	67,95	5.676,00		
					122,00	124,00	SERRA GERAL										

Tabela 9-3. Dados dos poços da região de Jales (continuação)

MUNICÍPIO	POÇO Nº	DATA PERF.	COTA TERR.	COORDENADAS		PERFIL GEOLÓGICO			Q media m³/h	Func. horas	ND m	NE m	Q esp m³/hxm	T m²/s	HMT (mca)	CONS. ENERG. KWH
						DE (m)	A(m)	FORMAÇÃO								
BANDEIRANTE D'OESTE (DISTRITO DE SUD MENUCCI)	PPS1	1982	325,00	508300	7711950	0,00	147,00	BAURU	9,54	8,00	80,48	28,56	0,13	9,21	101,90	1.197,00
	PPS2	1985	250,00	519500	7721200	0,00	178,50	BAURU	10,27	10,27	114,67	34,77	0,08	5,04	111,70	1.755,00
						178,50	179,00	SERRA GERAL								
PPS3	1996	400,00	518900	7721050	0,00	172,00	BAURU	5,88	10,50	90,00	38,54	0,87	7,91	141,00	1.680,00	
					172,00	174,00	SERRA GERAL									
TRÊS FRONTEIRAS	PPS1	1974	385,00	504950	7745750	0,00	104,00	ADAMANTINA	20,60	6,00	38,27	6,15	1,33	27,90	331,28	6.449,00
						104,00	111,00	SERRA GERAL								
PPS4	2017	330,00	509370	7755570	0,00	36,00	ADAMANTINA	10,00	6,00	30,11	7,66	2,35	12,50	102,00	2.753,00	
					36,00	300,00	SERRA GERAL									
TURMALINA	PPS 1	1974	460,00	555000	7782850	0,00	78,00	BAURU	3,35	17,8	73,50	51,80	0,15	10,56	53,34	5,00
						78,00	120,00	SERRA GERAL								
	PPS 2	1981	420,00	555019	7782552	0,00	37,00	BAURU	9,48	17,2	85,00	32,50	0,18	7,98	36,02	925,00
37,00						165,00	SERRA GERAL									
PPS 3	1982	420,00	555100	7783800	0,00	34,00	BAURU	7,97	17,4	45,50	24,00	0,37	9,40	36,76	8,00	
					34,00	180,00	SERRA GERAL									
FÁTIMA PAULISTA (DISTRITO DE TURMALINA)	PPS 1	1979	430,00	556850	7777250	0,00	54,00	BAURU	7,30	9,00	25,00	15,00	0,73	4,90	57,11	985,00
						54,00	220,00	SERRA GERAL								
PPS 2	2002	428,00	558307	7776057	0,00	60,00	BAURU	3,50	15	29,90	16,00	0,25	3,30	37,97	314,00	
					0,00	60,00	BAURU									
URÂNIA	PPS 2	1979	469,00	539250	7763400	0,00	155,00	ADAMANTINA	16,88	17,8	67,30	37,50	0,57	27,93	82,24	3.892,00
						0,00	160,00	ADAMANTINA								
	PPS 3	1979	470,00	535600	7761300	0,00	102,60	ADAMANTINA	9,80	6,5	64,00	23,00	0,24	15,40	216,79	2.175,00
102,60						110,00	SERRA GERAL									
PPS 4	1979	450,00	537400	7761350	0,00	26,00	BAURU	15,94	17,2	52,00	19,00	0,48	34,28	47,27	2.041,00	
					26,00	220,00	S. GERAL									
					0,00	67,00	BAURU									
ASPASIA (DISTR. URÂNIA)	PPS 1	1979	380,00	530750	7769403	0,00	26,00	BAURU	6,69	4,4	56,00	48,00	0,84	4,20	121,00	1.990,00
						26,00	220,00	S. GERAL								
	PPS 3	1982	410,00	528500	7771000	0,00	67,00	BAURU	8,01	21,9	66,00	47,00	0,42	13,40	70,00	1.743,00
67,00						72,00	S. GERAL									
PPS 4	2008	380,00	529000	7772150	0,00	40,00	BAURU	3,70	21,9	56,00	14,00	0,09	7,70	58,00	1.291,00	
					40,00	65,00	S. GERAL									
VITÓRIA BRASIL	PPS 1	1979	480,00	554500	7766900	0,00	94,00	BAURU	9,14	18,3	35,50	8,50	0,34	8,43	56,94	1.500,00
						94,00	107,00	SERRA GERAL								
	PPS 2	2001	490,00	553880	7766840	0,00	107,00	BAURU	10,47	16,2	35,00	16,30	0,56	12,02	36,80	983,00
107,00						111,00	SERRA GERAL									

Tabela 9-4. Dados dos poços da região de Novo Horizonte

MUNICÍPIO	POÇO N°	DATA PERF.	COTA TERR.	COORDENADAS	PERFIL GEOLÓGICO			Q media m³/h	Func. horas	ND m	NE m	Q esp m³/hxm	T m²/s	HMT (m)	CONS. KWH/MÊS	ENERG.
					De (m)	A (m)	FORMAÇÃO									
NOVO HORIZONTE	PPS 1	1974	451,47	683600	7624300	0,00	60,00	BAURU	155,00	17,17	88,00	71,00	9,12	3,00	99,00	49.740,90
						60,00	420,00	SERRA GERAL								
						420,00	600,00	BOTUCATU								
	PPS 2	2000	410	685130	7624260	0,00	18,00	BAURU	62,30	17,73	104,50	98,00	9,58	22,90	156,50	28.071,40
						18,00	200,00	S. GERAL								
	PPS 3	2001	410	684280	7624310	0,00	25,00	BAURU	26,70	11,33	99,00	95,00	6,68	39,30	142,00	7.163,30
						25,00	300,00	S. GERAL								
						0,00	78,00	BAURU								
	PPS 4	2009	460	683850	7625600	78,00	462,00	SERRA GERAL	190,05	16,50	114,00	89,00	7,60	49,70	117,30	47.877,40
						462,00	538,00	BOTUCATU								
						538,00	553,50	SERRA GERAL								
	VALE FORMOSO	PPS 2	1981	440	664200	7626300	0,00	72,00	BAURU	1,89	19,7	89,00	54,10	0,05	35,59	101,00
72,00							180,00	SERRA GERAL								
ADOLFO	PPS 1	1980	460	666000	7624950	0,00	115,00	BAURU	2,70	18,40	98,00	60,00	0,07	39,04	88,49	4.124,00
						115,00	211,50	SERRA GERAL								
AVAI	PPS 3	1981	318,62	639500	7651500	0,00	18,00	BAURU	41,72	17,3	64,00	39,00	1,67	47,98	104,00	13.514,30
						18,00	150,00	SERRA GERAL								
AVAI	PPS 4	1981	430	673300	7549800	0,00	41,00	BAURU	46,98	14,4	26,00	21,00	9,40	74,78	102,00	9.628,40
						41,00	150,00	SERRA GERAL								
NOGUEIRA (DISTRITO AVAI)	PPS 1	1988	550	677600	7543500	0,00	62,00	MARILIA	3,66	3,2	30,00	29,00	3,66	20,40	39,00	136,40
BALBINOS	PPS 1	1970	470	669700	7577130	0,00	96,00	ADAM	10,79	15,9	56,00	41,00	0,72	4,99	117,14	3.327,40
						96,00	103,00	SERRA GERAL								
BALBINOS	PPS 2	1993	450	669800	7577400	0,00	79,00	ADAM	6,82	13,8	72,00	26,00	0,15	5,90	130,68	2.036,25
						79,00	241,00	SERRA GERAL								
PENITENCIARIA (BALBINOS)	PPS 4	2007	486	670960	7575250	0,00	18,00	ADAMANTINA	48,37	3,7	45,00	28,00	2,85	23,80	68,72	2.036,25
CATIGUÁ	PPS 2	1960	480	702010	7671170	0,00	108,00	ADAMANTINA	20,43	10,9	63,00	39,00	0,85	6,00	105,75	3.898,70
						0,00	108,00	ADAMANTINA								
	PPS 3	1970	480	701330	7670030	0,00	108,00	ADAMANTINA	16,18	11,3	52,00	32,00	0,81	8,90	128,58	3.892,30
						0,00	108,00	ADAMANTINA								
	PPS 5	1980	490	702100	7671300	0,00	108,00	ADAMANTINA	25,05	10,5	50,00	27,00	1,09	3,80	116,47	5.071,90
						0,00	102,00	ADAMANTINA								
PPS 6	1998	480	701180	7669760	0,00	102,00	ADAMANTINA	15,78	20,5	38,00	26,00	1,32	9,90	70,77	4.790,50	
					0,00	102,00	ADAMANTINA									
PPS 7	1997	480	701420	7670260	0,00	102,00	ADAMANTINA	16,60	11,3	42,00	33,00	1,84	17,90	111,05	3.448,70	
					0,00	102,00	ADAMANTINA									
PPS 8	2005	490	702300	7671280	0,00	85,50	ADAMANTINA	15,26	10,7	54,00	41,00	1,17	9,30	101,21	2.736,00	
					0,00	85,50	ADAMANTINA									
IBIRÁ	PPS 1	2018	466	687742	7665850	0,00	74,00	ADAMANTINA	6,27	2,0	50,00	40,00	0,63	15,29	128,41	266,60
						74,00	192,00	SERRA GERAL								
IRAPUÁ	PPS 2	1981	430	665338	7648641	0,00	78,00	BAURU	17,42	16,6	44,00	23,00	0,83	8,40	77,52	3.711,50
						78,00	165,00	SERRA GERAL								
	PPS 3	1980	460	664800	7643550	0,00	75,00	BAURU	45,79	17,4	52,00	17,00	1,31	28,05	81,26	10.718,90
						75,00	150,00	SERRA GERAL								
	PPS 4	1981	380	664800	7643500	0,00	74,00	BAURU	10,06	16,0	36,00	18,00	0,56	7,14	150,73	4.016,70
						74,00	150,00	S. GERAL								

Tabela 9-4. Dados dos poços da região de Novo Horizonte (continuação)

MUNICÍPIO	POÇO Nº	DATA PERF.	COTA TERR.	COORDENADAS		PERFIL GEOLÓGICO			Q media m³/h	Func. horas	ND m	NE m	Q esp m³/hxm	T m²/s	HMT (m)	CONS. ENERG. KWH/MÊS
						De (m)	A (m)	FORMAÇÃO								
PIRATININGA	PPS 6	1979	480	693600	7521750	0,00	48,00	BAURU	37,10	20,6	36,75	24,00	2,91	65,25	53,19	6.730,00
						48,00	134,00	PIRAMBÓIA								
						134,00	140,00	CORUMBATAÍ								
	PPS 7	1979	480	693900	7522150	0,00	46,00	BAURU	35,98	20,6	35,50	27,00	4,23	38,90	74,54	9.147,10
						46,00	140,00	PIRAMBÓIA								
						140,00	144,00	CORUMBATAÍ								
	PPS 8	2002	500	693510	7521990	0,00	80,00	ADAM	39,43	20,5	58,10	49,00	4,33	31,80	50,29	6.730,00
						80,00	146,00	PIRAMBÓIA								
						146,00	180,00	CORUMBATAÍ								
VILLAGE (Loteamento Piratininga)	PPS 2	2005	568	690490	7521490	0,00	60,00	ADAMA	8,20	10,2	116,49	105,00	0,71	57,78	251,47	3.482,30
60,00						160,00	PIRAMBÓIA									
160,00						178,00	CORUMBATAÍ									
BRASILIA PAULISTA (DISTRITO PIRATININGA)	PPS 1	1993	550	681990	7516100	0,00	90,00	ADAMANTINA	5,57	11,2	65,55	55,00	0,53	54,00	154,73	1.598,10
100,00						150,00	BOTUCATU									
0,00						50,00	BAURU									
PONGAI	PPS 2	1984	390	669350	7595100	0,00	50,00	BAURU	39,08	16,9	36,00	22,00	2,79	29,94	126,64	13.847,80
50,00						141,00	SERRA GERAL									
PRESIDENTE ALVES	PPS 1	1974	550	660650	7554900	0,00	120,00	BAURU	26,89	10,7	54,00	38,00	1,68	124,03	101,63	4.841,20
	PPS 2	1966	600	660650	7555000	0,00	111,00	BAURU	21,71	10,7	84,00	27,00	0,38	58,90	116,76	4.490,40
S. L. GARICANGA (DISTR. P. ALVES)	PPS 1	1982	500	671900	7560500	0,00	76,00	BAURU	23,94	5,9	45,00	21,00	1,00	39,30	94,38	2.207,10
						76,00	80,00	SERRA GERAL								
						0,00	40,00	BAURU								
URU	PPS 2	1980	400	678350	7590100	0,00	40,00	BAURU	17,85	12,9	16,50	11,50	3,57	74,08	81,02	3.088,80
						40,00	105,00	SERRA GERAL								

Tabela 9-5. Dados dos poços da região de Monte Alto

MUNICÍPIO	POÇO N°	DATA PERF.	COTA TERR.	COORDENADAS		PERFIL GEOLÓGICO			Q média m³/h	Func. horas	ND m	NE m	Q esp m³/hxm	T m²/s	HMT (mca)	CONS. ENERG. KWH
						DE (m)	A(m)	FORMAÇÃO								
MONTE ALTO	PI	1977	585	761250	7650400	0,00	55,20	BAURU	74,24	19	147,00	131,40	4,76	112,00	91,63	29.081,00
						55,20	464,00	SERRA GERAL								
						464,00	519,00	GUARANI (BOTUCATU)								
	PII	1985	600	761500	7651000	0,00	60,00	ADAMANTINA	172,13	19,6	153,00	132,50	8,40	18,03	114,05	86.575,00
						60,00	458,00	SERRA GERAL								
						458,00	700,00	BOTUCATU/ PIRAM								
	PIII	1989	600	763100	7644690	0,00	111,00	ADAMANTINA	209,19	18	186,00	155,00	6,75	7,92	116,58	111.939,00
						111,00	399,00	SERRA GERAL								
						399,00	522,00	BOTUCATU								
						522,00	662,00	PIRAMBÓIA								
	PIV	2000	660	757170	7646500	662,00	664,00	ESTRADA NOVA	103,00	20,9	229,50	217,00	8,24	509,00	161,63	78.285,00
						0,00	143,00	BAURU								
						143,00	570,00	SERRA GERAL								
	PPS 3	1972	610	763100	7644690	570,00	809,00	BOTUCATU/ PIRAMB	9,46	14,7	98,80	60,70	0,25	9,80	163,25	5.108,00
						0,00	140,00	BAURU								
	PPS 4	1975	611	761224	7647456	140,00	147,00	SERRA GERAL	16,71	13,8	102,00	54,00	0,35	32,90	110,61	5.739,00
						0,00	126,00	BAURU								
	PPS 7	1977	620	760200	7644200	126,00	133,00	SERRA GERAL	13,80	8,4	106,40	52,00	0,25	531,00	258,11	6.732,00
0,00						118,00	BAURU									
PPS 14	2011	645	759660	7644700	118,00	146,00	SERRA GERAL	15,70	14,7	110,00	57,70	0,30	1483,00	117,93	6.124,00	
					0,00	134,00	BAURU									
AP. MONTE ALTO (DISTR. MONTE ALTO)	PPS 1	1979	520	745528	7649181	134,00	145,00	SERRA GERAL	8,40	12,5	71,00	29,00	0,20	13,60	181,93	4.298,00
						0,00	35,00	BAURU								
						35,00	51,00	SERRA GERAL								
						51,00	75,00	BAURU								
IBITIRAMA (DISTR. MONTE ALTO)	PPS 1	1988	640	763592	7652703	75,00	121,00	SERRA GERAL	2,14	12,8	115,00	97,00	0,12	21,90	380,00	2.342,00
						0,00	139,00	ADAMANTINA								
CAJOBI	PPS 1	1983	561	729483	7692367	139,00	140,00	SERRA GERAL	11,50	15,4	59,3	12,3	0,32	22	88,19	3.514,00
						0,00	78,00	ADAMANTINA								
	PPS 2	1985	590	729750	7693900	0,00	124,00	BAURU	12,00	12,1	64	11	0,23	1,85	60,3	1.970,00
						124,00	126,00	SERRA GERAL								
	PPS 4	1983	578	729593	7691346	0,00	116,00	ADAMANTINA	8,00	14,5	52	23	0,41	18,9	59,23	1.546,00
						0,00	108,00	BAURU								
	PPS 5	1978	575	728700	7689600	108,00	123,00	SERRA GERAL	12,00	9,3	76	20,77	0,23	19,33	126,16	3.168,00
0,00						43,00	ADMANTINA									
PPS 6	1985	520	730000	7693600	43,00	133,00	SERRA GERAL	65,00	11,9	32	17	3,33	32	87,59	15.244,00	
					0,00	120,00	ADAMANTINA									
PPS 7	1931	547	729493	7692336	120,00	240,00	SERRA GERAL	16,50	13,2	164	21	0,11	21,9	115,89	5.679,00	

