

OTIMIZAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DE POÇOS NO AQUIFERO FISSURADO DE LINS – SP, ATRAVÉS DE CAPTAÇÃO, CONTROLE E INTERPRETAÇÃO DIGITAL DE DADOS

Fernando Willi Bastos Franco Filho¹; Walter Antônio Orsatti¹; José Paulo G. M. Netto².

RESUMO

O abastecimento de água do município de Lins – SP, operado pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, é constituído exclusivamente por água subterrânea, captada através de 15 poços perfurados nos aquíferos sedimentares na Formação Adamantina e no Aquífero Guarani (Formações Botucatu e Pirambóia), além, do fissural, constituído pelos Basaltos da Formação Serra Geral. O volume mensal explorado, de 509.901 m³ (2006) atende 100% da população do Município Lins, que conta com 99,5% de seu esgoto tratado.

Os dois poços do aquífero Guarani, o PPJ2 e 10, correspondem a aproximadamente 68% do volume total produzido, e sua exploração está limitada pelos teores de fluoretos presentes, que estão acima dos padrões estabelecido pela OMS.

Para adequar a qualidade da água aos padrões exigidos, a SABESP utiliza o método da diluição com água dos poços com teores menores em flúor (basaltos da Formação Serra Geral e sedimentos da Formação Adamantina).

O volume produzido pelos 10 poços do aquífero fissural corresponde a aproximadamente 28% do total, que apresentam interferências entre si, dificultando a sua gestão sustentável.

O presente trabalho estuda, por controle digital, o comportamento hidrogeológico destes poços e apresenta soluções com um aumento de produção e sem danos ao aquífero.

ABSTRACT

The water supply of the city of Lins - SP, operated by the *Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP*, is constituted exclusively by groundwater, caught through 15 wells in the sedimentary aquifer at the *Adamantine* Formation and *Aquifer Guarani* (*Formations Botucatu and Pirambóia*), beyond of the fissured, consisting of the Basalts of the *Serra Geral* Formation. The explored monthly volume, of 509.901 m³ (2006) takes care of 100% of the population of the Lins city, that counts on 99,5% of its treat sewer.

Palavras chaves: Monitoramento de Poços, Controle Digital de Níveis e Vazão

⁽¹⁾ Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP - Av. Do Estado, 561 – São Paulo – SP, Geol. Fernando - 11-3388 7366 - ffranco@sabesp.com.br ; Eng. Walter 11-3388 7130 - worsati@sabesp.com.br

⁽²⁾ Maxiagua Soluções em Água Ltda. – R. Açatunga, 154, SP - SP – Fone: (11) 5096-5888 – email: jp@maxiagua.com

The two wells of the aquifer *Guarani*, PPJ2 and 10, approximately correspond at 68% of the produced total volume, and its exploration is limited by the texts of present fluorites, that are above of established by the OMS.

To adjust the quality of the water to the demanded standards, the SABESP uses the method of the dilution with water of the wells with fewer texts in fluorine (basalts of the *Serra Geral* Formation range and sediments of the *Adamantine* Formation).

The produced volume by the 10 wells of the aquifer fissured corresponds 28% of the total that presents interferences between itself, making its sustainable management difficult.

The present work studies, by digital control, the hydro geologic behavior of these wells and presents solutions with an increase of production without damages to the aquifer.

OBJETIVO

O presente trabalho, de caráter preliminar, tem por objetivo estudar o comportamento hidrogeológico destes poços e posteriormente apresentar um programa de extração de água subterrânea destes, visando um aumento de produção sem que haja danos ao aquífero.

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo está localizada na porção noroeste do Estado de SP, pertencendo a Bacia Hidrográfica dos rios Tietê/Batalha, entre as coordenadas 7601 - 7605 N e 627 - 632 E, tendo como limite Norte os municípios de Guaíçara e Sabino, Sul, Cafelândia e Guaimbê, Leste, Cafelândia e Sabino e Oeste, Getulina e Guaimbê. A região encontra – se na porção nordeste da Bacia Paleozóica do Paraná, sobre sedimentos cretáceos pertencentes à Formação Adamantina (Fig. 01).

METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia utilizada consistiu primeiramente de um levantamento dos dados disponíveis durante 6 anos (2000 a 2005) na Unidade de Negócios (U.N) de Lins da SABESP, relativo ao:

- Volume mensal de água produzido por todos os poços que captam água do aquífero fissural;
- Regime de bombeamento médio mensal;
- Vazão instantânea dos poços e os respectivos ND, durante um período de 2(dois) anos.

Posteriormente, foram selecionados 4 poços (P.1, P.2, P.3 e P.9) que apresentavam características hidrogeológicas e construtivas adequadas à execução de monitoramento de vazão e nível correspondente, utilizando-se registradores/acumuladores de dados, para posterior análise.

Como todos os poços dispõem de medidores eletromagnéticos de vazão, utilizou-se para os poços P.1 e P.2 as informações do Software Supervisório *Elipse*, que informa as vazões dos poços a cada 3 minutos e nos poços P.3 e P.9, foram instalados registradores/ acumuladores tipo *Datalogger's*, diretamente nos medidores eletromagnéticos instalados nas áreas dos poços.

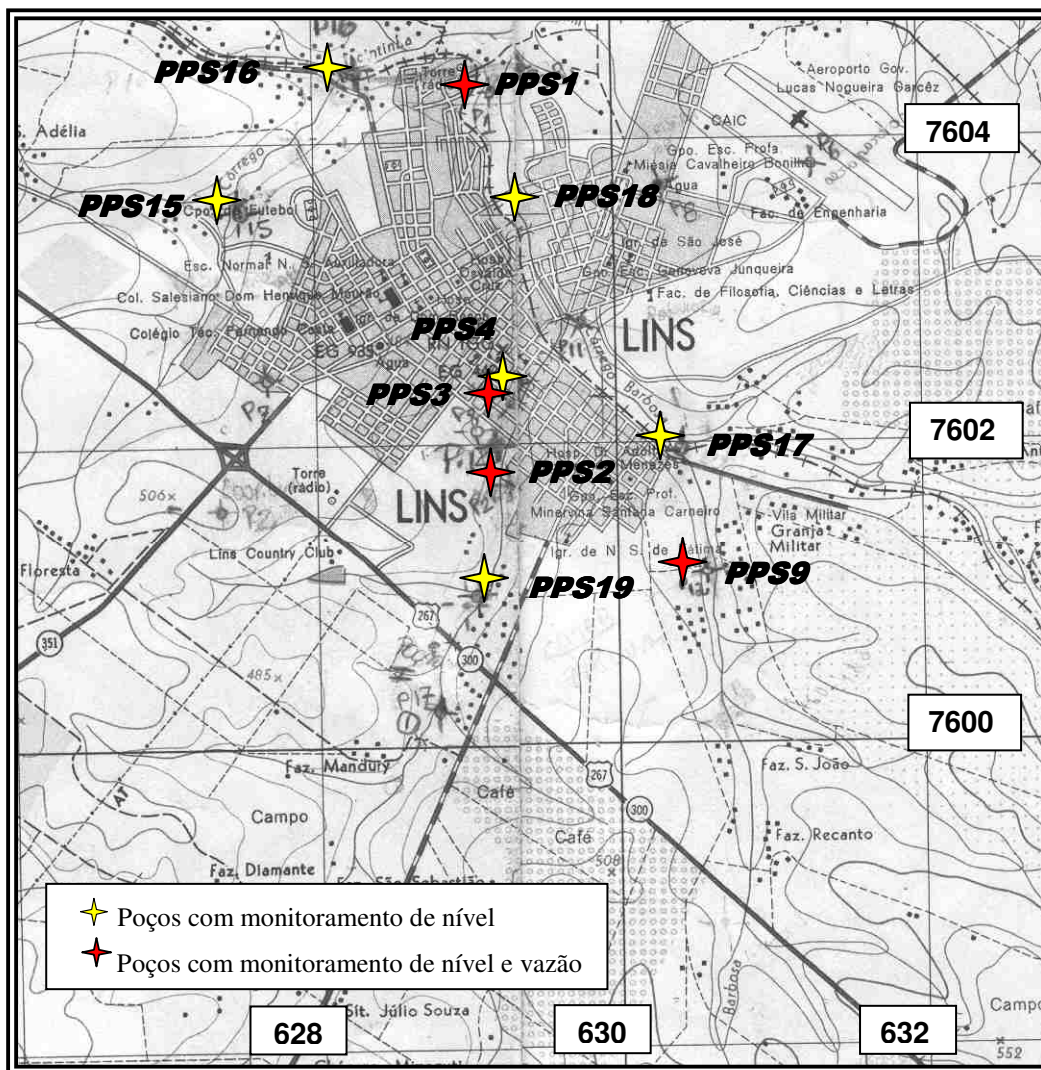


Fig. 01 – Mapa de localização dos poços que captam água do aquífero fissurado no Município de Lins – SP - Folhas IBGE -1:50.000, SF- 22-X-C-VI-2 e SF-22-X-C-VI-1

As medições de níveis foram executadas por sondas (DIVER) *dataloggers* instaladas nos poços P1, P3 e P9 e sonda transdutora de pressão no P2, conectada a um *datalogger*, que registra as informações. As medidas de nível, a cada 3 minutos foram sincronizadas com as informações de vazão. A partir destes dados, foram elaborados gráficos relativos ao período completo de medições e posteriormente, foram selecionados intervalos diários para uma avaliação mais profunda.

RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS MONITORADOS								
Poço	Ano de Perfuração	Prof. (m)	Sedimentos Formação Adamantina	Basaltos Formação Serra Geral	Vazão na Perfuração (m ³ /h)	NE na perf.	ND na perf.	Q/s na Perfuração (m ³ /h/m)
P1	1938	170	00 a 85 m	85 a 170 m	100	45,7	66,5	4,80
P2	1985	200	00 a 90 m	90 a 200 m	66	65,0	81,0	4,12
P3	1955	182	00 a 95 m	95 a 182 m	66	62,0	80,0	3,67
P9	1985	155	00 a 100 m	100 a 155 m	44	72,8	82,2	5,34

Tabela 01 – Resumo das características dos poços monitorados

EQUIPAMENTOS INSTALADOS	
Poço	Equipamento
P 1	Diver SCHLUMBERGER aos 90 m em 13.12.2006 + medidor eletromagnético de vazão
P 2	Sonda transdutora de pressão para medição de níveis, inst. Aos 84,20 m em 14.12.06
P 3	Diver acumulador aos 86,50 m em 26.12.2006 + medidor eletromagnético de vazão
P 9	Diver acumulador aos 88,50 m em 09.12.2006 + medidor eletromagnético de vazão

Tabela 02 – Equipamentos instalados nos poços monitorados

ANÁLISE DOS DADOS OPERACIONAIS DOS POÇOS

Estas informações foram obtidas do Departamento de Controle Sanitário e Ambiental – ROA e na Unidade de Negócios do Baixo Tietê e Grande – RT da SABESP, e foram tratados como:

1 - Volume produzido ($m^3/mês$) – o volume produzido mensalmente corresponde ao volume de água obtido em um período entre 29 a 31 dias, através da diferença entre a leitura do 1o e último dia do período, de um totalizador de volume (hidrômetro, medidor eletromagnético, etc.), instalado nas proximidades do poço, ou na chegada da água na reservação.

2 - Regime de bombeamento médio (h/dia/mês) - é definido como sendo a razão entre o horário de funcionamento mensal do poço, pelos dias do mês. O tempo de funcionamento é medido em um período entre 29 a 31 dias, através da diferença entre a leitura do 1o e último dia do período, de um totalizador de horas (horímetro), instalado geralmente no quadro de comando e proteção do poço.

3 - Vazão média ($m^3/h/mês$) - É o quociente entre o volume mensal produzido pelo poço pelo horário de funcionamento no mês. Constitui – se num importante parâmetro de referência para avaliação do desempenho de um poço. Quanto maior o tempo de funcionamento mais a vazão média se aproxima da vazão real do poço.

Os quadros abaixo demonstram separadamente, os registros históricos dos PPS 01, 02, 03, 04, 09 a 15 entre os anos de 2000 a 2005.

Os poços PPS16, com início da operação em janeiro de 2005, e o P17, com início da operação em agosto de 2005, têm poucos dados históricos para análise, motivo pelo qual não foram considerados. Já os poços PPS18 e PPS19, por provocarem interferências significativas nos poços PPS1 e PPS2, com conseqüente prejuízo para o abastecimento, estão atualmente paralisados, devendo ser estudados posteriormente.

POÇO 01						
Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Volume mínimo (m³/mês):	12.000	24.000	20.000	18.000	30.000	29.000
Volume máximo (m³/mês):	40.000	36.000	48.000	45.000	45.000	35.000
Volume médio (m³/mês):	25.000	28.000	34.000	32.000	37.000	32.000
Funcionamento mínimo (h/dia/mês):	6	11	9	17	12	13
Funcionamento máximo (h/dia/mês):	18	19	23	24	18	16
Funcionamento médio (h/dia/mês):	12	15	16	20,5	15	14,5
Vazão média mínima (m³/h/mês):	65	62	41	35	68	65
Vazão média máxima (m³/h/mês):	80	95	85	81	88	80
Vazão média (m³/h/mês):	72,5	78,5	63	58	78	72,5

Análise inicial P1: observa-se que o volume produzido teve uma grande variação, em função do regime de bombeamento ser muito variável (de 6 a 24 h/dia), principalmente no período de 2002 e 2003, e apresentando pequena variação (de 29 a 35.000 m³) em 2005, com regime de bombeamento entre 13 e 16 h/dia. O volume produzido e a vazão média, não tiveram queda no período analisado, considerando o mesmo regime de bombeamento.

POÇO 02						
Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Volume mínimo (m³/mês):	15.000	15.000	22.000	24.000	20.000	7.000
Volume máximo (m³/mês):	34.000	38.000	38.000	37.000	32.000	27.000
Volume médio (m³/mês):	25.000	26.500	30.000	31.000	26.000	17.000
Funcionamento mínimo (h/dia/mês):	2	10	15	16	11	14
Funcionamento máximo (h/dia/mês):	18,5	19	20	20	21	19,5
Funcionamento médio (h/dia/mês):	10,25	15,5	17,5	18	16	16,75
Vazão média mínima (m³/h/mês):	30	30	50	51	42	30
Vazão média máxima (m³/h/mês):	80	78	70	55	58	52
Vazão média (m³/h/mês):	55	54	60	53	50	41

Análise inicial P2: Observa-se que volume produzido manteve-se praticamente constante em 2000, 2001, 2003 e 2004 e com aumento em torno de 20% em 2002, e diminuição acentuada (32%), em 2005, com regime de bombeamento praticamente constante (10 a 18 h/dia), no período de 2000 e 2005. A vazão média apresentou queda em 2005, para o mesmo regime de bombeamento de 2004.

POÇO 03						
Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Volume mínimo (m³/mês):	17.000	21.000	16.000	8.000	10.000	15.000
Volume máximo (m³/mês):	29.000	27.000	24.000	17.000	18.000	17.000
Volume médio (m³/mês):	23.000	24.000	20.000	13.000	14.000	16.000
Funcionamento mínimo (h/dia/mês):	12	15	18	15	16	16,5
Funcionamento máximo (h/dia/mês):	19,5	20	20	20	19	18
Funcionamento médio (h/dia/mês):	15,75	17,5	19	17,5	17,5	17,25
Vazão média mínima (m³/h/mês):	40	40	28	18	20	29
Vazão média máxima (m³/h/mês):	50	48	41	30	35	32
Vazão média (m³/h/mês):	45	44	34,4	24	27,5	30,5

Análise inicial P3: Neste poço o volume produzido por mês, manteve-se constante em 2000 e 2001 e apresentou queda de 20% em 2002, com o maior tempo de bombeamento no período (19 h/dia) e de 45% em 2003 e 40% em 2004, diminuindo de 32% em 2005, com regime de bombeamento praticamente constante (de 17,5 h/dia). A vazão média apresentou queda crescente no período analisado, com praticamente o mesmo tempo de bombeamento.

POÇO 04						
Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Volume mínimo (m³/mês):	10.000	5.000	13.000	16.000	6.000	17.500
Volume máximo (m³/mês):	30.000	22.000	21.500	22.000	21.000	21.000
Volume médio (m³/mês):	20.000	13.500	17.000	19.000	13.500	19.000
Funcionamento mínimo (h/dia/mês):	7	13	10,5	16	4	16
Funcionamento máximo (h/dia/mês):	17	22	19	20	23	20
Funcionamento médio (h/dia/mês):	12	17,5	14,75	18	13,5	18
Vazão média mínima (m³/h/mês):	32	30	31	32	30	32
Vazão média máxima (m³/h/mês):	45	50	60	38	50	36
Vazão média (m³/h/mês):	38,5	40	45,5	35	40	34

Análise inicial P4: Observa-se que o volume produzido, no período de 2000 a 2001 e 2004, teve uma grande queda, em função da variação do tempo de bombeamento (de 7 a 23 h/dia), e apresentando pequena variação de volume médio produzido (de 17 a 19.000 m³) em 2002, 2003 em 2005, com regime de bombeamento entre 10 e 19 h/dia. O volume produzido e a vazão média tiveram queda significativa no período analisado, considerando o mesmo regime de bombeamento.

POÇO 09						
Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Volume mínimo (m³/mês):	8.000	3.000	14.000	14.000	10.000	10.000
Volume máximo (m³/mês):	21.000	18.000	21.000	20.000	19.000	16.000
Volume médio (m³/mês):	14.500	10.500	17.500	17.000	14.500	13.000
Funcionamento mínimo (h/dia/mês):	6,5	7	14	15,5	10	10
Funcionamento máximo (h/dia/mês):	19,5	18	20	19,5	19	18,5
Funcionamento médio (h/dia/mês):	13	12,5	17	17,5	14,5	14,25
Vazão média mínima (m³/h/mês):	31	35	31	32	32	29
Vazão média máxima (m³/h/mês):	41	45	35	34	34	32
Vazão média (m³/h/mês):	36	40	33	33	33	30,5

Análise inicial P9: Neste poço o volume produzido por mês, manteve-se constante em 2000 (regime de bombeamento de 6 a 20 h/dia/mês) e 2004 (regime de bombeamento de 10 a 18 h/dia/mês). Apresentou queda aproximada de 28% em 2001, devido ao regime de bombeamento ser muito variável (de 2 a 18 h/dia/mês), queda de apenas 10% em 2005, aumentando aproximadamente 20% em 2002 e 2003, com regime de bombeamento praticamente constante (de 15 a 19 h/dia), em 2000 e 2005. A vazão média apresentou pequena queda (15%) no período analisado, com pequeno aumento no tempo de bombeamento.

POÇO 15						
Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Volume mínimo (m³/mês):	-	-	9.000	10.000	8.000	8.800
Volume máximo (m³/mês):	-	-	11.000	11.500	11.500	10.800
Volume médio (m³/mês):	-	-	10.000	10.750	9.750	9.800
Funcionamento mínimo (h/dia/mês):	6	11	9	17	12	13
Funcionamento máximo (h/dia/mês):	18	19	23	24	18	16
Funcionamento médio (h/dia/mês):	12	15	16	20,5	15	14,5
Vazão média mínima (m³/h/mês):	65	62	41	35	68	65
Vazão média máxima (m³/h/mês):	80	95	85	81	88	80
Vazão média (m³h/mês):	72,5	78,5	63	58	78	72,5

Análise inicial P15: Este poço iniciou a sua operação em 2002 e o volume produzido teve um pequeno aumento em 2003 (7%) e queda de 2,5% em 2004 e 2005. A vazão média foi praticamente constante no período analisado. Este poço não apresenta sinais de queda de produção.

Vazões e níveis - As informações referentes ao nível estático, dinâmico e vazão são obtidas diretamente no controle operacional de poço executado pela U.N, que são feitas mensalmente em todos os poços. A medição do nível estático é feita com o poço parado por no mínimo 4 h, com o auxílio de um medidor de nível que é constituído por um eletrodo ligado a um cabo graduado. O nível dinâmico é medido da mesma maneira, com o poço em operação com um tempo de funcionamento aleatório. A vazão é obtida diretamente no medidor eletromagnético instalado ou na área do poço ou no centro de controle operacional (CCO).

Como as medidas de nível dinâmico e vazão não são executadas concomitantemente com as informações geradas no controle operacional de poços, estas não ofereciam a precisão necessária para a execução deste estudo. Assim, decidiu-se pela instalação de sensores de nível conectados a armazenadores de dados (data-loggers) diretamente nos poços, os quais executam medidas contínuas. Já para as medidas de vazão, para os poços PPS1 e PPS2, foi utilizado o sistema de supervisão *Scada*, que dispõe da série histórica de vazão dos poços em análise, exportando os dados para a planilha *Excel*. Para os poços PPS3 e PPS9, foram utilizados outros data-loggers, conectados aos medidores eletromagnéticos de vazão.

DADOS OBTIDOS DURANTE MONITORAMENTO EXECUTADO

PPS 01 – Dados Coletados entre 13 a 27.12.2006:

Vazão máxima no período:	56,40 m³/h,
Nível máximo no período:	73,26 m,
Rebaixamento máximo no período:	9,35 m
Capacidade específica:	6,03 m³/h/m
Vazão mínima:	46,80 m³/h
Nível mínimo:	63,91 m.

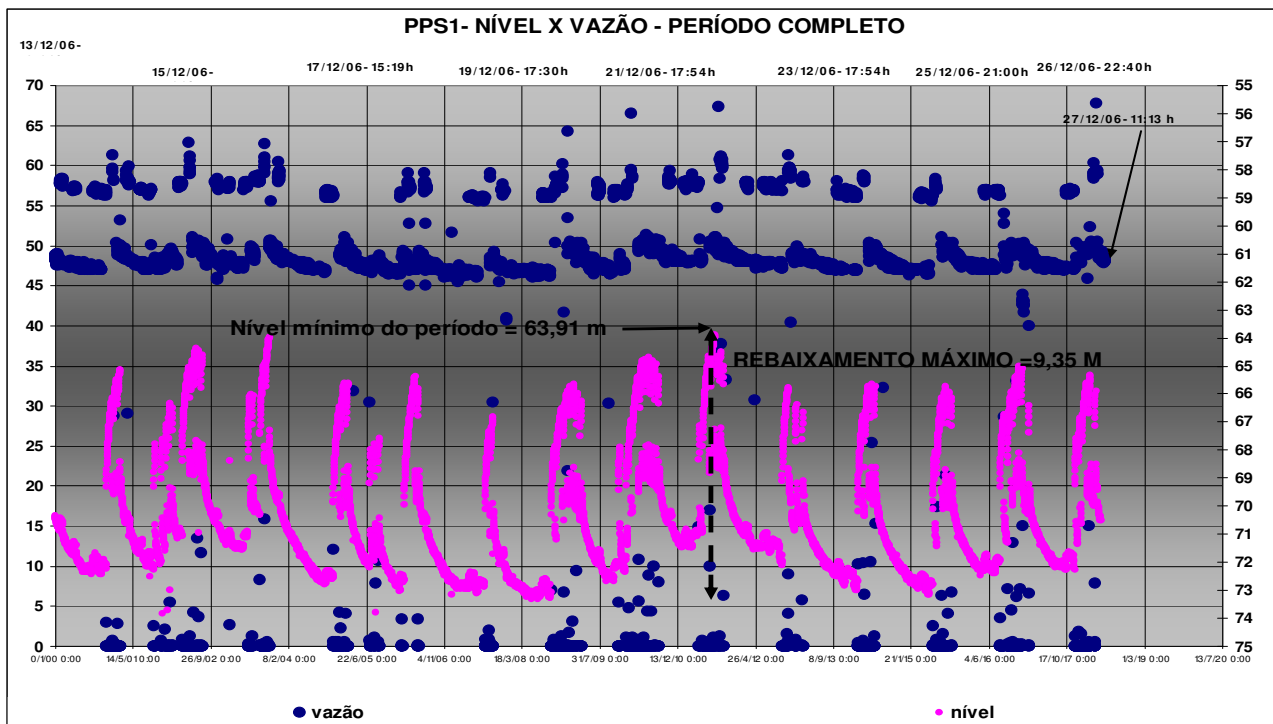


Gráfico 01 – PPS 01 – Nível x vazão, período entre 13 a 27.12.2006

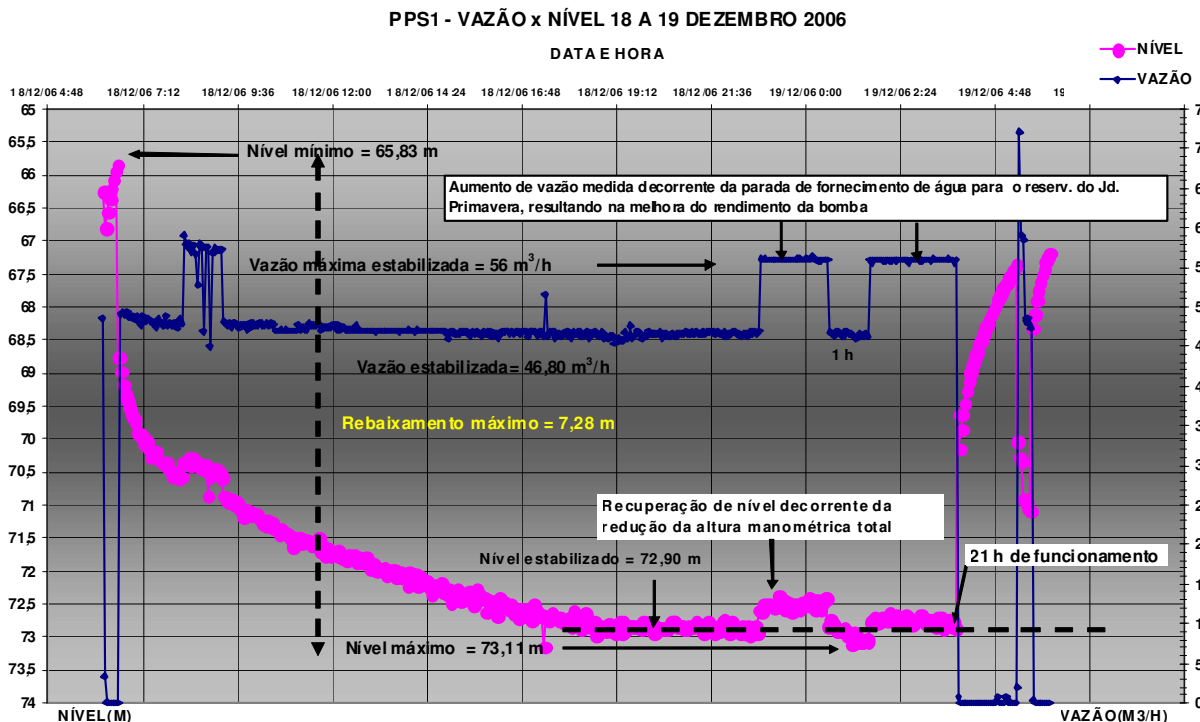


Gráfico 02 – PPS 01 – Vazão x Nível, período entre 18 a 19.12.2006

ANÁLISE PPS 01

Este poço apresenta uma operação homogênea ao longo do período observado, não havendo alterações de um dia para outro. Como ele abastece dois reservatórios com alturas manométricas distintas, nota-se uma sensível melhora no rendimento da bomba quando o reservatório com maior altura manométrica está cheio. Refletindo numa maior vazão bombeada, com recuperação de nível. Entretanto, exibe uma operação inadequada, durante a madrugada funciona com alguma

intermitência e no restante do dia de forma contínua por 20 a 22 h. (regime de bombeamento acima do recomendado para aquífero fissural). Observa-se a partir de 7 h de funcionamento a estabilização da vazão em 46,80 m³/h e somente após 10 h, o nível estabiliza em 72,90 m.

PPS 02 - Dados coletados entre 14 a 27.12.06

Vazão máxima no período:	30,10 m ³ /h,
Nível máximo no período:	79,67 m
Rebaixamento máximo no período:	5,27 m
Capacidade específica:	5,71 m ³ /h/m
Vazão mínima:	25,00 m ³ /h
Nível mínimo:	74,40 m.

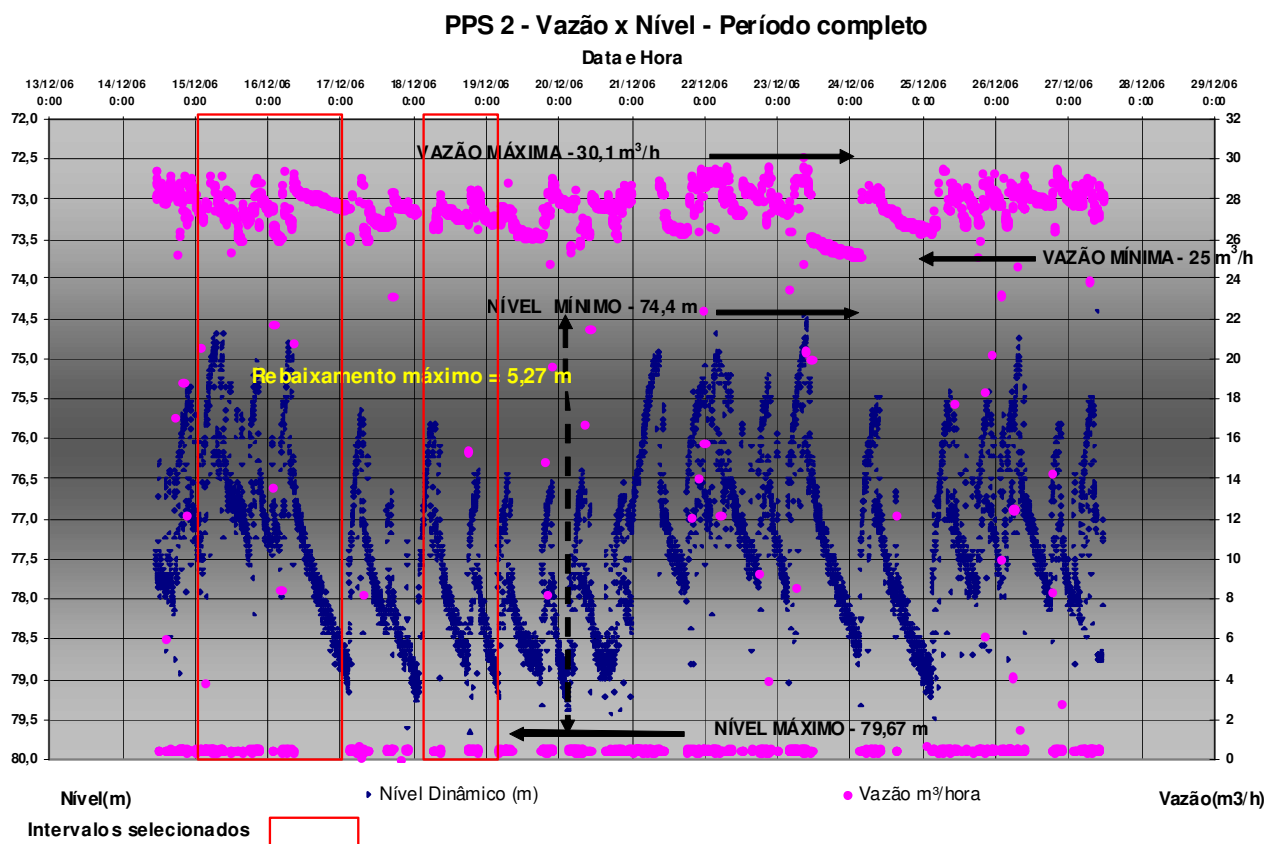


Gráfico 03 – PPS 02 – Vazão x Nível, período entre 14 a 27.12.2006

ANÁLISE PPS2 em 15.12.2006

Este poço apresentou um funcionamento intermitente ao longo do dia selecionado, com várias paralisações durante período. O maior tempo de funcionamento contínuo (por 9 horas) foi durante o período de 9:00 às 18:00 h, embora este tenha feito 3 paradas rápidas durante este intervalo, denotando um sub-aproveitamento deste poço em termos de regime máximo permitido. Observa-se um rebaixamento, entre nível mínimo e máximo de apenas 3,45 m, mostrando também uma sub-exploração do poço referente ao rebaixamento.

PPS.2 - Nivel Dinâmico e Vazão - 15 de dezembro 2006

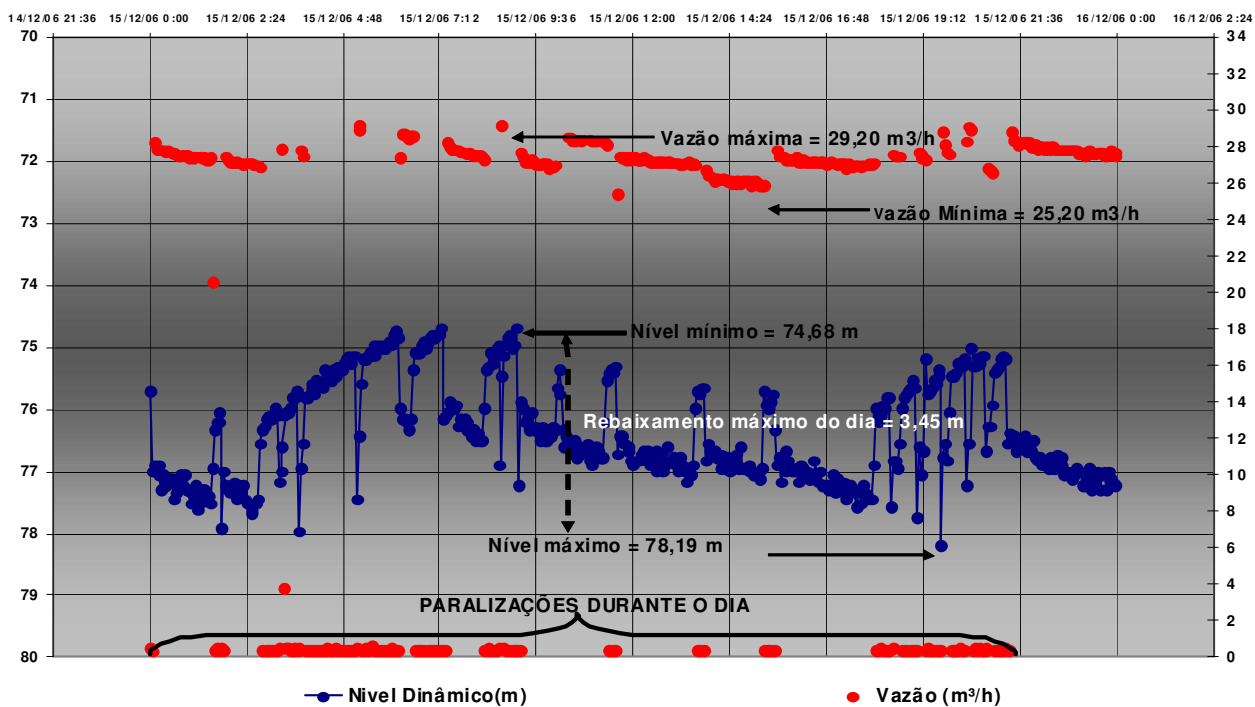


Gráfico 04 – PPS 02 – Vazão x Nível, em 15.12.2006

P.2 - VAZÃO(M3/H) x NÍVEL(M)-1 DIA 16/12/06

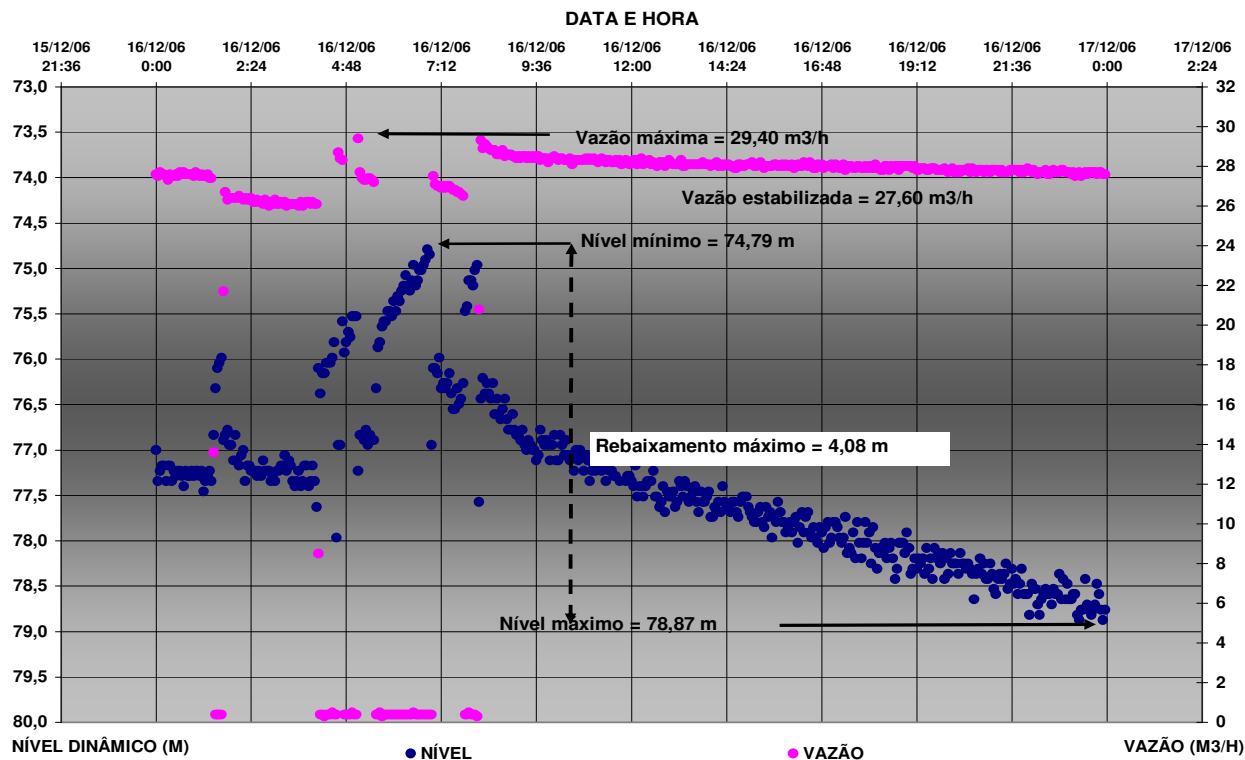


Gráfico 05 – PPS 02 – Vazão x Nível, em 16.12.2006

ANÁLISE PPS 2 – em 16.12.2006

Este poço teve, neste dia, teve uma operação praticamente contínua das 0:03 às 4:03 h (por 4:00 h), e intermitente com predomínio de paralisações das 4:03 às 8:12 h (por 4:09 h). A partir deste horário, funcionou ininterruptamente das 8:12 às 0:00 (por 15:48 h). A vazão teve uma pequena queda desde o início do bombeamento, estabilizando praticamente após 4 h de funcionamento, o rebaixamento do nível dinâmico não foi muito expressivo, caindo gradativamente, e após 15:48 h de funcionamento, não mostra uma tendência de estabilização.

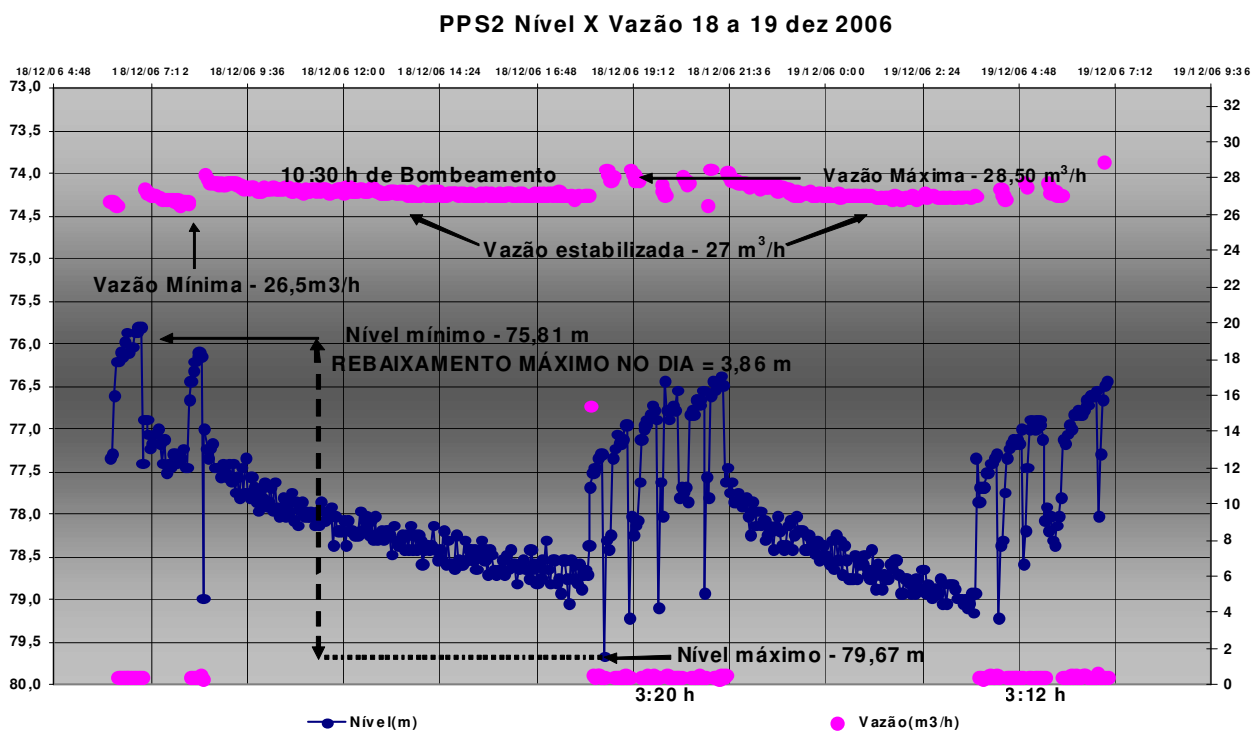


Gráfico 06 – PPS 02 – Vazão x Nível de 18 a.19.12.2006

ANÁLISE PPS 2 – de 18 a 19.12.2006

No dia 18, o poço apresentou um regime de funcionamento mais uniforme, com duas paralisações significativas (com alguma intermitência), uma de 3:20 h, das 18:12 às 21:33 h e outra de 3:12 h das 3:48 às 7:00 h do dia 19/12/2006. Esta intermitência no funcionamento, com várias paradas e funcionamentos durante um curto espaço de tempo pode comprometer a vida útil do equipamento de bombeamento.

O regime de bombeamento deste período somou 15:54 h, abaixo do limite máximo permitido. Durante os funcionamentos ininterruptos observa-se uma vazão estabilizada de 27 m³/h e o nível dinâmico tendendo a estabilização em 78,82 m. O rebaixamento máximo do dia foi de apenas 3,86 m, mostrando que este poço sem encontra em regime de sub-exploração.

PPS2 Nível X Vazão 18/12/2006 - Funcionamento Contínuo

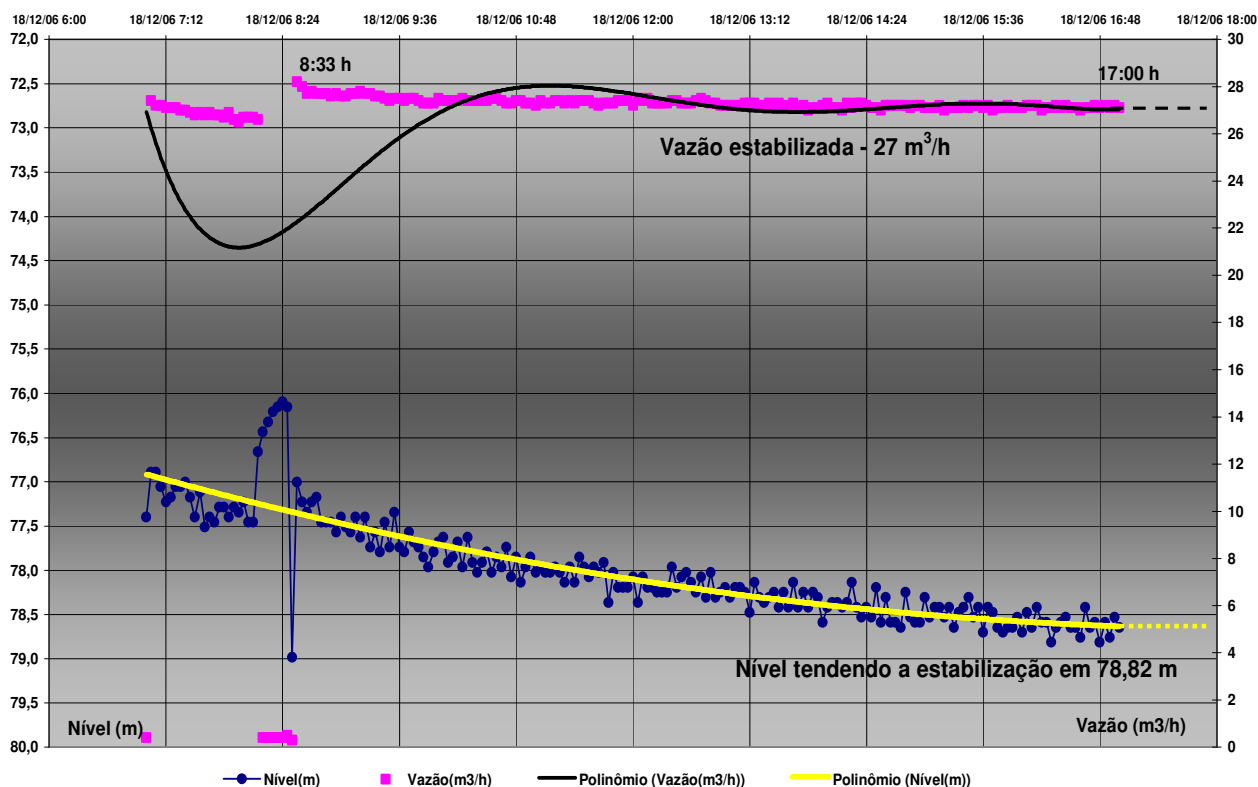


Gráfico 07 – PPS 02 – Vazão x Nível em 18.12.2006 com Funcionamento Contínuo

ANÁLISE PPS2 - 18.12.2006 em Funcionamento Contínuo:

Foi selecionado um período de funcionamento contínuo, a fim de verificar o comportamento da vazão e nível, visto que, no gráfico anterior não ficou evidente a estabilização do nível dinâmico. Analisando-se o gráfico acima, verifica-se uma estabilização de nível em 78,82 m após 10 h. de funcionamento e a vazão após 2 h.

PPS3 - Dados Coletados entre 26.12.2006 A 04.01.2007:

Vazão máxima no período:	26,95 m ³ /h
Nível máximo no período:	74,84 m
Rebaixamento máximo no período:	7,51 m
Capacidade específica:	3,58 m ³ /h/m
Vazão mínima:	24,00 m ³ /h
Nível mínimo:	67,33 m

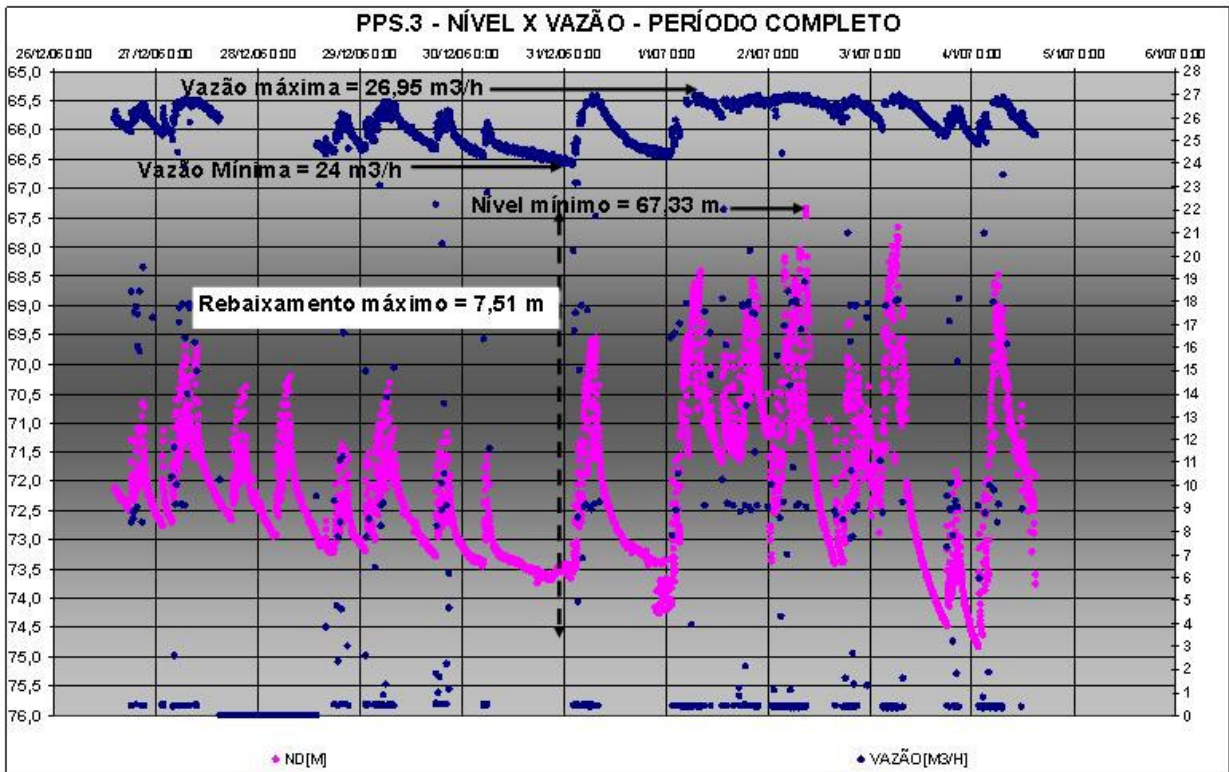


Gráfico 08 – PPS 03 – Vazão x Nível período completo entre 26.12.2006 a 04.01.2007

ANÁLISE PPS 3: Foram identificados 3 padrões de funcionamento distintos, um no dia 29 de Dezembro de 2006, outro no dia 30 e outro no dia 1 de janeiro de 2007, detalhados a seguir:

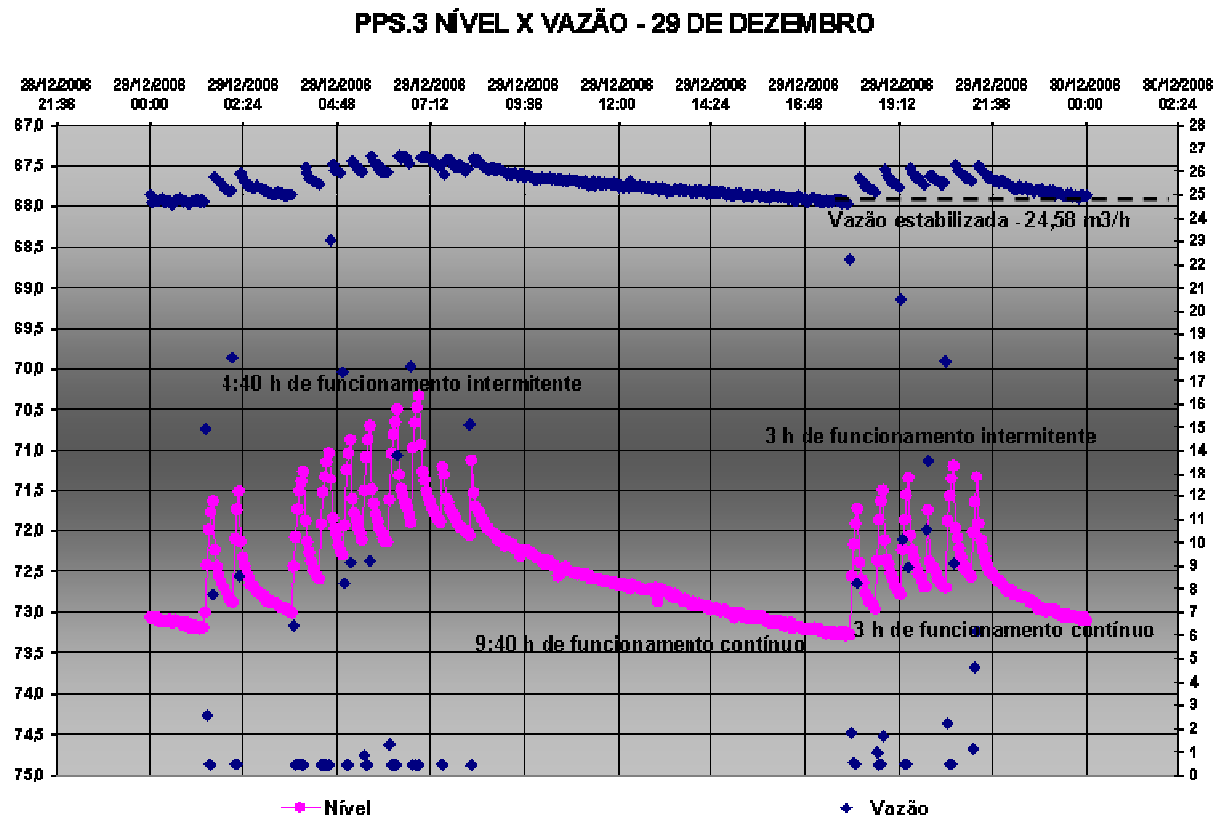


Gráfico 09 – PPS 03 – Vazão x Nível em 29.12.2006

ANÁLISE PPS3 em 29.12.2006:

Neste dia o poço teve um funcionamento irregular, sendo que das 00:00 às 3:39 h, com intermitência e com poucas paralisações, e das 3:39 às 8:18 h, idem, com predomínio de paralisações e das 8:18 h às 17:57 h. Um funcionamento contínuo, por 9:40 h. Das 17:57 às 21:12 h, 3:15 horas de funcionamento intermitente, com algumas paralisações, e das 21:12 às 00:00, funcionamento contínuo por 4:40 h. Durante a operação contínua, nota-se uma estabilização de nível e vazão, apesar da constante variação de nível e vazão, durante a madrugada e o fim da tarde. Verificando-se que o regime de bombeamento deste dia, está acima do recomendado.

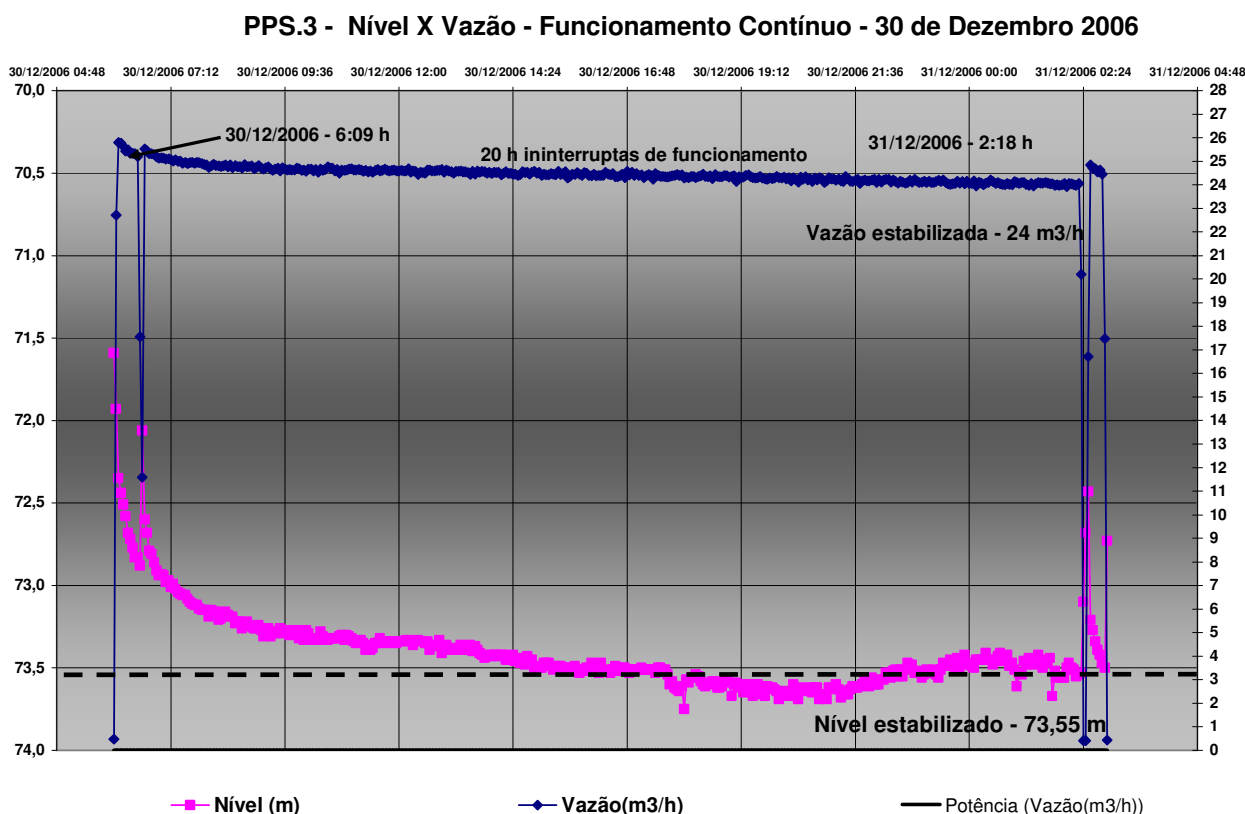


Gráfico 10 – PPS 03 – Vazão x Nível em 30.12.2006

ANÁLISE PPS 3 em 30.12.2006:

Foi selecionado um dia onde o poço funcionasse um tempo suficiente para a verificação da estabilização da vazão e nível dinâmico. Neste dia o poço operou 20 h ininterruptas – do dia 30/12/2006 às 6:09 h ao dia 31/12/2006 às 2:18 e foi verificado que o nível estabilizou em 73,55 m, com uma vazão de 24 m³/h.

PPS.3- Nível X Vazão - 1 de janeiro 2007

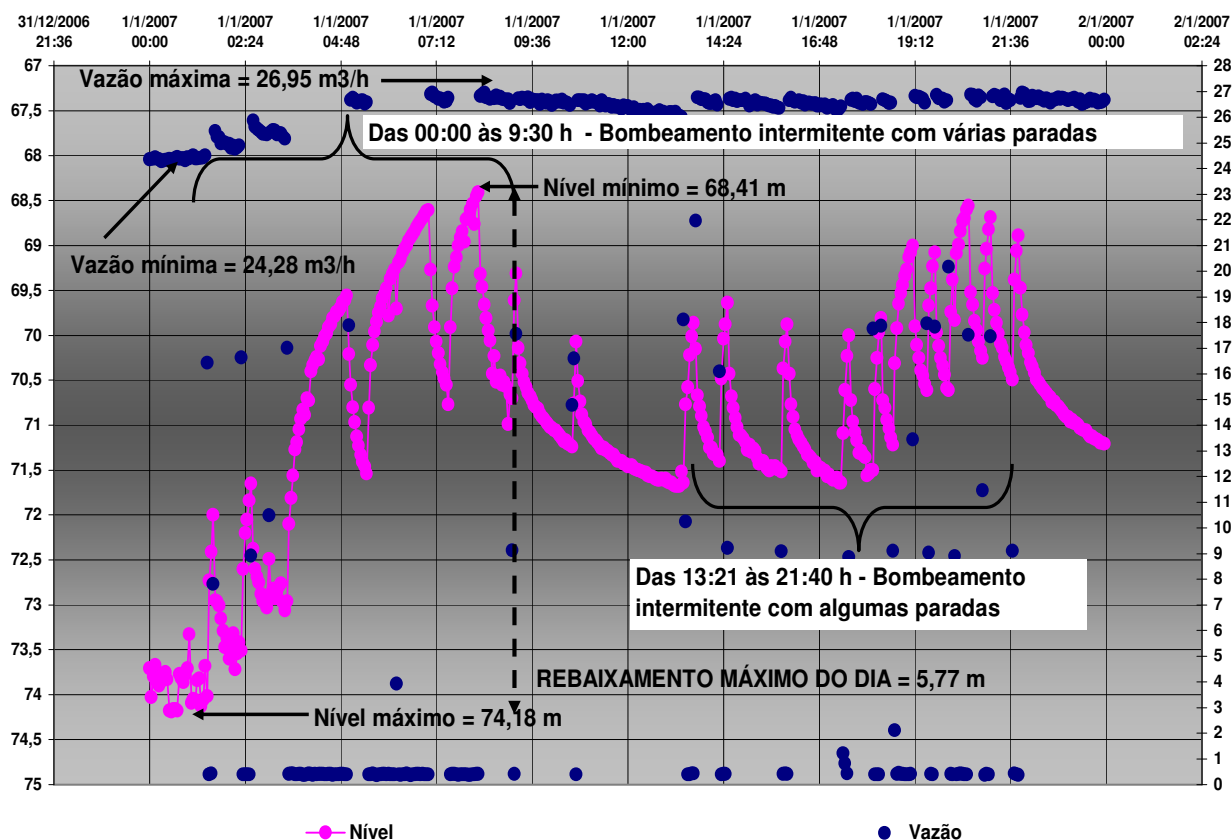


Gráfico 11 – PPS 03 – Vazão x Nível em 01.01.2007

ANÁLISE PPS 3 em 01.01.2007:

O poço apresentou das 00:00 às 09:30 h um funcionamento descontínuo com várias paralisações, e contínuo das 9:30 às 13:20 h, por 3:40 h, e intermitente com algumas paralisações das 13:21 h às 00:00 h, denotando neste dia, um sub-aproveitamento da capacidade produtiva deste, em termos de tempo de bombeamento. A vazão apresentou uma tendência à estabilização com 26 m³/h, e o nível dinâmico para esta vazão não apresentou esta tendência, devido provavelmente ao tempo de bombeamento insuficiente.

PPS 9 - Dados Coletados entre 14.12.2206 a 04.01.2007:

Vazão máxima no período:	29 m ³ /h
Nível máximo no período:	78,61 m
Nível mínimo no período:	71,10 m
Rebaixamento máximo do período:	7,51 m
Capacidade específica:	3,86 m ³ /h/m

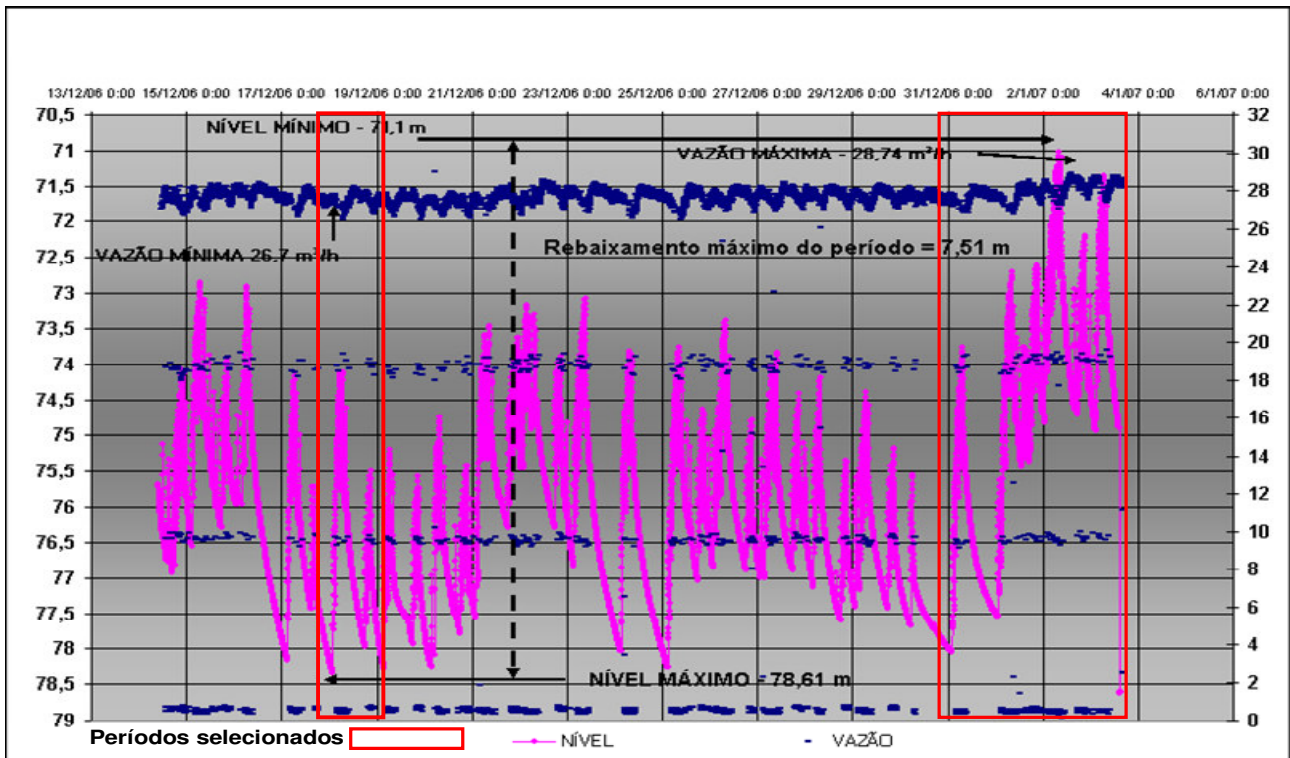


Gráfico 12 – PPS 09 – Vazão x Nível em 14.12.2006 a 04.01.2007

ANÁLISE PPS 9 entre 14.12.06 a 04.01.07:

Foram selecionados dois padrões distintos de operação para este poço, que refletem as condições de funcionamento do período completo de medições, os quais serão detalhados a seguir:

PPS 9 - Vazão X Nível X Data - 31/12/06 às 00:09 h a 3/1/07 às 14:39 h

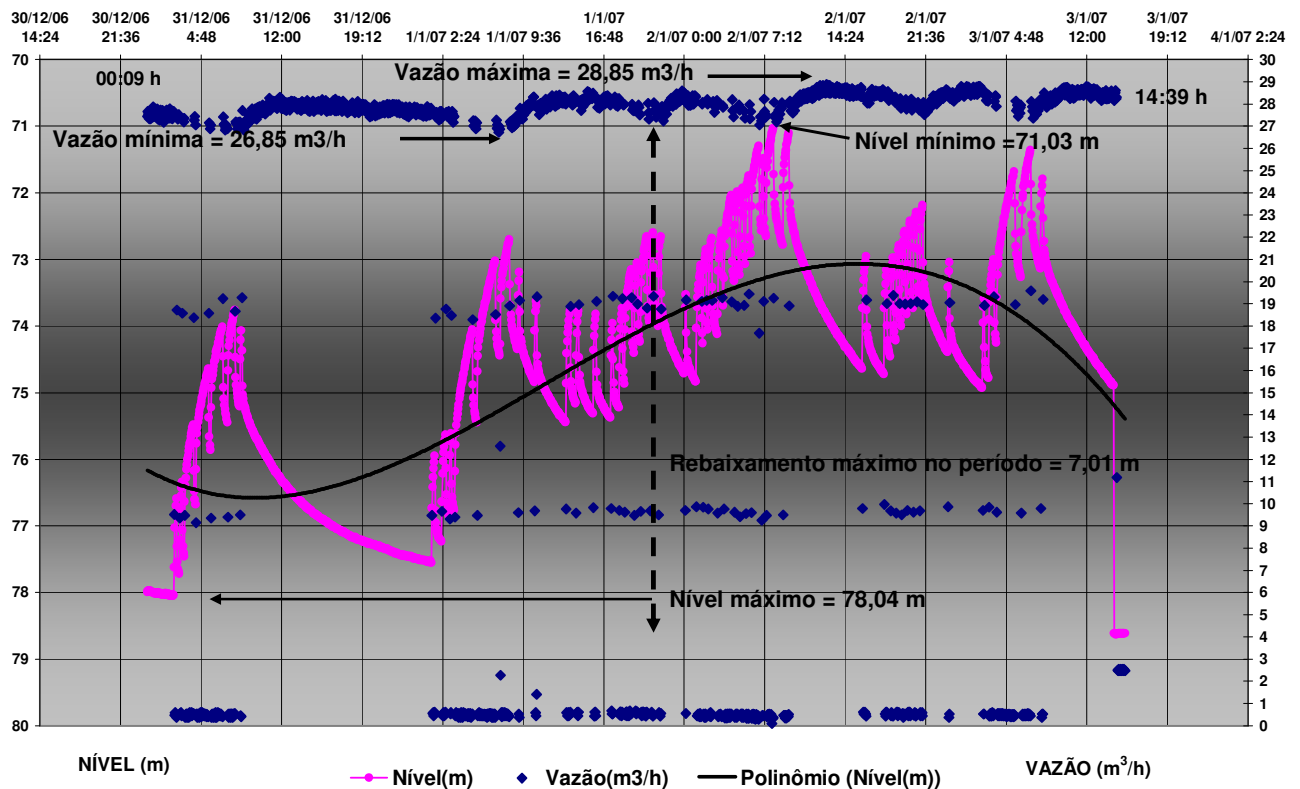


Gráfico 13 – PPS 09 – Vazão x Nível de 31.12.2006 a 03.01.2007

ANÁLISE PPS 9 entre 31.12.2006 a 03.01.2007:

Neste período o poço apresenta uma operação de forma cíclica, com intervalos de vazões pouco variáveis para alterações significativas de níveis. Nota-se, ao longo do período uma intermitência muito grande no regime de bombeamento, prejudicando o volume final extraído.

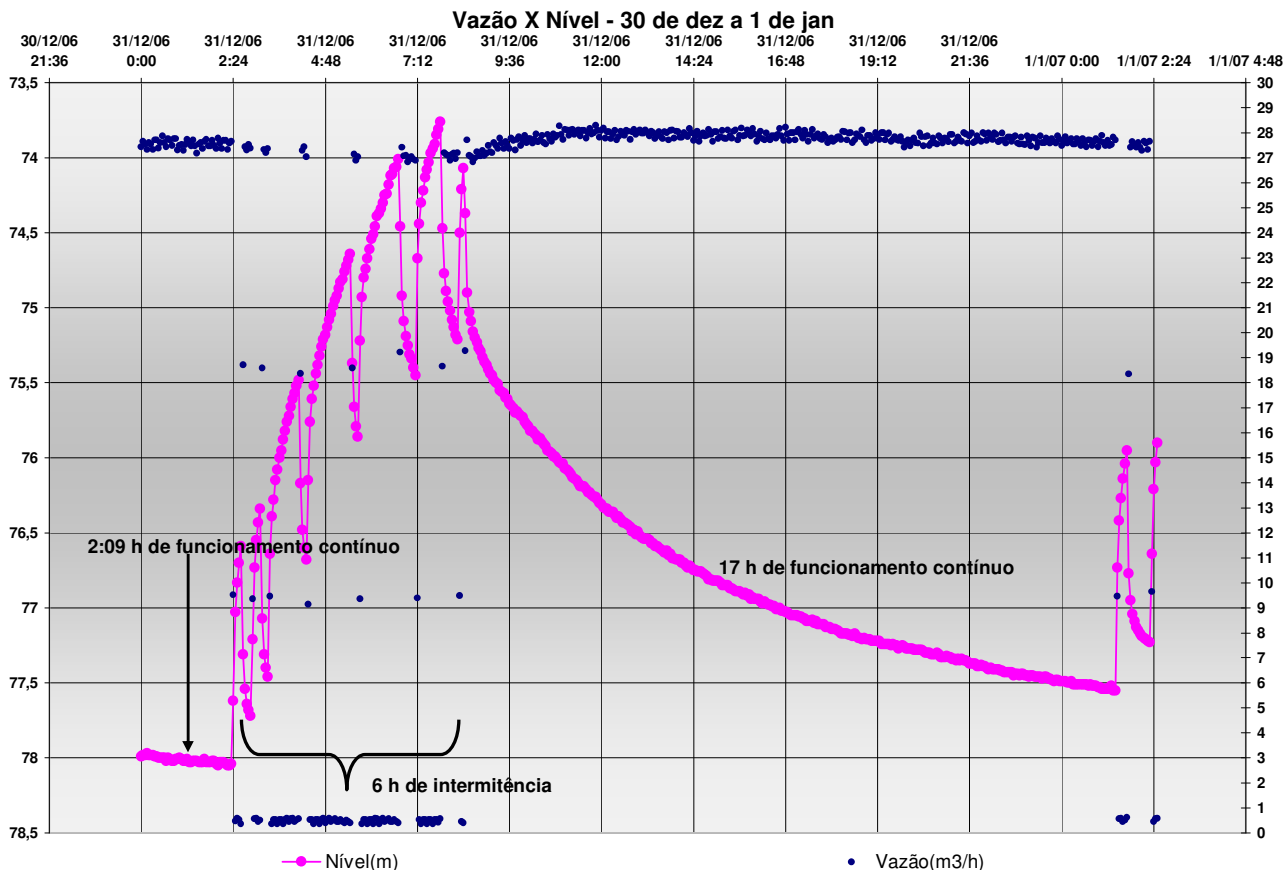


Gráfico 14 – PPS 09 – Vazão x Nível de 30.12.2006 a 01.01.2007

ANÁLISE PPS 9 entre 30.12.2006 a 01.01.2007:

O P9, neste período, apresentou um regime de funcionamento que inclui um período de operação de 2:09 h, das 00:12 às 2:21 h, um período de 6 h de intermitência com predomínio de paralisações das 2:21 às 8:24 h e posteriormente um período de funcionamento contínuo de 17 horas, das 8:24 às 1:27 h do dia 1/1/2007. O regime de bombeamento diário deste poço está no limite do permitido, embora tenha um período de intermitência com predomínio de paralisação de 6 h, funcionando como recuperação de nível. A vazão tem uma pequena queda desde o início do bombeamento, de 28,26 m³/h de vazão máxima para uma vazão praticamente estabilizada em 27,33 m³/h.

O nível mínimo no período é de 73,76 m e o nível máximo é 78,04 m, sendo que o gráfico acima mostra uma tendência à estabilização aos 77,55 m. A diferença entre níveis foi pequena, denotando uma sub-exploração em termos de rebaixamento.

PPS9 - Vazão x Nível - 18 h de Funcionamento Contínuo

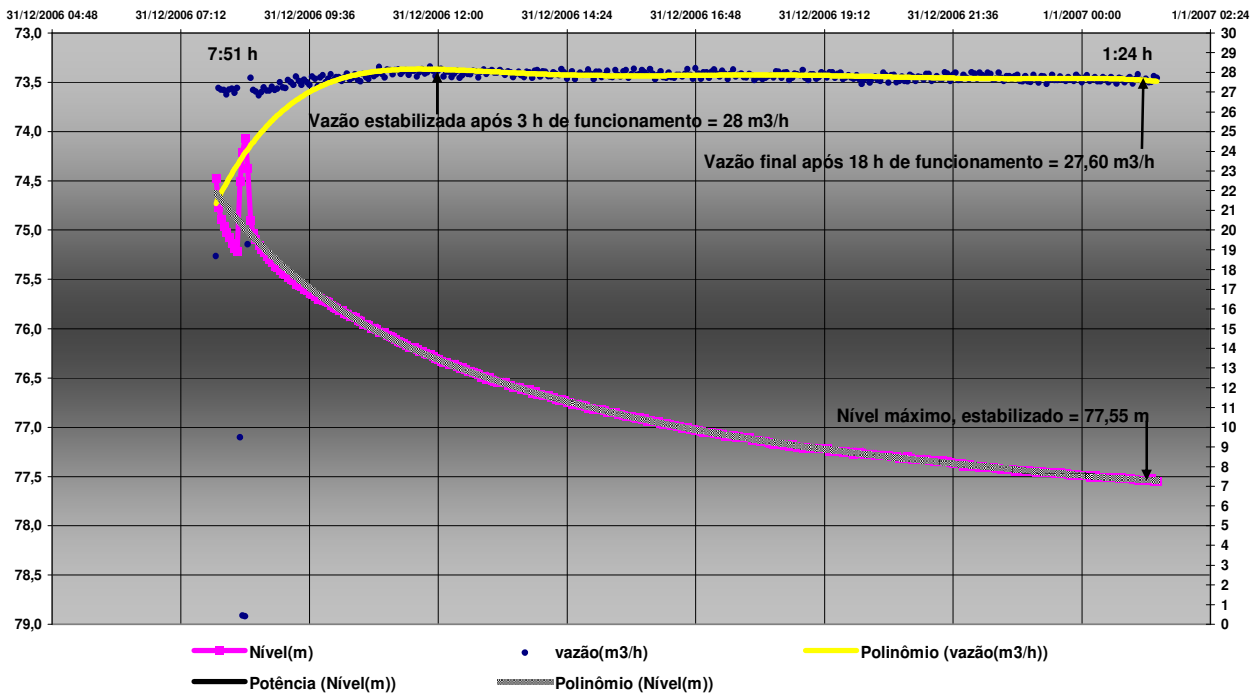


Gráfico 15 – PPS 09 – Vazão x Nível em 31.12.06 com funcionamento contínuo

ANÁLISE PPS 9 em 31.12.2006 com funcionamento contínuo:

Foi selecionado um dia, com intervalo de funcionamento contínuo, para verificação do comportamento da vazão e nível. Observou-se que durante este, o nível estabilizou após um bombeamento de 13 h, com rebaixamento de apenas 3,48 m, sendo que a vazão já se mostrou estável após 3 h de funcionamento, com queda de 0,69 m³/h, durante as 13 h de funcionamento. A vazão estabilizou em 27,60 m³/h e o nível em 77,55 m. Este poço apresenta um pequeno rebaixamento e um regime de bombeamento próximo ao limite máximo permitido, denotando uma operação inadequada.

CONCLUSÕES

Como os 4 poços estudados exibem comportamentos distintos, a análise dos dados foi executada separadamente, para um melhor entendimento das variáveis. O dado operacional destes poços, durante os anos de 2000 a 2005, tem-se o seguinte diagnóstico:

POÇO 1

Volume produzido (m³/mês): Este teve uma grande variação (de 25 a 34 mil m³/mês), em função do regime de bombeamento ser muito variável (de 12 a 20,5 h/dia /mês), mas de forma geral **não apresentou queda no período analisado, não se configurando tendência à exaustão.**

De acordo com os dados obtidos no monitoramento executado conclui-se que:

- Este poço apresenta um funcionamento homogêneo, sem alterações de um dia para outro e com poucas intermitências, mas o regime de bombeamento por vezes, excede o limite máximo permitido para poços em aquífero fissurado que é de 18 h/dia,
- Durante o período analisado este poço apresentou um rebaixamento máximo pouco expressivo (9,35 m), configurando uma **sub-exploração** deste, **em termos de rebaixamento**.
- Foi verificada uma vazão estabilizada de **56 m³/h**, com um nível dinâmico de **72,50 m**, com capacidade específica de **6,03 m³/h/m** (considerando-se um nível mínimo de 63,91 m).

POÇO 2

Volume produzido (m³/mês): Este apresentou uma grande variação (de 13 a 24 mil m³/mês), mantendo-se praticamente constante nos anos de 2000, 2001, 2003 e 2004, com um aumento em torno de 20% em 2002 e queda acentuada em 2005, com regime de bombeamento muito variável (de 10,25 a 18 h/dia /mês). Durante o período **apresentou pequena diminuição do volume produzido**, para o mesmo regime de bombeamento. Como este poço está relativamente próximo do P.3 e P.4, alguma influência entre eles deve ocorrer. O poço P.19, recentemente perfurado influenciou significativamente na produção do P.2, tanto que o P.19 encontra-se parado.

De acordo com os dados obtidos no monitoramento executado conclui-se que:

- Este poço apresentou um funcionamento inconstante ao longo do período analisado, com intermitências e várias paralisações durante o dia. Apresentou ainda um rebaixamento máximo pouco expressivo (5,27 m), configurando uma sub-exploração deste,
- Foi verificada uma vazão máxima de **30,10 m³/h**, com um nível máximo de **79,67 m**, com capacidade específica de **5,71 m³.h.m** (considerando-se um nível mínimo de 74,40 m),
- Foram identificados dois padrões de funcionamento distintos para este poço, gerando vazões e **rebaixamentos diferenciados**, descritos a seguir:
- Um dia foi selecionado, onde o poço **exibiu rebaixamentos menores**, durante o período, e verificou-se que este teve um funcionamento intermitente, com várias paralisações. O maior tempo de operação contínua foi durante o intervalo das 9:00 às 18:00 h (por 9 horas), embora este tenha feito três paradas de curta duração durante este intervalo, denotando um **sub-aproveitamento deste poço** em termos de **regime máximo permitido**. **Observa-se também um rebaixamento de apenas 3,45 m, configurando uma sub-exploração do poço**, neste dia **referente ao rebaixamento**.
- Foi selecionado um dia, seguinte ao anterior, com **operação mais contínua, e com rebaixamentos maiores** e foi verificado um funcionamento ininterrupto durante a madrugada e intermitente com predomínio de paralisações no início da manhã, e a partir daí

uma operação ininterrupta por 15:48 h. Neste dia o regime de bombeamento foi **adequado à produtividade do poço**. A vazão teve uma pequena queda desde o início do bombeamento, estabilizando praticamente após 4 h de funcionamento com 27,60 m³/h, o rebaixamento do nível não foi muito expressivo, mas foi caindo gradativamente e neste dia não mostrou tendência de estabilização, para esta vazão.

- Como o nível **dinâmico não mostrou tendência à estabilização** com uma vazão de 27,6 m³/h, foi escolhido um dia de funcionamento ininterrupto que mostrasse estabilização de nível e vazão. Neste dia, o poço apresentou um funcionamento contínuo por aproximadamente 10 h, exibindo uma estabilização de nível em 78,82 m, após 8 h de operação e a vazão em 27 m³/h, após 2 h.

Conclui – se que a vazão de exploração deste poço não deve ultrapassar 27 m³/h, com regime de bombeamento máximo diário de 18 h/dia.

POÇO 3

Volume produzido (m³/mês): Este apresentou também variação de 13,5 a 20 mil m³/mês, mantendo-se constante nos anos de 2000 e 2001, e **queda** de aproximadamente 20% em 2002, com o maior tempo de bombeamento no período (19h/dia), de 45% em 2003, 40% em 2004 e 32% em 2005, com regime de bombeamento médio de 18 h/dia. Durante o período estudado **apresentou pequena diminuição do volume produzido, com maior regime de bombeamento**. Como este poço está relativamente próximo do P.2 e P.4, alguma influência entre eles deve ocorrer.

De acordo com os dados obtidos no monitoramento executado conclui-se que:

- Foi verificada uma vazão máxima de **30,10 m³/h**, com um nível máximo de **79,67 m**, com capacidade específica de **5,71 m³.h.m** (considerando-se um nível mínimo de 74,40 m),
- Este poço apresentou um funcionamento inconstante ao longo do período analisado, com intermitências e várias paralisações. Apresentou ainda um rebaixamento máximo pouco expressivo (7,51 m), configurando uma sub-exploração deste.
- Foram identificados 3 padrões de funcionamento distintos, gerando vazões e rebaixamentos diferenciados, que serão analisados a seguir:
- **Dia de variações menos acentuadas de rebaixamentos e vazões**, observa-se uma operação muito irregular, com **funcionamento intermitente e com poucas paralisações durante a madrugada** e a seguir até o **início da manhã com operação intermitente com predomínio de paralisações**. Daí até o final da tarde, um **funcionamento ininterrupto por 9:40 h**. Das 17:30 às 21:12 h, 3:15 h de operação intermitente com algumas paralisações, e daí até o final da noite, um **funcionamento contínuo por 4:40 h**.

- **Durante a operação ininterrupta**, nota-se uma **estabilização de nível e vazão**, apesar da constante variação destes, durante a madrugada e no final da tarde. Verifica-se também que o regime de bombeamento diário está **acima do recomendado**.
- **Dia de variações mais acentuadas de rebaixamentos e vazões**, observa-se também, um funcionamento muito irregular, apresentando, durante toda a madrugada até o início da manhã, um **funcionamento descontínuo com várias paralisações** e a seguir até o início da tarde uma **operação contínua por apenas 3:40 h**, e um **funcionamento intermitente com algumas paralisações**, daí até o final da noite. Este padrão de funcionamento denota um **sub-aproveitamento da capacidade produtiva deste poço**, em termos de tempo de bombeamento. Apesar do restrito tempo de funcionamento ininterrupto, a vazão apresentou uma **tendência à estabilização**, diferente do nível, que para esta vazão, não exibiu esta tendência, devido provavelmente ao tempo de bombeamento contínuo insuficiente.
- Como o nível **dinâmico não mostrou tendência à estabilização**, nos dois padrões de funcionamento anteriores, foi selecionado um dia de funcionamento ininterrupto que mostrasse estabilização de nível e vazão. Neste dia, o poço apresentou um funcionamento contínuo por aproximadamente 20 h, exibindo uma estabilização de nível em 73,55 m, após 8 h de operação e a vazão em 24 m³/h, após 5 h.
Conclui – se que a vazão de exploração deste poço não deve ultrapassar 24 m³/h, com regime de bombeamento máximo diário de 18 h/dia.

POÇO 9

Volume produzido (m³/mês): Este apresentou pequena variação durante o período estudado, entre 10,5 a 17,5 mil m³/mês, mantendo-se constante nos anos de 2000 e 2004, e **queda** de aproximadamente 28% em 2001, com regime de bombeamento muito variável, **aumento** de 20% em 2002 e 2003, com regime de bombeamento praticamente constante e **queda** de apenas 10% em 2005. Durante o período estudado este **apresentou pequena diminuição do volume produzido**, com **regime de bombeamento praticamente constante**.

De acordo com os dados obtidos no monitoramento executado conclui-se que:

- Foi verificada no período de monitoramento uma vazão máxima de **29 m³/h**, com um nível máximo de **78,61 m**, com capacidade específica de **3,86 m³.h.m** (considerando-se um nível mínimo de 71,10 m).
- Este poço apresentou um **funcionamento inconstante** ao longo do período analisado, com intermitências e paralisações. Apresentou ainda um rebaixamento máximo pouco expressivo (7,51 m), configurando uma **sub-exploração** deste.

- Foram identificados 2 padrões de operação distintos, gerando vazões e rebaixamentos diferenciados, que serão analisados a seguir:

1 - Dia de variações menos acentuadas de rebaixamentos observa-se uma operação de forma cíclica, com intervalos de vazões pouco variáveis (até 2 m³/h), para alterações significativas de nível (até 4 m). Nota-se uma intermitência muito acentuada no regime de bombeamento, **reduzindo o volume final extraído.**

2 - Dia de variações acentuadas de rebaixamentos, neste padrão de operação diária, o poço apresentou bombeamento de 2:09 h, das 00:12 às 2:21 h, um regime de **6 h de intermitência com predomínio de paralisações** das 2:21 às 8:24 h e posteriormente um período de operação ininterrupta de 17 h, das 8:24 às 1:27 h do dia seguinte.

- O regime de funcionamento neste padrão está **no limite máximo do permitido**, embora tenha um período de 6 h de intermitência com predomínio de paralisações, que funciona como **recuperação** do poço. Este intervalo que compreende um **liga e desliga freqüente**, pode abreviar a vida útil do equipamento de bombeamento.
- A vazão teve uma pequena queda, desde o início do bombeamento, passando de uma vazão máxima de 28,26 m³/h, para uma vazão praticamente estabilizada em 27,60 m³/h. O nível apresentou um rebaixamento gradativo aos 74 m, e ao final das 17 h de funcionamento, foi para 77,55 m,

RECOMENDAÇÕES

Com base na análise dos dados operacionais levantados e o monitoramento executado é recomendado o seguinte:

- Execução de perfilagem ótica com visadas lateral e de fundo nos poços P1, 2, 3 e 9, a fim de conhecer as características construtivas, fraturas existentes, verificar existência de obstruções e o estado físico dos revestimentos e, a partir daí executar um programa de reabilitação.
- Executar manutenção/reabilitação nestes poços com a aplicação de produtos químicos a base de ortofosfatos de características ácidas, associados à agentes bactericidas isentos de compostos de cloro e com capacidade de eliminação de ferro-bactérias.
- Execução de teste de vazão com execução de medidas de interferências nos poços próximos, visando definir a vazão ótima de exploração e de se verificar a possibilidade de aumento de produção.

POÇO 1

- Este deve ter o seu regime de bombeamento reduzido para no máximo 18h/dia, e após os serviços propostos, estudar um aumento de rebaixamento/vazão.

- Devido à importância deste poço no sistema de abastecimento da comunidade, proceder a instalação definitiva de medidor de nível contínuo no poço, a fim de se monitorar os rebaixamentos deste durante a sua operação.

POÇO 2

- Estabelecer uma constância na vazão extraída do poço durante todo o período de funcionamento, e reduzir as paralisações deste, visando um melhor aproveitamento da sua capacidade produtiva,
- Após teste de vazão e medidas de interferência, verificar a possibilidade de aumento de produção, visto que foi verificado, durante o monitoramento executado, um rebaixamento pouco expressivo.
- O regime diário de bombeamento não deve exceder 18h/dia.

POÇO 3

- Estabelecer uma constância na vazão extraída do poço durante todo o período de funcionamento, e reduzir as paralisações deste, visando um melhor aproveitamento da sua produtividade.
- Após teste de vazão e medidas de interferência, verificar a possibilidade de aumento de produção, visto que foi verificado, durante o monitoramento executado, um rebaixamento pouco expressivo.
- O regime diário de bombeamento não deve exceder 18h/dia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, Manual de Operação e Manutenção de Poços - DAEE, São Paulo, 1982, 2ª ed, 90p.
- HANTUSH, M.S. 1956. Analysis of data from pumping tests in leaky aquifers. Am. Geophys. Union Transactions, Washington, 37:702-714.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE – Folhas Topográficas 1:50.000 n° 136 – LINS – SP – SF-22-X-C-VI-2 e n° 135 – PROMISSÃO SF-22-X-C-VI-1
- IPT - Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000. Volume 1. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo. 1981. 126p.
- MARTINS NETTO, J.P.G; DINIZ, H.N., FRANCO F., F.W.B., BIANCHI, N.C.- 2002, Desincrustação Química Em Poços Tubulares Profundos A Partir da Utilização de Ortofosfatos Ácidos – Estudo De Um Caso Em Presidente Prudente, SP -. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Florianópolis, ABAS/DNPM/UFSC-PPGEA, - 2002, CD-ROM
- SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Arquivo técnico de poços, SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sistemas de Produção na R