

### 4.3 - POTENCIOMETRIA DO AQÜÍFERO MARITUBA

Nobre et al (2000) construíram o modelo de fluxo do sistema aquífero Barreiras/Marituba na cidade de Maceió sob regime permanente, onde foi evidenciado que as principais zonas de descargas são a lagoa Mundaú, os riachos da região metropolitana e o oceano Atlântico.

A potenciometria do aquífero Marituba na região de estudo foi construída com base em valores dos níveis disponíveis da década de 70 (GEORENA, 1975), provenientes de apenas cinco poços (PW- 01, PW- 02, PW- 03, PW- 04 e PW- 05), conforme a tabela 2. Pode-se observar que os níveis estáticos eram rasos, inclusive um deles acima da superfície, como é o caso do PW-05, que era um poço jorrante em 1975. A figura 19 mostra a potenciometria em abril de 1975, notando-se que o fluxo da água migra em duas direções, noroeste e sudoeste, ambas rumo à lagoa Mundaú, provável exutório do aquífero Marituba.

Tabela 2 - Dados dos poços construídos na década de 70

Poços	UTM E (m)	UTM N (m)	COTA (m)	Nível estático (m)	Carga Hidráulica (m)
PW-01	198.043	8.933.992	5,5	1,5	4,0
PW-02	198.400	8.933.450	8,7	4,6	4,1
PW-03	197.912	8.934.292	4,1	1,3	2,9
PW-04	198.155	8.933.702	4,5	0,1	4,4
PW-05	198.360	8.933.200	1,8	-0,1	1,9

Com a finalidade de verificar o comportamento do fluxo atual da água no aquífero Marituba foram realizadas medições dos níveis d'água (tabela 3) dos poços disponíveis na região de estudo durante um período de 108 horas após a paralisação de todos os poços, o que foi possível graças à parada programada de manutenção da bateria ocorrida no dia 13 de março de 2004, às 10h35.

Os níveis d'água foram acompanhados nos dias 14, 15, 16 e 17 de março de 2004 sempre no mesmo horário, entre 11h30 e 12h30. Nas figuras 20, 21 e 22, percebe-se a elevação da carga hidráulica devido à recuperação dos níveis d'água, contudo, foi observada uma pequena redução da carga hidráulica em todos os poços depois de decorridas 108 horas de paralisação, com exceção do poço PW-18.

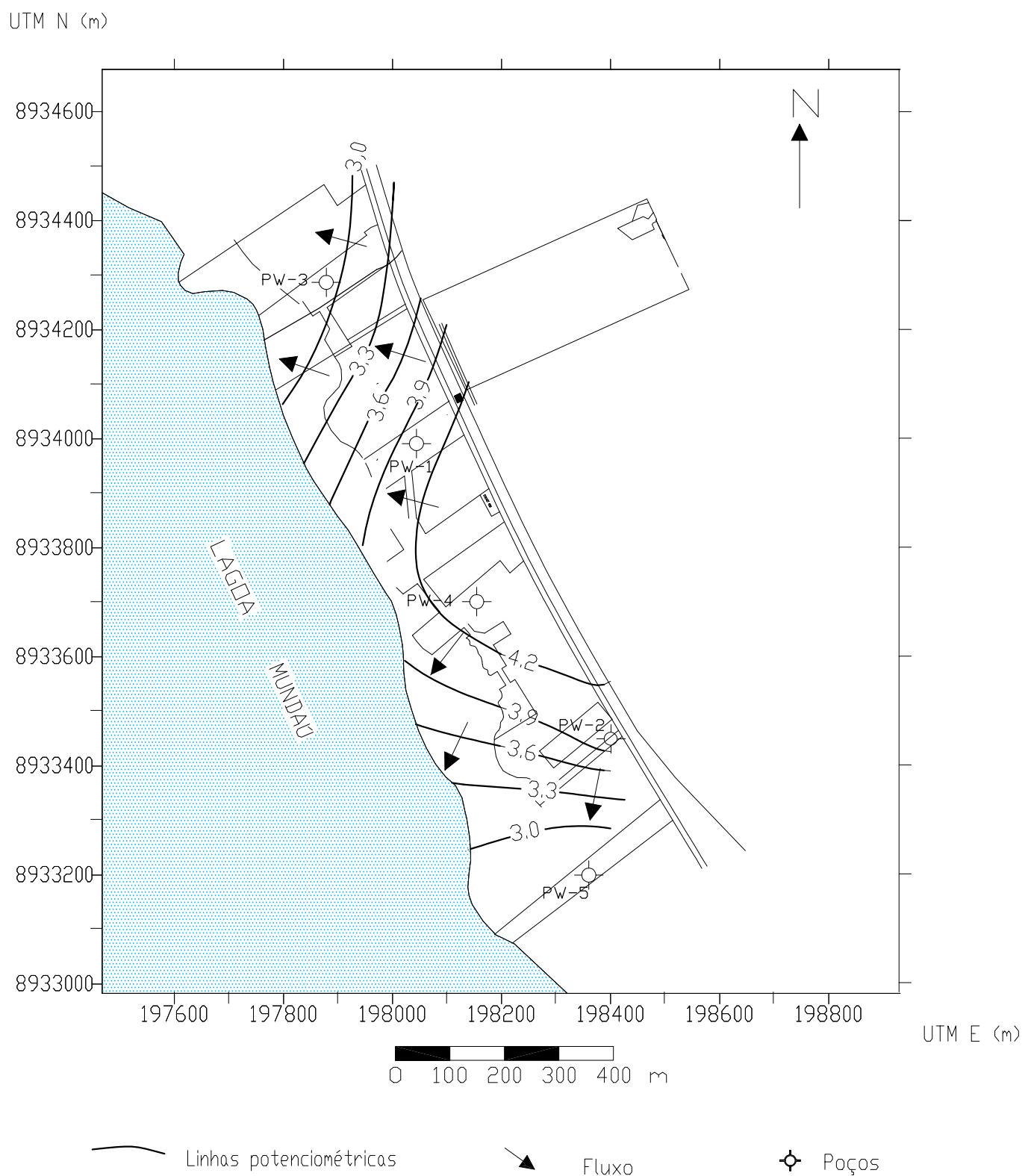


FIGURA 19 - POTENCIOMETRIA DO AQÜÍFERO MARITUBA EM 1975

Tabela 3 - Dados dos poços atuais da bateria do Mutange

Poços	UTM E (m)	UTM N (m)	COTA (m)	Carga Hidráulica (m) 24h	Carga Hidráulica (m) 48h	Carga Hidráulica (m) 72h	Carga Hidráulica (m) 108h
PW-07	198.213	8.933.885	8,0		-3,8	-3,8	-4,4
PW-12B	198.495	8.933.298	7,0	-6,8	-5,2	-5,1	-5,5
PW-14	197.974	8.933.935	2,6	-4,7	-4,4	-4,1	-4,3
PW-15	198.438	8.933.459	9,0		-3,1	-2,9	-2,8
PW-16	198.241	8.933.750	7,0	-5,1	-4,3	-3,9	-4,6
PW-17	198.120	8.934.014	5,9	-4,5	-4,1	-3,5	-4,1
PW-18	198.404	8.933.216	2,4	-6,7	-5,1	-4,7	-1,9
PW-20	197.962	8.934.411	4,2	-3,5	-3,4	-3,3	-3,3
PW-23	198.132	8.933.669	2,9	-5,6	-4,6	-4,6	-5,4

As figuras 20, 21 e 22 mostram o comportamento da carga hidráulica em cada poço. Nestas figuras pode-se notar que não ocorreu a estabilização dos níveis após 108 horas de observação, e sim, pequenas oscilações cujas causas podem ser provocadas por bombeamento, variação da maré ou variação da pressão atmosférica. Entretanto, durante o período de medição dos níveis estáticos, nenhum bombeamento foi registrado na região circunvizinha à bateria.

A elevação abrupta da carga hidráulica observada no poço PW-18 ocorrida 108 horas após a paralisação (figura 22) foi causada por uma falha na válvula de retenção que permitiu a passagem de água do poço PW-24 para o PW-18, já que ambos estão conectados no mesmo ramal. Vale ressaltar que o poço PW-24 capta água nos aquíferos Mosqueiro e Poção.

Devido aos problemas relatados acima, a construção da potenciometria (figura 23) do aquífero Marituba foi baseada nos registros do dia 16/3/04, ou seja, 72 horas após a paralisação. Apesar da obtenção dos níveis d'água de todos os poços, foram utilizadas apenas as informações dos poços que captam exclusivamente no aquífero Marituba.

Na figura 23 nota-se que o fluxo da água no aquífero Marituba ocorre na direção continente-lagoa Mundaú, muito similar ao fluxo observado em 1975. Entretanto, observa-se no mapa potenciométrico de 2004 um maior gradiente hidráulico na região sudeste quando comparada com o norte da bateria, demonstrando que o aquífero ainda está sob efeito do

bombeamento, mesmo após 72 horas de paralisação. Isto ocorre provavelmente devido a uma maior concentração de poços em operação naquela região.

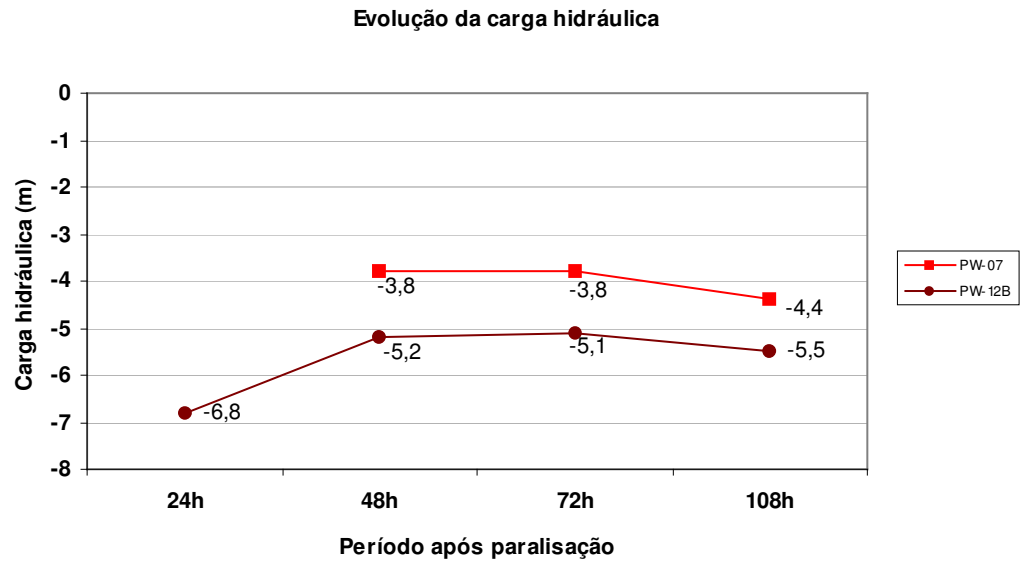


Figura 20 - Evolução da carga hidráulica nos poços (PW-07 e PW-12B)

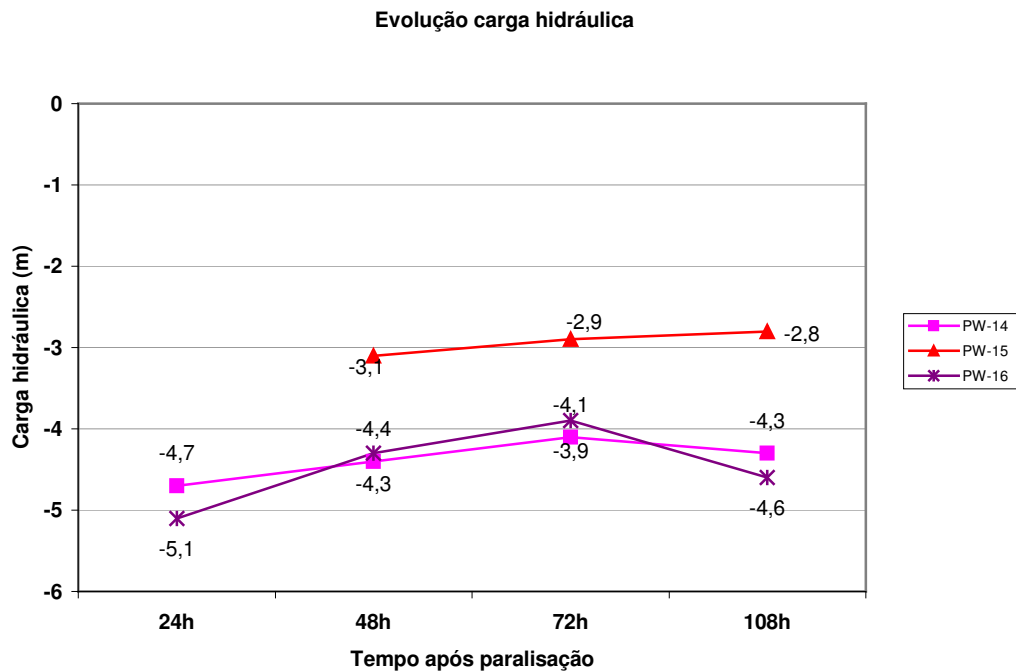


Figura 21 - Evolução da carga hidráulica nos poços ( PW-14, PW-15 e PW-16)

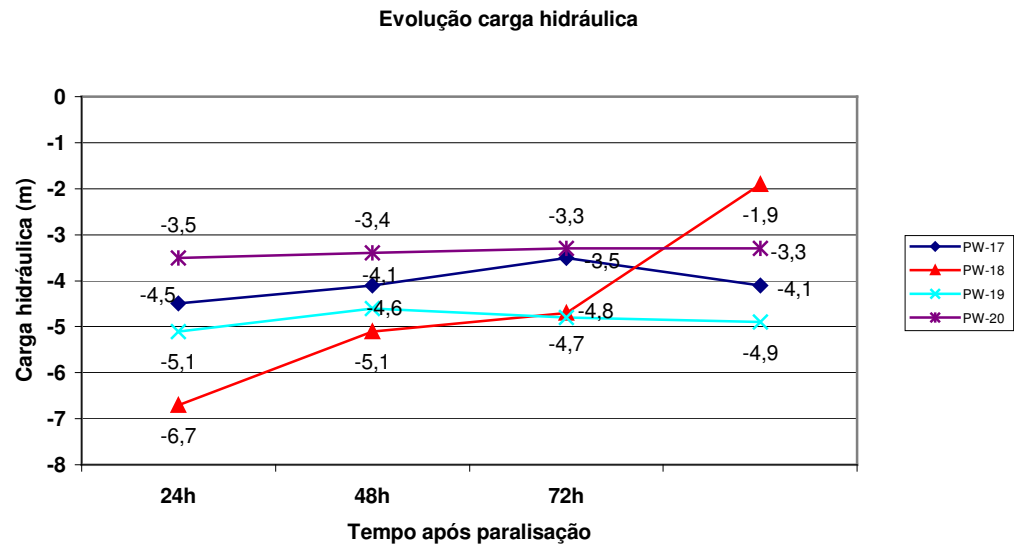


Figura 22 - Evolução da carga hidráulica nos poços (PW-17, PW-18, PW-19 e PW-20)

UTM N (m)

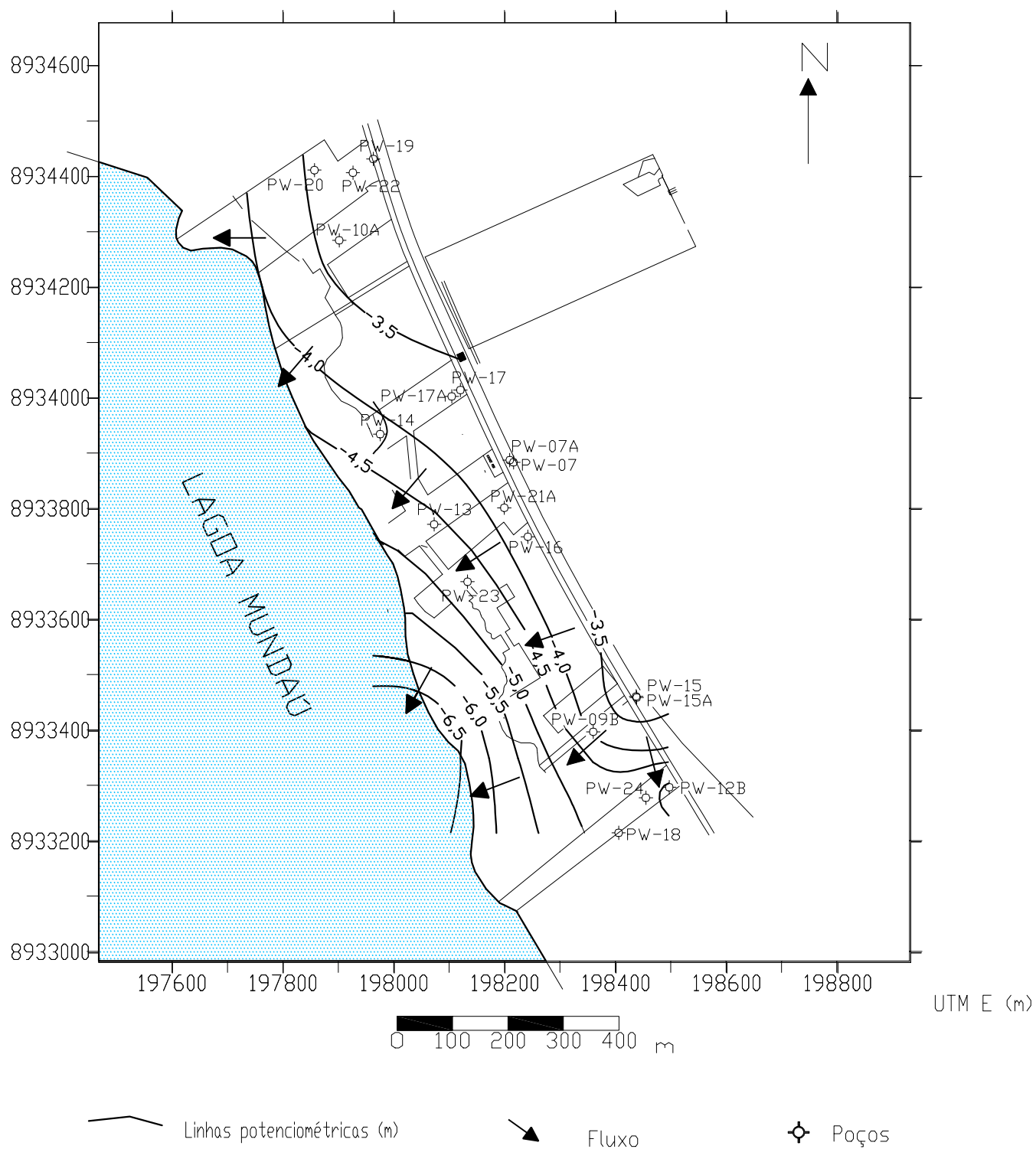


FIGURA 23 - POTENCIOMETRIA DO AQÜÍFERO MARITUBA EM 2004

## 4.4 - PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS

### 4.4.1 - Primeiro teste de bombeamento

Com o objetivo de avaliar os parâmetros hidrodinâmicos do aquífero Marituba foi realizado um teste entre os dias 19 e 20 de fevereiro de 2003, utilizando o poço PW-09B para a observação do rebaixamento e o poço PW-18 para o bombeamento durante um período de 10 horas. O equipamento de bombeio utilizado era composto por uma bomba submersa de 9 estágios com 30 Hp de potência. Os poços PW-12, PW-15A, PW-16 e PW-23 (figura 15) foram paralisados 24 horas antes do início do teste para reduzir interferências externas, retornando à operação após a conclusão do teste.

O teste foi realizado durante um período de 10 horas com vazão constante de 40 m<sup>3</sup>/h. A curva de rebaixamento (figura 24) foi construída com base nas informações da tabela 4 e interpretada utilizando o Método de Walton (1962), que desenvolveu uma solução gráfica para a equação do fluxo subterrâneo bidimensional para as condições de aquífero confinado drenante. A tabela 5 mostra os parâmetros hidrodinâmicos calculados para o teste.

Tabela 4 - Rebaixamento observado no poço PW-09B durante o bombeamento

Tempo (min)	Nível Estático (m)	Rebaixamento (m)	Tempo (min)	Nível Estático (m)	Rebaixamento (m)
1	11,350	0,000	55	11,745	0,395
2	11,350	0,000	60	11,790	0,440
3	11,350	0,000	70	11,860	0,510
4	11,350	0,000	80	11,930	0,580
5	11,350	0,000	100	12,010	0,660
6	11,350	0,000	120	12,120	0,770
8	11,350	0,000	150	12,250	0,900
10	11,355	0,005	180	12,340	0,990
12	11,360	0,010	240	12,470	1,120
15	11,385	0,035	300	12,560	1,210
20	11,420	0,070	360	12,620	1,270
25	11,465	0,115	420	12,660	1,310
30	11,520	0,170	480	12,690	1,34
35	11,560	0,210	540	12,700	1,35
40	11,610	0,260	600	12,710	1,36
45	11,655	0,305			

Tabela 5 - Parâmetros hidrodinâmicos calculados no 1º teste

Poço bombeado	Poço observado	$T \text{ (m}^2\text{/s)}$ $\times 10^{-3}$	$K \text{ (m/s)}$ $\times 10^{-5}$	$k' \text{ (m/s)}$ $\times 10^{-8}$	$S$ $\times 10^{-4}$	Distância $r \text{ (m)}$	$B$ $\text{(m)}$	$b'$ $\text{(m)}$
<b>PW-18</b>	<b>PW-09B</b>	1,10	2,29	4,80	2,26	185	370	6,0

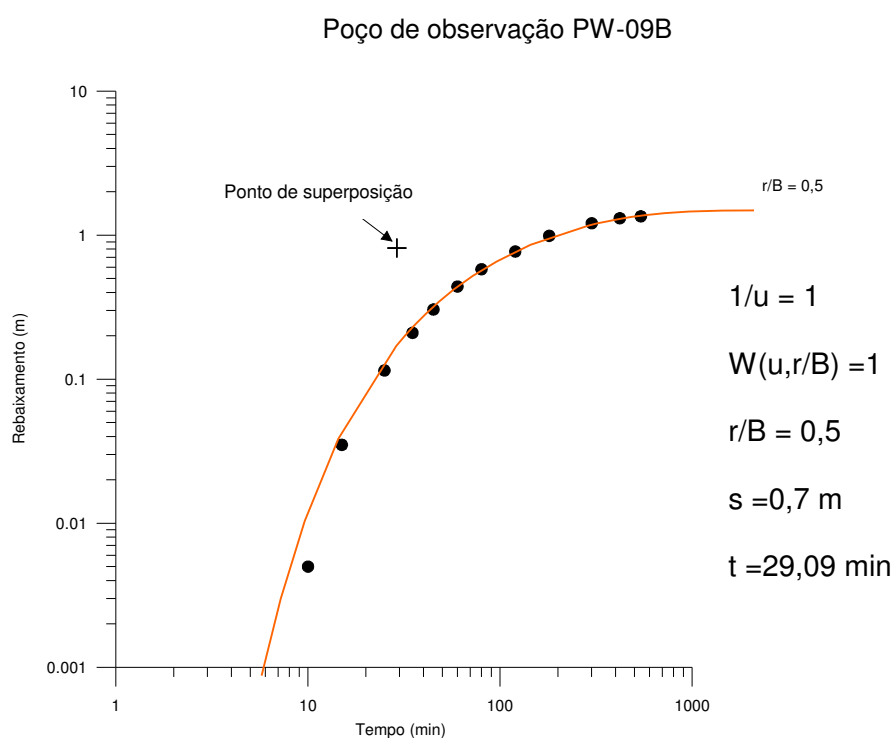


Figura 24 - Curva de rebaixamento observado no poço PW-09B

#### **4.4.2 – Segundo teste de bombeamento**

Devido à dificuldade de paralisar todos os poços para realizar um teste em condições ideais, ou seja, apenas um poço em operação e os demais poços para a observação dos níveis d'água, optou-se em realizar o teste utilizando os poços em operação como pontos de observação no aquífero. Esta alternativa torna-se válida na medida em que os poços estavam operando em condições estáveis e regime contínuo há pelo menos sete dias.



Com a finalidade de verificar as condições iniciais do aquífero Marituba antes do teste de bombeamento, foram realizadas medições de níveis d'água nos dias 30/9/2003, 1/10/2003 e 2/10/2003 dos poços PW-13, PW-07, PW-08, PW-09B, PW-10A, PW-14, PW-15, PW-17, e PW-20, como também medição de níveis dinâmicos dos poços PW-07B, PW-12B, PW-15A, PW-16, PW-17A, PW-18 e o PW-23 (tabela 6). As medições foram realizadas nos horários entre 12h e 13h nos dias 30/9/2003 e 1/10/2003, e entre 06h e 06h30 no dia 2/10/2003.

Apesar de todos os poços se encontrarem nas mesmas condições durante os dias 30/9/2003, 1/10/2003 e 2/10/2003, observou-se que os níveis estáticos não se estabilizaram, elevando-se nos dois primeiros dias e estabilizando-se ou reduzindo-se no dia 2/10/2003 (figura 25).

Os parâmetros hidrodinâmicos do aquífero Marituba foram determinados com base em dados coletados durante um teste de bombeamento que foi realizado na bateria do Mutange, utilizando o poço PW-19 para bombeio, os poços desativados PW-07, PW-08, PW-10A, PW-13, PW-14, PW-17, PW-20 e os poços em operação PW-07B, PW-12B, PW-16, PW-17A, PW-18, PW-23 como poços de observação.

Tabela 6 -Nível da água (m) nos poços antes do bombeamento

Poço	30/9	1/10	2/10
<b>PW-07</b>	-		22,86
<b>PW-07B</b>	25,62	25,90	25,92
<b>PW-08</b>	9,73	9,82	9,82
<b>PW-09</b>	19,76	20,20	20,20
<b>PW-10</b>	9,23	9,47	9,40
<b>PW-12B</b>	58,53	58,78	59,25
<b>PW-14</b>	12,37	12,75	12,80
<b>PW-15</b>	-	-	17,90
<b>PW-15A</b>	24,30	24,47	24,50
<b>PW-16</b>	49,30	49,65	49,80
<b>PW-17</b>	-	-	17,50
<b>PW-17A</b>	20,07	20,24	20,35
<b>PW-18</b>	45,40	45,75	45,80
<b>PW-19</b>	13,50	13,80	-
<b>PW-20</b>	8,60	8,88	8,69
<b>PW-23</b>	30,93	31,44	31,55

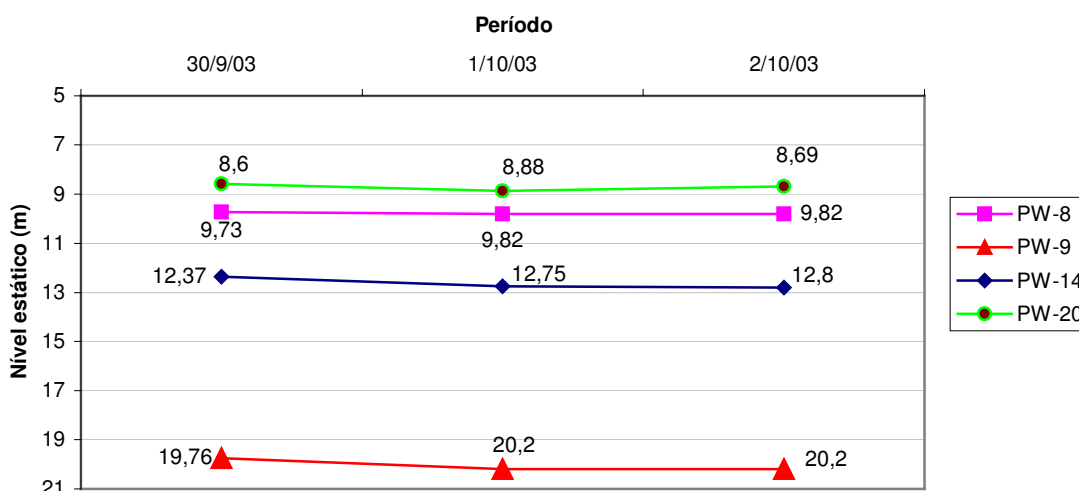


Figura 25 - Variação dos níveis dos poços antes do bombeamento

O início do bombeamento no poço PW 19 ocorreu às 7h do dia 2/10/2003, com vazão média de 15,54 m<sup>3</sup>/h (tabela 7) medida através de um transmissor de fluxo eletrônico, conectado a uma placa de orifício localizada a aproximadamente 900 metros da saída do poço. Este fato prejudicou a leitura de vazão nos primeiros minutos, visto que apenas após 12 minutos de bombeio foi possível registrar as primeiras leituras. A água do poço PW-19 é conduzida através de uma tubulação de 8" de polietileno de alta densidade (PEAD) conectada a uma tanque de 300 m<sup>3</sup> de capacidade. O poço PW-22, que também está conectado a este ramal, permaneceu paralisado durante todo o teste para evitar interferências.

Tabela 7 - Vazão de bombeio do poço PW-19

Tempo (min)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Tempo (min)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)
0	0	180	15,26
5	0	240	15,60
10	0	300	15,34
12	1,04	360	15,58
14	12,82	420	15,60
15	14,32	480	15,52
16	14,60	540	15,60
17	14,70	600	15,60
18	14,86	660	15,60
20	15,32	720	15,60
24	15,34	1440	15,60
25	15,44	2160	16,38
28	15,60	2880	16,36
60	15,60	3600	16,80
120	15,60	4320	16,80

No momento do teste, os poços PW-07B, PW-12B, PW-15A, PW-16, PW-17A, PW-18, PW-23, bem como os poços PW-21 (aqüífero Mosqueiro) e PW-24 (aqüífero Mosqueiro/Poção), estavam operando. A tabela 8 mostra a vazão dos poços.

As medições dos rebaixamentos foram iniciadas nos poços PW-20, PW-10 e PW-08 simultaneamente, pois estes se encontram próximo ao PW-19. Duas horas após o início do bombeamento, passou-se a observar os níveis dos demais poços. Durante o teste foram utilizados dois medidores de nível de 100 metros e um de 200 metros de profundidade da marca Solinst, dotada de fita graduada em centímetros.

Tabela 8 - Vazão de bombeio de todos os poços da bateria do Mutange

Poços	Aqüífero	Vazão (m <sup>3</sup> /h)
PW-19	Marituba	15,5
PW-17A	Barreiras/Marituba	80
PW-7B	Barreiras/Marituba	42
PW-16	Marituba	45
PW-15A	Barreiras/Marituba	20
PW-12B	Marituba	40
PW-18	Marituba	40
PW-21	Mosqueiro	70
Pw-23	Marituba	35
Pw-24	Mosqueiro/Poção	70
<b>Total</b>	-	457,5

As curvas de rebaixamento de todos os poços observados apresentaram comportamentos semelhantes, como pode ser visto nas figuras 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37 e 38, apresentando uma inflexão na fase final do teste, tendendo à estabilização dos níveis. Este comportamento comprova a existência de uma drenança através das camadas argilosas que semiconfinam o aqüífero, proveniente do aqüífero Barreiras.

A figura 26 mostra o rebaixamento no poço PW-20 localizado a 109 metros do poço bombeado, cuja seção filtrante está disposta apenas no aqüífero Marituba. Os primeiros indícios de rebaixamento no poço PW-20 ocorreram depois de decorridos 6 minutos após o início do bombeamento no poço PW-19. Na tabela 9 observou-se que o rebaixamento

evoluiu de forma natural, tendendo à estabilização depois de decorridos 1.570 minutos. Entretanto, a partir deste instante, percebem-se na tabela 9 oscilações dos valores dos níveis da água no poço que variam em movimentos cíclicos. Este comportamento foi evidenciado em todos os poços de observação.

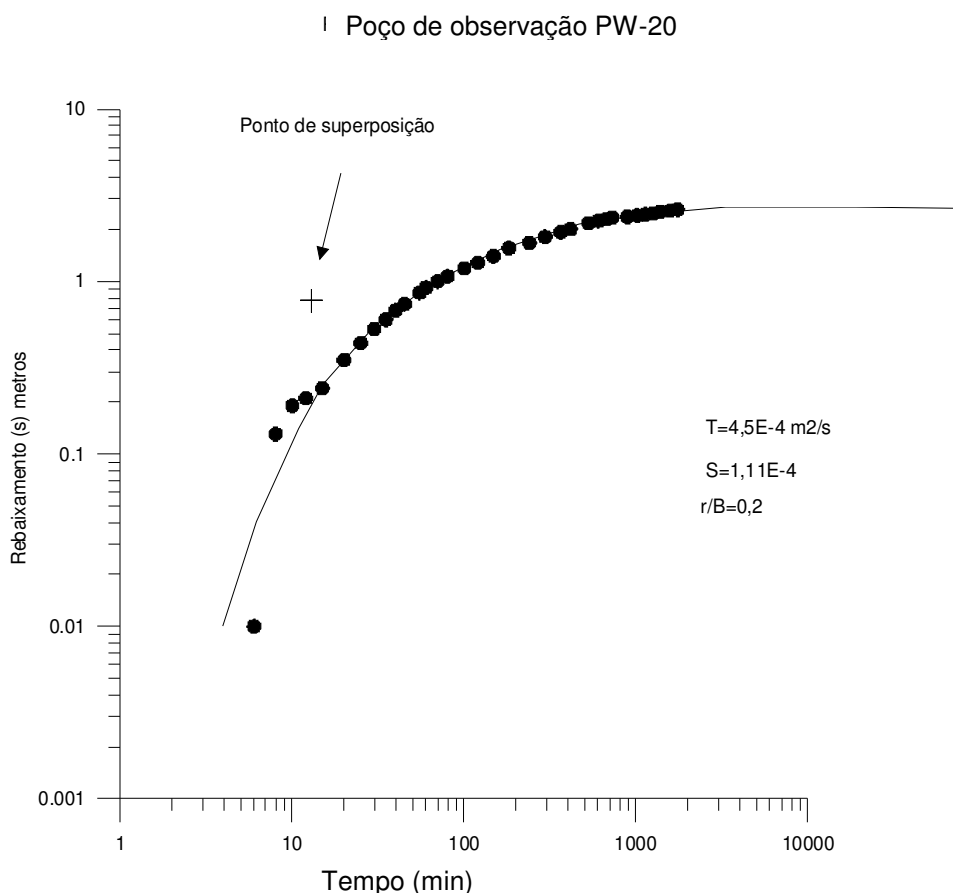


Figura 26 - Curva de rebaixamento do poço PW-20

A figura 27 mostra a curva de rebaixamento observada no poço PW-10A localizado a 160 metros do poço bombeado, que possui seção filtrante nos aquíferos Barreiras e Marituba. Nota-se que durante os primeiros 10 minutos o rebaixamento (tabela 10) ocorre de forma lenta e gradual, diferente da curva observada no poço PW-20. Este fato ocorre por causa da contribuição do aquífero Barreiras, que ameniza o efeito do rebaixamento observado no poço. Entretanto, após este período inicial percebe-se que a curva possui um perfil similar ao observado no poço PW-20, com tendência à estabilização e variações cíclicas do rebaixamento no mesmo período que foi evidenciado no PW-20.

As curvas de rebaixamento dos demais poços PW-08 (figura 28), PW-13 (figura 29), PW-14 (figura 30), PW-16 (figura 31), PW-17 (figura 32), PW-17A (figura 33), PW-07 (figura 34), PW-07B (figura 35) e PW-23 (figura 36) possuem comportamento similar ao observado

no PW-20. Entretanto, nos poços mais afastados, onde o efeito do rebaixamento provocado pelo bombeamento é pequeno, ficou mais evidente a oscilação do nível da água nos poços.

Tabela 9 - Rebaixamento no poço PW-20 durante o bombeamento do PW-19

Hora	Tempo (min)	Nível Estático (m)	Rebaixamento (m)	Hora	Tempo (min)	Nível Estático (m)	Rebaixamento (m)
07:01	1	8,69	0	11:00	240	10,36	1,67
07:02	2	8,69	0	11:56	296	10,50	1,81
07:03	3	8,69	0	13:05	365	10,62	1,93
07:04	4	8,69	0	13:55	415	10,70	2,01
07:05	5	8,69	0	15:50	530	10,87	2,18
07:06	6	8,70	0,01	17:04	604	10,94	2,25
07:07	7	8,72	0,03	18:15	675	11,00	2,31
07:08	8	8,82	0,13	19:06	726	11,04	2,35
07:10	10	8,88	0,19	20:00	780	11,06	2,37
07:12	12	8,90	0,21	21:50	890	11,10	2,41
07:15	15	8,93	0,24	23:56	1016	11,12	2,43
07:20	20	9,04	0,35	01:53	1133	11,18	2,49
07:25	25	9,13	0,44	04:02	1262	11,32	2,63
07:30	30	9,22	0,53	06:02	1382	11,44	2,75
07:35	35	9,29	0,60	09:10	1570	11,53	2,84
07:40	40	9,37	0,68	12:01	1741	11,45	2,76
07:45	45	9,43	0,74	15:00	1920	11,40	2,71
07:55	55	9,55	0,86	18:50	2150	11,41	2,72
08:00	60	9,61	0,92	23:57	2457	11,46	2,77
08:10	70	9,69	1,00	05:58	2818	11,59	2,90
08:20	80	9,76	1,07	11:52	3172	11,60	2,91
08:40	100	9,88	1,19	17:57	3537	11,53	2,84
09:00	120	9,97	1,28	23:56	3896	11,50	2,81
09:28	148	10,09	1,4	06:55	4315	11,61	2,92
10:02	182	10,25	1,56				

Tabela 10 - Rebaixamento no poço PW-10A durante o bombeamento do PW-19

Hora	Tempo (min)	Nível Estático (m)	Rebaixamento (m)	Hora	Tempo (min)	Nível Estático (m)	Rebaixamento (m)
07:01	1	9,4	0,0	11:08	248	10,83	1,43
07:02	2	9,4	0,0	12:04	304	10,93	1,53
07:03	3	9,5	0,10	13:12	372	11,06	1,66
07:04	4	9,5	0,10	14:09	429	11,15	1,75
07:05	5	9,52	0,12	15:00	480	11,23	1,83
07:06	6	9,52	0,12	15:46	526	11,27	1,87
07:07	7	9,52	0,12	17:06	606	11,33	1,93
07:08	8	9,54	0,14	18:23	683	11,41	2,01
07:09	9	9,54	0,14	19:12	732	11,44	2,04
07:10	10	9,57	0,17	20:11	791	11,44	2,04
07:15	15	9,65	0,25	21:56	896	11,46	2,06
07:20	20	9,74	0,34	00:02	1022	11,49	2,09
07:25	25	9,85	0,45	02:01	1141	11,54	2,14
07:30	30	9,93	0,53	04:13	1273	11,66	2,26
07:35	35	9,95	0,55	06:12	1392	11,78	2,38
07:40	40	10,00	0,60	09:20	1580	11,85	2,45
07:45	45	10,07	0,67	12:12	1752	11,79	2,39
07:55	55	10,10	0,70	15:08	1928	11,76	2,36
08:00	60	10,20	0,80	19:00	2160	11,82	2,42
08:10	70	10,28	0,88	00:07	2467	11,77	2,37
08:20	80	10,33	0,93	06:04	2824	11,93	2,53
08:40	100	10,46	1,06	11:59	3179	11,97	2,57
09:00	120	10,55	1,15	18:07	3547	11,92	2,52
09:30	150	10,68	1,28	00:03	3903	11,88	2,48
10:09	189	10,69	1,29	07:00	4320	11,89	2,49

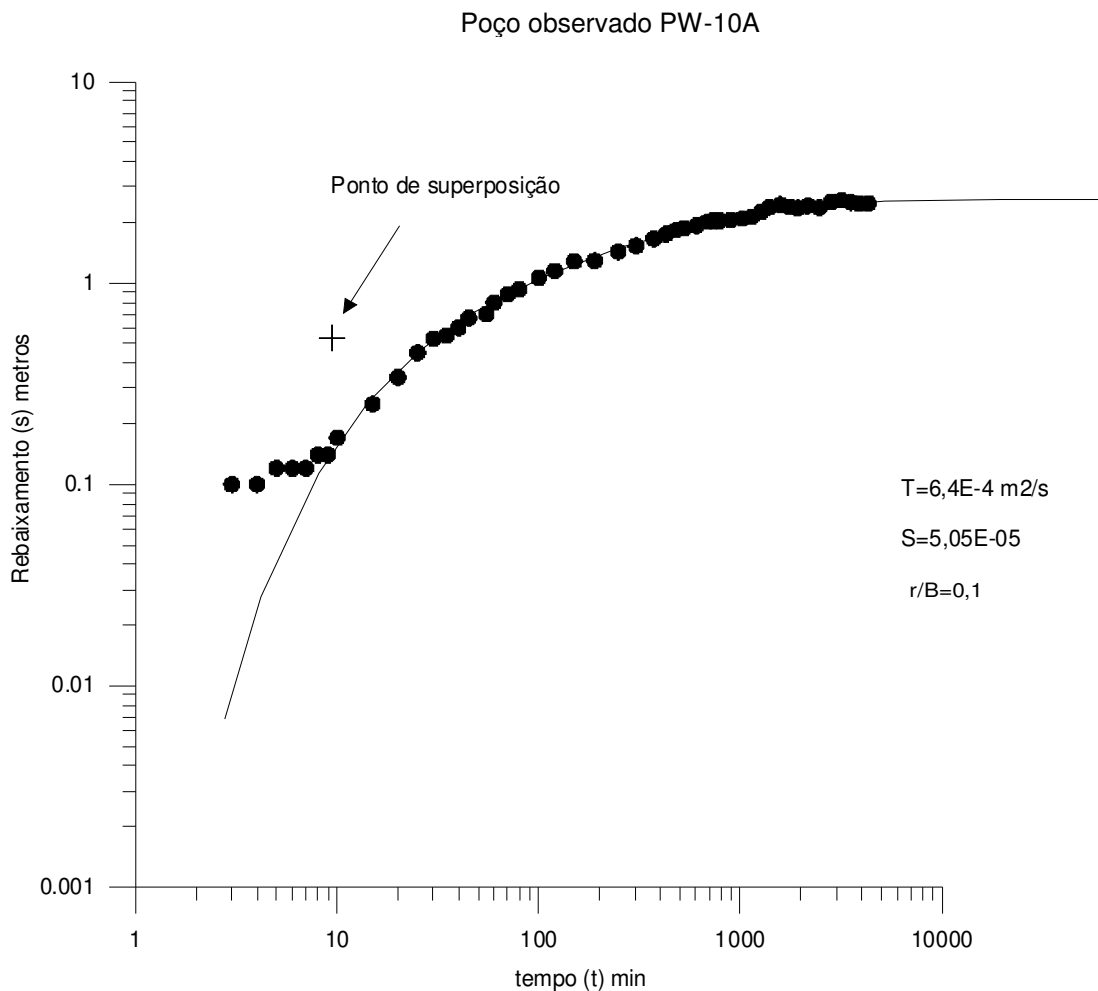


Figura 27 - Curva de rebaixamento do poço PW-10A

Anormalidades foram observadas nos poços PW-12B (figura 37) e PW-18 (figura 38), após nove horas do início do teste. Observou-se que os níveis de ambos os poços variaram quase 10 metros num intervalo de 1 hora. Analisando o evento posteriormente, foi constatado que o poço PW- 24, cuja tubulação está conectada ao mesmo ramal dos poços citados, foi desligado às 17h11 . Às 19h53 do mesmo dia, o poço PW-24 foi colocado em operação, e já nas medições de 20h15 e 22h os níveis dos poços PW-12B e PW-18 retornaram ao patamar anterior ao evento. O fato ocorrido demonstra de forma clara que houve alteração de vazão nos poços PW-12B e PW-18, provocada pela redução da perda de carga no ramal após a paralisação do PW-24. Esta anormalidade foi sanada após o retorno de operação do poço PW-24.

Poço observado PW-08

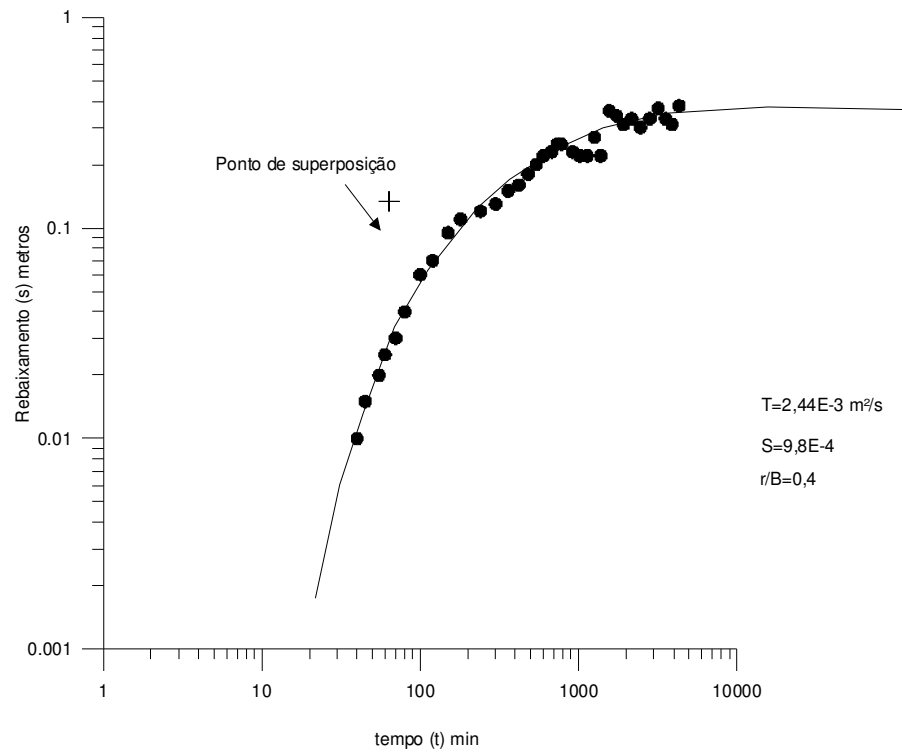


Figura 28 - Curva de rebaixamento do poço PW- 08

Poço observado PW-13

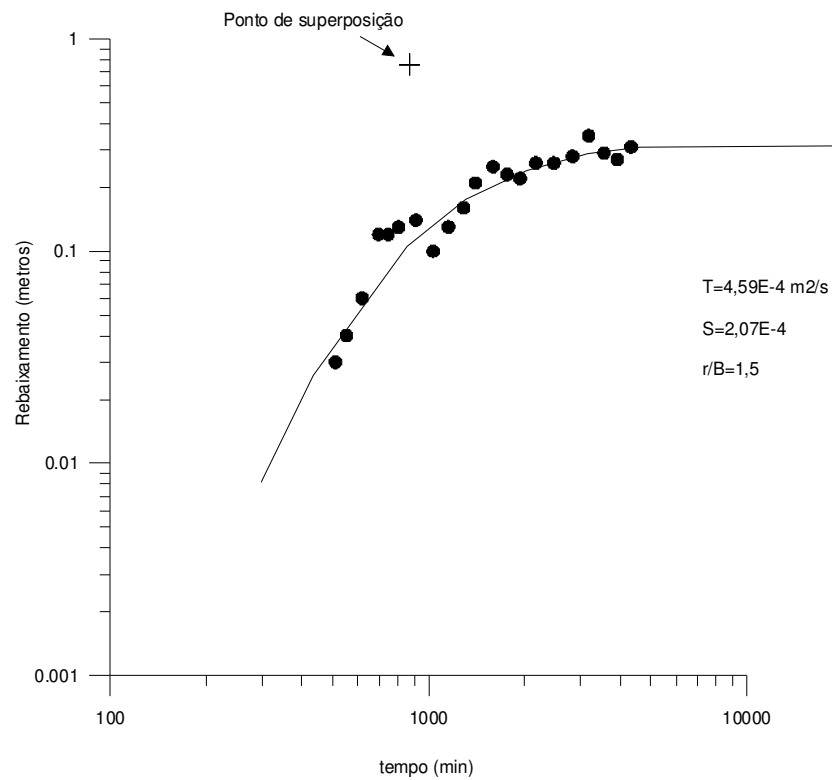


Figura 29 - Curva de rebaixamento do poço PW-13



## Poço observado PW-14

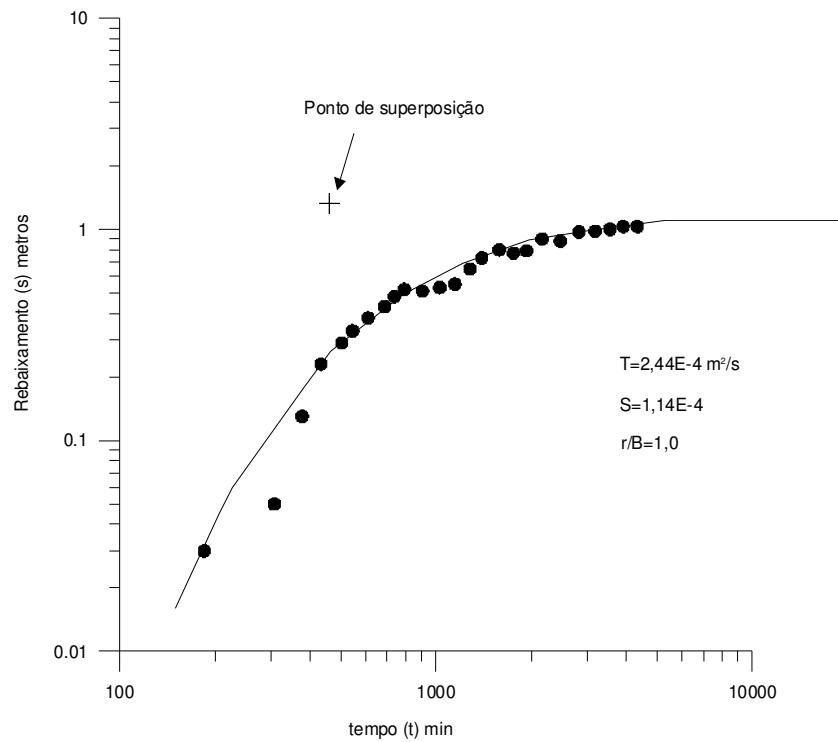


Figura 30 - Curva de rebaixamento do poço PW-14

## Poço observado PW-16

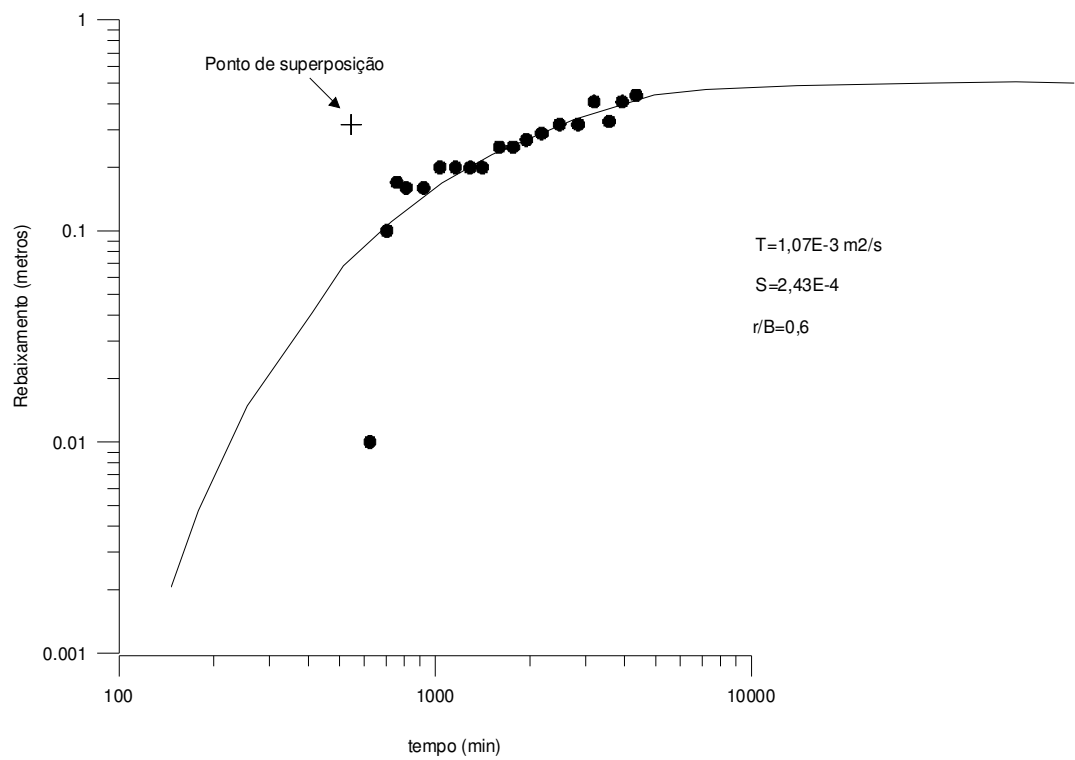


Figura 31 - Curva de rebaixamento do poço PW-16

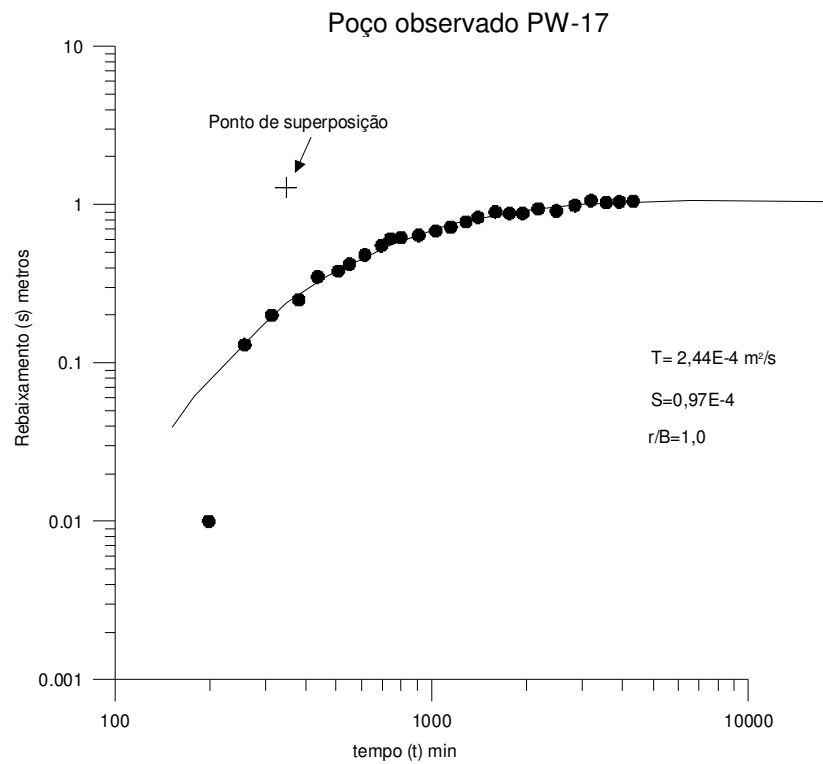


Figura 32 - Curva de rebaixamento do poço PW-17

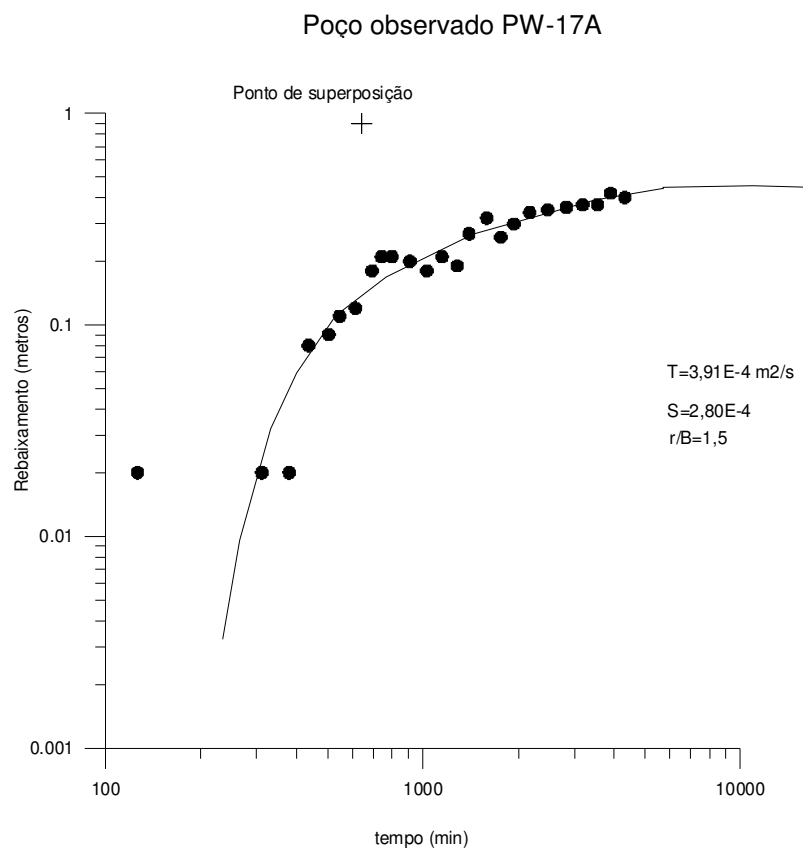


Figura 33 - Curva de rebaixamento do poço PW-17A

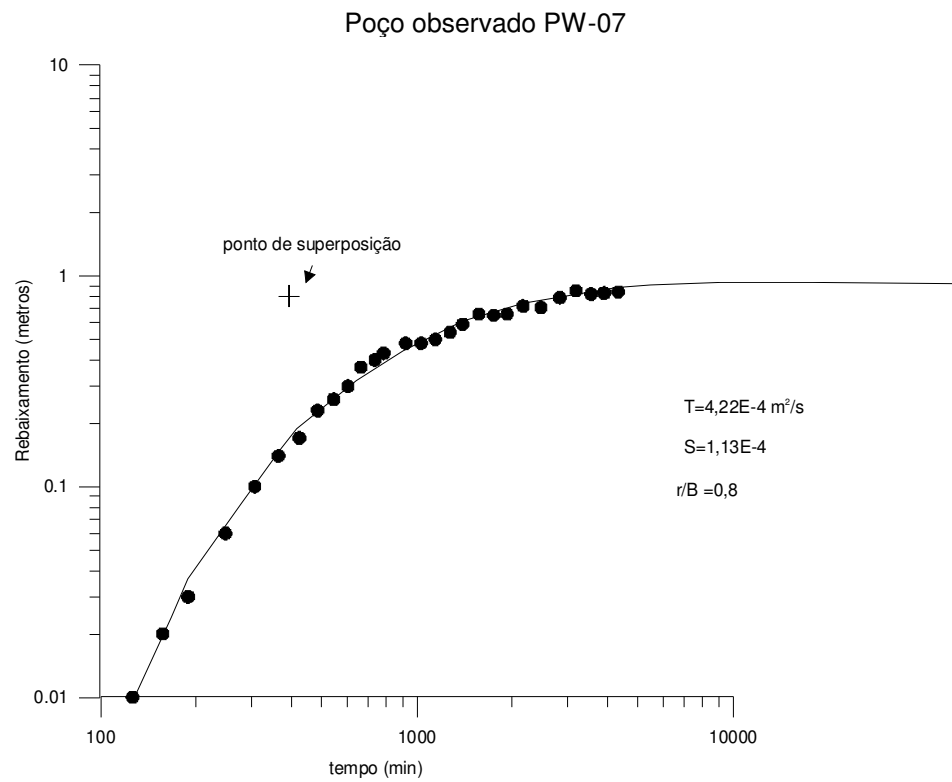


Figura 34 - Curva de rebaixamento do poço PW-07

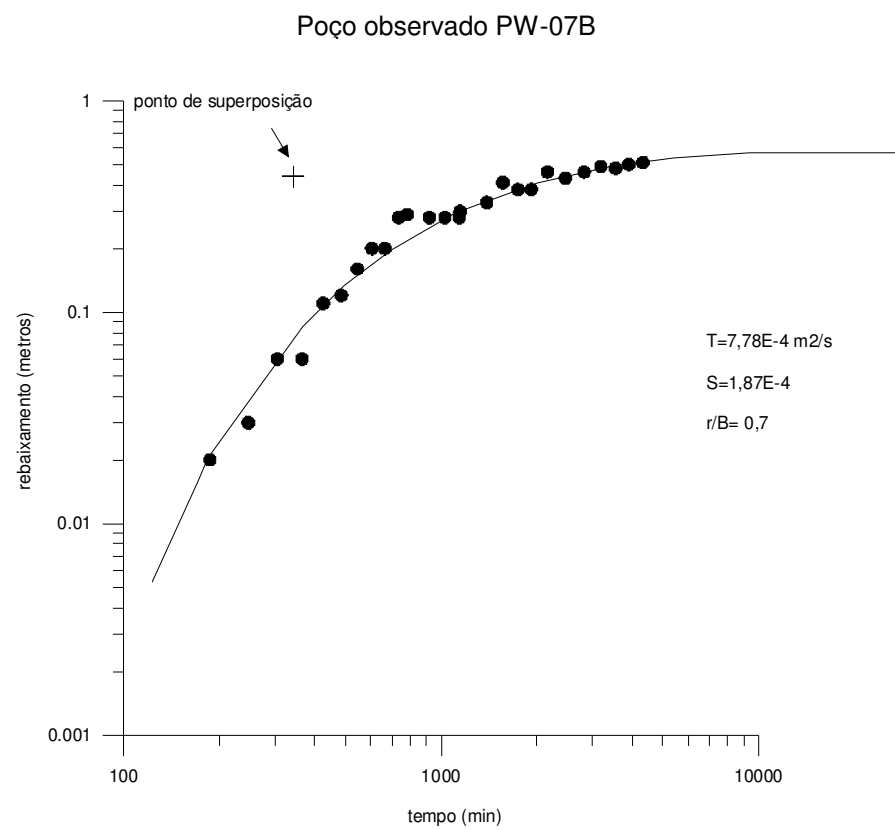


Figura 35 - Curva de rebaixamento do poço PW-07B

## Poço observado PW-23

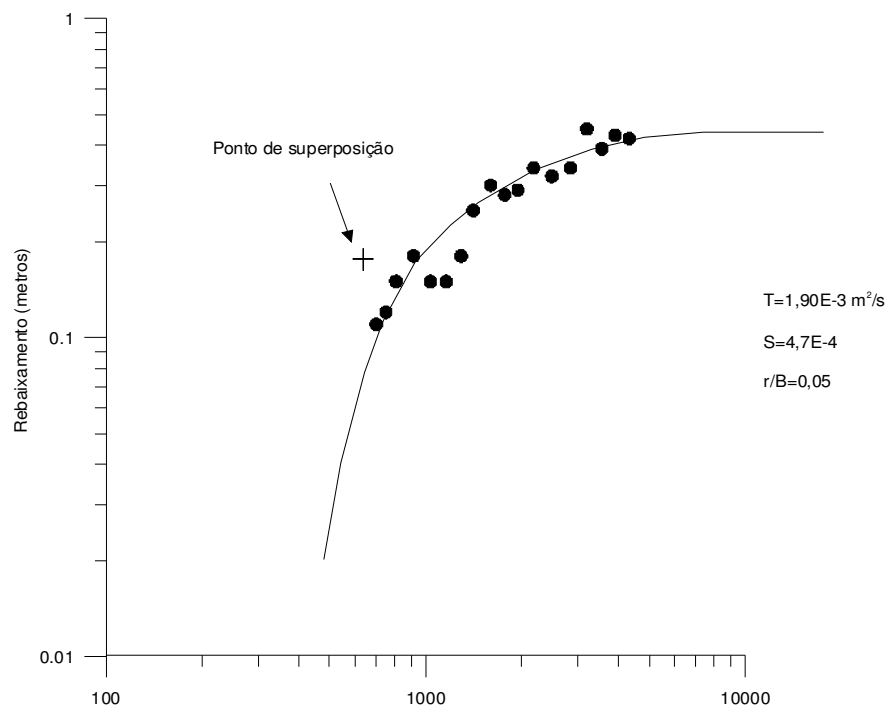


Figura 36 - Curva de rebaixamento do poço PW-23

## Poço observado PW-12B

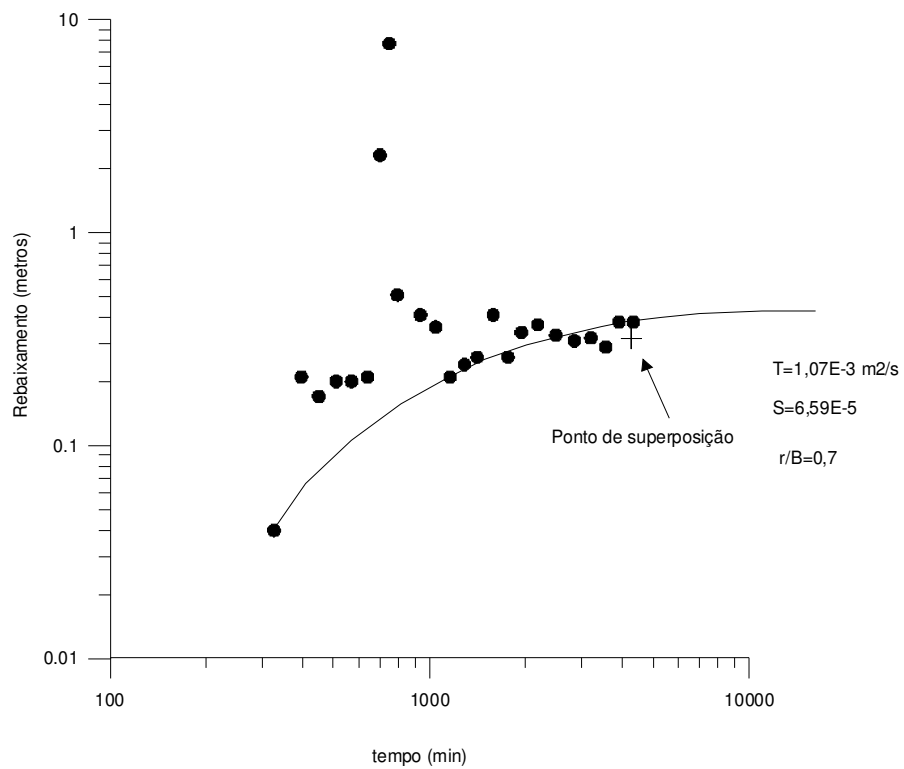


Figura 37 - Curva de rebaixamento do poço PW-12B

## Poço observado PW-18

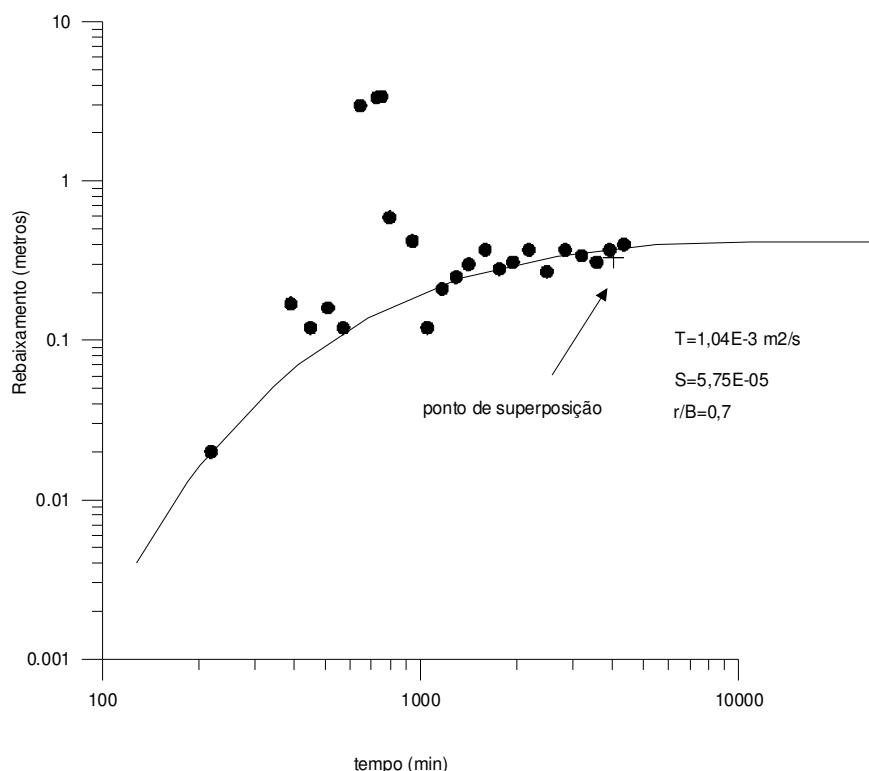


Figura 38 - Curva de rebaixamento do poço PW-18

**4.4.3 - Influência da maré no aquífero Marituba**

O aquífero Marituba está localizado em uma zona costeira e está submetido a influências da maré. Este efeito foi percebido durante os testes no aquífero através de oscilações do nível da água. Sendo assim, visando quantificar este efeito, foram coletadas informações da tábua de maré referente ao porto de Maceió obtidas na página da internet da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN,2005) nos dias 30/9/2003, 1/10/2003 e 2/10/2003, mostrada na tabela 11.

Nota-se que as informações de níveis de água no aquífero que foram coletadas no horário entre 12h e 13h, durante os dias 30/9/03 e 1/10/03 (tabela 6), registraram oscilações crescentes (figura 25), enquanto que os dados da tábua de maré indicavam baixa-mar (tabela 11). Por outro lado, no dia 2/10/03, quando os níveis de água nos poços foram medidos entre 06h e 06h30, os valores dos níveis sofreram uma pequena redução quando comparados com o dia anterior, e neste mesmo horário, a tábua de maré já indicava preamar.

Tabela 11 - Variação da maré nos dias anteriores ao bombeamento (DHN,2005)

<b>DIA</b>	<b>HORA</b>	<b>ALTURA (m)</b>
<b>TERÇA 30/9/03</b>	00:24	0,1
	06:23	1,7
	12:08	0,3
	18:43	2,2
<b>QUARTA 1/10/03</b>	01:13	0,3
	07:21	1,6
	12:58	0,5
	19:39	1,9
<b>QUINTA 2/10/03</b>	02:15	0,4
	08:38	1,4
	14:04	0,7
	20:53	1,6

No poço PW-13 foram realizadas medições de nível d'água (figura 15) em intervalos de 1 hora durante 24 horas no dia 6/5/2005. A tabela 12 mostra as oscilações do nível estático do poço PW-13, bem como a variação da maré referente ao porto de Maceió obtidas na página da internet da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN,2005), corrigida através da tabela de correção de maré para qualquer instante (Miguens, 1996).

Pode-se observar que o nível d'água do poço PW-13 varia de acordo com as oscilações da maré, com uma defasagem de aproximadamente quatros horas da baixa-mar e três horas da preamar, como é mostrado na figura 39. Portanto, foi verificado que a carga hidráulica do aquífero acompanha a variação da maré, todavia, durante a baixa-mar a carga hidráulica do aquífero se reduz de forma mais lenta, fato que não é observado após a preamar, cuja elevação da carga hidráulica do aquífero ocorre de forma mais rápida. Nota-se também que o nível estático do poço PW-13 atinge os valores máximos e mínimos a cada 12 horas, comportamento similar ao ciclo da maré.

Tabela 12 - Variação da maré e nível estático do PW-13 no dia 6/5/2005

Hora	Maré (m)	NE (m)	Hora	Maré (m)	NE (m)
07:00	0,60	-6,93	19:00	0,60	-6,95
08:00	0,30	-6,98	20:00	0,30	-6,96
09:00	0,30	-7,00	21:00	0,20	-6,98
10:00	0,60	-7,04	22:00	0,40	-7,00
11:00	1,05	-7,07	23:00	0,80	-7,04
12:00	1,45	-7,10	00:00	1,20	-7,05
13:00	1,85	-7,12	01:00	1,70	-7,07
14:00	2,20	-7,10	02:00	2,05	-7,05
15:00	2,20	-7,06	03:00	2,20	-7,02
16:00	2,00	-7,00	04:00	2,0	-6,97
17:00	1,60	-6,96	05:00	1,70	-6,92
18:00	1,10	-6,94	06:00	1,20	-6,90
19:00	0,60	-6,95	07:00	0,70	-6,91

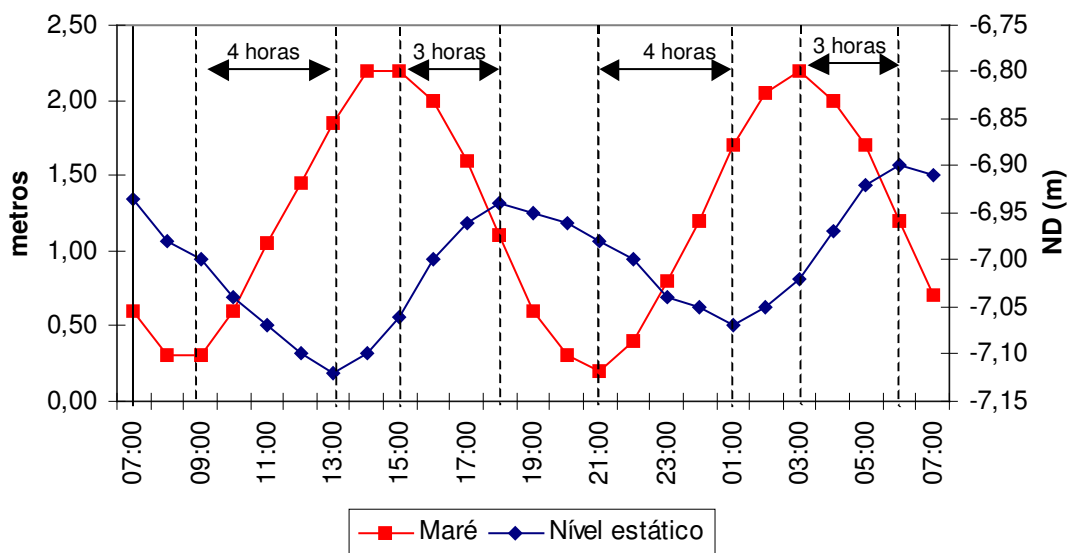


Figura 39 - Variação da maré e do nível estático no poço PW-13

#### 4.4.4 - Mapa de transmissividade

O mapa de transmissividade do aquífero Marituba (figura 40) na área de estudo foi construído com base nas informações obtidas das curvas de rebaixamento do teste realizado com 13 poços de observação, bem como os dados obtidos do teste realizado com um poço de observação, descartando as informações dos poços PW-12B e PW-18, devido aos problemas identificados no teste, como também do poço PW-08, que estava com o filtro danificado. A tabela 13 mostra os parâmetros hidrodinâmicos do aquífero Marituba, enquanto a tabela 14 mostra os parâmetros obtidos dos poços que captam água simultaneamente nos aquíferos Barreiras e Marituba.

Tabela 13 - Parâmetros hidrodinâmicos do aquífero Marituba na área de estudo

Poço observado	T (m <sup>2</sup> /s) x 10 <sup>-3</sup>	K (m/s) x 10 <sup>-5</sup>	S x 10 <sup>-4</sup>	b (m)	Distância r (m)
<b>PW-07</b>	0,42	1,41	1,13	30	597
<b>PW-08</b>	2,44	9,04	9,8	27	194
<b>PW-12B</b>	1,07	1,98	0,69	54	1258
<b>PW-13</b>	0,45	1,21	2,07	37	664
<b>PW-14</b>	0,24	0,73	1,14	33	497
<b>PW-15</b>	1,33	3,69	2,88	36	1080
<b>PW-16</b>	1,07	3,06	2,43	35	738
<b>PW-17</b>	0,24	0,76	0,97	32	453
<b>PW-18</b>	1,04	2,89	0,57	36	1297
<b>PW-20</b>	0,45	1,67	1,11	27	109
<b>PW-23</b>	1,07	2,55	2,11	42	787
<b>PW-09B</b>	1,10	1,67	2,26	66	-

Tabela 14 - Parâmetros hidrodinâmicos equivalentes do aquífero Barreiras/Marituba

Poço observado	T (m <sup>2</sup> /s) x 10 <sup>-3</sup>	K (m/s) x 10 <sup>-5</sup>	S x 10 <sup>-4</sup>	Distância r (m)
<b>PW-07B</b>	0,77	1,22	1,87	599
<b>PW-10A</b>	0,57	1,39	0,50	159
<b>PW-17A</b>	0,39	1,95	2,80	451



A figura 40 mostra a variação de transmissividade do aquífero Marituba na área de estudo que varia entre  $0,3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  nas proximidades do poço PW-20, e  $1,1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  ao sul da região próxima aos poços PW-09B e PW-12B. Este fato ocorre provavelmente devido à variação de espessura do aquífero (figura 41), que está compreendida entre 27 metros no poço PW-20 e 66 metros no poço PW-09B, associada à presença de descontinuidade da camada semipermeável que isola os aquíferos Barreiras e Marituba, observada na região dos poços PW-15A e PW-12B (figura 16), que pode permitir de uma forma mais acentuada a drenança vertical do aquífero Barreiras para o Marituba, reduzindo assim o rebaixamento.

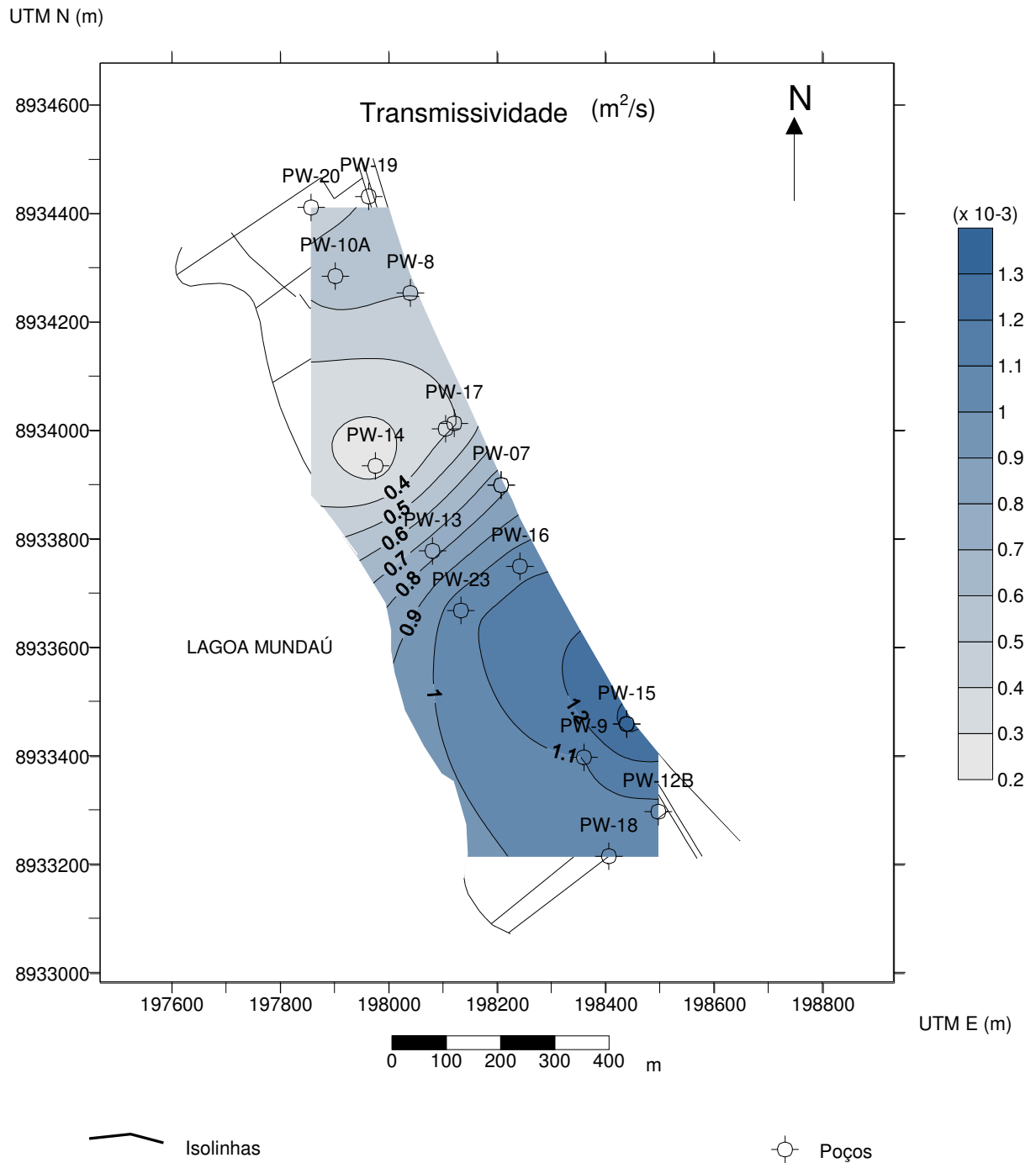


Figura 40 - Mapa de transmissividade do aquífero Marituba

Tabela 15 - Espessura do aquífero Marituba

Poço	Espessura (m)	Poço	Espessura (m)
<b>PW-07</b>	30	<b>PW-16</b>	35
<b>PW-08</b>	27	<b>PW-17</b>	27
<b>PW-12B</b>	54	<b>PW-18</b>	36
<b>PW-13</b>	37	<b>PW-20</b>	27
<b>PW-14</b>	33	<b>PW-23</b>	42
<b>PW-15</b>	36	<b>PW-09B</b>	66

UTM N (m)

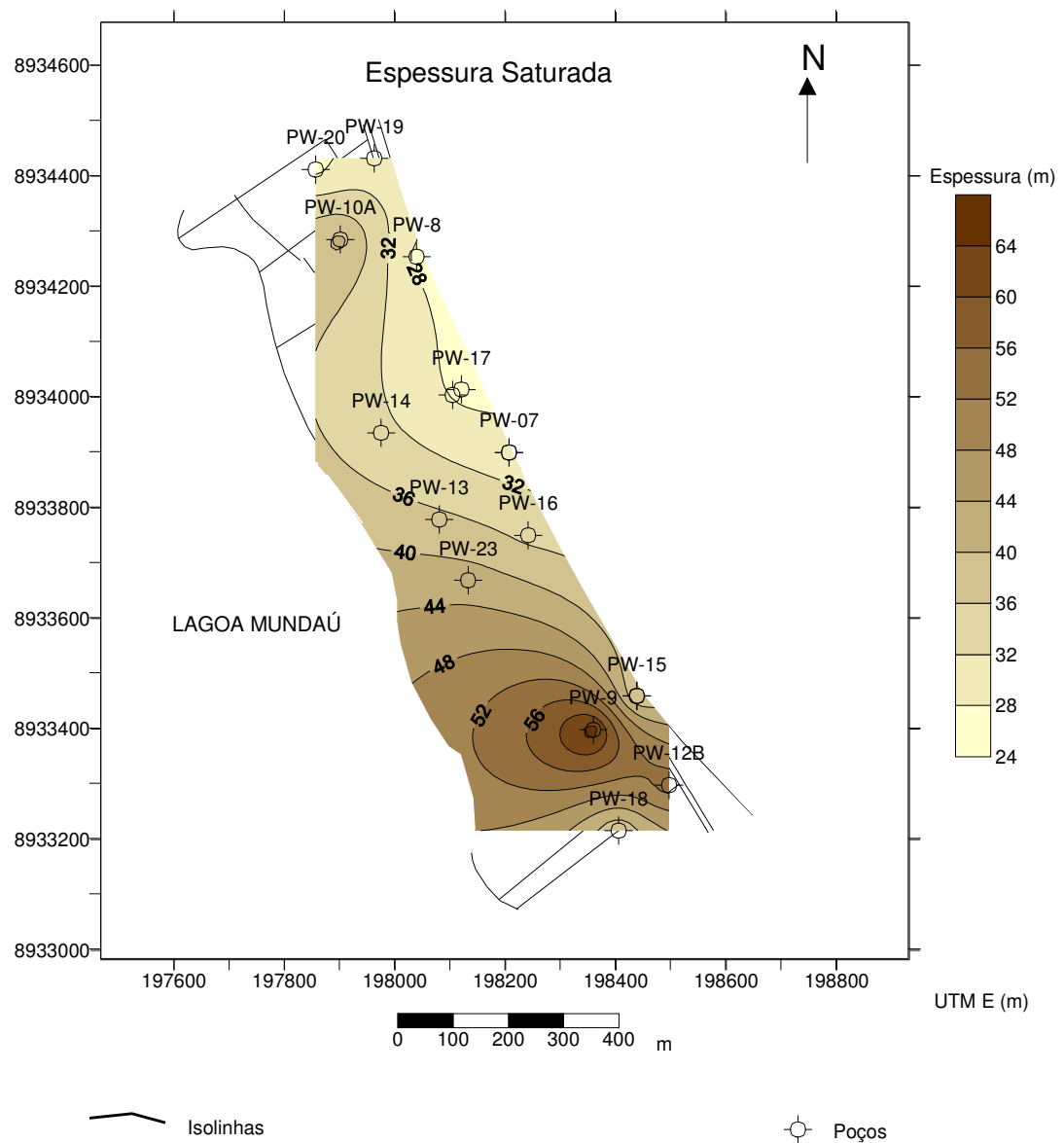


Figura 41 - Mapa de espessura do aquífero Marituba

## 5 - HIDROGEOQUÍMICA

A água subterrânea movimenta-se nos aquíferos em velocidade muito baixa, podendo levar anos, décadas ou até mesmos séculos (UN & WWAP, 2003) para migrar das áreas de recarga para zonas de exutório como rios, riachos, lagoas e zonas costeiras (Zektser, 1999). Devido a este longo tempo de residência da água no subsolo, as características físico-químicas sofrem alterações lentas por conta das interações entre os elementos químicos presentes na água e os minerais contidos nas formações geológicas nas quais circulam. Esta dinâmica de interações envolve uma seqüência de processos físicos, químicos e biológicos, incluindo o intemperismo, a dissolução e/ou precipitação de minerais na solução, a troca iônica entre a água e a rocha, como também a mistura entre águas de diferentes composições (Nobre et al 2003). A ciência que trata destas interações da água subterrânea com o meio é chamada hidrogeoquímica (Appelo & Postma, 1993).

A hidrogeoquímica fornece informações que possibilitam a identificação tanto da origem como da evolução da água, através de análises físico-químicas que determinam a quantidade dos principais elementos classificados como primários, secundários e terciários. Segundo (Kemmer, 1987), os constituintes primários incluem os sólidos dissolvidos que excedem 5 mg/l. São eles:

Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )

O íon bicarbonato é o principal constituinte alcalino da água. Geralmente é encontrado entre 5 e 500 mg/l, expresso como  $\text{CaCO}_3$ . A alcalinidade na água doce raramente excede 300 mg/l. Na água do mar (tabela 16), a concentração está em torno de 140 mg/l.

Cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ )

O cálcio é o maior componente responsável pela dureza na água e geralmente é encontrado entre 5 e 500 mg/l, expresso como  $\text{CaCO}_3$  (2 a 200 mg/l como  $\text{Ca}^{+2}$ ). Está presente em muitos minerais, principalmente calcita e gipsita. Os depósitos de calcário freqüentemente possuem fósseis de organismos aquáticos, que adquirem cálcio da água do mar. Na água do mar (tabela 16), a concentração está em torno de 400 mg/l.

### Cloreto ( $\text{Cl}^-$ )

O cloreto é um íon comum na água doce, encontrado entre 10 e 100 mg/l . Fetter (1994) definiu que a concentração de cloreto na água doce está entre 0 e 300 ppm , na água salobra entre 300 e 5.000 ppm, e na água salina entre 5.000 e 60.000 ppm, enfatizando que na água do mar está em torno de 19.000 ppm. A troca iônica é o único processo químico capaz de remover o cloreto da água, contudo , processos físicos tais como evaporação e osmose reversa também o fazem. O limite máximo recomendado pelo Ministério da Saúde, portaria nº 518 de 25/3/2004, é de 250 mg/l.

### Magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ )

O magnésio tipicamente varia entre 10 e 50 mg/l (aproximadamente 40 a 200 mg/l, expresso como  $\text{CaCO}_3$ ). O magnésio está contido em vários minerais, incluindo dolomita, magnesita e numerosos tipos de argilas. Na água do mar (tabela 16), a concentração de magnésio é 3 vezes maior do que a de cálcio, devido à solubilidade mais elevada.

### Sódio ( $\text{Na}^+$ )

Os sais de sódio são altamente solúveis em água, embora alguns complexos minerais não sejam. Altos teores de cloreto em salmouras e na água do mar estão geralmente associados com o íon de sódio. Na água doce o teor varia entre 10 e 100 mg/l. O sódio está presente em alguns tipos de argilas e feldspatos. Na água do mar (tabela 16), a concentração está em torno de 10.000 mg/l.

### Sulfatos ( $\text{SO}_4^{-2}$ )

Os sulfatos dissolvidos na água são originados de alguns minerais, especialmente a gipsita ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), ou resultado da oxidação de minerais sulfetados, como a pirita. Tipicamente, o teor de sulfato na água doce varia entre 5 e 200 mg/l, enquanto na água do mar está em torno de 2.600 ppm (tabela 16). O limite máximo recomendado pelo Ministério da Saúde, portaria nº 518 de 25/3/2004, é de 250 mg/l.

Tabela 16 - Principais íons da água do mar

Íon	Teor (ppm)
$\text{Cl}^-$	19.000
$\text{Na}^+$	10.500
$\text{SO}_4^{-2}$	2.650
$\text{Mg}^{+2}$	1.300
$\text{Ca}^{+2}$	400
$\text{K}^+$	380
$\text{HCO}^{-3}$	140
$\text{Br}^-$	65
$\text{CO}_3^{-2}$	18
$\text{Sr}^{+2}$	8
$\text{SiO}_2$	6
<b>B</b>	4,5
$\text{F}^-$	1,3
$\text{Al}^{+3}$	0,001

Fonte: (Driscoll,1986)

## 5.1 – PROCESSOS DE SALINIZAÇÃO

Durante o processo de salinização de um aquífero, a água torna-se quimicamente muito ativa sempre em busca do equilíbrio iônico (Perez & Evangelista,1988), que modifica substancialmente as características físico-químicas da água através da troca catiônica que ocorre entre os íons.

Beekman & Appelo (1990) estudaram em coluna experimental o processo de troca catiônica que ocorre durante a salinização de um aquífero. O experimento consistiu em substituir gradativamente a água doce presente na coluna por uma solução de água salgada com água destilada na proporção de 1:1, avaliando as mudanças na concentração dos íons cloreto, magnésio, cálcio e sódio da água que deixou a coluna.

Beekman & Appelo (1990 op. cit) observaram que na água doce os íons de cálcio e bicarbonato são dominantes, e ao entrarem em contato com os sedimentos de um aquífero aderem quimicamente à superfície dos grãos através do processo chamado adsorção. Este fenômeno foi constatado no início do experimento, quando grãos contidos na coluna possuíam íons de cálcio adsorvidos na sua superfície.

Por outro lado, na água do mar os íons sódio ( $\text{Na}^+$ ) e cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) é que são dominantes. Desta forma, os sedimentos que estão em contato com água salgada terão os

íons de sódio adsorvidos na superfície. Portanto, quando a água do mar penetra em um aquífero de água doce ocorre o processo de troca catiônica na superfície dos grãos entre o os íons de cálcio e sódio.

Durante o experimento, Beekman & Appelo (1990 op. cit) observaram que os primeiros 50 ml que saíram da coluna possuíam as características da água doce, entretanto, à medida que a água doce era substituída pela solução salina, o sódio presente na água salgada era adsorvido na superfície dos grãos contidos na coluna, liberando o cálcio, que estava adsorvido, para a solução. A concentração dos íons cloreto, sódio e magnésio na solução de saída da coluna também se eleva, acompanhando o perfil da concentração de cálcio (figura 42). Entretanto, no momento em que todo o cálcio que estava adsorvido na superfície dos grãos foi liberado para a solução de saída da coluna, o teor de cálcio observado na solução começou a decrescer até atingir a concentração da solução salina. Em contrapartida, as concentrações dos íons cloreto, sódio e magnésio na solução de saída da coluna continuaram elevando-se até atingir o equilíbrio com a concentração da solução salina (figura 42).

Sendo assim, percebe-se que durante um processo de intrusão salina, os teores de magnésio, cloreto e sódio contidos na água doce se elevam à medida que a contaminação do aquífero por água salgada evolui, cessando no momento em que o equilíbrio iônico com a água salgada é alcançado.

Portanto, como pode ser visto, um dos principais indicadores da contaminação de um aquífero por água salgada é a mudança na concentração de cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), já que é um dos íons menos afetados pelas reações químicas que se produzem durante os processos de mistura da água doce com a água salgada (Prats et al, 1988).

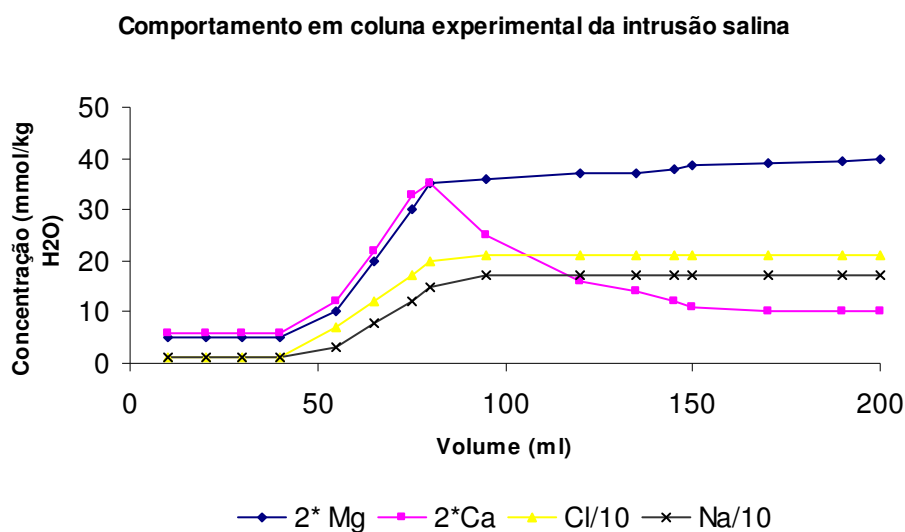


Figura 42 - Comportamento em coluna experimental da intrusão salina .

Adaptado (Appelo & Postma, 1993)

## 5.2 – SALINIZAÇÃO DO AQÜÍFERO MARITUBA

### 5.2.1 - Evolução dos teores de cloreto na água

O monitoramento da concentração de íons cloreto na água dos poços que captam no aquífero Marituba na área de estudo é realizado mensalmente desde 1975, através do método de Mohr (Fishman & Friedman, 1989), cujos resultados são registrados em planilhas. Entretanto, muitos destes registros não foram encontrados no arquivo técnico da Braskem S.A., sobretudo as informações referentes às décadas de 70 e 80. De qualquer forma, todas as informações disponíveis foram compiladas e serão discutidas caso a caso, a fim de elucidar o processo de salinização da água.

Na figura 43 pode-se observar que a concentração de cloreto na água do poço PW-10A evoluiu rapidamente entre 1999 e 2001, com teores variando entre 250 e 1.650 ppm. A partir de março de 2001, o poço que operava em regime contínuo com vazão de 80 m<sup>3</sup>/h passou a operar em regime intermitente, a fim de minimizar o processo de contaminação. A mudança operacional provocou uma redução do teor de cloreto de 1.650 ppm para 1.300 ppm, porém esta concentração não atende aos parâmetros da unidade operacional da Braskem S.A., que optou pela sua desativação em setembro de 2001.

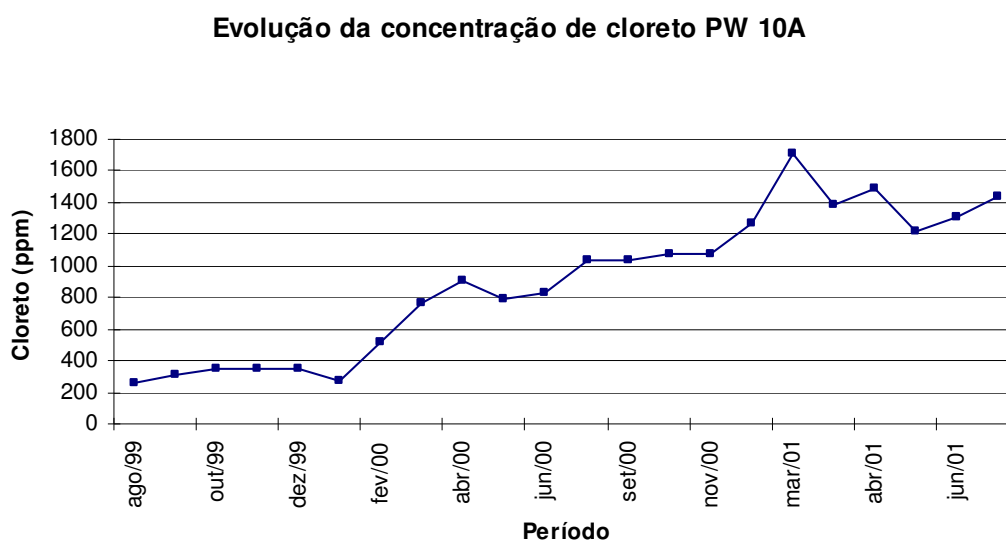


Figura 43 - Evolução da concentração de cloreto no poço PW-10A

Três meses após a desativação do poço PW-10A, notou-se que o teor de cloreto na água do poço PW-08 também se elevou de forma abrupta (figura 44), saltando de 100 ppm no final de 2001 para 700 ppm no final de 2002. A contaminação do aquífero por água

salgada foi constatada no poço PW-08, vinte e um meses após os primeiros sinais observados no poço PW-10A. Isto evidencia que a salinização do aquífero Marituba está migrando dos poços mais próximos das margens da lagoa Mundaú para os poços mais afastados da costa lagunar.

**Evolução da concentração de cloreto PW-08**

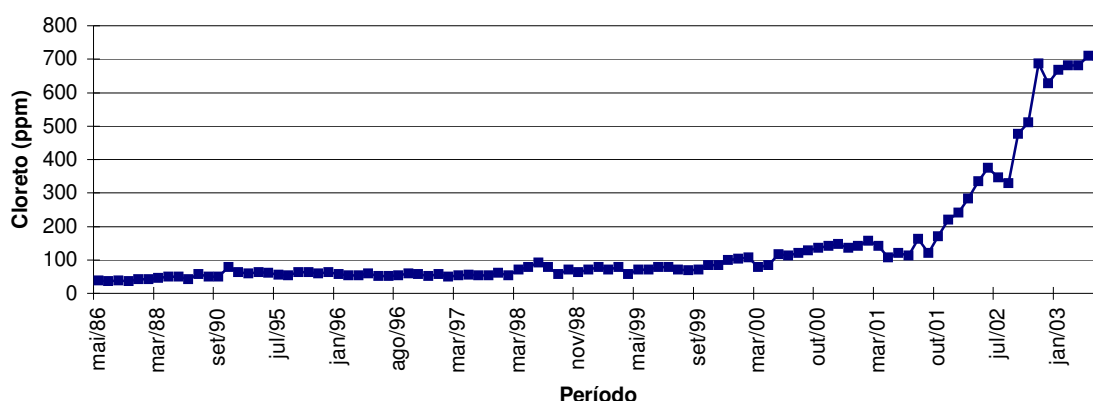


Figura 44 - Evolução da concentração de cloreto no poço PW-08

As figuras 45, 46, 47, 48 e 49 mostram as evoluções dos teores de cloreto nos poços PW-19, PW-09B, PW-23, PW-12B e PW-18, todas apresentando perfis semelhantes, onde podem ser observadas elevações de concentrações de forma acentuada entre 2000 e 2001, bem como estabilizações ou reduções entre 2004 e 2005.

As informações obtidas em todos os poços analisados no início desta década mostram um processo intenso e contínuo de salinização do aquífero, evidenciado pela mudança consistente dos teores de cloreto.

Além da constatação desta evolução no tempo, as figuras 50, 51, 52 e 53 mostram a distribuição no espaço, onde se percebe a migração da salinização no sentido lagoa Mundaú- continente, de forma mais acentuada na área dos poços PW-19 e PW-10. Nota-se também que em 1998 (figura 50) a região mais afetada apresentava teores de cloreto entre 500 e 1.000 ppm; em 2001 (figura 51) esta mesma área já ultrapassava 1.200 ppm e em 2003 (figura 52) foi observado o ápice da contaminação, afetando quase 50% da área de estudo com valores de cloreto acima de 1.000 ppm.

Vale a pena ressaltar que os poços PW-19, PW10 e PW-20, situados na zona mais afetada pela salinização (figura 50), bombeavam juntos em 1998 cerca de 120 m<sup>3</sup>/h, valor similar aos poços PW-09B, PW-12B e PW-18, situados na zona menos afetada pela



salinização. Este raciocínio leva a acreditar que apenas o volume captado no aquífero não é o único fator que está provocando o processo de contaminação. Entretanto, quando as informações de transmissividade (figura 40) do aquífero e teores de cloreto (figura 52) são correlacionadas, observa-se que a zona mais salinizada possui os menores valores de transmissividade, e vice-versa. O fato de a água salgada ser mais densa que a água doce, associado aos maiores gradientes observados em regiões com transmissividades menores, sugere que o bombeamento nesta área esteja induzindo a migração da água salgada no sentido ascendente no interior do aquífero.

Em fevereiro de 2004, a fim de minimizar o processo de salinização, adotou-se uma estratégia de redução na vazão de todos os poços que captavam água do aquífero Marituba. Esta medida reduziu em 20% o volume captado, gerando resultados satisfatórios, visto que no mês subsequente às mudanças foram observadas reduções nas concentrações de cloreto em todos os poços (figura 45, 46, 47, 48 e 49), as quais perduraram até o final do estudo. A figura 53 mostra o efeito desta intervenção numa distribuição espacial.

#### **Evolução da concentração de cloreto no PW-19**

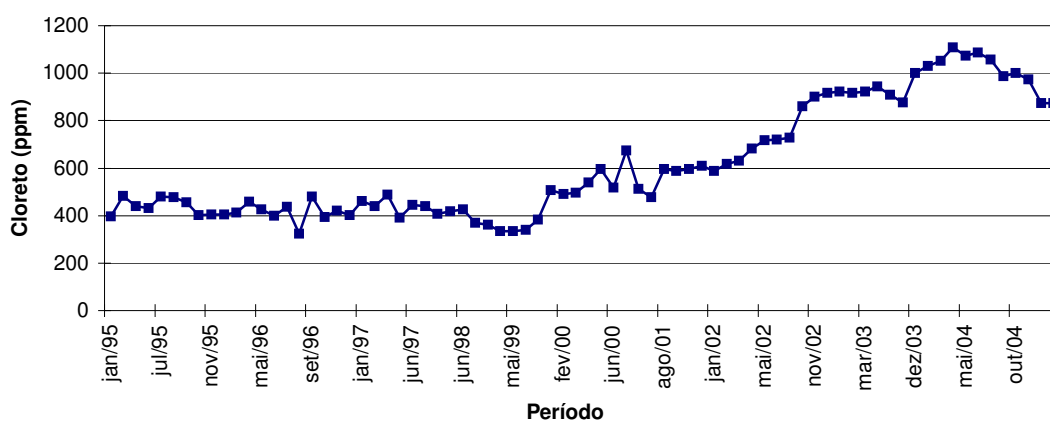


Figura 45 - Evolução da concentração de cloreto no poço PW-19

**Evolução da concentração de cloreto no PW-09B**

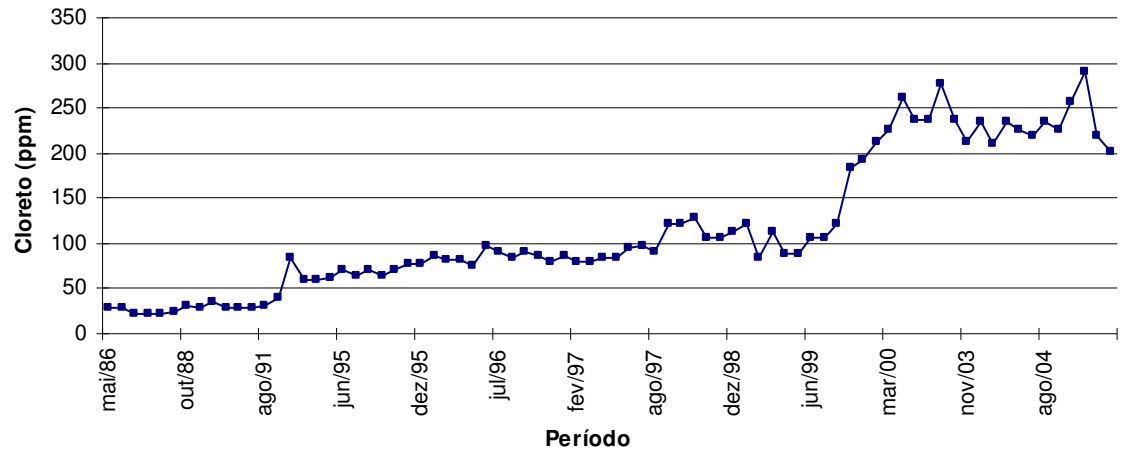


Figura 46 - Evolução da concentração de cloreto no poço PW-09B

**Evolução da concentração de cloreto no PW-23**

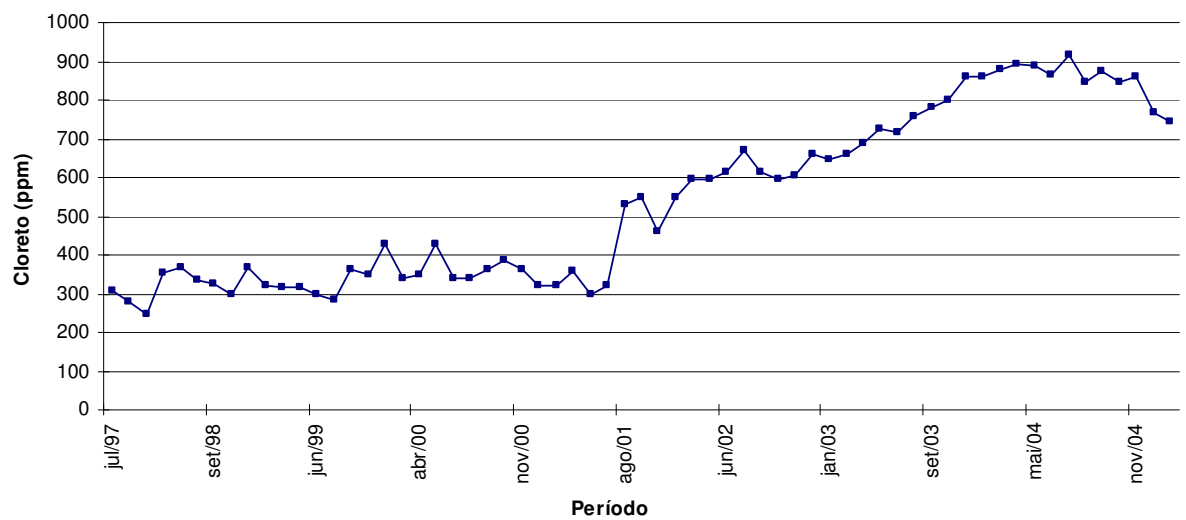


Figura 47 - Evolução da concentração de cloreto no poço PW-23

**Evolução da concentração de cloreto no PW-12B**

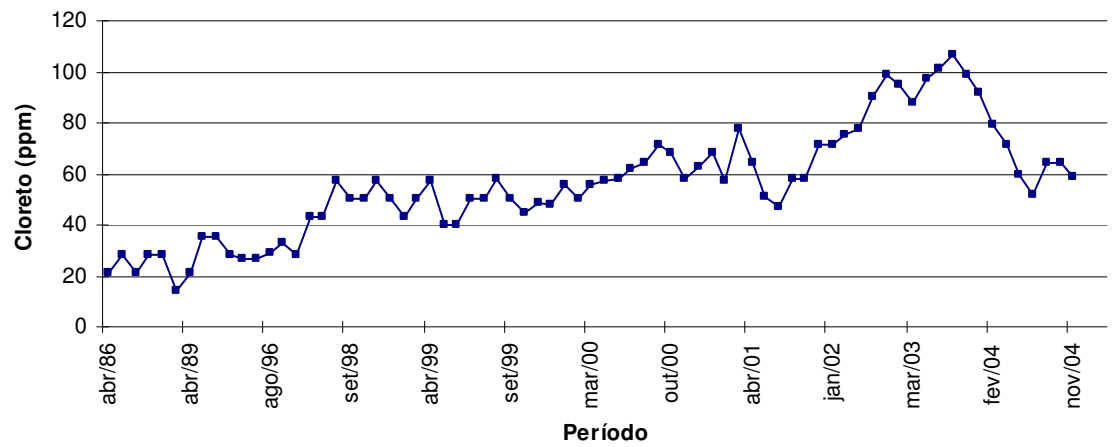


Figura 48 - Evolução da concentração de cloreto no poço PW-12B

**Evolução da concentração de cloreto no PW-18**

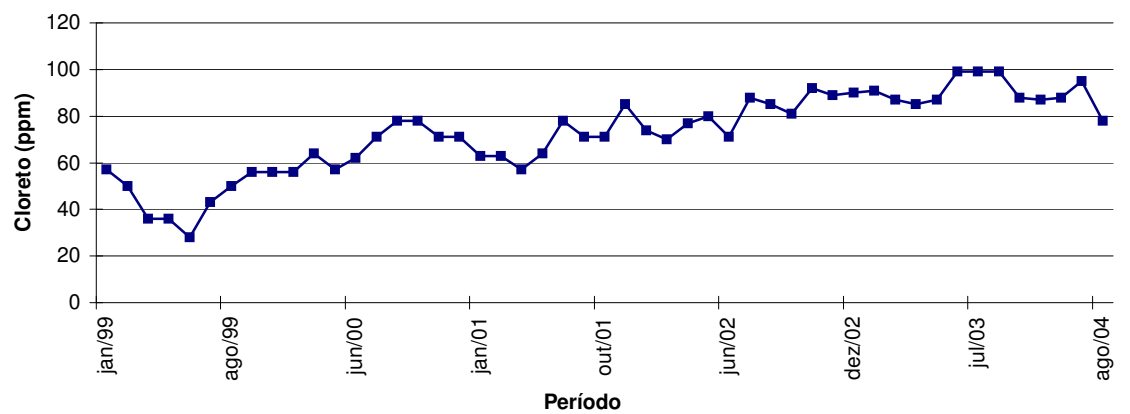


Figura 49 - Evolução da concentração de cloreto no poço PW-18

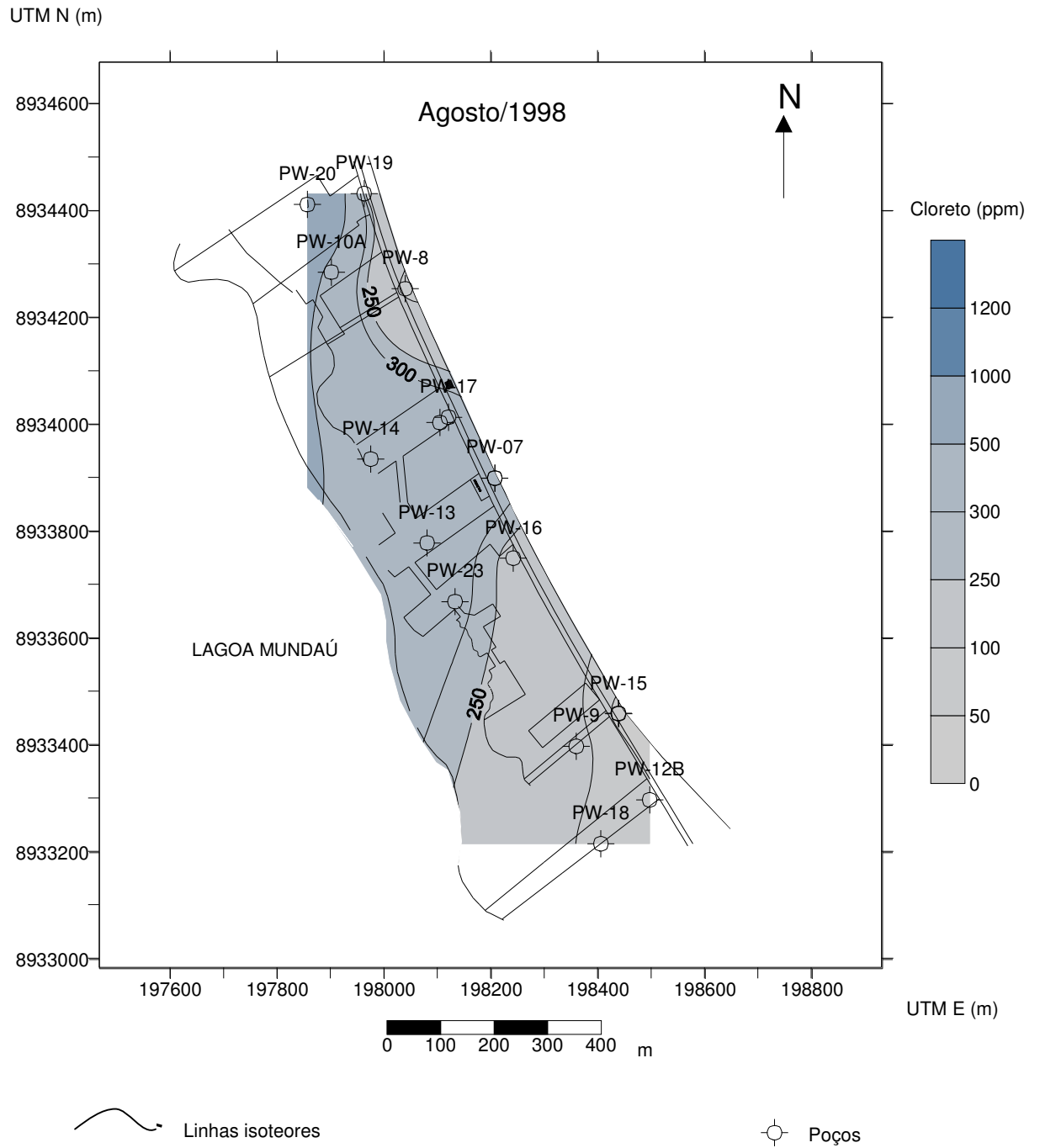


Figura 50 - Mapa de isoteores de cloreto em 1998

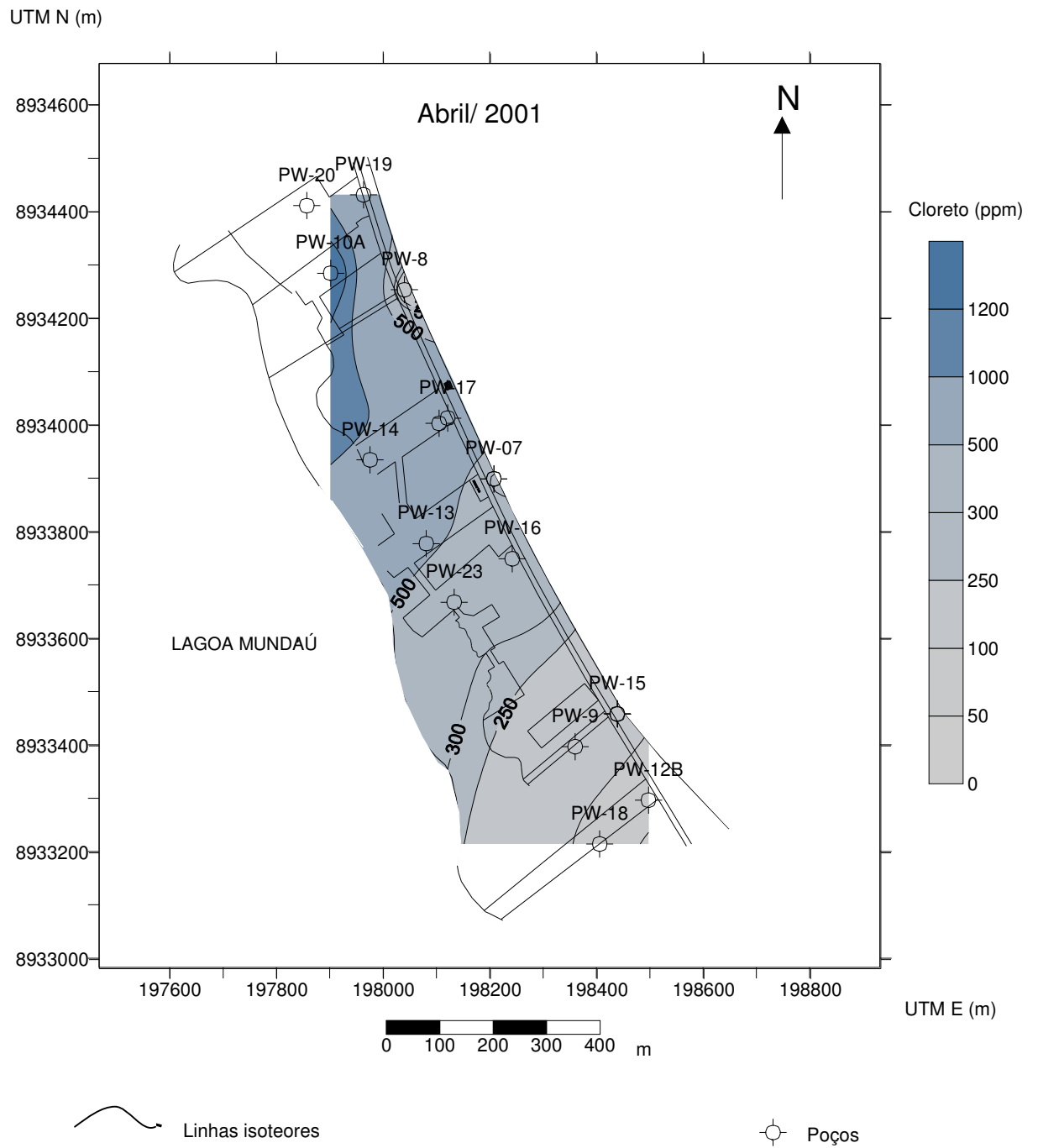


Figura 51 - Mapa de isoteores de cloreto em 2001

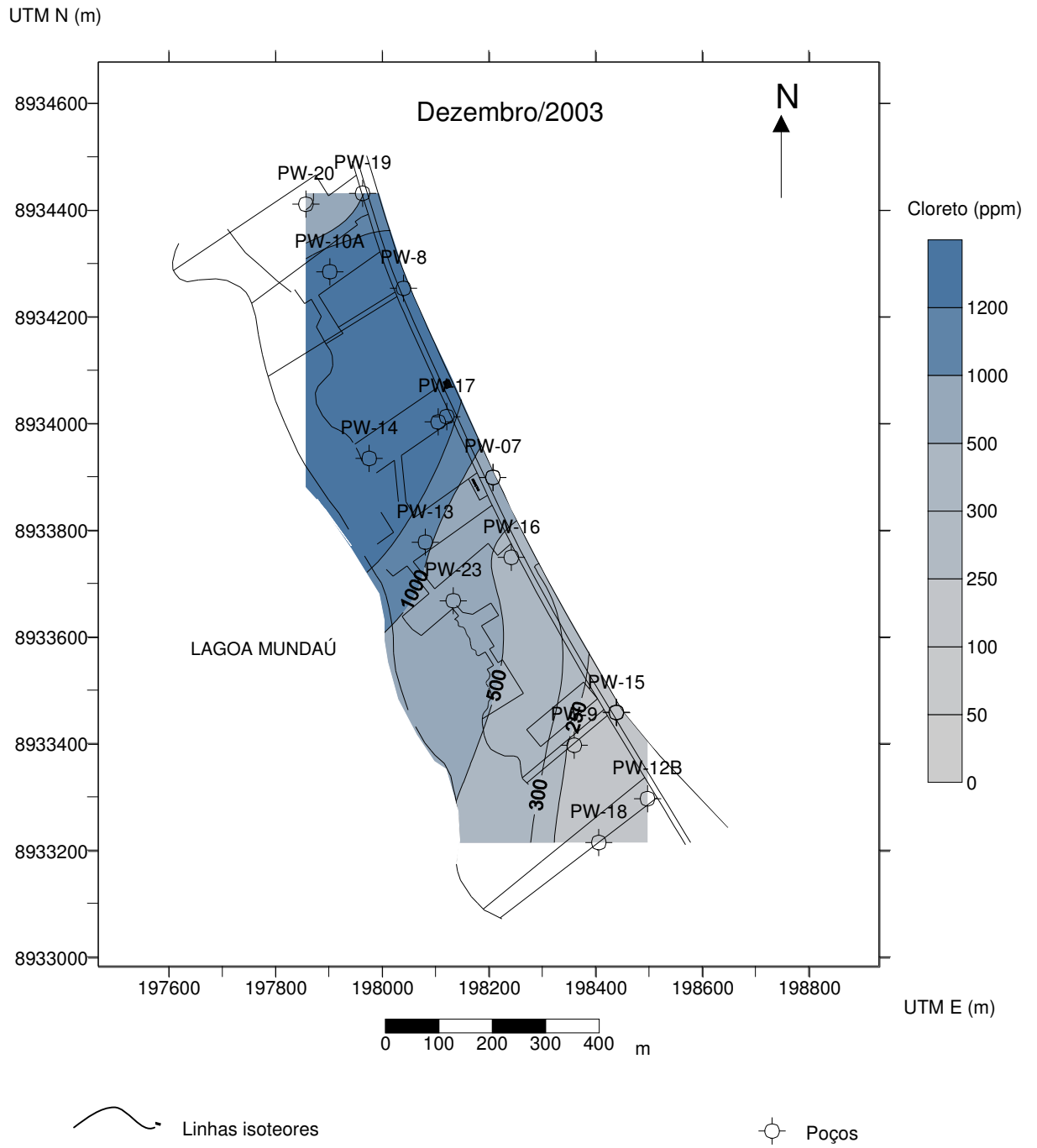


Figura 52 - Mapa de isoteores de cloreto em 2003

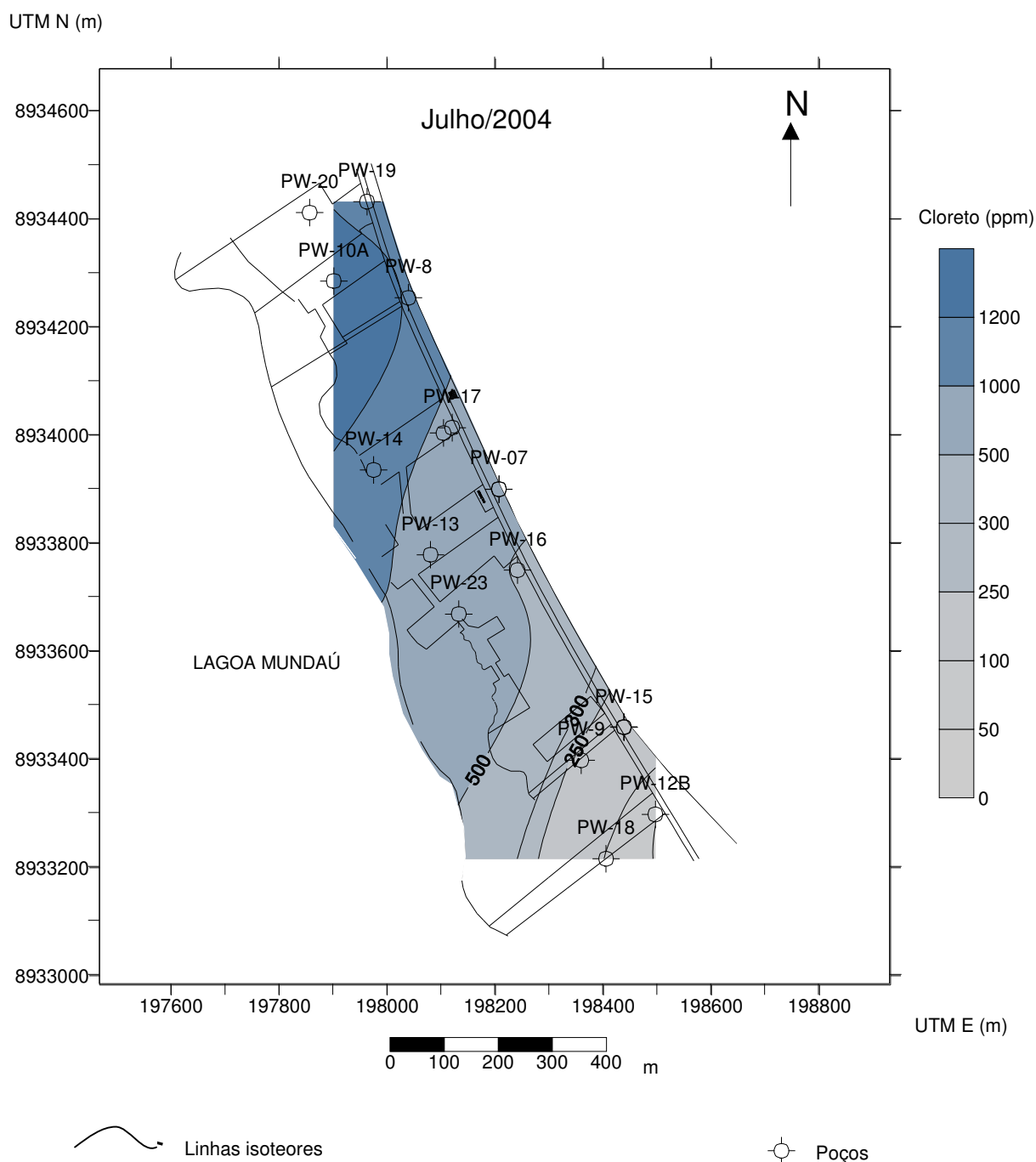


Figura 53 - Mapa de isoteores de cloreto em 2004

### **5.2.2 - Evolução dos teores de cálcio e magnésio**

Além das análises de cloreto na água, são realizadas determinações de dureza de cálcio e magnésio através do método complexométrico, cujo resultado é expresso em ppm de  $\text{CaCO}_3$ . Os registros históricos que foram encontrados compreendem o período entre

1986 a 1989, bem como em 2004, já que no final da década de 90 este monitoramento foi suspenso.

O número insuficiente de dados não permitiu construir uma evolução da concentração de cálcio e magnésio no tempo, entretanto foi possível elaborar um gráfico de correlação entre cloreto e cálcio, bem como entre cloreto e magnésio, utilizando todos os dados disponíveis a fim de identificar algum tipo de correlação, já que os dados são totalmente independentes.

A figura 54 mostra as correlações citadas acima. De forma bem clara, percebe-se que tanto o magnésio como o cálcio possuem uma dependência do cloreto, alcançando um coeficiente de correlação de 0,98 e 0,90, respectivamente. Isto sugere que a fonte poluidora é provavelmente uma água salgada com elevadas concentrações de cloreto de magnésio ( $\text{MgCl}_2$ ) e cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ), que são altamente solúveis em água.

As distribuições espaciais das concentrações de cálcio (figura 55) e magnésio (figura 56) mostram um aumento mais significativo ao norte da área, indicando que esta região é a mais afetada pelo processo de salinização, ratificando as evidências discutidas anteriormente.

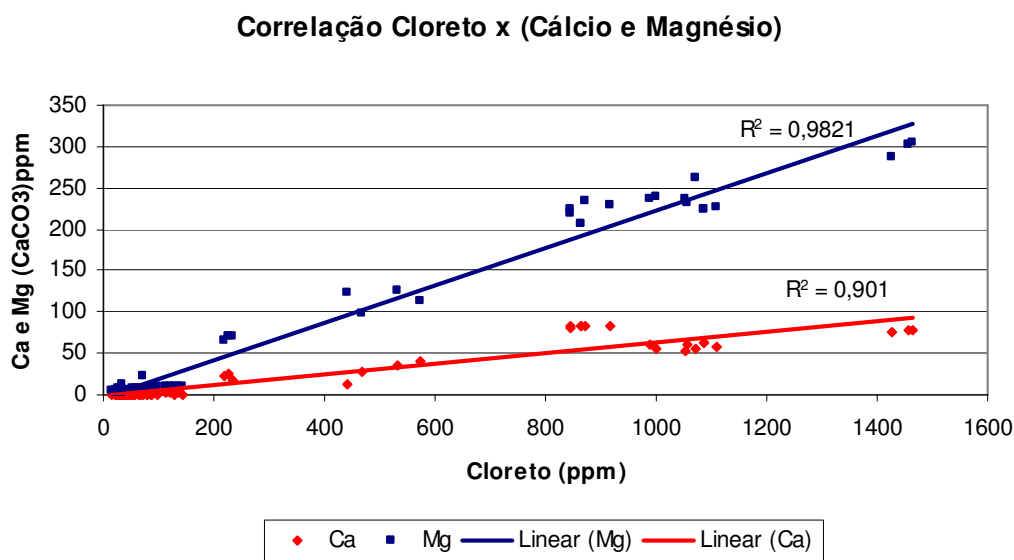


Figura 54 - Correlação entre os teores de cloreto e cálcio / magnésio



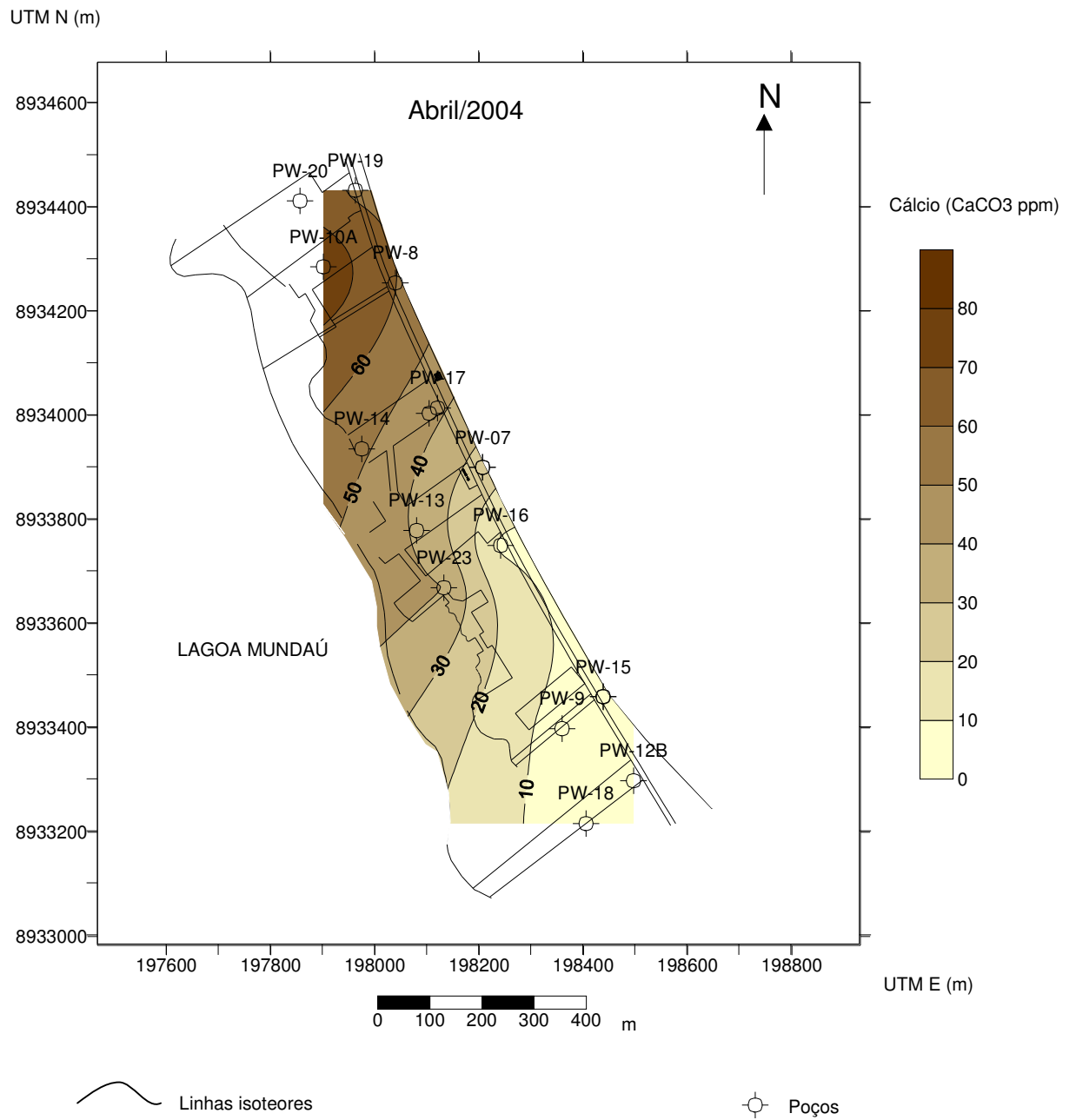


Figura 55 - Mapa de isoteores de cálcio em 2004

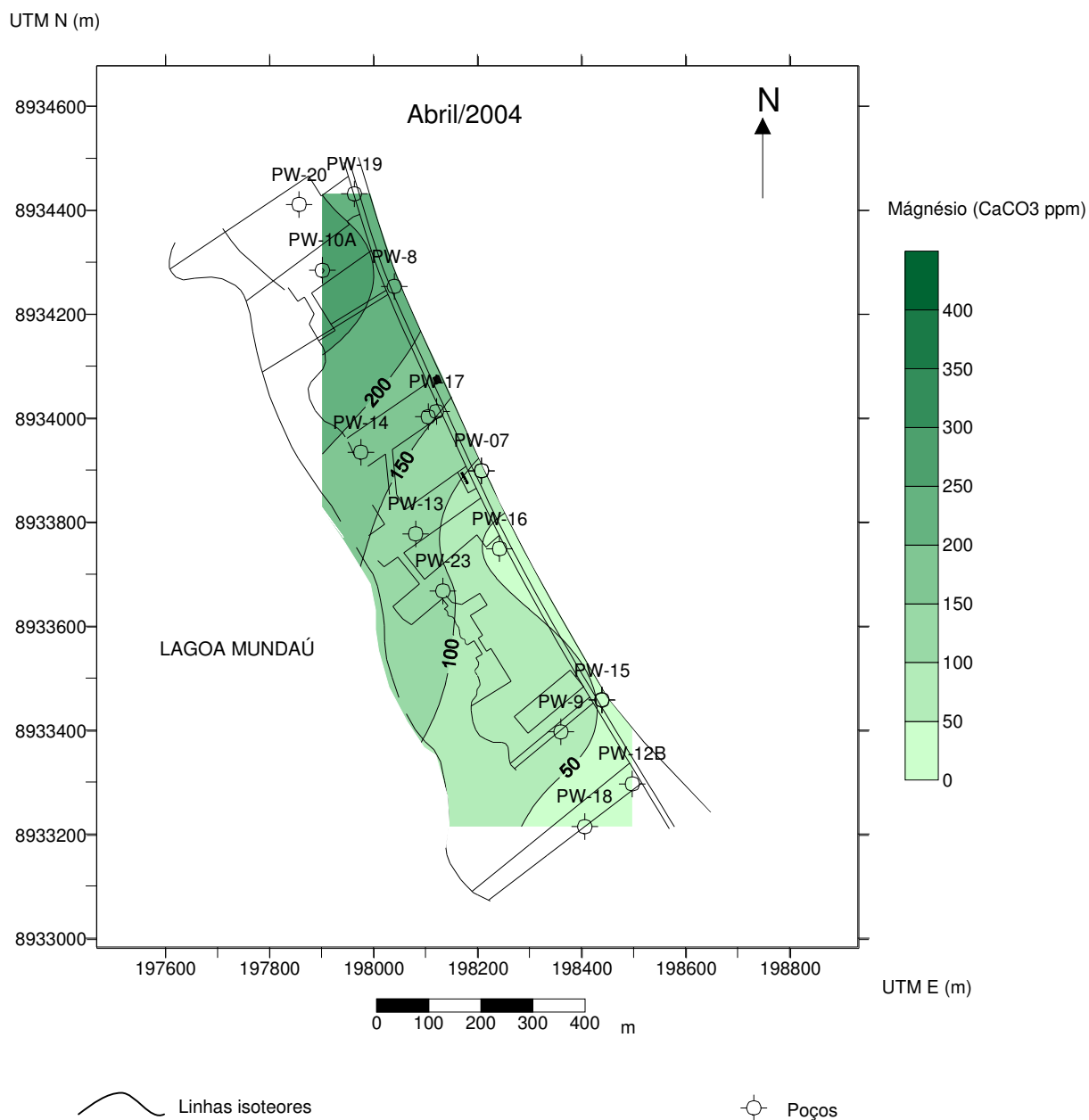


Figura 56 - Mapa de isotores de magnésio em 2004

### 5.2.3 - Teor de sulfato na água

O íon sulfato é o segundo ânion mais abundante na água no mar, por isso é um dos indicadores de intrusão marinha, não sendo, no entanto, necessariamente a principal origem de sulfato na água doce, pois processos de dissolução de sais sulfetados também podem elevar as concentrações deste íon na água.

O monitoramento da concentração de sulfato teve início em 2004, sendo determinado através do espectrômetro. Devido ao número reduzido de registros, não foi possível construir a evolução temporal da concentração de sulfato, apenas verificar a correlação do cloreto com o sulfato (figura 57), bem como a distribuição espacial (figura 58).

Na figura 57 percebe-se um excelente coeficiente de correlação entre cloreto e sulfato, com valor da ordem de 0,94, demonstrando que ambos os íons estão migrando juntos durante o processo de salinização, e tal como o cálcio e o magnésio, possuem a mesma origem.

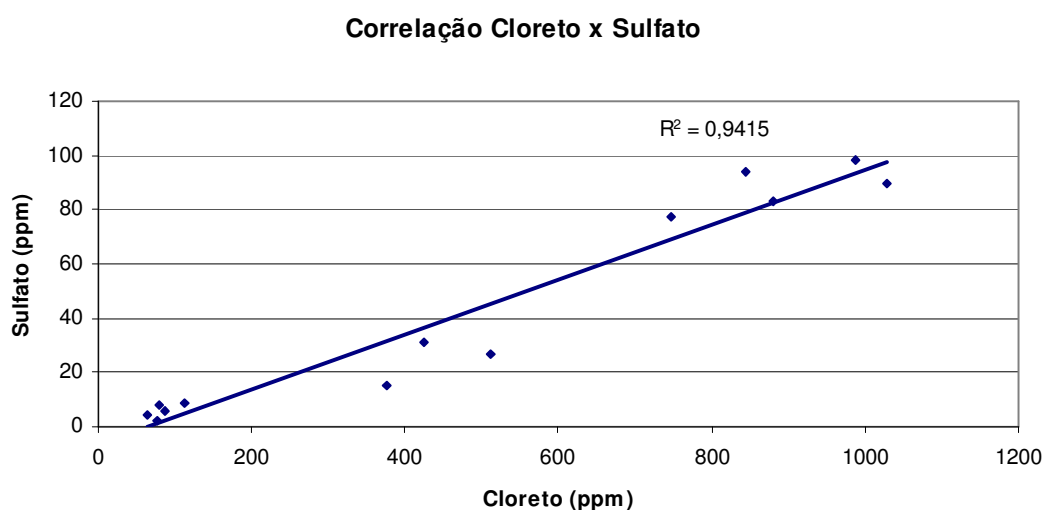


Figura 57 - Correlação entre os teores de cloreto e sulfato

A distribuição espacial observada na figura 58 comporta-se de forma semelhante à distribuição do cloreto, cálcio e magnésio, indicando que durante o processo de salinização também estão ocorrendo incrementos de sulfatos na água, cuja fonte principal encontra-se em ambiente marinho.

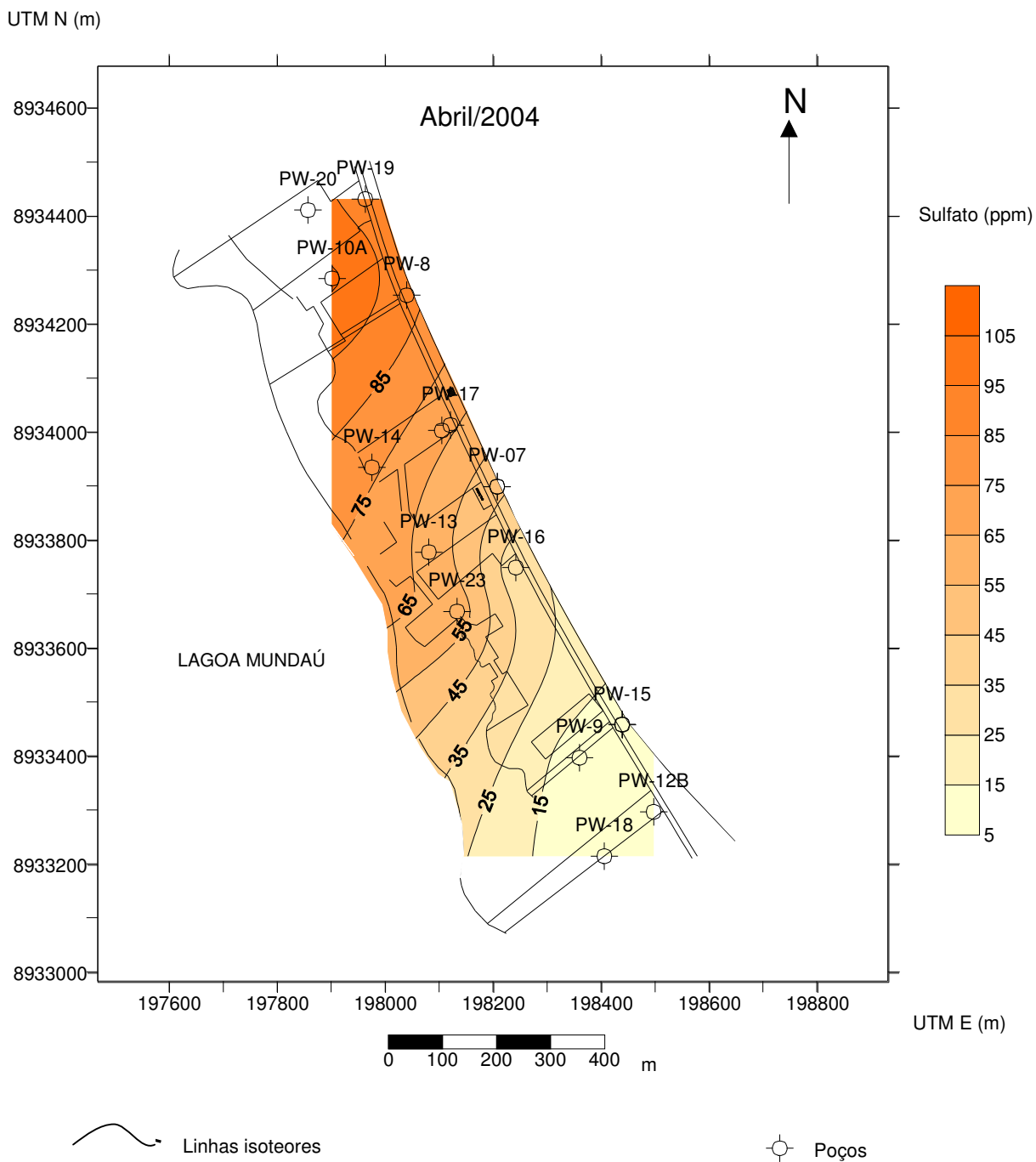


Figura 58 - Mapa de isoteores de sulfato em 2004

#### **5.2.4 - Salmoura produzida na atividade mineral**

A unidade de extração de sal localizada na área de estudo, como já foi citado, utiliza o método da dissolução subterrânea para extrair o mineral do subsolo sob a forma de salmoura saturada a 30°C, na qual faz uso da água proveniente do aquífero Marituba.

Semanalmente, análises na salmoura produzida são realizadas para o monitoramento das características químicas, cuja composição distribui-se em 75% de água e 25% de sais solúveis (tabela 17).

Tabela 17 - Composição da salmoura produzida

<b>Data</b>	<b>NaCl (g/l)</b>	<b>Ca (ppm)</b>	<b>Mg (ppm)</b>	<b>Fe (ppm)</b>	<b>NH<sub>3</sub> (ppm)</b>
<b>6/10/04</b>	299,26	134,2	39,4	1,95	58,49
<b>20/10/04</b>	298,41	123,9	38,9	1,56	45,93
<b>27/10/04</b>	296,93	127,4	39	1,6	57,62

Observa-se na tabela 17 que a salmoura possui elevadas concentrações de cloreto de sódio, dez vezes maior que a concentração da água do mar (tabela 16), cujo teor é da ordem de 29,5 g/l de NaCl. No entanto, a salmoura apresenta baixas concentrações de magnésio e cálcio quando comparadas com o ambiente marinho, cujo teor alcança 1.300 ppm de Mg<sup>+2</sup> e 400 ppm de cálcio (Driscoll, 1986).

A água utilizada na extração de sal é resultado da mistura da água dos aquíferos Marituba, sistema Barreiras/Marituba e do aquífero Mosqueiro, e é armazenada temporariamente no tanque de aço carbono, de onde foi coletada amostra para caracterizá-la, conforme a tabela 18.

Tabela 18 - Valores de cloreto, cálcio e magnésio na água utilizada na extração do sal

<b>Data</b>	<b>Cloreto (ppm)</b>	<b>Cálcio (ppm)</b>	<b>Magnésio (ppm)</b>
<b>5/1/2005</b>	561	24	36
<b>28/3/2005</b>	462	22	29
<b>30/5/2005</b>	447	17	27
<b>Média</b>	<b>490</b>	<b>21</b>	<b>30</b>

A tabela 17 mostra os valores de magnésio contidos na salmoura, cerca de 39 ppm de magnésio, enquanto que a tabela 18 mostra o conteúdo de magnésio na água utilizada na sua produção, cujo valor é igual a 30 ppm. Como não existem reações químicas no processo de extração do sal, pode-se afirmar que 77% do magnésio contido na salmoura provêm da água dos aquíferos. Isto justifica o comportamento dos teores de magnésio na salmoura, que vêm se elevando ao longo dos anos (figura 59), acompanhando o processo de salinização do aquífero.

Na tabela 18 também é mostrada a quantidade de cálcio na água utilizada na extração do sal, contendo 21 ppm de cálcio sob a forma de íon. A inexistência de reações químicas durante a dissolução de sal permite concluir que a diferença de quase 100 ppm entre a quantidade de cálcio encontrado na água e na salmoura é resultado do incremento deste íon ocorrido durante a passagem da água dentro da jazida de sal-gema.

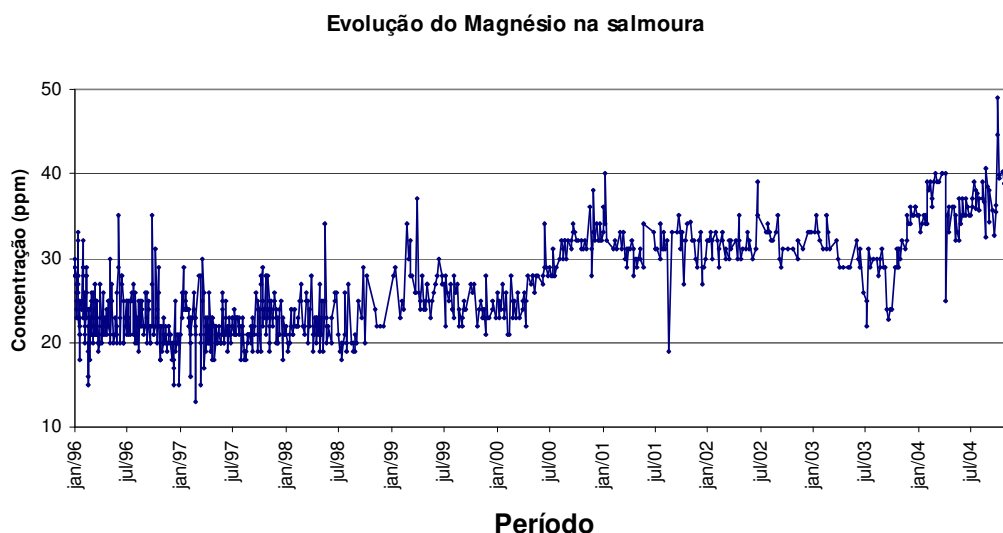


Figura 59 - Evolução do teor de magnésio na salmoura

Deste modo, baseado nas informações observadas, pode-se afirmar que as evidências encontradas não indicam a atividade de extração de sal como fonte poluidora do aquífero Marituba, por não haver indícios que comprovem tal afirmação. Por outro lado, pode-se afirmar que as alterações ocorridas na salmoura, quanto aos valores de magnésio, são originadas da água do aquífero, já que as mudanças nas características da salmoura se iniciaram no ano 2000 (figura 59), justamente no mesmo período dos primeiros indícios da salinização do aquífero.

### **5.2.5 - Relações iônicas**

Quando a água salgada penetra no aquífero ocorrem trocas iônicas que modificam as relações entre os íons, fornecendo informações importantes sobre os processos de intrusões salinas. Um dos índices geoquímicos mais utilizados é a relação  $\frac{rCl}{rHCO3}$ , considerado um excelente indicador de intrusão marinha, pois a água do mar tem baixos teores de bicarbonatos e elevados teores de cloreto. Em aquíferos contaminados por água

salgada, os valores desta relação variam entre 20 e 50, enquanto que na água doce oscilam entre 0,1 e 5 ( Custódio & Llamas,1983). Outro índice bastante empregado é a relação  $\frac{rMg}{rCa}$ , já que aportes de água salgada no aquífero elevam rapidamente esta relação, principalmente quando acompanhada da elevação dos teores de cloreto. Na água do mar esta relação alcança níveis em torno de 5, enquanto que na água doce variam entre 0,3 e 1,5 (Prats et. al., 1988).

A tabela 19 mostra as relações encontradas entre os íons na água do aquífero, na lagoa Mundaú e no mar (Driscoll,1986).

Tabela 19 - Características físico-químicas da água do aquífero Marituba , da lagoa Mundaú e do mar.

	Ph	Al <sup>+3</sup>	Cl <sup>-</sup>	Condutividade	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Cl/HCO <sub>3</sub>	Mg/Ca
Poços \unidade	-	ppm	ppm	µs/cm	ppm	ppm	-	-
PW-7B	4,2	2,98	426	1525	8,8	22,56	60,0	4,3
PW-12B	4,2	0,44	64	242	2,4	7,2	9,0	5,0
PW-16	3,8	2,98	376	1279	8	22,56	88,3	4,7
PW-18	4,6	0,13	78	302	2,4	5,76	7,8	4,0
PW-19	3,6	3,28	987	3460	24	56,64	231,7	3,9
PW-23	3,7	3,18	845	3060	32,8	53,76	198,4	2,7
PW-09B	4,1	1,03	234	767	8	16,8	33,0	3,5
Lagoa Mundaú	7,3	0,01	8820	18980	192	537,6	-	4,7
Água do mar	8,0	0,001	19000	-	400	1270	233,2	5,3

Apesar do grau de salinização diferenciado observado nos poços listados na tabela 19, nota-se que os indicadores geoquímicos Cl/HCO<sub>3</sub> e Mg/Ca apresentam valores semelhantes e acima das faixas que representam a água doce, inclusive em poços dos quais os teores de cloreto ainda não caracterizam a salinização, como é o caso do poço PW-12B e PW-18, cuja concentração está em torno de 64 ppm e 68 ppm, respectivamente. Isto demonstra que os indícios da salinização representados pela evolução da concentração de cloreto podem ser percebidos com antecedência através do acompanhamento dos indicadores geoquímicos.

Os valores encontrados na lagoa Mundaú no período do verão demonstram uma forte influência marinha, evidenciada por elevados teores de cálcio, magnésio e, sobretudo, cloreto. A figura 60 mostra a correlação de cloreto e cálcio, bem como cloreto e magnésio, incluindo a lagoa Mundaú, o aquífero Marituba e a água do mar. Percebe-se uma correlação

muito boa em ambos os casos, levando a acreditar que a água do Marituba está sofrendo processos de modificação, com tendência a assemelhar-se cada vez mais às características físico-químicas da água do mar e da lagoa Mundaú.

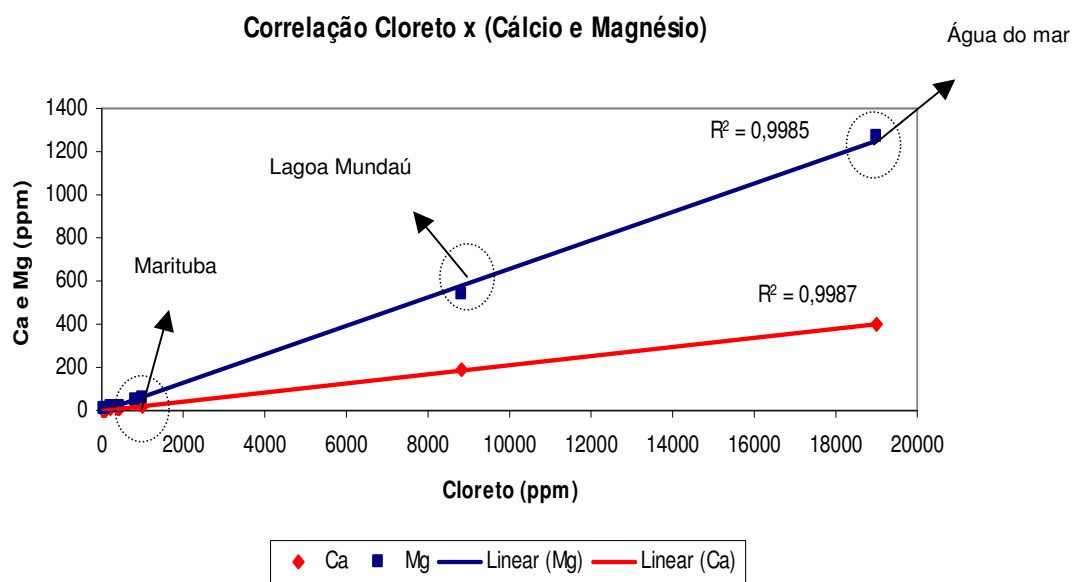


Figura 60 - Correlação entre cloreto x cálcio e cloreto x magnésio nas águas do Marituba, da lagoa Mundaú e do mar



## 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O aquífero Marituba, objeto deste trabalho, é do tipo semiconfinado, não-aflorante, composto por arenitos, cujas drenanças se dão através de camadas argilo-arenosas semipermeáveis localizadas no topo da Formação Marituba. Sobreposta a esta formação encontra-se o aquífero Barreiras, do tipo livre, que está em equilíbrio hidrodinâmico com a lagoa Mundaú e o oceano Atlântico.

As potenciometrias do aquífero Marituba, para os anos de 1975 e 2004, mostram que houve variação significativa na direção do fluxo de água subterrânea, sendo em ambos os casos no sentido do continente para a lagoa Mundaú. Houve apenas uma diminuição dos valores das cargas hidráulicas, reflexo dos 29 anos de bombeamento.

Durante os testes no aquífero Marituba foram observadas variações cíclicas dos níveis da água nos poços, demonstrando um comportamento similar ao ciclo da maré, com intervalos de 12 horas entre os máximos e mínimos. Outrossim, constatou-se também que durante o período de maré alta para a baixa-mar, a carga hidráulica do aquífero Marituba variou de forma mais lenta do que do período preamar para baixa-mar.

A transmissividade do aquífero Marituba na área de estudo apresentou valores entre  $3,3 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  nas proximidades do poço PW-20, e  $1,1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  próximo aos poços PW-09B e PW-12B. Esta variação de transmissividade é compatível com a variação de espessura do aquífero na área.

As transmissividades do aquífero Marituba e os teores do íon cloreto são fortemente correlacionáveis, pois a zona mais afetada pelo processo de salinização possui os menores valores de transmissividade, e vice-versa. Esta observação pode ser justificada pelo fato de que em regiões com transmissividades menores, os cones de depressão provocados pelo bombeamento são mais profundos e podem induzir a migração da água salgada, que está localizada nas regiões mais inferiores do aquífero.

Correlações entre os valores de íons cloreto e magnésio, bem como de íons cloreto e cálcio, demonstraram forte interdependência, alcançando coeficientes de correlação da ordem de 0,98 e 0,90, respectivamente. Desta forma, evidencia-se que a fonte poluidora possui elevadas concentrações de cloreto de magnésio ( $\text{MgCl}_2$ ) e cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ), que são altamente solúveis em água.

Um excelente coeficiente de correlação também foi observado entre os íons cloreto e sulfato, com valor da ordem de 0,94, demonstrando que ambos os íons estão migrando juntos durante o processo de salinização, e tal como os íons cálcio e magnésio, possuem a mesma origem.

As evidências encontradas durante o estudo não indicam que a atividade de extração de sal exercida na região seja a fonte poluidora do aquífero Marituba. Por outro lado, o processo de salinização do aquífero está alterando as características químicas da salmoura produzida pela unidade industrial. Este fato foi observado através das mudanças nas concentrações do íon magnésio na salmoura, que se elevaram de 25 ppm em meados da década de 90, para 40 ppm no ano de 2000.

Todas as modificações físico-químicas observadas na água do aquífero Marituba estão evoluindo em direção às características físico-químicas da água do mar e da lagoa Mundaú. Sendo assim, as evidências hidrogeoquímicas encontradas durante o estudo apontam para um processo de salinização de origem marinha.

Em estudos futuros recomenda-se a elaboração do modelo numérico de fluxo do sistema aquífero Barreiras/Marituba para avaliar a conexão hidráulica existente entre estes aquíferos, a lagoa Mundáu e oceano Atlântico, bem como a investigação das consequências da operação de poços que captam simultaneamente nos dois aquíferos.

Recomenda-se ainda a redução gradativa da extração de água no aquífero Marituba na região do bairro do Mutange e a sistematização do monitoramento periódico dos demais íons, tais como sódio e potássio, para permitir a construção do balanço iônico e o acompanhamento da evolução das trocas iônicas que ocorrem no aquífero Marituba. Além disso, estudos futuros podem avaliar as alterações observadas nos teores de íons alumínio contidos na água do aquífero Marituba e suas relações com a redução gradativa do pH e o processo de salinização.

## **7 – AGRADECIMENTOS**

Ao professor José Geilson Alves Demétrio, pelas orientações, discussões e apoio durante a realização deste trabalho.

Aos integrantes da unidade Mineração da Braskem, Francisco Canindé, José Araújo Filho, Germínio José dos Santos, Adelmo Pereira dos Santos, Marcos Antônio Guedes e Carlos Antônio da Silva, em especial ao Paulo Roberto Cabral de Melo e Adevan Dorta de Mendonça, pelas contribuições e sugestões.

Aos professores da Universidade Federal de Alagoas, Abel Tenório Cavalcante e Rochana Campos de Andrade Lima Santos, pelo apoio, incentivo e amizade.

Aos meus amigos Francisco Ramalho de Castro, Ricardo José Queiroz dos Santos, Márcio Henrique de Andrade, pelas discussões e sugestões.

À Braskem S.A., em especial ao meu líder Ronaldo Mansur e ex-líder Álvaro César Almeida, pela oportunidade de crescimento, confiança e apoio financeiro.

À coordenadora do laboratório da Braskem, Fernanda Albuquerque, pelo apoio nas análises físico-químicas realizadas.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente colaboraram na elaboração deste trabalho.

## 8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Appelo, C.A.J & Postma, D., 1993 – Geochemistry, Groundwater and Pollution. Balkema, Rotterdam, 526 p.
- Barroso, C.M.R, 2001 – Caracterização do Sistema Aquífero Barreiras/Marituba na área de Maceió – AL. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. 117p.
- Beekman, H.E. & Appelo, C.A.J., 1990.- Ion chromatography of fresh- and salt-water displacement: laboratory experiments and multicomponent transport modelling. J. Contam. Hydrol. 7, 21-37.
- Brasil – Convênio PETROBRÁS/DNPM, 1975. Carta Geológica da Bacia Sergipe/Alagoas.Folha SC. 25-V-C-IV-1. Marechal Deodoro. Escala 1:50.000.
- Brasil – Convênio PETROBRÁS/DNPM, 1975. Carta Geológica da Bacia Sergipe/Alagoas.Folha SC. 25-V-C-IV-2. Maceió. Escala 1:50.000.
- Cavalcante, A.T; Wanderley, P.R.M; Filho,O.C, 1975 – Contribuição ao Conhecimento do Aquífero Terciário Barreiras-Marituba na Área de Maceió. Boletim do Núcleo do Nordeste da Sociedade Brasileira de Geologia. Atas do VII Símposio de Geologia do Nordeste, Fortaleza. p 275-288
- Cavalcante, A.T, 1978 – Recursos Hídricos Subterrâneos da Área de Maceió. Dissertação (mestrado). Departamento de Geociências do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Pernambuco. 175p
- Cavalcante, A.T; Wanderley, P.R.M; Santos, R.C.A.L; Wanderley, P.R.B, 1993 – Impacto sobre o aquífero terciário de conjuntos habitacionais na área dos tabuleiros costeiros da Grande Maceió- Alagoas.17º Congresso Brasileiro da Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. 2 , Trabalhos Técnicos TOMO IV. p 442-451

- Cavalcante, A.T.;1995– Mananciais de Superfície e Subterrâneos na Região Metropolitana de Maceió- Alagoas. Anais do XI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Vol. 3 – Gestão dos Recursos Hídricos. p 177-182.
- COTEC, 1999 - Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Mundaú. Consultoria Técnica LTDA.Tomo I – Diagnósticos e Estudos Básicos, Vol. 1,Recife.110p
- Cuenca, V.M; Estrella,T.R; Rueda, R.A, 1988 – Intrusión Marina Fósil en el Campo de Cartagena (Murcia), TIAC'88.- Tecnología de la Intrusión en Acuíferos Costeros Almuñécar (Granada, España), pp 221-236. Disponível em: [http://www.igme.es/internet/web\\_aguas/igme/publica/pdf/tiac\\_3/pdf/lib26/16a\\_po.pdf](http://www.igme.es/internet/web_aguas/igme/publica/pdf/tiac_3/pdf/lib26/16a_po.pdf). Acesso em 14 de abril de 2004.
- Custódio, E. & Llamas, R.,1983 - Hidrologia subterrânea. Ed. Omega, Barcelona. vol. II.
- DHN, 2005 – Tábua de maré do Porto de Maceió. Diretoria de Hidrografia e Navegação, Centro de Hidrografia da Marinha, Banco Nacional de Dados Oceanográficos. Disponível em: <http://www.dhn.mar.mil.br/>. Acesso em maio de 2005.
- Diegues, A.C.S, 1998 – Costa do Brasil - Áreas úmidas costeiras e litorâneas. Capítulo 4 Los Humedales de América Del Sur, Una Agenda para la Conservación de la Biodiversidad y las Políticas de Desarrollo. Publicado pela Wetland International. Disponível em : [http://www.wetlands.org/inventory&/SAA/Body/04cos\\_brasil@.htm](http://www.wetlands.org/inventory&/SAA/Body/04cos_brasil@.htm). Acesso em 13 de janeiro de 2005.
- Driscoll, F.G., 1986 - Groundwater and Wells, second edition, Johnson Division, St Paul, MN.
- Farias, V.P;Paiva, A.L.R.; Cabral, J.J.S.P.;Montenegro, S.M.G.L.,3; Oliveira,E.M , 2003 Considerações sobre a salinização da água subterrânea nos bairros de Ilha do Leite e adjacências na cidade de Recife, XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba, Novembro de 2003.
- Feijó, F. J & Lana, M.C, 1990 – Cartas estratigráficas das bacias de Alagoas e Sergipe. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, relatório interno.
- Feijó, F.J. , 1994. - Bacia de Sergipe e Alagoas. Bol. De Geociências da Petrobrás, 8 (1):149-161 - jan/mar.

- Feitosa, F.A.C; Filho, J.M, 1997 – Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza:CPRM – Serviço Geológico do Brasil, LABHID – UFPE. 412p
- Fetter, C.W., 1994, Applied hydrogeology (3d ed.): Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall, 691 p.
- Figueiredo, A. M.F, 1978 – Avaliação das perspectivas petrolíferas da Bacia Sergipe/Alagoas. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, relatório interno.
- Fishman, M.J. & Friedman, L.J. eds., 1989, Methods for determination of inorganic substances in water and fluvial sediments: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 5, chap. A1, 545 p.
- GEORENA, 1975 – Análise de testes de aquífero da bateria de poços do campo salífero em Bebedouro – Maceió- Alagoas.. Relatório interno Braskem. 17p
- IBGE 2000 – Censo Demográfico: Versão Final . Rio de Janeiro
- INMET, 2005 – Parâmetros Meteorológicos – Estado de Alagoas. Instituto Nacional de Meteorologia, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em : [http://reia.inmet.gov.br/climatologia/ger\\_mapa11.php](http://reia.inmet.gov.br/climatologia/ger_mapa11.php). Acesso em 22 de janeiro de 2005.
- Izbicki , J.A., 1996 Seawater Intrusion In A Coastal California Aquifer, U.S. Geological Survey Fact Sheet FS 125-96. Disponível em:: [http://ca.water.usgs.gov/archive/fact\\_sheets/b07/](http://ca.water.usgs.gov/archive/fact_sheets/b07/). Acesso em 7 de junho de 2004.
- Kemmer, Frank N. The NALCO Water Handbook. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Book Co., 1988. (Reference. QD169.W3 N34 1988)
- Lima, I, 1990 – Maceió A Cidade Restinga: Contribuição ao Estudo Geomorfológico do Litoral Alagoano. Editora da Universidade Federal de Alagoas, EDUFAL. Maceió / AL, Brasil, 255p.
- Miguens, A. P, 1996 – Navegação : A Ciência e a Arte, Volume I – Navegação Costeira, Estimada, em Águas Restritas, Capítulo 10 - Marés e correntes de maré; correntes oceânicas. DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação) p. 227 – 256. <http://www.mar.mil.br/dhn/bhm/publicacao/download/cap10.pdf>. Acesso em 17 de setembro de 2005.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. - Portaria nº 518, de 25/03/2004

Nobre, M.M.M; Nobre, R.C.M; Nobre, V.F.M, 2000 – Colaboração ao Planejamento do Usos de Águas em Maceió. Ciclo de palestras do dia Internacional das águas, Maceió-AL.16p.

Nobre, M.M.M; Nobre, R.C.M; Lopez, A.M.Q, 2003 - Mapeamento Hidroquímico Preliminar das Águas Subterrâneas em Maceió-AL. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba, novembro. 15p

Perez, E. C & Evangelista, I. M, 1988- La hidroquímica en los estudios de intrusión marina en los acuíferos españoles. TIAC'88.- Tecnología de la Intrusión en Acuíferos Costeros Almuñécar (Granada, España), pp 19-73. Disponível em: [http://www.igme.es/internet/web\\_aguas/igme/publica/pdfTiac/2\\_hidroquimica.pdf](http://www.igme.es/internet/web_aguas/igme/publica/pdfTiac/2_hidroquimica.pdf). Acesso em 3 de maio de 2004.

Porto de Maceió, 2002 – Estatística 2002, - Síntese de movimentação de cargas no porto. Disponível em : <http://www.portodemaceio.com.br/>. Acesso em 15 de setembro de 2004.

Prats, D.;Montes, F.; Asencio, G., 1988 - Síntesis hidrogeológica del Campo de Dalías y su entorno. TIAC'88.- Tecnología de la Intrusión en Acuíferos Costeros Almuñécar Granada, España), pp 63-188. Disponível em: [http://www.igme.es/internet/web\\_aguas/igme/publica/pdftiac\\_2/in\\_3.pdf](http://www.igme.es/internet/web_aguas/igme/publica/pdftiac_2/in_3.pdf). Acesso em 14 de abril de 2004.

Saldanha, L.A.R.; Cavalcante, A.T.C; Wanderley, P.R.M; Rocha, F.C, 1981 – Contribuição da Geologia na Qualificação de Áreas para Fins Hidrogeológicos em Alagoas.Revista Scientia ad Sapientiam. Ano IV, número 7. Editora da Universidade Federal de Alagoas. p 30-38.

Santos, R.C.A.L, 1998 – Estudo Sedimentológico e Geoambiental no Sistema Lagunar Mundaú – Alagoas. Dissertação (mestrado) – CTG. Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal de Pernambuco.127p.

Schaller, H. - 1969 - Revisão estratigráfica da Bacia Sedimentar Sergipe Alagoas. Rio de Janeiro,Bol. Téc. Petrobrás, v.12, n.1, p.21-86.

SEMARHN, 2004 – Secretária Executiva do Meio ambiente, Recursos Hídricos e Naturais – AL. Gerenciamento integrado dos recursos hídricos subterrâneos do Estado de Alagoas – Etapa II. Maceió – Alagoas.

- Stuyfzand, P. J. & Stuurman, R. J., 1994. Recognition and genesis of various hypersaline groundwaters in the Netherlands. Proc. 13th SWIM, Cagliari. 1994. Barrocu, G. (Ed.). Università degli studi di Cagliari. pp. 125-136.
- UN/WWAP (United Nations/World Water Assessment Programme). 2003. *UN World Water Development Report: Water for People, Water for Life*. Paris, New York and Oxford, UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) and Berghahn Book.
- Zektser, I. 1999. World Map of Hydrogeological Conditions and Groundwater Flow. Paris, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.



## 9 – ANEXOS

Rebaixamento no poço PW-18 durante o bombeamento do poço PW-19

<b>Hora</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Nível Estático (m)</b>	<b>Rebaixamento (m)</b>
10:39	219	45,65	0,02
11:35	275	45,63	0,00
12:30	330	45,63	0,00
13:30	390	45,80	0,17
14:30	450	45,75	0,12
15:30	510	45,79	0,16
16:30	570	45,75	0,12
17:45	645	48,60	2,97
19:06	726	48,97	3,34
19:34	754	49,01	3,38
20:16	796	46,22	0,59
22:40	940	46,05	0,42
00:27	1047	45,75	0,12
02:27	1167	45,84	0,21
04:31	1291	45,88	0,25
06:33	1413	45,93	0,30
09:32	1592	46,00	0,37
12:24	1764	45,91	0,28
15:25	1945	45,94	0,31
19:24	2184	46,00	0,37
00:26	2486	45,90	0,27
06:20	2840	46,00	0,37
12:22	3202	45,97	0,34
18:26	3566	45,94	0,31
00:20	3920	46,00	0,37
07:24	4344	46,03	0,40

Rebaixamento no poço PW-12B durante o bombeamento do poço PW-19

<b>Hora</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Nível Estático (m)</b>	<b>Rebaixamento (m)</b>
10:36	216	58,69	0,00
11:31	271	58,68	-0,01
12:26	326	58,73	0,04
13:37	397	58,90	0,21
14:30	450	58,86	0,17
15:30	510	58,89	0,20
16:30	570	58,89	0,20
17:40	640	58,90	0,21
18:40	700	61,00	2,31
19:27	747	66,40	7,71
20:13	793	59,20	0,51
22:35	935	59,10	0,41
00:25	1045	59,05	0,36
02:19	1159	58,90	0,21
04:25	1285	58,93	0,24
06:29	1409	58,95	0,26
09:20	1580	59,10	0,41
12:19	1759	58,95	0,26
15:18	1938	59,03	0,34
19:19	2179	59,06	0,37
00:21	2481	59,02	0,33
06:18	2838	59,00	0,31
12:19	3199	59,01	0,32
18:22	3562	58,98	0,29
00:14	3914	59,07	0,38
07:18	4338	59,07	0,38

Rebaixamento no poço PW-15A durante o bombeamento do poço PW-19

Hora	Tempo (min)	Nível Estático (m)	Rebaixamento (m)
09:15	135	24,5	0
09:40	160	24,49	-0,01
10:15	195	24,49	-0,01
11:15	255	24,49	-0,01
12:15	315	24,5	0
13:15	375	24,5	0
14:15	435	24,50	0,00
15:15	495	24,50	0,00
16:15	555	24,53	0,03
17:15	615	24,55	0,05
18:35	695	24,59	0,09
19:21	741	24,61	0,11
20:08	788	24,63	0,13
22:28	928	24,59	0,09
00:17	1037	24,57	0,07
02:12	1152	24,57	0,07
04:17	1277	24,55	0,05
06:21	1401	24,58	0,08
09:14	1574	24,61	0,11
12:12	1752	24,59	0,09
15:11	1931	24,61	0,11
19:13	2173	24,65	0,15
00:11	2471	24,63	0,13
06:14	2834	24,64	0,14
12:14	3194	24,71	0,21
18:18	3558	24,68	0,18
00:11	3911	24,68	0,18
07:13	4333	24,67	0,17

Rebaixamento no poço PW-07B durante o bombeamento do poço PW-19

<b>Hora</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Nível Estático (m)</b>	<b>Rebaixamento (m)</b>
09:06	126	25,91	-0,01
09:35	155	25,92	0,00
10:07	187	25,94	0,02
11:07	247	25,95	0,03
12:05	305	25,98	0,06
13:05	365	25,98	0,06
14:05	425	26,03	0,11
15:05	485	26,04	0,12
16:05	545	26,08	0,16
17:05	605	26,12	0,20
18:05	665	26,12	0,20
19:15	735	26,2	0,28
20:03	783	26,21	0,29
22:20	920	26,20	0,28
00:07	1027	26,20	0,28
02:02	1142	26,20	0,28
02:09	1149	26,22	0,3
06:13	1393	26,25	0,33
09:06	1566	26,33	0,41
12:07	1747	26,30	0,38
15:04	1924	26,30	0,38
19:04	2164	26,38	0,46
00:05	2465	26,35	0,43
06:05	2825	26,38	0,46
12:04	3184	26,41	0,49
18:07	3547	26,40	0,48
00:04	3904	26,42	0,50
07:05	4325	26,43	0,51

## Rebaixamento no poço PW-15 durante o bombeamento do poço PW-19

<b>Hora</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Nível Estático (m)</b>	<b>Rebaixamento (m)</b>
09:14	134	17,9	0,00
09:44	164	17,88	-0,02
10:17	197	17,87	-0,03
11:17	257	17,86	-0,04
12:12	312	17,86	-0,04
13:15	375	17,86	-0,04
14:15	435	17,86	-0,04
15:15	495	17,90	0,00
16:15	555	17,91	0,01
17:15	615	17,93	0,03
18:15	675	17,97	0,07
19:22	742	17,99	0,09
20:10	790	17,99	0,09
22:30	930	17,97	0,07
00:20	1040	17,95	0,05
02:16	1156	17,95	0,05
04:21	1281	17,95	0,05
06:24	1404	17,80	-0,10
09:10	1570	18,04	0,14
12:14	1754	18,02	0,12
15:15	1935	18,02	0,12
19:16	2176	18,07	0,17
00:18	2478	18,06	0,16
06:09	2829	18,07	0,17
12:12	3192	18,13	0,23
18:15	3555	18,10	0,20
00:09	3909	18,12	0,22
07:10	4330	18,07	0,17

Rebaixamento no poço PW-07 durante o bombeamento do poço PW-19

<b>Hora</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Nível Estático (m)</b>	<b>Rebaixamento (m)</b>
09:06	126	22,87	0,01
09:37	157	22,88	0,02
10:09	189	22,89	0,03
11:08	248	22,92	0,06
12:07	307	22,96	0,10
13:05	365	23,00	0,14
14:05	425	23,03	0,17
15:05	485	23,09	0,23
16:05	545	23,12	0,26
17:05	605	23,16	0,30
18:05	665	23,23	0,37
19:16	736	23,26	0,40
20:04	784	23,29	0,43
22:21	921	23,34	0,48
00:10	1030	23,34	0,48
02:04	1144	23,36	0,50
04:13	1273	23,40	0,54
06:15	1395	23,45	0,59
09:08	1568	23,52	0,66
12:08	1748	23,51	0,65
15:07	1927	23,52	0,66
19:06	2166	23,58	0,72
00:07	2467	23,57	0,71
06:07	2827	23,65	0,79
12:07	3187	23,71	0,85
18:10	3550	23,68	0,82
00:06	3906	23,69	0,83
07:08	4328	23,70	0,84

## Rebaixamento no poço PW-08 durante o bombeamento do poço PW-19

Hora	Tempo (min)	Nível Estático (m)	Rebaixamento (m)	Hora	Tempo (min)	Nível Estático (m)	Rebaixamento (m)
07:01	1	9,740	0,000	11:00	240	9,860	0,120
07:02	2	9,740	0,000	12:00	300	9,870	0,130
07:03	3	9,740	0,000	13:00	360	9,890	0,150
07:04	4	9,740	0,000	14:00	420	9,900	0,160
07:05	5	9,740	0,000	15:00	480	9,920	0,180
07:06	6	9,740	0,000	16:00	540	9,940	0,200
07:07	7	9,740	0,000	17:00	600	9,960	0,220
07:08	8	9,740	0,000	18:15	675	9,970	0,230
07:10	10	9,740	0,000	19:11	731	9,990	0,250
07:12	12	9,740	0,000	20:00	780	9,990	0,250
07:15	15	9,740	0,000	22:18	918	9,970	0,230
07:20	20	9,740	0,000	00:00	1020	9,960	0,220
07:25	25	9,740	0,000	01:56	1136	9,960	0,220
07:30	30	9,740	0,000	04:02	1262	10,010	0,270
07:35	35	9,740	0,000	06:01	1381	9,960	0,220
07:40	40	9,750	0,010	09:01	1561	10,100	0,360
07:45	45	9,755	0,015	12:00	1740	10,080	0,340
07:55	55	9,760	0,020	15:00	1920	10,050	0,310
08:00	60	9,765	0,025	19:00	2160	10,070	0,330
08:10	70	9,770	0,030	00:00	2460	10,040	0,300
08:20	80	9,780	0,040	06:00	2820	10,070	0,330
08:40	100	9,800	0,060	12:00	3180	10,110	0,370
09:00	120	9,810	0,070	18:00	3540	10,070	0,330
09:30	150	9,835	0,095	00:00	3900	10,050	0,310
10:00	180	9,850	0,110	07:00	4320	10,120	0,38



Rebaixamento no poço PW-14 durante o bombeamento do poço PW-19

<b>Hora</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Nível Estático (m)</b>	<b>Rebaixamento (m)</b>
09:05	125	12,97	0
10:05	185	13,00	0,03
11:13	253	12,95	-0,02
12:08	308	13,02	0,05
13:17	377	13,10	0,13
14:13	433	13,20	0,23
15:23	503	13,26	0,29
16:05	545	13,30	0,33
17:10	610	13,35	0,38
18:28	688	13,40	0,43
19:18	738	13,45	0,48
20:15	795	13,49	0,52
22:06	906	13,48	0,51
00:07	1027	13,50	0,53
02:07	1147	13,52	0,55
04:19	1279	13,62	0,65
06:16	1396	13,70	0,73
09:25	1585	13,77	0,8
12:16	1756	13,74	0,77
15:12	1932	13,76	0,79
19:04	2164	13,87	0,9
00:10	2470	13,85	0,88
06:08	2828	13,94	0,97
12:03	3183	13,95	0,98
18:11	3551	13,97	1,00
00:06	3906	14,00	1,03
07:03	4329	14,00	1,03

Rebaixamento no poço PW-17A durante o bombeamento do poço PW-19

<b>Hora</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Nível Estático (m)</b>	<b>Rebaixamento (m)</b>
09:06	126	20,37	0,02
09:37	157	20,30	-0,05
11:15	255	20,32	-0,03
12:11	311	20,37	0,02
13:19	379	20,37	0,02
14:16	436	20,43	0,08
15:25	505	20,44	0,09
16:07	547	20,46	0,11
17:13	613	20,47	0,12
18:31	691	20,53	0,18
19:20	740	20,56	0,21
20:18	798	20,56	0,21
22:09	909	20,55	0,2
00:09	1029	20,53	0,18
02:09	1149	20,56	0,21
04:22	1282	20,54	0,19
06:19	1399	20,62	0,27
09:29	1589	20,67	0,32
12:19	1759	20,61	0,26
15:15	1935	20,65	0,3
19:07	2167	20,69	0,34
00:12	2472	20,70	0,35
06:10	2830	20,71	0,36
12:05	3185	20,72	0,37
18:12	3552	20,72	0,37
00:09	3909	20,77	0,42
07:05	4325	20,75	0,4

Rebaixamento no poço PW-17 durante o bombeamento do poço PW-19

<b>Hora</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Nível Estático (m)</b>	<b>Rebaixamento (m)</b>
09:10	130	17,47	-0,03
10:18	198	17,51	0,01
11:17	257	17,63	0,13
12:13	313	17,7	0,2
13:21	381	17,75	0,25
14:17	437	17,85	0,35
15:27	507	17,88	0,38
16:10	550	17,92	0,42
17:15	615	17,98	0,48
18:34	694	18,05	0,55
19:22	742	18,11	0,61
20:20	800	18,12	0,62
22:10	910	18,14	0,64
00:10	1030	18,18	0,68
02:11	1151	18,22	0,72
04:24	1284	18,28	0,78
06:21	1401	18,33	0,83
09:30	1590	18,4	0,9
12:21	1761	18,38	0,88
15:17	1937	18,38	0,88
19:09	2169	18,44	0,94
00:14	2474	18,41	0,91
06:12	2832	18,49	0,99
12:06	3186	18,56	1,06
18:14	3554	18,53	1,03
00:11	3911	18,54	1,04
07:06	4326	18,55	1,05

Rebaixamento no poço PW-13 durante o bombeamento do poçoPW-19

<b>Hora</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Nível Estático (m)</b>	<b>Rebaixamento (m)</b>
09:13	133	7,74	0
10:22	202	7,70	-0,04
11:20	260	7,70	-0,04
12:16	316	7,7	-0,04
13:25	385	7,72	-0,02
14:19	439	7,73	-0,01
15:29	509	7,77	0,03
16:12	552	7,78	0,04
17:17	617	7,80	0,06
18:36	696	7,86	0,12
19:26	746	7,86	0,12
20:24	804	7,87	0,13
22:12	912	7,88	0,14
00:13	1033	7,84	0,1
02:14	1154	7,87	0,13
04:27	1287	7,90	0,16
06:24	1404	7,95	0,21
09:33	1593	7,99	0,25
12:24	1764	7,97	0,23
15:20	1940	7,96	0,22
19:12	2172	8,00	0,26
00:16	2476	8,00	0,26
06:14	2834	8,02	0,28
12:09	3189	8,09	0,35
18:16	3556	8,03	0,29
00:13	3913	8,01	0,27
07:08	4328	8,05	0,31

Rebaixamento no poço PW-23 durante o bombeamento do poço PW-19

<b>Hora</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Nível Estático (m)</b>	<b>Rebaixamento (m)</b>
09:18	138	31,44	-0,11
10:24	204	31,42	-0,13
11:22	262	31,39	-0,16
12:17	317	31,42	-0,13
13:27	387	31,44	-0,11
14:22	442	31,47	-0,08
15:31	511	31,53	-0,02
16:14	554	31,52	-0,03
17:20	620	31,55	0
18:40	700	31,66	0,11
19:31	751	31,67	0,12
20:27	807	31,70	0,15
22:16	916	31,73	0,18
00:15	1035	31,70	0,15
02:18	1158	31,70	0,15
04:30	1290	31,73	0,18
06:27	1407	31,80	0,25
09:36	1596	31,85	0,3
12:27	1767	31,83	0,28
15:23	1943	31,84	0,29
19:15	2175	31,89	0,34
00:20	2480	31,87	0,32
06:15	2835	31,89	0,34
12:11	3191	32,00	0,45
18:18	3558	31,94	0,39
00:15	3915	31,98	0,43
07:09	4329	31,97	0,42

Rebaixamento no poço PW-16 durante o bombeamento do poço PW-19

<b>Hora</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Nível Estático (m)</b>	<b>Rebaixamento (m)</b>
09:19	139	49,58	-0,22
09:58	178	49,78	-0,02
10:30	210	49,66	-0,14
11:26	266	49,63	-0,17
12:21	321	49,68	-0,12
13:30	390	49,7	-0,1
14:28	448	49,68	-0,12
15:35	515	49,78	-0,02
16:20	560	49,77	-0,03
17:23	623	49,81	0,01
18:45	705	49,9	0,1
19:38	758	49,97	0,17
20:32	812	49,96	0,16
22:22	922	49,96	0,16
00:18	1038	50,00	0,2
02:22	1162	50,00	0,2
04:34	1294	50,00	0,2
06:32	1412	50,00	0,2
09:40	1600	50,05	0,25
12:30	1770	50,05	0,25
15:27	1947	50,07	0,27
19:18	2178	50,09	0,29
00:22	2482	50,12	0,32
06:18	2838	50,12	0,32
12:14	3194	50,21	0,41
18:20	3560	50,13	0,33
00:18	3918	50,21	0,41
07:11	4331	50,24	0,44

## Teor do íon cloreto no poço PW-07

<b>Data</b>	<b>Cloreto (ppm)</b>		<b>Data</b>	<b>Cloreto (ppm)</b>
8/9/1999	213		11/7/2002	428
15/10/1999	192		14/8/2002	450
26/11/1999	234		2/9/2002	398
13/12/1999	227		8/10/2002	418
14/1/2000	249		12/6/2002	471
14/2/2000	227		21/11/2002	497
17/3/2000	199		12/12/2002	426
12/4/2000	198		31/1/2003	412
19/5/2000	236		24/2/2003	426
15/6/2000	220		20/3/2003	433
10/8/2000	270		22/4/2003	426
14/9/2000	277		22/5/2003	426
18/10/2000	261		3/7/2003	433
23/11/2000	258		4/9/2003	447
12/12/2000	241		7/10/2003	440
11/1/2001	213		7/11/2003	383
9/3/2001	241		2/12/2003	419
12/3/2001	235		10/2/2004	518
19/4/2001	262		10/3/2004	483
16/5/2001	262		15/4/2004	334
26/6/2001	253		19/5/2004	497
8/8/2001	327		29/6/2004	469
11/9/2001	348		22/7/2004	462
19/10/2001	340		17/8/2004	426
12/11/2001	369		13/9/2004	483
21/2/2002	390		14/10/2004	497
20/3/2002	433		16/11/2004	454
16/4/2002	447		1/1/2004	376
23/5/2002	426		1/2/2004	382

## Teor do íon cloreto no poço PW-08

Data	Cloreto (ppm)		Data	Cloreto (ppm)	Data	Cloreto (ppm)	Data	Cloreto (ppm)
27/5/1986	39,19		18/11/1996	57	12/4/2000	85	20/3/2003	682
24/6/1986	35,46		6/12/1996	51,8	19/5/2000	116	22/4/2003	710
19/9/1986	39,03		8/1/1997	58,3	15/6/2000	113	23/5/2003	689
9/12/1986	35,53		7/2/1997	49,5	10/8/2000	121		
20/11/1987	42,55		12/3/1997	53	14/9/2000	128		
30/12/1987	42,55		9/4/1997	54,8	18/10/2000	135		
16/3/1988	46,1		8/5/1997	53,1	23/11/2000	141		
6/6/1988	49,64		23/6/1997	54,3	12/12/2000	147		
1/11/1988	49,89		21/7/1997	61	11/1/2001	135		
27/1/1989	42,55		22/8/1997	53,5	12/2/2001	141		
29/3/1989	56,8		13/3/1998	71	9/3/2001	157		
27/4/1989	49,64		11/5/1998	78	12/3/2001	141		
12/9/1990	49,39		9/6/1998	92	19/4/2001	108		
6/1/1995	78,01		20/7/1998	78	16/5/2001	121		
3/2/1995	63,83		14/8/1998	57	26/6/2001	113		
6/4/1995	60,28		14/9/1998	71	8/8/2001	163		
8/5/1995	62,88		13/11/1998	64	11/9/2001	121		
5/6/1995	60,68		14/12/1998	71	19/10/2001	170		
6/7/1995	56,45		19/1/1999	78	28/1/2002	362		
4/8/1995	53,45		2/3/1999	71	21/2/2002	220		
6/9/1995	63,2		13/4/1999	57	20/3/2002	241		
5/10/1995	63,83		10/5/1999	70	16/4/2002	284		
2/11/1995	60,28		15/6/1999	78	23/5/2002	334		
7/12/1995	63,83		15/7/1999	71	12/6/2002	376		
4/1/1996	57,02		12/8/1999	68	11/7/2002	346		
28/3/1996	53,42		8/9/1999	71	14/8/2002	330		
3/4/1996	54,5		15/10/1999	85	2/9/2002	476		
3/5/1996	59,5		26/11/1999	85	8/10/2002	511		
17/6/1996	51,1		13/12/1999	99	21/11/2002	688		
31/7/1996	51,9		14/1/2000	104	12/12/2002	628		
7/8/1996	52,9		14/2/2000	107	31/1/2003	667		
11/9/1996	60		17/3/2000	78	24/2/2003	682		



## Teor do íon cloreto no poço PW-09B

Data	Cloreto (ppm)		Data	Cloreto (ppm)		Data	Cloreto (ppm)
27/05/86	28,5		07/08/96	84,7		11/01/01	236
18/09/86	28,39		11/09/96	91,2		12/02/01	236
11/11/86	21,37		13/11/96	86,9		09/03/01	278
20/11/87	21,28		06/12/96	80,6		12/03/01	236
16/03/88	21,28		08/01/97	86		07/11/03	213
06/06/88	24,82		07/02/97	80,1		01/12/03	234
01/10/88	31,99		12/03/97	80		10/02/04	211
29/02/89	28,41		09/04/97	83,6		10/03/04	234
29/03/89	35,3		08/05/97	84,7		19/05/04	227
27/04/89	28,37		14/06/97	95,4		22/07/04	220
20/06/89	28,37		14/07/97	98,4		17/08/04	234
11/09/90	28,23		20/08/97	89,9		13/09/04	227
14/08/91	31,75		09/06/98	121		14/10/04	256
26/08/92	40,78		20/07/98	121		01/11/04	291
06/01/95	85,1		14/08/98	128		01/01/05	220
03/02/95	60,28		14/09/98	107		01/02/05	202
06/04/95	60,28		13/11/98	107			
08/05/95	62,88		14/12/98	114			
05/06/95	70,92		19/01/99	121			
06/07/95	63,51		02/03/99	85			
04/08/95	71,27		13/04/99	114			
06/09/95	63,2		10/05/99	89			
05/10/95	70,92		10/06/99	89			
02/11/95	78,01		15/06/99	106			
07/12/95	78,01		15/06/99	106			
04/01/96	85,53		15/07/99	121			
07/03/96	80,9		12/08/99	184			
03/04/96	81,3		26/11/99	192			
03/05/96	75,2		14/02/00	213			
17/06/96	97,7		17/03/00	227			
24/07/96	90,1		12/12/00	262			

## Teor do íon cloreto no poço PW-10A

<b>Data</b>	<b>Cloreto (ppm)</b>
12/8/1999	255
8/9/1999	312
15/10/1999	348
26/11/1999	355
13/12/1999	354
14/1/2000	267
14/2/2000	518
17/3/2000	760
12/4/2000	908
19/5/2000	788
15/6/2000	823
10/8/2000	1030
14/9/2000	1041
18/10/2000	1081
23/11/2000	1081
12/12/2000	1270
9/3/2001	1710
12/3/2001	1380
19/4/2001	1491
16/5/2001	1212
26/6/2001	1310
8/8/2001	1441

## Teor do íon cloreto no poço PW-12B

Data	Cloreto (ppm)		Data	Cloreto (ppm)		Data	Cloreto (ppm)
15/4/1986	21,38		15/10/1999	45		22/5/2003	101
19/6/1986	28,36		26/11/1999	49		4/7/2003	107
21/1/1987	21,37		13/12/1999	48		7/10/2003	99
30/6/1987	28,18		14/1/2000	56		7/11/2003	92
3/9/1987	28,46		15/02/2000	50		10/2/2004	79
27/1/1989	14,18		17/3/2000	56		10/3/2004	71
27/4/1989	21,28		12/4/2000	57		15/4/2004	60
20/6/1989	35,46		19/5/2000	58		22/7/2004	52
10/9/1990	35,46		15/6/2000	62		17/8/2004	64
1/1/1996	28,51		10/8/2000	64		14/10/2004	64
1/3/1996	26,95		14/9/2000	71		16/11/2004	59
1/6/1996	26,5		18/10/2000	68			
10/8/1996	29,4		23/11/2000	58			
5/9/1996	33,1		12/12/2000	63			
5/4/1997	28,3		11/1/2001	68			
9/6/1998	43		9/3/2001	57			
20/7/1998	43		12/3/2001	78			
14/8/1998	57		19/4/2001	64			
14/9/1998	50		16/5/2001	51			
13/11/1998	50		26/6/2001	47			
14/12/1998	57		8/8/2001	58			
19/1/1999	50		11/9/2001	58			
2/3/1999	43		12/11/2001	71			
18/3/1999	50		28/1/2002	71			
13/4/1999	57		21/2/2002	75			
10/5/1999	40		20/3/2002	78			
10/6/1999	40		2/9/2002	90			
15/6/1999	50		8/10/2002	99			
15/6/1999	50		12/12/2002	95			
12/8/1999	58		20/3/2003	88			
8/9/1999	50		23/4/2003	97			

## Teor do íon cloreto no poço PW-18

Data	Cloreto (ppm)		Data	Cloreto (ppm)
1/1/1999	57		19/10/2001	71
1/2/1999	50		12/11/2001	85
1/4/1999	36		28/1/2002	74
1/5/1999	36		21/2/2002	70
1/6/1999	28		20/3/2002	77
1/7/1999	43		23/5/2002	80
1/8/1999	50		12/6/2002	71
14/1/2000	56		11/7/2002	88
14/2/2000	56		14/8/2002	85
17/3/2000	56		2/9/2002	81
12/4/2000	64		8/10/2002	92
19/5/2000	57		21/11/2002	89
15/6/2000	62		12/12/2002	90
10/8/2000	71		31/1/2003	91
14/9/2000	78		24/2/2003	87
18/10/2000	78		20/3/2003	85
23/11/2000	71		22/4/2003	87
12/12/2000	71		22/5/2003	99
11/1/2001	63		3/7/2003	99
9/3/2001	63		7/11/2003	99
12/3/2001	57		10/2/2004	88
19/4/2001	64		10/3/2004	87
8/8/2001	78		15/4/2004	88
11/9/2001	71			

## Teor do íon cloreto no poço PW-19

Data	Cloreto (ppm)		Data	Cloreto (ppm)		Data	Cloreto (ppm)
6/1/1995	397,15		16/04/1999	334		8/7/2003	909
3/2/1995	482,26		15/05/1999	334		4/9/2003	877
8/5/1995	440,18		10/07/1999	341		1/12/2003	1001
5/6/1995	432,61		13/08/1999	383		10/2/2004	1029
6/7/1995	479,8		14/1/2000	508		10/3/2004	1051
4/8/1995	477,54		14/2/2000	490		15/4/2004	1108
6/9/1995	456,42		17/3/2000	497		19/5/2004	1072
5/10/1995	400,69		12/4/2000	539		29/6/2004	1086
2/11/1995	404,24		19/5/2000	596		22/7/2004	1058
7/12/1995	404,24		15/6/2000	518		17/8/2004	987
4/1/1996	413,39		19/4/2001	675		14/10/2004	1001
3/4/1996	459,2		16/5/2001	512		1/11/2004	973
3/5/1996	425,1		26/6/2001	476		1/1/2005	873
17/6/1996	400,3		8/8/2001	596		1/2/2005	875
24/7/1996	437,6		11/9/2001	589			
7/8/1996	323,3		19/10/2001	596			
11/9/1996	479,8		12/11/2001	610			
7/10/1996	393,5		28/1/2002	589			
13/11/1996	421,2		21/2/2002	618			
6/12/1996	402		20/3/2002	632			
1/1/1997	462,3		16/4/2002	682			
7/2/1997	440,8		23/5/2002	717			
12/3/1997	488,1		12/6/2002	721			
8/5/1997	391		14/8/2002	729			
14/6/1997	443,8		8/10/2002	859			
14/7/1997	438,9		21/11/2002	900			
20/8/1997	406		12/12/2002	916			
11/5/1998	419		31/1/2003	923			
9/6/1998	426		24/2/2003	916			
08/02/1999	369		20/3/2003	923			
10/03/1999	362		22/5/2003	944			

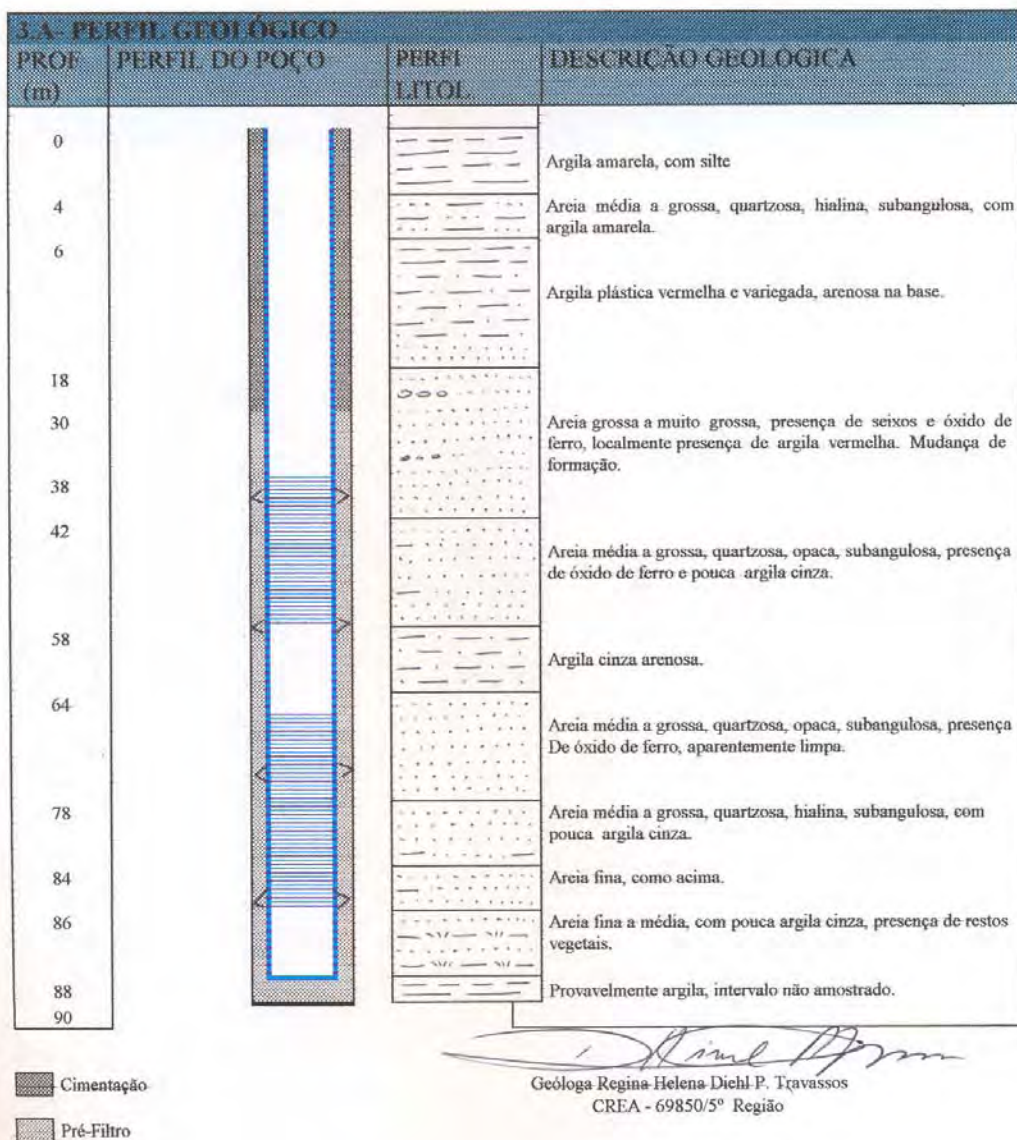
## Teor do íon cloreto no poço PW-23

<b>Data</b>	<b>Cloreto (ppm)</b>		<b>Data</b>	<b>Cloreto (ppm)</b>
14/7/1997	308,2		12/11/2001	461
20/8/1997	277,4		21/2/2002	547
13/3/1998	248		16/4/2002	596
11/5/1998	355		23/5/2002	596
9/6/1998	369		12/6/2002	613
25/8/1998	334		11/7/2002	672
14/9/1998	327		14/8/2002	615
9/1/1999	298		2/9/2002	596
11/2/1999	369		8/10/2002	603
15/3/1999	320		12/12/2002	660
10/4/1999	316		31/1/2003	646
18/5/1999	316		24/2/2003	660
13/6/1999	298		21/3/2003	689
12/7/1999	284		22/4/2003	724
15/8/1999	362		22/5/2003	716
14/1/2000	348		3/7/2003	760
14/2/2000	426		4/9/2003	781
17/3/2000	341		7/10/2003	802
12/4/2000	347		7/11/2003	859
19/5/2000	426		2/12/2003	859
15/6/2000	341		16/2/2004	880
10/8/2000	341		10/3/2004	895
14/9/2000	363		19/5/2004	888
18/10/2000	386		29/6/2004	866
23/11/2000	363		22/7/2004	916
12/12/2000	321		17/8/2004	845
11/1/2001	321		13/9/2004	873
9/3/2001	356		14/10/2004	845
12/3/2001	297		10/11/2004	859
19/4/2001	319		12/1/2005	767
8/8/2001	532		12/2/2005	746
11/9/2001	548			

## Teores dos íons nos poços de água em abril de 2004

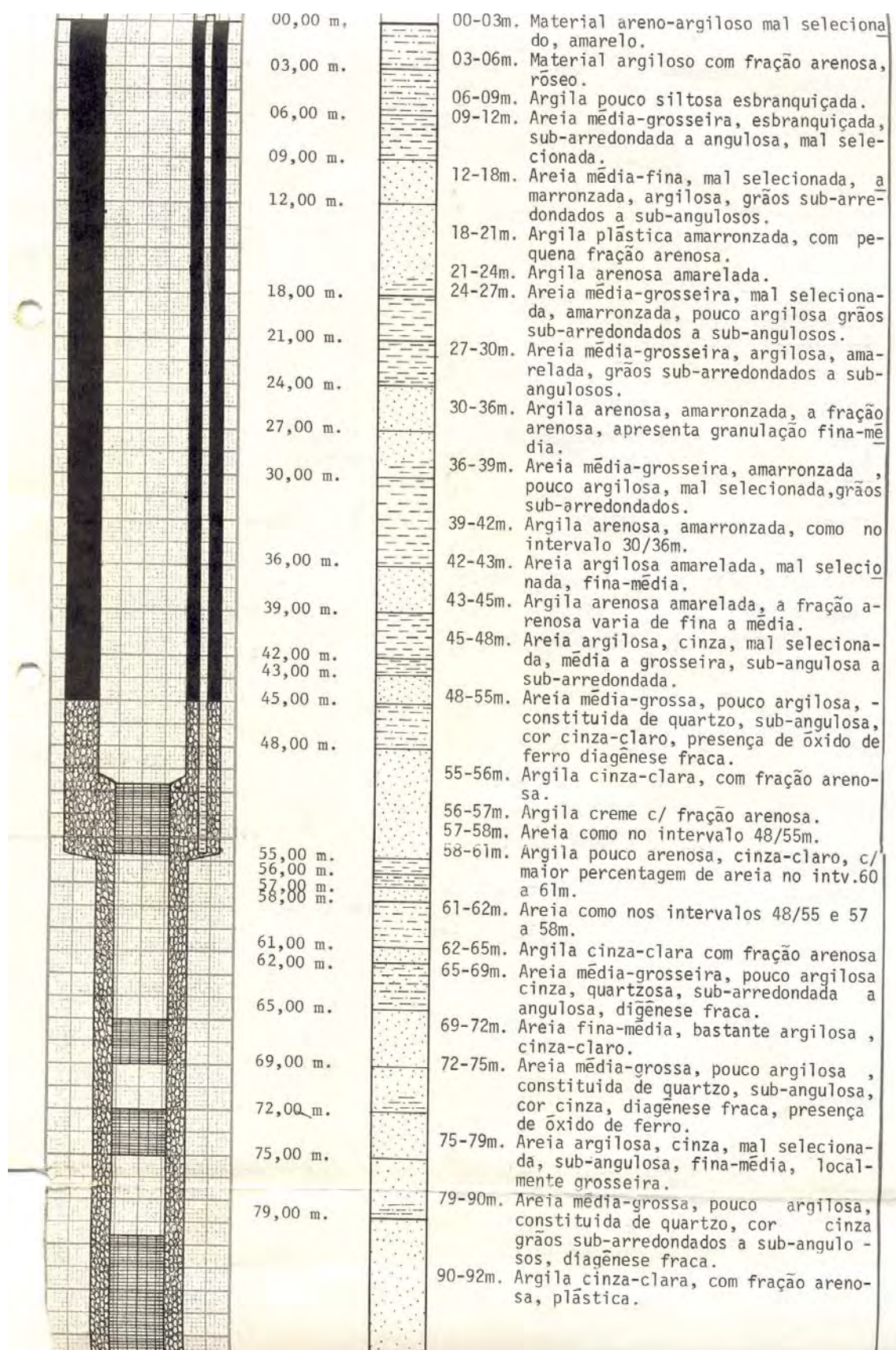
Poços	Sulfato (ppm)	Cálcio (ppm)	Magnésio (ppm)	Cloreto (ppm)
PW-9B	9,0	6,0	70,0	48
PW-10A	107,0	78,0	302,0	1480
PW-12B	8,0	6,0	20,0	60
PW-16	27,0	8,0	26,0	118
PW-18	6,0	4,0	20,0	88
PW-19	90,0	58,0	226,0	1108
PW-23	62,0	40,0	114,0	575

## Perfil do poço PW -07B



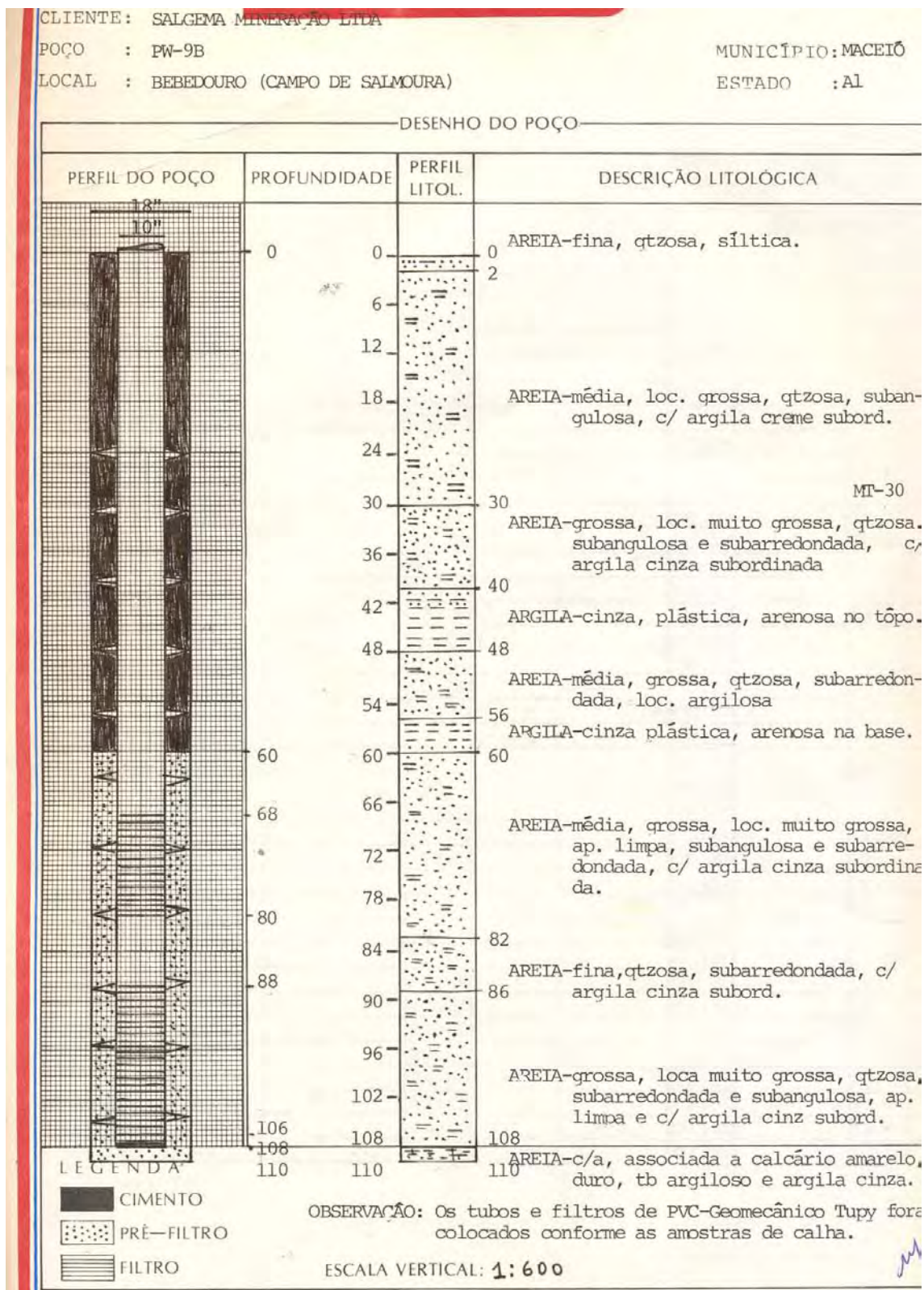


## Perfil do poço PW -08

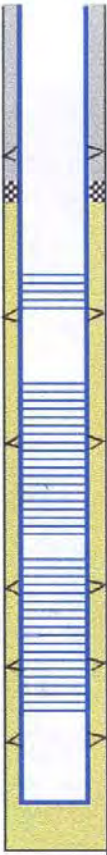
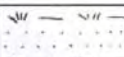
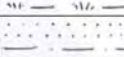
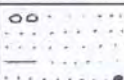
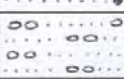
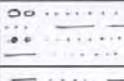
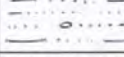
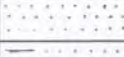

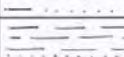
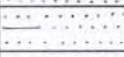


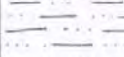
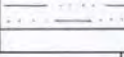




## Perfil do poço PW -09B




## Perfil do poço PW -10A

3.A- PERFIL GEOLÓGICO			
PROF (m)	PERFIL DO POÇO	PERFI LITOL.	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA
0			Areia fina a média, com pouca argila cinza claro e matéria Orgânica.
8			Areia média, com pouca argila caulínica.
10			Areia grossa a muito grossa, presença de seixos, quartzosa, Hialina e leitosa, com pouca argila ocre, localmente caulínica, Presença de óxido de ferro.
24			Areia grossa a muito grossa, com abundância de seixos, Quartzosa, hialina e leitosa, argilosa de cor variegada, Presença de óxido de ferro.
26			
32			Areia grossa a muito grossa, presença de seixos, quartzosa, Hialina e leitosa, com argila ocre, localmente caulínica, Presença de óxido de ferro.
38			Areia média a grossa, localmente seixos, quartzosa, hialina e leitosa, argilosa com cinza escura, presença de óxido de Ferro.
46			Areia média a grossa, presença de seixos, quartzosa, hialina e Leitosa, aparentemente limpa.
52			Areia fina a média com pouca argila cinza.
54			Areia média a grossa com pouca argila cinza.
56			Argila cinza clara, arenosa na base.
62			Areia média, localmente grossa, quartzosa, hialina e pouco Leitosa, com pouca argila cinza.
68			Areia como acima, aparentemente limpa.
82			Areia fina a média, localmente pouca argila cinza.
86			Argila cinza arenosa, presença de pinita.
88			
91			

 Cimentação

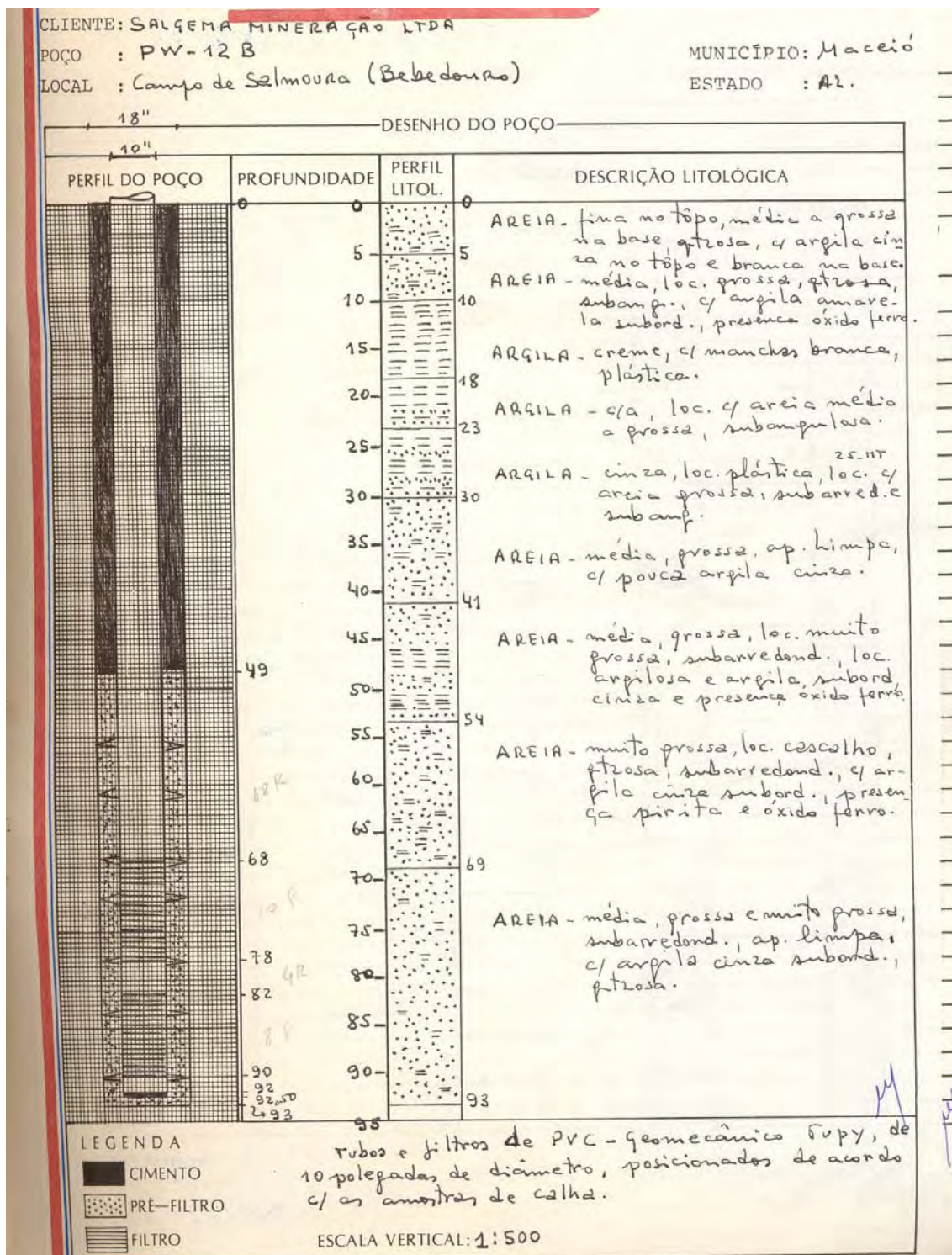
 Pré-Filtro

 Pelotas de Bentonita

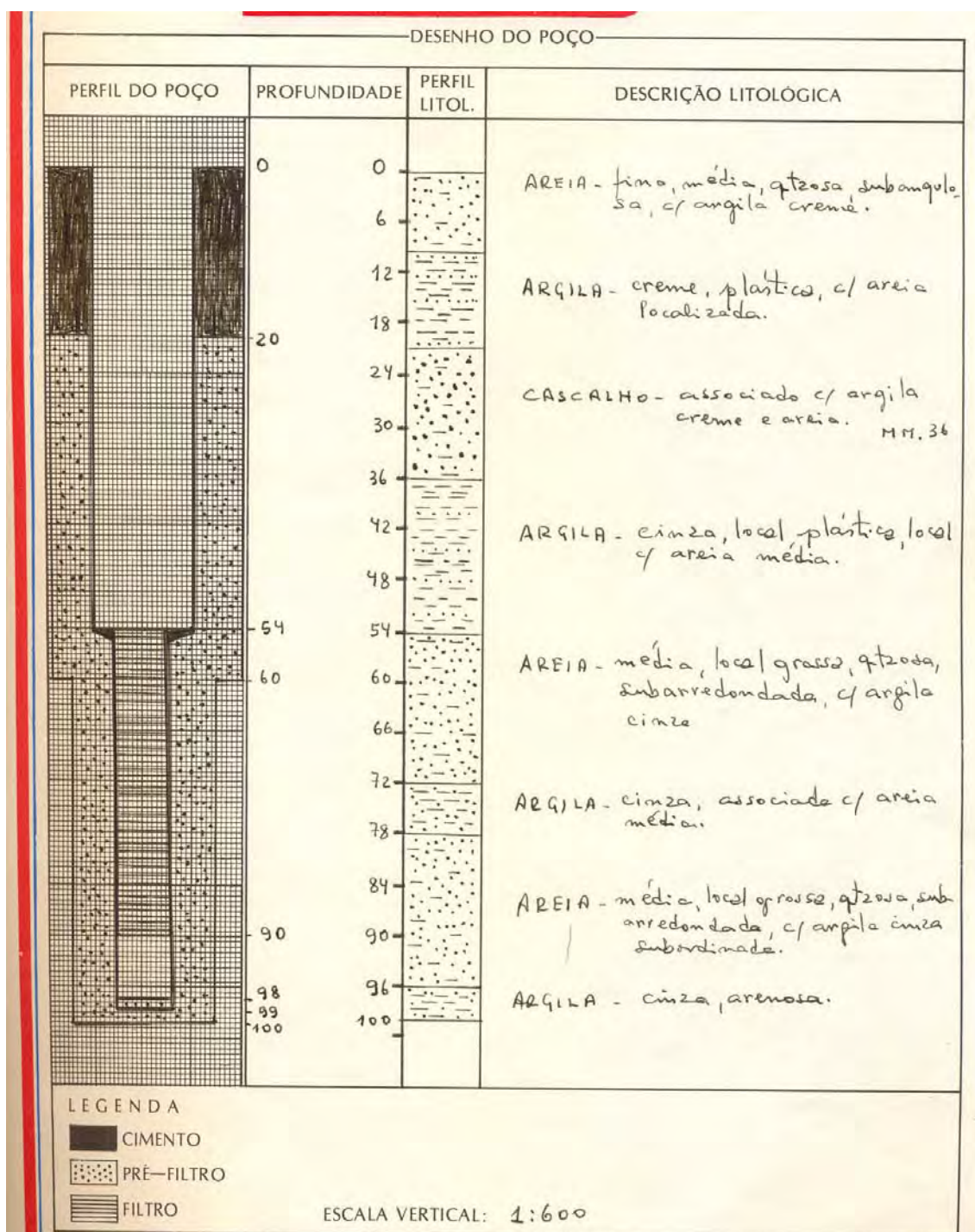
*Francisco P. R. de Castro*  
Eng.º de Minas: Francisco P. R. de Castro  
CREA - 4259/3º Região



## Perfil do poço PW -12B



## Perfil do poço PW – 15





## Perfil do poço PW – 15A

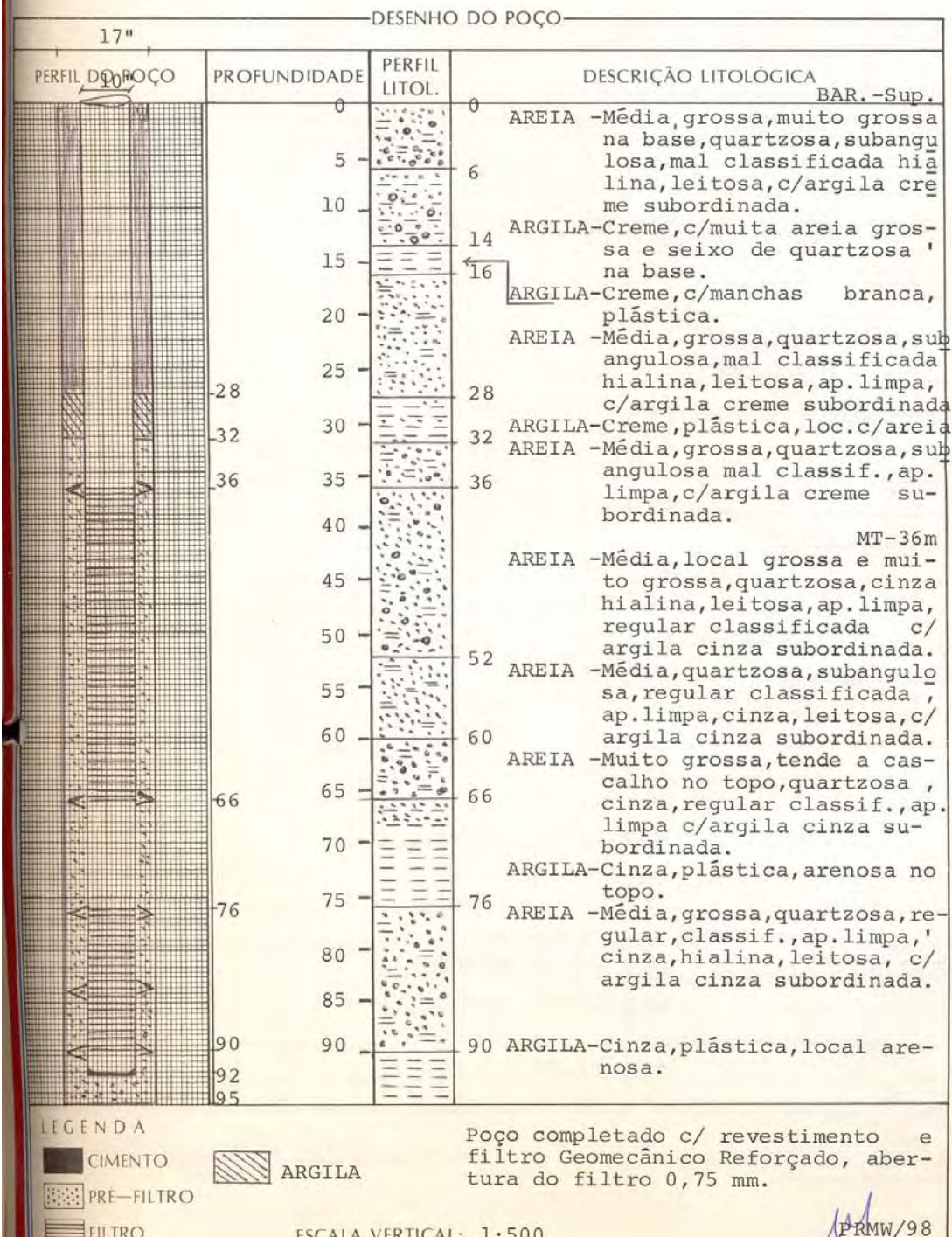
CLIENTE: SALGEMA MINERAÇÃO LTDA

POÇO : PW-15A

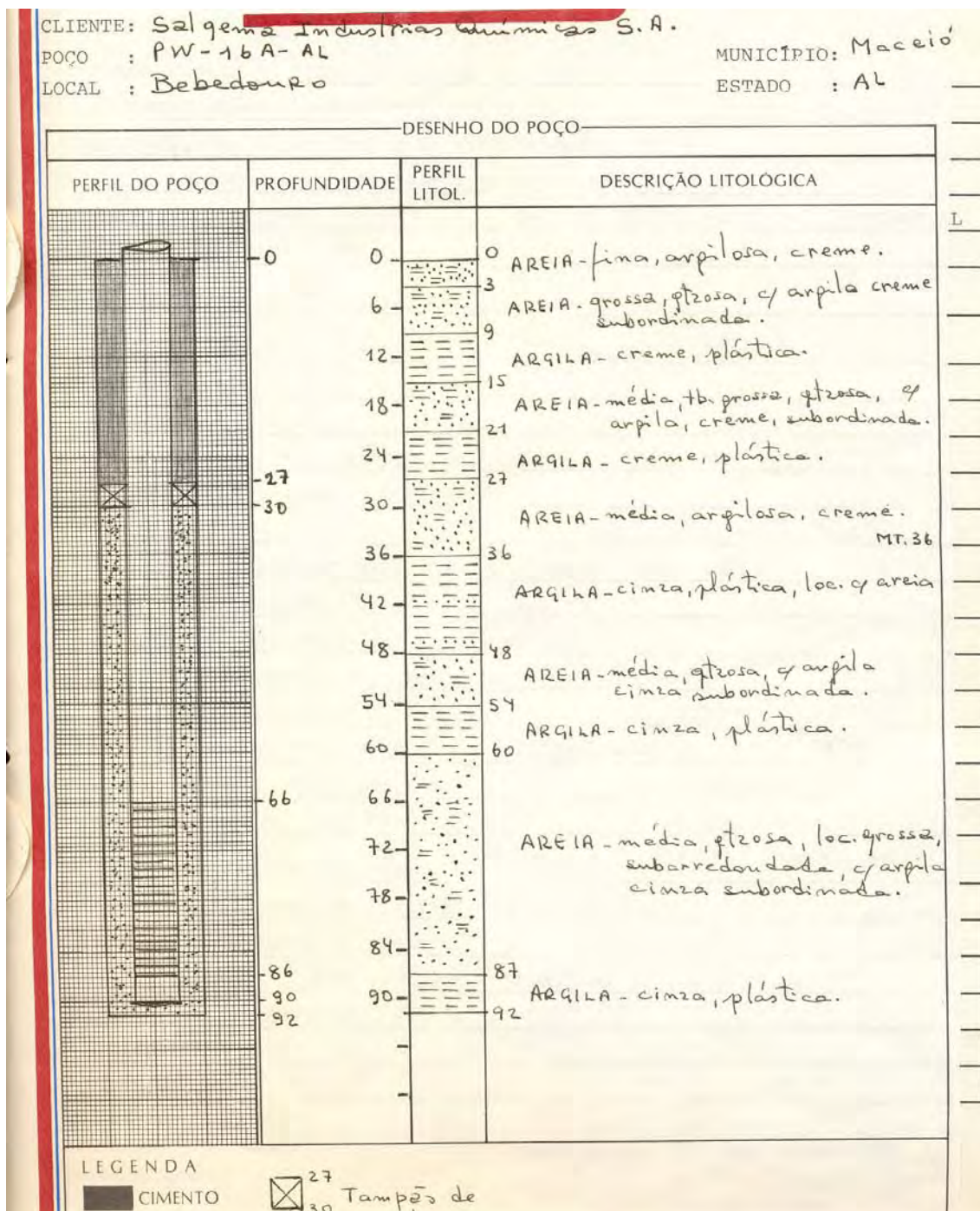
MUNICÍPIO: Maceió

LOCAL : Bebedouro

ESTADO : AL

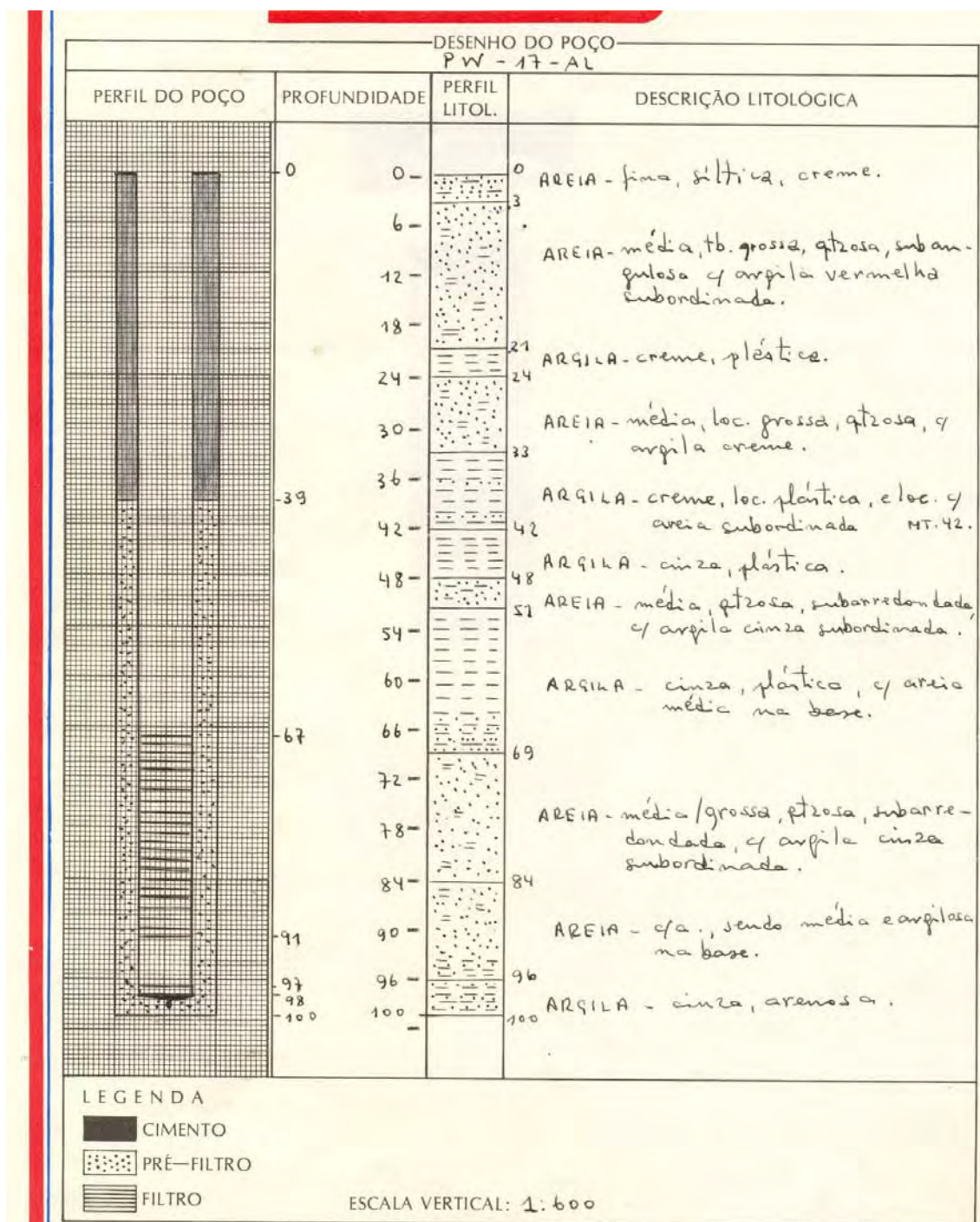


## Perfil do poço PW – 16






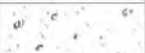
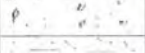
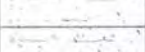

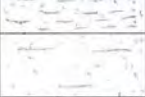



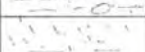

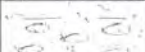


## Perfil do poço PW - 17







### Perfil do poço PW – 17A

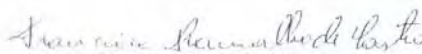
3.A - PERFIL GEOLÓGICO			
PROF (m)	PERFIL DO POÇO	PERFI LITOL.	DESCRIÇÃO GEOLOGICA
0			Areia fína, siltosa, com argila creme.
2			Areia média, quartzosa, subangulosa, localmente presença de seixos, óxido de ferro, com pouca argila creme.
15			Areia grossa a muito grossa, quartzosa, subangulosa, opaca, presença acentuada de seixos.
18			Areia fina a média, quartzosa, subangulosa, opaca, com pouca argila creme.
20			Areia fina a média, com argila creme.
24			Argila creme com areia fina.
26			Areia média a grossa, quartzosa, subangulosa, opaca, com pouca argila vermelha.
28			Areia média, quartzosa, subangulosa, com pouca argila cinza, presença de material carbonático.
34			Argila cinza, com material carbonático, pouca areia média.
42			Argila cinza com areia fina, presença de material carbonático.
46			Areia fina a média, com pouca argila cinza, presença de material carbonático.
52			Areia fina como acima
64			Argila cinza, localmente areia fina.
70			
84			
90			
94			
98			

 Cimentação

 Pré-Filtro

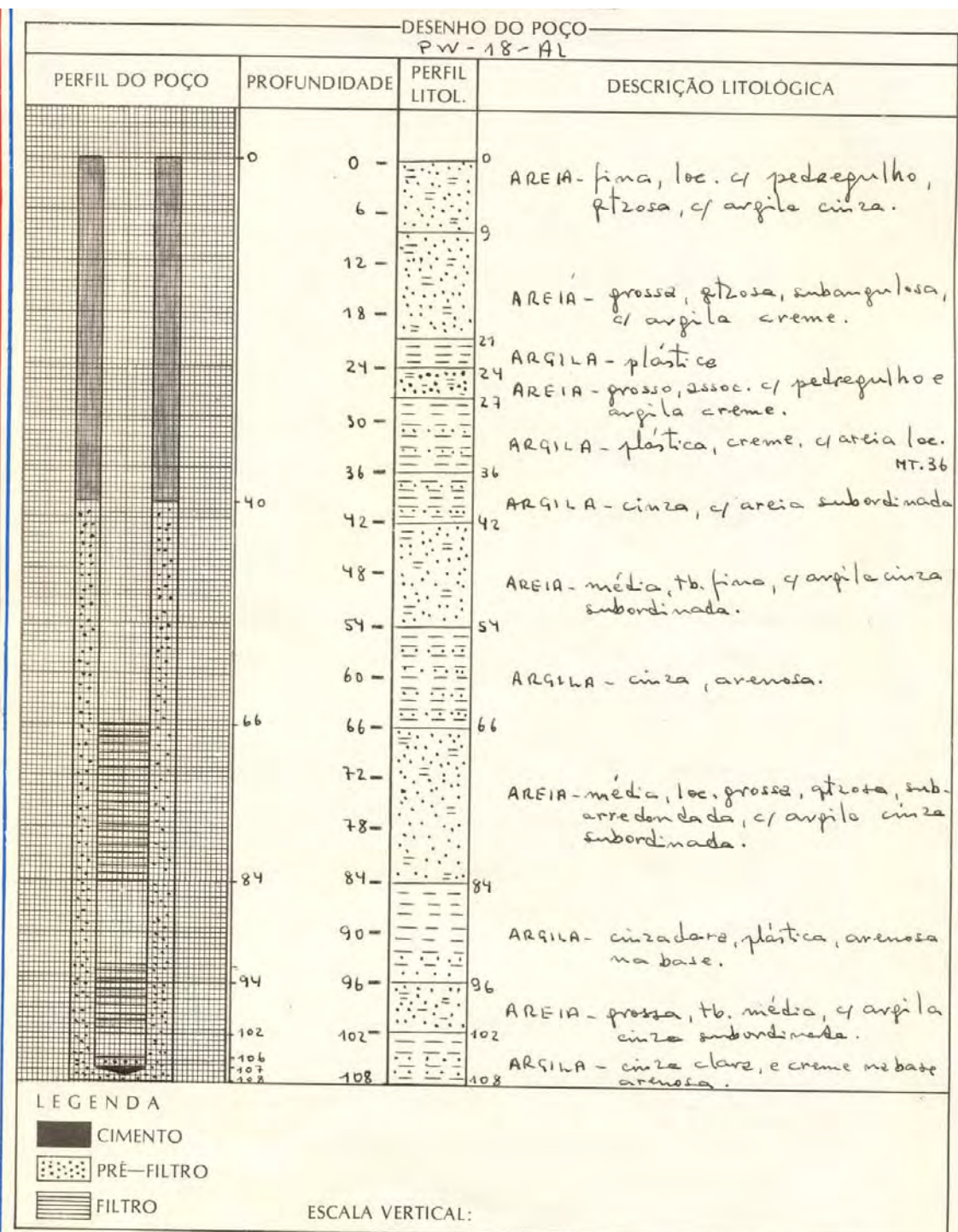
 Revestimento Geomecânico

 Filtros Geomecânicos

  
 Eng.º de Minas: Francisco P. R. de Castro  
 CREA - 4259/3º Região

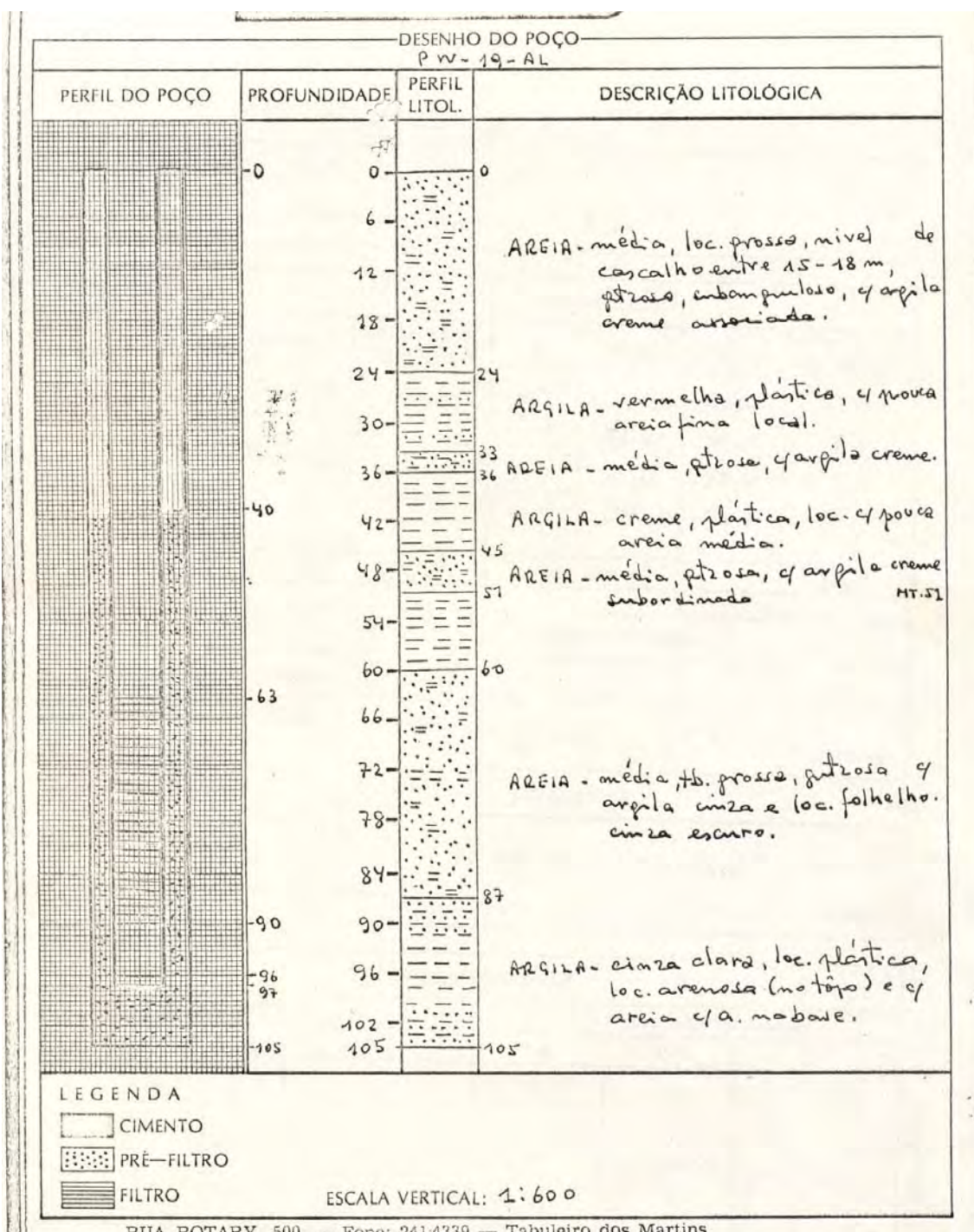
CLIENTE: Salgema Mineração  
 POÇO: PW-17A

## Perfil do poço PW -18

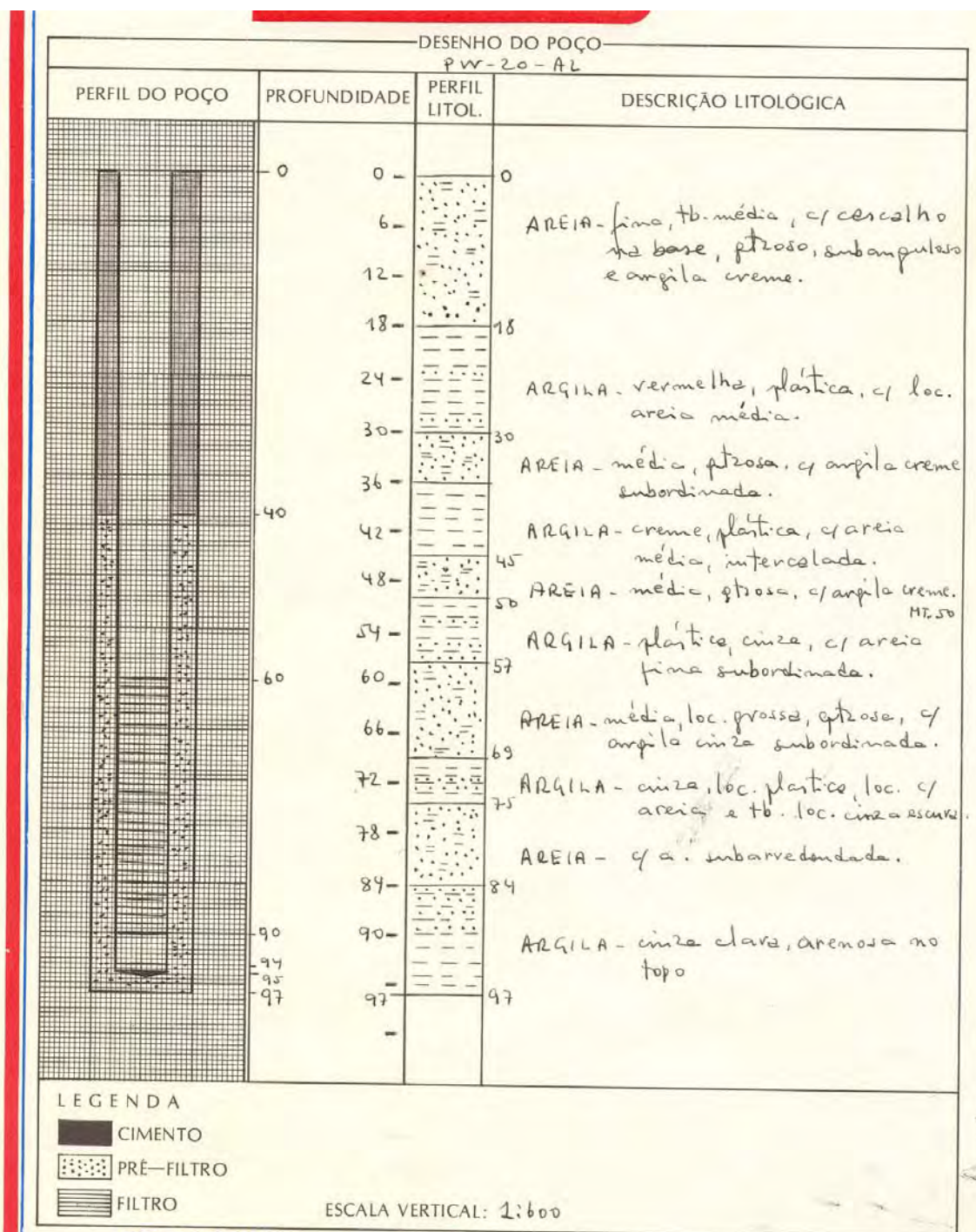




## Perfil do poço PW – 19



## Perfil do poço PW – 20





## Perfil do poço PW – 23

