



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

Programa de Cadastramento de Fontes Hídricas Subterrâneas, PBA-26

**ANÁLISE DA SÉTIMA CAMPANHA DE
MONITORAMENTO**

Relatório 5

Recife, junho de 2017

Apresentação

Este relatório apresenta os resultados das medidas de nível estáticos dos poços de monitoramento, bem como os resultados das análises físico-químicas e biológicas da sétima campanha de monitoramento do Programa de Cadastro de Fontes Hídricas Subterrâneas do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional prevista no Plano Básico Ambiental (PBA-26), como condicionante da Licença de Instalação do IBAMA para o referido projeto. Este documento está sendo submetido à Coordenação do PISF no Ministério de Integração, em nome da Sra. Elianeiva Odísio, para avaliação e complementações que se façam necessárias.

Equipe

COORDENAÇÃO

Profa. Dra. Maria do Carmo Martins Sobral (UFPE)

PESQUISADORES

Prof. Dr. José Geilson Alves Demetrio (UFPE)

Dr. Gustavo Melo (UFPE)

Geóloga Ana Gabriella dos Santos Batista (UFPE)

Sumário

1. ANÁLISE DA SÉTIMA CAMPANHA DE MONITORAMENTO.....	5
2. ANÁLISE DOS NÍVEIS ESTÁTICOS.....	5
3. ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	7
4. ANEXOS.....	18

1. ANÁLISE DA SÉTIMA CAMPANHA DE MONITORAMENTO

A sétima campanha de coleta de água para a análise de nitrato, coliformes fecais e coliformes termotolerantes ocorreu entre os dias 01 e 15 de agosto de 2016. As amostras foram coletadas pelos técnicos da CMT Engenharia Ambiental e as análises foram realizadas pelo laboratório Agrosafety Monitoramento Agrícola Ltda, sediado em Piracicaba-SP.

As medidas de nível estático (NE), pH, temperatura, condutividade elétrica da água (CE), oxigênio dissolvido (OD) e turbidez foram feitas em campo no momento da coleta das amostras de água. Os parâmetros sólidos totais dissolvidos (STD) e salinidade, obtidos nessa campanha, não foram medidos, mas calculado a partir do valor da CE ($STD=0,64*CE$ e $Salinidade= 0,027*CE^{1,23}$). Este é o procedimento padrão dos condutivímetros portáteis. Foram visitados os 41 poços da rede de monitoramento, só se teve acesso a 37 poços. Foram visitados, mas não se conseguiu acesso para se obter qualquer tipo de informação, os poços 3, 9, 16 e 22A. Para os poços 12, 18, 40, 15A, 5B e 7A, se teve acesso, mas não se conseguiu coletar amostras de água, só foi feita a medida do NE. Nos poços 8 e 13 a situação foi invertida, se conseguiu coletar amostras de água, mas não foi possível medir o NE. Nos demais poços foram obtidas todas as informações.

Os resultados das análises de laboratório e os dados obtidos em campo são apresentados nos anexos 4.1.

2. ANÁLISE DOS NÍVEIS ESTÁTICOS

Desde o relatório da campanha anterior, como já se dispõe de sete campanhas de monitoramento, as análises do nível estático são feitas pela evolução em cada poço ao longo de todo o monitoramento.

No anexo 4.2 é apresentada a tabela com todos os níveis estáticos medidos nas sete campanhas de monitoramento. A partir dessa tabela, usando-se apenas os poços com informação de NE nas sete campanhas de monitoramento, foi elaborado o gráfico da figura 01.

A análise da figura 01 mostra que a grande maioria dos poços apresentam oscilação dos seus níveis estáticos sem nenhuma tendência, excetuando-se os poços 10, 15, 28, 39, 45, 50, 10A e 5A, que apresentaram uma tendência de aumento dos valores dos níveis estáticos, ou seja, aprofundamento dos níveis da água no poço. O poço 18 foi o único que apresentou uma leve tendência de diminuição no valor do nível estático. Também não é possível estabelecer alguma oscilação por conta da estação seca ou chuvosa. Isto se deve provavelmente ao intervalo das observações, aproximadamente, semestral entre as campanhas de monitoramento, bem como, não

ser mantido os mesmos meses para observação. As campanhas foram realizadas em: ago/13, jan/14, ago/14, mai/15, nov/15, mar/16 e ago/16.

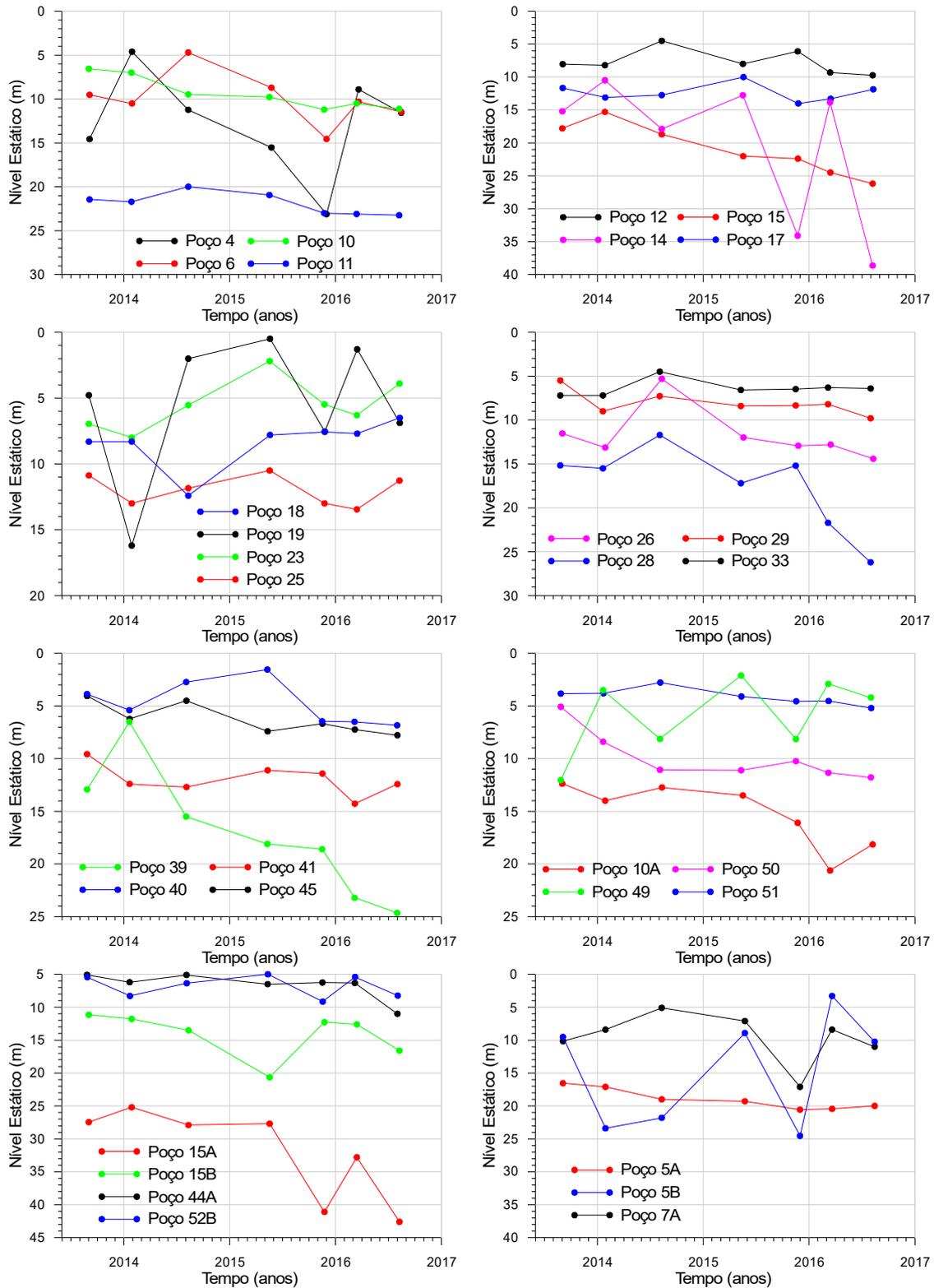


Figura 01 – Variação dos níveis estáticos entre a primeira e a sétima campanha

Na tabela 01 são apresentados os valores máximos, mínimos e a variação do nível estático em todos os poços com informação em todas as campanhas de monitoramento. O poço 14 foi o que apresentou a maior variação de nível estático, 28,13, variando o NE entre 10,5m, em janeiro de 2014 e 38,63m, em agosto de 2016. Já o poço 51 foi o que apresentou a menor oscilação do NE, apenas 2,42 m, variando entre 2,78 m, em agosto de 2014 e 5,20 em agosto de 2016. Os valores da variação marcados em vermelho na tabela 01 são aqueles que foram maiores em relação a campanha anterior.

Dos vinte e seis poços com observações em todas as campanhas de monitoramento apenas sete apresentaram oscilação do NE acima de 10 metros.

Tabela 01 – Valores máximos, mínimos e a variação do NE nas sete campanhas de monitoramento

Poço	Mínimo	Máximo	Variação	Poço	Mínimo	Máximo	Variação
4	4,60	23,12	18,52	41	9,57	14,28	4,71
6	4,70	14,55	9,85	45	4,05	7,77	3,72
10	6,55	11,20	4,65	49	2,10	12,04	9,94
11	20,00	23,24	3,24	50	5,08	11,78	6,70
12	4,50	9,73	5,23	51	2,78	5,20	2,42
14	10,50	38,63	28,13	10A	12,38	20,63	8,25
15	15,30	26,18	10,88	15A	25,20	42,60	17,40
17	10,00	14,00	4,00	15B	11,16	20,65	9,49
18	6,50	12,41	5,91	44A	5,09	11,00	5,91
19	0,50	16,20	15,70	52B	5,00	9,15	4,15
23	2,20	8,00	5,80	5A	16,54	20,57	4,03
25	10,50	13,45	2,95	5B	3,30	24,55	21,25
26	5,30	14,41	9,11	7A	5,10	17,10	12,00

Obs.: Valores em vermelhos quando a variação foi maior do que a da campanha anterior

Como os poços são muitos distantes entre si, chegando a dezenas de quilômetros, mesmo aqueles pertencentes a um mesmo eixo, e considerando a heterogeneidade e anisotropia do meio, não há sentido fazer um mapa potenciométrico usando as informações de NE, como dito no relatório das campanhas anteriores.

Também não é possível utilizar dados de bancos de dados, como o Siagas da CPRM, para complementar as informações para traçar a potencimetria, uma vez que as informações de nível estáticos nesses bancos de dados não são atualizadas, normalmente são obtidas no momento da construção do poço. Assim, utilizar esses dados, com os dados atuais, resultaria em um mapa totalmente desprovido de significado e representatividade. Como se ver, em alguns poços, ao longo dos três anos de monitoramento, a variação do NE chegou a 28,13 metros.

3. ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA

Nas tabelas 02 e 03 são apresentados os resultados para coliformes totais e termotolerantes, respectivamente, para as sete campanhas de monitoramento.

Tabela 02 – Resultados coliformes totais das sete campanhas de monitoramento

Poço	Coliformes Totais (NMP/100mL)						
	Campanhas						
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª
4		7,8	4,5	A	A	31,0	130,0
6	9,3	33,0	>1600	>1600	130,0	46,0	>1600
8	A	2,0	A	A	33,0	2,0	A
10	A	2,0	A	4,5	6,8	A	2
11		2,0	2,0	240,0	7,8	4,5	>1600
12	0,36	23,0		350,0	170,0		
13	A	11,0	4,5	350,0	A	240,0	A
14	2,3	210,0	540,0	240,0	41,0		A
15	A	2,0	17,0	4,0	A	4,5	5,0
16	1,5	170,0	1600,0				
17	2,3	>1600	130,0	1600,0	79,0	79,0	>1600
18	9,3	350,0	920,0	>1600	240,0		
19	43,0	920,0		>1600	>1600	1600,0	>1600
21	2,3	150,0	79,0	240,0	220,0	33,0	32,0
23	A	4,0	9,3	23,0	13,0	33,0	1600
25	0,36	17,0	33,0	13,0	>1600	23,0	>1600
26	0,36	38,0	920,0	79,0	170,0	70,0	1600
28	2,3	17,0	2,0	350,0	240,0	13,0	A
29	A	130,0	70,0	240,0	140,0	540,0	>1600
33	7,4	110,0	11,0	11,0	2,0	130,0	350,0
39	1,4	920,0	540,0	110,0	7,8	>1600	46,0
40	43,0	540,0	>1600	130,0	13,0		
41	A	4,0	22,0	>1600	A	130,0	>1600
45	2,3	9,3	4,5	A	A	110,0	>1600
48	9,2					4,5	920,0
49	23,0		540,0		A		>1600
50	A	63,0	11,0	A	A	7,8	20,56
51	A	23,0	23,0	>1600	A	7,8	46,0
53	A	4,5	4,5	A	A	2,0	A
10A	93,0	4,0	23,0	49,0	33,0	4,5	A
15A	A	4,5	13,0	49,0	34,0	A	
15B	9,3	>1600	130,0	27,0	540,0	240,0	220,0
41A	2,3			130,0	17,0	23,0	220,0
44A	A	1600,0	17,0	7,8	A	130,0	>1600
52B	15,0	14,0	4,5	>1600	A	23,0	A
5A	0,92	49,0	130,0	240,0	350,0	70,0	540,0
5B	3,6	280,0	920,0		240,0		130,0
7A	3,8				>1600	>1600	>1600

Obs.: A = ausente; Células em branco quando não houve análise.

Tabela 03 – Resultados coliformes termotolerantes das sete campanhas de monitoramento

Poço	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)						
	Campanhas						
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª
4		A	A	A	A	A	7,0
6	A	7,8	34,0	13,0	79,0	7,8	1600
8	A	0,0	0,0	A	23,0	A	A
10	A	0,0	0,0	A	4,5	A	A
11		0,0	0,0	2,0	2,0	2,0	>1600
12	A	2,0		170,0	13,0		
13	A	4,5	2,0	14,0	A	17,0	A
14	2,3	39,0	350,0	45,0	22,0		A
15	A	0,0	0,0	A	A	2,0	A
16	A	10,0	49,0				
17	A	540,0	33,0	240,0	49,0	13,0	5,0
18	4,3	130,0	170,0	920,0	49,0		
19	9,3	350,0		1600,0	1600,0	31,0	>1600
21	0,92	70,0	33,0	9,3	49,0	7,8	A
23	A	0,0	0,0	4,5	6,8	17,0	120,0
25	0,36	11,0	23,0	A	1600,0	13,0	>1600
26	A	33,0	130,0	49,0	49,0	23,0	4,0
28	A	4,5	0,0	130,0	79,0	4,5	A
29	A	22,0	2,0	3,7	49,0	110,0	>1600
33	7,4	23,0	0,0	A	A	49,0	A
39	A	4,5	240,0	33,0	4,5	17,0	4,5
40	9,2	350,0	1600,0	22,0	7,8		
41	A	0,0	2,0	170,0	23,0	34,0	220,0
45	A	0,0	0,0	A	130,0	2,0	110,0
48	A					4,5	920,0
49	A		4,5		A		>1600
50	A	11,0	2,0	A	23,0	A	24,0
51	A	23,0	0,0	>1600	24,0	4,5	A
53	A	0,0	2,0	A	A	2,0	A
10A	4,3	0,0	7,8	17,0	7,8	A	A
15A	A	0,0	0,0	13,0	13,0	A	
15B	4,3	1600,0	13,0	2,0	33,0	33,0	21,0
41A	2,3			79,0	11,0	A	49,0
44A	A	46,0	0,0	7,8	>1600	23,0	540,0
52B	A	0,0	2,0	>1600	A	7,8	A
5A	A	33,0	2,0	31,0	79,0	13,0	49,0
5B	A	17,0	130,0		110,0		7,0
7A	2,3				170,0	1600,0	1600,0

Obs.: A = ausente; Células em branco quando não houve análise

Quanto à qualidade da água, nas sete campanhas, pode-se constatar de imediato que em todos os poços é comum a contaminação da água por coliformes totais e termotolerantes. Em todos os poços, pelo menos, em três campanha foi positivo para a presença de coliformes. Os poços 6, 17, 25, 26, 33, 5A e 15B foram positivos em todas as sete campanhas para coliformes totais, e poço 19

em todas as campanhas, para coliformes termotolerantes. Os coliformes termotolerantes ocorrem em menor quantidade, mas tal como os totais em quantidades preocupantes.

Observa-se também que em alguns poços há uma oscilação quanto à contaminação de coliformes. Em algumas campanhas estão presentes, enquanto em outra ausente. Os dados disponíveis não permitem identificar as razões dessas oscilações, porém uma possível causa, ou, pelo menos, um dos fatores que contribuíram para essa variação, tal como explicado nos relatórios anteriores, é a época do ano das coletas de amostras. Campanhas realizadas em meses que chove menos, como nos meses de agosto a dezembro, diminui o transporte de água contaminada para os poços, nos meses mais chuvosos, de dezembro a abril, as chuvas aumentam o fluxo de água contaminada, uma vez que, a proteção sanitária dos poços é precária. Seria necessária uma investigação caso a caso para determinar as causas exatas da contaminação bacteriológica.

Tal como mostrado nos relatórios das campanhas anteriores, isso demonstra a precariedade da proteção sanitária dos poços, o que é preocupante, pois o uso pela população das águas desses poços a coloca em risco de adquirir doenças.

Quando mal tamponados, os poços permitem a entrada de insetos, animais de pequeno porte e água contaminada. É comum a existência de poços malcuidados, às vezes, até com presença de lixo no seu entorno. Nas fotografias da Figura 02 são mostrados dois exemplos de poços com bocas de poço em situações inadequadas.



Poço 17



Poço 19

Figura 02 – Exemplos de condições de boca de poço

Tal como na campanha anterior, a correlação entre a profundidade do nível da água no poço e a quantidade de coliformes totais foi muito baixo, praticamente os mesmos das campanhas anteriores.

A salinidade da água é fator comum nos poços construídos no embasamento cristalino do semiárido nordestino, segundo Demetrio¹ et.al., 2007, há uma probabilidade de cerca de 60% para um poço apresentar água com sólidos totais dissolvidos acima de 1000 mg/L, limite estabelecido para a potabilidade conforme a Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde, que regulamenta a matéria.

Um fato que chama a atenção, tal como nas campanhas anteriores, na questão da salinidade, é que a maioria das águas salinizadas se concentraram no eixo Leste, tal como mostrado na tabela 04.

Na figura 03 são apresentados os gráficos da variação do STD nos poços com valores em todas as sete campanhas de monitoramento. Como se pode observar na grande maioria dos poços não houve variações significativas do STD na água dos poços monitorados. Também não se observa nenhum tipo de tendência nas curvas.

A razão da escolha do STD para a elaboração dos gráficos da figura 03, reside no fato de ser o único parâmetro dos três que indicam a salinidade da água que tem valor de referência na portaria 22914/11 do Ministério da Saúde. Além do mais, como mencionado, a salinidade e o STD são calculados a partir da condutividade elétrica da água, assim, os gráficos para esses três parâmetros seriam semelhantes.

No gráfico da figura 04 é apresentada a relação entre os sólidos totais dissolvidos e o nível estático em cada poço. Percebe-se que há uma relação muito fraca entre esses dois parâmetros, cujo coeficiente de correção foi de apenas -0,21. O sinal negativo indica que a fraca relação é negativa, ou seja, quando os níveis estáticos são mais profundos os sólidos totais seriam menores, e vice-versa. Assim na época do verão, quando os NE são maiores, o STD seria menor e no inverno o contrário. Apesar de contraditório esse resultado possa parecer, é coerente com o resultado de outras pesquisas que se estar desenvolvendo em outras áreas. A explicação seria que no verão a evaporação faria precipitar os sais no solo. As chuvas de inverno lavariam o solo, levando os sais para a zona saturada, aumentando os valores dos STD. Mas, isso são apenas hipóteses, a correlação é muito baixa e seriam necessários outros estudos para comprová-las.

¹ Demetrio, J.G.A., Feitosa, E.C., Saraiva, A.L, Água Aquífero Fissurais, Capítulo 4, O Uso Sustentável dos Recursos Hídricos em Regiões Semi-Áridas, org por Cirilo J.A. et.Al, Editora Universitária UFPE, Recife, 2007.

Tabela 04 – Resultados de STD (g/L) para as sete campanhas de monitoramento

POÇOS	Eixo	Campanhas							Média
		1ª (ago/13)	2ª (jan/14)	3ª (ago/14)	4ª (mai/15)	5ª (nov/15)	6ª (mar/16)	7ª (ago/16)	
4	N	0,47	0,36	0,32	0,35	0,71	0,32	0,35	0,41
6	N	1,47	1,52	1,42	1,24	1,33	1,29	1,25	1,36
8	N	0,39	0,38	0,33	0,31	0,48	0,56	0,52	0,42
10	N	0,79	0,76	0,77	0,70	0,75	0,73	0,74	0,75
11	N	2,28	2,13	2,33	2,01	2,26	2,20	2,04	2,18
12	N	0,51	0,52		0,47	0,53			0,51
13	N	0,33	0,27	0,32	0,20	0,34	0,25	0,34	0,29
14	N	0,48	0,27	0,35	0,24	0,36		0,63	0,39
15	N	0,15	0,16	0,16	0,14	0,15	0,14	0,14	0,15
16	N	0,45	0,44	0,45					0,45
17	N		0,34	0,34	0,32	0,34	0,34	0,34	0,34
18	N	0,46	0,44	0,44	0,41	0,42			0,43
19	N	0,39	0,40		0,39	0,38	0,54	0,49	0,43
21	N	0,48	0,51	0,47	0,43	0,56	0,51	0,46	0,49
23	N	0,72	0,72	0,60	0,54	0,62	0,59	0,6	0,63
25	N	0,42	0,43	0,45	0,50	0,60	0,65	0,58	0,52
26	N	0,58	0,56	0,55	0,50	0,54	0,54	0,51	0,54
28	L	0,44	0,42		0,38	0,81	0,40	0,47	0,49
29	L	1,56	1,55	1,52	1,40	1,42	1,38	1,4	1,46
33	L	1,74	1,78	1,80	1,69	1,96	2,36	1,85	1,88
39	L	5,20	5,09	5,10	4,95	5,51	5,32	5,45	5,23
40	L	3,98	3,91	3,54	2,83	3,91			3,63
P41	L	2,04	2,01	2,00	1,96	2,10	1,94	1,63	1,95
P45	L	2,23	2,29	2,33	2,19	2,38	2,30	2,3	2,29
P48	L						1,91	2,33	2,12
P49	L	1,71		1,72		1,78		1,84	1,76
P50	L	3,18	2,90	2,71	2,56	2,81	2,38	2,76	2,76
P51	L	1,56	1,48	1,41	1,29	1,45	1,28	1,41	1,41
P53	L		1,63	1,44	1,89	1,87	2,05	1,64	1,75
P10A	N	0,17	0,16	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15
P15A	N	0,38	0,40	0,41	0,37	0,36	0,40		0,39
P15B	N	0,42	0,39	0,36	0,35	0,37	0,35	0,38	0,37
P22A	N	0,73							0,73
P41A	L				7,04	5,70	5,13	5,27	5,79
P44A	L	3,11	3,90	4,25	4,54	4,94	2,79	4,55	4,01
P52B	L	5,93	6,75	4,77	5,58	5,48	3,95	5,42	5,41
P5A	N	0,89	0,89	0,89	0,84	0,89	0,93	0,94	0,90
P5B	N		0,48	0,46		0,45			0,46
P7A	N					1,72	1,83		1,78

Obs.: Valores em vermelho superam o VMP da Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde; Células em branco= medida não realizada

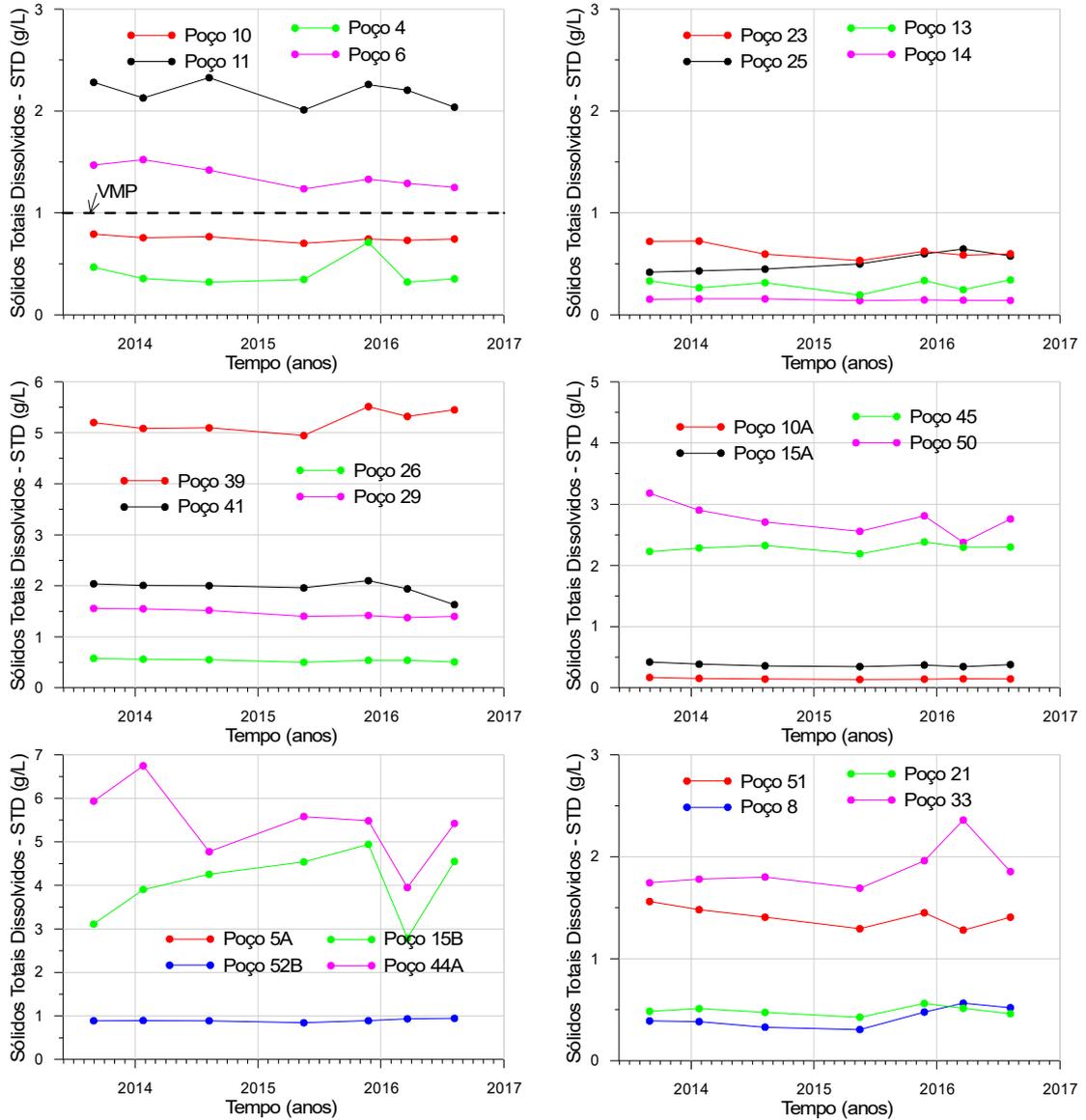


Figura 03- Variação do STD nos poços com observação em todas as campanhas de monitoramento

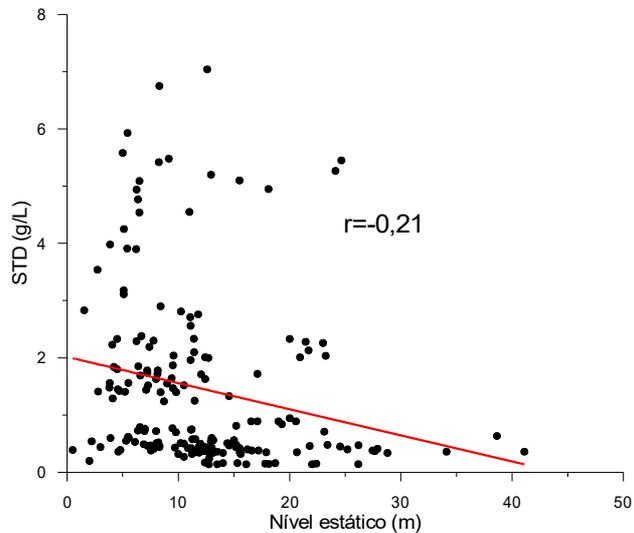


Figura 04 – Relação NE x STD

Quanto ao nitrato, o valor máximo permitido (VMP) pela Portaria 2914/11 é de 10 mg/L. Este parâmetro é indicativo de contaminação antrópica, principalmente através de esgoto. Na tabela 05 são mostradas todas as concentrações obtidas do Nitrato ao longo das sete campanhas.

Tabela 05 – Concentrações de nitrato ao longo das sete campanhas de monitoramento

Poço	Campanhas						
	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
3							
4		3	0,8	2	2,7	9,6	0,35
6	2,48	2	3,2	3	3	0,9	0,8
8	0,88	3	1,7	0,5	0,7	0,43	0,4
10	<LQ	0,1	0,2	0,05	0,03	0,13	0,03
11		5	7,2	3,2	5,2	1,72	0,37
12	0,65	1		0,3	0,3		
13	1,81	8	10,8	1,2	13,4	2,09	4,22
14	4,29	1	4,1	0,6	2,7	-	4,33
15	0,16	0,3	0,3	0,25	0,1	0,23	0,11
16	1,58	2	2				
17	0,77	1	1,2	0,3	0,4	0,3	0,12
18	0,47	0,4	0,9	0,3	0,1		
19	2,26	4		3,4	7,6	5,2	4,7
21	<LQ	0,3	0,3	0,1	0,4	0,55	0,11
23	0,86	1	1,8	0,7	0,7	1,05	0,49
25	0,16	0,3	0,5	0,24	0,2	0,11	0,06
26	0,92	1	0,7	0,2	0,4	0,2	0,38
28	1,35	1	4,6	5,2	6	2,9	1
29	2,26	4,0	10,6	4,5	6	8,3	2,9
33	2,93	5,0	5,1	3,6	2	6,5	0,28
39	0,36	80,0	144,6	160	8	10,3	35,5
40	3,84	7,0	17,2	3,9	8		
41	1,81	2,0	8,4	6	6	5,6	0,33
45	6,55	12,0	12	20	12	12,66	4,66
48						12,37	5,7
49	0,47		1,4		0,4		0,22
50	22,6	16,0	30,0	27,0	6,0	16,39	20,56
51	1,58	2	8	5	6	5,8	0,39
53	7	16,0	20,8	18	10	9,36	0,02
10A	2,26	4,0	5,2	3,8	6,3	2,54	1,15
15A	1,58	0,8	2,5	0,9	0,4	1,17	
15B	1,81	3,0	3,6	2	3,9	1,01	<LQ
22A	4,06						
41A	3,84			120	8,0	20,18	16,44
44A	0,9	0,6	4,6	2	0,6	0,1	0,5
52B	0,2	1,0	5	2	0,6	6,4	2,28
5A	3,61	7,0	12,1	12	7,9	0,44	4,51
5B	4,52	7,0	13,5		8,8		

Obs.: Valores em vermelho superaram o VMP de 10,0 mg/L estabelecido pela portaria 2914/11; <LQ= Concentração abaixo do limite de detecção do equipamento; Células em branco= medida não realizada

Como se pode observar na tabela 05 concentrações altas de nitrato é recorrente nos poços 39, 45, 50 e 53, chegando a 16x o VMP no poço 39, na quarta campanha. O poço 50 só não ultrapassou o VMP apenas na campanha 05.

Como esses poços estão na zona rural, normalmente próximos a currais, é possível que estes sejam as prováveis fontes de contaminação. Outro problema também, é que poços construídos em terrenos cristalinos raramente se faz a cimentação do espaço anelar entre o revestimento e a perfuração na porção mais próxima do solo.

Nos gráficos da figura 05 são apresentadas as evoluções do pH ao longo das sete campanhas, nos poços com medidas em todas as campanhas de monitoramento.

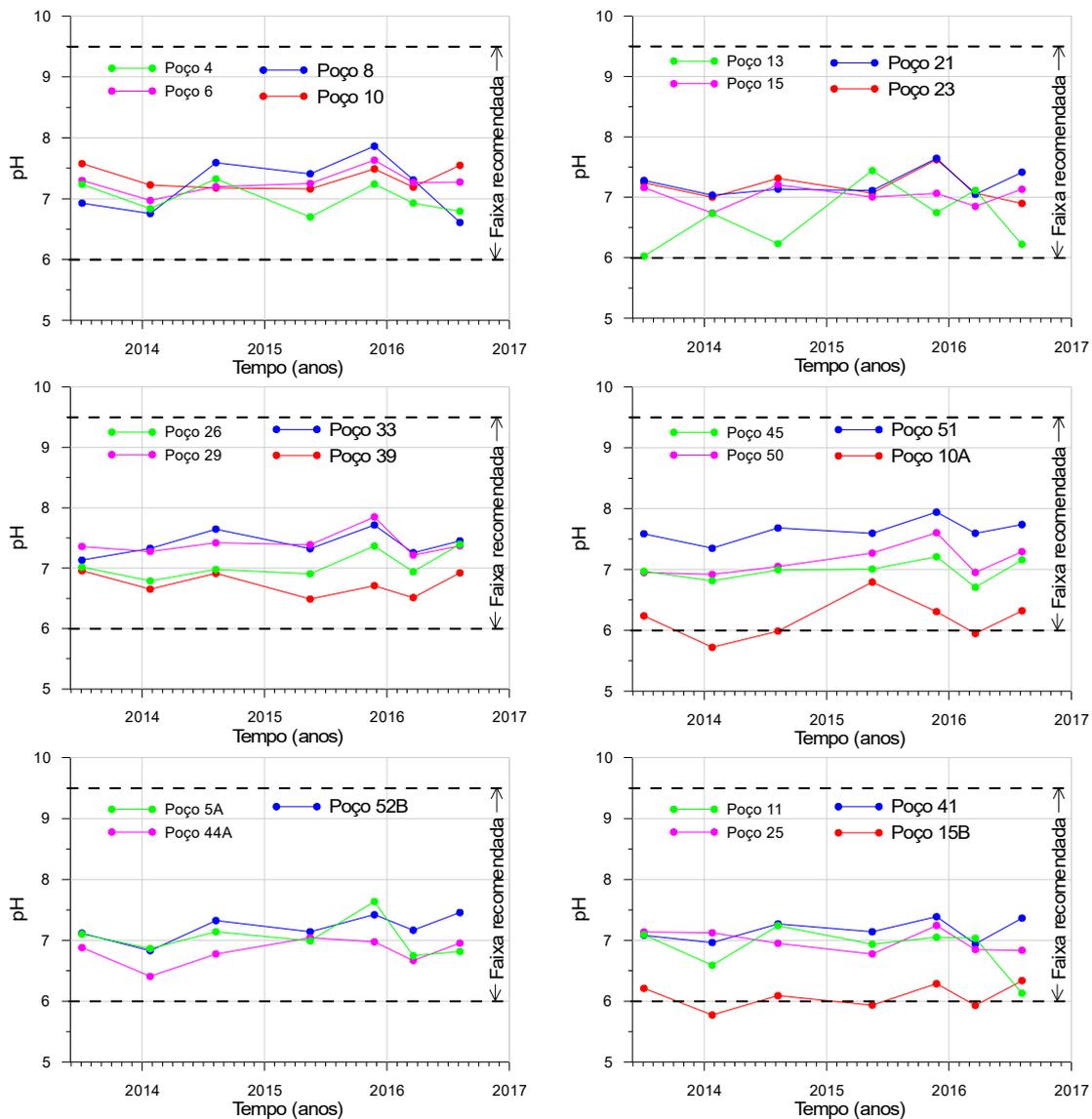


Figura 05 – Evolução do pH ao longo das seis campanhas de monitoramento

Apenas os poços 15B e 10A que apresentaram alguns valores de pH fora da faixa recomendada pelo Ministério da Saúde, que é de 6,0 a 9,0.

Observa-se na figura 05 que não houve variações significativas de pH e no geral as águas, ao longo do monitoramento, apresentaram um caráter neutro a ligeiramente básica. Apenas nos poços 10A e 15B é que as águas foram ácidas.

Na tabela 06 são apresentados todos os valores de oxigênio dissolvidos observados em todas as sete campanhas de monitoramento.

Tabela 06 – Valores de oxigênio dissolvido (mg/L) ao longo das sete campanhas

Poço	Campanhas							Media
	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07	
4	4,78	4,10	3,66	2,98	8,58	4,10	3,51	4,53
6	4,62	4,93	4,35	3,40	7,80	7,63	5,17	5,41
8	5,95	6,47	6,56	3,96	8,52	7,56	4,52	6,22
10	5,33	4,92	3,87	1,52	6,24	5,35	4,48	4,53
11	4,67	4,12	4,82	2,77	7,94	5,30	2,87	4,64
12	4,15	3,70		4,00	7,43			4,82
13	6,56	5,44	5,05	3,71	8,00	5,68	6,22	5,81
14	5,69	7,66	4,63	3,46	6,79		5,06	5,55
15	5,48	2,68	3,42	2,29	7,26	6,88	5,18	4,74
16	4,37	4,80	4,28					4,48
17		4,37	4,99	2,84	7,04	4,93	5,44	4,94
18	4,36	4,65	4,67	2,65	6,56			4,58
19	6,98	6,19		2,78	7,46	5,63	3,33	5,40
21	5,57	4,87	3,62	2,83	7,33	4,57	4,38	4,74
23	5,74	3,49	4,38	2,36	6,77	3,47	3,50	4,24
25	7,43	5,59	4,50	3,32	7,51	5,14	3,85	5,33
26	4,97	7,68	5,61	3,76	7,98	6,55	4,60	5,88
28	5,61	5,74		4,35	7,06	5,84	4,71	5,55
29	5,36	4,90	4,50	5,18	8,19	5,46	5,37	5,57
33	7,17	3,72	3,14	2,57	7,26	6,80	2,97	4,80
39	8,30	3,53	5,35	4,83	6,77	5,90	3,70	5,48
40	6,09	5,08	4,26	3,79	6,76			5,20
41	8,18	6,37	6,02	4,61	7,23	6,14	6,14	6,38
45	7,39	5,94	4,31	3,19	7,57	4,53	2,86	5,11
48						8,00	4,99	6,50
49	6,72		4,86		6,95		4,40	5,73
50	7,41	3,90	4,46	3,77	7,22	3,75	3,32	4,83
51	6,78	6,65	7,15	4,88	7,46	8,00	7,12	6,86
53		5,23	5,49	2,90	6,51	3,52	3,94	4,60
10A	5,90	5,34	6,23	4,11	7,83	5,47	5,88	5,82
15A	5,48	5,87	5,38	3,12	7,80	6,34		5,67
15B	6,31	4,71	6,33	3,01	7,23	4,97	3,90	5,21
22A	5,57							5,57
41A				3,48	7,36	6,83	7,65	6,33
44A	5,44	5,06	6,42	4,53	7,45	4,55	3,51	5,28
52B	3,27	3,56	4,98	3,58	6,77	4,46	3,55	4,31
5A	5,08	5,58	5,89	2,96	8,65	7,05	4,89	5,73
5B		5,18	5,14		9,21			6,51
7A					7,55	6,17		6,86

Obs.: Células em branco= medida não realizada

Segundo Custódio e Llamas, 1983², as concentrações de oxigênio dissolvido na água subterrânea variam entre 0 e 5 mg/L, frequentemente inferior a 2 mg/L, enquanto na água de superfície é em torno de 10 mg/L. Os valores apresentados na tabela 06 mostram diversos valores acima de 5,0 mg/L e os valores médios, em todos os poços, muito próximos a esse valor. O valor máximo observado foi 9,51 mg/L, no poço 5B, quinta campanha, valor compatível aos das águas de superfície.

Uma possível explicação seria a natureza fraturada do aquífero que poderia propiciar movimento turbulento da água, principalmente no momento da recarga, o que favoreceria a dissolução do oxigênio, porém, os dados disponíveis não permitem corroborar essa hipótese.

Ao contrário dos sólidos totais dissolvidos, que apresentou uma diferença de comportamento entre os dois eixos da transposição, o oxigênio dissolvido não tem nenhuma diferença de entre os dois eixos.

² Custódio, E. e Llamas, M.R., Hidrologia Subterrânea, Edições Omega, Barcelona, 2ª Edição, 1983

4. ANEXOS

Anexo 4.1 – Resultados obtidos na sétima campanha de monitoramento

Poço	Data coleta	Hora	NE (m)	pH	T (oC)	Turbidez (NTU)	CE (µS/cm)	STD (g/L)	OD (mg/L)	Salinidade (%Salt)	Nitrato (mg/L)	CTT (NMP/100ml)	CT (NMP/100ml)	OBSERVAÇÃO
3	15/08/2016	08:29												Sem o sistema de bombeamento de água; impedimento no interior do tubo guia.
4	15/08/2016	11:38	11,56	6,79	30,70	0,86	0,55	0,35	3,51	0,01	0,35	7	130	Boas condições
6	15/08/2016	14:37	11,46	7,27	31,12	0,63	1,95	1,25	5,17	0,06	0,80	1600	>1600	Boas condições
8	08/08/2016	09:50		6,61	31,20	2,29	0,81	0,52	4,52	0,02	0,40	A	A	Poço de propriedade da CAGECE. Não foi autorizada a instalação do tubo guia. Abastece a cidade de Jati/CE, não pode ser desligado.
9														Poço de propriedade da CAGECE está desativado, não obtivemos autorização para instalar tubo guia.
10	08/08/2016	13:21	11,13	7,55	31,29	6,85	1,16	0,74	4,48	0,03	0,03	A	2	Boas condições, sem possibilidade de desligamento
11	08/08/2016	10:17	23,24	6,13	30,09	4,02	3,19	2,04	2,87	0,11	0,37	>1600	>1600	Boas condições
12	08/08/2016	11:26	9,73											Sem sistema de bombeamento de água
13	08/08/2016	11:45		6,22	31,25	0,57	0,54	0,34	6,22	0,01	4,22	A	A	Tubo guia usado para outros fins pelo proprietário do poço
14	08/08/2016	12:50	38,63	6,75	31,43	1,08	0,99	0,63	5,06	0,03	4,33	A	A	Boas condições
15	09/08/2016	08:00	26,18	7,13	30,18	6,91	0,22	0,14	5,18	0,00	0,11	A	5	Boas condições, sem possibilidade de desligamento
16	10/08/2016	11:47												Sem sistema de bombeamento de água, poço contido em um manancial, área desapropriada
17	10/08/2016	11:20	11,86	7,53	32,39	0,48	0,53	0,34	5,44	0,01	0,12	5	>1600	Boas condições, sem possibilidade de desligamento
18	10/08/2016	11:05	6,50											Sem sistema de bombeamento de água, área de desapropriação.

Obs: A= Ausente; Células em branco= medida não realizada

Anexo 4.1 – Resultados obtidos na sétima campanha de monitoramento (continuação)

Poço	Data coleta	Hora	NE (m)	pH	T (oC)	Turbidez (NTU)	CE (µS/cm)	STD (g/L)	OD (mg/L)	Salinidade (%Salt)	Nitrato (mg/L)	CTT (NMP/100ml)	CT (NMP/100ml)	OBSERVAÇÃO
19	10/08/2016	10:45	6,89	7,23	31,50	0,86	0,77	0,49	3,33	0,02	4,70	>1600	>1600	Boas condições
21	10/08/2016	09:57	7,24	7,42	31,50	1,07	0,72	0,46	4,38	0,02	0,11	A	32	Boas condições
23	09/08/2016	11:10	3,90	6,90	29,59	0,93	0,94	0,60	3,50	0,03	0,49	120	1600	Boas condições
25	09/08/2016	12:10	11,26	6,83	30,46	0,61	0,90	0,58	3,85	0,02	0,06	>1600	>1600	Boas condições
26	10/08/2016	08:30	14,41	7,40	30,93	1,34	0,79	0,51	4,60	0,02	0,38	4	1600	Boas condições
28	01/08/2016	13:40	26,20	7,75	31,53	0,99	0,75	0,47	4,71	0,02	1,00	A	A	Boas condições
29	01/08/2016	14:20	9,80	7,37	30,64	0,90	2,19	1,40	5,37	0,07	2,90	>1600	>1600	Boas condições
33	01/08/2016	10:37	6,40	7,45	31,53	4,13	2,90	1,85	2,97	0,10	0,28	A	350	Boas condições
39	01/08/2016	09:55	24,65	6,92	31,59	1,00	8,65	5,45	3,70	0,38	35,50	4,5	46	Boas condições
40	01/08/2016	09:25	6,83											Sem sistema de bombeamento de água
41	02/08/2016	08:17	12,42	7,36	30,23	3,36	2,55	1,63	6,14	0,09	0,33	220	>1600	Sistema de liga/desliga do poço trancado
45	02/08/2016	09:27	7,77	7,16	29,81	0,84	3,59	2,30	2,86	0,13	4,66	110	>1600	Boas condições
48	02/08/2016	10:15	11,40	7,23	30,18	0,47	3,65	2,33	4,99	0,13	5,70	920	920	Boas condições
49	02/08/2016	10:51	4,20	7,36	29,10	14,03	2,87	1,84	4,40	0,10	0,22	>1600	>1600	Boas condições
50	02/08/2016	11:50	11,78	7,29	29,73	0,79	4,46	2,76	3,32	0,17	20,56	24	20,56	Boas condições
51	03/08/2016	08:59	5,20	7,74	29,85	2,16	2,20	1,41	7,12	0,07	0,39	A	46	Boas condições
53	03/08/2016	10:22	9,40	7,57	30,73	3,06	2,56	1,64	3,94	0,09	0,02	A	A	Boas condições
10A	08/08/2016	12:10	18,15	6,32	30,65	0,65	0,22	0,15	5,88	0,00	1,15	A	A	Boas condições, sem possibilidade de desligamento
15A	09/08/2016	08:30	42,60											Chave automática com defeito
15B	09/08/2016	09:10	16,60	6,34	30,76	0,62	0,59	0,38	3,90	0,01	<LQ	21	220	Boas condições
22A	09/08/2016	11:47												Poço demolido pelo avanço das obras do reservatório Caiçara; pedras no seu interior

Obs: A= Ausente; Células em branco= medida não realizada

Poço	Data coleta	Hora	NE (m)	pH	T (oC)	Turbidez (NTU)	CE (μ S/cm)	STD (g/L)	OD (mg/L)	Salinidade (%Salt)	Nitrato (mg/L)	CTT (NMP/100ml)	CT (NMP/100ml)	OBSERVAÇÃO
41A	01/08/2016	08:42	24,12	6,80	34,05	1,78	8,36	5,27	7,65	0,37	16,44	49	220	Boas condições
44A	02/08/2016	08:48	11,00	6,95	29,78	0,98	7,22	4,55	3,51	0,31	0,50	540	>1600	Boas condições
52B	03/08/2016	09:33	8,24	7,46	30,28	39,90	8,60	5,42	3,55	0,38	2,28	A	A	Boas condições
5A	15/08/2016	09:53	20,00	6,82	29,87	0,58	1,48	0,94	4,89	0,04	4,51	49	540	Boas condições
5B	15/08/2016	10:30	10,25											Chave automática com defeito
7A	15/08/2016	14:19	11,00											Cata-vento avariado; Sistema de roldanas avariado.

Obs: A= Ausente; Células em branco= medida não realizada

Anexo 4.2- Evolução dos níveis estáticos ao longo das sete campanhas de monitoramento

Poços	Campanhas						
	1ª (ago/13)	2ª (jan/14)	3ª (ago/14)	4ª (mai/15)	5ª (nov/15)	6ª (mar/16)	7ª (ago/16)
3		3,80	4,00	3,31			
4	14,56	4,60	11,23	15,52	23,12	8,90	11,56
6	9,52	10,50	4,70	8,71	14,55	10,30	11,46
8						36,00	-
10	6,55	7,00	9,47	9,78	11,20	10,50	11,13
11	21,44	21,70	20,00	20,94	23,00	23,10	23,24
12	8,04	8,20	4,50	8,00	6,10	9,30	9,73
13			15,60	2,00	28,80	19,80	-
14	15,2	10,50	17,90	12,76	34,10	13,83	38,63
15	17,8	15,30	18,70	22,02	22,40	24,50	26,18
16		3,00					
17	11,66	13,10	12,75	10,00	14,00	13,30	11,86
18	8,31	8,30	12,41	7,80	7,57	7,70	6,50
19	4,78	16,20	2,00	0,50	7,54	1,30	6,89
21		10,20	7,51	9,70	15,00	9,80	7,24
23	6,95	8,00	5,54	2,20	5,48	6,30	3,90
25	10,87	13,00	11,84	10,50	13,00	13,45	11,26
26	11,53	13,13	5,30	11,98	12,92	12,80	14,41
28	15,16	15,50	11,70	17,20	15,20	21,70	26,20
29	5,5	9,00	7,28	8,40		8,20	9,80
33	7,21	7,20	4,50	6,58		6,30	6,40
39	12,93	6,50	15,50	18,10		23,20	24,65
40	3,86	5,40	2,73	1,54		6,50	6,83
41	9,57	12,40	12,70	11,10	11,42	14,28	12,42
45	4,05	6,23	4,50	7,40	6,68	7,24	7,77
48		7,14		-		13,24	11,40
49	12,04	3,50	8,13	2,10	8,15	2,90	4,20
50	5,08	8,40	11,07	11,10	10,24	11,35	11,78
51	3,83	3,80	2,78	4,10	4,55	4,53	5,20
53		8,00	7,10		9,50	9,30	9,40
10A	12,38	14,00	12,74	13,50	16,10	20,63	18,15
15A	27,46	25,20	27,90	27,68	41,10	32,80	42,60
15B	11,16	11,78	13,50	20,65	12,27	12,60	16,60
22A	6,36	4,53	4,00				
41A		6,90	6,10	12,60		12,20	24,12
44A	5,09	6,20	5,10	6,50	6,25	6,32	11,00
52B	5,43	8,30	6,37	5,00	9,15	5,40	8,24
5A	16,54	17,10	19,00	19,29	20,57	20,43	20,00
5B	9,52	23,40	21,80	8,93	24,55	3,30	10,25
7A	10,14	8,40	5,10	7,10	17,10	8,40	11,00

Obs: Células em branco= medida não realizada