

VULNERABILIDADE NATURAL E SAZONALIDADE DO AQUÍFERO LIVRE NO LOTEAMENTO MARABAIXO III - MACAPÁ - AP

Marcelo J. Oliveira¹; Flávio Augusto. F. Souto¹; José Maria L. do Rosário¹;
Roberto J. V. Sacasa¹ & Helyelson, P. Moura²

Resumo - Este trabalho foi realizado para avaliar o grau de vulnerabilidade do aquífero livre, o qual é a principal fonte de abastecimento de água, através de poços amazonas, no Loteamento Marabaixo III. É enfatizada também a variação sazonal do nível freático, tendo em vista que durante a estiagem muitos poços ficam secos. A partir da utilização do Método GOD, foi possível classificar a área como de baixa a moderada vulnerabilidade. Outrossim, a existência de fontes pontuais de contaminação (fossas negras) e a falta de proteção sanitária dos poços amazonas, impõem constantes riscos à qualidade da água, o que torna necessário o monitoramento permanente destes mananciais, bem como a realização de campanhas de orientação junto à comunidade. Quanto a sazonalidade, há um rebaixamento médio de 2,4 m em grande parte da área, assim recomenda-se a escavação de poços amazonas ultrapassando o nível estático cerca de 3,5 metros no inverno.

Abstract - This work was accomplished to evaluate the degree of vulnerability of the water table, which is to main source of water supply through “amazonas” wells in the district Marabaixo III. It is also emphasized the seasonal variation of the water table level, considering that during the drought many wells are dry. Starting from use Método, it was possible to classify the area as of low to moderate vulnerability. Likewise, the existence of punctual sources of contamination (black sewages) and of “amazonas” wells without sanitary protection, they impose constant risks to the quality of the water, what turns necessary the permanent monitoring these springs, well with the accomplishment of orientation campaigns close to the community. In attention to the seasonality, there is a medium lowering of 2,4 m, in a large part of the area, thus the wells amazon excavation is recommended like this surpassing about 3,5 meters the static level in the winter.

Palavras-Chave – Vulnerabilidade; sazonalidade; aquífero livre.

¹ Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá, Divisão de Geologia e Recursos Hídricos; Rodovia JK, Km 10 – Distrito de Fazendinha – Macapá/AP. Fone (96) 212-5360/220. Email: marcelo.oliveira@iepa.ap.gov.br; roberto.sacasa@iepa.ap.gov.br.

² Universidade Federal do Amapá, Departamento de Física; Rodovia Jk, Km 2 – Universidade – Macapá/AP. Fone (96) 241-1515 / Email: helyelson@unifap.br

INTRODUÇÃO

Compreende o presente trabalho um estudo preliminar de análise da sazonalidade e da vulnerabilidade natural do aquífero livre no Loteamento Marabaixo III, o qual é a principal fonte de abastecimento de água da comunidade.

O Loteamento Marabaixo III faz parte do Bairro Marabaixo (I, II e III), tendo sido o último a ser implantado e estando em franco processo de urbanização. Está localizado no perímetro urbano do Município de Macapá, distante cerca de 9 Km do centro da cidade e tem uma área aproximada de 1 km², com 60% dos lotes ocupados (Figura 1). Por ser um bairro recente, tem sérios problemas de infra-estrutura urbana e ambientais, dentre os quais destacamos neste trabalho a indisponibilidade de água tratada, o que levou a população ali residente, ao uso de soluções alternativas de abastecimento, principalmente através de poços amazonas que exploram o aquífero livre ou lençol freático.

Os poços amazonas, apesar de constituírem uma alternativa viável economicamente, possuem sérias restrições de uso, devido aos riscos que impõe à saúde humana e ao manancial subterrâneo, tendo em vista que são construídos e utilizados sem critérios técnico-sanitários adequados. Acrescente-se ainda o fato de que no bairro não há sistema de coleta de esgoto sanitário e de águas servidas, utilizando-se portanto fossas, principalmente fossas negras, que constituem fontes pontuais diretas de contaminação, principalmente de orgânicos e patogênicos. Outra limitação relevante ao uso dos poços, refere-se à sazonalidade do nível do freático, pois durante a estiagem, muitos destes ficam secos, obrigando os moradores a aprofundarem mais alguns metros.

Diante deste contexto, foi desenvolvida esta pesquisa, que deteu-se a mapear e acompanhar a sazonalidade do nível estático, bem como de caracterizar as condições de vulnerabilidade do sistema aquífero livre, através do Método GOD proposto por Foster [1] e Foster e Hirata [2]. Assim, espera-se que este trabalho possa servir de base para a adoção de medidas que visem uma utilização mais adequada destes recursos hídricos subterrâneos, assegurando sua qualidade e por consequência a saúde da população.

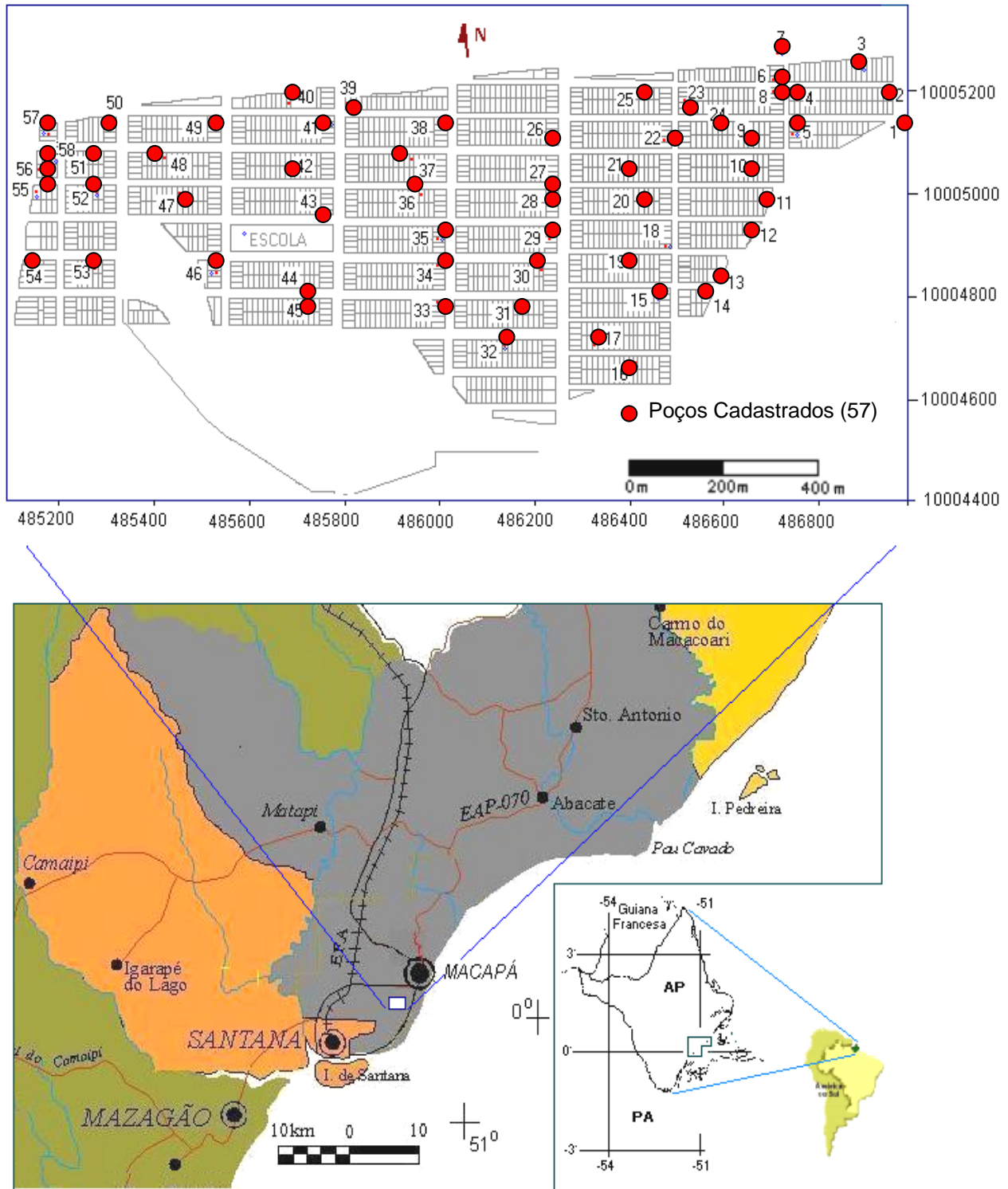


Figura 1 - Mapa de Localização com os poços cadastrados no Loteamento Marabaixo III.

GEOLOGIA E POTENCIALIDADE HÍDROGEOLÓGICA DA ÁREA

A área de estudo está localizada no domínio de planície flúvio-costeira do Estado do Amapá, caracterizada por unidades sedimentares consolidadas a parcialmente consolidadas de idade terciária da Formação Barreiras, recobertos por sedimentos aluvionares e coluvionares recentes [3].

A Formação Barreiras na região de Macapá é caracterizada por sedimentos pelíticos, predominando argilas com variações nas frações silte e areia fina. É comum intercalações de lentes a delgadas camadas areno siltico argilosas, com possibilidade de exploração de água subterrânea. Sotopostos ocorrem pacotes argilo-siltico-arenosos recentes, geralmente bem separados por uma discordância erosiva, marcada por linhas de pedra “*stone lines*”.

Quanto a potencialidade hídrica subterrânea da área, o contexto aquífero local é caracterizado pela ocorrência de sedimentos argilosos, intercalados por lentes a delgadas camadas siltico arenosas a arenosas pouco espessos. Esta geometria das camadas permite inferir que os aquíferos na região são do tipo livre (entre 06 e 14 m) e/ou sistemas aquíferos semi-confinados situados entre profundidades de 30 a 70 m, estes últimos com vazões médias de 2 a 5 m³/h, mas que podem atingir até 14 m³/h, de acordo com informações obtidas na área de estudo.

Ressalta-se que a maior parte da comunidade do Marabaixo III se utiliza de poços amazonas que exploram o lençol freático, os quais muito embora estejam em litologias sem características aquíferas, devido ao seu volume (geralmente diâmetro de 1 a 1,5 m com 1 a 2 m de lâmina d'água), são capazes de armazenar quantidades de água que atendem perfeitamente as necessidades de uma família. Ressalvando-se, entretanto, que durante o período de estiagem alguns podem secar.

Por outro lado, há a possibilidade de se encontrar um grande sistema aquífero local em profundidades superiores a 100 metros, pois, de acordo com informações levantadas junto à Companhia de Águas e Esgoto do Amapá – CAESA, são explorados alguns poços entre 120 e 150 metros, os quais produzem vazões em média de 150 a 200 m³/h, com água de boa qualidade, e que portanto indicam um bom sistema aquífero profundo na área urbana de Macapá.

METODOLOGIA DO TRABALHO

Com o auxílio de uma carta cadastral e um GPS de navegação, foram cadastrados 57 poços (56 amazonas e 01 Artesiano) na área de estudo, em média 01 poço em cada quadra. Para melhor localização dos pontos, além da utilização do GPS, os mesmos foram geoendereçoados (Figura 1). Durante o cadastramento dos poços em outubro de 2003, foi realizada também a medição do nível d'água, com auxílio de um medidor eletrônico de nível. Uma segunda campanha de medidas foi realizada em fevereiro de 2004, para avaliar a variação sazonal do lençol freático num intervalo de 3 meses. Além da medição do nível estático (NE), eram realizadas também observações acerca do

perfil estratigráfico dos poços escavados, assim como de fossas próximas, dando ênfase às características dos sedimentos atravessados, a fim de caracterizar a litologia da zona não saturada.

A seguir, de posse dos dados constantes no Quadro 1 e do mapa topográfico da área, foram confeccionados os mapas potenciométricos para os períodos de estiagem (OUT/2003) e chuvas (FEV/2004), com auxílio do *Software Surf 7.0*, através do modelo de interpolação por curvatura mínima, conforme mostrado na Figura 2.

O trabalho foi concluído com a análise da vulnerabilidade do aquífero, através do Método GOD (G - groundwater occurrence, O - overall litology of aquifer e D - depth of water), que consiste na atribuição de índices de 0 a 1 para cada um dos parâmetros mencionados acima, conforme mostrados nos Quadros 2, 3 e Figura 3.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Variação do Lençol Freático

De acordo com os dados mostrados no Quadro 1, os quais foram sintetizados nos mapas potenciométricos produzidos para os dois períodos de observação do nível estático no Loteamento Marabaixo III (Figura 2). Observa-se uma variação sazonal do nível estático de em média 2,4 m. Entretanto, na parte NW da área (pontos 50, 51 e 57 – Figura 1)) foram registradas variações maiores entre 3,75m e 4,02m. Este comportamento pode ser atribuído a condição topográfica acidentada, a qual deve ser refletida na superfície piezométrica.

Em ambos os mapas potenciométricos é marcante a tendência geral no sentido de fluxo subterrâneo da parte norte para sul da área, embora sejam observadas tendências locais de NE-SW na porção W e de NW-SE na parte E da área, que acompanham os declives e ravinamentos topográficos observados “in loco” e no mapa topográfico. Os dados sugerem ainda um gradiente potenciométrico suave na maior parte da área, o qual provavelmente está acompanhando a superfície topográfica.

Quadro 1 - Dados de localização, profundidade do nível estático e cota topográfica dos pontos cadastrados para os dois períodos de observação (Outubro/2003 e Fevereiro/2004).

Poços	Coordenadas UTM		Prof. do Nível Estático		Cota topo	Cota NE	Cota NE	Rebaixamento (S)
	Latitude - N	Longitude - E	(m) out/03	(m) fev/04	gráfica (m)	out/03 (m)	fev/04 (m)	out03 - fev04(m)
1	10005124,32	486986,96	11	8	99	91	88	3
2	10005133,54	486925,14	11	8	99,7	91,7	88,7	3
3	10005185,73	486881,87	11,35	8,4	100,45	92,05	90,1	2,95
4	10005115,11	486767,5	12,7	9,85	101,4	91,55	88,7	2,85
5	10005065,99	486764,41	12,1	10,4	100,5	90,1	88,4	1,7
6	10005176,52	486711,86	11,35	8,35	102,4	94,05	90,1	3
7	10005250,21	486742,77	13,7	8,9	102,7	93,8	89	4,8
8	10005145,82	486705,68	12,7	9,58	102,25	92,67	89,55	3,12
9	10005065,99	486646,95	12,5	10,7	101,55	90,85	89,05	1,8
10	10004998,44	486677,24	11,8	8,8	101,1	92,3	89,3	3
11	10004930,9	486646,95	11,5	10,1	99,8	89,7	88,3	1,4
12	10004869,49	486603,68	10,5	9,5	99,75	90,25	89,25	1
13	10004740,54	486881,81	8,80	7,5	98,95	91,45	90,15	1,3
14	10004734,4	486563,49	9,20	7,7	98,6	90,9	89,4	1,5
15	10004752,82	486455,31	10,6	9,2	99,4	90,2	88,8	1,4
16	10004614,66	486356,4	7,50	6,2	97,1	90,9	89,6	1,3
17	10004685,27	486322,4	7,90	6,9	97,2	90,3	89,3	1
18	10004863,35	486467,67	11,85	10,3	100,8	90,5	89,95	1,55
19	10004817,3	486412,04	11,5	10,1	100,7	90,6	89,2	1,4
20	10004949,32	486436,76	13,2	10,43	102,4	91,97	89,2	2,77
21	10005010,72	486433,67	13,2	10,4	102,7	92,3	89,5	2,8
22	10005069,06	486476,95	13,2	10,45	102,9	92,45	89,7	2,75
23	10005142,75	486548,04	13,3	10,5	103,25	92,75	89,95	2,8
24	10005072,13	486606,77	12,6	10,55	102,4	91,85	89,8	2,05
25	10005142,75	486452,22	13,4	9,45	103,4	93,95	90	3,95
26	10005081,34	486260,58	12,10	9,6	103,05	93,45	90,95	2,5
27	10005038,36	486263,67	12,5	10,6	102,94	92,34	90,44	1,9
28	10004983,09	486276,03	12,7	11	102,56	91,56	89,86	1,7
29	10004887,91	486251,3	11,4	10	102,05	92,05	90,65	1,4
30	10004829,58	486245,12	11,10	9,1	101,4	92,3	90,3	2
31	10004755,89	486195,67	8,80	7	98,8	91,8	90	1,8
32	10004709,84	486155,48	7,55	5,8	97,2	91,4	89,65	1,75
33	10004795,8	486028,75	9,50	8,4	99,2	90,8	89,7	1,1
34	10004857,21	486041,12	10,90	9	100,2	91,2	89,3	1,9
35	10004906,33	486056,57	10,43	8,1	100,93	92,83	90,5	2,33
36	10004983,09	486013,3	10,77	8,55	102,35	93,8	91,58	2,22
37	10005044,5	485982,39	10,70	8,17	102,75	94,58	92,05	2,53
38	10005124,33	486053,48	10,30	7,9	103,05	95,15	92,75	2,4
39	10005170,38	485892,75	10,77	7,5	103,45	95,95	92,68	3,27
40	10005167,31	485766,02	11,13	7,9	103,1	95,2	91,97	3,23
41	10005133,54	485855,66	11,90	8,4	103,15	94,75	91,25	3,5
42	10005016,87	485784,56	11,60	8,7	102,7	94	91,1	2,9

43	10004976,95	485812,38	11,45	9,35	102,05	92,7	90,6	2,1
44	10004851,07	485784,56	11,80	9,7	100,2	90,5	88,4	2,1
45	10004792,73	485796,93	9,75	9,5	99,8	90,3	90,05	0,25
46	10004863,35	485599,11	9,90	7	98,45	91,45	88,55	2,9
47	10005032,22	485537,29	10,11	7,65	100,6	92,95	90,49	2,46
48	10005099,76	485518,74	9,25	5,85	100,8	94,95	91,55	3,4
49	10005158,1	485605,29	10,90	7,3	102,35	95,05	91,45	3,6
50	10005173,45	485419,83	8,90	5,15	99,8	94,65	90,9	3,75
51	10005108,98	485358,01	8,72	4,7	98	93,3	89,28	4,02
52	10005026,08	485376,55	3,50	1,3	94,5	93,2	91	2,2
53	10004906,34	485314,73	3,80	2,6	95	92,4	86,2	1,2
54	10004900,2	485234,37	9,12	6,7	96	89,3	86,88	2,42
55	10005041,43	485299,28	4,15	2,8	95	92,2	90,85	1,35
56	10005062,92	485290,01	6,35	3,5	96,5	93	90,15	2,85
57	10005062,92	485290,01	9,60	5,3	98	92,7	88,4	4,3

S médio =	2,37754386
	2,4 metros

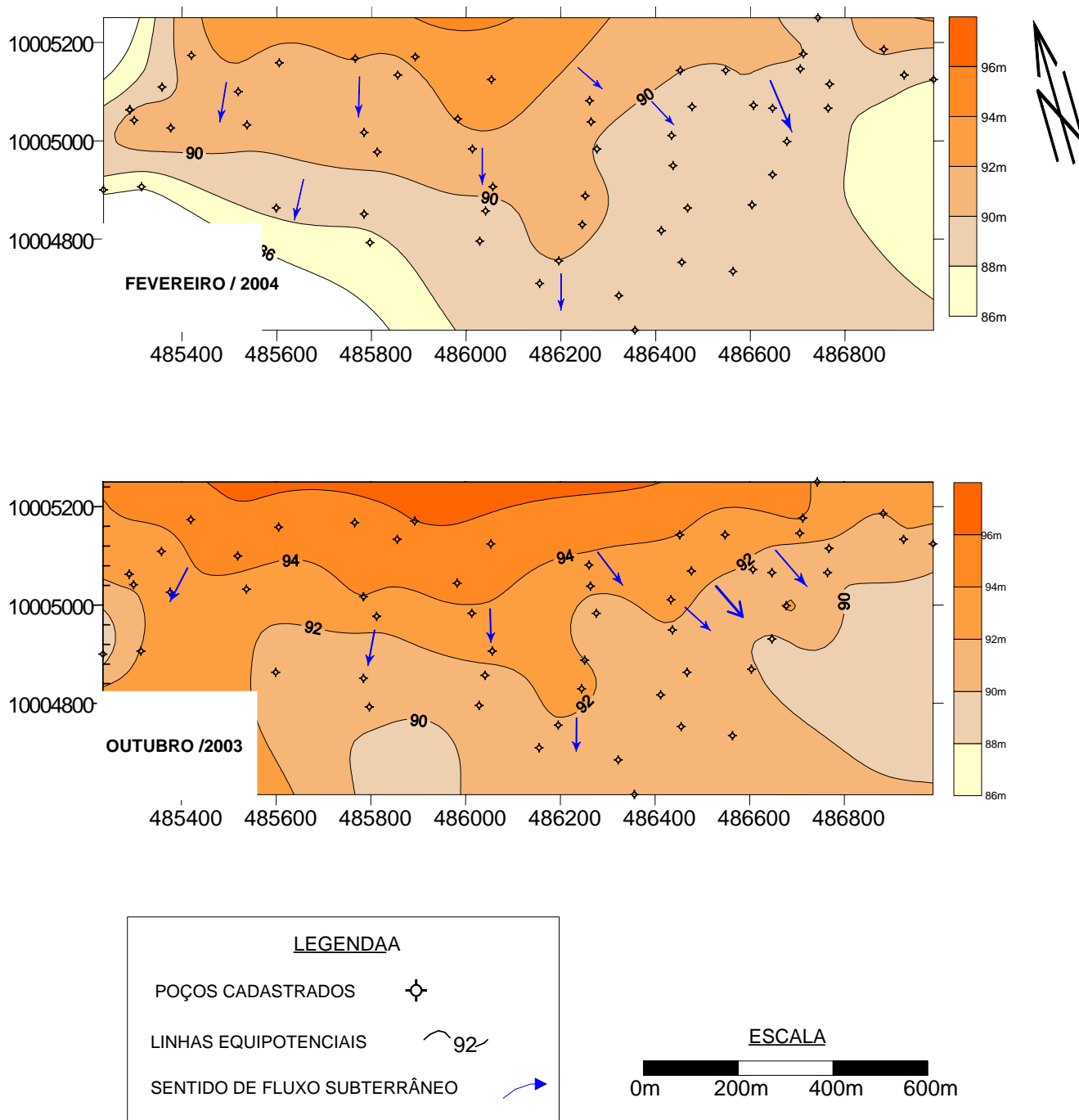


Figura 2 - Mapas potenciométricos para o período de estiagem (Out/03) e inverno (Fev/04) do Loteamento Marabaixo III.

VULNERABILIDADE DO AQUIFERO LIVRE

Definições Sobre Vulnerabilidade

Vulnerabilidade natural de um sistema aquífero, entende-se como a probabilidade ou risco maior ou menor que o mesmo tem a ser contaminado. Pode ser entendido também, como a

capacidade de atenuação que o sistema solo - zona vadosa possui, em função da ocorrência de diversos processos físico-químicos e biológicos, capazes de reter, eliminar e filtrar cargas contaminantes. Outrossim, há de se ressaltar que a vulnerabilidade do sistema, não pode ser atribuída única e exclusiva às características intrínsecas hidrogeológicas do subsolo, mas considerar também o potencial da classe contaminante, muito embora, na prática, estudos desta natureza, dificilmente possam ser realizados devido ao alto custo e tempo demandados.

Uma nova abordagem conceitual de *vulnerabilidade* : “ é a sensibilidade da qualidade das águas subterrâneas a uma carga poluente, função apenas das características intrínsecas do aquífero”, e distingue de “*risco de poluição* que é causado não apenas pelas características intrínsecas do aquífero, mas também pela existência de atividades poluidoras” [4].

Vulnerabilidade pode ainda ser definida em função da : a) inacessibilidade da zona saturada à penetração de contaminantes e b) capacidade de atenuação dos estratos da zona não saturada, devido sua capacidade retenção física e química de contaminantes (fatores intrínsecos) os quais interagem com dois componentes da carga contaminante: 1 - modo de disposição do contaminante no subsolo e; 2 - classe de contaminante em termos de sua modalidade e persistência [5].

Neste trabalho, foram considerados apenas os parâmetros aquíferos do subsolo local, sem levar em consideração as características da possível carga contaminante, muito embora, sejam reconhecidos algumas atividades instaladas próximas ou no próprio local, como potencialmente poluidoras às águas subterrâneas: fossas negras, esgoto domésticos, resíduos de atividade avícola e agricultura com uso de agrotóxicos.

As características do aquífero consideradas e levantadas para a realização do mapeamento do vulnerabilidade, são as propostas pelo Método GOD, quais sejam: a) tipo de aquífero, b) litologia da zona não saturada e ; c) profundidade do nível estático. Para cada um destes é atribuído um índice de 0 a 1, os quais são multiplicados para dar um parâmetro de saída que exprime a vulnerabilidade (maior ou menor do sistema), sendo que quanto mais próximo de 0 menos vulnerável; já próximo de 1, significa sistema mais vulnerável.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os dados de entrada e saída do sistema, considerando os 57 poços estudados são mostrados nos Quadros 2 e 3. Consoante estas informações, as quais foram ainda sistematizados na Figura 3, a área enquadra-se em quase que sua totalidade, como de baixa vulnerabilidade natural, com índices variando de 0,13 a 0,20, sendo o valor limite para esta categoria o de 0,30. Estes valores baixos foram influenciados sobretudo, pelo tipo de material litológico que constitui a zona vadosa, que é essencialmente argiloso, não tendo muita variação. Excetua-se uma porção na parte NW da área que

apresenta moderada vulnerabilidade com índice de 0,36 a 0,41, pois neste local há poços extraíndo água do aquífero livre em sedimentos argilo siltosos praticamente aflorantes, ou seja sem recobrimento. Esta é uma área que invoca certa preocupação, pois apesar de ser classificada como de moderada vulnerabilidade, as condições sanitárias e de proteção dos poços são precárias.

Em termos sazonais não há diferenças quanto a vulnerabilidade do sistema, apesar de se reconhecer que durante a estiagem, devido o nível estático estar mais profundo, maior a barreira à penetração de contaminantes.

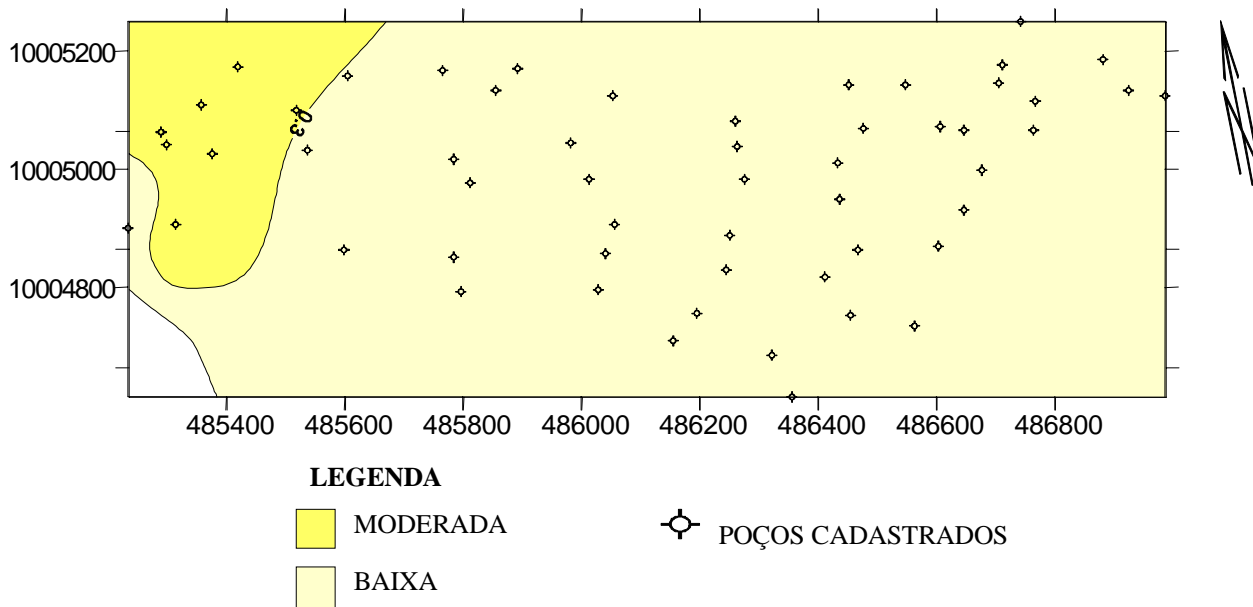


FIGURA 3 - Carta de vulnerabilidade natural do aquífero livre no Loteamento Marabaixo III

Quadro 2 - Parâmetros de Entrada e de Saída para determinação da Vulnerabilidade do Aquífero Livre do Marabaixo III para o período de Estiagem (Out/2003), utilizando o Método GOD.

Poços	Coordenadas UTM		Tipo de Aquífero		Litologia da Z. Vadosa		Prof. do nível estático		Vulnerab. do aquífero	
	Latitude - N	Longitude - E	Tipo	Índice	Litologia	índice	(m)	índice	Total	Classific.
1	10005124,3	486986,96	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	11	0,7	0,13	Baixa
2	10005133,5	486925,14	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	11	0,7	0,13	Baixa
3	10005185,7	486881,87	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	11,35	0,7	0,13	Baixa
4	10005115,1	486767,5	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	12,7	0,7	0,13	Baixa
5	10005066	486764,41	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	12,1	0,7	0,13	Baixa
6	10005176,5	486711,86	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	11,35	0,7	0,13	Baixa
7	10005250,2	486742,77	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	13,7	0,7	0,13	Baixa
8	10005145,8	486705,68	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	12,7	0,7	0,13	Baixa
9	10005066	486646,95	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	12,5	0,7	0,13	Baixa
10	10004998,4	486677,24	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	11,8	0,7	0,13	Baixa

11	10004930,9	486646,95	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	11,5	0,7	0,13	Baixa
12	10004869,5	486603,68	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10,5	0,7	0,13	Baixa
13	10004740,5	486881,81	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	8,80	0,7	0,13	Baixa
14	10004734,4	486563,49	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	9,20	0,7	0,13	Baixa
15	10004752,8	486455,31	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10,6	0,7	0,13	Baixa
16	10004614,7	486356,4	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	7,50	0,7	0,13	Baixa
17	10004685,3	486322,4	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	7,90	0,7	0,13	Baixa
18	10004863,4	486467,67	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	11,85	0,7	0,13	Baixa
19	10004817,3	486412,04	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	11,5	0,7	0,13	Baixa
20	10004949,3	486436,76	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	13,2	0,7	0,13	Baixa
21	10005010,7	486433,67	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	13,2	0,7	0,13	Baixa
22	10005069,1	486476,95	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	13,2	0,7	0,13	Baixa
23	10005142,8	486548,04	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	13,3	0,7	0,13	Baixa
24	10005072,1	486606,77	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	12,6	0,7	0,13	Baixa
25	10005142,8	486452,22	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	13,4	0,7	0,13	Baixa
26	10005081,3	486260,58	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	12,10	0,7	0,13	Baixa
27	10005038,4	486263,67	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	12,5	0,7	0,13	Baixa
28	10004983,1	486276,03	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	12,7	0,7	0,13	Baixa
29	10004887,9	486251,3	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	11,4	0,7	0,13	Baixa
30	10004829,6	486245,12	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	11,10	0,7	0,13	Baixa
31	10004755,9	486195,67	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	8,80	0,7	0,13	Baixa
32	10004709,8	486155,48	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	7,55	0,7	0,13	Baixa
33	10004795,8	486028,75	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	9,50	0,7	0,13	Baixa
34	10004857,2	486041,12	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10,90	0,7	0,13	Baixa
35	10004906,3	486056,57	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10,43	0,7	0,13	Baixa
36	10004983,1	486013,3	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10,77	0,7	0,13	Baixa
37	10005044,5	485982,39	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10,70	0,7	0,13	Baixa
38	10005124,3	486053,48	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10,30	0,7	0,13	Baixa
39	10005170,4	485892,75	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10,77	0,7	0,13	Baixa
40	10005167,3	485766,02	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	11,13	0,7	0,13	Baixa
41	10005133,5	485855,66	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	11,90	0,7	0,13	Baixa
42	10005016,9	485784,56	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	11,60	0,7	0,13	Baixa
43	10004977	485812,38	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	11,45	0,7	0,13	Baixa
44	10004851,1	485784,56	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	11,80	0,7	0,13	Baixa
45	10004792,7	485796,93	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	9,75	0,7	0,13	Baixa
46	10004863,4	485599,11	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	9,90	0,7	0,13	Baixa
47	10005032,2	485537,29	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10,11	0,7	0,13	Baixa
48	10005099,8	485518,74	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	9,25	0,7	0,13	Baixa
49	10005158,1	485605,29	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10,90	0,7	0,13	Baixa
50	10005173,5	485419,83	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	8,90	0,7	0,13	Baixa
51	10005109	485358,01	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	8,72	0,7	0,13	Baixa
52	10005026,1	485376,55	Livre	0,9	Argila Siltica	0,5	3,50	0,9	0,41	Moderada
53	10004906,3	485314,73	Livre	0,9	Argila Siltica	0,5	3,80	0,9	0,41	Moderada
54	10004900,2	485234,37	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	9,12	0,7	0,13	Baixa
55	10005041,4	485299,28	Livre Semi-cob.	0,8	Argila Siltica	0,5	4,15	0,9	0,36	moderada
56	10005062,9	485290,01	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	6,35	0,75	0,13	Baixa
57	10005062,9	485290,01	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	9,60	0,6	0,2	Baixa

Quadro 3 - Parâmetros de Entrada e de Saída para determinação da Vulnerabilidade do Aquífero Livre do Marabaixo III para o período de chuvas (Fev/2004), utilizando o Método GOD.

Poços	Coordenadas UTM		Tipo de Aquífero		Litologia da Z. Vadosa		Prof. do nível estático		Vulnerab. do aquífero	
	Latitude - N	Longitude - E	Tipo	Índice	litologia	Índice	(m)	índice	total	Classif.
1	10005124	486987	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	8	0,7	0,13	Baixa
2	10005134	486925,1	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	8	0,7	0,13	Baixa
3	10005186	486881,9	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	8,4	0,7	0,13	Baixa
4	10005115	486767,5	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	9,85	0,7	0,13	Baixa
5	10005066	486764,4	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10,4	0,7	0,13	Baixa
6	10005177	486711,9	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	8,35	0,7	0,13	Baixa
7	10005250	486742,8	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	8,9	0,7	0,13	Baixa
8	10005146	486705,7	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	9,58	0,7	0,13	Baixa
9	10005066	486647	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10,7	0,7	0,13	Baixa
10	10004998	486677,2	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	8,8	0,7	0,13	Baixa
11	10004931	486647	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10,1	0,7	0,13	Baixa
12	10004869	486603,7	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	9,5	0,7	0,13	Baixa
13	10004741	486881,8	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	7,5	0,7	0,13	Baixa
14	10004734	486563,5	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	7,7	0,7	0,13	Baixa
15	10004753	486455,3	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	9,2	0,7	0,13	Baixa
16	10004615	486356,4	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	6,2	0,7	0,13	Baixa
17	10004685	486322,4	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	6,9	0,7	0,13	Baixa
18	10004863	486467,7	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10,3	0,7	0,13	Baixa
19	10004817	486412	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10,1	0,7	0,13	Baixa
20	10004949	486436,8	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10,43	0,7	0,13	Baixa
21	10005011	486433,7	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10,4	0,7	0,13	Baixa
22	10005069	486477	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10,45	0,7	0,13	Baixa
23	10005143	486548	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10,5	0,7	0,13	Baixa
24	10005072	486606,8	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10,55	0,7	0,13	Baixa
25	10005143	486452,2	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	9,45	0,7	0,13	Baixa
26	10005081	486260,6	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	9,6	0,7	0,13	Baixa
27	10005038	486263,7	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10,6	0,7	0,13	Baixa
28	10004983	486276	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	11	0,7	0,13	Baixa
29	10004888	486251,3	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	10	0,7	0,13	Baixa
30	10004830	486245,1	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	9,1	0,7	0,13	Baixa
31	10004756	486195,7	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	7	0,7	0,13	Baixa
32	10004710	486155,5	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	5,8	0,7	0,13	Baixa
33	10004796	486028,8	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	8,4	0,7	0,13	Baixa
34	10004857	486041,1	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	9	0,7	0,13	Baixa
35	10004906	486056,6	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	8,1	0,7	0,13	Baixa
36	10004983	486013,3	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	8,55	0,7	0,13	Baixa
37	10005045	485982,4	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	8,17	0,7	0,13	Baixa
38	10005124	486053,5	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	7,9	0,7	0,13	Baixa
39	10005170	485892,8	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	7,5	0,7	0,13	Baixa

40	10005167	485766	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	7,9	0,7	0,13	Baixa
41	10005134	485855,7	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	8,4	0,7	0,13	Baixa
42	10005017	485784,6	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	8,7	0,7	0,13	Baixa
43	10004977	485812,4	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	9,35	0,7	0,13	Baixa
44	10004851	485784,6	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	9,7	0,7	0,13	Baixa
45	10004793	485796,9	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	9,5	0,7	0,13	Baixa
46	10004863	485599,1	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	7	0,7	0,13	Baixa
47	10005032	485537,3	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	7,65	0,7	0,13	Baixa
48	10005100	485518,7	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	5,85	0,7	0,13	Baixa
49	10005158	485605,3	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	7,3	0,7	0,13	Baixa
50	10005173	485419,8	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	5,15	0,7	0,13	Baixa
51	10005109	485358	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	4,7	0,7	0,13	Baixa
52	10005026	485376,6	Livre	0,9	Argila siltica	0,5	1,3	0,9	0,41	moderada
53	10004906	485314,7	Livre	0,9	Argila siltica	0,5	2,6	0,9	0,41	moderada
54	10004900	485234,4	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	6,7	0,7	0,13	Baixa
55	10005041	485299,3	Livre semi-cob.	0,8	Argila siltica	0,5	2,8	0,9	0,36	moderada
56	10005063	485290	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	3,5	0,75	0,13	Baixa
57	10005063	485290	Livre Coberto	0,6	Argila	0,3	5,3	0,9	0,13	Baixa

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com o Método GOD, o sistema aquífero livre no Loteamento Marabaixo III é caracterizado como de baixa a moderada vulnerabilidade. Os sedimentos argilosos da Formação Barreiras que ocorrem em toda zona vadosa do aquífero livre, funcionam como barreiras naturais a infiltração de poluentes, conferindo baixo risco de contaminação ao lençol na maior parte da área de estudo. Já nas zonas topograficamente mais baixas e acidentadas (porção NW), ocorre a exploração do aquífero livre recoberto por delgadas camadas (2,5 a 4 m) de solos residuais a material mais argilo-siltoso recente, assim o sistema tende a ser mais vulnerável nesta porção, sendo caracterizado portanto, como de moderada vulnerabilidade.

Quanto a sazonalidade do nível do freático, foram registrados rebaixamentos médios de 2,4 metros, porém que podem alcançar até 4 metros em local mais acidentado. Deste modo, recomenda-se a escavação de poços amazonas com profundidades ultrapassando o nível estático em torno de 3,5 metros durante o inverno, o que garantirá uma lâmina d'água mínima de 1,0 metros na estiagem, e que portanto não correm o risco de ficar secos .

Tendo em vista o grande número de fossas negras, a falta de condições de proteção sanitárias mínimas aos poços amazonas e; sobretudo ao desconhecimento de saneamento ambiental por parte população residente. Pode se concluir que o sistema aquífero livre, muito embora caracterizado como de baixa a moderada vulnerabilidade, está sujeito a fontes pontuais diretas de contaminação de suas águas, a partir dos próprios poços amazonas. Quer seja pela falta de proteção sanitária, quer seja pelo abandono destes poços, os quais não são devidamente vedados, servindo inclusive para a

deposição de lixo e, ainda mais grave, para o despejo de águas residuárias, podendo levar poluentes diversos diretamente para o lençol freático, e comprometer todo este manancial. Deste modo, deve ser realizado um programa de monitoramento constante da qualidade de água, bem como de orientação e educação sanitária junto a população, quanto aos cuidados que se deve tomar em relação a proteção dos poços amazonas, considerando que os mesmos são a única fonte de abastecimento de água atualmente disponível para a comunidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FOSTER, S. S. D - Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy. Proc. Intl. Conf. "vulnerability of soil and groundwater to pollutants". Noordwijk, the Netherlands/april, 1987.
- [2] FOSTER, S. S. D e HIRATA, R. C. A - Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: Um método baseado em dados existentes. São Paulo - Instituto Geológico, P. il., tabs. 23 cm (Boletim, 10), 1993.
- [3] LIMA, M. I. C.; BEZERRA, P. E. L.; ARAÚJO, H. J. T. – Sistematização da geologia do Estado do Amapá. Anais do III Simp. de Geol. da Amazônia. Belém. SBG, p. 322-335, 1991.
- [4] ROCHA, F.S.; ALVES.M.G.; ALMEIDA, F. T. - Estudo preliminar da vulnerabilidade dos aquíferos em Campos dos Goitacazes - Rio de Janeiro. XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Belo Horizonte, 2003.
- [5] MONTEIRO, A.B.; CABRAL, J.J.S.P.; BARBOSA, D.L.; FREIRE, P.K.C. - Vulnerabilidade e distribuição espacial de nitratos no Aquífero Barreiras nos Bairros de Ibura e Jordão - Recife - Pernambuco. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas - ABAS, Florianópolis, 2002.