

AÇÃO ANTRÓPICA SOBRE AS ÁGUAS NA APA DO MARACANÃ EM SÃO LUIS/MA

João Batista Almeida¹; Carla Maria Salgado Silva²; Horst Frischkorn³; Maria Marlúcia Freitas Santiago⁴;

Resumo: A demanda de água e a ocupação do solo crescem com o crescimento populacional, em geral, desordenado nos centros urbanos, o que faz necessário a criação de áreas de proteção ambiental, de grande importância para a conservação dos recursos hídricos. Monitoramento de águas superficiais e subterrâneas foi realizado, no período de um ano, no lago do rio da Prata e circunvizinhança em São Luís, Maranhão. Foi identificada a presença de possíveis fontes de poluição e contaminação em parte da APA do Maracanã. Os parâmetros analisados foram condutividade elétrica, nitrato e a presença de bactérias em fontes, no lago e em água subterrânea de poços. Das 86 amostras de poços, somente 01 teve $N-NO_3^-$ acima do VMP, mas em 45 amostras foi detectada a presença de coliformes e em 13, a presença de *Escherichia coli*. Nas amostras das nascentes e do lago nenhuma apresentou $N-NO_3^-$ acima do VMP, mas todas elas apresentaram tanto coliformes totais quanto *Escherichia coli*. Além do aspecto de qualidade das águas, foram identificados o efeito do barramento para a criação do lago e do bombeamento de sua água para a barragem do Batatã, principal fonte de abastecimento de água potável da ilha de São Luís.

Palavras-chave: APA Maracanã/São Luís; Ação antrópica; Recursos hídricos.

Abstract: The demand for water and land use increases with population growth, generally disordered in urban centers, which makes necessary the creation of protected areas, of great importance for the conservation of water resources. Monitoring of surface and groundwater was conducted, in the period of one year, in the area of the rio da Prata lake and surroundings in São Luís, Maranhão. The presence of possible sources of pollution and contamination of the APA Maracanã was identified. The parameters analyzed were electric conductivity, nitrate and the presence of bacteria in waters from springs, the lake and groundwater wells. Of the 86 samples from wells, only 01 had $NO_3^- - N$ higher than 10mg/L. However, in 45 samples the presence of coliform bacteria were detected and in 13, the presence of *Escherichia coli* was found. In samples from the springs and the lake showed no $NO_3^- - N$ above 10mg/L was found, but all showed both

1. Instituto Federal do Maranhão; Maranhão, Brasil. E-mail: bvpalmeida@yahoo.com.br
2. Universidade Federal do Ceará, Departamento de Física; Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: carla@fisica.ufc.br
3. Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental; Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: cariri@ufc.br
4. Universidade Federal do Ceará, Departamento de Física; Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: marlucia@fisica.ufc.br

total coliforms and *Escherichia coli*. Besides the aspects of water quality, the side-effects of the creation of the rio da Prata lake and pumping of its water to the Batatã dam, the main source of drinking water supply of the island of São Luís, were identified.

Key-words: APA Maracanã/São Luís; Human action; Water resources

1 – INTRODUÇÃO

A qualidade de vida de uma população tem relação direta com a qualidade dos recursos hídricos; o aumento do consumo d'água está intimamente ligado ao crescimento da população. Dados do IBGE, para 2012, mostram São Luís uma população de 1.014.837 habitantes, portanto com elevada demanda de água para consumo humano.

O abastecimento público de São Luís é feito pelo Sistema Sucavém, predominantemente, de água superficial armazenada no Reservatório Batatã, localizado no Parque Estadual do Bacanga, uma represa na Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga e de água armazenada em um lago no rio da Prata, afluente do rio Batatã, localizado após a barragem do Batatã. Água subterrânea também contribui para o Sistema de abastecimento através de uma bateria de 14 poços tubulares; juntamente com as águas de chuva acumuladas no reservatório do Batatã. O rio da Prata com seu lago contribuem com 20% do abastecimento público da população da Ilha de São Luís.

A bacia do Rio da Prata está situada na zona rural, nas proximidades do Instituto Federal do Maranhão-IFMA/Campus Maracanã, onde estão instaladas várias residências; a vegetação já é escassa na área. Ao longo dos anos, muitas espécies foram destruídas pela ação do homem, causando problemas graves como aumento da erosão com redução da vegetação e recursos de água superficial e subterrânea sofrendo, ao longo dos anos, uma considerável diminuição.

A área é também de interesse turístico; Mendes et al. (2007) desenvolveram nela um trabalho para tornar o desenvolvimento turístico local sustentável, levando à sociedade o conhecimento da composição florística e fitossociológica ao longo das trilhas ecológicas, e alertando para a importância da preservação.

Segundo moradores antigos, o evento mais impactante ocorreu quando a Companhia de Águas e Esgoto do Maranhão (CAEMA) construiu, em 1969, uma barragem para exportar parte das águas do rio da Prata para o reservatório do Batatã a fim de atender a demanda da Ilha de São Luís.

Os moradores confirmam as mudanças que ocorreram na área nas últimas cinco décadas, produzidas principalmente pela ocupação da área de preservação do rio. Antes, as casas eram

construídas afastadas do rio, em áreas mais altas, o que mantinha os esgotos domésticos distantes do rio.

Como o desmatamento, principalmente da mata ciliar, era desprezível, não havia assoreamento que provocasse o carreamento de sedimentos para o rio, diminuindo a sua profundidade.

A ocupação nas áreas de preservação do rio levou à contaminação das águas devido à construção de fossas sépticas necessárias pela falta de saneamento.

Os antigos moradores bebiam água diretamente do rio; atualmente, a água não se presta para este fim, pois até com o banho as crianças ficam com doença de pele, como comentam moradores. Impactos ambientais nas trilhas Baluarte na APA do Maracanã foram observados por Santiago et al. (2011). Neste trabalho, foram medidos parâmetros relacionados com fontes de poluição de recursos hídricos, como os adubos de solo, esgotos sanitários humanos, fezes de animais e lixões (CCME, 2012) em parte da APA do Maracanã com ênfase à interferência na qualidade das águas.

2 - A ÁREA

A área de pesquisa é a bacia hidrográfica do Rio da Prata, com 1,72 km², e circunvizinhança, localizada na Ilha de São Luís do Maranhão e inserida na bacia do Rio Bacanga, no Parque Estadual do Bacanga, com as coordenadas geográficas, ao norte 02° 35' 40" e 44° 16' 30"; ao sul 02° 36' 56" e 44° 16' 14"; a leste: 02° 36' 19" e 44° 16' 30" e a oeste 02° 36' 11" e 44° 16' (Figura 1).

Em São Luís, o sistema hidrogeológico é constituído de dois aquíferos que estão presentes em toda a ilha; um livre, denominado Aquífero Barreiras, com espessura variando de 15 a 80 m e litologia composta, a partir da base, por arenitos e argilitos continentais e, no topo, por areias brancas quartzosas. É a unidade geológica mais promissora à captação de água subterrânea (SOUSA, 2000).

Este aquífero sofre a influencia de feições topográficas do terreno, com suas águas comumente drenadas para locais mais baixos, onde o lençol subterrâneo aflora, dando origem a fontes ou surgências que formam as nascentes de pequenos córregos ou aumentam o caudal de rios, que constituem os principais exutórios desse aquífero (MACEDO, 2005).

Outra parte do sistema é o Aquífero Itapecuru, semiconfinado (PEREIRA *et al.*, 2004), o mais explorado do Maranhão, sobretudo em São Luís e São José de Ribamar, onde se captam águas subterrâneas do Itapecuru em poços com profundidade variando, de 30 a 100 m, e vazão de 5 a 12 m³/hora (MACEDO, 2005).

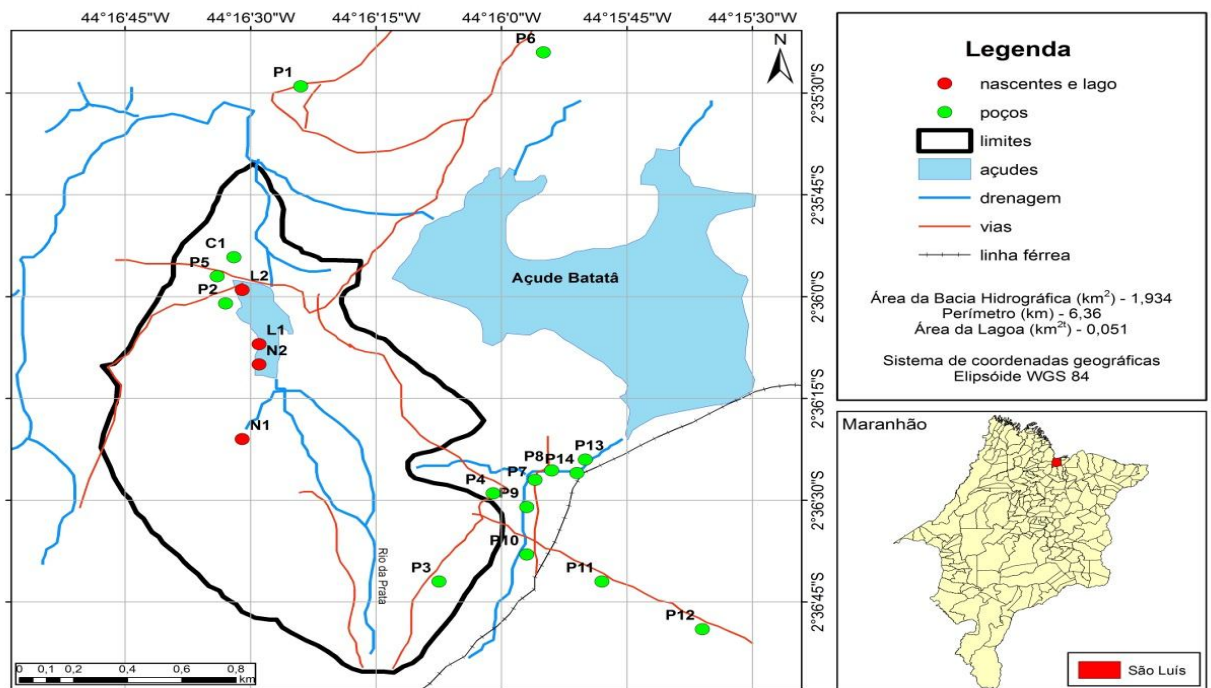


Figura 1 - Localização da área de trabalho e dos pontos de amostragem na APA do Maracaná.

Na área de estudo, predominam os solos lateríticos, que são solos intemperizados, encontrados principalmente nas regiões tropicais do mundo. Os minerais encontrados nesses solos são muitas vezes umedecidos e ricos em óxidos de alumínio e de ferro que dão geralmente uma coloração vermelha.

A maioria dos solos altamente oxidados apresenta baixa fertilidade pela baixa reserva de nutrientes, alta retenção de fósforo pelos minerais óxidos e baixa capacidade de troca de cátions. Nas regiões tropicais e semitropicais onde as chuvas são frequentes, estes solos são muitas vezes desprovidos de matéria orgânica devido ao rápido enfraquecimento que ocorre. A maioria dos nutrientes no ecossistema do latossolo é contida na vegetação e na decomposição do material das plantas. Apesar da baixa fertilidade, os latossolos podem ser bastante produtivos com a adição de fertilizantes e cal (FAÉ, 2011).

Na década de 1930 (depoimento da Sra. Luiza dos Santos Lopes, uma das antigas moradoras) havia poucas famílias, a produção era somente de lavoura de subsistência cultivando e explorando farinha, banana, carvão, juçara, buriti, toda ela deslocada via transporte hídrico para os mercados dos bairros do Cavaco e Areal, em São Luís, atualmente denominados de bairros de Fátima e Monte Castelo.

Atualmente, uma bomba hidráulica (Figura 2a) capta água da bacia do Rio da Prata para o reservatório do Batatã (Figura 2b), contribuindo para o abastecimento de São Luís, gerenciado pela

CAEMA. Esta bacia é importante para a população ribeirinha e para a Ilha de São Luís, pela pesca, cultivo de frutas e legumes, banho, lavagem de roupa, dentre outras atividades.



Figura 2 – (a) Bomba transportando água do Rio da Prata para o reservatório do Batatã. (b) Reservatório do Batatã.

A água é transportada para o reservatório do Batatã através de uma caixa de passagem, dando uma contribuição média de captação do Rio da Prata de 40 L/s. Segundo avaliação da CAEMA, a água é imprópria para o consumo humano e até mesmo para o banho, pois é utilizada para lavagem de animais e de roupas, entre outras atividades poluentes.

Atualmente já se observa a degradação do solo na área em estudo principalmente na bacia do rio, onde grandes quantidades de sedimentos descem no período chuvoso; além disso, segundo depoimentos de moradores já não existem mais várias nascentes, que faziam parte desse ecossistema, resultando em prejuízo ambiental para a fauna e a flora. Tudo isto tem reflexo direto na vida dos moradores que habitam na APA, fiscalizada diretamente pelo Batalhão da Polícia Florestal para coibir a retirada do que ainda resta de recursos naturais.

3 - METODOLOGIA

Amostragem de águas de 02 nascentes e 02 pontos no lago foi feita mensalmente; água subterrânea foi coletada bimestralmente em poços na bacia hidrográfica do rio da Prata e na circunvizinhança, no período de outubro de 2011 a setembro de 2012; em etapas de campo, foi realizado percurso na área para determinar fatores de poluição e/ou contaminação. Os locais de amostragem estão indicados na Figura 1 e na Tabela 1 juntos com as profundidades dos poços.

Em todas as amostras foram medidos os parâmetros condutividade elétrica, concentração de nitrato e analisada a presença de bactérias. As medidas foram realizadas nos laboratórios da FUNASA/Maranhão.

Tabela 1 – Locais de amostragem e profundidades dos poços (Prof.). N: nascente, L: lago, P: poço; C: cacimba

Manancial		Latitude S	Longitude W	Prof. (m)
N1	Nascente 1	02°36'20,9"	44°16'31,5"	-
N2	Nascente 1A	02°36'10,5"	44°16'28,7"	-
L1	Meio do Rio	02°36'07,3"	44°16'29,0"	-
L2	Barragem	02°35'58,6"	44°16'31,2"	-
P1	Agricultura III	02°36'29,5"	44°16'24,4"	85,50
P2	Res. Fra. Soares	02°36'00,9"	44°16'33,3"	35,00
P3	Campo/Futebol	02°36'41,8"	44°16'07,5"	110,59
P4	Refeitório/IFMA	02°36'28,8"	44°16'01,0"	73,60
P5	Res. Biné	02°35'56,6"	44°16'34,2"	40,00
P6	Res. Gilvandro	02°35'23,9"	44°15'55,4"	38,00
P7	Res. Celene	02°36'26,9"	44°15'56,2"	45,00
P8	Res. Laurentina	02°36'25,6"	44°15'54,4"	42,00
P9	Res. Ivone	02°36'31,2"	44°15'56,5"	40,00
P10	Res. Lourdes	02°36'37,5"	44°15'56,5"	38,00
P11	Res. Vitória	02°36'42,0"	44°15'48,2"	48,00
P12	Res. Sebastião	02°36'48,6"	44°15'36,3"	55,00
P13	Re. M ^a das Dores	02°36'23,5"	44°15'50,2"	52,00
P14	Res. Chicaral	02°36'25,6"	44°15'51,1"	45,00
C1	Cacimba do Biné	02°35'54,2"	44°16'31,7"	10,00

4 - RESULTADOS

Ações antrópicas na área, identificadas durante a pesquisa, foram o desmatamento para a instalação da rede de distribuição de energia pela Eletronorte deixando o solo sem vegetação facilitando o carreamento de sedimentos para os córregos e rio produzindo assoreamento diminuindo a capacidade de armazenamento do lago (Figura 3a).

Uma ação muito impactante sobre a qualidade das águas é a construção de fossas sépticas em locais inadequados; é o que ocorre nas áreas onde não há saneamento básico, muito próximas do rio (Figura 3b). Onde falta de saneamento básico, normalmente também não há coleta sistemática do lixo, lançado no solo e frequentemente perto do rio. (Figura 3c). Outra ação inadequada à proteção da qualidade das águas é a lavagem de roupa no rio deixando resíduos diversos, entre outros de sabão (Figura 3d).

Sob o aspecto da quantidade de água, a ação mais impactante sobre as reservas hídricas na área foi a construção da barragem no rio da Prata que impede a saída de sedimentos, produzidos pelo desmatamento, diminuindo a profundidade do lago e do rio como é constatado no local.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3—Ações antrópicas na área: (a) Rede elétrica de distribuição da Eletronorte; (b) Modelo de fossa na área, (c) Lixão; (d) Lavagem de roupa na bacia do Rio da Prata.

O impacto destas ações sobre a qualidade das águas foi monitorado através da condutividade elétrica e da concentração de nitrato analisados em amostras de poços (Tabela 2) e de nascentes e do lago (Tabela 3). A condutividade elétrica nas águas amostradas nos poços (Figura 4a) mostram três diferentes grupos, todos de baixa salinidade. Dos 14 poços amostrados, 10 têm profundidades entre 35 e 55m (Tabela 1). Dois locais não foram amostrados durante todo o período, pois a cacimba (C1) e o poço P3 secaram.

Tabela 2 - Condutividade elétrica (CE em $\mu\text{S}/\text{cm}$) e N-NO_3^- (mg/L) em amostras de água subterrânea

Poço	Out/2011		Dez/2011		Fev/2012		Abr/2012		Jul/2012		Set/2012	
	CE	CE	N-NO ₃ ⁻	CE	N-NO ₃ ⁻	CE	N-NO ₃ ⁻	CE	N-NO ₃ ⁻	CE	N-NO ₃ ⁻	
P1	55	64	2,2	67	3,2	59	0,5	57	3,1	51	1,9	
P2	20	30	0,3	26	0,5	22	0,4	20	0,5	21	0,6	
P3	394	310	0,8	377	0,7	339	0,4	-	-	-	-	
P4	98	101	2,7	105	3,6	102	0,1	101	3,6	90	3,0	
P5	57	46	1,9	52	0,6	57	0,4	51	1,7	16	1,8	
P6	51	50	1,2	56	< LQ	52	0,4	55	2,0	24	2,5	
P7	120	101	2,2	137	3,9	96	0,4	93	2,9	70	2,8	
P8	42	52	0,9	55	2,0	53	0,5	49	1,6	13	1,7	
P9	97	100	4,3	96	3,2	87	0,4	80	3,7	70	3,6	
P10	358	400	18,4	278	9,9	288	0,4	260	6,9	218	6,8	
P11	200	230	5,0	210	8,5	206	0,4	223	5,6	203	5,5	
P12	254	297	2,6	282	7,7	200	0,4	318	4,4	270	5,0	
P13	132	117	2,8	86	2,8	130	< LQ	130	5,5	128	5,4	
P14	61	50	0,7	39	0,5	33	0,4	41	0,8	30	0,8	
C1	46	60	0,4	95	0,4	95	0,7	-	-	-	-	

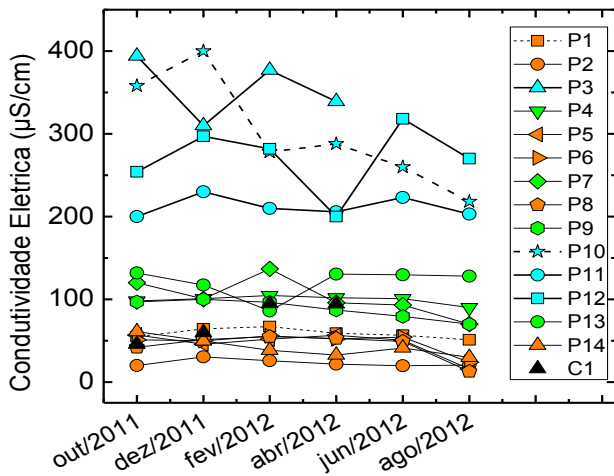
Tabela 3 - Condutividade elétrica, nitrato, coliformes totais (CT) e Escherichia coli (E.C.) nas amostras das nascentes e lago. * valor >2.419,6 NMP/100 mL.

	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Condutividade elétrica (µS/cm)												
N1		50	48	45	46	40	42	44	43	53	54	56
N2	52	51	55	49	46	44	49	43	44	56	55	59
L1	55	55	51	52	50	50	47	47	47	55	58	58
L2	54	53	56	53	53	50	46	47	50	54	58	57
N-NO ₃ ⁻ (mg/L)												
N1		0,1	0,50	0,50	0,30	0,20	0,20	< LQ	0,20	0,20	0,30	0,20
N2		0,3	0,30	0,60	0,30	0,50	0,80	0,30	0,60	0,50	0,60	0,80
L1		0,2	0,60	0,90	< LQ	0,30	0,40	0,10	0,80	0,60	0,50	0,60
L2		0,6	0,70	0,60	0,82	0,80	0,40	1,00	0,80	0,50	< LQ	0,50
Coliformes Totais (NMP/100 mL)												
N1		344	201	340	1733	613	*	880	921	548	2.098	4
N2	1.101	830	687	892	687	1896	*	1.350	770	548	906	20
L1	1.011	961	*	*	>	*	*	*	*	932	2.187	52
L2	691	961	*	*	*	*	*	*	*	1.153	2.247	121
Escherichia Coli (NMP/100 mL)												
N1		10	1	2	76	13	61	80	11,0	10	5	4
N2	31	7	2	7	2	24	365	181	6,0	16	23	20
L1	206	15	44	45	1553	365	23	200	25,0	100	135	52
L2	146	48	26	70	1553	649	*	520	112,6	171	279	121

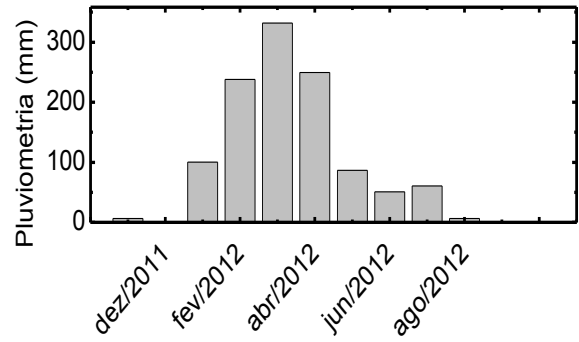
A variação paralela da condutividade elétrica nas amostras das duas nascentes e dos dois pontos no lago (Figura 4b) com a pluviosidade (Figura 4c) mostra o efeito da recarga no período chuvoso tanto do lago como da água subterrânea e caracteriza uma ligação hidráulica dos dois armazenamentos.

Os resultados mostram também que as condutividades no lago são maiores do que nas nascentes, resultando da evaporação de água superficial. A pouca diferença na condutividade que existe entre eles é explicado pela exploração contínua da reserva subterrânea que aparece como surgência nas fontes, efeito provocado pelo bombeamento contínuo das águas do lago para a barragem do Batatã.

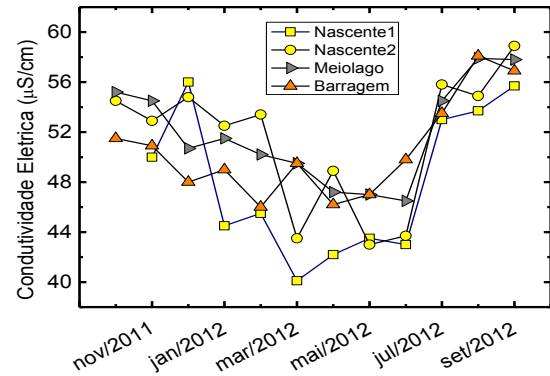
As concentrações de nitrato, expressas em N-NO₃⁻, mostram valores de nitrato abaixo do VMP de 10 mg/L (CONAMA, 2008) com exceção de uma amostra do poço P10 (Figura 5a) ; nas nascentes e no lago (Figura 5b) os valores são muito abaixo deste limite indicando, sob este aspecto, águas potáveis.



(a)

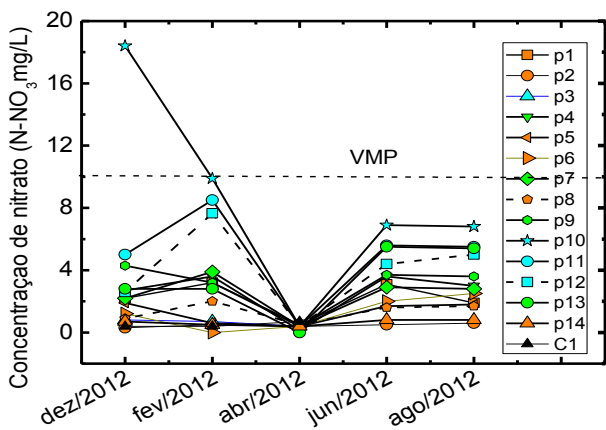


(c)

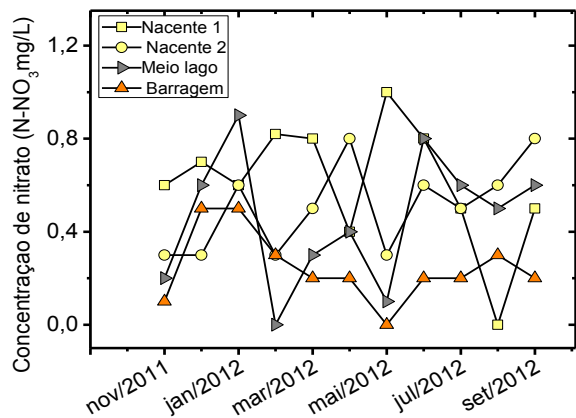


(b)

Figura 4 – Variação da condutividade elétrica com o tempo em amostras de: (a) águas subterrânea; (b) nascentes e lago; (c) Pluviometria no período das coletas.



(a)



(b)

Figura 5 – Variação da concentração de nitrato com o tempo em amostras de: (a) águas subterrânea; (b) nascentes e lago.

Dois outros parâmetros foram monitorados: coliformes totais e *Escherichia coli*; os resultados para os poços estão mostrados na Tabela 4 e os das nascentes e lago na Tabela 3. De acordo com o CONAMA (2008), não deve haver presença de coliformes em águas potáveis.

Tabela 4 - Coliformes Totais (CT) e Escherichia coli (E.C.) nas amostras de água subterrânea.
* valor >2.419,6 NMP/100 mL.

	Out		Dez		Fev		Abr		Jul		Set	
	CT	E.C.	CT	E.C.	CT	E.C.	CT	E.C.	CT	E.C.	CT	E.C.
	(NMP/100 mL)											
P1	91	< 1	< 1	< 1	613	< 1	8	< 1	387	< 1	< 1	< 1
P2	20	< 1	3	< 1	106	< 1	< 1	< 1	11	< 1	21	< 1
P3	99	16	11	< 1	99	56	< 1	< 1	-	-	-	-
P4	< 1	< 1	< 1	< 1	3	< 1	5	< 1	< 1	< 1	5	< 1
P5	921	7	326	91	*	1046	*	141	251	101	300	141
P6	3	< 1	866	14	56	< 1	41	< 1	< 1	< 1	14	< 1
P7	1414	< 1	< 1	< 1	7	< 1	24	< 1	3	< 1	3	< 1
P8	278	< 1	*	5	2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	11	< 1
P9	1203	2	4	4	28	< 1	< 1	< 1	8	< 1	7,5	< 1
P10	*	251	< 1	< 1	14	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
P11	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
P12	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
P13	< 1	< 1	206	< 1	10	< 1	40	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
P14	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
C1	126	126	816	< 1	*	921	*	140	-	-	-	-

Os resultados das análises de coliformes totais mostram que nas condições mais desfavoráveis estavam águas dos poços em outubro; os locais de maior contaminação eram o poço P5 e a cacimba. Na Figura 6a estão indicados, os poços onde os valores são >1.000 NMP/100 mL, indicados na Tabela 4.

Nenhuma amostra coletada em nascentes e lago teve ausência de coliformes totais; com exceção de três amostras da nascente 1, todos os valores são > 1.000 NMP/100 mL; portanto, as águas eram inadequadas para o consumo humano.

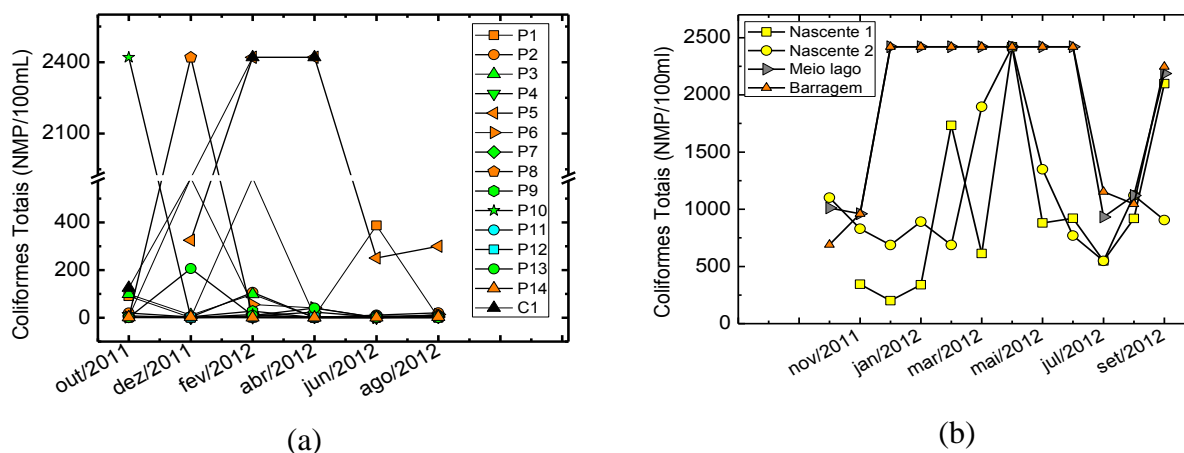


Figura 6 – Variação da quantidade de coliformes totais com o tempo em amostras de: (a) água subterrânea; (b) nascentes e lago.

A presença de *Escherichia coli* nas águas subterrâneas é mostrada na Tabela 4 e nas nascentes e lago na Tabela 3; os valores nas águas subterrâneas indicam que outros tipos de bactérias estão presentes nas águas e em maior número do que das *Escherichia coli*. Os mais altos valores foram observados nas amostras do P5 e da cacimba. Das 86 amostras analisadas, somente 15 foram livres de *E. coli*.

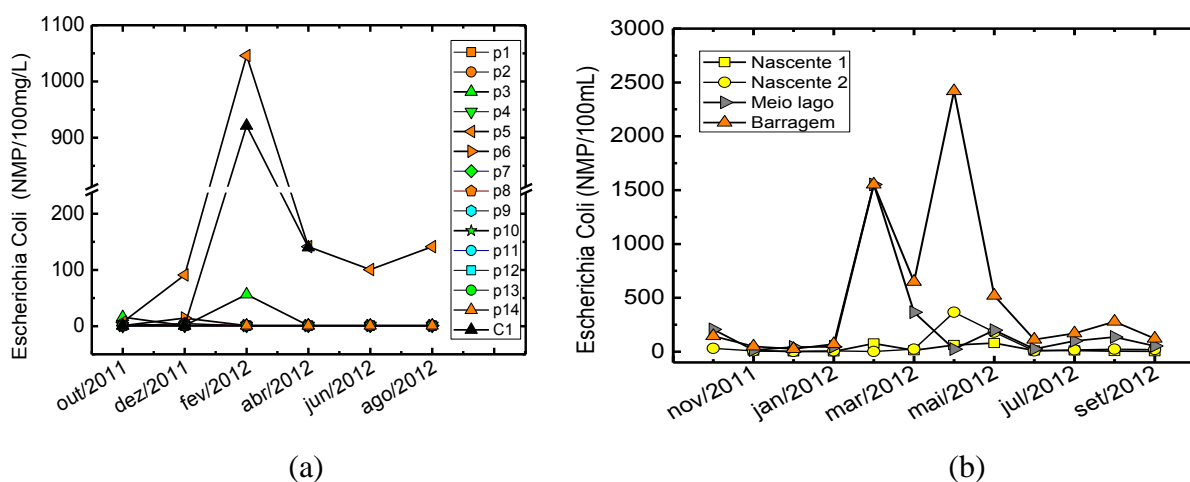


Figura 7 – Variação da quantidade de *Escherichia coli* com o tempo em amostras de: (a) água subterrânea; (b) nascentes e lago.

5 - CONCLUSÕES

Efeitos da ocupação desordenada sobre os recursos hídricos da área foram identificados. As ações interferem negativamente na quantidade de águas disponível através do assoreamento provocado pelo desmatamento que induz o deslocamento de sedimentos para o rio e o lago e conseqüentemente, diminuindo a profundidade deles.

O bombeamento de água do lago para a represa do Batatã retira água superficial e também água subterrânea secando uma cacimba nas proximidades do rio.

Sob o aspecto de qualidade, a falta de saneamento básico e a ocupação próxima do rio e do lago induzem a presença de lixões e de fossas sépticas que geram uma alta carga de poluentes e de contaminantes, especialmente de bactérias no lago, tornando as águas, sem tratamento, não potáveis e até inadequadas para o lazer no lago.

5 - REFERÊNCIAS

CCME - Canadian Council of Ministers of Environment. 2012. **Canadian Water Quality Guidelines for the Protection Aquatic Life: Nitrate Ion**. 206 p.

CONAMA. 2008. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA N° 396**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. 03 de abril de 2008. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil.

FAÉ, A. **Solos Lateríticos**, 2011. Disponível em: <E:\Solos lateríticos (Oxisols). mht>. Acesso em: 06 ago. 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. **Estimativas Populacionais do Brasil, Grandes Regiões, Unidades da Federação e Municípios**. Metodologia. Série **Relatórios Metodológicos**. Rio de Janeiro, 2012.

MACEDO, L. A. A. **Gestão das águas do Maranhão**. 2005. UNICEUMA - Centro Universitário do Maranhão, São Luís. 165 p.

MENDES, E. R.; RIBEIRO, E. F. V.; ROCHA, Ariadne E. 2007. Florística e fitossociologias das Trilhas ecológicas da APA Maracanã, Ilha de São Luís - MA. **Rev. Bras. de Agroecologia/out.** 2007 Vol.2 N°2.

PEREIRA, L. **Caracterização Isotópica e Hidroquímica das Águas Subterrâneas da Ilha de São Luís/Ma - Brasil**. 2002. Dissertação (Mestrado em Física) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

SANTIAGO, P.M.M.; VERAS, P.F.; CÔELHO, L.R. de O.; NOGUEIRA, N.M.; ROCHAJÚNIOR, C.L da; PEREIRA, W.A. 2011. Levantamento dos impactos ambientais antrópicos na trilha Baluarte da APA do Maracanã em São Luís Maranhão.
connepi.ifal.edu.br/ocs/anais/conteudo/anais/.../1702-5890-1-PB.pdf

SOUSA, S. B. 2000. Sistema Aquífero da Ilha do Maranhão. *In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, 11, 2000, 1º Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABAS, 2000.