

INFLUÊNCIA DA ATIVIDADE ANTRÓPICA NA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: O CASO DO ATERRO SANITÁRIO DE MARACANAÚ-CEARÁ

C. H. A. Pacheco

Curso Superior de Tecnologia Ambiental - CEFET-CE
Rua. Azevedo Bolão, 849 – apt.202 – Parquelândia – CEP: 60.455-160 - Fortaleza-CE
E-mail: henriqueap83@yahoo.com.br

Y. T. C. Santos

Curso Superior de Tecnologia Ambiental – CEFET-CE
Av. Washington Soares, 5333 bl.2 apt. 303 – Água Fria – CEP: 60.630-840 – Fortaleza - CE
E-mail: yanzinha@yahoo.com.br

R. B. Gomes

Gerência de Química e Meio Ambiente do CEFET-CE – Coordenador do LIAMAR/CEFET-CE
Rua. Pergentino Maia, 1500 – Messejana – CEP: 60.840-040
E-mail: bemvindo@cefet-ce.br

RESUMO

A maioria dos municípios brasileiros dispõe seus resíduos sólidos urbanos sem nenhum controle, sendo esta uma prática que ocasiona grandes problemas ambientais, como por exemplo, a contaminação das águas subterrâneas. Estudos realizados em áreas dotadas de lixões demonstram uma alta contaminação do lençol freático dessas regiões em virtude dos líquidos percolados. Desta maneira é válido considerar que aterros sanitários construídos de forma irregular possam vir a contaminar os aquíferos nos quais estão inseridos. Sendo as águas subterrâneas uma fonte hídrica de grande importância para o abastecimento humano, torna-se necessário o monitoramento de sua qualidade. Este trabalho teve por finalidade realizar uma avaliação da qualidade física, química e sanitária das águas subterrâneas sob influência direta do Aterro Sanitário de Maracanaú-Ceará. Para a realização do estudo foram perfurados dois poços, nas proximidades de Trincheira I (PT-I) e Trincheira II (PT-II), ambos com uma profundidade média de 17 metros e 100 mm de diâmetro. Foram realizadas amostragens sistemáticas no período de Jul/2004 a Jan/2006, com coletas trimestrais, e as análises foram realizadas de acordo com APHA *et. al.*, 1989 e 1998. Na falta de uma legislação específica para avaliação das águas estudadas, utilizou-se como referência os padrões de potabilidade e aceitação para consumo humano estabelecidos pela Portaria Nº 518 MS de 25/03/2004. Os resultados demonstraram que para os padrões físicos o teor de sólidos dissolvidos totais encontra-se muito elevado (5.101mg/L para PT-I e 16.015mg/L para PT-II). Em relação às características químicas destaca-se o elevado teor de matéria orgânica representada pelos valores de DBO₅ (124 mg/L para PT-I e 119 mg/L para PT-II) e as altas concentrações de manganês (2,04mg/L e 2,31 mg/L para PT-I e PT-II, respectivamente). Do ponto de vista sanitário, os poços apresentaram-se contaminados por coliformes termotolerantes (2,3x10³ NMP/100mL para PT-I e 2,3x10 NMP/100mL para PT-2). Conclui-se que, de uma forma geral, a qualidade das águas subterrâneas localizadas nas proximidades deste aterro sanitário encontra-se bastante comprometida pela influência marcante do chorume, pois o aterro é a atividade antrópica de maior relevância na área estudada. Este cenário, mostra a necessidade urgente de um planejamento das atividades operacionais do aterro buscando minimizar tais impactos.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro Sanitário, Chorume, Água subterrânea.

1. INTRODUÇÃO

Grande parte dos municípios brasileiros dispõe seus resíduos sólidos urbanos (RSU) sem nenhuma forma de controle, sendo esta uma prática de graves consequências: criação de focos de organismos patogênicos, contaminação do solo, das águas superficiais e principalmente as das águas subterrâneas. O quadro vem se agravando com a presença de resíduos industriais e do serviço de saúde em muitos depósitos de RSU, e, não raramente, com pontos de descargas clandestinas.

O gerenciamento incorreto dos RSU, conforme mencionado acima, gera uma série de problemas ambientais, tornando-se uma forte ameaça para a saúde pública e um elemento decisivo para a degradação ambiental, comprometendo desta forma a qualidade de vida das populações, principalmente as comunidades ligadas diretamente às áreas sob influência da disposição incorreta dos RSU.

No Brasil o número de poços em operação é superior a 400.000, perfurando-se aproximadamente 10.000 por ano (ZOBY & MATOS, 2002). Atualmente 15,6% dos domicílios brasileiros utilizam exclusivamente água subterrânea para o seu abastecimento (IBGE, 2002a). Na Região Metropolitana de Fortaleza estima-se que 40 a 60% da população utiliza águas subterrâneas como fonte complementar ou principal de abastecimento (CAVALCANTE, 1998 *apud* AGUIAR & CORDEIRO, 2002). Isto apenas comprova a extrema importância das águas subterrâneas para o abastecimento das indústrias, comércio e principalmente para o consumo humano.

Devido à sua importância, vêm sendo realizados estudos que avaliam o grau da poluição dessas águas, cujos resultados apontaram os lixões como a principal fonte de contaminação das águas subterrâneas às quais este tipo de disposição final traz grandes problemas de contaminação, em virtude do chorume produzido no processo de decomposição da matéria orgânica e dos líquidos percolados que infiltram no solo e contaminam o lençol. Deduz-se daí que aterros sanitários construídos ou operados de forma incorreta podem estar contribuindo para a depreciação da qualidade das águas subterrâneas.

Desta forma, o presente trabalho objetivou realizar uma avaliação preliminar da qualidade física, química e sanitária das águas subterrâneas sob influência do Aterro Sanitário de Maracanaú, para que, esta base de dados inicial dê suporte a um estudo mais detalhado da área de influência, e, posteriormente, se proponha medidas que minimizem os impactos ocasionados por esse tipo de atividade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do trabalho foi selecionado o aterro sanitário localizado no Município de Maracanaú – CE (3°52'36" S e 38°37'32" W), ao sul de Fortaleza (22 Km), próximo às serras de Maranguape e Aratanha, cujo solo apresenta formação cristalina.

O aterro fica a 2 Km da Lagoa de Maracanaú (3°53'36" S e 38°38'31" W), teve suas atividades iniciadas em Agosto de 1997, possui uma área útil de 70,99 ha, apresenta uma área de preservação de 13,30 ha perfazendo uma área total de 89,29 ha. Sua capacidade total é da ordem de 9.545.600 ton, tendo sido utilizados, até o momento, 6,65% desta capacidade. Atualmente recebe resíduos gerados nos municípios de Maracanaú e Maranguape, atendendo a uma população de 287.882 hab. Os resíduos recebidos são classificados como domiciliares, urbanos (comercial, varrição e capinação), industriais não tóxicos e hospitalares, fato que exige maiores cuidados na sua operação e gestão como um todo.

O líquido percolado (chorume) em cada trincheira é captado por drenos retangulares de 0,40m x 0,40m preenchidos com pedra (brita nº 4), declividade mínima de 1% e localizados a 15m de distância um do outro em formato de espinha de peixe. Este chorume é tratado em um sistema de lagoas de estabilização constituído de três lagoas em série (anaeróbia, facultativa e de maturação). O efluente final é lançado no Riacho Tangueira, tributário do Açude da Colônia Antônio Justa, integrante da bacia do rio Maranguapinho.

Para o estudo da qualidade das águas subterrâneas foram perfurados dois piezômetros, localizados nas imediações da Trincheira I (PT-I) e Trincheira II (PT-II), ambos com uma profundidade média de 17 metros e diâmetro de 100mm.

A amostragem ocorreu no período de Jul/2004 a Jan/2006, com coletas trimestrais (com exceção dos trimestres mai-jun-jul de 2005 – para ambos os poços – e ago-set-out para o poço PT-I), totalizando seis coletas, de modo que após cada coleta as amostras eram armazenadas em caixas isotérmicas (entre 4-10° C) e transportadas ao

Laboratório Integrado de Águas de Mananciais e Residuárias do CEFETCE – LIAMAR/CEFETCE, no prazo máximo de 4 horas para serem analisadas.

Para a avaliação das características físicas foram analisados os parâmetros: pH, temperatura (T), condutividade elétrica (CE), sólidos totais (ST), sólidos suspensos totais (SST), sólidos dissolvidos totais (SDT). Para as características químicas as variáveis: alcalinidade total (AlcT), demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio amoniacal total (NH₃T), nitrogênio total Kjeldahl (NTK), fósforo total (PT), manganês (Mn), cobre (Cu), cromo total (CrT) e, para a avaliação da qualidade sanitária foi analisado o teor de coliformes termotolerantes (CTT). As metodologias analíticas adequadamente referenciadas são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Parâmetros, Metodologias Analíticas e Referências.

PARÂMETROS	MÉTODO	REFERÊNCIAS
Temperatura (°C)	Termômetro com filamento de mercúrio 0 °C – 60 °C	APHA <i>et. al.</i> , 1998
pH	Potenciométrico	
Condutividade Elétrica (mS/cm)	Condutivimétrico	
Sólidos Totais (mg/L)	Gravimétrico - Secagem a 103 °C – 105°C	
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Gravimétrico – Filtração a vácuo com membrana de fibra de vidro com porosidade 0,45µm – Secagem a 103 °C – 105 °C	
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	Gravimétrico – Filtração a vácuo com membrana de fibra de vidro com porosidade 0,45µm – Secagem a 103 °C – 105 °C	
Alcalinidade Total (mgCaCO ₃ /L)	Titulação Potenciométrica	
DBO ₅ (mg/L)	Frascos Padrões – Iodometria	
DQO (mg/L)	Digestão por refluxação fechada	
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Iodometria – Método de Winkler – Azida Modificada	
Nitrogênio Amoniacal Total (mg/L)	Espectrofotométrico – Destilação em Macro Kjeldahl seguida de Nesslerização Direta	APHA <i>et. al.</i> , 1989
Nitrogênio Total Kjeldahl (mg/L)	Espectrofotométrico – Digestão e Destilação em Macro Kjeldahl seguida de Nesslerização direta	
Fósforo Total (mg/L)	Espectrofotométrico – Ácido Ascórbico	APHA <i>et. al.</i> , 1998
Cobre (mg/L)	Espectrofotométrico – Absorção atômica	
Manganês (mg/L)	Espectrofotométrico – Absorção atômica	
Cromo Total (mg/L)	Espectrofotométrico – Absorção atômica	
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Tubos múltiplos com meio A1	

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na falta de uma legislação específica para avaliação da qualidade das águas subterrâneas, foi utilizado como referência os padrões estabelecidos na Portaria N° 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004 para potabilidade e aceitação em relação ao consumo humano.

No Quadro 2 são apresentados os resultados médios encontrados ao longo do período de monitoramento nos piezômetros PT – I e PT – II, bem como os padrões legais para algumas dessas variáveis.

Quadro 2: Parâmetros Analisados, Valores médios e Padrões legais.

PARÂMETROS	PIEZÔMETROS		PADRÕES
	PT - I	PT - II	
Temperatura (°C)	31,8	31,7	-
pH	7,6	7,4	6,0 – 9,5
Condutividade Elétrica (mS/cm)	2.207	6.568	-
Sólidos Totais (mg/L)	5.416	16.098	-
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	314,8	83	-
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	5.101	16.015	1000
Alcalinidade Total (mgCaCO3/L)	568	399	-
DBO ₅ (mg/L)	124	119	-
DQO (mg/L)	470	565	-
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	2,3	3,6	-
Nitrogênio Amoniacal Total (mg/L)	7,6	0,6	1,5
Nitrogênio Total Kjeldahl (mg/L)	14,3	6,4	-
Fósforo Total (mg/L)	2,09	0,89	-
Cobre (mg/L)	0,015	0,021	2
Manganês (mg/L)	2,040	2,306	0,1
Cromo Total (mg/L)	0,05	0,05	0,05
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	2,30E+03	2,30E+01	Ausência

3.1. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICA

Os valores de pH variaram entre 7,2 e 7,9 para PT-I e 7,2 e 7,8 para PT-II (Figura. 1). De acordo com Santos (2000), a maioria das águas subterrâneas apresentam pH entre 5,5 e 8,5 e padrão legal estabelece variação entre 6,0 e 9,5. Deste modo, a variação de pH em ambos os poços atende ao padrão.

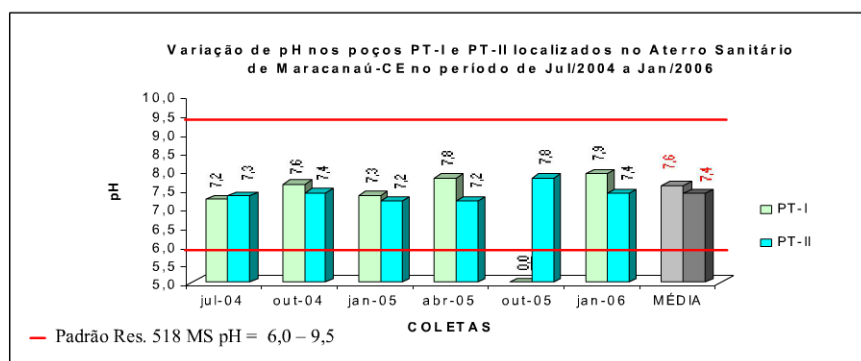


Figura 1 – Variação de pH nos poços PT-I e PT-II localizados no Aterro Sanitário de Maracanaú-CE no período de Jul/2004 a Jan/2006

Os teores médios de sólidos totais apresentaram-se muito elevados em ambos os poços (5416 mg/L – PT-I e 16098 mg/L – PT-II), dos quais a maior parte encontra-se dissolvida e em quantidade pelo menos cinco vezes (5101 mg/L -PT-I) ou quinze vezes (16015 m/L PT-II) superior ao padrão (1000 mg/L), refletindo-se nos altos valores de condutividade elétrica (2207µS/cm e 6568µS/cm, respectivamente).

A Figura 2 apresenta os valores de condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais encontrados ao longo do período de monitoramento.

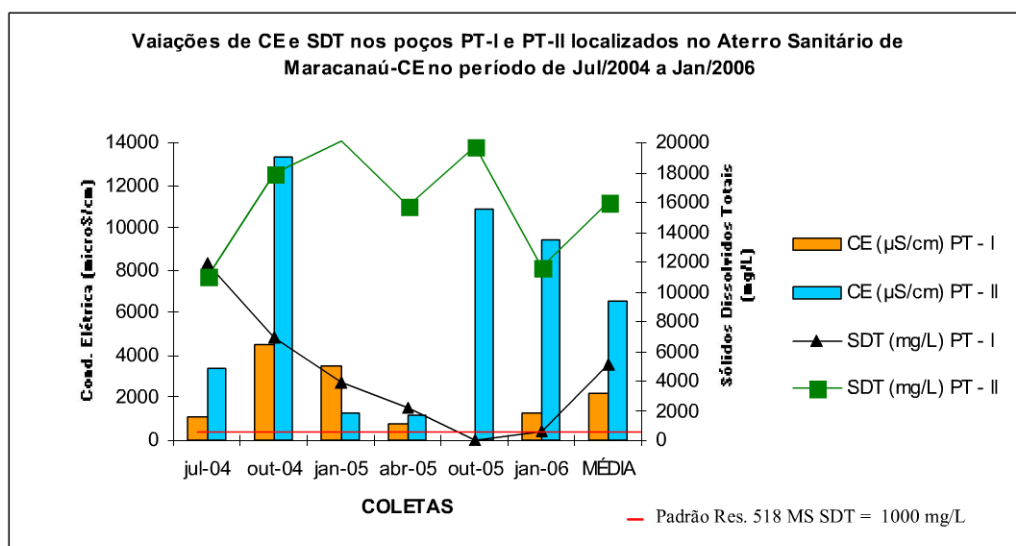


Figura 2 – Variações de CE e SDT nos poços PT-I e PT-II localizados no Aterro Sanitário de Maracanaú-CE no período de Jul/2004 a Jan/2006

Observa-se a partir da Figura 2 que houve uma redução significativa dos teores de sólidos dissolvidos totais e da condutividade elétrica em ambos os poços no período chuvoso (jan a jun) quando comparado ao período seco (jul-a dez), isto ocorre em virtude do processo de infiltração ocasionada pelas chuvas, favorecendo a diluição dessas águas, ocorrendo esta mesma situação para o ponto PT – II.

3.2. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE QUÍMICA

Para o poço PT-II os valores de alcalinidade total foram praticamente constantes (em torno de 399mgCaCO₃/L), com exceção da primeira campanha (jul/2004) coincidente com o período chuvoso que foi mais elevada (826mgCaCO₃/L). Este aumento pode ter ocorrido como reflexo das águas novas bicarbonatadas aportadas no pico do período chuvoso. Para o poço PT- I o comportamento foi semelhante, mas com valor mais elevado (em torno de 568mgCaCO₃/L). Segundo Custodio e Llamas (1983), a alcalinidade das águas subterrâneas geralmente encontra-se em uma faixa que varia de 100mgCaCO₃/L a 300mgCaCO₃/L, podendo em alguns casos especiais alcançar até 1000mgCaCO₃/L.

Ao longo do estudo foram verificadas altas concentrações de matéria orgânica representada pela variação dos valores de DBO₅, (75mg/L a 214mg/L para PT-I e de 54,9mg/L a 189mg/L para PT-II), caracterizando um estado avançado de poluição, uma vez que concentrações acima de 1 mg/L indicam possíveis contaminações por carga orgânica infiltradas para o lençol freático aumentando a disponibilidade de substrato para microrganismos aeróbios que, conseqüentemente, consomem maior parcela do oxigênio dissolvido na água para a decompor este substrato. Este fato é confirmado pelos valores de oxigênio dissolvido que se comportaram de forma inversamente proporcional aos teores de DBO₅, atingindo no máximo o valor 4,8 mg/L. Esse indicio de poluição se reflete nas elevadas concentrações de DQO encontradas. As variações das concentrações de DBO₅, OD e DQO são apresentados nas Figuras 3 e 4.

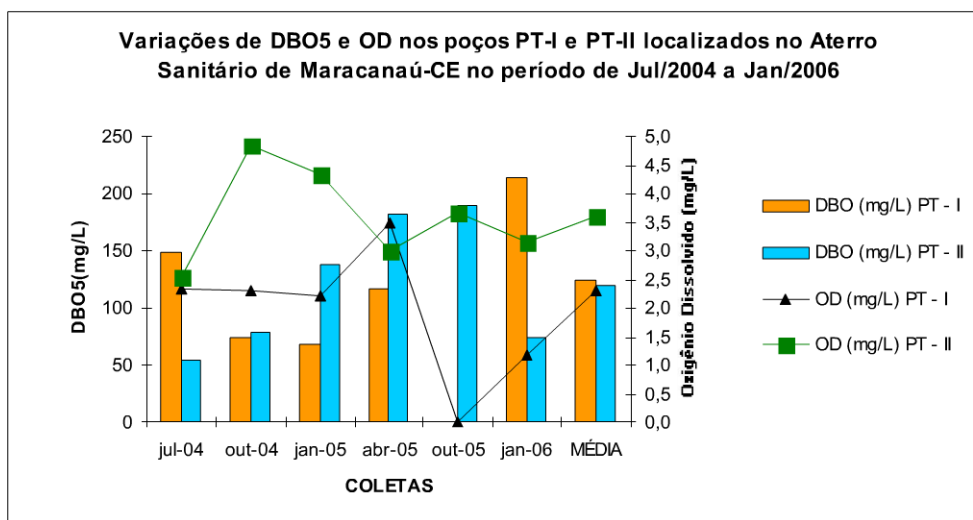


Figura 3: Variações de DBO5 e OD nos poços PT-I e PT-II localizados no Aterro Sanitário de Maracanaú-CE no período de Jul/2004 a Jan/2006

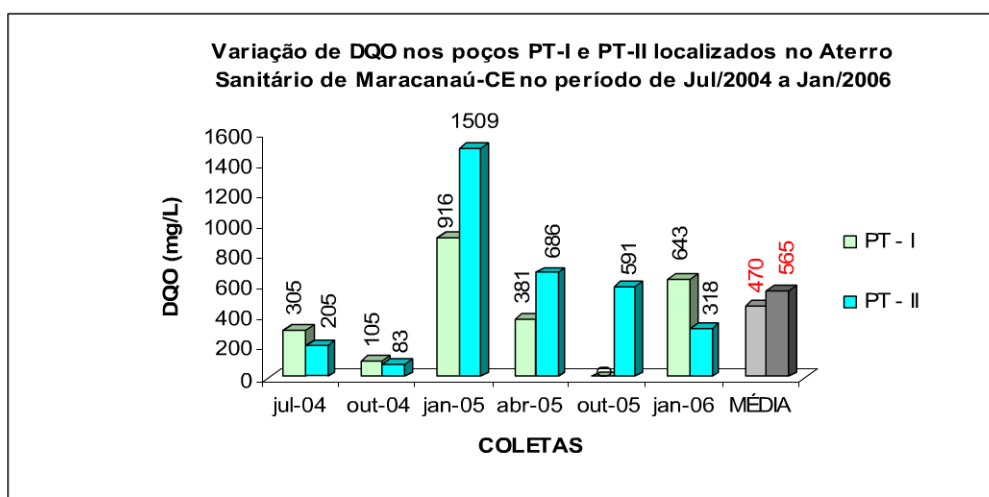


Figura 4: Variação de DQO nos poços PT-I e PT-II localizados no Aterro Sanitário de Maracanaú-CE no período de Jul/2004 a Jan/2006

Em se tratando das frações nitrogenadas, representadas pelo nitrogênio amoniacal total (NH_3T) e nitrogênio total Kjeldahl (NTK), o poço PT-I apresentou concentrações médias ao longo do monitoramento superior (7,6mg/L e 14,3 mg/L, respectivamente) à encontrada no poço PT-II (0,6 mg/L e 6,4 mg/L, respectivamente), especialmente na última campanha (jan/2006), quando atingiu valores de 33,8mg/L e 41,2mg/L respectivamente para NH_3 e NTK. No caso do poço PT-I, o padrão de potabilidade em relação à amônia não é atendido, já que pela Portaria Nº 518 o valor máximo permitido de 1,5mg/L. Considerando esses valores elevados de nitrogênio amoniacal, deduz-se que o aporte de nitrogênio em baixo estado de oxidação é contínuo e proveniente da matéria orgânica nitrogenada oriunda do líquido percolado das trincheiras.

Comportamento semelhante é verificado em relação ao teor de fósforo total que se apresenta bastante elevado com médias de 2,09mg/L para o PT-I e 0,89 mg/L para PT-II. O comportamento das frações nitrogenadas e do fósforo total é apresentado nas Figuras 5, 6 e 7.

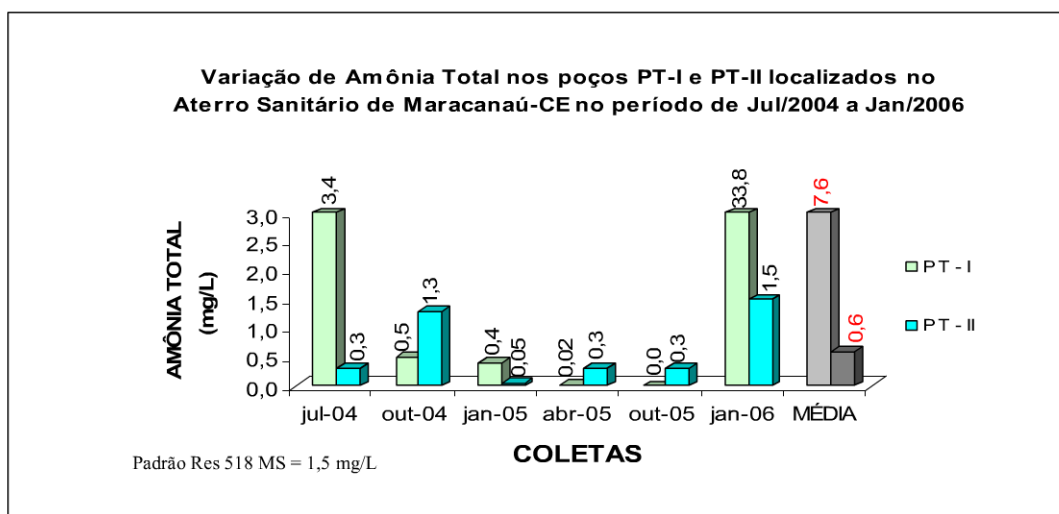


Figura 5: Variação de Amônia Total nos poços PT-I e PT-II localizados no Aterro Sanitário de Maracanaú-CE no período de Jul/2004 a Jan/2006

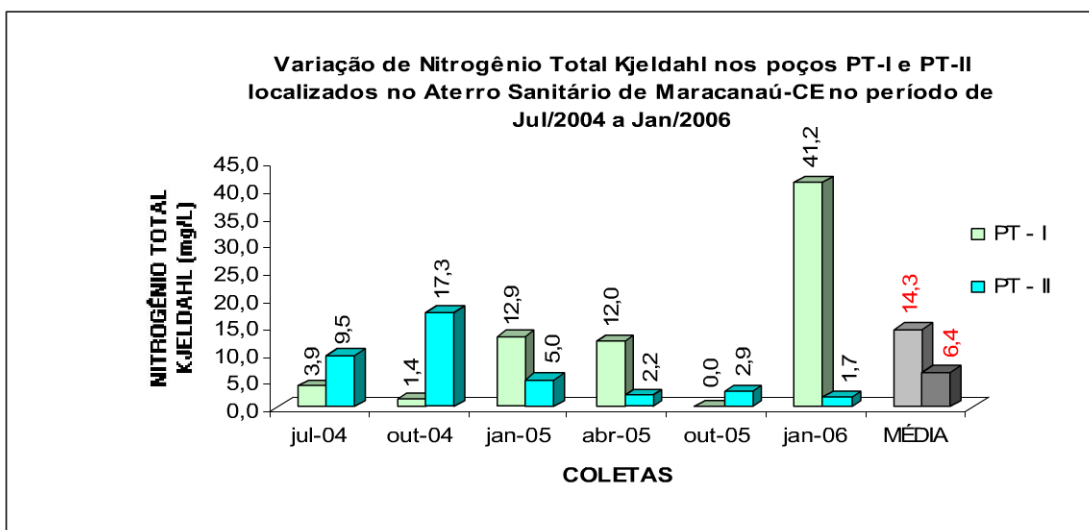


Figura 6: Variação de Nitrogênio Total Kjeldahl nos poços PT-I e PT-II localizados no Aterro Sanitário de Maracanaú-CE no período de Jul/2004 a Jan/2006

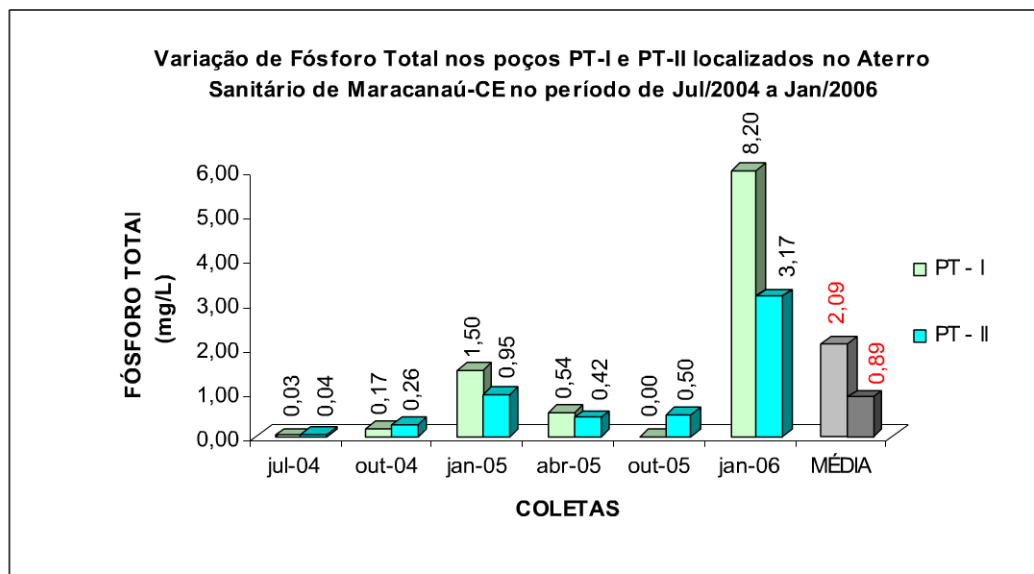


Figura 7: Variação de Fósforo Total nos poços PT-I e PT-II localizados no Aterro Sanitário de Maracanaú-CE no período de Jul/2004 a Jan/2006

No que se refere às concentrações dos metais pesados estudados (cobre, manganês e cromo total), o teor de cobre se comportou ao longo de todo monitoramento dentro do padrão estabelecido pela Portaria N° 518 do Ministério da Saúde (2 mg/L). O teor médio de manganês, entretanto, em ambos os poços apresentou-se muito elevado. Para o poço PT-I, esse valor (2,04 mg/L), superou em quase duas mil vezes o padrão estabelecido pela legislação (0,1mg/L) e no caso do poço PT-II o valor (2,31 mg/L) ultrapassou em mais de duas mil vezes o valor padrão acima referido. Considerando-se que o teor de manganês no chorume bruto é superior (3, 69 mg/L) àquele encontrado nos poços, deduz-se ser o chorume a fonte de contaminação do lençol subterrâneo por esse metal. Para o cromo total, os valores médios encontrados nos poços PT-I e PT-II foram de 0,05mg/L igualando-se ao padrão legal, embora tenha se apresentado em quantidades ligeiramente superior (em torno de 0,07 mg/L) no início do estudo. As figuras 8, 9 e 10 apresentam a variação das concentrações de cobre, manganês e cromo total no período experimental.

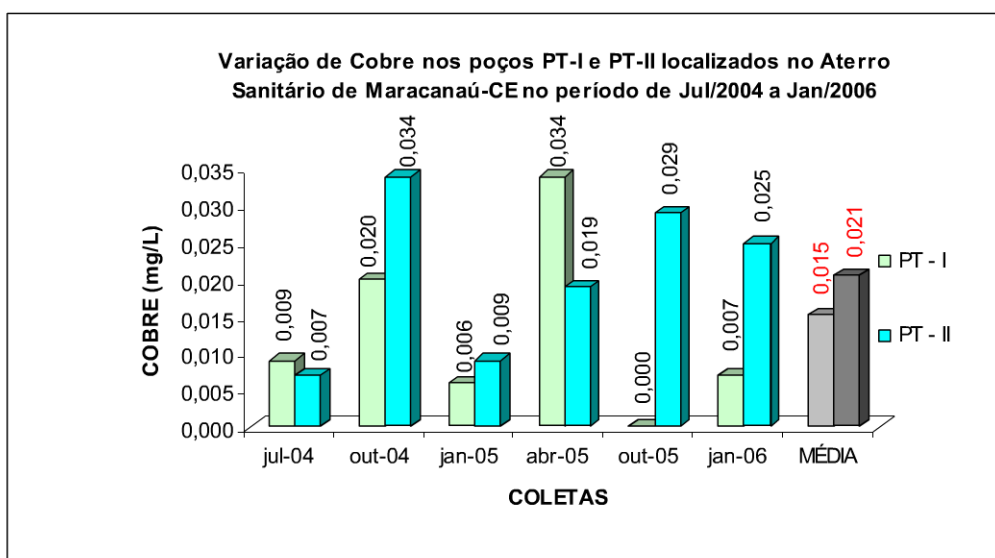


Figura 8: Variação de Cobre nos poços PT-I e PT-II localizados no Aterro Sanitário de Maracanaú-CE no período de Jul/2004 a Jan/2006

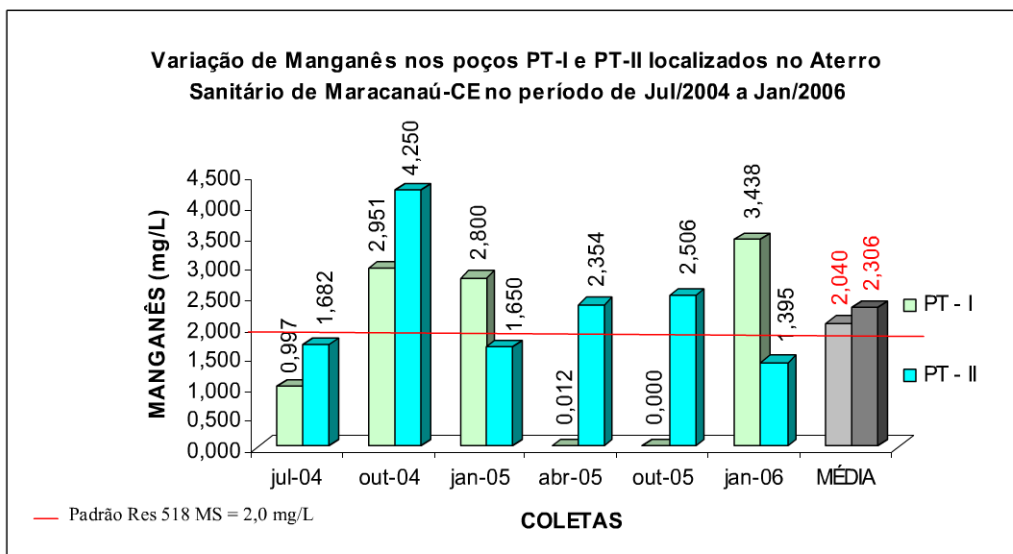


Figura 9: Variação de Manganês nos poços PT-I e PT-II localizados no Aterro Sanitário de Maracanaú-CE no período de Jul/2004 a Jan/2006

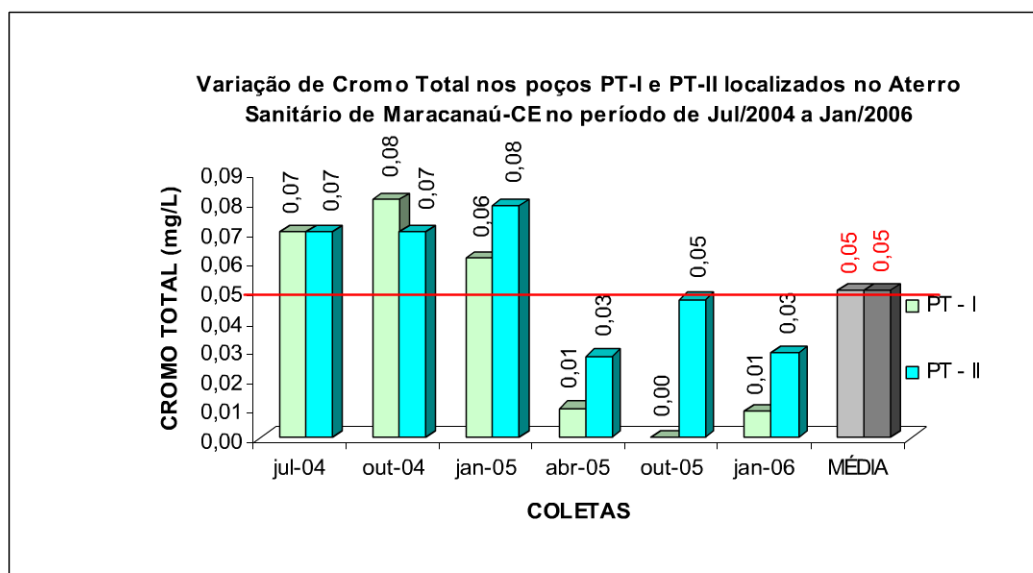


Figura 10: Variação de Cromo Total nos poços PT-I e PT-II localizados no Aterro Sanitário de Maracanaú-CE no período de Jul/2004 a Jan/2006

3.3. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE SANITÁRIA

Em relação à qualidade sanitária, avaliada a partir das concentração de coliformes termotolerantes, foi verificado que no poço PT-I houve um aumento progressivo ao longo do período de estudo, e em todas as amostragens este ponto apresentou contaminação, variando entre 7 NMP/100mL e 24000 NMP/100mL indicando aporte contínuo de material de origem fecal cuja fonte são líquidos percolados. Já no poço PT-II, essas concentrações apresentaram grandes flutuações, desde ausência nas primeiras campanhas, até 350 NMP/100mL na quarta campanha (abr/05), maior valor encontrado neste poço durante todo o período de estudo. A figura 11 apresenta as variação de concentrações de coliformes termotolerantes encontradas nos dois poços durante o período de monitoramento.

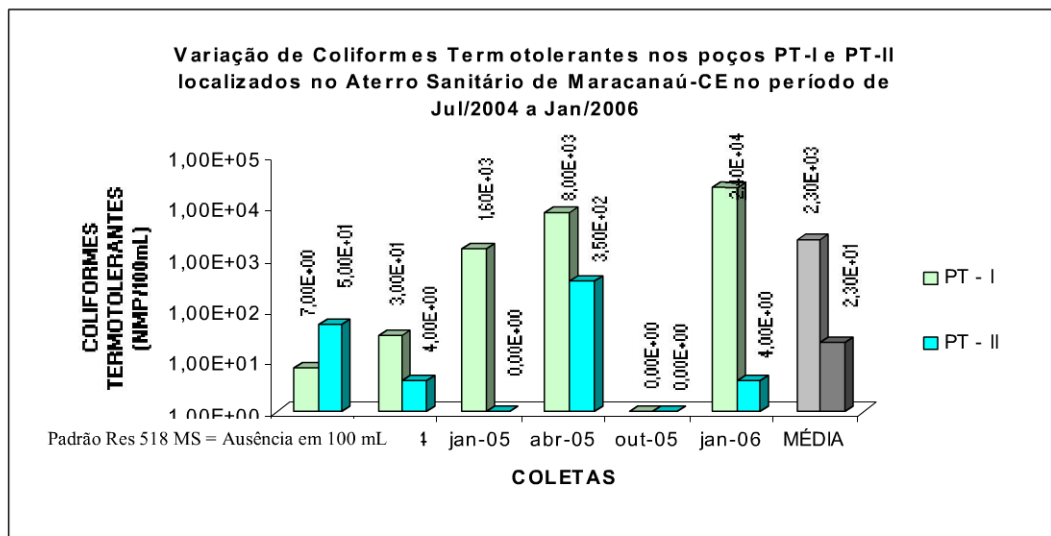


Figura 11: Variação de Coliformes Termotolerantes nos poços PT-I e PT-II localizados no Aterro Sanitário de Maracanaú-CE no período de Jul/2004 a Jan/2006

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que, de uma forma geral, a qualidade das águas dos poços estudados apresentam contaminação elevada, sob influência direta da percolação dos líquidos a partir das trincheiras, uma vez que o aterro se constitui na atividade de maior relevância daquela área; Os elevados teores de matéria orgânica, de metais pesados, em especial o manganês e de coliformes termotolerantes demonstram, de forma patente, o avanço da degradação da qualidade de água no lençol superficial. Diante deste cenário, conclui-se que existe uma grande necessidade de um novo planejamento das atividades operacionais do aterro, buscando minimizar tais impactos, uma vez que as águas subterrâneas constituem uma fonte de abastecimento de grande importância.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguiar, R. B. & Cordeiro, W. **Monitoramento/gestão de água subterrânea em microáreas estratégicas da Região Metropolitana de Fortaleza – RMF**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., Florianópolis, 2002. Florianópolis: ABAS, 2002. CD-ROM.
2. APHA *et al.*. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20a. Ed. Washington, APHA/AWWA/WEF, 1998.
3. APHA *et al.*. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 17a. Ed. Washington, APHA/AWWA/WEF, 1989.
4. BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria Nº 518 de 25 de março de 2004**. Dispõe sobre os padrões de potabilidade e aceitação da água para consumo humano.
5. Cavalcante, I.N.; Veríssimo, L.S.; Rebouças, A.C. **Aspectos qualitativos das águas subterrâneas na Região Metropolitana de Fortaleza – CE**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 10., São Paulo, 1998. São Paulo: ABAS, 1998. CD-ROM.
6. CONAMA. Resolução Nº 357 de 17 março de 2005. **Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Brasil**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2005.
7. Custodio, E.; Llamas, M. R. **Hidrologia subterrânea**. 2 ed. Barcelona: Omega S/A, v. 2, 1983.

8. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002a. CD-ROM.
9. Santos, A. C. **Noções de hidroquímica**. In: Hidrogeologia-conceitos e aplicações. 2 ed. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UEPB, cap.5, p. 81-108. 2000.
10. Zoby, J.L.G. & Matos, B. **Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na Política Nacional de Recursos Hídricos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., Florianópolis, 2002. Florianópolis: ABAS, 2002. CD-ROM.