

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA QUALIDADE DA ÁGUA EM TORNO DA ÁREA DE DIPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (ADRSU) DA CIDADE DE CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

Frederico Terra de Almeida¹; Fabíola Silveira Campos²; Elias Lira dos Santos Júnior³;
Sérgio Tibana⁴ & Claudineli Cássia Bueno da Rosa⁵

Resumo – O aumento da qualidade de vida da população tem gerado cada vez mais resíduos sólidos, e concomitantemente tem aumentado a dificuldade de sua destinação. Devido às diversas dificuldades (econômicas, logísticas, etc) a opção por “lixões” é cada vez maior nos centros urbanos. Nestes locais e em seu entorno os despejos de resíduos tendem a contaminar o solo e as águas (superficiais e subterrâneas). Este trabalho tem como objetivo avaliar preliminarmente a qualidade da águas em torno da área de disposição de resíduos sólidos urbanos (ADRSU) de Campos dos Goytacazes - RJ. Foram perfurados oito poços em áreas estratégicas para a coleta de água e avaliação da contaminação. Com a coleta de água nos poços de inspeção e nas lagoas em torno da ADRSU, foram efetuadas análises físico-químicas e bacteriológicas, sendo de alguns metais (alumínio, cádmio, cobre e zinco), análise dos sólidos, da demanda química de oxigênio e de coliformes totais e fecais. Os resultados comprovaram a contaminação da água por metais, pois todas as amostras apresentaram valores bem acima dos limites fixados [1] e a presença de coliformes totais e fecais. Desta forma pretende-se posteriormente analisar a abrangência da contaminação, ou seja, avaliar a expansão do contaminante no local por meio da determinação do fluxo e de novas análises químicas.

Abstract – The improvement of quality of life in cities has been increasing the consumption and, consequently, the volume of solid waste. This aspect makes the solid waste management more expensive and difficult. Due to the lack of financial resources the landfill options is always choose

¹ Afiliação: Prof. do Laboratório de Engenharia Civil - LECIV / CCT / UENF – End.: Av. Alberto Lamego, 2000 – CEP: 28.013-602 – tel/fax: (22) 2726-1517 - email: fredterr@uenf.br

² Afiliação: Bolsista de IC e estudante da graduação de Engenharia Civil - LECIV / CCT / UENF - End.: o mesmo - email: fabsil22@uenf.br

³ Afiliação: Doutorando da UENF e Prof. da UNESA e UNICAM - End.: o mesmo - email: eliasjr@uenf.br

⁴ Afiliação: Prof. do Laboratório de Engenharia Civil - LECIV / CCT / UENF - - End.: o mesmo - email: tibana@uenf.br

⁵ Afiliação: Pesquisadora do Laboratório de Engenharia Civil - LECIV / CCT / UENF - - End.: o mesmo - email: cbrosa@uenf.br

in the urban centers. The problem is that most of the time any precaution is take in this sites. The aim of this work is present the preliminary results of water quality around the landfill of Campos dos Goytacazes. The water samples were collect in eight boreholes performed on strategic points around the landfill. Physiochemical and bacteriological analysis were done. The concentration of aluminum, cadmium, copper and zinc were evaluated in water samples. Dissolved and no dissolved solid and chemical demand of oxygen were performed in order to evaluate the water quality parameters. The preliminary results show that the water are contaminated by the metals investigated, because the concentration of these metals is higher than the limits [1]. The presence of coliforms were observed too. In the future the studies will be deepen in order to have more dates and better diagnostic of water quality of the landfill site.

Palavras-Chave – aterros sanitários; contaminação; qualidade de água.

INTRODUÇÃO

A área de disposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) de Campos dos Goytacazes-RJ está situada no condomínio industrial do município, onde pode se observar em épocas de chuva o aparecimento de inúmeros corpos d'água. A água subterrânea e superficial desta área tem sido utilizada pelas comunidades que vivem nas proximidades do condomínio industrial, na atividade pecuária e para consumo humano. O lançamento indiscriminado de resíduos sólidos, sem qualquer preocupação com a proteção do solo e dos recursos naturais, ocorreu durante aproximadamente 20 anos, caracterizando a área de disposição como lixão. Além de existirem animais e aves vivendo no lixão, constituindo vetores de transmissão de doenças, inúmeras pessoas sobrevivem da coleta de lixo dentro da área de disposição. Somente no final da última década o resíduo passou a ser coberto para diminuir a lixiviação e o transporte de poluentes para o solo e para as águas superficiais e subterrâneas. No entanto, com o aumento da população e melhoria da qualidade de vida proporcionada pela indústria de petróleo entre outras, o volume de resíduo aumentou agravando o problema de disposição. A área de disposição avançou na direção dos pontos de cota mais baixa, local onde acumula-se o maior volume d'água de chuva. Está área intercepta o talvegue que faz a ligação da micro-bacia com um canal, denominado Canal do Vigário e, posteriormente, com o Rio Paraíba do Sul. Estudos realizados por [2, 3] mostram que o teor de metais encontrado no solo é muito inferior aos apresentados na literatura corrente por [1] como valores aceitáveis, ou seja, aparentemente não existe contaminação na área de disposição de resíduos. As investigações geotécnicas realizadas anteriormente constataram um perfil de solo bastante favorável ao fluxo

advectivo na direção horizontal sem nenhuma barreira natural, o que poderia explicar a ausência de metais pesados em elevadas concentrações no solo.

Com vistas à complementação dos compartimentos biogeoquímicos faz-se necessário um monitoramento das águas tanto subterrâneas quanto superficiais, uma vez que estas são utilizadas como fonte de alimentação por parte da população (pescados), sendo assim possível entender os processos de contaminação do local nos diversos cenários da paisagem.

Nesta etapa de trabalho o objetivo é de obter parâmetros que possibilitem o estudo da qualidade das águas subterrâneas e superficiais. Considerando os estudos anteriores, a hipótese inicial deste projeto é que os metais pesados estão sendo transportados através das lentes de areia para fora da área do lixão, ou possivelmente, encontrem-se na água subterrânea. Neste sentido, pretende-se executar uma série de atividades que serão fundamentais para complementar os estudos já realizados, sendo estes os estudos preliminares das águas, e então realizar um diagnóstico mais preciso da área em questão.

OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo avaliar preliminarmente a qualidade da água subterrânea (alguns parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos) na área de disposição de resíduos sólidos urbanos (ADRSU) da cidade de Campos dos Goytacazes-RJ.

SÍNTESE DA BIBLIOGRAFIA FUNDAMENTAL

Segundo [4], os resíduos sólidos são definidos como: “resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.”

Os metais estão presentes naturalmente nos solos, em concentrações variáveis de acordo com a sua gênese. No entanto, estas concentrações podem sofrer incremento devido a processos antrópicos, principalmente por fontes difusas. A maioria das informações disponíveis na literatura brasileira refere-se à fertilidade do solo e poucos referem-se à questão ambiental.

Segundo [5], trabalhos sobre comportamento de metais pesados em solos, sua fitodisponibilidade com conseqüente passagem para a cadeia alimentar tem sido objeto de estudos

bastante intensivos na literatura mundial. Entretanto, no Brasil, esses estudos têm-se limitado a fornecer dados sobre Cu e Zn tendo em vista as limitações dos métodos analíticos utilizados para detectar concentrações traços de Cd, Hg e Pb.

Segundo [6], os metais em solos são derivados tanto do intemperismo, que age sobre o material parental, como de fontes externas naturais (erupção vulcânica) ou antrópicas (indústrias, agricultura).

Dentre as propriedades do solo que afetam a retenção e mobilidade de metais pesados, estão o pH, CTC, quantidade de matéria orgânica, quantidade e tipo de fração argila (argilas silicatadas e óxidos) e competição iônica [7].

O solo atua frequentemente como um “filtro”, tendo a capacidade de depuração e imobilizando grande parte das impurezas nele depositadas. No entanto, essa capacidade é limitada, podendo ocorrer alteração da qualidade do solo, devido ao efeito cumulativo da deposição de poluentes atmosféricos, à aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes e à disposição de resíduos sólidos industriais, urbanos, materiais tóxicos e radioativos [8].

Em função das características do solo, a água se infiltra e atravessa os diversos substratos horizontais, classificados de acordo com seu nível de saturação de água [9], em zonas saturadas e zonas não saturadas. A água subterrânea propriamente dita encontra-se nas zonas saturadas, onde os poros, fraturas ou espaços vazios da matriz sólida estão completamente preenchidos por água. Assim, como fazem parte do mesmo contexto, o que ocorrer com o solo repercutirá nas águas subterrâneas, podendo resultar em alterações de sua qualidade. Desta forma, a migração dos poluentes através do solo, para as águas superficiais e subterrâneas, constitui uma ameaça para a qualidade dos recursos hídricos utilizados em abastecimento público, industrial, agrícola, comercial, lazer e serviços.

O uso das águas superficiais torna-se cada vez mais problemático, em virtude da precariedade dos sistemas de saneamento básico, da quantidade insuficiente e dos elevados custos dos sistemas de tratamento necessários para o atendimento aos padrões de potabilidade. Assim, os recursos hídricos subterrâneos tornam-se uma alternativa de abastecimento simples, confiável, eficiente, de baixo custo e com alta disponibilidade. Segundo diagnóstico efetuado pela [10], o uso das águas subterrâneas para o abastecimento público no Estado de São Paulo, vem crescendo gradativamente. Atualmente, 71,6% dos municípios do Estado são total ou parcialmente abastecidos por águas subterrâneas. Isto mostra a importância deste recurso para o abastecimento, reforçando a necessidade de proteção da qualidade destas águas.

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido pelo Laboratório de Engenharia Civil da UENF, envolvendo escolha adequada de localização de poços, segundo estudos anteriores, perfuração dos poços,

amostragem de águas (superficiais e subterrâneas) e suas respectivas análises físico-químicas e bacteriológicas.

As atividades realizadas começaram a ser executadas em outubro de 2003, podendo ser visualizadas conforme descrições a seguir:

Crítérios de Execução dos Poços

Planejou-se a construção de 9 poços de monitoramento (ST-100, ST-101, ST-102, ST-103, ST-104, ST-105, ST-106, ST-107, ST-108). Todavia, o ST-100 foi abortado, devido à alta quantidade de resíduos no local, como polímeros, impedindo a perfuração, e o furo ST-105 foi perdido por alagamento; mas aproveitou-se outro poço, o SP-02, perfurado por [2], considerado como ponto de referência, pois se encontra mais distante da ADRSU e próximo a um CIEP, conforme Figura 1.

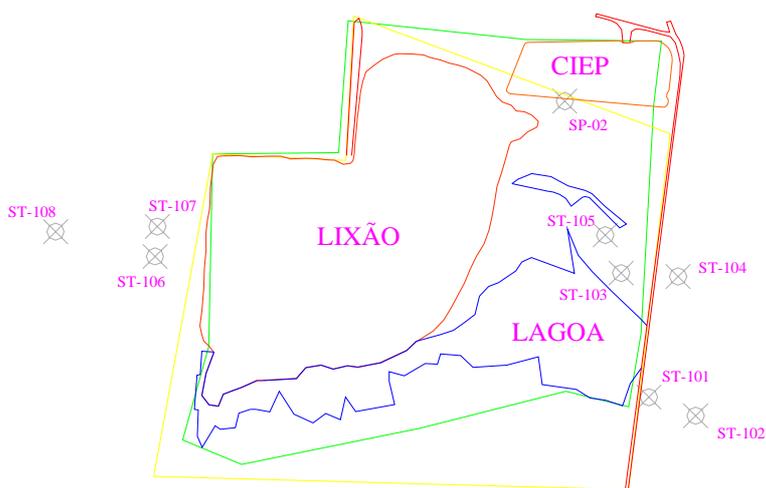


Figura 1 - Diagrama esquemático com a delimitação da área de disposição de resíduos sólidos urbanos (ADRSU) ou “lixão”, das lagoas, dos poços perfurados e do CIEP.

Os poços, uma vez executados foram revestidos com tubos de PVC tipo rígido de 50 mm, como mostra a Figura 2.

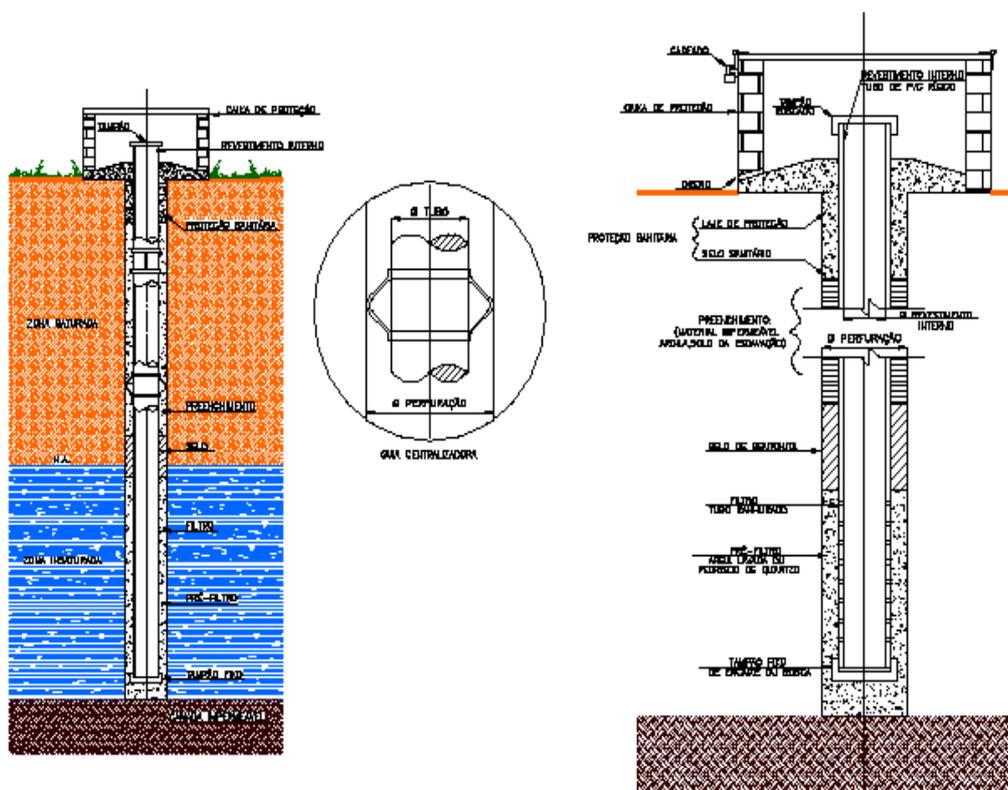


Figura 2 - Perfil esquemático – Poço Padrão.

Os furos seguiram as seguintes recomendações:

Revestimento interno: tubo de inox ou ferro fundido ou PVC rígido marrom (JS classe 12) de diâmetro pequeno (50 mm), porém suficiente para introdução de amostrador para medição de nível. No caso de formação aquífera argilosa ou de baixa transmissividade, o diâmetro mínimo do revestimento será obrigatoriamente de 100mm. Este tubo deve revestir o poço até a camada não saturada.

Filtro: tubo ranhurado e de mesmo diâmetro do revestimento (ranhuras de 2 a 3m, espaçadas de 01 cm) que fica na parte saturada do poço (no lençol freático). Para diâmetro pequenos, até 75mm, há necessidade do filtro penetrar até 2m no lençol freático.

Pré-filtro: ocupa o espaço anular entre o filtro e a parede de perfuração. É constituído de areia lavada com granulometria maior que a ranhura do filtro (>2mm). Em formações aquíferas arenosas poderá ser dispensado o pré-filtro.

Proteção sanitária: para evitar que a água superficial contamine o poço através da infiltração pelo espaço anular entre a escavação e o revestimento, deve ser feito um preenchimento com cimento na extremidade superior deste espaço (aproximadamente 30 cm de altura) e, ao redor da boca do poço, uma laje com pequeno declive.

Tampão: a boca do poço será protegida com um tampão removível e o fundo suprido de um tampão fixo, preferencialmente provido de rosca. Devido às pressões que possam ocorrer, a boca do poço deve possuir um pequeno orifício para facilitar a remoção da tampa.

Sistema de proteção do tubo: o tubo deve sobressair 20 cm de superfície e ser envolvido com tampa.

Selo: camada de betonita ou cimento no espaço anular, acima do pré-filtro (limite máximo do nível d'água) para impedir que a água que percorre a parede externa do tubo atinja a camada saturada.

Preenchimento: o espaço anular da zona não saturada deve ser preenchida com material impermeável (argila, solo de perfuração) a fim de firmar o tubo e dificultar a penetração de líquidos provenientes da superfície.

Guias centralizadoras: dispositivo saliente distribuído externamente ao longo do tubo com o objetivo de mantê-lo centrado em relação ao eixo do poço, por ocasião de sua introdução.

Amostragem e análises das águas

As amostras de água foram coletadas nos poços construídos e em duas lagoas existentes em torno da ADRSU, sendo uma à sua direita e outra a sua esquerda.

Em 14/01/2004, foi possível realizar uma campanha de coleta de água para as análises físico-químicas.

Amostras de água foram coletadas em todos os poços e nos lagos em volta da área de disposição de resíduos. Para preservar as amostras foi adicionado em cada frasco 2 ml de HNO₃. Essas amostras foram transportadas no interior de um isopor com gelo e levadas ao laboratório de Análises Ambientais da Faculdade Salesiano Maria Auxiliadora, localizado em Macaé.

Avaliando-se alguns dos parâmetros físico-químicos, como cor, turbidez, sólidos totais, total de sólidos dissolvidos, total de sólidos em suspensão, DQO e alguns teores de metais (Al, Cd, Cr e Zn), devido a dificuldade orçamentária.

Para os metais foi usado o espectrômetro de emissão atômica com fonte de plasma (ICP/AES), marca SPECTRO (ICP-AES/ Varian Modelo Liberty Series II).

As amostras de água para as análises bacteriológicas foram coletadas em 01/03/2004, e nos procedimentos para colimetria utilizou-se a técnica de tubos múltiplos [11].

Para a verificação da qualidade da água, foram adotadas, preferencialmente, as técnicas de coleta e análise constantes do Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater [11].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da coleta de água nos poços e lagoas, e suas respectivas análises, verificou-se a situação da qualidade da água conforme está mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados da análises físico-químicas das águas coletadas de poços e lagoas em torno da ADRSU do município de Campos dos Goytacazes – RJ.

PARÂMETROS	Und	L.Esq.	ST-101	ST-102	ST-103	ST-104	ST-106	ST-107	ST-108	SP-02	L.Dir.
Cor	(mg/L)	> 250	> 250	> 250	> 250	> 250	> 250	> 250	> 250	> 250	> 250
Turbidez	(FAU)	45,0	acima*	2802,0	acima*	612,0	1859,0	acima*	2008,0	Acima*	52,0
RNFT	(mg/L)	586,0	1218,0	7398,0	24684	1014,0	1708,0	6598,0	1790,0	8330,0	258,0
S. Suspensão	(mg/L)	442,0	764,0	5288,0	22314	592,0	1328,0	6046,0	1344,0	6360,0	170,0
S. Dissolvidos	(mg/L)	144,0	454,0	2110,0	2370,0	422,0	380,0	552,0	446,0	1970,0	88,0
S.Sedimentáveis	(mL/L)	5,0	2,5	200,0	149,0	3,6	13,5	197,0	9,6	175,0	2,0
DQO	(mg/L)	160,0	196,0	548,0	404,0	752,0	756,0	148,0	80,0	60,0	124,0

Acima* – valores acima do limite de detecção.

Analisando os parâmetros físicos da água, como cor, turbidez, ou melhor, os sólidos, pode-se perceber que estão bem acima dos valores médios encontrados em condições naturais.

A cor e conseqüentemente os sólidos dissolvidos apresentam valores, em média, em torno de 5 ppm de Pt/Co nas águas subterrâneas em condições naturais, e em caso anômalo pode-se atingir até 100 ppm de Pt/Co [12], que foi o que aconteceu nas águas analisadas, ou melhor, extrapolou, pois os valores estão bem acima desta condição.

Esta constatação era de se esperar, talvez não com grau tão elevado, pois as águas coletadas apresentavam cor amarelada, que é indicativo de ácidos húmicos, elementos ricos nesta área.

Quanto a turbidez e aos sólidos em suspensão também se pôde verificar os elevados valores encontrados, fato normal para as lagoas mais não esperado para a água dos poços.

Esse fato talvez esteja associado ao mal desenvolvimento dos poços, como por exemplo a inadequação dos pré-filtros dos poços, ou outros; mas não devido a percolação em aquíferos cársticos, pois não é o caso da área de estudo.

Os parâmetros RNFT (resíduo não filtrável total) e sólidos sedimentáveis seguem o mesmo raciocínio dos sólidos dissolvidos e em suspensão, pois comparativamente entre as diferentes amostras, quanto maior o valor de um parâmetro maior foi os dos outros.

A valores obtidos nos ensaios microbiológicos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados das análises bacteriológicas das águas coletadas de poços e lagoas em torno da ADRSU do município de Campos dos Goytacazes – RJ.

PARÂMETROS	Und	L.Esq.	ST-101	ST-102	ST-103	ST-104	ST-106	ST-107	ST-108	SP-02	L.Dir.
Colif. Totais	(NMP/ml)	>2400	460	ND*	ND*	ND*	>2400	>2400	>2400	43	>2400
Colif. Fecais	(NMP/ml)	>2400	15	ND*	ND*	ND*	>2400	>2400	>2400	4	>2400

ND* – valores abaixo do limite de detecção.

Paradoxalmente a atividade desenvolvida no local e a expectativa em torno dos valores bacteriológicos encontram-se os níveis das áreas dos pontos ST-102; 103 e 104, região a esquerda da área estudada que apontam para, no mínimo, baixa ocorrência para este tipo de contaminante. Todavia ressalta-se que este tipo de análise pode e sofre influências significativas do meio, como a inibição do crescimento de bactérias em meio ácido ou em meio com presença de alguns metais. Ainda da forma de coleta, do manuseio com a amostra entre outros fatores.

Dessa forma tomando-se como referência a resolução Conama20/1986 para águas de classe especial, tendo como uso para consumo humano e preservação de comunidades aquáticas, tais pontos encontram-se em condições adequadas. Tal fato pode ser explicado ainda pelas características arenosas do local que funcionaria como sumidouro para este tipo de bactérias.

Quanto às outras amostras, os valores encontrados eram de certa forma esperados. Entretanto, vale ressaltar que para o poço SP-02, que fica em região mais alta e mais distante da contribuição das águas oriundas do lixão, e visto os valores dos poços ST-102; 103 e 104, poderia-se imaginar a ausência de coliformes também neste.

Isso remete ao fato de que novas análises precisarão ser feitas para melhor entendimento e comprovação dos fenômenos que ocorrem no local.

A seguir, na Tabela 3, apresentam-se os níveis para os metais avaliados.

Tabela 3 - Análise de metais pesados das águas coletadas de poços e lagoas em torno da ADRSU do município de Campos dos Goytacazes – RJ.

PARÂMETROS	MS*	Lag.Esq.	ST-101	ST-102	ST-103	ST-104	ST-106	ST-107	ST-108	SP-02	Lag.Dir.
Alumínio (mg/L)	0,2	1,0	3,0	10,0	30,0	6,0	20,0	10,0	19,0	30,0	0,5
Cádmio (mg/L)	0,005	0,2	1,2	6,0	13,0	0,4	3,0	5,0	1,0	2,0	0,2
Cromo (mg/L)	0,05	0,5	2,0	5,0	20,0	1,0	10,0	5,0	4,0	20,0	0,5
Zinco (mg/L)	5	3,5	5,0	20,0	30,0	3,0	15,0	500,0	5,0	10,0	3,0

MS*- Portaria 1469/00 do Ministério da Saúde

Em relação aos metais avaliados verificou-se que, excetuando-se, o elemento zinco (nas lagoas e nos poços ST-101, ST-104 e ST-108) os demais ultrapassaram os limites preconizados para potabilidade, corroborando com o citado por [2].

Um outro fator, ainda, a ser ressaltado é que a fazenda vizinha ao lixão esteja contaminada [3], visto que as áreas de alagado (lagoas), situadas na fazenda à margem esquerda do lixão, apresentam-se com teores, monitoradas neste trabalho, um pouco superiores ao da região no sentido oposto, fato que não pode ser confirmado no comportamento dos valores das águas de sub-superfície.

Os níveis encontrados para esses elementos podem ser justificados pela característica pedológica do local, com solos arenosos o que, como mostrado na literatura, aponta para baixos valores destes contaminantes no solo e desta feita elevadas concentrações na água o que contribui para o carreamento, possivelmente, para regiões com predominância de material argiloso, ou em camadas mais profundas [3].

Desta forma tem-se percebido nas diversas avaliações da área de estudo [2,3] e com este trabalho que, a determinação do fluxo subsuperficial e os estudos dos compartimentos biogeoquímicos são fundamental para o melhor entendimento dos processos em ocorrência do local.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A realização deste trabalho possibilitou chegar as seguintes conclusões:

- Todas as análises de água dos poços indicaram elevados teores para todos os metais analisados (Al, Cd, Cu e Zn), acima dos valores estabelecidos [1], indicando um sinal de alerta para a saúde pública;

- Os teores dos parâmetros físico-químicos das águas dos diversos pontos, ainda, não permitiram indicar um caminho/sentido preferencial de fluxo;
- Os elevados teores de sólidos em suspensão são possíveis indicativos de que os pré-filtros dos poços não estão funcionando adequadamente;
- Estudos que considerem a flutuação do nível freático faz-se necessário para o conhecimento do sentido de fluxo subterrâneo e, por conseguinte, a otimização da malha amostral para o monitoramento nas diferentes estações do ano;
- Uma intervenção da área com preposições de medidas que visem a remediação do local, face a possível contribuição deste aquífero para o Rio Paraíba do Sul e outras lagoas, faz-se necessária para prevenção de possíveis doenças e/ou epidemias.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Bolsas de Iniciação Científica PIBIC UENF/CNPq, pelo apoio financeiro efetuado na forma de pagamento de bolsa de pesquisa à estudante de graduação, o que permitiu um grande auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

Também importante destacar o apoio prestado da Prefeitura de Campos dos Goytacazes (PMCG), da Construtora Queiroz Galvão (administradora atual da ADRSU) e do Proprietário de terra vizinho a ADRSU, todos pela liberação e/ou autorização de uso das áreas para desenvolvimento dos trabalhos.

Acusa-se, ainda, os votos de agradecimento ao Laboratório de Análises Ambientais da Faculdade Salesiana de Macaé na figura do Sr. José Carlos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CETESB. Relatório de Estabelecimentos de Valores Orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo. CETESB. São Paulo: 2001. 232p.
- [2] SANTOS JR; E.L. Avaliação da Contaminação do Solo por metais pesados da área de disposição final da cidade de Campos dos Goytacazes – RJ. Campos dos Goytacazes, RJ, 2002, 140p. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual do Norte Fluminense.
- [3] MONTEIRO; L. C. Estudo da Contaminação da área de disposição de resíduos sólidos da cidade de Campos dos Goytacazes pela técnica eletromagnética – Domínio do tempo. Campos dos Goytacazes, RJ, 2002, 140p. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual do Norte Fluminense.

- [4] ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Resíduos sólidos – classificação NBR 10.004. Rio de Janeiro, 1987.
- [5] MATTIAZZO, M. E.; ANDRADE, C. A. Aplicabilidade do biossólido em plantações florestais: lixiviação de N orgânico e toxicidade de metais pesados. In Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Ed. Wagner Bettiol, W. e Camargo, O. A. Jaguariuna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 203-213p.
- [6] SINGH, B.R.; STEINNES, E. Soil and water contamination by heavy metals. In: LAI, R.; STEWART, B. A. (Eds.) Advances in soil science: soil process and water quality. USA : Lewis, 1994. p.233-237.
- [7] MATOS, A.T. Fatores de retardamento e coeficientes de dispersão-difusão dos metais zinco, cádmio, cobre e chumbo em solos do município de Viçosa – MG. Viçosa, MG, 1995. 110p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- [8] MOREIRA-NODERMANN, L.M. A Geoquímica e o meio ambiente. Geochimica Brasiliensis, 1987. v.1, n.1, p.89-107.
- [9] YOSHINAGA, S. Conceitos básicos de hidrogeologia. São Paulo: CETESB, 1993. 30p. (curso de águas subterrâneas: controle e prevenção de poluição).
- [10] CETESB. Uso das águas subterrâneas para abastecimento público no Estado de São Paulo: 1997. São Paulo: CETESB, 1997a. 48 p.
- [11] APHA. American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th ed. American Public Health Association, Inc., Washington, D.C. 1995.
- [12] FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. coords. Hidrogeologia – conceitos e aplicações. 2^a Ed. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2000. 391p.